

**Nutzer*innenorientierung in der Entwicklung eines
Roboters für die Pflege**

Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizinischen Wissenschaften (Dr. rer. medic.)

für das Fachgebiet Gesundheits- und Pflegewissenschaft

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Svenja Nielsen

Betreuerin: Prof. Dr. phil. Gabriele Meyer

Gutachter*innen:

Prof. Dr. Patrick Jahn, Halle (Saale)

Prof. Dr. Inge Eberl, Eichstätt

Datum der Verteidigung: 03.03.2025

Referat

Zielsetzung: Für ein robotisches System zur Unterstützung von Pflegefachpersonen in der Pflege bettlägeriger Personen sollten Unterstützungsbedarfe und ethische Risiken ermittelt sowie die Akzeptanz evaluiert werden. Um den Bedürfnissen der betroffenen Personengruppen gerecht zu werden, erfolgte dies unter der Einbindung von Pflegefachpersonen, Pflegebedürftigen und Angehörigen.

Methoden: Unterstützungsbedarfe wurden in einem sequentiellen, explorativen Mixed-Methods-Design mit initialen Fokusgruppen ermittelt und in anschließenden Fragebögen priorisiert (Publikation 1). Zur Identifikation ethischer Risiken dienten Fokusgruppen und Interviews, eine Expertenkonsultation und Literaturanalyse (Publikation 2). Um die Akzeptanz und ethische Risiken zu evaluieren, erfolgten quantitative Befragungen nach einer Video- bzw. Live-Demo mit einem Abschlussgespräch (Publikation 3).

Ergebnisse: Das größte Unterstützungspotenzial ergab sich für das Drehen und Halten in Seitenlage von Pflegebedürftigen sowie für das Halten eines Beines für pflegerische Maßnahmen. Die identifizierten ethischen Risiken in Bezug auf den Einsatz des Roboters umfassten aus Sicht der Teilnehmenden vorwiegend Bedenken hinsichtlich der Sicherheit, einer gleichbleibenden oder erhöhten Arbeitsbelastung und negative Auswirkungen auf die Personalbesetzung. In der Evaluation lag die Ablehnung ethischer Bedenken im Fragebogen insgesamt bei 77 %. Items zur wahrgenommenen Nützlichkeit und Nutzungsintention wurden zu 75 % zustimmend bewertet und 82 % aller Teilnehmenden gaben an, das System bei Verfügbarkeit zu nutzen bzw. einer Nutzung zuzustimmen.

Folgerungen: Die Einbindung von Pflegefachpersonen, Pflegebedürftigen und Angehörigen trug wesentlich dazu bei, eine bedarfsgerechte Technologieentwicklung voranzutreiben. Zum Zeitpunkt der Evaluation ist von einer hohen Akzeptanz auf Seiten von Pflegefachpersonen, Pflegebedürftigen und Angehörigen auszugehen. Ethische Risiken und die Gebrauchstauglichkeit einschließlich der Effektivität und Effizienz müssen jedoch im Entwicklungsverlauf unbedingt weiterhin unter Einbezug der Nutzenden evaluiert werden.

Nielsen, Svenja: Nutzer*innenorientierung in der Entwicklung eines Roboters für die Pflege, Halle (Saale), Univ., Med. Fak., Diss., 23 Seiten, 2025

Inhalt

1	Einleitung und Zielstellung	1
1.1	Robotik für die Pflege	1
1.2	Projekt „PfleKoRo“	2
1.3	User-Centered Design	3
1.4	Ethische, rechtliche und soziale Implikationen	3
1.5	Akzeptanz	4
1.6	Zielstellung	4
2	Diskussion.....	6
2.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	6
2.2	Arbeitsbelastung und Effizienz	7
2.3	Ethische Implikationen	9
2.4	Einbezug teamexterner Pflegefachpersonen, Pflegebedürftiger und Angehöriger	12
2.5	Interdisziplinäre Zusammenarbeit innerhalb des Projektteams	14
2.6	Schlussfolgerungen und Ausblick	17
3	Literaturverzeichnis	19
4	Thesen	23
	Publikationen	24
	Erklärungen	
	Danksagung	

1 Einleitung und Zielstellung

1.1 Robotik für die Pflege

Die Digitalisierung verändert tiefgreifend die Arbeitsorganisation im Gesundheitswesen. Auch in der Pflege eröffnet der Einsatz robotischer Systeme vielfältige Möglichkeiten, um Pflegefachpersonen körperlich und psychisch zu entlasten und zur Steigerung der Sicherheit, Mobilität und Selbstständigkeit von Pflegebedürftigen beizutragen (Becker, 2018; Bendel, 2018; Merda et al., 2017; Rantanen et al., 2018; Saadatzi et al., 2020). Im ursprünglichen industriellen Kontext gilt ein Roboter als ein programmierbares Gerät, das Objekte bewegen kann (International Organization for Standardization, 2021). Im Gesundheitswesen und zur Unterstützung der Pflege gehen die Erscheinungen und Funktionen von Robotern jedoch weit über diese Definition hinaus. Robotik in der Pflege erstreckt sich über diverse Anwendungskontexte wie Information und Datenverarbeitung, Assistenz bei alltäglichen Aufgaben, Transport, Telepräsenz und Kommunikation sowie Monitoring (Ohneberg et al., 2023). Zur Information, Unterhaltung und Aktivierung von Patient*innen und Besucher*innen werden in deutschen Krankenhäusern bereits Serviceroboter wie der humanoide „Pepper“ eingesetzt (Graf & Klein, 2023). Das bekannteste Beispiel eines emotionalen Roboters ist vermutlich die Robbe „Paro“, die speziell Menschen mit einer Demenz erreichen soll. Der Großteil assistiver Roboter für die Pflege befindet sich jedoch noch in der Entwicklungs- oder Testungsphase (Ohneberg et al., 2023). Am weitesten entfernt von einem Einsatz im Pflegealltag sind bislang Roboter zur Unterstützung patient*innennaher Pfl egetätigkeiten mit physischer Interaktion. Ein Beispiel für ein solches Vorhaben ist das Forschungsprojekt „I-SUPPORT“, welches die Entwicklung eines robotischen Duschsystems mit motorisiertem Stuhl und Armen zum Waschen und Abtrocknen zum Ziel hat (Zlatintsi et al., 2020). Herausforderungen bestehen insbesondere in der Akzeptanz und Integration dieser Technologien in die Praxis, da Veränderungen der Arbeitsprozesse oft als störend empfunden werden (Ohneberg et al., 2023). Auch speziell für Paro werden neben positiven Einflüssen auf die Stimmung auch Barrieren wie zusätzliche Aufgaben für das Pflegepersonal und ethische Fragen berichtet (Hung et al., 2019). Diese Erfahrungen machen deutlich, wie umfassend Robotik die Pflege verändern kann. Vor diesem Hintergrund ist es die Aufgabe der Pflegewissenschaft, gewünschte Entwicklungen zu identifizieren und das Forschungsaufkommen in diesem Bereich kritisch zu reflektieren und zu begleiten. Dies erfordert die Evaluation von Auswirkungen auf Pflegefachpersonen, Pflegebedürftige und die Arbeitsprozesse sowie ethischer Implikationen. Dabei trägt die Pflegewissenschaft die Verantwortung dafür, dass neue Technologien in der Pflege nicht nur technisch machbar,

sondern auch ethisch vertretbar sowie praktisch umsetzbar sind und tatsächlich einen Mehrwert bieten.

1.2 Projekt „PfleKoRo“

Ähnlich wie in „I-SUPPORT“ war ein System für patient*innennahe Tätigkeiten mit physischer Interaktion auch Gegenstand des BMBF-Projekts „PfleKoRo Pflege erleichtern durch kooperierende Robotik“ (BMBF Fördernummer 16SV8440). Übergeordnetes Ziel des Projektes war es, ein robotisches Assistenzsystem für die patient*innennahe Pflege von schwer- und schwerstpflegebedürftigen Menschen zu entwickeln, welches Pflegefachpersonen bei körperlich belastenden Tätigkeiten unterstützt. Als Ausgangsmodell diente hierfür der bisher u.a. im Rehabilitationsbereich eingesetzte Leichtbauroboter des Typs „KUKA LBR Med 14“ mit sieben Achsen (siehe Abb. 1 und 2). Das System soll mit beruflich Pflegenden kooperieren und ausschließlich von ihnen eingesetzt werden. Fester Bestandteil des Projektteams waren daher neben Ingenieuren und Gesundheits- und Pflegewissenschaftlerinnen auch Pflegefachpersonen, die zeitgleich praktisch in der Pflege tätig waren. Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des PfleKoRo-Projektes, das sich über den Zeitraum von Februar 2020 bis Juli 2023 erstreckte und somit von der SARS-CoV-2-Pandemie geprägt war.



© AVMZ der Medizinischen Fakultät, RWTH Aachen 2023 mit freundlicher Genehmigung zum Abdruck

Abbildung 1: PfleKoRo beim Heben des Beines einer Patientin (Prototyp)



© AVMZ der Medizinischen Fakultät, RWTH Aachen 2023 mit freundlicher Genehmigung zum Abdruck

Abbildung 2: Gesamtes PfleKoRo-System (Prototyp)

1.3 User-Centered Design

Ein zentrales Vorhaben innerhalb des Projektes „PfleKoRo“ war es, betroffene Personenkreise wie Pflegefachpersonen als primäre Nutzer*innen, Pflegebedürftige und deren Angehörige frühestmöglich und wiederholt in den Entwicklungsprozess mit einzubeziehen. Am Ende einer Produktentwicklung entscheiden die Nutzer*innen, ob sie ein jeweiliges Produkt verwenden oder nicht. Daher erscheint es als eine nur logische Konsequenz, potenzielle Nutzer*innen schon vorab in die Entwicklung mit einzubeziehen. Um eine zukunftsfähige, personenzentrierte Pflege zu gewährleisten, beinhalten einschlägige Empfehlungen daher die Einbindung betroffener Personenkreise ab initialer Entwicklungsschritte (Buchanan et al., 2020; Moyle et al., 2018; Troncoso & Breads, 2021). In diesem Kontext gewinnt das User-Centered Design (UCD) an Bedeutung. Das UCD ist ein Ansatz, welcher die potenziellen Nutzer*innen mit ihren Eigenschaften, Bedürfnissen und Anforderungen in das Zentrum rückt (Ritter et al., 2014). Zur Umsetzung eines UCD bieten sich verschiedene Methoden an, wie z. B. Feldbeobachtungen, Interviews, Fokusgruppen, quantitative Befragungen und Selbstaufschreibungen (Herendy, 2020). Auch empirische Untersuchungen zeigen, dass nutzer*innenzentrierte Produktentwicklungen im Gesundheitswesen im Vergleich zu durch Expert*innen geleiteten Produktentwicklungen zu einer höheren Gebrauchstauglichkeit, Effektivität und Zufriedenheit führen (Altman et al., 2018). Spezifisch für robotische Systeme erwies sich die aktive Beteiligung von Pflegenden im Entwicklungsprozess als zuträglich für eine erfolgreiche Implementierung (Servaty et al., 2020).

1.4 Ethische, rechtliche und soziale Implikationen

Da insbesondere robotische Systeme für die patient*innennahe Pflege bisher wenig praktisch erprobt sind, sind auch deren Auswirkungen noch unbekannt. In Übereinstimmung mit dem Anspruch einer verantwortungsvollen Forschung (Responsible Research and Innovation (RRI)) sollten daher mögliche negative Folgen eines Roboters für die Pflege von Beginn des Entwicklungsprozesses an mitgedacht werden (Stilgoe et al., 2013). Neben der Antizipation spielt im Einklang mit dem Ansatz des UCD auch die Inklusion betroffener Personenkreise ab Beginn der Forschung und Entwicklung eine wichtige Rolle im RRI.

Einige Ansätze adressieren zwar unmittelbar die Untersuchung ethischer Implikationen von Gesundheitstechnologien, sind aber meistens nur dafür geeignet, Risiken zu identifizieren und über die Verwendung einer Technologie zu entscheiden, deren Entwicklung bereits abgeschlossen ist. Neben der Identifikation ethischer Risiken soll der britische Standard BS 8611 „Robots and robotic devices: Guide to the ethical design and application of robots and

robotic systems“ auch eine Orientierung für die Reduktion von Risiken bieten (BSI Standards Limited, 2016). Andere Autor*innen kommen zu dem Schluss, dass der Standard einen positiven Beitrag zum RRI im Bereich Robotik für die Pflege leisten kann, jedoch konkretere Empfehlungen fehlen, wie betroffene Personenkreise involviert werden könnten (Stahl & Coeckelbergh, 2016). Berichte über die Anwendung des Standards im Gesundheitsbereich lagen zu Beginn dieser Arbeit zudem nicht vor.

1.5 Akzeptanz

Ein weiteres zentrales Konstrukt für diese Arbeit war die Akzeptanz der betroffenen Personenkreise, welche elementar für die Implementierung und in der Evaluation neuer Systeme in der Pflege ist (Fan et al., 2020; Liyanage et al., 2019). Ein Modell, das zur Untersuchung der Akzeptanz von Technologien dienen kann und schon breite Anwendung auch im Gesundheitswesen fand, ist das Technology Acceptance Model (Davis, 1987). In seiner ursprünglichen Form enthält es die Faktoren 1) wahrgenommene Nützlichkeit, 2) wahrgenommene Einfachheit der Nutzung und 3) Nutzungsintention, welche eine tatsächliche Nutzung vorhersagen sollen. Auch für diese Arbeit bildete das Technology Acceptance Model die Grundlage für die Evaluation.

Inzwischen existieren zahlreiche Studien über die Akzeptanz technischer Assistenzsysteme für die Pflege aus der Sicht von Pflegebedürftigen oder älteren Menschen und Pflegenden. Über robotische Systeme, die Pflegenden in direkter physischer Interaktion mit Pflegebedürftigen unterstützen sollen, gibt es jedoch nur wenige Berichte. Die Perspektive von Angehörigen der Pflegebedürftigen ist zudem kaum berücksichtigt.

1.6 Zielstellung

Die vorigen Abschnitte haben gezeigt, dass die Akzeptanz und ethischen Implikationen elementare Bestandteile in der Entwicklung eines Roboters für die Pflege sind und betroffene Personen frühestmöglich einbezogen werden sollten. Ziele dieser Arbeit in Bezug auf das PflKoRo-System waren daher,

- 1) Unterstützungsbedarfe in der Pflege bettlägeriger Patient*innen mit Pflegefachpersonen zu ermitteln und die Zieltätigkeit(en) für das robotische System zu definieren (Publikation 1),

- 2) Ethische Risiken unter Einbindung von Pflegefachpersonen, Pflegebedürftigen¹ und Angehörigen zu identifizieren und risikoreduzierende Anforderungen zu formulieren (Publikation 2) und
- 3) die Akzeptanz und ethischen Risiken aus der Perspektive von Pflegefachpersonen, Pflegebedürftigen und Angehörigen zu evaluieren (Publikation 3).

Anwendung fanden hierfür Fokusgruppen (Publikationen 1 und 2), Interviews (Publikation 2) und quantitative Befragungen (Publikationen 1 und 3).

¹ Der Begriff „Pflegebedürftige“ schließt in dieser Arbeit auch Personen ein, die weniger als sechs Monate auf Pflege angewiesen waren/sind.

2 Diskussion

2.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Aus den Fokusgruppen zur **Bedarfsermittlung** ging hervor, dass die Pflegefachpersonen das Drehen in Seitenlage der Pflegebedürftigen, die Repositionierung zum Kopfende des Bettes und das Halten/Bewegen von Extremitäten für das Lagern, die Körper- und Wundpflege als körperlich und zeitlich belastend empfinden. Des Weiteren beschrieben die Teilnehmenden auch Mobilisierungs- und Transfertätigkeiten als körperlich herausfordernd. Letztlich benannten die Pflegefachpersonen zudem das Anreichen von Nahrung, das Bereitstellen und Entsorgen von Materialien als belastend. Als Grenzen bereits genutzter Hilfsmittel für die genannten, belastenden Tätigkeiten nannten die Teilnehmenden u. a. den Aufwand in der Vorbereitung oder Nutzung der Hilfsmittel bzw. dass dennoch eine weitere Pflegefachperson nötig sei. Besonders gut vorstellbar und erwünscht war die robotische Unterstützung für die Teilnehmenden der Fokusgruppen bei stabilisierenden Tätigkeiten zu verschiedenen Zwecken in der Pflege sowie die eindimensionale Änderung der Position im Bett. Das Anreichen von Nahrung mit robotischer Unterstützung lehnten sie aus ethischen Gründen ab. Die Repositionierung zum Kopfende sowie Mobilisierungs- und Transfertätigkeiten mussten aufgrund einer Überschreitung der Maximallast des robotischen Ausgangsmodells ausgeschlossen werden.

Die Angaben im anschließenden Fragebogen zur Priorisierung der Unterstützungsbedarfe zeigten, dass die Pflegefachpersonen sich am meisten Unterstützung beim Drehen einer pflegebedürftigen Person in die Seitenlage für pflegerische Maßnahmen wünschten und diese Tätigkeit auch am häufigsten durchführten. Die höchste Dauer gaben die Pflegefachpersonen beim Halten eines Beines für die Wundversorgung oder beim Anlegen eines Kompressionsverbandes an. Das Heben und Halten des Beines sowie Drehen in die Seitenlage wurden somit als Zieltätigkeiten mit dem größten Unterstützungspotenzial Ausgangspunkt für die Entwicklung des PflKoRo-Systems.

Für die **ethischen, rechtlichen und sozialen Implikationen** wurde orientiert am BS 8611 ein Katalog mit Risiken und Anforderungen erstellt. Mittels der Fokusgruppen und Interviews zu ethischen Risiken konnten Implikationen in den Bereichen Würde, Autonomie, Privatsphäre, zwischenmenschliche Beziehungen und Sicherheit identifiziert werden. Pflegefachpersonen äußerten am meisten Bedenken bezüglich Sicherheitsfragen und befürchteten, dass der Roboter zu einer höheren Arbeitsbelastung anstelle einer Entlastung führen könnte. Pflegebedürftige und Angehörige nannten eher Sorgen über negative Konsequenzen für die

Personalbesetzung. Trotz des Fokus auf mögliche negative Folgen eines zukünftigen Robotereinsatzes äußerten sich die Teilnehmenden diesbezüglich häufig auch unkritisch oder optimistisch. Aus der Literatur wurden Risiken ergänzt, wie z. B. eine unvollständige Repräsentation von menschlichen Merkmalen wie der Hautfarbe oder des Geschlechts, welche zu Fehlern im Robotereinsatz führen könnten. Dem Katalog der Risiken wurden gemäß BS 8611 risikoreduzierende Anforderungen hinzugefügt, wie z. B. die Fähigkeit des Systems zur Verarbeitung von Männer- und Frauenstimmen und verschiedenen Hautfarben.

Die **Evaluation** ergab eine hohe Akzeptanz und gering ausgeprägte ethische Bedenken unter den Teilnehmenden bezüglich des Prototyps. Im Fragebogen lag die Ablehnung ethischer Bedenken insgesamt bei 77 %. Die größte Zustimmung bestand zu negativen Folgen für die Personalbesetzung. Unter den Pflegefachpersonen waren ethische Bedenken etwas stärker ausgeprägt als unter den Pflegebedürftigen und Angehörigen. Neben Folgen für die Personalbesetzung fürchteten die Pflegefachpersonen am meisten eine Abschreckung von Pflegebedürftigen und eine gleichbleibende oder höhere Arbeitsbelastung mit dem Roboter. Bei Items zur wahrgenommenen Nützlichkeit und der Nutzungsintention fielen 75 % der Bewertungen positiv aus. Von allen Teilnehmenden gaben 82 % an, das System bei Verfügbarkeit zu nutzen bzw. einer Nutzung zuzustimmen. In den anschließenden Gesprächen zeigten sich die Teilnehmenden überwiegend offen und interessiert gegenüber dem Prototyp. Den größten Mehrwert in einem potenziellen Systemeinsatz sahen die Pflegefachpersonen in ihrer körperlichen Entlastung und dem von Kolleg*innen unabhängigen Arbeiten. Kritische Bemerkungen gab es unter anderem zur Größe, zur (noch) sehr technischen Erscheinung und langsamen Bewegung des Prototyps.

2.2 Arbeitsbelastung und Effizienz

Ein Thema, das in allen Teilstudien immer wieder zur Sprache kam, war die Effizienz. Bereits in den Fokusgruppen zur Bedarfsermittlung wurde deutlich, wie entscheidend die Effizienz für die Pflegefachpersonen in ihrer Arbeit ist. Als Nachteile von vorhandenen Hilfsmitteln zur Lagerung und zum Transfer schilderten die teilnehmenden Pflegefachpersonen, dass vor dem Gebrauch teilweise wiederum zeitaufwändige Maßnahmen, ggf. sogar mit einer weiteren Pflegefachperson, nötig seien, z. B. um ein Tuch zur Mobilisation unter eine*n Patient*in zu bringen. Auch in der anschließenden Befragung zeigte sich die Bedeutsamkeit der Effizienz, indem die Pflegefachpersonen solchen Tätigkeiten das höchste Unterstützungspotenzial zuschrieben, welche mit großem Zeitaufwand verbunden sind und häufig vorkommen. Ähnlich äußerten die Teilnehmenden in den Fokusgruppen zur Ermittlung ethischer Implikationen die

Sorge, dass das System durch den Aufwand vor, während und nach der Nutzung zu einer zusätzlichen Belastung statt zu der intendierten Entlastung führen könnte. Die Effizienz nannten die Pflegefachpersonen hier nach Aspekten der Sicherheit am häufigsten als den ihnen wichtigsten Aspekt aller in den Fokusgruppen diskutierten Implikationen. Auch in der projektabschließenden Evaluation erwies sich die Effizienz als ein zentraler Outcome für die Akzeptanz des Systems. Im Fragebogen befürchteten 23 % der Pflegefachpersonen keine Reduktion ihrer Arbeitsbelastung durch einen Systemeinsatz in der Zukunft, weitere 15 % waren diesbezüglich unentschlossen. Die Pflegefachpersonen, die die Nützlichkeit des Systems kritischer bewerteten, nannten als Grund für die Bewertung den Aufwand für den Gebrauch des Systems und dass sie allein womöglich schneller seien. Die Mehrzahl der Pflegefachpersonen war zum Zeitpunkt der Evaluation einem zukünftigen Einsatz des Systems gegenüber positiv eingestellt. Am häufigsten begründeten die Pflegefachpersonen ihre positiven Bewertungen mit der Chance, ihren körperlichen Kraftaufwand durch einen Systemeinsatz zu reduzieren, dabei insbesondere den Rücken mehr zu schonen und unabhängig von anderen Kolleg*innen arbeiten zu können. Hauptgründe unter den Pflegefachpersonen waren also sowohl für eine positive als auch negative Nutzenbewertung der angenommene zeitliche und körperliche Aufwand in der Arbeit mit dem System.

Ähnlich zu den Ergebnissen der PflKoRo-Studie konnten sich Pflegefachpersonen in anderen Studien ebenfalls vorstellen, dass Roboter ihre Arbeitsbelastung reduzieren und eine bessere Einteilung ihrer Zeit und Energie zugunsten ihrer Patient*innen ermöglichen (Broadbent et al., 2012; Liang et al., 2019). Es liegen allerdings nur wenige Studien vor, die tatsächlich die Effizienz von Robotern in der Pflege untersuchen. Zu diesem Schluss kommen auch die Autor*innen eines Scoping Reviews, in welchem von 102 eingeschlossenen Studien mit dem Gegenstand Robotik nur eine einzige die Effizienz untersuchte (Krick et al., 2019). Eine jüngere Studie zum Zusammenhang von Robotern und Zeitdruck in der Pflege betonte, dass Roboter zwar helfen können, die Arbeitsbelastung von Pflegefachpersonen zu reduzieren, es aber auch Aufwand für die Pflegefachpersonen bedeutet, Roboter zu bedienen und zu überwachen. Die Autor*innen empfehlen daher, dass Stationsleitungen den Zeitdruck der Pflegefachpersonen reduzieren und Einrichtungsleiter*innen Unterstützungssysteme auswählen sollten, welche einen minimalen Aufwand in der Bedienung und Überwachung erfordern (Huang et al., 2022). In einer Langzeitstudie zum roboterassistierten Patient*innentransfer in einer Pflegeeinrichtung führte der Einsatz eines Transferroboters nach elf Monaten zu einem Anteil von 0 % mit zwei Pflegefachpersonen beim Patient*innentransfer im Vergleich zu 60 % vor der Einführung des Roboters (Kato et al., 2023).

Inwiefern das PflKoRo-System letztendlich tatsächlich Zeit einsparen und körperliche Belastungen reduzieren kann, ist zum Zeitpunkt dieser Arbeit noch nicht festzustellen. Natürlich gilt die Bestrebung, den Aufwand für den Gebrauch des Systems möglichst gering zu halten. Und es ist ähnlich wie in der Studie von Kato et al. (Kato et al., 2023) neben der körperlichen Entlastung zumindest eine zeitliche Einsparung zu erwarten, wenn Pflegefachpersonen durch den Gebrauch des Systems Tätigkeiten allein durchführen können. Ursprünglich waren umfangreiche Testungen für die Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit inklusive der Effektivität und Effizienz gemäß DIN EN ISO 9241-11 geplant. Leider verzögerte sich die technische Entwicklung im Rahmen der Pandemie so stark, dass diese geplanten Testungen im Projektzeitraum noch nicht umsetzbar waren. Es ist jedoch ein Anschlussprojekt geplant, in welchem die Gebrauchstauglichkeit getestet werden soll.

Insgesamt ist die Effizienz ein Schlüsselfaktor bei der Entwicklung und Implementierung robotischer Systeme für die Pflege. Die Ergebnisse der Studien verdeutlichen, dass die Pflegefachpersonen als Nutzer*innen großen Wert darauf legen, dass solche Systeme ihre Arbeit effizienter gestalten und die Arbeitsbelastung verringern. Die Effizienz sollte daher ein wichtiger Maßstab sein, um den Erfolg robotischer Systeme zu bewerten und sicherzustellen, dass sie die Arbeitsbedingungen in der Pflege verbessern, ohne zusätzliche Belastungen zu schaffen. Hierbei sollte neben dem finanziellen Aufwand vor allem auch der zeitliche und körperliche Aufwand untersucht werden.

2.3 Ethische Implikationen

Ethische Implikationen waren ein zentraler Gegenstand der Publikationen 2 und 3. Es spielten jedoch schon in der Bedarfsermittlung (Publikation 1) ethische Überlegungen der Pflegefachpersonen eine Rolle bei der Auswahl potenziell roboterunterstützter Pflegetätigkeiten. Die Pflegefachpersonen schrieben vorwiegend rein stützenden und haltenden Tätigkeitsanteilen zu ihrer eigenen körperlichen Entlastung Unterstützungspotenzial zu und lehnten den Robotereinsatz beim Anreichen von Nahrung ab. Auch andere Studien deuten darauf hin, dass eine robotische Unterstützung bei Tätigkeiten mit einer sozialen/emotionalen Komponente kritisch betrachtet wird (Korn, 2019; Rantanen et al., 2018; Zöllick et al., 2020).

Unter dem Themenkomplex der Würde besprachen alle einbezogenen Personengruppen in den initialen Fokusgruppen und Interviews den Aspekt der Objektifizierung. Manche Teilnehmenden zogen es in Erwägung, ob sich die Pflegebedürftigen mit dem Einsatz des

Roboters weniger würdevoll als Mensch und wie als „Ware“ behandelt fühlen könnten. Auch Pflegebedürftige selbst betonten in diesem Zusammenhang ihr persönliches Gefühl bei der Behandlung mit dem Roboter und dass hier nicht das Menschliche verloren gehen dürfe. Auch in einer anderen Studie gaben die Autor*innen zu bedenken, dass robotische Pflege nicht die menschliche Berührung ersetzen könne (Stokes & Palmer, 2020). In der Evaluation fürchtete jedoch die Mehrheit der Teilnehmenden keine weniger würdevolle Pflege mit dem Roboter.

Vor dem Hintergrund, dass das System eine Kamera für die Positionserkennung und ein Mikrofon für die Sprachsteuerung benötigt, war in den ELSI-Fokusgruppen auch das Thema Privatsphäre/Datenschutz relevant. Die Meinungen waren hier von Pflegefachperson zu Pflegefachperson ganz persönlich verschieden. Viele vertraten die Ansicht, eine Kamera und ein Mikrofon würden sie keineswegs stören. Manche hingegen meinten, das Vorhandensein einer Kamera/ eines Mikrofons könne ihnen evtl. schon ein „komisches Gefühl“ geben.

Pflegebedürftige und Angehörige äußerten sich hierzu in den Einzelinterviews nicht spontan. Bereits in zahlreichen anderen Studien wurden Fragen bzgl. Privatsphäre/Datenschutz als wichtig zu adressieren hervorgehoben (u. a. Harris & Rogers, 2023; Liao et al., 2023; Radic & Vosen, 2020). Aus einer früheren Studie ging hervor, dass die Teilnehmenden Bedenken bzgl. des Datenschutzes bei der Verwendung von Benutzerinformationen während des Robotereinsatzes hatten (Alaiad & Zhou, 2014). Ähnlich äußerten sich Fachpersonen in Gesundheitsberufen einer anderen Studie besorgt über den Einsatz einer Kamera an einem Roboter zur Videoüberwachung von Bewohner*innen eines Seniorendorfes (Broadbent et al., 2012). In Übereinstimmung mit dem Prinzip der Datenminimierung werden in PflKoRo Live-Daten ausschließlich für den Moment des Gebrauchs verwendet und dann sofort gelöscht (Steckler & Krempel, 2020). Es ist außerdem keine Verbindung zum Internet vorgesehen. Der Fragebogen in der Evaluation enthielt einen entsprechenden Hinweis und ähnlich wie bei anderen ethischen Implikationen gab mit 82 % der Teilnehmenden die Mehrzahl an, keine Bedenken bzgl. des Datenschutzes beim PflKoRo-System zu haben. Sollten künftig weitere Funktionen integriert werden, die die Aufnahme weiterer Daten oder eine andere Weiterverarbeitung erfordern, ist eine erneute Evaluation erforderlich.

Ein weiteres Thema, das in der Literatur oft im Zusammenhang mit Robotern in der Pflege Erwähnung findet, ist der mögliche Einfluss auf den Personalschlüssel (Johansson-Pajala & Gustafsson, 2022; Remmers, 2018). In den Einzelinterviews äußerten Pflegebedürftige und Angehörige am häufigsten die Sorge um Stellenkürzungen. Auch in der Evaluation blieb diese Sorge bestehen, 25 % aller Teilnehmenden befürchteten hier negative Einflüsse des Systems auf den Personalschlüssel. Während man in der Entwicklung einige ethische Aspekte wie z. B.

zum Schutz der Privatsphäre direkt implementieren kann, ist dies für Fragen zur Anrechnung auf den Personalschlüssel nicht möglich. Studien über robotische Assistenzsysteme, die bereits in der Pflegepraxis implementiert sind, sollten daher unbedingt evaluieren, welche Ressourcen durch einen Robotereinsatz tatsächlich eingespart und wie diese freigewordenen Ressourcen genutzt werden.

Insgesamt schwang trotz des negativen Fokus der ELSI-Fokusgruppen auf ethische Bedenken bereits ein deutlicher Optimismus der Teilnehmenden mit und es gab zu jedem geäußerten Bedenken auch positive Einschätzungen. Auch in der Evaluation setzte sich der überwiegende Optimismus der Teilnehmenden fort und es gab insgesamt nur eine geringe Zustimmung zu ethischen Bedenken. Im Einklang mit den in der Evaluation angegebenen positiven Nutzungsabsichten ist demnach von einer hohen Akzeptanz der Teilnehmenden zum Zeitpunkt der Erhebungen auszugehen. Die Ergebnisse stimmen somit überein mit der Offenheit der Bezugsgruppen gegenüber robotischen Systemen in der Pflege in anderen Studien. Fachpersonen in Gesundheitsberufen sowie angehende Pflegefachpersonen zeigten generell eine positive Einstellung gegenüber robotischen Systemen im Gesundheitswesen, einschließlich Bewertungen der wahrgenommenen Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit (Mitzner et al., 2018; Saadatzi et al., 2020). Ebenso zeigten sich informell Pflegende in bisherigen Untersuchungen offen für die Idee robotischer Unterstützung in der Pflege (Bedaf et al., 2019; Wang et al., 2017). Studien über die Perspektive der Pflegebedürftigen und älteren Personen ergaben ebenfalls eine hohe Akzeptanz von robotischen Systemen für die Pflege (Cavallo et al., 2018; Louie et al., 2014; Smarr et al., 2012), dagegen allerdings teilweise eine geringe Nutzungsintention (Wang et al., 2017; Wu et al., 2014). Die Teilnehmenden dieser Studien gaben hierfür als Begründung an, eher für andere (stärker) beeinträchtigte Personen einen Bedarf für die Nutzung des vorgestellten Roboters zu sehen als für sich selbst. Gegenstand und Teilnehmende dieser Studien unterscheiden sich also deutlich von den PflKoRo-Studien, in welchen Personen mit einem gegenwärtig vorhandenen Pflegebedarf teilnahmen und der Roboter nicht zur direkten Verwendung durch die Pflegebedürftigen gedacht ist. Befragungen der deutschen Allgemeinbevölkerung ergaben als wesentlichen Faktor für die Akzeptanz von Robotern für die Pflege, dass diese menschliche Pflege nur unterstützen und nicht ersetzen dürften (Rebitschek & Wagner, 2020). Dies geht konform mit der Kernabsicht des PflKoRo-Projekts und Ansichten der Teilnehmenden, die von der Auswahl der Unterstützungstätigkeiten bis zur Evaluation immer wieder die Grenzen robotischer Assistenz in der Pflege aufzeigten.

Trotz der insgesamt positiven Ergebnisse ist zu bedenken, dass die Teilnehmenden in der Evaluation lediglich eine gut vorbereitete Demonstration des Prototyps gesehen haben, in der alles reibungslos funktionierte. Weitere Ergebnisse zur Akzeptanz sind ausstehend, bis die Gebrauchstauglichkeit getestet werden kann. Außerdem ist davon auszugehen, dass durch die Modernität und Nähe zur Forschung der beteiligten Klinik und Langzeitpflegeeinrichtung eher technologieaffine Personen an den Erhebungen teilnahmen. Es kann zudem angenommen werden, dass eher Personen der Studienteilnahme zugestimmt haben, die generell aufgeschlossen und offen für Neues sind.

2.4 Einbezug teamexterner Pflegefachpersonen, Pflegebedürftiger und Angehöriger

Pflegefachpersonen als potenzielle Endnutzer*innen und Pflegebedürftige als ebenfalls unmittelbar von der Technologie betroffene Personengruppe sowie deren Angehörige wurden frühestmöglich und wiederholt in den Prozess der Beforschung und Entwicklung des PflKoRo-Systems eingebunden. Pflegefachpersonen außerhalb des Projektteams nahmen an Fokusgruppen und Befragungen zur Ermittlung der Unterstützungsbedarfe sowie an Fokusgruppen zur Ermittlung ethischer Implikationen und an der Evaluation mit Befragungen und Abschlussgesprächen teil. Pflegebedürftige und Angehörige nahmen an Interviews zur Erhebung von Anforderungen und ethischen Implikationen sowie an der Evaluation mit Fragebogen und Abschlussgespräch teil. Neben den Pflegefachpersonen außerhalb des Projektteams waren auch Pflegefachpersonen Teil des Konsortiums, die zeitgleich in der Pflege in einer Klinik oder Langzeitpflegeeinrichtung beschäftigt waren (s. Abb. 3).

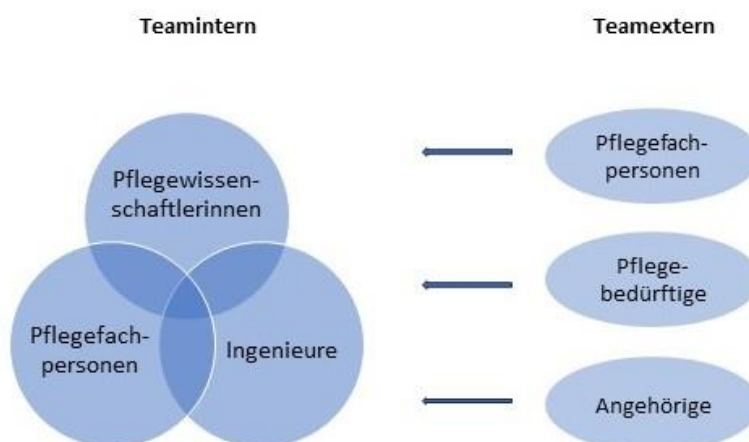


Abbildung 3: Beteiligte Personenkreise im PflKoRo-Projekt

Beim Einbezug der teamexternen Personengruppen in den initialen Interviews und Fokusgruppen stellte die Frage eine große Herausforderung dar, wie viel und welchen Input man den Teilnehmenden bereitstellen sollte. Den Ingenieuren war es sehr wichtig, möglichst wenig Input zu geben, um die Gedanken der Teilnehmenden nicht zu beschränken oder Fragen nach weiteren technischen Gegebenheiten zu provozieren, die das Gespräch in eine ungewollte Richtung lenken würden. In den Fokusgruppen und Interviews war der intendierte Informationsfluss schließlich von den Teilnehmenden zu den Ingenieuren und nicht umgekehrt. Andererseits suchten die Gesundheits- und Pflegewissenschaftlerinnen nach Möglichkeiten, den Teilnehmenden Impulse zu liefern, um überhaupt Ideen und Gedankenaustausch anzustoßen. Letztendlich einigten sich beide Disziplinen darauf, im Verlauf der Interviews bzw. Fokusgruppen zu einem bestimmten Zeitpunkt ein kurzes Video vom robotischen Ausgangsmodell am Patient*innenbett zu zeigen und anhand dessen die nötigsten Rahmenbedingungen zu erklären. Es wurden außerdem eher geschlossene Rückfragen nach initial offeneren Fragen vorbereitet. Dennoch stellt die Befragung potenzieller Nutzer*innen insbesondere in frühen Entwicklungsstadien technischer Systeme hohe Anforderungen an die Teilnehmenden und sie müssen ein hohes Maß an Vorstellungskraft und Abstraktionsvermögen aufbringen. Möglicherweise war diese hohe Anforderung an die Teilnehmenden auch ein Grund dafür, dass aus den Einzelinterviews mit Pflegebedürftigen und Angehörigen vergleichsweise wenige Informationen gewonnen werden konnten. Daneben spielten hier aber sicher auch Rahmenbedingungen eine Rolle, wie dass diese Gruppen im Gegensatz zu den Pflegefachpersonen nicht die intendierten Endnutzer*innen sind und einige Aspekte daher für diese Gruppen auch weniger relevant sind, wie z. B. die Bedienung des Roboters. Zudem waren die Einzelinterviews auch zur Berücksichtigung der gesundheitlichen Kapazitäten und Regelungen für Besucher*innen kurz gehalten und es wurde auf ein separates Interview zu den ethischen Implikationen verzichtet. Auch von den externen Pflegefachpersonen war ein hohes Maß an Vorstellungskraft gefordert. Diese verfügten jedoch über umfangreiche Selbsterfahrungen mit Hilfsmitteln in der pflegerischen Arbeit und hatten vermutlich ein höheres Eigeninteresse an der Entwicklung entlastender Hilfsmittel. So konnten mit externen Pflegefachpersonen auch im offenen Format der Fokusgruppen zur Ermittlung der Bedarfe und ethischen Implikationen zahlreiche und wertvolle Informationen gewonnen und für die weitere Projektarbeit genutzt werden.

Neben den Wünschen der befragten Personengruppen spielten auch technische Limitationen und das Expertenwissen anderer Disziplinen eine Rolle. Der Input aus den unterschiedlichen Quellen war dabei nicht immer kongruent und gelegentlich sogar unvereinbar. In der

Bedarfsermittlung wünschten sich die externen Pflegefachpersonen beispielsweise u. a. Unterstützung bei Mobilisations- und Transfertätigkeiten. Diese hätten aber die Maximallast des robotischen Ausgangsmodells überschritten und mussten daher für das laufende Projekt ausgeschlossen werden. Auch der (Ab-) Transport von Dialysebeuteln konnte im Rahmen des Projekts nicht umgesetzt werden, bildete aber den Ausgangspunkt für einen neuen Projektantrag.

Sowohl in den Fokusgruppen zur Ermittlung ethischer Implikationen als auch in der Evaluation erwogen zumindest Pflegefachpersonen und Angehörige, ob das robotische System Pflegebedürftige verängstigen könne. In allen Teilnehmergruppen fanden manche das System zu groß, und Teilnehmende schlugen vor, das System solle freundlicher aussehen und vielleicht ein Gesicht haben. In sämtlichen Datenerhebungen kamen immer wieder Vorschläge für eine Gestaltung des Roboters mit menschlichen Merkmalen. Im Nachgespräch der Evaluation wünschten sich Angehörige und Pflegebedürftige z. B. einen Namen für den Roboter, eine menschliche anstelle einer technisch klingenden Stimme oder eine persönliche Begrüßung vom Roboter. Auch einige Pflegefachpersonen sprachen sich im Nachgespräch der Evaluation für ein freundlicheres Design aus, evtl. sogar mit einem Gesicht. Studienergebnisse zu ethischen und sozialen Aspekten der Mensch-Roboter-Interaktion haben jedoch gezeigt, dass sich Menschen mit steigendem Anthropomorphismus von Robotern weniger selbst für eine Aufgabe verantwortlich fühlen. Aus ethischer Sicht gilt daher die Empfehlung, anthropomorphe Gestaltungsmerkmale an robotischen Systemen zu limitieren und diese eher funktional zu gestalten (Onnasch et al. 2019). Es muss also in der Entwicklung sorgfältig abgewogen werden, welche Gestaltungswünsche der Nutzer*innen man umsetzt, um ggf. die Akzeptanz zu erhöhen.

2.5 Interdisziplinäre Zusammenarbeit innerhalb des Projektteams

Die teaminternen Pflegefachpersonen spielten insbesondere im Zuge der Pandemie eine essentielle Rolle, weil sie über einen Großteil der Projektlaufzeit den einzigen Zugang zu den Settings Klinik und Langzeitpflege darstellten. So wurde der direkte Kontakt von der Rekrutierung bis zur Durchführung der Interviews mit Pflegebedürftigen und Angehörigen gänzlich an die projektinternen Pflegefachpersonen delegiert. Auf diesem Wege konnten sogar Pflegebedürftige auf Intensivstationen und Angehörige für die Teilnahme an Interviews gewonnen werden. Auch für die Gewinnung von Kolleg*innen aus dem Pflegefachpersonal erwies sich der persönliche Weg über die teaminternen Pflegefachpersonen als hilfreich. Darüber hinaus war die Arbeit mit den internen Pflegefachpersonen abgesehen von

Dienstplänen immer sehr flexibel und über kurze Wege möglich, während die Planung für die Involvierung teamexterner Pflegefachpersonen, Pflegebedürftiger und Angehöriger stets umfangreiche Vorbereitungen erforderte und nicht zuletzt aufgrund der Ethikanträge sehr langfristig im Voraus stattfinden musste. Die teaminternen Pflegefachpersonen standen so jederzeit für Rückfragen zur Verfügung. Sie nahmen außerdem an Pretests teil, werteten gemeinsam mit Gesundheits- und Pflegewissenschaftlerinnen Fokusgruppen und Interviews aus und validierten (Zwischen-)Ergebnisse, z. B. bei der Elizitierung von Items für Fragebögen oder den ELSI-Katalog aus den Fokusgruppen mit Pflegefachpersonen. Insofern waren sie aktiv am Forschungsprozess beteiligt.

Ursprünglich waren für die Ermittlung von Bedarfen neben den direkten Befragungsmethoden teamexterner Pflegefachpersonen auch Hospitationen der Ingenieure bei den teaminternen Pflegefachpersonen in ihrem Arbeitsalltag geplant. Zudem sollte ein „Apprenticing“ stattfinden, bei dem die Ingenieure die Lehrlingsrolle bei den Pflegefachpersonen eingenommen hätten. Diese Methode hätte eine besonders gute Option geboten, Hierarchien im Team zugunsten der Pflegefachpersonen auszugleichen, wie es auch der Anspruch partizipativer Forschung ist (Lütke Lanfer & Landwehr, 2023). Leider konnten diese Vorhaben aufgrund der starken Einschränkungen im Zuge der SARS-COV-2-Pandemie nicht in die Tat umgesetzt werden. Stattdessen erstellten die teaminternen Pflegefachpersonen Videos von pflegerischen Maßnahmen in einem Simulationslabor mit der Einrichtung eines Krankenzimmers. Darüber hinaus machten sie Fotos und nahmen Maße räumlicher Begebenheiten aus den Einrichtungen ihrer praktischen Tätigkeit und skizzierten Arbeitsabläufe in Selbstaufschreibungen. Damit konnten den Ingenieuren sicherlich keine vergleichbaren Einblicke in die pflegerische Arbeit gegeben werden, aber die Alternativen ermöglichten zumindest die Bereitstellung von für die Entwicklung notwendigen Informationen.

Eine Chance partizipativer Forschung liegt darin, Forschung und Technikentwicklung zu öffnen (Kollewe, 2023). Im Rahmen der kontinuierlichen Involvierung der Pflegefachpersonen im Projekt und des wiederholten Hinzuziehens weiterer Pflegefachpersonen, Pflegebedürftiger und Angehöriger ist diese Öffnung sicherlich gelungen. Die internen Pflegefachpersonen empfanden es in diesem Sinne als sehr wertvoll, anderen ihr pflegerisches Fachwissen näherzubringen und gleichsam Einblicke in das wissenschaftliche Arbeiten zu erlangen (Stephan, 2023). Dennoch erschien die technische Entwicklung teilweise intransparent für Pflegefachpersonen und Gesundheits- und Pflegewissenschaftlerinnen. Dies war einerseits sicher der Pandemie und mangelnden persönlichen Treffen geschuldet, insbesondere im monatelang Zutrittsbeschränkten Labor. Gleichsam ist aus interdisziplinären Projekten der

Medizintechnik ein Missverhältnis von In- und Output für die Disziplinen insofern bekannt, dass zunächst über einen langen Zeitraum Input von der Praxis benötigt wird und wenig Output von der Technik kommt (Brandstädter et al., 2012). Später im Projektverlauf konnte unter gelockerten Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie auch wieder ein direkter Austausch zwischen Ingenieuren und Pflegefachpersonen am Prototyp im Labor stattfinden. Die internen Pflegefachpersonen konnten so beispielsweise mitbewirken, dass der Endeffektor des Prototyps zweiteilig ist und somit gleichzeitig an Unter- und Oberschenkel stützen kann, um das Bein einer pflegebedürftigen Person zu heben und zu halten. Einfluss auf zukünftige Hilfsmittel nehmen zu können war ein Aspekt, den die internen Pflegefachpersonen besonders an der Arbeit im Projekt schätzten. Dennoch war die Öffnung der Projektarbeit insbesondere für die breite Öffentlichkeit sehr begrenzt. Hier gehen die Erwartungen von Wissenschaftler*innen und Co-Forschenden bekanntermaßen häufig auseinander, da gerade Nachwuchswissenschaftler*innen in wissenschaftlichen Publikationsformaten veröffentlichen müssen und Co-Forschende den Wunsch haben, andere und breitere Zielgruppen zu erreichen (Aner & Karl, 2020). Es ist wünschenswert, dass künftig in vergleichbaren Projekten mehr Kapazitäten für die Öffentlichkeitsarbeit eingeplant werden. So hätten in PflKoRo vielleicht z. B. über häufig genutzte Kommunikationskanäle von Pflegefachpersonen, Kliniken und Pflegeeinrichtungen regelmäßig anschauliche Einblicke in das Forschungsprojekt transportiert werden können.

Eine unmittelbare Verschränkung der Pflege- und Ingenieurwissenschaft fand u. a. in Form von gemeinsamen Ergebnistransfers statt, wie von ethischen Implikationen in die Risikoanalyse und Anforderungsliste sowie von Nutzer*innenwünschen in die Anforderungsliste. So konnte sichergestellt werden, dass die pflegewissenschaftlichen Ergebnisse in die Arbeit der Ingenieure integriert sind. Darüber hinaus besprachen die Gesundheits- und Pflegewissenschaftlerinnen elementare Arbeitsschritte gemeinsam mit den Ingenieuren. Dies betraf insbesondere die Planung der Bedarfsermittlung sowie der Evaluation. Hierbei erlebten die Projektmitarbeiter*innen oftmals große Schwierigkeiten in der Verständigung zwischen den Disziplinen. Die Verwendung von Fachbegriffen stellte dabei eher ein untergeordnetes Problem dar. Als vielmehr problematisch erwiesen sich an manchen Stellen scheinbar völlig unterschiedliche Denkstrukturen und Erwartungshaltungen, die den Vertreter*innen der jeweiligen Disziplin nicht bewusst waren und daher schwer sprachlich formuliert werden konnten. Auch in anderen Quellen wird von „kognitiven Barrieren“ zwischen den Disziplinen berichtet (Mazzocchi, 2019). Besonders deutlich können diese Barrieren zwischen Naturwissenschaftler*innen, die besonders die technische Präzision schätzen, und Geistes-

oder Sozialwissenschaftler*innen werden, die womöglich eher qualitative Analysen anwenden. Hier wäre ein neutraler Moderator vielleicht hilfreich gewesen, der selbst nicht in das Forschungsvorhaben involviert ist, aber zwischen den Disziplinen vermitteln kann. Vorgeschlagen wurde hierfür auch, dass Wissenschaftsphilosophen durch die Analyse der Dynamik interdisziplinärer Forschung Orientierungshilfen geben und die methodische Grundlage verbessern könnten (Mazzocchi, 2019). Ein mit der Verständigung verbundenes Hindernis für interdisziplinäre Forschung können Vorurteile sein, z. B. über den Grad der Wissenschaftlichkeit. Häufig werden dabei die Kompetenzen und der Beitrag der Nicht-Naturwissenschaftler*innen unterschätzt (Viseu, 2015). Auch könnten Fachpersonen aus der Praxis technische Kollegen als weltfremd und praxisfern einschätzen und Technikpartner*innen von Praktiker*innen meinen, sie seien nicht gewillt bzw. fähig, ihre Technik zu verstehen. Häufigere Treffen und informelle Zeit zusammen können hier helfen, den Zusammenhalt zu stärken, Hemmungen abzubauen, Kritik zu äußern oder um Hilfe zu bitten und letztlich Vorurteile abzubauen (Brandstädter et al., 2012). Bezüglich der Erwartungshaltungen gab es im Projekt ebenfalls große Diskrepanzen, was innerhalb der Projektlaufzeit erreicht werden kann. Hier ist Erwartungsmanagement insbesondere seitens der Ingenieurwissenschaften von großer Bedeutung, um den anderen beteiligten Disziplinen klar zu machen, was technisch im Bereich des Möglichen liegt und was nicht (Brandstädter et al., 2012). Auch hatten die Beteiligten im PflKoRo-Projekt teilweise unterschiedliche Erwartungen an den Outcome einzelner Arbeitsschritte. Zum Beispiel kamen die Pflegefachpersonen sehr frühzeitig in das Überlegen von Lösungsansätzen, während die Ingenieure aber zunächst nur eine Problemstellung benötigten. Hierfür ist es von zentraler Bedeutung klarzustellen, welche Informationen die Ingenieure zu welchem Zeitpunkt für die weitere Entwicklung benötigen.

2.6 Schlussfolgerungen und Ausblick

In den Erhebungen der drei Publikationen konnten mit Pflegefachpersonen, Pflegebedürftigen und Angehörigen Tätigkeiten mit dem größten Unterstützungspotenzial und ethische Implikationen in Bezug auf das robotische Assistenzsystem gewonnen werden. Die Akzeptanz der Teilnehmenden in der Evaluation fiel hoch aus und ethische Bedenken waren überwiegend gering ausgeprägt. Die beschriebenen Vorgehensweisen in den Publikationen zeigen dabei ähnlichen Forschungsvorhaben eine Möglichkeit auf, wie man Nutzer*innen über den gesamten Entwicklungsprozess einer Technologie hinweg einbeziehen und die von ihnen gewonnenen Informationen unmittelbar in die Entwicklung implementieren kann.

Die Effizienz erwies sich als ein Schlüsselfaktor für die Entwicklung eines robotischen Systems für die Pflege. Es ist daher in der Entwicklung enorm wichtig, bei allen Komponenten den Aufwand für die Nutzer*innen möglichst gering zu gestalten. Zudem sollte die Effizienz ein wichtiger Maßstab sein, um die Entwicklung robotischer Systeme für die Pflege zu evaluieren. In Studien über Robotik für die Pflege fand die Effizienz bislang jedoch selten Berücksichtigung, was vermutlich wie im PflKoRo-Projekt an den frühen Entwicklungsstadien der Prototypen liegt. Für das PflKoRo-Projekt ist die Untersuchung der Effizienz innerhalb von Testungen der Gebrauchstauglichkeit in einem Anschlussprojekt geplant.

Robotische Systeme in die Pflege zu integrieren, erfordert ein besonders hohes Maß an Achtsamkeit für die Bedürfnisse von der Technologie betroffener Personen. Es empfehlen sich daher im Sinne der verantwortungsvollen Forschung und Innovation (RRI) eine ethische Begleitung und der Einbezug jener betroffenen Personen in die Entwicklung der Technologie. Manche ethischen Risiken lassen sich unmittelbar durch Anforderungen an das Design minimieren, andere müssen im Verlauf der Entwicklung bzw. nach der Implementierung evaluiert werden. In den Studien zum PflKoRo-Prototyp überwog die Offenheit der einbezogenen Pflegefachpersonen, Pflegebedürftigen und Angehörigen. Diese Ergebnisse sind aber nur bedingt übertragbar, da die Stichproben nicht repräsentativ waren und sich robotische Systeme in ihrem Anwendungskontext und der Zielgruppe stark unterscheiden.

Die Nutzer*innenorientierung in einem frühen Stadium der Entwicklung erwies sich als herausfordernd für alle Beteiligten. Seitens der Nutzer*innen ist ein hohes Maß an Abstraktionsvermögen notwendig, während von den Mitgliedern des Forschungs-/Entwicklungsteams eine besonders gute Vorbereitung offener Formate wie von Fokusgruppen und Interviews gefordert ist. Mit diesen Voraussetzungen ist es möglich, wertvolle Informationen aus der Perspektive der Nutzer*innen zu gewinnen und in die Arbeit zu integrieren. An ihre Grenzen stieß die Nutzer*innenorientierung im PflKoRo-Projekt aufgrund der Pandemie und technischer Limitationen. Im Rahmen der Pandemie war es nötig und hilfreich, auf digitale Formate auszuweichen und insbesondere Pflegefachpersonen als primäre Nutzer*innen direkt im Projektteam zu haben, welche den Zugang zur Klinik und Langzeitpflege und unkomplizierte Iterationsschleifen ermöglichten. Vor dem Hintergrund technischer Limitationen empfehlen sich eine transparente Kommunikation und Erwartungsmanagement seitens der Ingenieur*innen. Mehr Öffentlichkeitsarbeit in vergleichbaren Projekten ist zukünftig wünschenswert, um die Forschung und Entwicklung noch weiter zu öffnen und mehr Menschen Einblicke in die Forschungslabore gewähren zu können.

3 Literaturverzeichnis

- Alaiad, A., & Zhou, L. (2014). The determinants of home healthcare robots adoption: An empirical investigation. *International Journal of Medical Informatics*, 83(11), 825–840. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2014.07.003>
- Altman, M., Huang, T. T. K., & Breland, J. Y. (2018). Design Thinking in Health Care. *Preventing Chronic Disease*, 15, E117. <https://doi.org/10.5888/pcd15.180128>
- Aner, K., & Karl, U. (Eds.). (2020). *Handbuch. Handbuch Soziale Arbeit und Alter* (2., überarbeitete und aktualisierte Auflage). Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-26624-0>
- Becker, H. (2018). Robotik in der Gesundheitsversorgung: Hoffnungen, Befürchtungen und Akzeptanz aus Sicht der Nutzerinnen und Nutzer. In O. Bendel (Ed.), *Pflegeroboter* (pp. 229–248). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22698-5_13
- Bedaf, S., Marti, P., & Witte, L. de (2019). What are the preferred characteristics of a service robot for the elderly? A multi-country focus group study with older adults and caregivers. *Assistive Technology : The Official Journal of RESNA*, 31(3), 147–157. <https://doi.org/10.1080/10400435.2017.1402390>
- Bendel, O. (Ed.). (2018). *Pflegeroboter*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22698-5>
- Brandstädter, S., Büchler, M. W., & Sonntag, K. (2012). Medizintechnik – Eine interdisziplinäre Herausforderung in der Forschung. In K. Bühler, H. Feussner, W. Freysinger, T. Klenzner, A. Nabavi, & S. Weber (Chairs), *11. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Computer- und Roboterassistierte Chirurgie (CURAC)*, Düsseldorf.
- Broadbent, E., Tamagawa, R., Patience, A., Knock, B., Kerse, N., Day, K., & MacDonald, B. A. (2012). Attitudes towards health-care robots in a retirement village. *Australasian Journal on Ageing*, 31(2), 115–120. <https://doi.org/10.1111/j.1741-6612.2011.00551.x>
- BSI Standards Limited (2016). *Robots and robotic devices: Guide to the ethical design and application of robots and robotic systems: BS 8611:2016 (BS 8611:2016)*.
- Buchanan, C., Howitt, M. L., Wilson, R., Booth, R. G., Risling, T., & Bamford, M. (2020). Predicted Influences of Artificial Intelligence on the Domains of Nursing: Scoping Review. *JMIR Nursing*, 3(1), e23939. <https://doi.org/10.2196/23939>
- Cavallo, F., Esposito, R., Limosani, R., Manzi, A., Bevilacqua, R., Felici, E., Di Nuovo, A., Cangelosi, A., Lattanzio, F., & Dario, P. (2018). Robotic Services Acceptance in Smart Environments With Older Adults: User Satisfaction and Acceptability Study. *Journal of Medical Internet Research*, 20(9), e264. <https://doi.org/10.2196/jmir.9460>
- Davis, F. (1987). User acceptance of information systems: the technology acceptance model (TAM). *Academic Press Limited*. https://www.researchgate.net/publication/30838394_User_acceptance_of_information_systems_the_technology_acceptance_model_TAM
- Fan, W., Liu, J., Zhu, S., & Pardalos, P. M. (2020). Investigating the impacting factors for the healthcare professionals to adopt artificial intelligence-based medical diagnosis support system (AIMDSS). *Annals of Operations Research*, 294(1-2), 567–592. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2818-y>

- Graf, B., & Klein, B [Barbara]. (2023). Robotik im Krankenhaus. In J. Klauber, J. Wasem, A. Beivers, & C. Mostert (Eds.), *Krankenhaus-Report: Vol. 2023. Schwerpunkt Personal* (pp. 179–196). Springer.
- Harris, M. T., & Rogers, W. A. (2023). Developing a Healthcare Technology Acceptance Model (H-TAM) for Older Adults with Hypertension. *Ageing and Society, 43*(4), 814–834. <https://doi.org/10.1017/s0144686x21001069>
- Herendy, C. (2020). Using Traditional Research Methods in Contemporary UX Surveying. In C. Stephanidis, A. Marcus, E. Rosenzweig, P.-L. P. Rau, A. Moallem, & M. Rauterberg (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science. HCI International 2020 - Late Breaking Papers: User Experience Design and Case Studies* (Vol. 12423, pp. 123–132). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60114-0_8
- Huang, T.-L., Wu, C.-N., Lee, I.-C., Wong, A. M.-K., Shyu, Y.-I. L., Ho, L.-H., Liao, G.-Y., & Teng, C.-I. (2022). How robots impact nurses' time pressure and turnover intention: A two-wave study. *Journal of Nursing Management, 30*(8), 3863–3873. <https://doi.org/10.1111/jonm.13743>
- Hung, L., Liu, C., Woldum, E., Au-Yeung, A., Berndt, A., Wallsworth, C., Horne, N., Gregorio, M., Mann, J., & Chaudhury, H. (2019). The benefits of and barriers to using a social robot PARO in care settings: A scoping review. *BMC Geriatrics, 19*(1), 232. <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1244-6>
- International Organization for Standardization (2021-11). *Robotics: Vocabulary*. <https://www.iso.org/standard/75539.html>
- Johansson-Pajala, R.-M., & Gustafsson, C. (2022). Significant challenges when introducing care robots in Swedish elder care. *Disability and Rehabilitation. Assistive Technology, 17*(2), 166–176. <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1773549>
- Kato, K., Yoshimi, T., Aimoto, K., Sato, K., Itoh, N., & Kondo, I. (2023). Reduction of multiple-caregiver assistance through the long-term use of a transfer support robot in a nursing facility. *Assistive Technology : The Official Journal of RESNA, 35*(3), 271–278. <https://doi.org/10.1080/10400435.2022.2039324>
- Kollewe, C. (2023). Empowerment oder Feigenblatt? Partizipative Forschung und Technikentwicklung mit älteren und alten Menschen [Empowerment or tokenism? Participatory research and technology development with older and old people]. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie, 56*(5), 362–367. <https://doi.org/10.1007/s00391-023-02215-x>
- Korn, O. (2019). Soziale Roboter – Einführung und Potenziale für Pflege und Gesundheit. *Wirtschaftsinformatik & Management, 11*(3), 126–135. <https://doi.org/10.1365/s35764-019-00187-5>
- Krick, T., Huter, K., Domhoff, D., Schmidt, A., Rothgang, H., & Wolf-Ostermann, K. (2019). 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. <https://doi.org/10.1186/s12913-019-4238-3>
- Liang, H.-F., Wu, K.-M., Weng, C.-H., & Hsieh, H.-W. (2019). Nurses' Views on the Potential Use of Robots in the Pediatric Unit. *Journal of Pediatric Nursing, 47*, e58-e64. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2019.04.027>
- Liao, Y.-J., Jao, Y.-L., Boltz, M., Adekeye, O. T., Berish, D., Yuan, F., & Zhao, X. (2023). Use of a Humanoid Robot in Supporting Dementia Care: A Qualitative Analysis. *SAGE Open Nursing, 9*, 23779608231179528. <https://doi.org/10.1177/23779608231179528>
- Liyanage, H., Liaw, S.-T., Jonnagaddala, J., Schreiber, R., Kuziemsy, C., Terry, A. L., & Lusignan, S. de (2019). Artificial Intelligence in Primary Health Care: Perceptions,

- Issues, and Challenges. *Yearbook of Medical Informatics*, 28(1), 41–46.
<https://doi.org/10.1055/s-0039-1677901>
- Louie, W.-Y. G., McColl, D., & Nejat, G. (2014). Acceptance and Attitudes Toward a Human-like Socially Assistive Robot by Older Adults. *Assistive Technology : The Official Journal of RESNA*, 26(3), 140–150. <https://doi.org/10.1080/10400435.2013.869703>
- Lütke Lanfer, H., & Landwehr, J. (2023). *Methodische Herausforderungen der Partizipativen: Gesundheitsforschung: Reflexionen aus zwei Praxisprojekten*.
<https://doi.org/10.21241/ssoar.88478>
- Mazzocchi, F. (2019). Scientific research across and beyond disciplines: Challenges and opportunities of interdisciplinarity. *EMBO Reports*, 20(6).
<https://doi.org/10.15252/embr.201947682>
- Merda, M., Schmidt, K., & Kähler, B. (2017). *Pflege 4.0- Einsatz moderner Technologien aus der Sicht professionell Pflegender: Forschungsbericht*. <https://www.bgw-online.de/bgw-online-de/service/medien-arbeitshilfen/medien-center/pflege-4-0-einsatz-moderner-technologien-aus-der-sicht-20346>
- Mitzner, T. L., Sanford, J. A., & Rogers, W. A. (2018). Closing the Capacity-Ability Gap: Using Technology to Support Aging With Disability. *Innovation in Aging*, 2(1), igy008.
<https://doi.org/10.1093/geroni/igy008>
- Moyle, W., Jones, C., Pu, L., & Chen, S.-C. (2018). Applying user-centred research design and evidence to develop and guide the use of technologies, including robots, in aged care. *Contemporary Nurse*, 54(1), 1–3. <https://doi.org/10.1080/10376178.2017.1438057>
- Ohneberg, C., Stöbich, N., Warmbein, A., Rathgeber, I., Mehler-Klamt, A. C., Fischer, U., & Eberl, I. (2023). Assistive robotic systems in nursing care: A scoping review. *BMC Nursing*, 22(1), 72. <https://doi.org/10.1186/s12912-023-01230-y>
- Radic, M., & Vosen, A. (2020). Ethische, rechtliche und soziale Anforderungen an Assistenzroboter in der Pflege : Sicht des Führungspersonals in Kliniken und Pflegeeinrichtungen [Ethical, legal and social requirements for assistive robots in healthcare : Viewpoint of management personnel in hospitals and nursing homes]. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 53(7), 630–636.
<https://doi.org/10.1007/s00391-020-01791-6>
- Rantanen, T., Lehto, P., Vuorinen, P., & Coco, K. (2018). The adoption of care robots in home care-A survey on the attitudes of Finnish home care personnel. *Journal of Clinical Nursing*, 27(9-10), 1846–1859. <https://doi.org/10.1111/jocn.14355>
- Rebitschek, F. G., & Wagner, G. G. (2020). Akzeptanz von assistiven Robotern im Pflege- und Gesundheitsbereich : Repräsentative Daten zeichnen ein klares Bild für Deutschland [Acceptance of assistive robots in the field of nursing and healthcare : Representative data show a clear picture for Germany]. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 53(7), 637–643. <https://doi.org/10.1007/s00391-020-01780-9>
- Remmers, H. (2018). Pflegeroboter: Analyse und Bewertung aus Sicht pflegerischen Handelns und ethischer Anforderungen. In O. Bendel (Ed.), *OPEN. Pflegeroboter* (pp. 161–180). Springer Gabler.
- Ritter, F. E., Baxter, G. D., & Churchill, E. F. (2014). *Foundations for designing user-centered systems: What system designers need to know about people*. Springer.
<https://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy1618/2013957359-b.html>
<https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5134-0>
- Saadatzi, M. N., Logsdon, M. C., Abubakar, S., Das, S., Jankoski, P., Mitchell, H., Chlebowy, D., & Popa, D. O. (2020). Acceptability of Using a Robotic Nursing Assistant in Health Care

- Environments: Experimental Pilot Study. *Journal of Medical Internet Research*, 22(11), e17509. <https://doi.org/10.2196/17509>
- Servaty, R., Kersten, A., Brukamp, K., Möhler, R., & Mueller, M. (2020). Implementation of robotic devices in nursing care. Barriers and facilitators: An integrative review. *BMJ Open*, 10(9), e038650. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-038650>
- Smarr, C.-A., Prakash, A., Beer, J. M., Mitzner, T. L., Kemp, C. C., & Rogers, W. A. (2012). Older adults' preferences for and acceptance of robot assistance for every day living tasks. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society ... Annual Meeting. Human Factors and Ergonomics Society. Annual Meeting*, 56(1), 153–157. <https://doi.org/10.1177/1071181312561009>
- Stahl, B. C., & Coeckelbergh, M. (2016). Ethics of healthcare robotics: Towards responsible research and innovation. *Robotics and Autonomous Systems*, 86, 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2016.08.018>
- Steckler, B., & Krempel, E. (2020). "Privacy by Design" im Dialog von Recht und Technik. In B. Gransche & A. Manzeschke (Eds.), *Das geteilte Ganze: Horizonte integrierter Forschung für künftige Mensch-Technik-Verhältnisse* (pp. 71–92). Springer VS.
- Stephan, A. (2023). Mittendrin statt nur dabei. *Die Schwester Der Pfleger*, 40–42.
- Stilgoe, J., Owen, R., & Macnaghten, P. (2013). Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy*, 42(9), 1568–1580. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.05.008>
- Stokes, F., & Palmer, A. (2020). Artificial Intelligence and Robotics in Nursing: Ethics of Caring as a Guide to Dividing Tasks Between AI and Humans. *Nursing Philosophy : An International Journal for Healthcare Professionals*, 21(4), e12306. <https://doi.org/10.1111/nup.12306>
- Troncoso, E. L., & Breads, J. (2021). Best of both worlds: Digital health and nursing together for healthier communities. *International Nursing Review*, 68(4), 504–511. <https://doi.org/10.1111/inr.12685>
- Viseu, A. (2015). Integration of social science into research is crucial. *Nature*, 525(7569), 291. <https://doi.org/10.1038/525291a>
- Wang, R. H., Sudhama, A., Begum, M., Huq, R., & Mihailidis, A. (2017). Robots to assist daily activities: Views of older adults with Alzheimer's disease and their caregivers. *International Psychogeriatrics*, 29(1), 67–79. <https://doi.org/10.1017/S1041610216001435>
- Wu, Y.-H., Wrobel, J., Cornuet, M., Kerhervé, H., Damnée, S., & Rigaud, A.-S. (2014). Acceptance of an assistive robot in older adults: A mixed-method study of human-robot interaction over a 1-month period in the Living Lab setting. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 801–811. <https://doi.org/10.2147/CIA.S56435>
- Zlatintsi, A., Dometios, A. C., Kardaris, N., Rodomagoulakis, I., Koutras, P., Papageorgiou, X., Maragos, P., Tzafestas, C. S., Vartholomeos, P., Hauer, K., Werner, C., Annicchiarico, R., Lombardi, M. G., Adriano, F., Asfour, T., Sabatini, A. M., Laschi, C., Cianchetti, M., Güler, A., . . . López, R. (2020). I-Support: A robotic platform of an assistive bathing robot for the elderly population. *Robotics and Autonomous Systems*, 126, 103451. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103451>
- Zölllick, J. C., Kuhlmeier, A., Suhr, R., Eggert, S., Nordheim, J., & Blüher, S. (2020). Akzeptanz von Technikeinsatz in der Pflege. In K. Jacobs, A. Kuhlmeier, S. Greß, J. Klauber, & A. Schwinger (Eds.), *Pflege-Report 2019* (pp. 211–218). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58935-9_17

4 Thesen

1. Pflegefachpersonen empfinden Tätigkeiten wie das Drehen von Pflegebedürftigen in Seitenlage, die Repositionierung zum Kopfende des Bettes und das Halten/Bewegen von Extremitäten als besonders körperlich und zeitlich belastend.
2. Pflegefachpersonen beurteilen bereits verfügbare Hilfsmittel aufgrund ihres hohen Vor- und Nachbereitungsbedarfs und der Notwendigkeit, diese zu zweit zu verwenden, als begrenzt entlastend.
3. Unter den Pflegefachpersonen besteht ein deutlicher Wunsch nach robotischer Unterstützung bei hebenden und haltenden Anteilen diverser Pflegetätigkeiten.
4. Pflegefachpersonen, Pflegebedürftige und Angehörige sehen überwiegend die potenziellen Vorteile eines Roboters für die Pflege und sind der Entwicklung dieser Technologie gegenüber aufgeschlossen.
5. Am stärksten befürchten Pflegefachpersonen, Pflegebedürftige und Angehörige eine Reduktion der Personalbesetzung sowie eine insgesamt erhöhte Arbeitsbelastung durch den Einsatz eines Roboters für die Pflege.
6. Als größten möglichen Mehrwert eines Roboters für die Pflege nennen Pflegefachpersonen eine körperliche Entlastung und das von anderen Kolleg*innen unabhängige Arbeiten.
7. Die Effizienz sollte ein wichtiger Maßstab sein, um den Erfolg robotischer Systeme zu bewerten und sicherzustellen, dass sie die Arbeitsbedingungen in der Pflege verbessern, ohne zusätzliche Ressourcen zu verbrauchen und Belastungen zu schaffen.
8. Die Beteiligung von Pflegefachpersonen als Teammitglieder im Entwicklungsprozess ermöglicht einen realitätsnahen Zugang zu den Anwendungsbereichen und betroffenen Personen und vereinfacht effektive Iterationsabläufe.

Publikationen

- 1 Langensiepen S, Nielsen S, Madi M, Siebert M, Körner D, Elissen M, Meyer G, Stephan A. Nutzerorientierte Bedarfsanalyse zum potenziellen Einsatz von Assistenzrobotern in der direkten Pflege. *Pflege*, 37(2), 69-78.

<https://econtent.hogrefe.com/doi/abs/10.1024/1012-5302/a000925>

Studiendesign & Entwicklung der Erhebungsinstrumente: SN & SL federführend in Absprache mit MS, DK. Datenerhebung: SN, SL, MM. Datenanalyse: SN, SL, MM, ME. Manuskripterstellung: SL, SN. Supervision: AS, GM. Alle Autor*innen haben die finale Version gelesen und dieser zugestimmt.

- 2 Nielsen S, Langensiepen S, Madi M, Elissen M, Stephan A, Meyer G. Implementing ethical aspects in the development of a robotic system for nursing care: a qualitative approach. *BMC Nursing* 21, 180 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12912-022-00959-2>

Studiendesign: SN, GM. Datenerhebung: SN, SL, MM. Datenanalyse: SN, SL, MM, ME. Manuskripterstellung: SN. Mentoring & Supervision: GM, AS. Alle Autor*innen haben die finale Version gelesen und dieser zugestimmt.

- 3 Madi M, Nielsen S, Schweitzer M, Siebert M, Körner D, Langensiepen S, Stephan A, Meyer G. Acceptance of a robotic system for nursing care: a cross-sectional survey with professional nurses, care recipients and relatives. *BMC Nursing* 23, 179 (2024).

<https://doi.org/10.1186/s12912-024-01849-5>

Studiendesign: SN, GM. Datenerhebung: MM, MSc, MSi, DK, SL. Datenanalyse: SN, MS, MM. Manuskripterstellung: MM, SN. Mentoring & Supervision: GM, AS. Alle Autor*innen haben die finale Version gelesen und dieser zugestimmt.

Genehmigungen zum Abdruck und zur Veröffentlichung im Rahmen der Dissertation






Der Abdruck von Publikation 1 wurde am 03.04.2024 vom Hogrefe Verlag genehmigt.

Publikationen 2 und 3 sind öffentlich zugängliche Artikel, die der „Creative Commons CC BY“-Lizenz unterliegen und somit bei korrekter Zitierung uneingeschränkt genutzt und reproduziert werden dürfen (siehe Abschnitt „Rights and permissions“ am Ende beider Online-Artikel).



Nutzerorientierte Bedarfsanalyse zum potenziellen Einsatz von Assistenzrobotern in der direkten Pflege

Eine Mixed-Methods-Studie

Sina Langensiepen¹ , Svenja Nielsen², Murielle Madi^{1,2}, Maximilian Siebert³ ,
Daniel Körner³ , Maurice Elissen⁴ , Gabriele Meyer², Astrid Stephan¹ 

¹Pflegedirektion, Stabsstelle Pflegewissenschaft, Uniklinik RWTH Aachen, Deutschland

²Institut für Gesundheits- und Pflegewissenschaft, Medizinische Fakultät, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Deutschland

³Institut für Angewandte Medizintechnik, RWTH Aachen, Deutschland

⁴Klinik für Operative Intensivmedizin und Intermediate Care, Uniklinik RWTH Aachen, Deutschland

Zusammenfassung: *Hintergrund:* In der Pflege sind bislang kaum Roboter verbreitet, die patientennahe Tätigkeiten übernehmen und dabei die körperliche Belastung der Pflegenden reduzieren. Unter Nutzung von User-Centered Designansätzen wurde daher im interdisziplinären Projekt „PfleKoRo“ ein robotisches Assistenzsystem entwickelt, das in der direkten Pflege von bettlägerigen Schwer- und Schwerstpflegebedürftigen eingesetzt werden kann. *Ziel:* Ziel dieser Studie war die Ermittlung von pflegerischen Tätigkeiten mit dem größten Unterstützungspotenzial für einen Assistenzroboter zur direkten Pflege von bettlägerigen Pflegebedürftigen. *Methode:* In einem explorativen Mixed-Methods-Design wurden Fokusgruppen ($n = 3$) mit Pflegefachpersonen ($n = 14$) aus Akut- und Langzeitpflege durchgeführt und inhaltsanalytisch ausgewertet. Eine Auswahl pflegerischer Tätigkeiten wurde anschließend von Teilnehmenden der Fokusgruppen ($n = 10$) hinsichtlich ihres Unterstützungspotenzials durch einen Assistenzroboter in einer standardisierten Befragung priorisiert. *Ergebnisse:* Mit der höchsten Priorität bewertet wurden das Drehen und Halten von Pflegebedürftigen in Seitenlage sowie das Halten des Beines für pflegerische Maßnahmen. Weiterer Unterstützungsbedarf zeichnete sich u.a. für die Repositionierung der Pflegebedürftigen zum Kopfende des Bettes und Transfertätigkeiten ab. *Schlussfolgerung:* Das Drehen und Halten in Seitenlage sowie das Halten des Beines bieten als Zieltätigkeiten mit dem größten Unterstützungspotenzial für „PfleKoRo“ den Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung.

Schlüsselwörter: Robotik in der Pflege, nutzerzentriertes Design, Bedarfsanalyse, Pflegefachperson, Fokusgruppen

User-oriented needs assessment of the potential use of assistive robots in direct nursing care: A mixed methods study

Abstract: *Background:* So far, hardly any robots have been used in nursing that take over patient-related activities and thereby reduce the physical strain on the caregivers. Using user-centered design approaches, the interdisciplinary project “PfleKoRo” was therefore developing a robotic assistance system that can be used in the direct care of bedridden patients requiring intensive or very intensive care. *Aim:* The aim of this study was to identify nursing activities with the greatest support potential for an assistant robot for the direct care of bedridden patients. *Method:* Focus groups ($n = 3$) with nursing professionals ($n = 14$) from acute and long-term care were conducted first in an explorative mixed method design and then evaluated by means of content analysis. A selection of nursing activities was then prioritized by the participants of the focus groups ($n = 10$) with regard to their potential for support from an assistant robot in a standardized survey. *Results:* The highest priority was given to turning and holding patients in a lateral position as well as holding their legs in order to perform nursing tasks. Further support was needed, among other things, for repositioning the patient to the head of the bed and for tasks such as the transfer of patients. *Conclusion:* Turning patients and holding them in a lateral position as well as holding the leg are seen as target activities with the greatest support potential for “PfleKoRo”, presenting the starting point for further development.

Keywords: robotics, nursing, user-centered design, needs assessment, focus groups

Was ist zu dieser Thematik schon bekannt?

Robotik in der Pflege ist vor allem für patientenferne Tätigkeiten im Einsatz, die Pflegenden nicht direkt körperlich entlasten.

Welchen Erkenntniszugewinn leistet die Studie?

Die befragten Pflegefachpersonen schreiben patientennahen, stützenden Anteilen bei Pflegemaßnahmen großes Potenzial für robotische Unterstützung zu.

Einleitung

Die Digitalisierung kann als eine der wichtigsten aktuellen gesellschaftlichen Entwicklungen betrachtet werden und verändert zunehmend auch die Arbeitsorganisation im Gesundheitswesen. Insbesondere durch die SARS-CoV-2-Pandemie wurden die Akzeptanz und der Einsatz digitaler Medien im Gesundheitswesen deutlich beschleunigt. Auch robotischen Systemen wird ein bedeutendes Wachstumspotential im Gesundheitsbereich zugeschrieben (IQVIA Institute for human data science, 2021; Medical Device Network, 2020). Um Pflegefachpersonen in ihrer Arbeit zeitlich und körperlich zu entlasten, werden inzwischen bereits robotische Systeme für verschiedene Aufgaben entwickelt. Für den Transfer von Pflegebedürftigen mit einem Körpergewicht von bis zu 226kg stellten Ding et al. (2014) in den USA beispielsweise den „Robotic Nursing Assistant“ vor. In Japan wurde ebenfalls für den Personentransfer der „Robear“ mit zwei motorisierten Tragearmen entwickelt (Jiang et al., 2015). Auch zur Unterstützung der Körperpflege gibt es robotische Lösungsansätze wie z. B. eine robotische Badewanne, die Pflegebedürftige automatisch von Kopf bis Fuß wäscht (Beedholm et al., 2015). Zum Anreichen von Nahrung sind robotische Esshilfen wie der „iEAT“-Roboter erhältlich, die einen Löffel in variierbarer Geschwindigkeit zum Mund einer pflegebedürftigen Person befördern (Assistive Innovations, 2019).

Tatsächlich genutzt werden in deutschen Krankenhäusern bisher jedoch hauptsächlich patientenferne Service-roboter zum Transport von Medikamenten, Materialien und Wäsche (Fachinger & Mähs, 2019). Roboter, die patientennahe Tätigkeiten wie das Tragen, Lagern und die Körperpflege übernehmen und dabei die Belastung der Pflegenden reduzieren, sind in deutschen Krankenhäusern noch nicht verbreitet (Daum, 2017). Die mangelnde Durchsetzung robotischer Systeme in der Pflege könnte unter anderem dem Umstand geschuldet sein, dass die vorgestellten Systeme infolge einer fehlenden Nutzereinbindung in der Entwicklung nur unzureichend den Bedürfnissen der Nutzer_innen entsprechen (Andrade et al., 2014; Servaty et al., 2020). Der Assistenzroboter „Robear“ als Beispiel wurde zwar für patientennahe Tätigkeiten entwickelt, ist aber sehr teuer und die Bedienung zu kompliziert (Byford, 2015). Eine wesentliche Rolle spielt auch, dass Gesundheitstechnologien unmittelbar das Beziehungsverhältnis zwischen Pflegefachpersonen und Pflegebedürftigen verändern können. Um weiterhin eine perso-

nenzentrierte Pflege zu gewährleisten, sollten diese betroffenen Personenkreise daher den Wandel mitgestalten (Buchanan et al., 2020). Einschlägige Empfehlungen beinhalten dementsprechend eine Nutzereinbindung schon zu Beginn der ersten Entwicklungsschritte (Moyle et al., 2018; Troncoso & Breads, 2021).

Ein Ansatz, der die potenziellen Nutzer_innen mit ihren Eigenschaften und Bedürfnissen in den Mittelpunkt des Entwicklungsprozesses stellt, ist das User-Centered Design (UCD) (Ritter, 2014). Im Rahmen eines UCD können verschiedene Methoden zum Einsatz kommen, wie z. B. Feldbeobachtungen, Interviews, Fokusgruppen, Fragebögen und Selbstaufschreibungen (Herendy, 2020). Auch empirische Daten sprechen für eine Steigerung der Gebrauchstauglichkeit, der Effektivität und der Zufriedenheit bei nutzerzentrierten Produktentwicklungen im Vergleich zu traditionell durch Expert_innen geleiteten Entwicklungen im Gesundheitsbereich (Altman et al., 2018). Speziell für robotische Systeme erwies sich die aktive Einbindung von Pflegenden während der Entwicklung als förderlich für die spätere Implementierung (Servaty et al., 2020).

Im Rahmen des Projektes „PfleKoRo Pflege erleichtern durch kooperierende Robotik“ (BMBF-Fördernummer 16SV8440) werden daher Nutzer_innen von Anfang an eingebunden. Das Projekt strebt an, ein robotisches Assistenzsystem für die direkte Pflege von schwer- und schwerstpflegebedürftigen Menschen zu entwickeln, um Pflegefachpersonen in körperlich belastenden Pflegesituationen zu entlasten. Hierfür dient der bisher u. a. im Rehabilitationsbereich eingesetzte Leichtbauroboter des Typs „KUKA LBR Med 14“ als Ausgangsmodell (Becker et al., 2019). Primär werden Pflegefachpersonen adressiert, da das robotische System mit beruflich Pflegenden kooperieren und ausschließlich von ihnen eingesetzt werden soll. In der ersten Phase der Nutzereinbindung erfolgte eine Bedarfsanalyse mit dem Ziel, die aus pflegerischer Sicht gewinnbringenden und technisch umsetzbaren Einsatzmöglichkeiten des robotischen Systems in „PfleKoRo“ zu identifizieren und anhand einer Bewertungsskala zu priorisieren, sodass der anschließende Technikentwicklungsprozess gezielt daran ausgerichtet werden kann.

Ziel

Ziel dieser Studie war es, in einem UCD-Prozess pflegerische Tätigkeiten mit dem größten Unterstützungspotenzial für einen Assistenzroboter zur direkten Pflege von bettlägerigen Pflegebedürftigen zu ermitteln.

Methode

Die Studie wurde in einem explorativen Mixed-Methods-Design umgesetzt (Baur et al., 2017). In einem ersten Schritt wurden Fokusgruppen mit Pflegefachpersonen durchge-

führt und zeitlich und körperlich belastende Tätigkeiten identifiziert. Anschließend wurden die potenziell durch den Roboter umsetzbaren Tätigkeiten ausgewählt und im Rahmen eines Fragebogens quantitativ durch die Interviewten im Hinblick auf eine gewünschte Unterstützung durch ein robotisches System, die benötigte Zeit sowie die Durchführungshäufigkeit bewertet. Diese sequenzielle Vorgehensweise wurde gewählt, um den Fragebogen auf Basis der erhobenen qualitativen Daten entwickeln zu können.

Die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen bewertete die Studie zustimmend (EK 427-20). Die informierte Einwilligung aller Teilnehmenden wurde vor Studienbeginn schriftlich eingeholt.

Vorbereitende Schritte

In vorbereitenden Workshops legten Pflegefachpersonen, Gesundheitswissenschaftlerinnen und Ingenieure gemeinsam einen Nutzungskontext fest. Es wurde vereinbart, einen Assistenzroboter für die direkte Pflege von bettlägerigen Schwer- und Schwerstpflegebedürftigen zu entwickeln, der primär durch Pflegefachpersonen eingesetzt werden soll. Angehörige und Pflegebedürftige wurden als unmittelbar von der Anwendung Betroffene mit einbezogen. Als mögliche Einsatzorte wurden das klinische Setting und die Altenpflege gewählt.

Die geplanten Hospitationen im Entwicklungslabor und im klinisch-pflegerischen Setting konnten pandemiebedingt nur reduziert umgesetzt werden. Als Alternative wurden mit Pflegefachpersonen aus dem Forschungsteam in einer simulierten Klinikumgebung Videoaufnahmen aus mehreren Kameraperspektiven erstellt, um den Ingenieuren einen Einblick in alltägliche pflegerische Handlungen zu ermöglichen.

Die vorbereitenden Maßnahmen dienten zur Entwicklung des Leitfadens für die Fokusgruppen und zur Einschätzung der technischen Umsetzbarkeit durch die Ingenieure. Sie förderten außerdem gegenseitiges Verständnis und bildeten somit die Grundlage der interdisziplinären Zusammenarbeit. Weitere Informationen zu geplanten und umgesetzten Maßnahmen sind im Elektronischen Supplement ESM1 zu finden.

Population

Die Teilnahmebereitschaft unter den Pflegefachpersonen war aufgrund von einer hohen Arbeitsbelastung und Personalengpässen reduziert, weshalb auf eine aufwändigere und langwierigere kriterienbasierte Stichprobengewinnung verzichtet und stattdessen auf eine Gelegenheitsstichprobe zurückgegriffen wurde. Für die Teilnahme an Fokusgruppen und der anschließenden Befragung wurden Pflegefachpersonen aus einem Universitätsklinikum und aus einem Alten- und Pflegeheim in Nordrhein-Westfalen rekrutiert. Die Stationsleitungen und ein Ansprechpartner

im Alten- und Pflegeheim motivierten mittels Aufruf zur Teilnahme. Interessierte kontaktierten das Studienteam via E-Mail, erhielten weitere schriftliche Informationen und terminierten das Interview.

Die Pflegefachpersonen mussten folgende Einschlusskriterien erfüllen: 1) Abschluss einer dreijährigen Ausbildung, 2) mindestens ein Jahr Berufserfahrung und 3) ausreichende Deutschkenntnisse zur Teilnahme an einer Fokusgruppe.

Nach der Datenerhebung erhielten die Teilnehmenden des Universitätsklinikums ohne vorherige Ankündigung einen Gutschein im Wert von 10 €. Das Alten- und Pflegeheim war Praxispartner im Projekt und die Pflegefachpersonen konnten hier innerhalb ihrer Arbeitszeit an der Studie teilnehmen.

Qualitative Studienphase: Fokusgruppen

Datenerhebung

Die Fokusgruppen fanden im Mai 2021 statt. Aufgrund der SARS-CoV-2 Pandemie wurden sie online mit Microsoft® Teams durchgeführt. Die Teilnehmenden erhielten vorab ein Dokument mit technischen Hinweisen und ein Angebot zu einem technischen Test der Kommunikationsplattform. In Abstimmung mit den Ingenieuren wurde ein Leitfaden entwickelt, der zunächst Aufschluss über die aktuelle Situation im Arbeitsumfeld der Pflegefachpersonen ermöglichen und zur Problemidentifikation dienen sollte (Feldhusen & Grote, 2013). Nach einem Pretest mit drei Pflegefachpersonen aus dem Projektteam erfolgte eine geringfügige Anpassung des Leitfadens (ESM2).

Jeweils zwei Gesundheitswissenschaftlerinnen (SN, SL, MM) moderierten die Fokusgruppen, an denen zudem ein Ingenieur des Projektes (MS, DK) teilnahm. Teilnehmende und Moderatorinnen waren sich nicht bekannt, sodass zu Beginn der Fokusgruppe eine kurze Vorstellung erfolgte. Um den Teilnehmenden einen Eindruck vom Aussehen und Bewegungsradius des Roboterarms zu vermitteln, wurde ein kurzer Videoausschnitt eines frühen Labormusters gezeigt.

Zur visuellen Unterstützung wurden die Aussagen der Teilnehmenden für alle ersichtlich auf einem virtuellen Whiteboard notiert und strukturiert.

Die Fokusgruppen dauerten jeweils ca. 90 Minuten und wurden mit Microsoft® Teams aufgezeichnet. Die Aufzeichnungen wurden wörtlich transkribiert und anschließend gelöscht.

Datenanalyse

Die Transkripte der Fokusgruppen wurden inhaltlich strukturierend nach Kuckartz (Kuckartz, 2018) analysiert. Um mögliche Fehlerquellen zu reduzieren, analysierten jeweils zwei Teammitglieder (SN, SL, MM, ME) die Daten gemeinsam mithilfe der Software MAXQDA 2020. Hierbei wurden die Hauptkategorien deduktiv aus dem Leitfaden abgeleitet. Weitere Subkategorien wurden induktiv anhand der Daten entwickelt. Bei Fragen oder Uneinigkeit

wurde ein weiteres Teammitglied hinzugezogen. Zur weiteren Qualitätssicherung und zur Umsetzung des UCD wirkte eine Pflegefachperson (ME) aus der Forschungsgruppe bei der Datenanalyse mit und validierte das finale Codesystem samt codierter Segmente.

Auswahl der Items für den Fragebogen

Das Forschungsteam sammelte die in den Fokusgruppen genannten pflegerischen Tätigkeiten und wählte in einem Ausschlussverfahren Items für den Fragebogen aus. Hierzu wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- Inwiefern hierfür bereits entlastende Hilfsmittel verwendet werden,
- ob eine robotische Unterstützung eher befürwortet oder abgelehnt wird,
- in wie vielen Fokusgruppen die Tätigkeit genannt wurde,
- wie oft sie am Ende der Fokusgruppen als Tätigkeit mit dem größten Wunsch nach Unterstützung genannt wurde.

Mithilfe der Informationen aus den vorbereitenden Schritten folgte abschließend eine Einschätzung der technischen Umsetzbarkeit im Rahmen des Projektes durch die Ingenieure.

Quantitative Studienphase: Standardisierte Befragung

Datenerhebung

Ein Fragebogen wurde mit den ausgewählten Items erstellt und um Bewertung der Tätigkeiten hinsichtlich der Kategorien Wunsch (Wie sehr wünschen sich die Befragten Unterstützung bei den genannten Tätigkeiten?), Häufigkeit (Wie oft führen die Befragten die genannten Tätigkeiten durch?) und Dauer (Wie viel Zeit benötigen die Befragten bei den genannten Tätigkeiten?) gebeten.

Genutzt wurde hierzu ein Rangsystem von 1 bis 6, wobei Rang 1 die stärkste Ausprägung bedeutet, d. h. der stärkste Wunsch / die größte Häufigkeit / längste Dauer, absteigend zu Rang 6 mit der niedrigsten Ausprägung.

Projektinterne Pflegefachpersonen und eine wissenschaftliche Mitarbeiterin testeten den Fragebogen im Hinblick auf Verständlichkeit und Ausfülldauer. Anschließend wurde der Link zum Fragebogen per Mail an die Teilnehmenden der Fokusgruppen geschickt. Der finale Fragebogen ist im ESM3 einsehbar. Die Datenerhebung erfolgte anonym unter Nutzung der Software SoSci Survey.

Datenanalyse

Die Datenauswertung erfolgte mit Microsoft® Excel®. Pro Kategorie wurde jeweils das arithmetische Mittel (\bar{x}) und die Standardabweichung (SD) der Ränge der einzelnen Items berechnet. Anschließend wurden die drei Kategorien zusammengefasst und ein Gesamtwert bei gleicher Gewichtung der Kategorien berechnet.

Ergebnisse

Vierzehn der 40 initial interessierten Pflegefachpersonen nahmen an drei Fokusgruppen teil (vier bis fünf pro Gruppe), wohingegen 26 aufgrund von Dienstplänen oder aus unbekanntem Gründen nicht teilnahmen. Die Beschreibung der Stichprobe ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Ergebnisse der qualitativen Daten: Fokusgruppen

Aus der qualitativen Inhaltsanalyse gingen sechs Hauptkategorien hervor (Tab. 2). Das Codebuch mit allen Haupt- und Subkategorien, Definitionen und Ankerbeispielen kann im ESM4 eingesehen werden.

Hauptkategorie 1: Belastende Tätigkeiten

Auf die Frage, welche Tätigkeiten die Pflegefachpersonen in der Pflege von schwer- und schwerstpflegebedürftigen, bettlägerigen Personen als körperlich und zeitlich belastend empfinden, nannten die Interviewten vor allem das Drehen der Pflegebedürftigen als Vorbereitung für viele pflegerische Maßnahmen (z. B. Lagern, Körperpflege, Wunden versorgen) ($n = 6$). Ebenfalls wiederholt genannt wurde die Repositionierung im Bett zum Kopfende (Subkategorie [SK] 1.1 Stabilisierung / Eindimensionale Verän-

Tabelle 1. Merkmale der Teilnehmenden der Fokusgruppen und Fragebögen

Fokusgruppe	Fragebogen	
	Anzahl (Prozent)	Anzahl (Prozent)
Geschlecht	Geschlecht	
Weiblich	9 (64,3)	Weiblich 7 (70)
Männlich	5 (35,7)	Männlich 3 (30)
Alter in Jahren	Alter in Jahren	
18 – 30	9 (64,2)	18 – 30 4 (40)
31 – 40	3 (21,4)	31 – 40 4 (40)
41 – 50	2 (14,3)	41 – 50 2 (20)
Mittelwert (Spannweite)	30,9 (22 – 47)	
Berufserfahrung in Jahren	Berufserfahrung in Jahren	
< 5	5 (35,7)	< 5 3 (30)
5 – 10	6 (42,9)	5 – 10 3 (30)
11 – 15	2 (14,3)	11 – 15 3 (30)
> 16	1 (7,1)	> 16 1 (10)
Mittelwert (Spannweite)	7,5 (2–26)	
Arbeitsbereich	Arbeitsbereich	
Normalstation (Klinik)	2 (14,3)	Normalstation (Klinik) 0
Intensivstation (Klinik)	3 (21,4)	Intensivstation (Klinik) 3 (30)
Langzeitpflege	9 (64,3)	Langzeitpflege 5 (50)
		Tagespflege 1 (10)
		teilstationär 1 (10)

derung der Lage im Bett). Weiterhin nannten die Teilnehmenden das Halten/Bewegen von Extremitäten (SK 1.2), wie z.B. zur Wundversorgung oder zum Wickeln von Beinen: „Wenn Beine gewickelt werden müssen, ist immer gut, wenn einer das Bein festhält, weil beides gleichzeitig ist immer schwierig“ (PFP 9, Fokusgruppe [FG] 2). Als weitere belastende Tätigkeiten (SK 1.3) wurden komplexe Handlungsabläufe wie das Lagern ($n = 4$), Körperpflege ($n = 4$) und Ankleiden ($n = 2$) von Pflegebedürftigen beschrieben. Mobilisierungs- und Transfertätigkeiten (SK 1.4) in den Rollstuhl, auf die Toilette oder nach einem Sturz wurden als besonders körperlich fordernd empfunden. Als patientenferne, belastende Tätigkeiten wurde das Anreichen, Bereitstellen und Entsorgen von Nahrung oder Materialien angeführt (SK 1.5). In einer Fokusgruppe wurden in diesem Kontext insbesondere der Transport und der Wechsel von Dialysebeuteln als körperlich sehr belastend thematisiert.

Hauptkategorie 2: Genutzte Hilfsmittel

In dieser Kategorie wurden Hilfsmittel erfasst, die für die vorab genannten, belastenden Tätigkeiten bereits unterstützend verwendet wurden. Für Lagerungstätigkeiten (SK 2.1) wurden hauptsächlich einfach greifbare Alltagsmaterialien wie Kissen oder Decken genutzt: „Ich nehme mir Kissen oder Decken oder sonst irgendwas, was da liegt, und brauche das zum Lagern“ (PFP 6, FG 2). Insbesondere für die Veränderung der Lage im Bett zum Kopfende oder zu einer Bettseite hin nannten Teilnehmende das Stecklaken, Rollbrett (Akutsetting) und Rutschtuch (Langzeitsetting). Für Mobilisations- und Transfertätigkeiten (SK 2.2) wurden vielfältige Hilfsmittel wie z.B. Bettgalgen, Drehscheiben, Aufsteh- und Tuchlifter genannt.

Hauptkategorie 3: Grenzen der Hilfsmittel

Als problematisch wurde hier die Verfügbarkeit von Hilfsmitteln (SK 3.1) und zugehörigen Materialien beschrieben. Hilfsmittel waren in den Einrichtungen nicht immer oder nur in begrenzter Anzahl vorhanden, wie z.B. Bettgalgen oder Lifter. Für den (Ab-) Transport von Dialysebeuteln gaben die Interviewten an, dass es hierfür auf nicht spezialisierten Stationen keine speziellen Hilfsmittel gebe. Als weitere Grenze an Hilfsmitteln wurden Ausmaße (SK 3.3) genannt. So sei ein Lifter z.B. zu sperrig, um ihn gut in den vorhandenen Räumlichkeiten einsetzen zu können, während Lagerungsmaterialien allein oft nicht das nötige Volumen aufwiesen: „Oftmals stapelt man fünf, sechs Kissen [...] und eigentlich hätte eins gereicht, wenn das einfach von der Füllung her ausreichend wäre“ (PFP 11, FG 3). In Bezug auf Lifter, Rutschtücher und Lagerungsmaterialien empfanden die Teilnehmenden es als körperlich oder zeitlich belastend, dass diese vor der eigentlichen Tätigkeit erst vorbereitende Maßnahmen erfordern (SK 3.4): „Was mich daran stört, [...] um den Patienten zu mobilisieren oder zu drehen, musst du vorher immer den Patienten mit zwei Leuten gedreht haben, um das Tuch unten drunter zu kriegen“ (PFP9, FG 2). Auch wurde thematisiert, dass Pflegebedürftige oft sehr ängstlich beim Gebrauch von Drehscheiben oder Liftern seien oder deren Einsatz ablehnten (SK 3.5).

Hauptkategorie 4: Weitere roboterunterstützte Tätigkeiten

Nach der Videodemonstration konnten sich die Pflegefachpersonen vor allem Unterstützung durch den Roboter bei sämtlichen haltenden Tätigkeiten vorstellen: „Ja vor allem das Halten der Körperregion. Da können wir ja jede

Tabelle 2. Überblick Hauptkategorien

Hauptkategorie	Beispiele
1. Belastende Tätigkeiten Tätigkeiten, die als körperlich und/oder zeitlich belastend empfunden wurden	<ul style="list-style-type: none"> • Drehen, Repositionierung zum Kopfende • Halten/Bewegen von Extremitäten, insbesondere Beine • Lagern, waschen, ankleiden • Mobilisierungs-, Transfertätigkeiten • Anreichen, Bereitstellen & Entsorgen von Materialien
2. Genutzte Hilfsmittel Hilfsmittel, die bereits für belastende Tätigkeiten genutzt wurden	<ul style="list-style-type: none"> • Kissen und Decken für das Lagern • Stecklaken/Rollbrett/Rutschtuch für Repositionierung zum Kopfende • Bettgalgen, Drehscheiben, Aufsteh- und Tuchlifter für Mobilisation und Transfer
3. Grenzen der Hilfsmittel Gründe für Nichtnutzung von bzw. unzureichende Entlastung durch Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Verfügbarkeit (Bettgalgen, Lifter) • Hilfe von Kolleg_innen oder Pflegebedürftigen nötig (Stecklaken, Hilfsmittel für Mobilisierung und Transfer, z.B. Lifter) • Unpassende Maße (Lifter, Lagerungsmaterialien) • Aufwand im Gebrauch (Lifter, Rutschtücher, Lagerungsmaterialien) • Unsicherheit der Pflegebedürftigen (Drehscheiben, Lifter)
4. Weitere mögliche roboterunterstützte Tätigkeiten Tätigkeiten, die nach Präsentation des Roboters ergänzend genannt wurden	<ul style="list-style-type: none"> • Generell stützende Tätigkeiten • Heben & Halten von Beinen/Armen • Anreichen von Materialien, Ablageplatz
5. Vorstellbarkeit der Robotikunterstützung Vorstellbare/nicht vorstellbare Tätigkeiten unter Einbezug des Roboters	<ul style="list-style-type: none"> • Befürworten: Drehen, Repositionierung zum Kopfende, Halten von Extremitäten, Halten in Seitenlage, Materialablage, Dialysat-Transport • Lehnen ab: Nahrung anreichen • Verschiedene Ansichten: Mobilisation & Transfer
6. Wunschtätigkeiten Unterstützung durch den Roboter am stärksten gewünscht	<ul style="list-style-type: none"> • Diverse stabilisierende Tätigkeiten • Drehen, Repositionierung zum Kopfende

Körperregion nehmen. Dann halt beim Waschen, beim Ankleiden“ (PFP4, FG 1). Sofern noch nicht vorher in der Fokusgruppe thematisiert, wurde in diesem Kontext explizit das Heben und Halten des Beines oder des Arms für verschiedene pflegerische Maßnahmen genannt. Darüber hinaus schlugen Einzelne das Anreichen von Materialien zur Wundversorgung durch den Roboter oder den Roboter als Ablageplatz für Wäsche vor (SK 4.3).

Hauptkategorie 5: Vorstellbarkeit der Robotikunterstützung

Die Pflegefachpersonen befürworteten im Einzelnen die Unterstützung durch den Roboter beim Drehen ($n = 5$) und Repositionieren der Pflegebedürftigen zum Kopfende ($n = 2$). Generell konnten sie sich eine robotische Unterstützung gut bei stützenden Tätigkeiten vorstellen, wie z.B. beim Halten der Extremitäten sowie beim Halten in Seitenlage beim Betten oder Waschen der Körperrückseite ($n = 7$). Eine robotische Unterstützung bei Mobilisations- und Transfertätigkeiten wurde unterschiedlich bewertet. Rein stützende Tätigkeiten durch den Roboter konnten sich fünf Pflegefachpersonen hierbei vorstellen, sieben äußerten sich diesbezüglich kritisch. Als Hauptgrund gaben sie dabei an, dass der Roboter nicht intuitiv auf das Bewegungsverhalten der Pflegebedürftigen eingehen könne. Eine robotische Unterstützung beim Anreichen von Nahrung lehnten alle einheitlich ab, u.a. aus ethischen Gründen: „Und auch [für] die Person selber, die das ange-reicht bekommt, ist es glaube ich kein schönes Gefühl, wenn da ein stummer Gegenstand Essen oder Getränke anreicht“ (PFP2, FG 1).

Hauptkategorie 6: Wunschtätigkeiten

In einer Fokusgruppe fiel die Eingrenzung auf einzelne Tätigkeiten, die durch einen Roboter unterstützt werden sollten, schwer. Die Interviewten nannten stattdessen generell stützende und haltende Funktionen zum flexiblen Einsatz bei verschiedenen Tätigkeiten: „Stützen, halten, halt einfach, genau, für uns als Unterstützung, damit ich mir nicht immer einen Zweiten suchen muss oder rufen muss“ (PFP13, FG 3). Die Wunschtätigkeiten wurden mit folgender Häufigkeit genannt:

- Komplexe Handlungen am Bett, wie lagern ($n = 6$), Wundpflege ($n = 3$), Ganzkörperpflege ($n = 2$), betten ($n = 1$),
- stabilisierende Tätigkeiten bei der Wundversorgung ($n = 2$), beim Bein Wickeln ($n = 1$), beim Ankleiden ($n = 1$),
- eindimensionale Änderung der Position im Bett, wie die Repositionierung zum Kopfende ($n = 3$) oder drehen ($n = 4$) und
- Transfer nach einem Sturzereignis ($n = 2$).

Auswahl der Items für den Fragebogen

Von den in den Fokusgruppen gesammelten Tätigkeiten konnte keine aufgrund des Vorhandenseins bereits vollum-fänglich entlastender Hilfsmittel ausgeschlossen werden.

Das Anreichen von Nahrung wurde aus ethischen Gründen abgelehnt. Auch der Wechsel und Transport des Dialyse-beutels wurde ausgeschlossen, da diese Tätigkeit nur vor dem Hintergrund eines speziellen klinischen Settings the-matisiert wurde. Da die Repositionierung von Pflegebe-dürftigen zum Kopfende und Transfertätigkeiten vermut-lich die Maximallast des robotischen Ausgangsmodells überschreiten würden, konnten auch diese Tätigkeiten auf-grund der technischen Umsetzbarkeit im Rahmen des For-schungsprojektes nicht weiter berücksichtigt werden.

In Zusammenarbeit mit den Pflegefachpersonen im Projektteam wurden die Tätigkeiten „Lagern, Körperpfle-ge und Ankleiden“ in die Bestandteile „Stabilisieren in Seitenlage“ und „Stabilisieren im Sitz“ unterteilt. Dies ge-schah zusätzlich zu den Tätigkeiten des Drehens und Bein-/Arm Haltens. Folgende Tätigkeiten wurden somit als Items zur Priorisierung im Fragebogen ausgewählt:

1. Stabilisieren in Seitenlage für pflegerische Maßnahmen
2. Drehen für pflegerische Maßnahmen
3. Im Sitz stabilisieren (im Bett)
4. Arm halten für Wundversorgung/Verbandswechsel
5. Bein halten für Wundversorgung/Kompressionsverband
6. Anreichen und Ablegen von Materialien.

Der Prozess ist in Abbildung 1 dargestellt.

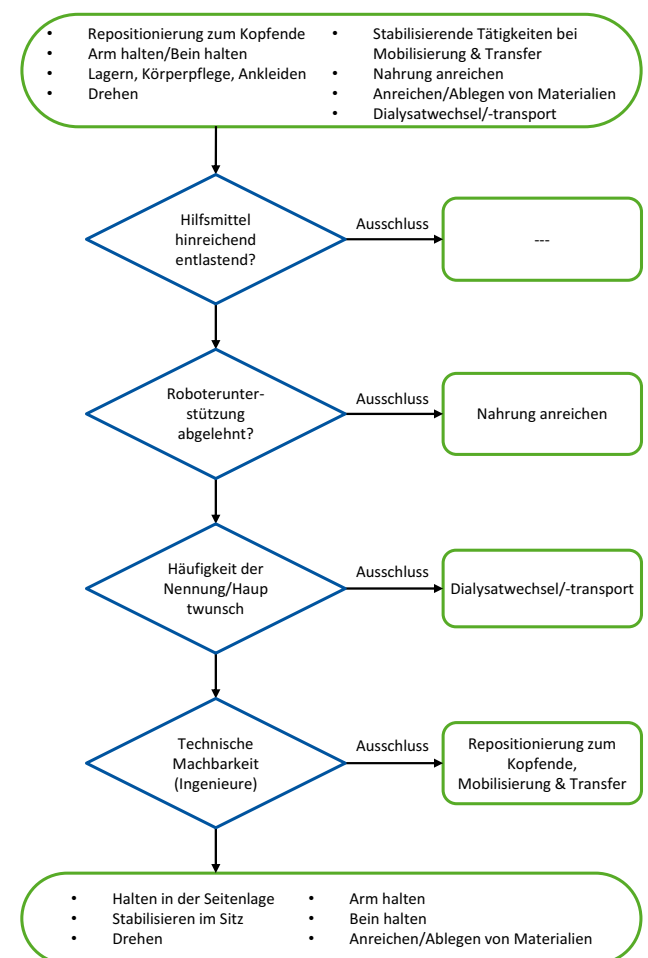


Abbildung 1. Auswahl der Items für den Fragebogen

Ergebnisse der quantitativen Daten: Fragebögen

Von den 14 Pflegefachpersonen der Fokusgruppen nahmen zehn an der quantitativen Befragung teil (Tab. 1). Die übrigen Pflegefachpersonen nahmen aus unbekanntem Gründen nicht an der Befragung teil.

Aus Tabelle 3 und Abbildung 2 geht hervor, dass das Drehen für pflegerische Maßnahmen in den Kategorien Wunsch und Häufigkeit mit der höchsten Ausprägung bewertet wurde. Hinsichtlich der Dauer wurde das Halten des Beines für die Wundversorgung und zum An-/Ablegen des Kompressionsverbandes mit der höchsten Ausprägung eingestuft. Weiterhin ist zu erkennen, dass in allen drei Kategorien dieselben drei Tätigkeiten in den oberen drei Rängen zu finden sind. Das Drehen für pflegerische Maßnahmen wurde in der Gesamtbetrachtung als die Tätigkeit mit der höchsten Priorität gewählt.

Diskussion

Wie bereits in anderen Studien ermittelt (Gliesche et al., 2020; Turja et al., 2018), zeigte sich auch in der vorliegenden Studie, dass Pflegende den Wunsch haben, beim Anreichen von Materialien oder dem Transport schwerer Materialien robotische Unterstützung zu erhalten. Für patientennahe Dreh- und Hebetätigkeiten fiel der Unterstützungswunsch jedoch in der vorliegenden Studie größer aus als in anderen, vergleichbaren Studien. Die Pflegefachpersonen schrieben insbesondere solchen Tätigkeiten ein hohes Unterstützungspotential zu, die mit großem Zeitaufwand verbunden sind und häufig vorkommen.

Eine robotische Assistenz bei der Nahrungsaufnahme lehnten die Pflegefachpersonen gänzlich ab, da hierbei großer Wert auf die soziale, menschliche Zuwendung gelegt wird. Andere Untersuchungen deuten darauf hin, dass eine soziale / emotionale Unterstützung durch Roboter ge-

nerell als kritisch erachtet wird (Korn, 2019; Rantanen et al., 2018; Zöllick et al., 2020).

Darüber hinaus wurde die Repositionierung der Pflegebedürftigen im Bett zum Kopfende und die Mithilfe bei Transfertätigkeiten genannt. Dieser Befund deckt sich mit Studien, in denen Pflegende eine robotische Assistenz insbesondere bei Transfertätigkeiten befürworteten (Hochmuth, 2018) oder gegenüber einer menschlichen Assistenz sogar bevorzugten (Tiberio et al., 2013). Sowohl Transfertätigkeiten als auch die Repositionierung zum Kopfende des Bettes mussten für das laufende Projekt jedoch aufgrund der begrenzten Maximallast des robotischen Ausgangsmodells ausgeschlossen werden. Beide Tätigkeiten bieten aber Potenzial für die zukünftige Entwicklung des

Tabelle 3. Übersicht der Ränge

Wunsch		Mittelwert, Standardabweichung
Rg. 1	Drehen für pflegerische Maßnahmen	\bar{x} 2,2 (SD: 1,40)
Rg. 2	Bein halten für Wundversorgung	\bar{x} 2,8 (SD: 1,48)
Rg. 3	Stabilisieren in Seitenlage für pflegerische Maßnahmen	\bar{x} 2,8 (SD: 1,75)
Rg. 4	Arm halten für Wundversorgung	\bar{x} 3,4 (SD: 1,51)
Rg. 5	Stabilisieren im Sitz (Bett)	\bar{x} 4,3 (SD: 0,95)
Rg. 6	Anreichen/Ablegen von Materialien	\bar{x} 5,5 (SD: 0,97)
Dauer		Mittelwert, Standardabweichung
Rg. 1	Bein halten für Wundversorgung	\bar{x} 2,5 (SD: 1,51)
Rg. 2	Drehen für pflegerische Maßnahmen	\bar{x} 2,6 (SD: 1,71)
Rg. 3	Stabilisieren in Seitenlage für pflegerische Maßnahmen	\bar{x} 2,7 (SD: 1,10)
Rg. 4	Arm halten für Wundversorgung	\bar{x} 3,7 (SD: 1,70)
Rg. 5	Stabilisieren im Sitz (Bett)	\bar{x} 4,1 (SD: 1,20)
Rg. 6	Anreichen / Ablegen von Materialien	\bar{x} 5,4 (SD: 1,26)
Häufigkeit		Mittelwert, Standardabweichung
Rg. 1	Drehen für pflegerische Maßnahmen	\bar{x} 1,7 (SD: 1,25)
Rg. 2	Stabilisieren in Seitenlage für pflegerische Maßnahmen	\bar{x} 2,6 (SD: 1,78)
Rg. 3	Bein halten für Wundversorgung	\bar{x} 3,3 (SD: 1,42)
Rg. 4	Stabilisieren im Sitz (Bett)	\bar{x} 3,8 (SD: 1,14)
Rg. 5	Arm halten für Wundversorgung	\bar{x} 4,1 (SD: 4,30)
Rg. 6	Anreichen / Ablegen von Materialien	\bar{x} 5,3 (SD: 0,95)
Gesamtwert bei gleicher Gewichtung der Kategorien		Mittelwert, Standardabweichung
Rg. 1	Drehen für pflegerische Maßnahmen	\bar{x} 2,2 (SD: 0,37)
Rg. 2	Stabilisieren in Seitenlage für pflegerische Maßnahmen	\bar{x} 2,7 (SD: 0,08)
Rg. 3	Bein halten für Wundversorgung	\bar{x} 2,9 (SD: 0,33)
Rg. 4	Arm halten für Wundversorgung	\bar{x} 3,7 (SD: 0,29)
Rg. 5	Stabilisieren im Sitz (Bett)	\bar{x} 4,1 (SD: 0,21)
Rg. 6	Anreichen / Ablegen von Materialien	\bar{x} 5,4 (SD: 0,08)

Anmerkung: Rg. = Rang, \bar{x} = Mittelwert, SD = Standardabweichung. 1 = bedeutet stärkster Wunsch/größte Häufigkeit/längste Dauer, absteigend zu 6 = niedrigste Ausprägung.

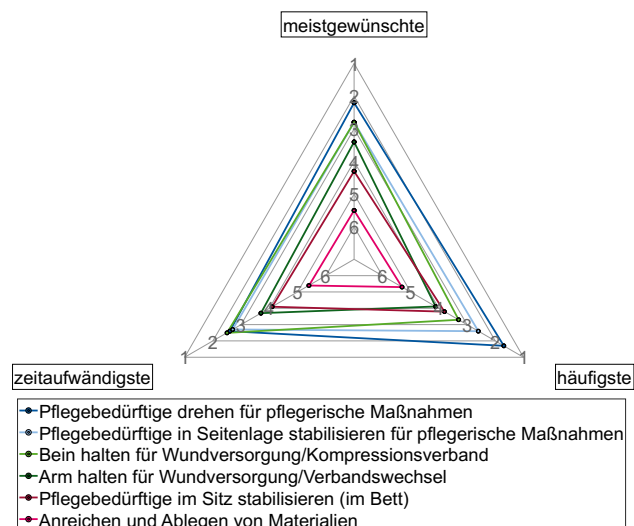


Abbildung 2. Darstellung der Mittelwerte.

Assistenzsystems bzw. zur Weiterentwicklung vorhandener Hilfsmittel zur Entlastung von Pflegefachpersonen. Auch hierbei sollte dann unbedingt eine kritische Begleitung durch relevante Personengruppen wie Pflegebedürftige erfolgen.

In den Fokusgruppen zeigte sich, dass vorhandene Hilfsmittel zwar teilweise genutzt wurden, diese aber aufgrund verschiedener Eigenschaften die Pflegefachpersonen nur begrenzt entlasteten und daher nicht umfassend eingesetzt wurden. So erforderten insbesondere Hilfsmittel für die Repositionierung von Pflegebedürftigen zum Kopfende des Bettes sowie für Transfertätigkeiten trotzdem noch die Mithilfe von Kolleg_innen oder Pflegebedürftigen (Stecklaken, Lifter), wurden als sperrig (Lifter) oder aufwändig im Gebrauch empfunden (Lifter, Rutschtücher) und lösten bei manchen Pflegebedürftigen Angst während des Hilfsmittelgebrauchs aus (Drehscheiben, Lifter). Dieser Befund sollte möglichst bei künftigen Entwicklungen, aber auch bei der Einführung von technischen Hilfsmitteln für Pflegende berücksichtigt werden, um eine höhere Entlastung der pflegerischen Arbeit zu erreichen.

Methodische Stärken und Limitationen

Untersucht wurde eine relativ junge Gelegenheitsstichprobe (Durchschnittsalter 30,9 Jahre, Spannweite 22–47 Jahre) von nur 14 Teilnehmenden in drei Fokusgruppen. Der Anteil der männlichen Teilnehmer (35,70 %) war höher als der in anderen Erhebungen berichtete Verteilungsschlüssel von 18,5 % (Institut für Betriebliche Gesundheitsförderung BGF GmbH, 2020). Daher ist die Stichprobe nur bedingt repräsentativ und es liegt nahe, dass sie eher Pflegende mit einem besonders ausgeprägten Interesse an innovativen Technologien umfasst. Andererseits ist es für jüngere Pflegende aufgrund der langen Entwicklungsdauer der angestrebten innovativen Technologien auch realistischer, mit einem späteren Praxiseinsatz konfrontiert zu werden. Außerdem wurden Pflegende aus den unterschiedlichsten Bereichen (Akut- und Normalstationen, Alten- und Pflegeeinrichtungen) involviert, um die Bedarfe breitgefächert zu erheben.

Die kleine Gruppengröße wurde bewusst gewählt, um in dem pandemiebedingt virtuellen Rahmen einen besseren Austausch ermöglichen zu können. Zudem zeigen Untersuchungen, dass bereits zwei Fokusgruppen reichhaltige Daten liefern und eine dritte Gruppe nur noch etwa 20 % mehr Informationen liefert (Hennink et al., 2019). Der nochmals reduzierte Rücklauf der Fragebögen lässt sich vermutlich mit der hohen Arbeitsbeanspruchung der Pflegefachpersonen insbesondere unter Pandemiebedingungen erklären.

Dass Pflegefachpersonen von der Studienplanung bis hin zur Datenauswertung und Validierung mit eingebunden waren, ist eine Stärke des methodischen Vorgehens. So konnten sich die potentiellen Nutzer_innen von Anfang an mit einbringen und die Technologie aktiv mitgestalten. Trotzdem muss erwähnt werden, dass die ursprüngliche

Ausgestaltung der methodischen Schritte im UCD pandemiebedingt erschwert wurde.

Geplante Hospitationen auf den Stationen oder Besuche im Entwicklungslabor der Ingenieure waren zeitweise nicht erlaubt und es musste auf digitale Formate ausgewichen werden. Der Praxisalltag, inklusive der zeitlichen Korridore, wurde stattdessen von den Pflegefachpersonen in Selbstaufschreibungen festgehalten und Fotos zur Dokumentation der örtlichen Begebenheiten erstellt. Gerade das geplante „Apprenticing“, bei dem die Ingenieure die „Lehrlingsrolle“ innegehabt hätten, um möglichst viel Wissen zu sammeln, konnte nicht stattfinden. Die Alternative der Videodokumentation von pflegerischen Handlungen konnte sicherlich gut die Durchführung dokumentieren, ersetzt aber kaum die Selbsterfahrung.

Digitale Whiteboards eigneten sich gut und unterstützend zur Visualisierung und Erläuterung der Gedankengänge während der Fokusgruppen.

Die angepassten methodischen Verfahren zur Einbindung der Nutzer_innen erscheinen zum jetzigen Zeitpunkt angemessen und geeignet. Das Projekt ist jedoch noch nicht abgeschlossen, sodass eine abschließende Bewertung auch vor dem Hintergrund der ingenieurwissenschaftlichen Entwicklungserfolge noch aussteht.

Die Entwicklung einer gemeinsamen Kommunikationsbasis im Forschungs- und Entwicklungsteam war sehr wichtig, da sich Hintergründe und Sozialisation, Sprache, wahrgenommene Schwerpunkte und Sichtweisen in den einzelnen Berufsgruppen unterscheiden und gegenseitiges Verständnis eine Herausforderung sein kann. Dies wurde durch die Nutzung der digitalen Formate im Rahmen der Pandemie zusätzlich erschwert.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass sich Pflegefachpersonen Unterstützung bei verschiedenen Halte- und Hebeaufgaben durch ein robotisches System wünschen, diese aber bei Tätigkeiten mit sozialer Interaktion ablehnen. Die identifizierten Tätigkeiten können für zukünftige ingenieurs- und pflegewissenschaftliche Projekte eine gute Orientierung bieten. Im Rahmen des „PfleKoRo“-Projektes dienen die drei priorisierten pflegerischen Tätigkeiten Drehen und Halten in Seitenlage sowie das Halten des Beines dazu, die spezifischen Nutzer_innenwünsche sowie resultierende technische Systemanforderungen weiter zu elaborieren und den Entwicklungsprozess gezielt daran auszurichten.

Elektronische Supplemente (ESM)

Die elektronischen Supplemente sind mit der Online-Version dieses Artikels verfügbar unter <https://doi.org/10.1024/1012-5302/a000925>.

ESM1. Diese Datei enthält nähere Informationen zu den vorbereitenden Schritten.

ESM2. Diese Datei enthält den Leitfaden für die Fokusgruppen mit Pflegefachpersonen zur Bedarfsermittlung.

ESM3. Diese Datei enthält den Fragebogen zur standardisierten Befragung der Pflegefachpersonen.

ESM4. Diese Datei enthält das Codesystem zur Analyse der Fokusgruppentranskripte mit Bezeichnung und Definition aller Haupt- und Subkategorien inklusive Ankerbeispielen.

Literatur

- Altman, M., Huang, T. T. K., & Breland, J. Y. (2018). Design Thinking in Health Care. *Preventing chronic disease*, 15, E117. <https://doi.org/10.5888/pcd15.180128>.
- Andrade, A. O., Pereira, A. A., Walter, S., Almeida, R., Loureiro, R., Compagna, D., & Kyberd, P. J. (2014). Bridging the gap between robotic technology and health care. *Biomedical Signal Processing and Control*, 10, 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2013.12.009>
- Assistive Innovations. (2019). *iEAT Robot*. <https://www.assistive-innovations.com/en/eatingdevices/ieat-robot>
- Baur, N., Kelle, U., & Kuckartz, U. (2017). Mixed Methods – Stand der Debatte und aktuelle Problemlagen. *KZfSS Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 69(S2), 1–37. <https://doi.org/10.1007/s11577-017-0450-5>
- Becker, S., Bergamo, F., Williams, S., & Disselhorst-Klug, C. (2019). Comparison of Muscular Activity and Movement Performance in Robot-Assisted and Freely Performed Exercises. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 27(1), 43–50. <https://doi.org/10.1109/tnsre.2018.2883116>
- Beedholm, K., Frederiksen, K., Frederiksen, A.-M. S., & Lomborg, K. (2015). Attitudes to a robot bathtub in Danish elder care: A hermeneutic interview study. *Nursing & health sciences*, 17(3), 280–286. <https://doi.org/10.1111/nhs.12184>
- Buchanan, C., Howitt, M. L., Wilson, R., Booth, R. G., Risling, T., & Bamford, M. (2020). Predicted Influences of Artificial Intelligence on the Domains of Nursing: Scoping Review. *JMIR nursing*, 3(1), e23939. <https://doi.org/10.2196/23939>
- Byford, S. (2015). *This cuddly Japanese robot bear could be the future of elderly care: Bears are powerful and also cute*. <https://www.theverge.com/2015/4/28/8507049/robear-robot-bear-ja-pan-elderly>
- Daum, M. (2017). *Digitalisierung und Technisierung der Pflege in Deutschland: Aktuelle Trends und ihre Folgewirkungen auf Arbeitsorganisation, Beschäftigung und Qualifizierung*. DAA-Stiftung Bildung und Beruf.
- Ding, J., Lim, Y.-J., Solano, M., Shadle, K., Park, C., Lin, C., & Hu, J. (2014). Giving patients a lift – the robotic nursing assistant (RoNA). In *2014 IEEE International Conference on Technologies for Practical Robot Applications (TePRA)* (S. 1–5). IEEE. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/TePRA.2014.6869137>
- Fachinger, U., & Mähls, M. (2019). Digitalisierung und Pflege. In J. Klauber, M. Geraedts, J. Friedrich & J. Wasem (Hrsg.), *Krankenhauses-Report 2019* (S. 115–128). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58225-1_9
- Feldhusen, J., & Grote, K.-H. (2013). *Pahl/Beitz Konstruktionslehre*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29569-0>
- Gliesche, P., Kathrin Seibert, Christian Kowalski, Dominik Domhoff, Max Pfingsthorn, Karin Wolf-Ostermann, & Andreas Hein (2020). Robotic Assistance in Nursing Care: Survey on Challenges and Scenarios. *International Journal of Biomedical and Biological Engineering*, 14(Artikel 9), 257–262.
- Hennink, M. M., Kaiser, B. N., & Weber, M. B. (2019). What Influences Saturation? Estimating Sample Sizes in Focus Group Research. *Qualitative health research*, 29(10), 1483–1496. <https://doi.org/10.1177/1049732318821692>.
- Herendy, C. (2020). Using Traditional Research Methods in Contemporary UX Surveying. In C. Stephanidis, A. Marcus, E. Rosenzweig, P.-L. P. Rau, A. Moallem & M. Rauterberg (Hrsg.), *Lecture Notes in Computer Science. HCI International 2020 – Late Breaking Papers: User Experience Design and Case Studies* (Bd. 12423, S. 123–132). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60114-0_8
- Hochmuth, A. (2018). Digital Nursing – Einsatz von Assistenzrobotern in der häuslichen Pflege aus Sicht pflegender Angehöriger. In S. Boll, A. Hein, W. Heuten & K. Wolf-Ostermann (Hrsg.), *Zukunft der Pflege: Tagungsband der 1. Clusterkonferenz 2018* (S. 17–21). BIS-Verlag.
- Institut für Betriebliche Gesundheitsförderung BGF GmbH. (2020). *Branchenbericht Pflege: Auswertung von Arbeitsunfähigkeitsdaten der AOK-versicherten Beschäftigten im Rheinland und in Hamburg*. https://www.bgf-institut.de/fileadmin/redaktion/dowloads/gesundheitsberichte/aktuelle_Gesundheitsberichte/BGF_Pflege_2020_Web.pdf
- IQVIA Institute for human data science. (2021). *Digital Health Trends 2021*. https://www.iqvia.com/-/media/iqvia/pdfs/institute-reports/digital-health-trends-2021/iqvia-institute-digital-health-trends-2021.pdf?_=1643630234576
- Jiang, C., Hirano, S., Mukai, T., Nakashimo, H., Matsuo, K., Zhang, D., Honarvar, H., Suzuki, T., Ikeura, R., & Hosoe, S. (2015). 2A2-U06 Development of High-functionality Nursing-care Assistant Robot ROBEAR for Patient-transfer and Standing Assistance. *The Proceedings of JSME annual Conference on Robotics and Mechatronics (Robomec)*, 2015(0), _2A2-U06_1-_2A2-U06_3. https://doi.org/10.1299/jsmermd.2015._2A2-U06_1
- Korn, O. (2019). Soziale Roboter – Einführung und Potenziale für Pflege und Gesundheit. *Wirtschaftsinformatik & Management*, 11(3), 126–135. <https://doi.org/10.1365/s35764-019-00187-5>
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 4. Aufl. Beltz.
- Medical Device Network. (2020). *Robotics in healthcare: Trends*. <https://www.medicaldevice-network.com/comment/robotics-healthcare-trends/>
- Moyle, W., Jones, C., Pu, L., & Chen, S.-C. (2018). Applying user-centred research design and evidence to develop and guide the use of technologies, including robots, in aged care. *Contemporary nurse*, 54(1), 1–3. <https://doi.org/10.1080/10376178.2017.1438057>
- Rantanen, T., Lehto, P., Vuorinen, P., & Coco, K. (2018). The adoption of care robots in home care—A survey on the attitudes of Finnish home care personnel. *Journal of clinical nursing*, 27(9–10), 1846–1859. <https://doi.org/10.1111/jocn.14355>
- Ritter, F. E. (2014). *Foundations for Designing User-Centered Systems: What System Designers Need to Know about People*. SpringerLink Bücher. Springer.
- Servaty, R., Kersten, A., Brukamp, K., Möhler, R., & Mueller, M. (2020). Implementation of robotic devices in nursing care. Barriers and facilitators: an integrative review. *BMJ open*, 10(9), e038650. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-038650>
- Tiberio, L., Mitzner, T. L., Kemp, C. C., & Rogers, W. A. (2013). Investigating Healthcare Providers' Acceptance of Personal Robots for Assisting with Daily Caregiving Tasks. *Extended abstracts on Human factors in computing systems. CHI Conference, 2013*, 499–504. <https://doi.org/10.1145/2468356.2468444>.
- Troncoso, E. L., & Breads, J. (2021). Best of both worlds: digital health and nursing together for healthier communities. *International nursing review*, 68(4), 504–511. <https://doi.org/10.1111/inr.12685>
- Turja, T., van Aerschoot, L., Särkiköski, T., & Oksanen, A. (2018). Finnish healthcare professionals' attitudes towards robots: Reflections on a population sample. *Nursing open*, 5(3), 300–309. <https://doi.org/10.1002/nop2.138>
- Zöllck, J. C., Kuhlmeier, A., Suhr, R., Eggert, S., Nordheim, J., & Blüher, S. (2020). Akzeptanz von Technikeinsatz in der Pflege: Zwi-

schenergebnisse einer Befragung unter professionell Pflegenden. In K. Jacobs, A. Kuhlmei, S. Greß, J. Klauber & A. Schwinger (Hrsg.), *Pflege-Report 2019: Mehr Personal in der Langzeitpflege – aber woher?* (S. 211 – 218). Springer Nature.

Historie

Manuskripteingang: 19.05.2022

Manuskript angenommen: 08.10.2022

Onlineveröffentlichung: 05.12.2022

Autorenhinweis

Sina Langensiepen und Svenja Nielsen teilen sich die Erstautorenschaft.

Autorenschaft

Substanzieller Beitrag zu Konzeption oder Design der Arbeit:

SL, SN, AS, GM

Substanzieller Beitrag zur Erfassung, Analyse oder Interpretation der Daten: SL, SN, MM, MS, ME, DK, AS

Manuskripterstellung: SL, SN

Einschlägige kritische Überarbeitung des Manuskripts:

AS, GM, MS, MM, DK, ME

Genehmigung der letzten Version des Manuskripts:

SL, SN, MM, MS, DK, ME, GM, AS

Übernahme der Verantwortung für das gesamte Manuskript:

SL, SN, MM, MS, DK, ME, GM, AS

Förderung

Die vorliegende Studie ist ein Bestandteil des Forschungsprojekts PflKoRo (Pflege erleichtern durch kooperierende Robotik) und wird durch die Förderlinie *Robotische Systeme für die Pflege* des BMBFs (Fördernummer 16SV8440) unterstützt.

Danksagung


Wir möchten uns bei allen Pflegefachpersonen für die Teilnahme und den regen Austausch an den Fokusgruppen bedanken. Darüber hinaus danken wir unserer im Forschungsteam angestellten Pflegefachperson Zaira Fernandez sowie Jan Fabry vom Team des Alten- und Pflegeheims St. Gereon für die Unterstützung bei der Rekrutierung der Teilnehmer_innen. Unser Dank gilt außerdem Mona Schweitzer für die Unterstützung bei der Vorbereitung der Datenanalyse.

ORCID


Sina Langensiepen

 <https://orcid.org/0000-0001-6404-764X>

Maximilian Siebert

 <https://orcid.org/0000-0003-1842-4808>


Daniel Körner

 <https://orcid.org/0000-0001-7562-8319>

Maurice Elissen

 <https://orcid.org/0000-0002-0363-3220>

Astrid Stephan

 <https://orcid.org/0000-0002-5068-918X>

Dr. rer. medic. Astrid Stephan

Pflegedirektion, Stabsstelle Pflegewissenschaft

Uniklinik RWTH Aachen

Pauwelsstraße 30

52074 Aachen

Deutschland

astephan@ukaachen.de

ESM 1 Vorbereitende Schritte UCD

Methoden	Durchführung	Informationsgewinn
Tagesprotokolle der Pflegefachpersonen (PFP)	<p>Pflegefachpersonen haben die Abläufe einer exemplarischen Arbeitsschicht sowie einzelner Pflegeinterventionen verschriftlicht</p> <ul style="list-style-type: none"> → 1 x Tagesprotokoll Uniklinikum, → 2 x Alten- und Pflegeheim 	Einsicht in Sequenzen einzelner Pflegeinterventionen sowie zeitliche Abläufe vom gesamten Arbeitsalltag in der Pflege von Pflegefachpersonen aus zwei verschiedenen Settings
Fotos/ Dokumente	<p>PFP aus dem Forschungsteam haben Fotos gemacht und Abmaße genommen</p> <p>Fotos: <u>Uniklinikum:</u> Aufnahmen von verschiedenen Räumlichkeiten inkl. Interieur: z.B. operative Intensivmedizin, Weaning-Station</p> <p><u>Alten-und Pflegeheim:</u> Bewohnerzimmer und Betten</p> <p>Dokumente: Grundrisse der Zimmer/ Stationen</p>	<p>Informationen z.B. über:</p> <ul style="list-style-type: none"> → medizinische Geräte, die im Umfeld eines Bettes stehen → Platzangebot im Zimmer und um das Bett → Mögliche Stromversorgung → Orte der Stromversorgung → Verschiedene Bettenmodelle, Platz unter den Betten → Größe der Türen → Fahrwege
Hospitationen	<p>Eine Hospitation der Ingenieure vor Ort im Alten- und Pflegeheim:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Räumlichkeiten begutachtet → Detaillierte Demonstration von Pflegetätigkeiten an anderen Pflegefachpersonen 	<ul style="list-style-type: none"> → Erkenntnisse über generelles Vorgehen bei Pflegeinterventionen → Erste Kenntnisse über Aussehen und Einsatz von Hilfsmitteln → Erste Erkenntnisse der Anforderungen für den späteren Entwicklungsprozess bezüglich <ul style="list-style-type: none"> ▪ BewohnerInnen ▪ Zimmer ▪ Betten

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mobilität des Roboters ▪ Position und Geometrie des Roboters ▪ Kontakt zwischen Roboter(greifer) und Bewohner_in ▪ Infrastruktur in Pflegeeinrichtungen
Apprenticing	War geplant, konnte jedoch aufgrund der Pandemie nicht durchgeführt werden	---
Videoaufnahmen	Aufnahme von typischen pflegerischen Handlungen aus drei Kameraperspektiven mit Pflegefachpersonen aus dem Forschungsteam in einer simulierten Klinikumgebung	<p>Immer wieder abrufbares und variables (z.B. Abspielgeschwindigkeit) Material mit Informationen z.B. über:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Abläufe pflegerischer Handlungen → Positionen der Pflegefachpersonen während der pflegerischen Handlung zu verschiedenen Zeitpunkten → Anzahl der PFP für pflegerische Handlung → Form der Handgriffe zu verschiedenen Zeitpunkten

ESM 2 Leitfaden Fokusgruppen

	Thema	Fragen an die Pflegefachpersonen
<i>Einstieg</i>	Vorstellung	Nennen Sie bitte Ihren Namen, verraten uns, (in welchem Bereich Sie als Pflegefachpersonen tätig sind und) was Sie an Ihrem Beruf am meisten schätzen.
<i>Einleitende Frage</i>	Arbeit mit der Zielgruppe	Was ist für Sie das Besondere an der Arbeit mit Schwer(st)pflegebedürftigen?
<i>Schlüssel- fragen</i>	Potenzielle Tätigkeiten für den Roboter	Stellen Sie sich nun vor, Sie gehen zu einem schwer(st)pflegebedürftigen, bettlägerigen Pflegebedürftige. <ol style="list-style-type: none"> Für welche Tätigkeiten holen Sie sich Unterstützung von Kolleg_innen oder müssten sich eigentlich Unterstützung holen? Bitte beschreiben Sie die Tätigkeit kurz. (Wie und wozu wird sie ausgeführt?) Welche Tätigkeiten führen Sie alleine durch, die aber dennoch körperlich/ zeitlich sehr belastend sind? (neu genannte Tätigkeiten kurz beschreiben lassen) Für welche Tätigkeiten nutzen Sie bereits ein Hilfsmittel? Inwiefern empfinden Sie es als hinreichend entlastend? (Ergebnisse werden für alle sichtbar notiert.)
		<i>Zeigen einer Videosequenz: Wie sieht der Roboter aus, wie groß ist er, wie und in welchem Radius bewegt er sich?</i>
		Haben Sie noch ganz andere Ideen, bei welchen Tätigkeiten der Roboter Sie in Ihrer Arbeit mit Schwer(st)pflegebedürftigen unterstützen könnte? (Denken Sie bitte v. a. an leichte Halte- und Hebefunktionen. leicht= Transfer vom und ins Bett ausgeschlossen) Bei welchen dieser Tätigkeiten können Sie sich die Unterstützung durch einen solchen Roboter vorstellen und warum? Für welche Tätigkeiten würden Sie den Roboter nicht verwenden und warum?
<i>Abschließende Fragen</i>	Konsolidierung	Bei welcher dieser Tätigkeiten würden Sie sich vorzugsweise Unterstützung wünschen? Nennen Sie bitte eine.
		Haben Sie noch Aspekte in der Diskussion vermisst? Gibt es noch etwas, das Sie gerne sagen möchten, aber keine Gelegenheit dazu hatten? Haben Sie noch abschließende Anmerkungen?

ESM 3 Fragebogen Teilnehmendenansicht

Langensiepen & Nielsen et al. Nutzerorientierte Bedarfsanalyse zum potenziellen Einsatz von Assistenzrobotern in der direkten Pflege: Eine Mixed-Methods-Studie

0% ausgefüllt

Sehr geehrte Studienteilnehmerin, sehr geehrter Studienteilnehmer,

mit diesem Fragebogen möchten wir genauere Informationen zu den Tätigkeiten gewinnen, die wir in den Fokusgruppen gesammelt haben. Sie helfen damit, das Unterstützungspotenzial der Tätigkeiten genauer einschätzen zu können.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme am PflKoRo-Projekt!

Ihr PflKoRo Team

Weiter

83% ausgefüllt

1. Wie alt sind Sie?

- 18-30 Jahre
- 31-40 Jahre
- 41-50 Jahre
- 51-60 Jahre
- >60 Jahre

2. Wie lange sind Sie seit Abschluss der Ausbildung in der Pflege tätig?

- <5 Jahre
- 5-10 Jahre
- 11-15 Jahre
- >16 Jahre

3. Sie sind...?

- weiblich
- männlich
- divers

4. Wie groß sind Sie?

- <160 cm
- 160-170 cm
- 171-180 cm
- 181-190 cm
- >190 cm

5. In welchem Bereich sind Sie tätig?

- Normalstation (Klinik)
- Intensivstation (Klinik)
- stationäre Langzeitpflege
- andere, und zwar:

Weiter

6. Wie sehr wünschen Sie sich Unterstützung bei folgenden Tätigkeiten?

Ordnen Sie die folgenden Tätigkeiten so, dass die Tätigkeit ganz oben steht, bei der Sie sich am ehesten Unterstützung wünschen. Je weniger Unterstützung Sie sich bei einer Tätigkeit wünschen, desto weiter unten sollte sie stehen. Sie können die Tätigkeiten mit der Maus in die Felder rechts ziehen.

Bitte denken Sie dabei an Tätigkeiten, bei denen sich die/ der Patient*in im Bett befindet.

Patient*in drehen für pflegerische Maßnahmen	Patient*in in Seitenlage stabilisieren für pflegerische Maßnahmen	Bein halten für Wundversorgung/ Kompressionsverband	1
Arm halten für Wundversorgung/ Verbandswechsel	Patient*in im Sitz stabilisieren (im Bett)	Anreichen und Ablegen von Materialien	2
			3
			4
			5
			6

Falls Sie uns etwas zu Frage 6 mitteilen möchten, hinterlassen Sie Ihren Kommentar bitte hier:

7. Wie häufig führen Sie die folgenden Tätigkeiten durch?

Ordnen Sie die folgenden Tätigkeiten so, dass die Tätigkeit ganz oben steht, die Sie am häufigsten durchführen. Je seltener Sie eine Tätigkeit durchführen, desto weiter unten sollte sie stehen. Sie können die Tätigkeiten mit der Maus in die Felder rechts ziehen.

Bitte denken Sie dabei an Tätigkeiten, bei denen sich die/ der Patient*in im Bett befindet.

Patient*in drehen für pflegerische Maßnahmen	Patient*in in Seitenlage stabilisieren für pflegerische Maßnahmen	Bein halten für Wundversorgung/ Kompressionsverband	1
Arm halten für Wundversorgung/ Verbandswechsel	Patient*in im Sitz stabilisieren (im Bett)	Anreichen und Ablegen von Materialien	2
			3
			4
			5
			6

Falls Sie uns etwas zu Frage 7 mitteilen möchten, hinterlassen Sie Ihren Kommentar bitte hier:

8. Wie viel Zeit benötigen Sie für die folgenden Tätigkeiten?

Ordnen Sie die folgenden Tätigkeiten so, dass die Tätigkeit ganz oben steht, für die Sie am meisten Zeit benötigen. Je schneller eine Tätigkeit geht, desto weiter unten sollte sie stehen. Sie können die Tätigkeiten mit der Maus in die Felder rechts ziehen.

Bitte denken Sie dabei an Tätigkeiten, bei denen sich die/ der Patient*in im Bett befindet.

Patient*in drehen für pflegerische Maßnahmen	Patient*in in Seitenlage stabilisieren für pflegerische Maßnahmen	Bein halten für Wundversorgung/ Kompressionsverband	1
Arm halten für Wundversorgung/ Verbandswechsel	Patient*in im Sitz stabilisieren (im Bett)	Anreichen und Ablegen von Materialien	2
			3
			4
			5
			6

Falls Sie uns etwas zu Frage 8 mitteilen möchten, hinterlassen Sie Ihren Kommentar bitte hier:


Weiter

Langensiepen & Nielsen et al. Nutzerorientierte Bedarfsanalyse zum potenziellen Einsatz von Assistenzrobotern in der direkten Pflege: Eine Mixed-Methods-Studie

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Wir möchten uns ganz herzlich für Ihre Mithilfe bedanken.

ESM 4 Codesystem

Hauptkategorie (HK)	Subkategorie (SK)	Definition	Ankerbeispiel
HK 1: Belastende Tätigkeiten <i>Tätigkeiten, die als körperlich und/oder zeitlich belastend empfunden werden</i>	SK 1.1: Stabilisierung/ Eindimensionale Veränderung der Lage im Bett	Umfasst Lageänderungen von im Bett liegenden Pflegerbedürftig_innen im Ganzen, d.h. der ganze Körper wird in nur eine Richtung bewegt. Wird angewendet, wenn sich die Bewegung durch einen einzigen geraden oder gebogenen Richtungspfeil kennzeichnen lässt, z.B.  , - >, <-, ... d.h. die Position im Bett verändert sich nach oben, nach unten, nach links oder rechts oder um x°.	“Dann teilweise für, ja, Drehen [...] im Bett, bzw. das, ja, Hochziehen” (PFP 3, FG 1)
	SK 1.2 : Halten/Bewegen von Extremitäten	Umfasst Tätigkeiten, die isoliert das Halten und/ oder Bewegen von Armen oder Beinen beinhalten.	“wenn Beine gewickelt werden müssen, ist immer gut, wenn einer das Bein festhält, weil beides gleichzeitig ist sehr schwierig kann ich sagen aus der Praxis.” (PFP 9, FG 2)
	SK 1.3: Weitere Tätigkeiten an Pflegebedürftigen im Bett	Umfasst Tätigkeiten im Bett, die komplexe/ variable/ nicht weiter spezifizierte Bewegungsabläufe beinhalten. Wird angewendet, wenn eine Tätigkeit sich nicht eindeutig abgegrenzt in SK 1.1. oder 1.2 einordnen lässt	“Dann teilweise für, ja, [...] das Lagern im Bett” (PFP 3, FG 1)
	SK 1.4: Transfer und aktive Mobilisierung	Umfasst Tätigkeiten, bei denen Pflegebedürftige in den Sitz oder in den Stand mobilisiert werden, und dabei selbstständig aktiv sind, oder von einem Untergrund auf einen anderen transferiert	“Ja, also für den Transfer hole ich mir häufig Hilfe dazu” (PFP 3, FG 1)

	werden (z.B. Boden-Stuhl, Bett-Rollstuhl, Rollstuhl-Ruhesessel, Toilette...)		
	SK 1.5: Anreichen, bereitstellen, entsorgen	Umfasst das Anreichen von Nahrung und pflegebedürftigenferne Tätigkeiten wie das Bereitstellen, Anreichen und Entsorgen von Materialien.	„Nur, was jetzt halt noch dazu gehört, wäre dann zum Beispiel essen und trinken“ (PFP 4, FG 1)
	SK 1.6: Versorgung im Stand	Umfasst Maßnahmen zur Körperpflege, die im Stand durchgeführt werden	„man führt dann vielleicht noch eine Intimpflege durch und wenn derjenige auch nicht mehr sicher stehen kann, hat man auch wieder diese Bredouille, womit halte ich den jetzt“ (PFP 11, FG 3)
	SK 1.7: Sonstige	Umfasst weitere Tätigkeiten, die sich nicht in SK 1.1-1.6 einordnen lassen	"wo nur demenziell erkrankte Menschen sind, wo man dann viele hat, mit einer Weglauftendenz" (PFP 13, FG 3)
HK 2: Genutzte Hilfsmittel <i>Hilfsmittel, die bereits für belastende Tätigkeiten genutzt werden</i>	SK 2.1: Hilfsmittel zur Lagerung	Umfasst Kissen, Schlangen, Steckklaken und Matratzen	„So ein Drehen, wie O1PiFr schon gesagt hat, kann man mit einem Steckklaken arbeiten“ (PFP 4, FG 1)
	SK 2.2: Hilfsmittel für Mobilisation und Transfer	Umfasst Lifter, Stühle (Rollstühle, Toilettenstühle), Galgen, MOTomed, Haltestangen und Rollatoren- Kissen o.ä. nur, wenn sie zur Mobilisation (z.B. im Sitz) genutzt werden	„Ja, wir haben einen Lifter. Da muss der Bewohner sich einmal draufstellen können und selber festhalten. Und es gibt welche, die machen den Transfer komplett. Das ist dann (unverständlich) mit so einem Tuch.“ (PFP 1, FG 1)

	SK 2.3: sonstige Hilfsmittel	Umfasst alle weiteren Hilfsmittel, die sich nicht in SK 2.1 und SK 2.2 einordnen lassen	„Ja, wenn jetzt jemand Schluckstörungen hat, gibt es zum Beispiel Schnabelbecher und da gibt es ein paar Teller, wo es immer warm bleibt“ (PFP 1, FG 1)
HK 3: Grenzen der Hilfsmittel <i>Gründe für Nichtnutzung von bzw. unzureichende Entlastung durch Hilfsmittel</i>	SK 3.1: Verfügbarkeit	Wird angewendet, wenn ein Hilfsmittel aufgrund begrenzter Stückzahlen des Hilfsmittels selbst oder dafür erforderlicher Materialien u.U. nicht hinreichend unterstützen kann.	“Ja, man hat quasi einen auf einer Etage mit 30 Bewohnern. Und wenn da zwei gleichzeitig 'rausgeholt werden, wird das etwas schwieriger. Man hat ja auch nur eine bestimmte Anzahl an Liftertüchern, die meistens dann bei dem Bewohner auch verbleiben.“ (PFP 1, FG 1)
	SK 3.2: Braucht eine zweite Person/ Mithilfe der Pflegebedürftig_innen	Wird angewendet, wenn es auch mit dem Hilfsmittel noch erforderlich ist, sich mindestens eine_n Kolleg_in dazuzuholen oder gewisse Restkapazitäten/ Mithilfe beim Pflegebedürftigen erforderlich sind.	„Da haben wir auch einmal dieses Stecklaken für. Das muss man dann aber auch mit zwei Personen machen.“ (PFP 1, FG 1)
	SK 3.3: Maße und/oder Technische Voraussetzung des Hilfsmittels	Hilfsmittel ist aufgrund seiner Maße oder anderer technischer Voraussetzungen nicht oder begrenzt zur Unterstützung einer Tätigkeit geeignet	"oftmals stapelt man 5, 6 Kissen, die man da gerade im Raum findet, untereinander und eigentlich hätte eins gereicht, wenn das einfach von der Füllung her ausreichend wäre" (PFP 11, FG 3)
	SK 3.4: (Körperlicher/Zeitlicher) Aufwand: Vorbereitung/ Gebrauch	Wird angewendet, wenn die Nutzung des Hilfsmittels mit Aufwand in der Vor-/ Nachbereitung oder dem Gebrauch selbst einhergeht.	„Und wir haben auch (unverständlich) so ein Rutschtuch. [...] Das andere ist halt, man muss das Bett wegsetzen und rechts und links greift jemand das Tuch und würden wir den nach hinten (unverständlich). Aber das ist natürlich

			alles schwierig für den Rücken.“ (PFP 1, FG 1)
	SK 3.5: Vertrauen/ Sicherer Umgang	Wird angewendet, wenn Hilfsmittel nicht oder beschränkt eingesetzt werden, weil die Pflegebedürftig_innen sich dabei nicht wohlfühlen/ dem Hilfsmittel nicht vertrauen bzw. sich die PFP nicht sicher im Umgang mit dem Hilfsmittel fühlt	„Ja, also, ich muss ganz ehrlich sagen, auch die Patienten fühlen sich nicht gerade so sicher da drin, weil das halt nur so ein Tuch ist und wo die halt auch drin baumeln, sage ich jetzt mal. Also, man merkt halt auch, dass die Patienten nicht so Vertrauen mit so einer Maschine haben und sehr ängstlich da sind.“ (PFP 8, FG 2)
HK 4: Weitere roboterunterstützte Tätigkeiten <i>Tätigkeiten, die nach Präsentation des Roboters ergänzend genannt wurden</i>	SK 4.1: Halten/Bewegen von Extremitäten	Wird angewendet für alle Tätigkeiten, die sich in SK 1.2 einordnen ließen, aber nach der Demonstration des Roboters genannt wurden	„wenn jemand mehrere Ulcus [sic!] hat und auch dann gerade an der Wade und oben auf dem Schienbein und das muss man alles gleichzeitig versorgen. Dann wenn der Roboter das Bein einfach hoch hält für diese Zeit, weil das natürlich auch zeitaufwendig ist, wäre das natürlich ganz gut.“ (PFP 5, FG 1)
	SK 4.2: Weitere Tätigkeiten an Pflegebedürftig_innen im Bett	Wird angewendet für alle Tätigkeiten, die sich in SK 1.3 einordnen ließen, aber nach der Demonstration des Roboters genannt wurden	„Ja vor allem das Halten der Körperregion. Da können wir ja jede Körperregion nehmen. Dann halt beim Waschen, beim Ankleiden.“ (PFP 4, FG 1)
	SK 4.3: Anreichen, bereitstellen, entsorgen	Wird angewendet für alle Tätigkeiten, die sich in SK 1.5 einordnen ließen, aber nach der Demonstration des Roboters genannt wurden	„je nachdem welche Wundversorgung man hat, dass man halt dann wirklich auch dementsprechend adäquat versorgen kann und der Roboter kann eventuell die

			Wundmaterialien ((lacht)) anreichen oder so." (PFP 5, FG 1)
HK 5: Vorstellbarkeit der Robotikunterstützung <i>vorstellbare/ nicht vorstellbare Tätigkeiten unter Einbezug des Roboters</i>	SK 5.1: Vorstellbare Tätigkeiten (ggf. + Begründung)	Umfasst die Tätigkeiten, bei denen sich die Teilnehmenden eine Unterstützung durch den Roboter vorstellen konnten	"weil also wo ich es mir vorstellen kann, sind die Bewegungen, wo ich quasi jemanden also wo ich Kraft aufwenden muss, jemanden zu drücken, also beispielsweise beim Drehen." (PFP 4, FG 1)
	SK 5.2: Nicht vorstellbare Tätigkeiten (ggf. + Begründung)	Umfasst die Tätigkeiten, bei denen sich die Teilnehmenden eine Unterstützung durch den Roboter eher nicht vorstellen konnten	Beim Nahrung anreichen, also jetzt was man so gesehen hat, wie der sich bewegt, kann ich mir das gar nicht vorstellen. [...] Und auch die Person selber, die das angereicht bekommt, ist es glaube ich kein schönes Gefühl, wenn da ein stummer Gegenstand Essen oder Getränke anreicht. (PFP 2, FG 1)
HK 6: Wunschtätigkeiten <i>Unterstützung durch den Roboter am stärksten gewünscht</i>	---	Hier werden die Tätigkeiten aufgenommen, die nach der Abschlussfrage („Bei welchen Tätigkeiten würdet ihr euch vorzugsweise Unterstützung wünschen?“) genannt wurden	"Also das (unverständlich) Helfen beim Drehen" (PFP 2, FG 1)

RESEARCH

Open Access



Implementing ethical aspects in the development of a robotic system for nursing care: a qualitative approach

Svenja Nielsen¹, Sina Langensiepen², Murielle Madi^{1,2}, Maurice Elissen³, Astrid Stephan² and Gabriele Meyer^{1*}

Abstract

Background: As robotics in nursing care is still in an early explorative research phase, it is not clear which changes robotic systems will ultimately bring about in the long term. According to the approach of “Responsible Research and Innovation”, the research project “PfleKoRo” aims to anticipate and mitigate ethical risks that might be expected when starting to develop a robot. The robot under investigation is intended to be a hands-on support in nursing care in due course. Therefore, the question is which ethical risks and requirements must be considered when developing the robot.

Methods: Guided by the British Standard for the design of robotic systems, ethical risks related to the robot’s use were identified at the outset (Step 1). This was followed by the definition of the requirements needed to mitigate ethical risks (Step 2). Professional nurses, patients and relatives were involved in focus groups and interviews in Step 1. The transcribed interviews and focus groups were then analysed using content analysis. The available literature and expert guidance were taken into account in both steps. Finally, validation and verification methods were defined (Step 3).

Results: Sixteen professional nurses participated in three focus groups. Individual interviews were held with a total of eight patients and relatives. Ethical risks and requirements could be defined in the context of dignity, autonomy, privacy, human relationships and safety in the project. Professional nurses feared most issues relating to safety and that the robot would lead to more workload instead of relief, whereas patients and relatives frequently raised the issue of the staffing ratio. Despite the focus on possible negative consequences, participants also made uncritical or optimistic comments regarding the robot’s use in the future.

Conclusion: Focus groups, individual interviews and existing literature revealed to some extent different ethical issues. Along with identified risks, the results suggest a general open-mindedness of nurses, patients and relatives towards the introduced robot. When investigating the ethical implications of robots for nursing care, one should include multiple perspectives and, in particular, potentially affected individuals.

Keywords: Robotics, Nursing, Hospitals, Nursing home, Ethical analysis, User-centered design, Focus groups, Interview

Background

Robotics may possibly be supportive in future nursing care. According to international interview studies and surveys, nurses and other health professionals judge the main potential of robotics in relieving health-care professionals both physically and mentally [1–3].

*Correspondence: Gabriele.Meyer@uk-halle.de

¹ Institute of Health and Nursing Science, Medical Faculty, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Magdeburger Str. 8, 06112 Halle (Saale), Germany
Full list of author information is available at the end of the article



The participants in those studies envisioned that a robot could help by taking on repetitive physical movements as well as repetitive activities like reminding patients and answering recurring questions from people with dementia. Increasing patient safety has also been suggested as a potential benefit of robotics in health care [1, 3]. Earlier evidence suggests robotics in particular as a promising opportunity to increase the mobility and independence of patients [4]. For older people especially, it has been suggested that robots may function as “social facilitators” by stimulating interaction with other people [5]. Furthermore, it has been implied that well-designed systems could be fairer than humans, since robotics is free from prejudices that exist in humans [6].

Despite the opportunities and potential benefits of robots in nursing care, there are also risks. Robotics in nursing is still in a very early explorative research phase and far away from being established in nursing practice. Consequently, it is not clear what changes robotic systems will ultimately bring about for healthcare professionals, patients, informal carers and society in the long term. For this reason, it should be an integral part of research to anticipate possible negative effects of a robot in nursing care right at the beginning of its development process. This is exactly in line with the central ideas of Responsible Research and Innovation (RRI), described as “taking care of the future through collective stewardship of science and innovation in the present”, by Stilgoe et al. [7]. Based on a literature review of 235 articles, four conceptual dimensions making up RRI have been categorized: 1) Inclusion, 2) Anticipation, 3) Responsiveness and 4) Reflexivity [8]. Inclusion aims at involving different stakeholders in the early stages of research while anticipation implies envisioning the future of research and innovation. Responsiveness is closely linked to anticipation as it involves identifying potential risks and reacting accordingly. According to Stilgoe et al. [7], responsiveness further includes being capable of changing direction in response to interested parties or changing circumstances. Lastly, reflexivity means being aware of values and underlying beliefs during research and development.

Several approaches have been suggested to assess the ethical implications of healthcare technologies. However, most of them are primarily intended to help decide about using a technology, the development of which has already been completed. Apart from that, most approaches do not go beyond simply identifying ethical risks. They therefore involve anticipation but not responsiveness, according to RRI, when it comes to “reacting accordingly”. As a result, they are less suitable for actually influencing the development process right from the start. Specifically for the research and innovation in healthcare robotics, it has been argued that there is a “gap” between research in

ethics and practice, leading to insufficient consideration of the real problems faced by users. Furthermore, traditional approaches might not be effective to essentially influence the design and consequences of healthcare technologies, such as robots for nursing care [9].

A framework that might overcome shortcomings in robotics research is the BS 8611 “Robots and robotic devices: Guide to the ethical design and application of robots and robotic systems” [10]. The BS 8611 not only aims at giving guidance on the identification of ethical risks, it is also intended to provide guidance in eliminating or reducing risks. The authors also emphasize that risks need to be reviewed with the people affected by the technology. Thus, it is reasonable that the BS 8611 might be suited to implement inclusion, anticipation and responsiveness according to RRI. Other authors also conclude that the BS 8611 could make a positive contribution to RRI in the research area of robots for care [9]. However, it has been criticized that there is no description of how interested parties could actually be involved [9]. Furthermore, as far as the authors of this paper know, empirical insights into how the standard can be applied in nursing and health care have not been published yet.

In the project “PfleKoRo”, a research team of healthcare researchers, physicians, nurses and engineers aims at developing a robotic system based on a model from the KUKA company which is suitable to support nurses when repositioning and holding highly care-dependent and bedridden persons. As part of this project, we aim to explore ethical risks and requirements found to be relevant for the robotic system under investigation, using the BS 8611 as a guiding framework and by involving potential end users.

Method

Study design

A qualitative design with focus groups, individual interviews and expert consultation was implemented with the aim of covering multiple perspectives.

The study was approved by the ethics committee of the Medical Faculty of the RWTH Aachen University (EK 427–20) and registered at <http://www.germanctr.de> (DRKS00028594). Written informed consent was obtained from each participant before inclusion in the study.

Procedure

Guided by the BS 8611 and modified for our purposes, a three-steps procedure was followed:

1. Identification of ethical risks in the context of the robot.

For this purpose, ethical risks were extracted from the literature as part of an explorative literature research and included in a list of ethical risks for the project. Members of the research team and a legal expert were asked to validate the list and to add risks if necessary. Potential end users of the robotic system were asked in focus groups and individual interviews about their ethical concerns regarding the system. User-identified concerns were added to the list and re-reviewed by a professional nurse who was a member of the research team. The completed list of ethical risks was transferred to the central risk analysis as per ISO 14971 by a healthcare researcher and an engineer.

2. Formulation of requirements to mitigate identified risks.

Published recommendations for the ethical design of robotic systems were extracted from the literature and assigned to the risk list as mitigating requirements. The legal expert was again asked for validation and additions or changes to the PflKoRo system from a legal point of view. Two healthcare researchers and an engineer transferred mitigating ethical requirements to the central requirement list for the robot system in line with Feldhusen & Grote [11].

3. Definition of verification/ validation methods.

The authors of the BS 8611 suggest several methods for verification and validation, e.g. user validation, software verification or legal assessment. These methods were assigned to the identified risks and ethical requirements.

Focus groups and individual interviews

Recruitment of participants

Convenient sampling method was used to recruit study participants from the University Hospital and a nursing home in the Heinsberg district. The term 'participants' covers participating nurses, relatives and patients. At the University Hospital, a member of the research team informed ward managers about the scope and objectives of the study. Staff nurses as part-time members of the research team working at the University Hospital informed colleagues, patients and relatives personally about the study and passed the contact details of those interested to the coordinators of the interview study. The coordinators contacted potential nurses wishing to participate in the study by email and patients and relatives personally; they also provided more information about the study and arranged appointments for the interviews. The nursing home was involved in the project as a practice partner. The contact person there formed a team of professional nurses who were

interested in participating in focus groups for the project and made appointments with the coordinators of the interview study.

Nurses were eligible if they 1) were fully licensed nurses with three years of educational training; 2) had at least one year of professional experience as a nurse and 3) had sufficient knowledge of the German language to take part in an interview. Persons in need of care were recruited if they 1) experienced a need for care in their current situation or in the past 12 months and 2) had sufficient cognitive and German language skills to take part in an individual interview. Relatives were recruited if they 1) belonged to a person in need of care in their current situation or in the past 12 months and 2) had sufficient cognitive and German language skills to take part in an individual interview.

General characteristics of participants

Sixteen out of 31 approached nurses participated in three focus groups (five to six per group); 15 did not attend due to work schedules or for unknown reasons. Four patients and four relatives participated in the individual interviews. The majority of the participants was female (11 of 16 nurses; 7 of 8 patients/ relatives). All the patients were in intensive care units at that time but in a stable health condition. Nine nurses worked in a nursing home and seven in acute hospitals. The participating nurses were between 22 and 61 years old and had 2 to 36 years of working experience. Table 1 displays the participants' characteristics.

Table 1 Characteristics of participants (n = 24)

Group of participants	Characteristics	Number
Nurses	Gender	
	Female	11
	Male	5
	Mean age, years (range)	38 (22–61)
	Mean working experience, years (range)	14 (2–36)
	Area of work	
	Nursing home	9
	Intensive Care Unit	5
	Normal hospital ward	2
Patients	Gender	
	Female	3
	Male	1
Relatives	Gender	
	Female	4
	Male	0

Data collection

The focus groups and individual interviews were carried out in the German language in May and June 2021. Due to the SARS-CoV-2 pandemic, focus groups with professional nurses were held online using Microsoft Teams. Participants received a document with technical advice and were offered technical assistance in advance. Out of consideration for the situation of intensive care patients and their relatives, individual interviews with these participants were conducted personally at the University Hospital instead of in digital focus groups.

The healthcare researchers SN, SL and MM conducted the focus groups, each with one main moderator and one co-moderator. Some of the participants were already known due to their participation in former studies. In order to address the nurses' perspectives on ethical issues in relation to the robot under investigation, an interview guide was developed. Questions from the Socratic Approach [12] and HTA Core Model [13], which so far corresponded best to the list of ethical risks, were selected and reduced and modified to five open-ended main questions after a pre-test with four nurses. The question schedule is displayed in Table 2. Before the main questions were asked, the moderators presented an intended application scenario (see additional file 1). Afterwards, participants had the opportunity to become familiar with the frame of questions by means of virtual subgroup discussions (breakout sessions) in Microsoft Teams before the main discussion. Each moderator supervised two to three participants during the breakout session and collected participants' thoughts on a digital whiteboard that was visible for all participants. Each focus group interview lasted 120 min, including a 20-min break, and was recorded with Microsoft Teams.

To address patients and relatives' perspectives on ethical issues relating to the robot, one open question was integrated into individual interviews for a broader purpose within the project: What negative consequences could the robot have for you/ your relative or for care in general? Participants were shown a short video of the robot under investigation beforehand. A physician and member of the research team conducted the interviews, which lasted between 13 and 26 min and were audio-recorded using a conventional voice recorder.

All focus group and individual interviews were transcribed verbatim and the recordings were deleted afterwards.

Data analysis

The transcribed interview material was content-analysed in line with Kuckartz [14] and supported by MAXQDA software. Two healthcare researchers analysed the data together. Initial main codes were derived deductively from the question schedule. For example, the key question "How could the robot compromise the privacy of persons in its vicinity?" was transferred into the main code "dignity". Further main codes and subcodes were derived inductively from the data. For example, safety issues were not specifically addressed in the question schedule, but were raised by the participants during the discussion. Consequently, the further main code "safety" was formed according to the data. The code system was continuously adapted during the analysis process and discussed with the team. One of the nurses in the team of researchers was involved during the analysis process and validated the final code system with coded text elements. The final code system consists of seven main categories with up to five subcategories each. The codebook with all

Table 2 Question schedule for focus groups with nursing professionals

	Topic	Questions
Opening question	Introduction	Please state your name and the area in which you work as a nurse
Introductory question	Values in care work	What does "good care" involve in your opinion?
Transition question	Affecting values through technology	Have you ever experienced a situation in your job in which you saw these values threatened by the use of technology?
Key questions	Ethical concerns	What undesirable consequences could the use of the robot have? How could the robot affect the esteem or reputation of care recipients/ caregivers? How could the robot change the relationship between caregivers and those in need of care or the relationship among caregivers? How could the robot compromise the privacy of persons in its vicinity? How could the robot affect the self-determination/ independence of those in need of care/ nursing professionals?
Final questions	Consolidation	Which of the discussed aspects should we consider most urgently? Please name up to three Did you miss any aspects in our discussion? Is there anything else you would like to say?

the subcategories, category definitions and anchor examples is presented in additional file 2.

Results

Qualitative content analysis

Seven main categories emerged from the data and are described below, along with quotes from the focus groups and interviews.

Main category 1: dignity

In this category the participants' fears as to how the robot's use might affect the sense of value or reputation of persons or institutions were analysed. The participants could imagine that those in need of care might feel less worthy and less perceived as a human being when touched by a robot instead of by a human caregiver. One participant justified this with parallels to industry: "The patient might feel being the subject of mass processing because at the moment a robot arm is mainly known as part of the production line in the automobile industry. That is, he would not feel valued or perceived as a person" (Professional Nurse (PN) 1, Focus Group (FG) 3). In this regard, a patient also expressed uncomfortable feelings about "that such a soulless being should do all these movements" (P 4).

The participants argued further that the robot could even frighten those in need of care: "That can sometimes lead to the patient being frightened, when there is suddenly such a device at his bedside" (PN 10, FG 2). This was mentioned with regard to all people in need of care, but in particular for those with cognitive diseases and those who are not generally used to modern technologies.

Furthermore, the possible effects on the reputation of professional caregivers and institutions were discussed. Some participants feared that their work might be less valued, as people might think that human care could be replaced by robots or the work would no longer be so demanding when a robot is used. One participant stated "It reduces our, my sense of value, or affects the whole profession, because it sounds the same as when someone says "Anyone can nurse"" (PN 12, FG 1).

Main category 2: autonomy

The participants discussed how the robot might threaten nurses' and patients' ability to decide and act independently. On the one hand, they talked about the possibility to decide about the use of the robot. One participating nurse expressed concern about pressure from the employer who might focus on the economic aspect: "If a lot of money has been paid for it, then it ought to be used" (PN 9, FG 1). On the other hand, they indicated that abilities of both nurses and people in need of care might get lost as a consequence of the robot's regular use. One

participant stated that "if a residual ability or resource is there and the resident [...] or because the robot takes over, the resources become more limited or are lost completely" (PN 4, FG 1). Concerning the part of nurses, one participant raised the concern that "the technology can very quickly be overestimated and that too much reliance is placed on the technical aspect" (PN 10, FG 2).

Main category 3: personal privacy

Discussion under this category revolved around possible negative consequences for the privacy of people in the robot's environment. Some participants tended to the view that patients and caregivers might feel uncomfortable due to the need of cameras and microphones for the robot to function. They asked themselves what kind of data might pass the robot's sensors, such as recordings of private conversations or photos of patients' intimate areas. In this context, a professional nurse thought "One might feel that one is being monitored a bit due to the camera" (PN 11, FG 3).

Further concerns focused on the use of data. Some nurses expressed concerns that data might be used to monitor their work and hold them accountable. One nurse linked this to the relationship with the employer: "Have I got a boss who looks at these recordings [...] or is my professionalism being trusted, and the material is not being used" (PN 5, FG 3). Participants asked themselves in general who might have access to the data. One participant asked if "the health insurance companies [would] be able to make use of it or something like that?" (PN 12, FG 1).

Main category 4: relationship level

In this category, participants' thoughts about possible negative effects of the robot on human relationships were analysed. On the one hand, participants considered how contact with the person in need of care could suffer. Participants mainly expressed the view that the contact to the patient might suffer under the robot's use because patients were unsettled by the robot's presence or nurses were busy handling the robot. One relative formulated that there might be "less human contact perhaps or fewer conversations, less direct approach, because perhaps the nurse communicates more with the robot at that moment and not with the patient" (Relative (R) 4).

On the other hand, participants thought of possible consequences for the relationship between nurses. Nurses from a clinical setting explained they often work together with colleagues and are therefore worried about less teamwork when working with the robot: "And there is togetherness and teamwork at the bedside when staff help each other to move patients or make the beds, and that would then all be lost" (PN 13, FG 1).

Main category 5: safety

Issues of safety were not explicitly addressed by the question schedule but were named initially and spontaneously by participants. As an interface to classical risk analysis, participants mentioned that people in need of care could suffer harm such as skin lesions and pain caused by the robotic end effector when touching the patient. For instance, nurses raised the risk of fractures when moving a patient: "If there is muscular resistance or something, that it doesn't break your bones later on" (PN 14, FG 2).

Participants also mentioned doubts concerning the robot's abilities and that malfunction or breakdowns could endanger patients. Nurses indicated that another perspective might be missing, as the robot does not have the observation and communication skills that human colleagues do: "Well, if the robot has to turn a patient over [...] and there's a wound or something, the nursing professional can't see that, and the robot can't pass it on either, like "Look here, there's a wound" (PN 7, FG 1).

During the discussions, nurses raised further concerns about the robot's level of autonomy and the possibilities to control it: "But the robot is voice-controlled and then makes his own actions and that is, again, if I'm not stood right next to it, impossible to control it that way" (PN 14, FG 2).

Main category 6: organizational matters

All fears that could not be assigned to the other categories in terms of content were dealt with in this category. The only topic that emerged predominantly not only in the focus groups but also in the individual interviews was the robot's effects on the staffing ratio which was mentioned here by six out of eight patients and relatives. Participants raised concerns about whether the robot might be counted as a human caregiver rather than as serving as an additional support for the nurses. One relative stated "For nursing in general, I see the danger that the care robot will replace the nursing staff, who will be redundant" (R1).

Another concern of the participants was the question of efficiency. They discussed the fear that the robot might not lead to relief but to more work in operating the robot like in terms of bringing it to the patient, handling during usage, or documentation. One relative furthermore mentioned "the time that is needed to teach the patients, explain everything so that they accept it. [...] Probably having to check each morning if it is still working properly and charge it" (R4).

Apart from that, nurses raised the question of liability in the event of mistakes during working with the robot: "If it's really because it's not controlled properly, then I think the liability issue is that the nurse is responsible"

(PN 2, FG 2). Finally, issues of distributive justice were mentioned due to limited availability.

Main category 7: positive aspects

The focus groups were conducted to identify ethical concerns regarding the robot from the user's perspective. Accordingly, the moderation and analysis focused on negative aspects that could result from the robot's use. Nevertheless, many participants mentioned positive effects of the robot or contradicted the negative effects discussed. Regarding the aspect of self-esteem as a nurse, one participant stated: "It can't do holistic nursing. It can do the—the mechanical thing, but not everything else, it can't carry out the whole process" (PN 12, FG 1). In the context of autonomy, one nurse highlighted a possible positive effect of the robot: "I don't need to wait for a colleague, I can perform tasks directly one after the other" (PN 7, FG 1). In particular, opinions relating to the robot's sensors and privacy differed greatly among participants. Whereas some of the participants expressed concerns in this area, as described in category 3, others did not see any problems here: "In principle, it is completely unproblematic, since the camera only captures a moment in time" (PN 10, FG 2).

Patients especially very rarely raised concerns about the robot's use. On the subject of fear or insecurity, as discussed in category 1, one patient explained she would not be afraid of the robot: "I'm not afraid because when a person is there too, everything is okay" (Patient (P) 2). In the matter of human relationships (see category 4), one nurse stated "I think it can't disturb a relationship [...] because this robot does not replace the nursing and the human touch during care" (PN 16, FG 3)]. One patient even came up with a possible positive effect of the robot, here: "And the robot is never in a bad mood" (P3).

Prioritising of ethical issues

At the end of the focus group discussion, the moderators asked the participating nurses to name up to three aspects of the discussion that they considered most important. Nurses named issues of safety and effort in use most frequently. Numerous other prioritised issues were the loss of functional patient resources and deterrence due to the robot's appearance. In this regard, the participants suggested giving the robot a name and making it look less industrial. On the other hand, issues concerning personal privacy at the relationship level or staffing ratio were rarely named as being most important. The results of the voting are summarized and sorted by frequency in Table 3.

Table 3 Most important aspects (nurses' perspective)

Aspect mentioned as most important	Frequency of mentions
Safety	10
Efficiency/ effort in use	8
Deterrence due to robot's appearance	5
Loss of functional patient resources	4
Costs	2
Personal privacy	1
Relationship level	1
Staffing ratio	1
Small number of available robots	1

Identified ethical risks and requirements

The complete table with all identified risks, mitigating requirements and defined validation/ verification methods is presented in additional file 3. The structure of ethical issues is guided by the categories from the analysis of focus groups and individual interviews. Risks that arose in focus groups or individual interviews are included in the table.

There was a large overlap between risks identified in focus groups/ individual interviews and in the literature. For example, the issues of staffing ratio [15, 16], reduction of human contact [17] and liability [18] have also been emphasized in the literature. A risk that did not arise in the focus groups or individual interviews but did so in the literature was that of an incomplete representation of phenomena in the population, leading to errors in use for persons with certain characteristics [6]. For the project this could specifically mean that detecting the position of a patient's leg leads to errors when the patient's skin colour is black. Further risks regarding robots in the literature revolve, for instance, around machine learning and lack of transparency concerning robotic actions [6, 10, 19] or the misuse of robots [6, 10]. Additional risks contributed by members of the research team were, among others, the fear that holistic care might get pushed into the background and the idea that efficiency could take precedence. Furthermore, environmental issues were not discussed in the focus groups or individual interviews. Members of the research team therefore added the risks that a partial defect could lead to total uselessness and that resources used for the conception and use of the robot might cause damage to the environment.

Mitigating requirements were assigned to ethical risks. For example, to mitigate the risk of deception an anthropomorphic design should be limited, perhaps by means of a functional design that is oriented towards the technical properties of the robot [20]. Regarding the risk of

errors in use for persons with specific characteristics, data for the adjustment of the robot should be inclusive and represent different population groups [19]. The specific requirement for the project is therefore that the robot should be able to process male and female voices, different accents and skin colours equally well. With regard to risks of inappropriate control by the robot, it is suggested to limit robotic self-learning without human supervision [10] and to keep algorithms verifiable [19]. To mitigate problems in the field of personal privacy, there are legal requirements that need to be respected. Accordingly, personal data should only be processed with the consent of those concerned [21]. Furthermore, the principle of data minimization applies. Therefore, only data that is necessary for the fulfilment of the purpose should be collected, and should be deleted immediately afterwards [21]. For further requirements, see additional file 3.

To define validation or verification methods, hard-/ software verification was assigned to requirements when these addressed the functions or design of the robot, such as limiting anthropomorphic appearance or that sensors should be able to deal with different human characteristics. Social assessment was chosen when the corresponding risk or mitigation was about social outcomes such as the reputation of patients or nurses, and legal assessment when aspects of law must be respected, as in the field of personal data or liability. User validation was defined as a validation method when a personal opinion by users is needed, e.g. to answer the question how persons in need of care experience the treatment with the robot.

Discussion

Ethical risks and requirements have been defined in the context of dignity, autonomy, privacy, human relationships and safety in the project. Numerous risks could be identified through focus groups with professional nurses, in which participants feared most issues relating to safety and that the robot would not lead to relief but to more workload eventually. Despite the focus on possible negative consequences of the robot under investigation in the future, it became clear that nurses rated some of the discussed risks as unproblematic or rather saw advantages of the robot's use in the future. In the individual interviews, relatives and patients only seldom raised concerns about using the robot in the future.

For the overall process of implementing ethical aspects, the BS 8611 served as a guiding framework. We experienced the BS 8611 as helpful in providing a structured procedure that goes beyond the identification of risks alone. However, it contains substantive rather than concrete methodological suggestions for the implementation of individual steps. Also, the way how to involve users

is up to the applying researchers, as is also remarked by Stahl & Coeckelbergh [9]. Non-engineers might feel it unfamiliar to work with the BS 8611, but for the PflKoRo project the described procedure provided opportunities to link ethical work closely to the work of engineers. It therefore seemed promising not just to continue accompanying research, but to be able to influence the development of the system. So far, in line with the appraisal of Stahl & Coeckelbergh, we generally consider the BS 8611 as suitable for realizing the ideas of RRI and for applying it in the early research and development stages. However, when applying the BS 8611 one should be aware that the BS 8611 starts with drawing a negative perspective and one should ask the question “What should be avoided?” with the focus on risks. It is therefore less able to draw desirable future scenarios and identify chances.

To involve people potentially affected by the robot under investigation, we chose individual interviews and focus groups to identify ethical risks from the perspective of nurses, patients and relatives.

Only few concerns about the robot emerged in individual interviews, especially with patients. One possible explanation could be an uncritical attitude towards robotics in health care in general. At the beginning of the interviews, which was not part of the analysis, the participants differed in their response when the interviewer asked the following introductory question: “What was the first thought that came to your mind when you heard that a team wanted to develop a robot for nursing care?”. One of the relatives and three of the patients mentioned exclusively positive or neutral comments. Other participants also expressed critical thoughts at this point. Existing research on the attitudes of patients and older people towards robots for health care also come to inconsistent conclusions here. The authors of one review found that older people had more positive than negative attitudes towards robots in health care [22]. However, an interview study revealed that patients prefer human interaction in care on the one hand, but also advocate the use of robots for some caregiving tasks [23]. Quantitative surveys in Germany showed that 40% of people over the age of 70 years fundamentally rejected assistance by robots, whereas 82% of older people could imagine the use of robots as long as this allows them to live at home longer [24]. Both the statements of participants in this study as well as those in existing research do not suggest a uniformly positive attitude towards robots in health care. Maybe a larger number of interviews and a more comprehensive interview frame for ethical concerns alone would have revealed more results.

In contrast to the individual interviews, a large number of ethical risks could be identified in the focus groups. Although the digital realization required special

preparation and moderation, it proved beneficial in other matters. The digital format allowed bringing participants from different locations and working settings together, which enriched the discussion. Another challenge for both the focus groups and individual interviews was the early stage of the robot’s development and the fact that the participants had no experience with the robot. This required a high level of anticipation and imagination from the participants. For the focus groups, it proved helpful to provide a sufficient time frame, to present a possible application scenario and to have a preparation phase, as described in the methods section. The focus groups implemented in this way proved to be suitable for involving users in the anticipation of ethical risks in relation to the robot’s early developmental stage, as aimed at by the idea of RRI. Apart from the number of identified risks in focus groups, it became apparent that the participants viewed ethical issues very differently. Although it is not one of this study’s objectives, we hope to gain a more systematic overview of how potential users rate ethical risks in relation to the robot at a current state of development, which will be required for the forthcoming evaluation of a prototype.

Some ethical issues not raised in the interviews and focus groups but relevant for the robot under investigation could be added from the literature and by members of the research team. By using various sources, the most comprehensive results possible could be achieved. At the same time, it was possible to gain insights into the perspectives of those potentially affected by the robot. The results thus expand the pool of ethical risks and requirements that are relevant for a robot for nursing care and suggest which ones should be especially considered from the perspective of nurses, patients and relatives.

Methodological considerations

Due to the SARS-CoV-2 pandemic, access to patients and relatives was difficult and only a small sample size was recruited for the individual interviews. In order to inconvenience hospitalized patients and relatives as little as possible, the interviews only touched briefly on the topic of ethical issues. Therefore, there was only limited room for the perspectives of patients and relatives. We hope to gain deeper insights into patient and relative ratings of ethical risks during the forthcoming evaluation of the prototype.

Likewise, to avoid extra inconvenience for participants, especially in the context of SARS-CoV-2, transcripts and findings from the interviews and focus groups were not returned to participants for their feedback. Instead, a digital whiteboard was used during focus groups to take notes of the participants’ contributions. The whiteboard was visible for all participants during the whole

discussion, thus providing the opportunity for direct feedback.

Convenience sampling was used for recruitment of participants and data saturation was not the criterion for stopping recruitment. Nevertheless, the first two focus groups provided plenty of data already with occasional supplements from the last focus group. In the individual interviews too, the only aspect mentioned many times was that of reduction in staffing ratio, and only seldom was something added during the course of the interviews. This observation coincides with meta-research e.g. by Hennink et al. [25], showing that more than 80% of the codes could be identified in two focus groups and more groups provided only little additional benefit.

The participants in the focus groups had a wide range of age and working experience and came from different backgrounds. To reduce possible issues of competence, the moderator made sure that all the participants were involved in the discussions and encouraged them to share their thoughts, even if they differed from the views of other participants. Apart from that, the heterogeneity within the groups enriched the discussion and promoted exploring different views.

To reduce the possible influence of a single researcher, two researchers analysed the data from the focus groups and interviews together. In addition, the professional nurse in the research team participated in analysing the data and validated the transfer of identified risks in focus groups and interviews to the list of ethical risks. For the overall procedure, multiple sources of data in form of focus groups, interviews, literature and expert guidance were involved to compensate limitations of one single method.

Conclusions

This study revealed several ethical risks and requirements in the context of dignity, autonomy, privacy, human relationships and safety related to a robot for nursing care. In particular, it shed light on the perspective of people potentially affected by the technology. Professional nurses feared most risks related to safety and that the robot would lead to more work load instead of relief, whereas patients and relatives more often raised the issue of the staffing ratio. Along with those concerns, participants made many uncritical and positive comments that suggest their general open-mindedness for the introduced robot. Further risks like discrimination of users with certain characteristics and requirements could be added from existing literature. As the different sources lead to partially different ethical issues and main points of interest, it is advisable to involve multiple perspectives and potentially affected people in particular when investigating ethical implications of a robot for nursing care.

Abbreviations

FG: Focus group; P: patient; PN: professional nurse; R: relative; RRI: Responsible Research and Innovation.

Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12912-022-00959-2>.

Additional file 1. Application scenario with the robot for focus groups.

Additional file 2. Code book.

Additional file 3. Ethical risks and requirements.

Authors' information

SN: Speech and language therapist, M.A. rehabilitation pedagogue, healthcare researcher at the Institute of Health and Nursing Science, Martin Luther University Halle-Wittenberg; SL: physiotherapist, PhD healthcare researcher at the Department of Nursing Science, Uniklinik RWTH Aachen; MM: MScN Nursing researcher at the Department of Nursing Science, Uniklinik RWTH Aachen, experienced in qualitative research; ME: RN, BSN at Clinical-surgical intensive care unit, Uniklinik RWTH Aachen; AS: PhD, MScN, Senior Nursing Researcher at the Department of Nursing Science, Uniklinik RWTH Aachen, experienced in qualitative research; GM: PhD, professor and head of the Institute of Health and Nursing Science, Martin Luther University Halle-Wittenberg.

Acknowledgements

We would like to thank all professional nurses, patients and relatives for participating in the focus groups and individual interviews. Apart from that, sincere appreciation goes to the professional nurse and member of the research team Zaira Fernandez for her support in recruiting participants. Finally, we would like to thank Ass. jur. Kim Philip Linoh for contributing his legal expertise.

Authors' contributions

Proposal writing: AS, GM. Study design: SN, GM. Data collection: SN, SL, MM. Data analysis: SN, SL, MM, ME. Manuscript writing: SN. Mentorship & Supervision: GM, AS. All authors read and approved the final manuscript.

Funding

Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL. The project "PfleKoRo" is funded by the German Ministry of Education and Research; funding code: 16SV8440. The funder did not influence the design and collection, analysis, and interpretation of data or the writing of the manuscript.

Availability of data and materials

The datasets generated and analysed during the current study are not publicly available since the participants did not consent to the publication of the transcripts for all purposes but are available from the corresponding author on reasonable request.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

All the experiment protocol for involving humans was in accordance to the Declaration of Helsinki.

The Ethics Committee at the RWTH Aachen Faculty of Medicine approved the study (EK 427–20). All participants granted written informed consent to participate in the study.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Author details

¹Institute of Health and Nursing Science, Medical Faculty, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Magdeburger Str. 8, 06112 Halle (Saale), Germany. ²Department of Nursing Science, Uniklinik RWTH Aachen, Pauwelsstraße 30, 52074 Aachen, Germany. ³Clinical-Surgical Intensive Care Unit, Uniklinik RWTH Aachen, Pauwelsstraße 30, 52074 Aachen, Germany.

Received: 15 December 2021 Accepted: 22 June 2022

Published online: 08 July 2022

References

- Fehling P, Dassen T. Motive und Hürden bei der Etablierung technischer Assistenzsysteme in Pflegeheimen: eine qualitative Studie [Motives and obstacles in establishing technical assistance systems in nursing homes: a qualitative study]. *Klinische Pflegeforschung*. 2017;3:61–71.
- Merda M, Schmidt K, Kähler B. Pflege 4.0- Einsatz moderner Technologien aus der Sicht professionell Pflegender: Forschungsbericht [Use of modern technologies from the perspective of professional caregivers: Research report]. 2017. <https://www.bgw-online.de/resource/blob/20346/e735030f6178101cf2ea9fa14e1bc063/bgw09-14-002-pflege-4-0-einsatz-moderner-technologien-data.pdf>. Accessed 24 Nov 2021.
- Rantanen T, Lehto P, Vuorinen P, Coco K. The adoption of care robots in home care-A survey on the attitudes of Finnish home care personnel. *J Clin Nurs*. 2018;27:1846–59. <https://doi.org/10.1111/jocn.14355>.
- Becker H, Scheermesser M, Früh M, Treusch Y, Auerbach H, Hüppi RA, Meier F. Robotik in der Gesundheitsversorgung: Hoffnungen, Befürchtungen und Akzeptanz aus Sicht der Nutzerinnen und Nutzer [Robotics in health care: hopes, fears and acceptance from the users' point of view]. In: Bendel O, editor. *Pflegeboter*. Wiesbaden: Springer Gabler; 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22698-5_13.
- Sharkey N, Sharkey A. The eldercare factory. *Gerontology*. 2012;58:282–8. <https://doi.org/10.1159/000329483>.
- Philip Jansen, Philip Brey, Alice Fox, Jonne Maas, Bradley Hillas, Nils Wagner, et al. SIENNA D4.4: Ethical Analysis of AI and Robotics Technologies (V1.1). 2020. <https://zenodo.org/record/4068083#.YZ4ITNDMKUK>. Accessed 24 Nov 2021.
- Stilgoe J, Owen R, Macnaghten P. Developing a framework for responsible innovation. *Res Policy*. 2013;42:1568–80. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.05.008>.
- Burget M, Bardone E, Pedaste M. Definitions and conceptual dimensions of responsible research and innovation: a literature review. *Sci Eng Ethics*. 2017;23:1–19. <https://doi.org/10.1007/s11948-016-9782-1>.
- Stahl BC, Coeckelbergh M. Ethics of healthcare robotics: towards responsible research and innovation. *Robot Auton Syst*. 2016;86:152–61. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2016.08.018>.
- BSI. Robots and robotic devices: Guide to the ethical design and application of robots and robotic systems (BS 8611:2016) 2016: BSI Standards Limited. 2016.
- Feldhusen J, Grote KH, editors. *Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung [Pahl/ Beitz construction theory: methods and application of successful product development]*. 8th ed. Springer Vieweg: Berlin, Heidelberg; 2013.
- Hofmann B, Droste S, Oortwijn W, Cleemput I, Sacchini D. Harmonization of ethics in health technology assessment: a revision of the Socratic approach. *Int J Technol Assess Health Care*. 2014;30:3–9. <https://doi.org/10.1017/S0266462313000688>.
- EUnetHTA Joint Action 2, Work Package 8. HTA Core Model[®]version 3.0 (pdf). 2016. www.htacoremodel.info/BrowseModel.aspx. Accessed 23 Nov 2021.
- Kuckartz U. *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung [Qualitative content analysis. Methods, practice, computer support]*. 4th ed. Weinheim, Basel: Beltz Juventa; 2018.
- Manzeschke A. MEESTAR: Ein Modell angewandter Ethik im Bereich assistiver Technologien [MEESTAR: A model of applied ethics in assistive technologies]. In: Weber K, editor. *Technisierung des Alltags. Beitrag für ein gutes Leben?* Stuttgart: Steiner; 2015.
- Johansson-Pajala RM, Gustafsson C. Significant challenges when introducing care robots in Swedish elder care. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2020;1–11. <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1773549>.
- Remmers H. *Pflegeboter: Analyse und Bewertung aus Sicht pflegerischen Handelns und ethischer Anforderungen [Care robots: Analysis and evaluation from the point of view of care activities and ethical requirements]*. In: Bendel O, editor. *Pflegeboter*. Wiesbaden: Springer Gabler; 2018. p. 161–79.
- Kehl C. Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung: Technikfolgenabschätzung (TA). Robotik und assistive Neurotechnologien in der Pflege- gesellschaftliche Herausforderungen [Report of the Committee on Education, Research and Technology Assessment (18th Committee) in accordance with Section 56a of the rules of procedure: Technology assessment (TA). Robotics and assistive neurotechnologies in nursing care- societal challenges]. 2018. <https://dip.bundestag.de/vorgang/bericht-des-ausschusses-f%C3%BCr-bildung-forschung-und-technikfolgenabsch%C3%A4tzung-18-ausschuss/236579>. Accessed 24 Nov 2021.
- High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*. 2019. <https://www.aepd.es/sites/default/files/2019-12/ai-ethics-guidelines.pdf>. Accessed 23 Nov 2021.
- Onnasch L, Jürgensohn T, Remmers P, Asmuth C. *Ethische und soziologische Aspekte der Mensch-Roboter-Interaktion [Ethical and sociological aspects of human-robot interaction]*. 1st ed. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin; 2019.
- Steckler B, Krempel E. "Privacy by Design" im Dialog von Recht und Technik ["Privacy by design" in the dialogue between law and technology]. In: Gransche B, Manzeschke A, editors. *Das geteilte Ganze: Horizonte Integrierter Forschung für künftige Mensch-Technik-Verhältnisse*. Wiesbaden: Springer VS; 2020. p. 71–92.
- Savela N, Turja T, Oksanen A. Social acceptance of robots in different occupational fields: a systematic literature review. *Int J of Soc Robotics*. 2018;10:493–502. <https://doi.org/10.1007/s12369-017-0452-5>.
- Vallès-Peris N, Barat-Auleda O, Domènech M. Robots in Healthcare? What Patients Say. *Int J Environ Res Public Health*. 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189933>.
- Rebitschek FG, Wagner GG. Akzeptanz von assistiven Robotern im Pflege- und Gesundheitsbereich : Repräsentative Daten zeichnen ein klares Bild für Deutschland. [Acceptance of assistive robots in the field of nursing and healthcare: representative data show a clear picture for Germany]. *Z Gerontol Geriatr*. 2020;53:637–43. <https://doi.org/10.1007/s00391-020-01780-9>.
- Hennink MM, Kaiser BN, Weber MB. What influences saturation? Estimating sample sizes in Focus Group Research. *Qual Health Res*. 2019;29:1483–96. <https://doi.org/10.1177/1049732318821692>.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

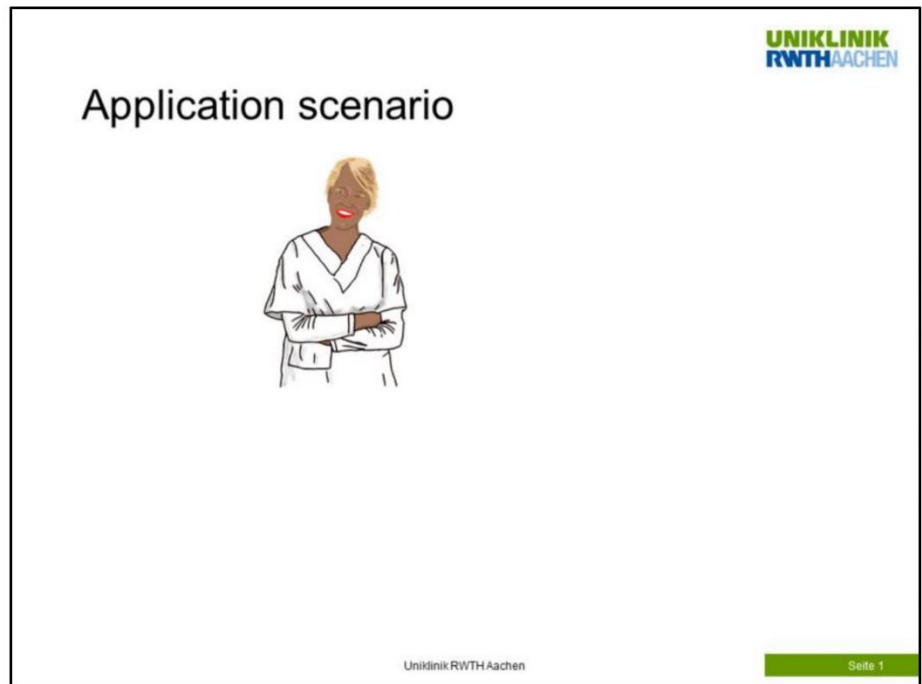
- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

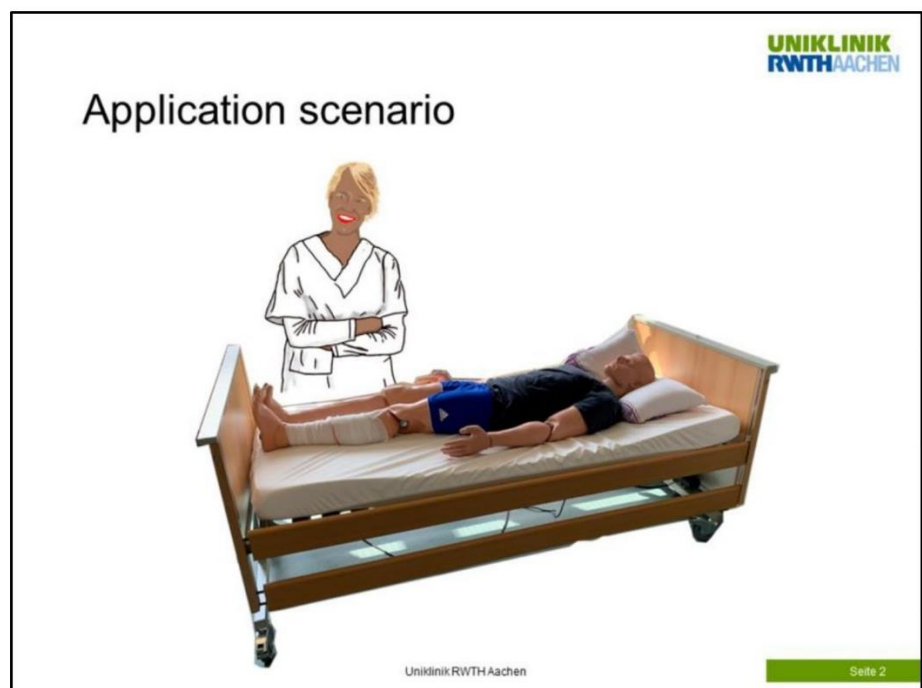
Learn more biomedcentral.com/submissions



Additional file 1



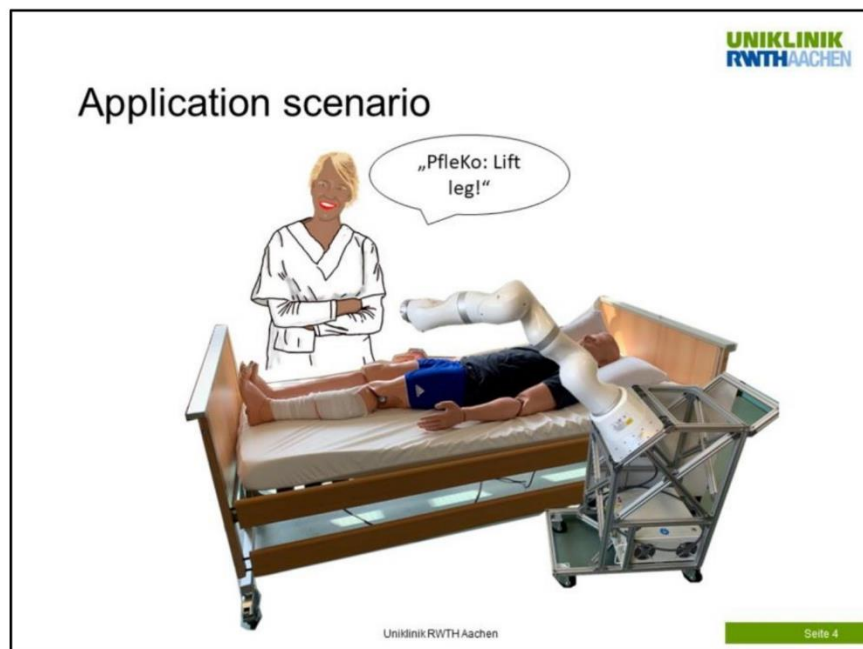
This is Sarah. Sarah is a professional nurse and currently on duty caring for...



...her patient, Mr. M. Due to severe physical restrictions, Mr M. can hardly help with nursing measures himself. So Sarah needs support.



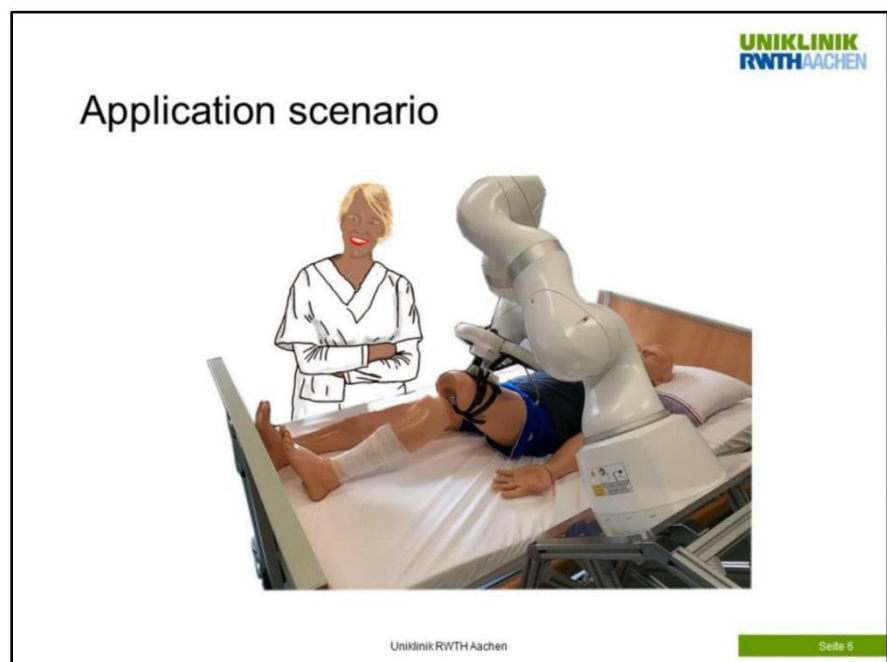
Therefore, she is going to use the Pflerobot today.



Sarah would like to replace the wound bandage on Mr. M's lower leg. To do this, she says: "Pflerobot: Lift leg!"



The robot processes the command with the help of a microphone. Using a camera, the robot finds the right place to hold Mr. M's leg.



While the robot is holding Mr. M's leg, Sarah can treat the wounds and replace the bandage.

Additional file 2

Main category	Subcategory	Definition	Example
<p>HK 1 Dignity</p>		<p>Includes negative effects on the sense of value/reputation of professional nurses, persons in need of care, and institutions.</p>	
	<p>SK1.1 "Objectification" of people in need of care</p>	<p>Includes the feeling of not being treated like a human being or as being less valuable</p>	<p>"...the patient might feel subject of mass processing because at the moment a robot arm is mainly known as part of the production line in the automobile industry. That is, he would not feel valued and perceived as a person." (professional nurse (PN 1), focus group (FG) 3)</p>
	<p>SK1.2 Fear / deterrence</p>	<p>Includes triggering fear or deterrence through the robot.</p>	<p>"That can lead sometimes to the patient being frightened when there is suddenly such a device at his bedside." (PN 10, FG 2)</p>
	<p>SK1.3 Sense of value/ reputation of the nursing professional/ institution</p>	<p>Includes the sense of value or reputation of the nursing professional or the image of the institution concerned.</p>	<p>"It reduces our - my sense of value or affects the whole profession because it sounds the same as when someone says "Anyone can nurse"." (PN 12, FG 1)</p>
<p>HK2 Autonomy</p>		<p>Includes negative effects on self-determination / independence.</p>	

	SK2.1 Decision about using the robot and its implementation	Includes the freedom of choice regarding whether and how the robot should be used.	"If a lot of money has been paid for it, then it ought to be used." (PN 9, FG 1) "... that the patient's self-determination may not be respected, like now for instance when the leg is pinned down and he'd like to loosen it or put it down or he has sudden pain and can't stand it any longer, that the robot just can't notice that." (PN, FG 2)"
	SK2.2 Loss of skills	Includes the loss of skills and competencies of the people in need of care or of the nursing professionals.	"... that the nursing professionals' slackness increases further and they forget how to work properly with the patient/resident." (PN 4, FG 1) "... if a residual ability or resource is there and the resident [...] or because the robot takes over, the resources become more limited or are lost completely." (PN 4, FG 1)
	SK2.3 Dependency on the robot's support	Includes dependency on support by the robot without loss of skills/competencies	"You become dependent in any case, at the latest when it has been set up and the scope of duties has been adapted" (PN 12, FG 1)
HK3 Personal privacy		Includes negative effects on personal privacy due to the presence of the robot or the functions of his sensors (camera/microphone).	
	SK3.1 Data acquisition	Includes negative effects on personal privacy due to the collection of data	"One might feel that one is being monitored a bit due to the camera." (PN 11, FG 3)

	SK3.2 Data use	Includes the use/misuse of data for various purposes	"Have I got a boss who looks at these recordings [...] or is my professionalism being trusted, and the material is not being used." (PN 5, FG 3)
	SK3.3 Data access	Includes access to data by various people/institutions	"Would the health insurance companies be able to make use of it or something like that?" (PN 12, FG 1)
HK4 Relationship level		Includes negative effects on human relationships	
	SK4.1 To those in need of care	Includes the relationship to those in need of care	"Less human contact perhaps or fewer conversations, less direct approach, because perhaps the nurse communicates more with the robot at that moment and not with the patient." (Next of kin (N) 4)
	SK4.2 Between nursing professionals	Includes the relationship between nursing professionals among one another.	"And there is togetherness and teamwork at the bedside when staff help each other to move patients or make the beds, and that would then all be lost." (PN 13, FG 1)
HK5 Safety		Includes endangering safety.	
	SK5.1 Causing harm to those in need of care	Includes explicitly mentioned pain/injuries of those in need of care, or damage to objects.	"If there is muscular resistance or something, that it doesn't break your bones later on." (PN 14, FG 2)
	SK5.2 Possible limits to the robot's abilities	Includes possible limits to the robot's abilities which secondarily could lead to harm/damage.	"Well, if the robot has to turn a patient over, say from the rear onto the back, and there's a wound or something, the nursing professional can't see that and the robot can't pass it on either, like "Look here, there's a wound"." (PN 7, FG 1)
	SK5.3 Controlling the robot	Potential danger due to autonomous actions of the robot.	"But the robot is voice-controlled and then makes his own actions and that is, again, if I'm not stood right next to it, impossible to control it that way." (PN 14, FG 2)
HK6 Organizational matters		Includes all ethical aspects that could not be assigned to other categories	

	SK6.1 Staffing ratio & staff reductions	Include effects on the organisation of the staffing ratio or reduction of staff	"For nursing in general, I see the danger that the care robot will replace the nursing staff, who will be redundant." (Relative (R) 1)
	SK6.2 Efficiency/ Additional costs	Includes effects on nursing efficiency, incurring more costs.	"The time that is needed to teach the patients, explain everything so that they accept it. [...] Probably having to check each morning if it is still working properly and charge it." (N4)
	SK6.3 Liability	Includes concerns/questions of liability in the event of damage.	"If it's really because it's not controlled properly, then I think the liability issue is that the nurse is responsible." (PN 2, FG 2)
	SK6.4 Equitable distribution	Includes unfairness due to the limited availability of the robot and the related question of distribution.	"I don't think we'll get one of those robot arms für each room and that then some colleagues will say, they can always use it, we won't be allowed to use it." (PN 1, FG 3)
HK7 Positive aspects		Includes all positive aspects resp. rejection of all negative attitudes	
	SK7.1 Dignity	Includes increases in sense of value and reputation of nursing professionals and people in need of care, or the denial of negative effects.	"It can't do holistic nursing. It can do the - the mechanical thing, but not everything else, it can't carry out the whole process." (PN 12, FG 1) "I'm not afraid because when a person is there too, everything is okay." (Patient (P) 2)
	SK7.2 Autonomy	Includes increases in practising self-determination/independency or the denial of their negative effects.	"I don't need to wait for a colleague, I can perform tasks directly one after the other." (PN 7, FG 1)
	SK7.3 Personal privacy	Includes increases in personal privacy through the presence of the robot or the function of his	"In principle, it is completely unproblematic, since the camera only captures a moment in time." (PN 10, FG 2)

		sensors (camera/microphone) or the denial of their negative effects.	
	SK7.4 Relationship level	Includes human relationship enrichments or the denial of their negative effects.	<p>"I think it can't disturb a relationship [...] because this robot does not replace the nursing and the human touch during care." (PN 16, FG 3]</p> <p>"And the robot is never in a bad mood." (P3)</p>
	SK7.5 Other matters	Includes enhancement for the staffing ratio, efficiency, liability, equitable distribution and other matters which cannot be classified under SKn, or the denial of a negative effect.	<p>"I think it is even more pleasant if only one comes than when there are so many people around, quite honestly." (R3)</p> <p>"But in general we three found the robot to be an enrichment that gives us support, it's not as if someone has been dismissed here because of it." (PN 1, FG 3)</p>

Additional file 3

ETHICAL ISSUES	Ethical Risks	Source	Mitigation	Source	Verification/ Validation
Dignity	Patients might feel they are being treated like "objects"/impersonally - like "guinea pigs" -"mass processing"	RT 1 2	Robot should only be used as additional support, interaction between nursing professional and patient has priority.	RT	User validation
	A person as a single entity and his/her well-being might get overlooked, so that priority is given to efficiency.	2	Robot must be so easy to use and so reliable that the nurse's focus on the patient is ensured.		
	Robot might scare the patient/patient might not feel safe.	0 1 2	Nursing professional should prepare the patient adequately before the robot is deployed and should assess whether using the robot is acceptable for the patient.	RT	User validation
	Robot might not be understood properly by the patient (risk of deception, esp. for people with cognitive impairments).	1 6	Nursing professional should prepare the patient adequately before the robot is deployed and should assess whether using the robot is acceptable for the patient. Limit the anthropomorphic design of the robot: - Morphology of shape and context should be as functional as possible and oriented towards the technical characteristics of the robot - Non-verbal communication is preferable.	RT 9	User validation Hardware/Software verification

Status of people in need of care is depreciated: in principle, by using robots in nursing it might appear that people in need of care are only a burden for society, who can be cared for by robots in order to relieve society.	11	"Image cultivation": clearly communicate to society that a robot is only used as an additional support to relieve the nursing professional in order to ensure better care for those in need.	RT	Social assessment
Reputation of nursing professionals is depreciated: the robot might contribute to the impression that a robot could replace the professionalism of human carers.	1 RT	„Image cultivation“: clearly communicate that a robot is only used as an additional support to relieve the nursing professional and cannot replace nursing professionalism. Clearly explain the robot's intended working area (simple but strenuous activities, such as holding extremities) and distinguish this from nursing professionalism (e.g. no humane caring, no decision-making about care measures).	RT	Social assessment
Nursing with the aid of technical supports might be less valued / increasing pressure on nurses to meet expectations.	1 2			
Image of the institution might suffer: was the robot bought in order to save costs?	1	Institution should evaluate the influence that the use of a robot has on care quality and communicate this accordingly.	RT	Social assessment

	<p>Discrimination of users due to various characteristics, such as</p> <ul style="list-style-type: none"> - the colour of their skin - their way of speaking - their gender <p>e.g. women's voices are not processed so well by a robot, a darker skin colour leads to poorer recognition of position, commands given by nurses whose mother tongue is not German (accent) are not carried out correctly by the robot.</p> <p>Model is an incomplete representation of current phenomena and population (due to technical constraints, available data, designer bias...) and can lead to more mistakes being made by certain users.</p>	RT 6	<p>Robot has to process different voices, skin colours, missing body parts and phonetic variability (dialects, accents) equally well.</p> <p>Data for calibrating the robot should be inclusive, if possible, and also represent different population groups.</p>	RT 5	Software verification
Autonomy	Robot is used against the patient's will.	RT 1	The right of the person in need of care to request and choose the implementation of services to be received must be guaranteed.	§8 SGB IX	Legal assessment/ Expert guidance
	Robot handles against the will of the patient, does not recognise request to stop, for example.				
	Robot restricts patient's decision-making possibilities due to its limited functioning.	2	Robot's autonomy must be so restricted that the attending nurse always has the upper hand (see requirements under "Autonomy of the robot").	RT	Software verification, user validation

	Patient's functional resources are not used.	13 1 2	Robot should strengthen, supplement and support the human abilities: Robot should adjust itself to the patient's resources (e.g. adjust counterpressure for holding and supporting functions).	5 RT	Software verification
	Nurses rely too much on the robot and do not question its handling enough -> resulting possibly in a higher safety risk.	6 9 1	Limit autonomy of robot in design (see requirements under "Autonomy of the robot"). Limit the anthropomorphic design of the robot: - Morphology of shape and context should be as functional as possible and oriented towards the technical characteristics of the robot - Non-verbal communication is preferable,	RT 9	Software verification
	The more the robot can do, the higher the risk for the nurse to "unlearn" (forget) and become dependent.	1	(Background: The less autonomous and anthropomorphic the robot, the more the human being sees himself as responsible).		
	There might be pressure exerted by colleagues or employer to use the robot instead of a second colleague (e.g. "Now care can be done alone instead of with a colleague, then that is what we should do"/"We have invested so much in the device, we ought to use it now!")	RT 1	The standard for deciding on the use of robots should be compatibility with professional standards for quality assurance in nursing care.	RT	Social assessment
Privacy/ Data protection	Data is processed incorrectly.	RT	Personal data should be processed with the consent of the person concerned.	12 Art. 6 DSGVO KL	Legal assessment/ expert guidance Software verification

			Data minimization: Only personal data that are necessary for the intended purpose may be processed.	(juristic expert)
			Mandatory data minimization applies to data volume, processing scope, storage period and accessibility.	4 12 Art. 5 DSGVO
	The camera might record something that is embarrassing for the patient, causing a sense of shame, e.g. if he/she is not dressed, genital area/infections.	1 2	Data storage limitation: Personal data must be saved in such a way that identification of a person is possible only for as long as is required for the purpose intended.	Art. 25, Abs. 2 DSGVO
	Camera and microphone might be unpleasant/strange for nurse and patient and lead to a feeling of being observed/inspected.	1	Live data from sensors should be processed for the defined purpose immediately after capture and then deleted.	3 12
	Private conversations, e.g. about everyday life in the clinic, might be recorded.	1 2		
	Conversations are stored and not deleted immediately.	1		12
	Data of uninvolved people are processed. (Conversations/ visual information about other persons in the room.)	RT	Protect uninvolved people from being recorded, e.g. by closing doors, asking people to leave, curtains in multi-bed rooms, or inform uninvolved people verbally about data collection and record in the documentation that the person has consented verbally.	KL (juristic expert)

	Access through unauthorized people / data misuse for unauthorized purposes:		Data security: secure data communication and transmission must be guaranteed.	3	
	Misuse of recorded data for controlling the work of the nursing professionals, e.g. by a supervisor	RT 1	Use of well proven standards for data security: e.g. data encoding, authentication and authorization of users, back-up concepts, and access and admission concepts for processing systems should if possible be safeguarded through pseudonymization/ anonymization by pixelation, only scanning of body outlines e.g.	12	
	Recorded data might be misused to search for alleged errors in nurses' work and call them to account.	1		KL (juristic expert)	
	Data access is not restricted or not safe.	1	Set up data protocols that determine who under what circumstances may access the data - only qualified personnel with corresponding competence and when necessary.	5	
	Creating user profiles.	6		No live data or profile data can be shared with external systems without the person's consent.	12
	Users feel they are losing control/ lack of transparency.	RT	Person-related data should be processed with the consent of the person concerned.	12	
	It is not clear when and what is recorded.	2	All the information concerning data processing must be transmitted to the person concerned in a transparent, understandable and easily accessible manner.	Art. 6 DSGVO KL (juristic expert)	
	Nursing professionals must deal with critical questions from relatives (e.g. "Where is the data stored?")	1		12	
			Data transparency: It must be clear at all times what data is collected from whom and what happens to it.	3	

			Use of the assistance system is immediately apparent to those affected, data processing never takes place secretly	12	
			Data autonomy: The user should have control over his/her data as far as possible. If data has to be stored, this should be done at the user's end if possible. Third parties may only have access to the data in exceptional cases.	3	
			End users should at all times have the possibility of getting information about the processing of his/her own data.	Art. 15 DSGVO	
			If so requested, the deletion of personal data must be possible at all times.	Art. 17 DSGVO	
			System shutdown: It must be possible at all times to shut down the system or to delete the collected data completely and permanently.	3	
Relationship level	The human touch could disappear if the robot takes over the nurses' work.	0	Operating the robot must be so simple and its performance so reliable that the nurse is able to focus on the patient.	RT	User validation Software verification
	Contact with the patient suffers because the focus is more on technical matters.	RT 0 1 2			
	Feeling uneasy by the thought that "someone else" is listening.	2	Those involved explain which data is recorded and what happens to it.		User validation
	Voice commands cause misunderstandings: Who is speaking to whom and when?	2	Distinct signal for addressing the robot (e.g. signal word)		Software verification/ User validation
	Reduction of human contact for the patients.	10 14	Robot should never be used without the presence of a nurse.		Software verification

			Using the robot on a patient should result in the release of personnel resources (no 2nd nurse required). The resulting free resources should be used for the benefit of the patients.		User validation Economic/ social assessment
Safety	Higher risk of overlooking any abnormalities in patients if the robot replaces a nursing professional.	RT 1	It must at all times be possible to call in a second nursing professional for advice. During instruction/training in the use of the robot, the nursing professional has to be made aware of any changes in the requirements for the nurse when working with the robot.	RT	Social assessment
	Higher risk of wrong decisions if a second assessment by a person is dispensed with.	RT			
	Abuse of patients by nursing professionals is facilitated.	RT			
	Robot carries out orders differently than intended by the nursing professional.	1	The nursing professional must demand confirmation (robot repeats the processed command, the nurse must confirm this before it is carried out).		Software verification
	Robot cannot foresee hazardous situations and possibly does not react accordingly (e.g. too slowly).	2	The nursing professional must consistently note the patient's condition and, if necessary, stop the robot - "supervision" is the responsibility of the nurse.		Social assessment
	Higher error potential (albeit limited) through independent actions by the robot .	1			
	Robot lets a leg fall that should be held.	1			
	Robot starts working on already injured parts of the patient's body.	1			
	Robot starts working of the "wrong" leg or on the "wrong" place on the leg.	1			

When holding the leg, it becomes overstretched.	2			
Robot makes movements with the patient that are too pronounced/ too fast/ too unphysiological, and exceed the pain threshold.	1 2			
Risk of injury if the patient moves suddenly.	1			
Robot might damage patient's personal things.	1			
Patient cannot break out of the robot's "grip".	1	When a leg has to be lifted, it should not be gripped (only supported/laid down); in the case of an error, it must be ensured that the patient can be detached.		Software and hardware verification
The robot's contact with the patient leads to scratches, pressure marks, bruises/skin pinching or other injuries.	1	Contact material must not stick, darf nicht kleben/haften, the contact surface with the patient should be gentle on the skin, maximum pressure of the gripper should be limited acc. to DIN EN ISO 10218.		
Temperature at the place of contact is unpleasant for the patient.	1	Contact material should (quickly) warm up, max. surface temperature acc. to DIN EN 13202		
Risk of infection through transporting the robot from patient to patient.	1	Gripper, transporter, robot arm should be designed so that disinfection is possible.		

	Misuse - robot is not used for the purpose intended.	6	Robot must not be susceptible to misuse - if a command (from the nurse) is not given properly, the robot should be able to change it to one that is appropriately constructed or should stop; - if, for instance, the robot corrects an incorrectly made command, the nurse's confirmation is required before the command is carried out; - safety precautions are required for problematic cases, e.g. switching over from statistical to rule-based procedure.	5 13 KL (juristic expert) 5	Software verification Examples of „properly constructed commands“ s. NATO's C-BML
	Users accidentally cause undesired consequences.	13	Inform users about risks in connection with using the robot. It is necessary to specify who is allowed to operate the robot; Use of the robot only after attending an instruction session and only by nursing professionals. Prepare leaflet with the most important information(functioning, operating, safety tips, "introduce" the robot to the patient the first time).	13 RT	Social assessment
	Undependable: robot causes damage due to unforeseen behaviour/robot's behaviour is incomprehensible.	0 RT	Robot must behave the same under the same conditions (reproducibility).	5	Software verification
Autonomy of the robot	Inappropriate control exercised by the robot/ robot develops too many own ideas and is not obedient.	1 13	Ensuring that the processes in the robotic (AI) systems are under human control: Users must be able to stop the robot's actions at all times.	5 RT	Software verification

			Robotic activity may only take place when a nursing professional is present.		
			Users must be provided with knowledge and means to be able to understand, evaluate and confront the robot adequately.	5	
			Authority responsible for decision must be identifiable and the decision process explainable - traceability, verifiability in case of black box algorithms.		
	Robot could develop new plans of action that could lead to unforeseen consequences.	13	Extent of robot's self-learning without human supervision must be limited.	13	
			Robot must inform users about newly developed behaviour.		
	Lack of transparency: reasons for robot's incorrect decisions cannot be determined and future errors are difficult to avoid.	5	Data sets and processes should be documented in the best possible way in order to ensure retraceability.	5	
			Decisions made by the robot must be understood and retraced by their operators.		

			Verifiability: Algorithms, data and design processes should be able to be evaluated.		
Other	<p>Responsibility: In the case of damage caused by the robot it is not clear who is to be held accountable - this in turn presents a higher potential for misuse.</p> <p>Nursing professionals might be made responsible for errors in connection with the robot and are then made liable.</p> <p>Up to now there is no consensus about how to handle the issue of attributing moral responsibility</p>	RT	Liability must be regulated:	7	Legal assessment/ expert guidance
		1	Nursing home administrators are responsible for ensuring that the robots they use do not cause any damage to life, limb or property of the people in need of care. Claims for damage acc. to §§280, 241 BGB by people in need of care exist against nursing home administrators/care service providers if these have violated their duty to protect.		
		6	In the case of operating errors, the nursing professionals can be made liable but should have liability insurance cover through the institution - > institutions using robots should ensure sufficient insurance cover for their employees when these are using medical products.	KL (juristic expert)	
			Authority responsible for decision must be identifiable and the decision process explainable - traceability, verifiability in case of black box algorithms.	5	
	Robot-assisted care or purely human care is reserved only for financially strong users.	6 14	Ensuring an equal and fair distribution of benefits and costs. Regulation of acquisition and costs regulated via institution, not via individual?	5 RT	Social assessment
	Distributive equity within an institution: 1 robot can be available for only one nursing professional and patient at a time.	1 2	Define comprehensible criteria on the basis of which the allocation is decided.	RT	Social assessment

	Work load might not be reduced or even increased by using a robot e.g. due to preparation input (instructing the nursing professional, fetching the device), handling (cooperation is complicated, maintenance), follow-up work (hygiene, documentation, recharging).	0 1	Make using the robot as easy as possible for the nursing professional.		User validation
	Use of a robot might lead to job cuts in nursing/nurse-patient ratios could deteriorate.	0 1 RT 8 14	For use of the robot, a minimum number of personnel should be called for. Robot should only be used with one nursing professional as "back-up" i.e. there must be a total of 2 nurses per robot, one who works with the robot and one who can be called in if necessary.		KL (juristic expert)
	(Partial) Defect leads to robot being unuseable.	RT	It should be possible to repair the robot.	13	Compliance test with BS EN ISO 9000
	Use of resources that are not good for the environment in the short- or long-term.		During training, consumption of resources and energy should be investigated and environmental-friendly options should be chosen.	5	Compliance Test with EU-Ecodesign Guideline/ ISO 14001

Legend

RT member of research team

0 individual interviews

1 focus groups

2 pretest focus group

- 3 Bundesministerium für Gesundheit (2013): Abschlussbericht zur Studie- Unterstützung Pflegebedürftiger durch technische Assistenzsysteme. Unter Mitarbeit von Christine Weiß, Maxie Lutze, Diego Compagna, Grit Braeske, Tobias Richter und Meiko Merda. Online verfügbar unter <https://vdivde-it.de/system/files/pdfs/unterstuetzung-pflegebeduerftiger-durch-technische-assistenzsysteme.pdf>.
- 4 Gransche, Bruno; Manzeschke, Arne (2020): Das geteilte Ganze. Horizonte Integrierter Forschung für künftige Mensch-Technik-Verhältnisse. 1st ed. 2020.
- 5 Hochrangige Expertengruppe für künstliche Intelligenz (2019): Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI. Europäische Kommission. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>, zuletzt geprüft am 20.01.2021.
- 6 Jansen, Philip; Brey, Philip (2019): Ethical Analysis of AI and Robotics Technologies. AI & robotics- Ethical, legal and social analysis. Online verfügbar unter https://www.sienna-project.eu/digitalAssets/801/c_801912-l_1-k_d4.4_ethical-analysis--ai-and-r--with-acknowledgements.pdf.
- 7 Kehl, Christoph (2018a): Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung. Technikfolgenabschätzung (TA). Robotik und assistive Neurotechnologien in der Pflege- gesellschaftliche Herausforderungen. Hg. v. Bundesanzeiger Verlag GmbH. Köln.
- 8 Manzeschke, A. (2015): MEESTAR: Ein Modell angewandter Ethik im Bereich assistiver Technologien. In: K. Weber (Hg.): Technisierung des Alltags. Beitrag für ein gutes Leben? Stuttgart: Steiner.
- 9 Onnasch, Linda; Jürgensohn, Thomas; Remmers, Peter; Asmuth, Christoph (2019): Ethische und soziologische Aspekte der Mensch-Roboter-Interaktion.
- 10 Remmers, Hartmut (2018): Pflegeroboter: Analyse und Bewertung aus Sicht pflegerischen Handelns und ethischer Anforderungen. In: Oliver Bendel (Hg.): Pflegeroboter. Wiesbaden: Springer Gabler, 161-179.
- 11 Sharkey, Noel; Sharkey, Amanda (2012): The eldercare factory. In: *Gerontology* 58 (3), S. 282–288. DOI: 10.1159/000329483.
- 12 Steckler, Brunhilde; Krempel, Erik (2020): "Privacy by Design" im Dialog von Recht und Technik. In: Bruno Gransche und Arne Manzeschke (Hg.): Das geteilte Ganze. Horizonte Integrierter Forschung für künftige Mensch-Technik-Verhältnisse. Wiesbaden: Springer VS, S. 71–92.
- 13 The British Standards Institution (2016): Robots and robotic devices. Guide to the ethical design and application of robots and robotic systems. o.O.: BSI Standards Limited 2016.
- 14 Johansson-Pajala R-M, Gustafsson C. Significant challenges when introducing care robots in Swedish elder care. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2020:1–11. doi:10.1080/17483107.2020.1773549.

RESEARCH

Open Access



Acceptance of a robotic system for nursing care: a cross-sectional survey with professional nurses, care recipients and relatives

Murielle Madi^{1,2*†}, Svenja Nielsen^{1*†}, Mona Schweitzer¹, Maximilian Siebert³, Daniel Körner³, Sina Langensiepen², Astrid Stephan² and Gabriele Meyer¹

Abstract

Background The end-users' acceptance is a core concept in the development, implementation and evaluation of new systems like robotic systems in daily nursing practice. So far, studies have shown various findings concerning the acceptance of systems that are intended to assist people with support or care needs. Not much has been reported on the acceptance of robots that provide direct physical assistance to nurses in bedside care. Therefore, this study aimed to investigate the acceptance along with ethical implications of the prototype of an assistive robotic arm aiming to support nurses in bedside care, from the perspective of nurses, care recipients and their relatives.

Methods A cross-sectional survey design was applied at an early stage in the technological development of the system. Professional nurses, care recipients and relatives were recruited from a university hospital and a nursing home in Germany. The questionnaire was handed out following either a video or a live demonstration of the lab prototype and a subsequent one-to-one follow-up discussion. Data analysis was performed descriptively.

Results A total of 67 participants took part in the study. The rejection of specified ethical concerns across all the respondents was 77%. For items related to both perceived usefulness and intention to use, 75% of ratings across all the respondents were positive. In the follow-up discussions, the participants showed interest and openness toward the prototype, although there were varying opinions on aspects such as size, appearance, velocity, and potential impact on workload.

Conclusions Regarding the current state of development, the acceptance among the participants was high, and ethical concerns were relatively minor. Moving forward, it would be beneficial to explore the acceptance in further developmental stages of the system, particularly when the usability is tested.

Keywords Robotics, Nursing, Acceptance, Ethical analysis, Hospitals, Nursing homes, User-centered design, Survey, Evaluation

[†]Murielle Madi and Svenja Nielsen shared first authorship.

*Correspondence:

Murielle Madi
mmadi@ukaachen.de
Svenja Nielsen
sprich.nielsen@gmail.com

¹Institute of Health and Nursing Science, Medical Faculty, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Magdeburger Straße 8, 06112 Halle (Saale), Germany

²Department of Nursing Science, Uniklinik RWTH Aachen, Pauwelsstraße 30, 52074 Aachen, Germany

³Institute of Applied Medical Engineering, Uniklinik RWTH Aachen, Pauwelsstraße 30, 52074 Aachen, Germany



Background

In healthcare, there is a growing interest in the introduction of technological systems such as robotics [1]. Robotic systems might offer potential physical and mental relief to caregivers and increase the safety as well as the mobility and independence of care recipients [2–6]. It has been suggested that robotic assistance is likely to mitigate the shortage of nurses in the healthcare system by providing support for automated and routine nursing tasks [2]. In 1985, the first robot used in healthcare was introduced, which was an assistive device for neurosurgical biopsies [7]. Nowadays, robotics have been reported to assist in many areas of application such as surgery, administering medication, monitoring of care recipients and hygiene care [8].

The end-users' acceptance is a core concept in the adoption, implementation and evaluation of new systems in daily healthcare and nursing practice [9, 10]. Therefore, potential end-users such as caregivers and care recipients should be involved in all stages of the system's developmental processes [11–14]. In the context of technology, acceptance is defined as the "willingness, intention and internal motivation to use a technology" [15]. The Technology Acceptance Model is one approach that aims to explain factors that predict the actual system's use [16]. It was originally introduced with the components of perceived usefulness, perceived ease of use and intention to use and was further developed several times with growing complexity. The model has been widely validated across different contexts including healthcare and often serves as a basis for evaluating the acceptance of assistive systems. Hence the terms "perceived usefulness," "ease of use" and "intention to use" are often encountered in studies concerning technology acceptance.

Acceptance research among older adults suggests that they seem to be more open to robotic support in service tasks than in social companionship [17–19]. Service tasks may include delivery services or cleaning, whereas social robots focus more on interaction and communication [18, 20, 21]. However, after encountering social robots in video demonstrations, live demonstrations or testing, older persons showed a predominantly positive attitude towards these robots [22–26]. Service robots are perceived differently. Studies about the acceptance of robots by older people after testing them revealed divergent results. In a study by Cavallo et al. (2018), older people showed a high overall acceptance [27], whereas other studies revealed low intentions to use the applied robot [28, 29].

The perspective of relatives and informal caregivers is rarely considered in acceptance studies concerning robotics in healthcare. Results from qualitative and mixed methods studies revealed conflicting results regarding an assistive robot for older adults. Informal

caregivers are open to the idea [30] even more so than people in need of care [28]. But on the other hand, informal caregivers seem to be more skeptical about a social robot when this is compared with professional caregivers and older people [26].

Studies with healthcare professionals and nursing students generally revealed positive attitudes towards assistive robots in professional healthcare settings, including ratings of perceived usefulness and ease of use [2, 31]. In a survey with 576 professional nurses in Germany, the more the participants reported knowledge and confidence in robotics, the more positive and useful they rated robotics and their attitudes towards robotics [5].

In Finland and Japan, research with homecare professionals showed that the Finnish homecare nursing professionals rated the usefulness of care robots lower than the Japanese did and specifically denied the usefulness of care robots in relieving anxiety or loneliness [3, 32]. Therefore, the cultural background determines the acceptance of care robots.

Ethical concerns, alongside cultural background and familiarity with robotics, turned out to be crucial for the acceptance of assistive technology in nursing care. When asked about the challenges related to healthcare robotics, participants expressed their concern regarding the ambiguity surrounding the liability of the robot's actions [1]. Moreover, since caring is considered the essence of nursing, an ethical concern raised in a study about the ethics of caring is that robots cannot deliver the same care as human carers do. The human touch in nursing, for instance, is unlikely to be replaced by robots [33, 34]. In addition, data protection issues have been raised as an ethical concern that needs to be addressed in a study about the nurses' view of the use of robots in pediatrics care [35].

Different results have issued from the studies about technology acceptance in healthcare. The variance in results might be due to the difference in cultures, robotic types and each study's conditions. Not much has been reported on robots that provide direct physical assistance to nurses in bedside care. Furthermore, the perspective of family members of the care recipients regarding technology advancement in healthcare has also found little consideration in the literature.

Therefore, we aimed to investigate the acceptance along with ethical implications of a robotic laboratory prototype (lab prototype) to assist nurses in bedside care, namely from the perspective of nurses, care recipients and their relatives.

Method

Study design

A cross-sectional survey study design was applied.



© AVMZ of the Medical Faculty, RWTH Aachen 2023

Fig. 1 Overall PflKoRo system

Sample and setting

The participants were sampled by convenience and recruited from a university hospital and a nursing home in North Rhine-Westphalia, Germany. Professional nurses and members of the research team approached nurses, care recipients and relatives in person, via email and by posting on the internal website of the university hospital. Eligible participants were informed about the study project and asked whether they were interested in participating in the study; if so, they should contact the research team via email. We intended to have a sample size of 20 care recipients, 20 relatives and 30 professional nurses. The intended sample sizes were selected for reasons of feasibility and respect for the capacities of professional nurses, care recipients and relatives in the context of the ever-present staff shortage and exceptional pandemic conditions. Participants were eligible if they.



© AVMZ of the Medical Faculty, RWTH Aachen 2023

Fig. 2 PflKoRo system in use

- a) were currently care recipients or had been care recipients in the preceding 12 months (in the following: care recipients).
- b) *or* they were associated with a person in current need of care or with a person who had been in need of care in the preceding 12 months (in the following: relatives).
- c) *or* were skilled nurses with either vocational or academic training (in the following: professional nurses).

All the participants had to have sufficient cognitive and sensory skills and to be able to speak the German language.

The assistive system “PflKoRo”

The assistive system, which is the object of this study, was based on a seven-axis lightweight robot arm and was intended to be developed to assist nurses when repositioning highly care-dependent and bedridden people and turning them to the side, or holding and lifting their limbs to perform a nursing procedure. For this purpose, the system can be moved to the patient’s bedside and connected to the appropriate contact surface or surfaces for the respective nursing procedure. These intended scenarios were selected according to a user-driven needs assessment earlier in this project [36]. At the time of the study, the laboratory prototype (lab prototype) shown to the participants was in the early stages of development and therefore could not yet be tested by nurses. It also looked rather technical. For an impression of the lab prototype, see Figs. 1 and 2.

Procedure

As a basis for evaluation, the questionnaire was preceded by a video or live demonstration, depending on the participant group (see Fig. 3). A follow-up discussion with broad open-ended questions aimed to clarify any confusion related to the lab prototype's demonstration and to the distributed questionnaire. The questions served as a supplement to the information obtained from the questionnaire. The guides for the follow-up discussion can be found in the additional files 1–3. The care situation that was asked about in the questionnaires refers to the activities performed by the lab prototype in the video and live demonstrations.

In March 2022, members of the project team approached *care recipients and relatives of care recipients* in person at the university hospital and nursing home in face-to-face one-to-one situations. First, a video was shared with the participants that showed the lab prototype assisting a nurse in changing a leg bandage on a healthy person playing the role of a bedridden care recipient. Afterwards, care recipients and relatives were asked to fill in the questionnaire themselves or with assistance from the member of the project team. Subsequently, participants were asked the broad open-ended questions in the follow-up discussion. A member of the research team led the discussion with one participant. As this study focuses on the quantitative results, the follow-up discussions were not recorded, but minutes were taken. For care recipients and relatives, the participation in the study took maximum one hour.

In March and April 2023, the *professional nurses* were invited to the laboratory, where the prototype was being developed. The professional nurses first saw a live demonstration of a nursing situation with support from the lab prototype (lifting and holding a leg; turning care recipient to side). The steps that followed the live demonstration were identical with those described for the care recipients and relatives. The procedure with the professional nurses took a maximum of 90 min. At the end of each session, each participant received a 10€ voucher as compensation for their participation. The participants had no prior knowledge of the voucher before they finished answering the interview questions.

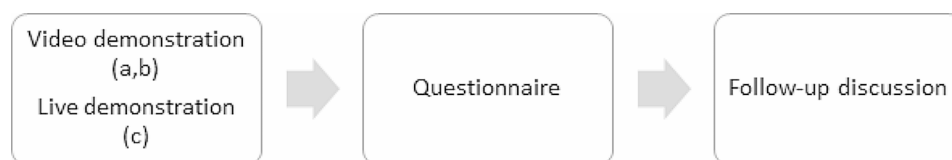
Questionnaire

The questionnaire was created exclusively for this study and consisted of two main sections. One section was related to ethical implications and the other to perceived usefulness/ intention of use with up to 24 statements, depending on the study population. The ethical implication statements in Sect. 1 were formulated on the basis of a literature search and individual and focus group interviews in earlier phases of the project [35]. Section 2 concerned the perceived usefulness/ intention of use and was based on the Technology Acceptance Model, adapted to the project and study population [16]. The participants were asked to indicate their level of agreement with the statements on a 5-point-Likert scale from “do not agree at all” to “strongly agree”. One further section included questions about general participant information. The questionnaires can be found in the additional files 4–6.

The survey was pretested with two professional nurses who were members of the research team and supported the researchers throughout the project. A nurse researcher asked the professional nurses how they understood each question and how they would answer it and then compared their replies with a set of references. The set of references included the meaning of each question as perceived by the members of the research team who had developed the survey, and were based on definitions from the TAM [16]. All the involved team members tested the entire procedure including the demonstration of the lab prototype, the questionnaire and follow-up discussion and made improvements iteratively before the actual data collection with the study participants took place. Separate training sessions were held with the team members who were involved in the data collection for the live demonstration and the follow-up discussion.

Ethical considerations

The study was approved by the ethics committee of the Medical Faculty of the Rheinisch-Westfälische Technische University Aachen (462–21; 416–22). The official employee representatives at the university hospital also gave written approval to conduct the study. The participation was voluntary, and a written informed consent was obtained from each participant before inclusion in the study. All survey data were processed and stored anonymously and were accessible for team members



a= Care recipients b= Relatives of care recipients c= Professional nurses

Fig. 3 Study procedure

Table 1 Characteristics of participants

Characteristics		n = 67
Group of participants	Nurses	27 (40.3)
	Care recipients	20 (29.9)
	Relatives	20 (29.9)
Gender	Female	45 (67.2)
	Male	22 (32.8)
Age, years	20–30	15 (22.4)
	31–40	11 (16.4)
	41–50	9 (13.4)
	51–60	13 (19.4)
	> 60	20 (29.9)
Setting	Nursing home	28 (41.8)
	University hospital	39 (58.2)
Mean technological confidence, Likert scale 1–5 [SD]		3.85 [1.05]

Values are numbers (percentage), unless stated otherwise.

only. The questionnaire and notice sheets were marked only with numbers.

Data analysis

Data from the questionnaires were analyzed descriptively using Microsoft Forms and Microsoft Excel. For the follow-up discussions, all the notes were collected and grouped according to the question in Microsoft

Excel and in addition structured thematically on a digital whiteboard.

Results

Descriptive characteristics of participants

Eighty people showed their interest in participating in the study. In the end, eight did not participate due to health problems and five did not participate due to a shortage of nurses on the ward. A total of 67 people participated in the study, including 27 professional nurses, 20 care recipients and 20 relatives. The majority was female (67.2%). The participants’ age group ranged between 20 and 81 years. One participant over 60 years was a professional nurse while all others over 60 years were care recipients and relatives. Twenty-eight participants were recruited from a nursing home and 39 from a university hospital. On a Likert scale from 1 to 5, the participants rated themselves as more technically confident than skeptical with an average of 3.85 points and with only marginal differences between groups. Table 1 displays the participants’ characteristics (see additional file 7 for the participants’ characteristics per group).

Questionnaire

The results of the questionnaire throughout all of the respondent groups are presented in Figs. 4 and 5. The

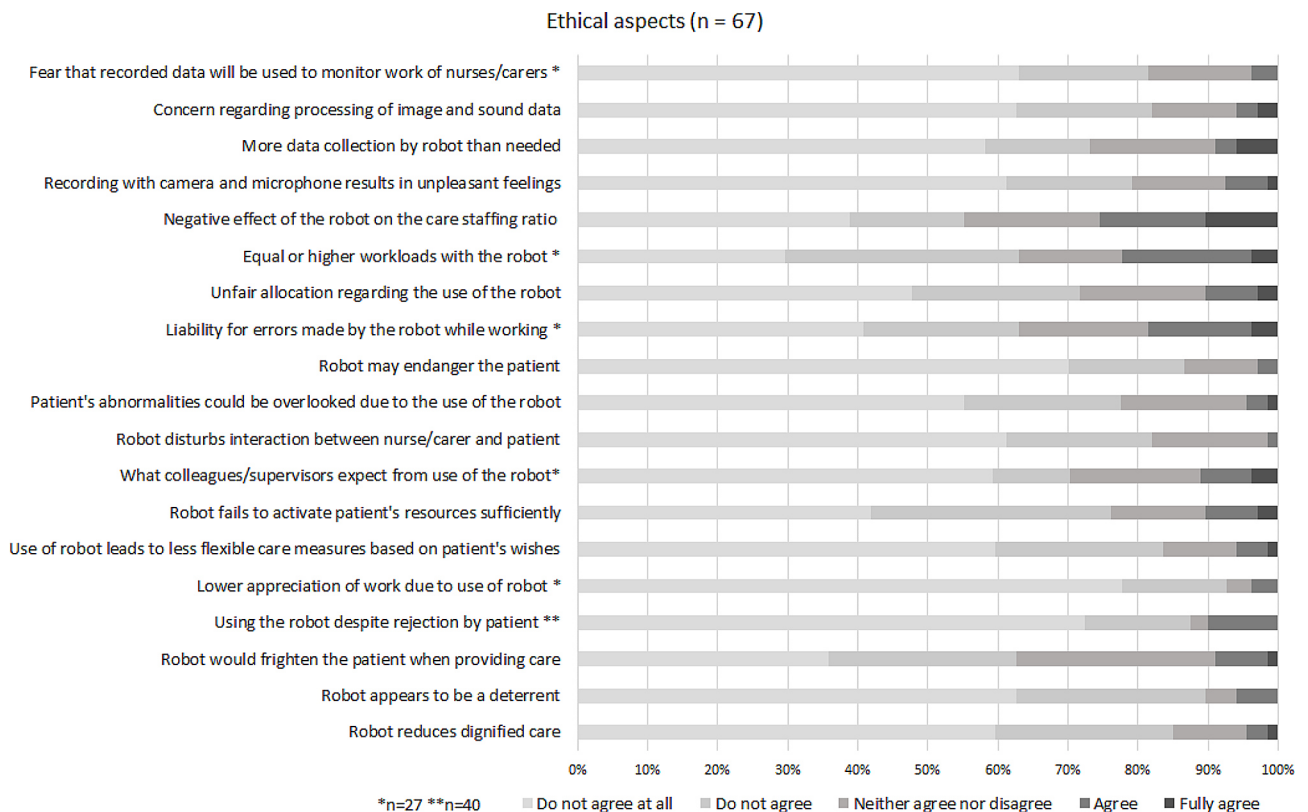


Fig. 4 Results on ethical aspects (all respondent groups)

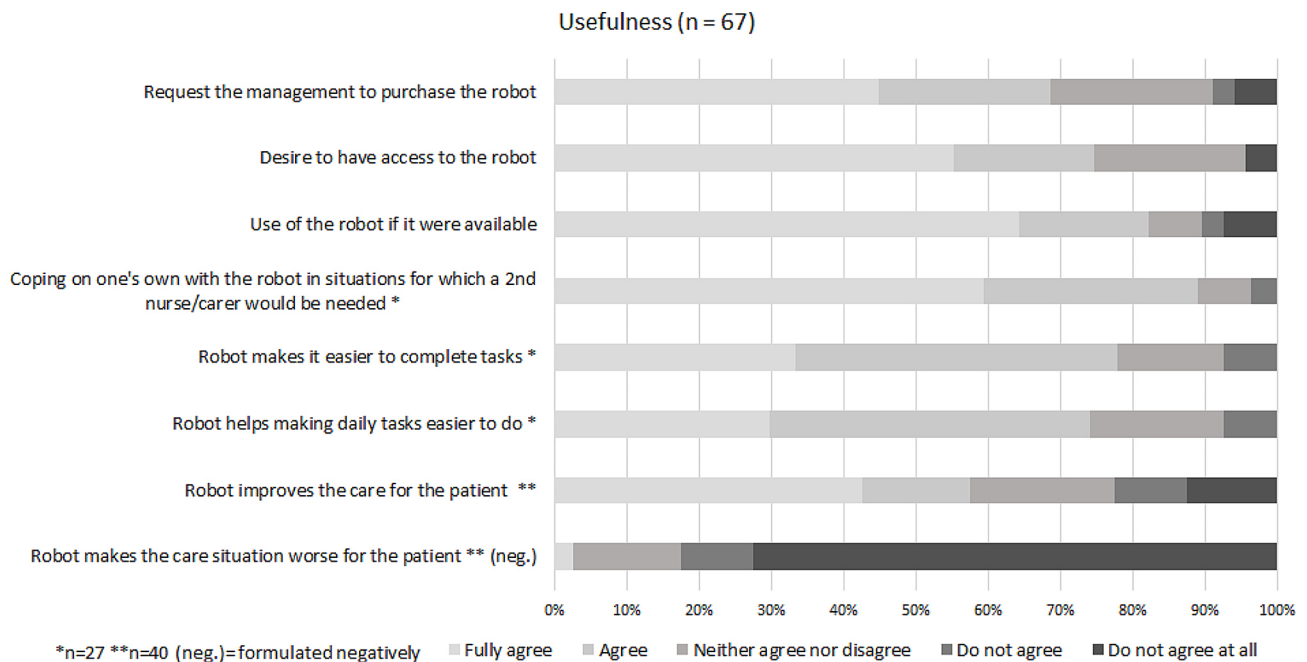


Fig. 5 Results on usefulness (all respondent groups)

results for each group can be viewed in the additional files 8–10.

Ethical aspects

In the questionnaires, there was a low agreement on ethical concerns in all groups of participants. The overall agreement with ethical concerns across all items and respondents was 7%. A total of 77% of items representing ethical concerns were rejected by the participants. For example, a large proportion of 90% stated that they do not find the system to be deterrent. 93% of the participating nurses negated that using the system could lead to a lower appreciation of their work and 85% of all respondents did not fear that the robot would reduce dignified care. Another 82% did not fear the processing of image and sound data through the system's camera and microphone. Furthermore, 86% of the respondents were not afraid that the care recipients would be endangered and 82% disagreed that the interaction between the professional nurse and the care recipient would be disrupted by using the robot.

Participants distinctly confirmed the fear that the system could have a negative impact on the staff ratio. A total of 25% agreed with this statement, 23% were indecisive. Moreover, when asked if the system would frighten care recipients, almost a third (28%) of professional nurses and relatives were indecisive, whereas 8% agreed. However, the participating care recipients themselves did not consider the system to be frightening. Likewise, none of the participating care recipients feared the system could cause them injuries.

Apart from concerns about the staffing ratio, every single ethical concern was confirmed by two out of 20 care recipients at most, and by a maximum of two out of 20 relatives. Among the professional nurses, there was a slightly stronger agreement to ethical concerns. Concerns about the staffing ratio and intimidation of care recipients aside, 23% of the professional nurses confirmed they feared the workload would be the same or higher with the system than without it, while another 15% were indecisive. A total of 19% of professional nurses were also in agreement with concerns about both liability and an unfair allocation of the system.

Perceived usefulness and intention to use

For items related to both perceived usefulness and intention to use, 75% of ratings across all respondents were positive with 4/5 or 5/5 points. The participants rated 10% of perceived usefulness items and 8% of intention to use items negatively with 1/5 or 2/5 points.

Among the care recipients and relatives, 58% agreed that the lab prototype could improve the care situation for a care recipient, while 23% disagreed with this statement. At the same time, 3% of care recipients and relatives agreed with the opposite statement, stating that the lab prototype made the care situation worse for the care recipient, while 83% disagreed with that.

In the group of professional nurses, 89% agreed they could cope on their own with the lab prototype in situations where a second nurse is usually required. A total of 77% of the nurses agreed that the lab prototype made it

easier to complete tasks. However, 7% of the professional nurses disagreed with both statements.

Across all the participants, 82% indicated that they would use or agree to the use of the lab prototype if it were available. Agreement with this statement was slightly higher among nurses (85% agreement) than among care recipients and relatives (75% agreement each). Similarly, 69% of all the respondents stated that they would request management to purchase the lab prototype, with the highest agreement being among the nurses (75%) and the lowest agreement among the care recipients (60%).

Follow-up discussion

The first reactions in the follow-up discussion were mostly positive. The participants were interested, fascinated and open-minded. One relative said that this is the future of nursing care: cooperation between humans and machines (Relative (R) 22). A person in need of care said that the system could provide support that sustains the professional nurse and enables more time and attention for care recipients such as himself (Care recipient 17).

However, a few initial reactions were fundamentally skeptical. A relative found that it was “not a good thing”, and nursing care should only be done by humans without machines (R 21). A professional nurse expressed the opinion that other problems in nursing care were more important than developing a robotic system (Nurse N 10). Both the relative and the professional nurse wished for more staff instead of robots (R 21, N 10).

Many participants spontaneously commented on the size of the system. In all groups of participants, some found the system to be too large, whereas a few thought the size to be appropriate for the available space. Some participants criticized the appearance of the lab prototype and wished for a “nicer” and “friendlier” design, possibly with a face. Others, on the contrary, thought it looked “cool” or fit the purpose. Opinions were also divided regarding the velocity of the lab prototype. Nurses positively described the movements as “smooth”, “gentle”, “controlled”, and “cautious”. However, some nurses also felt that the slowness of movement would result in too much time when in use.

The time factor also played a role in the explanation of negatively rated items in the questionnaire. One reason for fearing an equal or higher workload associated with the lab prototype was that the time might be allocated only to operating, picking up and cleaning the lab prototype. A professional nurse explained the concern of negative effects on the staffing ratio in relation to the time factor. She thought that time and efficacy were very important and that is why it is said that one should get by without a colleague (N 15). Concerning the fear that the robot would frighten care recipients, nurses primarily

thought of older patients and people with dementia and care recipients who could not classify the lab prototype or generally did not trust technology.

Regarding the perceived usefulness, the nurses particularly saw the greatest added value in the reduction of physical strain, especially on their backs, and in working independently of other colleagues. Those nurses who rated the usefulness more critically in the questionnaire mentioned the effort required to use the lab prototype and thought that they might be faster on their own. Other nurses wished for more application scenarios than the two presented in the live demonstration and therefore a more diverse employment. When asked about an improvement or worsening of the care situation for care recipients, one relative commented that the situation would neither improve nor worsen for care recipients, since the lab prototype is only intended to support nurses (R 30).

Discussion

This study allowed us to understand and evaluate from multiple perspectives the ethical concerns, perceived usefulness and the intention to use related to the PfleKoRo lab prototype. The use of a questionnaire highlighted the opinions of participants while the open-ended questions provided more detailed information.

Predominantly, the views and perspectives of care recipients, relatives as well as professional nurses were positive in regard to the PfleKoRo lab prototype. The responses of the participants to the survey as well as to the open questions revealed that they had contemplated the benefits of the lab prototype in relation to ethical aspects such as being intimidated by it or fearing that it might endanger the care recipients. Participants also anticipated the indirect impact such a robotic system might have on the structure of the staffing ratio and on the workload for nurses, making it higher or at least not diminishing it. These questions are to be addressed in further research projects, particularly under ethical considerations. Implementations of such systems need to be evaluated comprehensively.

The participants' perspectives were influenced by the lab prototype's perceived capabilities and its potential role. Some professional nurses felt that the lab prototype was too limited and would like it to take on more nursing activities. This idea was also given intense consideration in a recent study where a service robot for care of older people was being evaluated. In the mentioned study, older adults as well as formal and informal caregivers wished that the robot in question were able to accomplish more complex tasks [30]. The robotic tasks may differ between the two studies because different systems are being evaluated, but the principal idea remains the same and that is a system that can perform several

complex tasks in a modular way. Furthermore, most care recipients who participated in the current study were open to the idea of an assistive robot. Regarding the appearance of the lab prototype, the care recipients of the current study were even more optimistic than the professional nurses and relatives, as none of the care recipients themselves considered the system to be frightening. The difference in these responses between the participant groups might be explained by the fact that the nurses primarily considered the lab prototype would be frightening to people with dementia, who were not included in this study. However, the optimism of the care recipients in the current study agrees with the results of other studies that showed that older adults had a positive response with respect to an assistive robot delivering objects [37] and a robot with abilities like playing cards [22]. Furthermore, in a recent study the authors also discussed the openness to accepting robots and stated that the results of a survey in Germany revealed that 82% of participants aged 60 or older could imagine benefiting from the use of a service robot in their household if it allows them to stay longer in their own houses [38].

The results of the current study showed that 23% of nurses fear an equal or higher workload through robots. In earlier phases of the PflKoRo project, focus groups were conducted with care recipients, relatives and nurses in order to gather their ethical concerns about the lab prototype. The results regarding the fear of a higher workload for nurses if assisted by the lab prototype were consistent with the results of this study [39]. However, the results of a recent study that evaluated nurses' views in regard to using robots in pediatric units revealed that robots could reduce nurses' workload and the utilization of nursing services as well as allow nurses to manage their time better [35]. This disagreement in points of view may be due to the fact that the study by Liang et al. (2019) was assessing points of view regarding robots in general, whereas in this study a lab prototype that performs specific actions was being evaluated.

Furthermore, in an earlier study, caregivers in a nursing home stated that if a robot could assist them with some of their tasks, they would then have more time to spend with the residents [40]. Another study also mentioned that if a robot takes over the repetitive nursing activities that may lead to frustration, then the nurses would be available for the valued interactions with older adults [28]. This idea is in accordance with the results of our paper, since 82% of respondents to the PflKoRo survey denied fearing a disruption of interaction between nurses and care recipients due to the use of the lab prototype.

82% of the participants in this current study reported being undisturbed about image and data processing through the camera and microphone attached to the lab prototype. This might be partially due to the fact that it

was communicated to the participants in the questionnaire that the camera and microphone do not save any care recipients' information and are not connected to the internet. However, evidence of a recent study showed that its participants had privacy and ethical concerns regarding an exposure of users' information during robotic use [41]. Similarly, in another study, healthcare professionals were concerned about the use of a camera on a robot as a video surveillance of residents in a retirement village [40]. In our earlier focus groups, when asked about data privacy and the presence of a camera and microphone on the lab prototype, participants gave divergent answers. Some thought that this would not lead to violation of patients' privacy because the data is not saved. However, others rejected the idea of filming and recording care recipients altogether, even if the data is not being saved.

Moreover, the results of a scoping review showed that health and social care professionals did not feel threatened by robots in the workplace. Instead, they expressed that their job was not affected by the robot and that the robot may have positive effects [42]. These results are in alliance with the results of this study, since 93% of nurses rejected the idea that the lab prototype could lead to a lower appreciation of their work. Professional nurses considered having an assistive system as a benefit instead of rejecting the system because it might be threatening to their job.

With reference to the unfair allocation of the system, only 19% of professional nurses were worried about this. In a recent study, nurses and residents in a retirement home were asked questions about robots. They were also asked to make suggestions. They recommended one robot for each resident [18]. This shows that allocation of robotic systems might prove to be an issue if there are not enough robots to assist when needed.

In addition, 84% of participants did not consider that the lab prototype could be a threat to a care recipient's safety. The issue of safety when it comes to robots has been mentioned in numerous articles pertaining to robotics in healthcare. In an earlier study, safety issues when developing a system were brought up several times and the importance of a system's safety was given intense consideration [43]. Three studies about robotics in healthcare expressed how imperative it was for the robot to follow the current safety guidelines including hygiene procedures and the lack of injury risk for care personnel and care recipients [40, 43, 44]. No healthcare institution would ever jeopardize the safety of its care recipients by using insecure systems or systems that do not comply with safety guidelines. Therefore, robotic systems should be tested numerous times before being used on care recipients.

Finally, in this PflKoRo study, participants were asked to evaluate a lab prototype that does not work

independently but only assists nurses in their daily work. The results were mainly positive. These results cannot be generalized for all types of robots since some are built to work independently. In an earlier study, the authors tried to paint a representative picture of the acceptance of assistive robots in nursing by adults in Germany [38]. Based on the results of three surveys, the authors passed on three main messages. Firstly, they revealed that the acceptance of robotic care was dependent on the fact that robotic care did not replace human care but supported it. Secondly, they stated that some participants rejected the whole idea of robots in healthcare on a matter of principle regardless of the robot's characteristics. Thirdly, they revealed that of the participants aged 70 or more, those who were women and those with medical or nursing training were more critical of robots [38]. These results show that healthcare professionals and care recipients in Germany are more receptive to robotic care when its main purpose is to support human care.

Methodological considerations

Initially, in the PflerKoRo project, the plan was to develop a lab prototype that could be tested by professional nurses on real hospital wards by the end of the project. Unfortunately, this plan had to be modified due to the consequences of the SARS-CoV-2-pandemic that led to a delayed development. Thus, there are no results on the usability available so far and direct self-experience by the participants is missing, resulting in an incomplete portrayal of acceptance.

Since not one tool could be found in the literature that was specific to the aspects that the authors wanted to address in this study, the authors themselves developed the survey used here. To check the comprehensibility, the survey and guidelines for the follow-up discussion were pretested with the three professional nurses who were part of the research team. A further limitation of this study is the random sample without a sample size calculation. It can be assumed that the sample of the current study is not representative as the participants were recruited at random from only one university hospital and one nursing home where innovative technologies and research projects are more in use than in other institutions. In addition to the culture of the institutions, technical skepticism, age and gender of the participants, other factors might have influenced the evaluation results, but were not assessed here. No method was used to adjust for non-representativeness of the sample. It should be taken into account that our results refer specifically to the PflerKoRo system and its addressed application scenarios and are therefore not generalizable to other systems.

Conclusion

This study has revealed various aspects relevant to the acceptance of a robotic system in healthcare from the viewpoints of professional nurses, care recipients and their relatives. The majority of participants in all groups showed a positive and open attitude towards the lab prototype evaluated in this study. However, concerns were frequently raised by both care recipients and relatives regarding the effects of robotic use on the staffing ratios as well as the potential increase in workload for nurses due to the usage of the robotic system. Addressing these concerns is an essential ethical aspect that should be considered.

Bearing in mind that different participant groups focused on specific aspects of the robot, it would be intriguing to conduct separate studies for each group and delve deeper into their individual perspectives on what they consider important. Expanding the research to include a larger population would provide more comprehensive information and enable the generation of results that could be applied to various robotic systems.

Regarding the current state of development, the acceptance among the participants was high, and ethical concerns were relatively minor. Moving forward, it would be beneficial to explore the acceptance in further developmental stages of the system, particularly when usability testing is implemented, which was not possible in the current study.

Abbreviations

N Nurse
R Relative

Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12912-024-01849-5>.

Supplementary Material 1
Supplementary Material 2
Supplementary Material 3
Supplementary Material 4
Supplementary Material 5
Supplementary Material 6
Supplementary Material 7
Supplementary Material 8
Supplementary Material 9
Supplementary Material 10

Acknowledgements

We would like to thank all professional nurses, care recipients and relatives for participating in the study. Sincere appreciation goes to the members of the research team Maurice Elissen, Elvira Schwarz, Zaira Fernandez, Jan Fabry and Ulrich Broj for their support in recruiting participants and with the data collection.

Author contributions

Proposal writing: AS, GM. Study design: SN, GM. Data collection: MM, MSC, MSi, DK, SL. Data analysis: MM, SN, MS. Manuscript writing: SN, MM. Mentorship & Supervision: GM. All authors read and approved the final manuscript.

Funding

Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL. The project "PfleKoRo" is funded by the German Ministry of Education and Research; funding code: 16SV8440. The funder did not influence the design and collection, analysis, and interpretation of data or the writing of the manuscript. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Data availability

The datasets generated and analyzed during the current study are not publicly available since the participants did not consent to the publication of the transcripts for all purposes. They are, however, available from the corresponding author on reasonable request.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

All the experiment protocols for involving humans were in accordance to the Declaration of Helsinki. The Ethics Committee at the RWTH Aachen Faculty of Medicine approved the study (462–21; 416–22). All participants granted written informed consent to participate in the study.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare no competing interests.

Received: 15 September 2023 / Accepted: 5 March 2024

Published online: 14 March 2024

References

- Cresswell K, Cunningham-Burley S, Sheikh A. Health Care Robotics: Qualitative Exploration of Key Challenges and Future Directions. *J Med Internet Res* [Internet]. 2018;20(7):e10410. Available from: <http://www.jmir.org/2018/7/e10410/>.
- Saadatzai MN, Logsdon MC, Abubakar S, Das S, Jankoski P, Mitchell H et al. Acceptability of Using a Robotic Nursing Assistant in Health Care Environments: Experimental Pilot Study. *J Med Internet Res* [Internet]. 2020;22(11):e17509. Available from: <http://www.jmir.org/2020/11/e17509/>.
- Rantanen T, Lehto P, Vuorinen P, Coco K. The adoption of care robots in home care—A survey on the attitudes of Finnish home care personnel. *J Clin Nurs*. 2018;27(9–10):1846–59.
- Fehling P, Dassen T. Motive und Hürden Bei Der Etablierung technischer assistenzsysteme in Pflegeheimen: eine qualitative Studie. *Klinische Pflegeforschung*. 2017;3:61–71.
- Merda M, Schmidt K, Kähler B. Pflege 4.0- Einsatz moderner Technologien aus der Sicht professioneller Pfleger: Forschungsbericht. Available from: URL: <https://www.bgw-online.de/resource/blob/20346/e735030f6178101cf2ea-9fa14e1bc063/bgw09-14-002-pflege-4-0-einsatz-moderner-technologien-data.pdf>. 2017.
- Becker H. Robotik in Der Gesundheitsversorgung: Hoffnungen, Befürchtungen Und Akzeptanz aus Sicht Der Nutzerinnen Und Nutzer. In: Bendel O, editor. *Pflegroboter*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2018. pp. 229–48.
- Elgazzar S. Efficient kinematic transformations for the PUMA 560 robot. *IEEE J Rob Autom*. 1985;1(3):142–51.
- Kangasniemi M, Karki S, Colley N, Voutilainen A. The use of robots and other automated devices in nurses' work: An integrative review. *Int J Nurs Pract* [Internet]. 2019;25(4):e12739. <https://doi.org/10.1111/ijn.12739>.
- Fan WJ, Liu JN, Zhu SW, Pardalos PM. Investigating the impacting factors for the healthcare professionals to adopt artificial intelligence-based medical diagnosis support system (AIMDSS). *Ann Oper Res*. 2020;294(1):567–92.
- Liyanage H, Liaw ST, Jonnagaddala J, Schreiber R, Kuziemyk C, Terry AL, et al. Artificial Intelligence in Primary Health Care: perceptions, issues, and challenges. *Yearb Med Inf*. 2019;28(1):41–6.
- Pu L, Moyle W, Jones C, Todorovic M. The Effectiveness of Social Robots for Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies. *Gerontologist* [Internet]. 2019;59(1):e37–51. <https://doi.org/10.1093/geront/gny046>.
- Buchanan C, Howitt ML, Wilson R, Booth RG, Risling T, Bamford M. Predicted influences of Artificial Intelligence on the domains of nursing: scoping review. *JMIR Nurs*. 2020;3(1):1–15.
- Troncoso EL, Breads J. Best of both worlds: digital health and nursing together for healthier communities. *Int Nurs Rev*. 2021;68(4):504–11.
- Stilgoe J, Owen R, Macnaghten P. Developing a framework for responsible innovation. *Res Policy*. 2013;42(9):1568–80.
- Chismar WG, Wiley-Patton S. Does the extended technology acceptance model apply to physicians. In: 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2003 Proceedings of the. IEEE; 2003. p. 8-pp.
- Davis FD. User acceptance of information systems: the technology acceptance model (TAM). 1987.
- Huang HY, Lee TT, Hsu TC, Mills ME, Tzeng IS. Evaluation of the Pressure Injury Prevention Information System. *CIN, Computers, Informatics. Nursing* [Internet]. 2020;38(12):625–32. Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmm&AN=147479597&lang=de&site=ehost-live>
- Broadbent E, Kerse N, Peri K, Robinson H, Jayawardena C, Kuo T, et al. Benefits and problems of health-care robots in aged care settings: a comparison trial. *Australas J Ageing*. 2016;35(1):23–9.
- Chu L, Chen HW, Cheng PY, Ho P, Weng IT, Yang PL, et al. Identifying features that enhance older adults' acceptance of robots: a mixed methods study. *Gerontology*. 2019;65(4):441–50.
- Vänni KJ, Salin SE. A need for Service Robots among Health Care professionals in hospitals and Housing services. Kheddar Abderrahmane and Yoshida E and GSS and SK and CJJ and EF and HH, editor. *Social Robotics*. Cham: Springer International Publishing; 2017. pp. 178–87.
- Korn O. Soziale Roboter-Einführung und Potenziale für Pflege Und Gesundheit. *Wirtschaftsinformatik Manage*. 2019;11:126–35.
- Louie WYG, McColl D, Nejat G. Acceptance and attitudes toward a human-like socially assistive robot by older adults. *Assist Technol*. 2014;26(3):140–50.
- Vandemeulebroucke T, Dzi K, Gastmans C. Older adults' experiences with and perceptions of the use of socially assistive robots in aged care: a systematic review of quantitative evidence. *Arch Gerontol Geriatr*. 2021;95:104399.
- Meyer S, Fricke C. Autonome Assistenzroboter für ältere Menschen zu Hause: Eine Erkundungsstudie. *Z Gerontol Geriatr*. 2020;53(7):620–9.
- Gasteiger N, Ahn HS, Fok C, Lim J, Lee C, MacDonald BA, et al. Older adults' experiences and perceptions of living with Bomy, an assistive daily care robot: a qualitative study. *Assist Technol*. 2022;34(4):487–97.
- Villaverde Naveira A, de Masi A, Wac K, Amabili G, Vastenburger M, Alberts J et al. In. *Designing a Social Robot Companion to support homecare: usability results*. 2022.
- Cavallo F, Esposito R, Limosani R, Manzi A, Bevilacqua R, Felici E, et al. Robotic services acceptance in smart environments with older adults: user satisfaction and acceptability study. *J Med Internet Res*. 2018;20(9):e9460.
- Wang Y, Xiao Q, Sun L, Wu Y. Chinese Nurses' Acceptance of PDA: A Cross-Sectional Survey Using a Technology Acceptance Model. *Stud Health Technol Inform* [Internet]. 2016;225:889–90. Available from: <https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L615596232&from=exportU2-L615596232>.
- Wu YH, Wrobel J, Cornuet M, Kerhervé H, Damnée S, Rigaud AS. Acceptance of an assistive robot in older adults: a mixed-method study of human-robot interaction over a 1-month period in the living lab setting. *Clin Interv Aging*. 2014;801–11.
- Bedaf S, Marti P, De Witte L. What are the preferred characteristics of a service robot for the elderly? A multi-country focus group study with older adults and caregivers. *Assist Technol*. 2017.
- Mitzner TL, Sanford JA, Rogers WA. Closing the capacity-ability gap: using technology to support aging with disability. *Innov Aging*. 2018;2(1):igy008.
- Coco K, Kangasniemi M, Rantanen T. Care personnel's attitudes and fears toward care robots in elderly care: a comparison of data from the care personnel in Finland and Japan. *J Nurs Scholarsh*. 2018;50(6):634–44.
- Stokes F, Palmer A. Artificial Intelligence and Robotics in Nursing: Ethics of Caring as a Guide to Dividing Tasks Between AI and Humans. *Nursing Philosophy* [Internet]. 2020;21(4):e12306. <https://doi.org/10.1111/nup.12306>.
- Ethikrat D. Robotik für gute Pflege. *Stellungnahme Berlin*. 2020;49–53.

35. Liang HF, Wu KM, Weng CH, Hsieh HW. Nurses' Views on the Potential Use of Robots in the Pediatric Unit. *Journal of Pediatric Nursing: Nursing Care of Children and Families* [Internet]. 2019;47:e58–64. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2019.04.027>.
36. Langensiepen S, Nielsen S, Madi M, Siebert M, Körner D, Elissen M et al. User-oriented needs assessment of the potential use of assistive robots in direct nursing care: a mixed methods study. *Pflege*. 2022.
37. Smarr CA, Prakash A, Beer JM, Mitzner TL, Kemp CC, Rogers WA. Older adults' preferences for and acceptance of robot assistance for everyday living tasks. In: *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*. Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA; 2012. p. 153–7.
38. Rebitschek FG, Wagner GG. Akzeptanz Von Assistiven Robotern Im Pflege-Und Gesundheitsbereich: Repräsentative Daten Zeichnen Ein klares Bild für Deutschland. *Z Gerontol Geriatr*. 2020;53(7).
39. Nielsen S, Langensiepen S, Madi M, Elissen M, Stephan A, Meyer G. Implementing ethical aspects in the development of a robotic system for nursing care: a qualitative approach. *BMC Nurs*. 2022;21(1):1–10.
40. Broadbent E, Tamagawa R, Patience A, Knock B, Kerse N, Day K, et al. Attitudes towards health-care robots in a retirement village. *Australas J Ageing*. 2012;31(2):115–20.
41. Alaiad A, Zhou L. The determinants of home healthcare robots adoption: an empirical investigation. *Int J Med Inf*. 2014;83(11):825–40.
42. Papadopoulos I, Koulouglioti C, Ali S. Views of nurses and other health and social care workers on the use of assistive humanoid and animal-like robots in health and social care: a scoping review. *Contemp Nurse*. 2018;54(4–5):425–42.
43. Christoforou EG, Avgousti S, Ramdani N, Novales C, Panayides AS. The upcoming role for nursing and assistive robotics: opportunities and challenges ahead. *Front Digit Health*. 2020;2:585656.
44. Gustafsson C, Svanberg C, Müllersdorf M. Using a robotic cat in dementia care: a pilot study. *J Gerontol Nurs*. 2015;41(10):46–56.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Additional file 1: Guide to follow-up discussion for care recipients

Subject		Question
Video sequence	Impressions after watching the video	<p>How did you feel while you were watching the video?</p> <p>What did you think at first when you saw the robot in the video?</p> <p>If applicable, do you still think the same or have you had other thoughts in the meantime?</p>
Questionnaire	Questions about the questionnaire	<p>In the questionnaire, for example, you wrote that you think the robot would worsen the care situation.</p> <p>What do you think the robot would make worse for you?</p>
	Reasons for very negatively rated items	...
	Supplements to the questionnaire	<p>e.g. You do not seem very concerned about data security and other potentially negative influences that the robot might have on you.</p> <p>Do you have any other doubts concerning the robot that have not been mentioned here?</p> <p>...</p>

Consolidation	Which of the aspects discussed is particularly important for you? What should we pay particular attention to in the further development?
	Is there anything else you would like to mention?

Additional file 2: Guide to follow-up discussion for relatives

Subject		Question
Video sequence	Impressions after watching the video	<p>How did you feel while you were watching the video?</p> <p>What did you think at first when you saw the robot in the video?</p> <p>If applicable, do you still think the same or have you had other thoughts in the meantime?</p>
Questionnaire	<p>Questions about the questionnaire</p> <p>Reasons for very negatively rated items</p>	<p>In the questionnaire, for example, you wrote that you think the robot would worsen the care situation.</p> <p>What do you think the robot would make worse for you?</p> <p>...</p>

	Supplements to the questionnaire	<p>e.g. You do not seem very concerned about data security and other potentially negative influences that the robot might have on you.</p> <p>Do you have any other doubts concerning the robot that have not been mentioned here?</p> <p>...</p>
Consolidation		<p>Which of the aspects discussed is particularly important for you? What should we pay particular attention to in the further development?</p> <hr/> <p>Is there anything else you would like to mention?</p>

Additional file 3: Guide to follow-up discussion for professional nurses

Key question	Comments
How did you feel while you were watching the live demonstration? (Emotions)	
What did you think at first when you saw the assistance system? Do you still think the same or have you had other thoughts in the meantime?	

Individual part of the questionnaire		
Ethical aspects	If the answer is 4 or 5, then please answer following questions:	Comments
2. I am afraid that using the robot could lead to less dignity in the care of my patients/ residents.	You are afraid that ... Can you explain this more exactly? / Can you explain your assessment? / How do you think this could have happened? / What were you thinking when you evaluated this statement?	
3. I find the robot frightening.		
4. I am afraid my patients/ residents would be frightened by the robot.	You are afraid that ...	
5. I am afraid the use of the robot would cause a lower appreciation of my work.	Can you explain this more exactly? / Can you explain your assessment?	

15. I am afraid that the robot could have a negative effect on the staffing ratio in nursing care.		
Protection of data privacy	If at least 1 question has the answer 4 or 5, then please answer the following questions:	Comments
Questions 16 to 19	<p>You have doubts about the camera and microphone used in the system. Can you explain this more exactly? / Can you explain your assessment? E camera and / How do you think this could have happened? / What were you thinking when you evaluated this statement?</p>	

Key question	Comments
Do you have any other doubts concerning the assistance system that have not been mentioned here?	

Benefits	Question	Comments
20.-22. Reduced workload	Positive (answer 4-5)	You assess the usefulness in a rather positive way. What do you see as the greatest added benefit?
	<i>OR</i> negative (answer 1-2)	You are rather critical about the benefits. How did you reach this assessment?

23.-25. Intention of use	Positive (answer 4-5)	You can imagine using the system one day. What do you hope to gain from using it?	
	<i>OR</i> negative (answer 1-2)	You cannot really imagine using the system one day. Can you give reasons for this?	
20.-25. Benefit	Neutral (answer 3)	You are rather undecided about the benefits of the system. Can you give reasons for this?	

Conclusion	
Key question	Comments
If you were to tell a colleague about the presented assistance system, what would you say you liked best about it? What would you say you liked least about it?	
Is there anything else you would like to mention?	

Additional file 4: Questionnaire administered to care recipients

Ethical Aspects	Do not agree at all				Totally agree
	1	2	3	4	5
1. Using the robot would make me feel less dignified.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. I think the robot is frightening.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. I would be afraid, if the nurse were to attend to me together with the robot.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. I am afraid that the robot could be used for my care, although I do not really want it.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. I am afraid that treatment with the robot could be carried out rather less flexibly and not according to my wishes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. I am afraid that my physical abilities might not be activated sufficiently if a robot is used.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. I am afraid that the robot could disturb the interaction between my nurse/carer and myself.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. I am afraid that any physical abnormalities of mine might be more likely to be overlooked by using the robot.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. I am afraid that the use of the robot could injure me.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. I am afraid that it would lead to an unfair allocation of who would use the robot and who would not.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. I am afraid that the robot could have a negative effect on the staffing ratio in nursing care.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Information for the following questions: The robot has a camera in order to find the right place for treating the patient and also a microphone for the voice commands. The data will be used solely for this purpose and the recordings will not be saved.					
12. I think I would find the recordings with the camera and microphone unpleasant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. I am afraid the robot could record more data than necessary for implementing the care treatment.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. I would still be worried about what happens to the recorded image and sound data.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Benefits	Do not agree at all				Totally agree
	1	2	3	4	5
15. I think the robot would improve my care situation.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. I think the robot would worsen my care situation.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. I would agree to let the nurse/carer use the robot on me.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. I would like the robot to be available.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. I would ask the facility management to acquire the robot.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

General information

A. If you are to use a new technical device, you are first of all ...

Sceptical				Confident
1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B. How old are you?

_____ years

C. Are you...?

male female diverse

D. How did you learn about this study?

- through University Clinic Aachen
- via St. Gereon Senior Services
- other, specifically _____

Additional file 5: Questionnaire administered to relatives

Ethical Aspects	Do not agree at all 1	2	3	4	Totally agree 5
1. I am afraid that using the robot could lead to less dignity in the care of my relative.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. I find the robot frightening.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. I am afraid my relative would be frightened by the robot.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. I am afraid that the robot could be used in the care of my relative, although he/she does not really want it.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. I am afraid that treatment with the robot could be carried out rather less flexibly and not according to the wishes of my relative.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. I am afraid that my relative's abilities might not be activated sufficiently if a robot is used	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. I am afraid that the robot could disturb the interaction between the nurse/carer and my relative.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. I am afraid that any physical abnormalities of my relative might be more likely to be overlooked by using the robot.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. I am afraid that the use of the robot could endanger my relative.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. I am afraid that it would lead to an unfair allocation of who would use the robot and who would not.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. I am afraid that the robot could have a negative effect on the staffing ratio in nursing care.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<p>Information for the following questions: The robot has a camera in order to find the right place for treating the patient and also a microphone for the voice commands. The data will be used solely for this purpose and the recordings will not be saved.</p>					
12. The recordings with the camera and microphone give me an unpleasant feeling.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. I am afraid the robot could record more data than necessary for implementing the care treatment.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14. I would still be worried about what happens to the recorded image and sound data.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Benefits	Do not agree at all 1	2	3	4	Totally agree 5
15. I think the robot would improve my relative's care situation.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. I think the robot would worsen my relative's care situation.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. I would agree to let the nurse/carer use the robot on my relative.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. I would like the robot to be available	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. I would ask the facility management to acquire the robot.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

General information

A. If you are to use a new technical device, you are first of all ...

Sceptical 1	2	3	4	Confident 5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B. How old are you?
_____ years

C. Are you...?

male female diverse

D. How did you learn about this study?

- through the University Clinic Aachen
- through the care facility I live in
- other, specifically _____

Additional file 6: Questionnaire administered to professional nurses

Ethical Aspects	Do not agree at all				Totally agree
	1	2	3	4	5
2. I am afraid that using the assistance system might lead to less dignity in the care of my patients/residents.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. I find the assistance system frightening.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. I am afraid that my patients/residents might find the assistance system frightening.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. I am afraid that my work might be less valued than before if the assistance system is used.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. I am afraid that treatment with the robot could be less oriented towards the wishes of my patients/residents.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. I am afraid that abilities of my patients/residents might not be activated sufficiently if the assistance system is used.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. I am afraid that my colleagues or supervisors would expect me to use the assistance system, although I might prefer not to use it.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. I am afraid the assistance system might disturb the interaction between my patients/residents and myself.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. I am afraid that any physical abnormalities of my patients/residents might be more likely to be overlooked by using the assistance system.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Do not agree at all				Totally agree
	1	2	3	4	5
11. I am afraid that using the assistance system might endanger my patients/residents.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. I am afraid I will be held liable if mistakes are made when working with the assistance system.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. I am afraid that it would lead to an unfair allocation of who would use the assistance system and who would not.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. I am afraid that with the assistance system the work load would be the same or higher as before.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. I am afraid that the assistance system could have a negative effect on the staffing ratio in nursing care.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Information for the following questions: The assistance system has a camera in order to find the right place for treating the patient and also a microphone for the voice commands. The data will be used solely for this purpose and the recordings will not be saved and the system is not connected with the Internet.					
16. The recordings with the camera and microphone might give me an unpleasant feeling.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. I am afraid the assistance system could record more data than necessary for implementing the care treatment.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. I would still be worried about what happens to the recorded image and sound data.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. I am also afraid that the recorded data could be used to control /check my work.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Benefits	Do not agree at all 1	2	3	4	Totally agree 5
20. Using the assistance system would simplify my work.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. The assistance system would help me carry out my daily tasks more easily.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. By using the assistance system, I could cope with situations on my own instead of needing a colleague to help me.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. If the assistance system were available, I would make use of it.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. I would like to have access to the assistance system.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. I would ask the facility management to acquire the assistance system.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

General information

A. If you are to use a new technical device, you are first of all ...

Sceptical 1	2	3	4	Confident 5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B. Which age group do you belong to (in years)?

- < 20 20 – 30 31 – 40 41 – 50 51 – 60 > 60

C. For how many years have you been working in nursing (incl. training)?

- < 5 5 – 10 11 – 15 > 15

D. Are...?

- male female diverse

E. How tall are you?

- < 160 cm 160 – 170 cm 171 - 180 cm
 181 – 190 cm > 190 cm

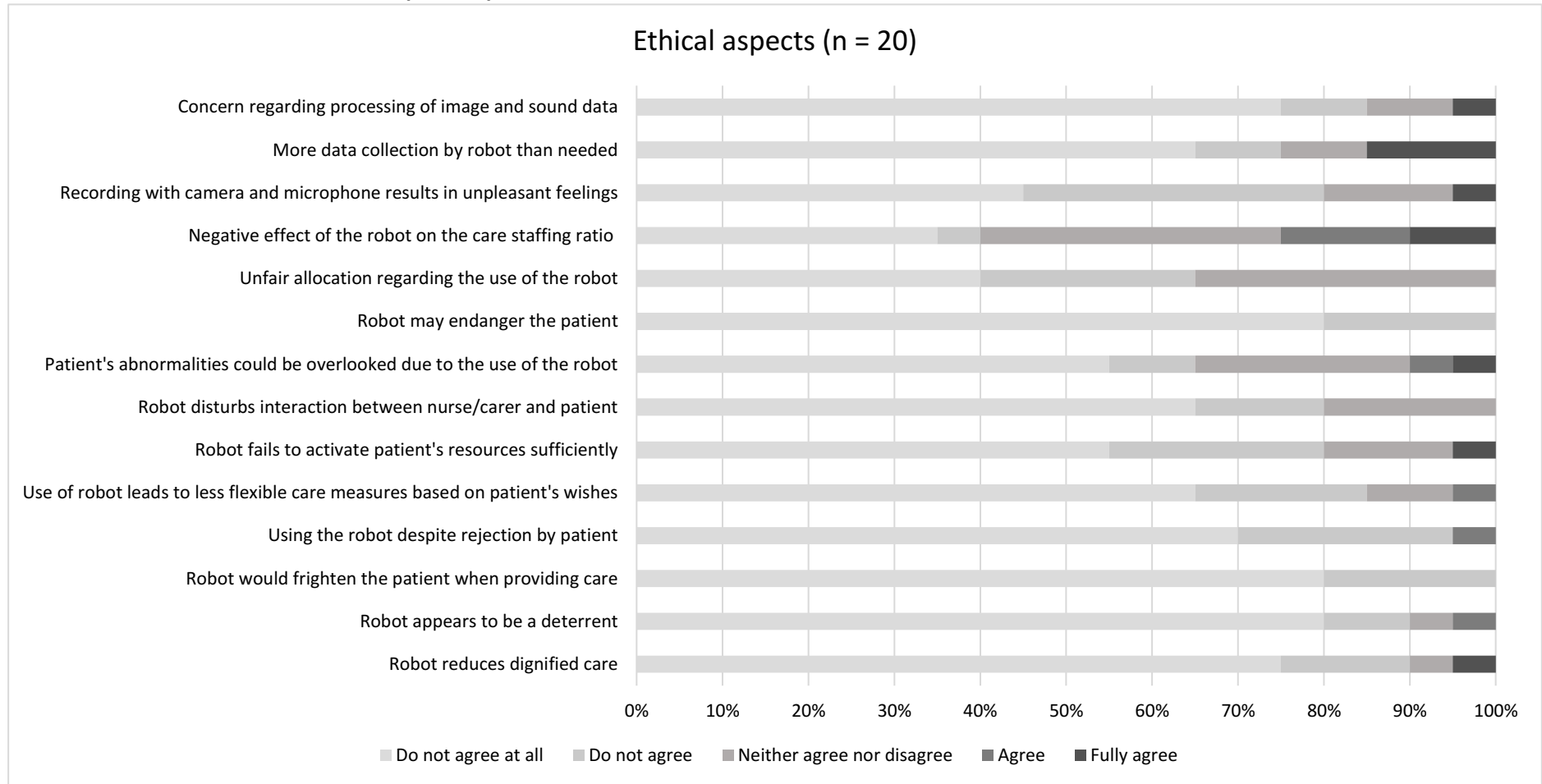
F. In which field of nursing are you working as a nurse/carer?

- Normal ward Intensive care unit In-patient long-term care
 others, specifically _____

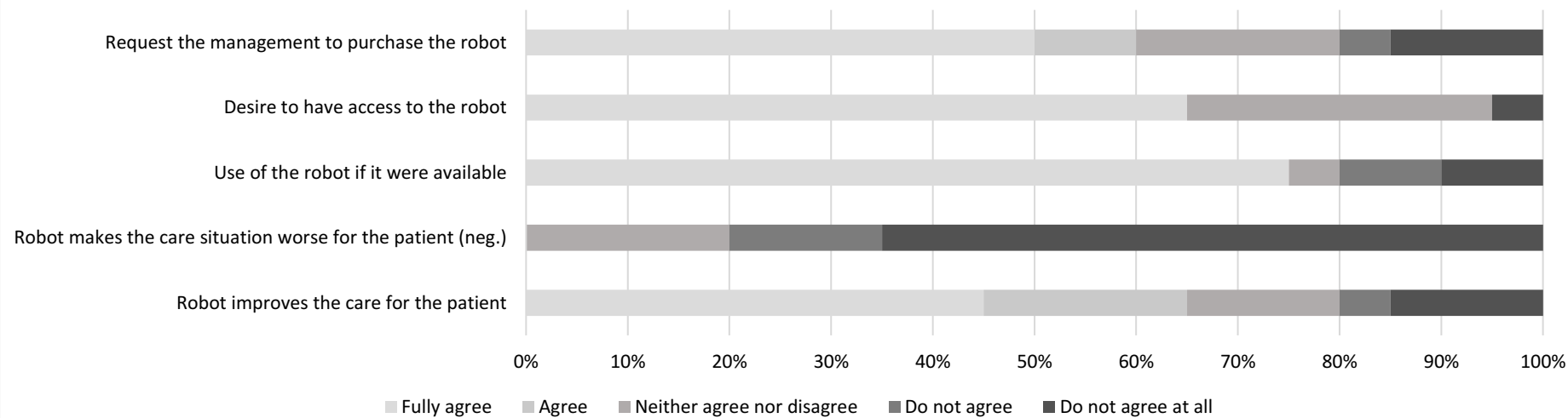
Additional file 7: Characteristics of participants by group

Characteristics		Groups of participants		
		Professional nurses (n=27)	Care recipients (n=20)	Relatives (n=20)
Gender	Female	21	10	14
	Male	6	10	6
Age, Years	20-30	9	0	5
	31-40	7	1	4
	41-50	5	0	4
	51-60	5	4	3
	>60	1	15	4
Working experience in nursing, years	<5	3		
	5-10	4		
	11-15	7		
	>15	13		
Area of work in nursing	Nursing home	8		
	Intensive care unit	8		
	Normal hospital ward	9		
	Other	2		
Care facility/ Place of recruitment	Nursing home	10	10	10
	University hospital	17	10	10
Mean technological confidence, Likert scale 1-5 (SD)		3.81 (0.94)	3.6 (1.07)	4.1 (1.09)

Additional file 8: Results of the care recipients' questionnaires



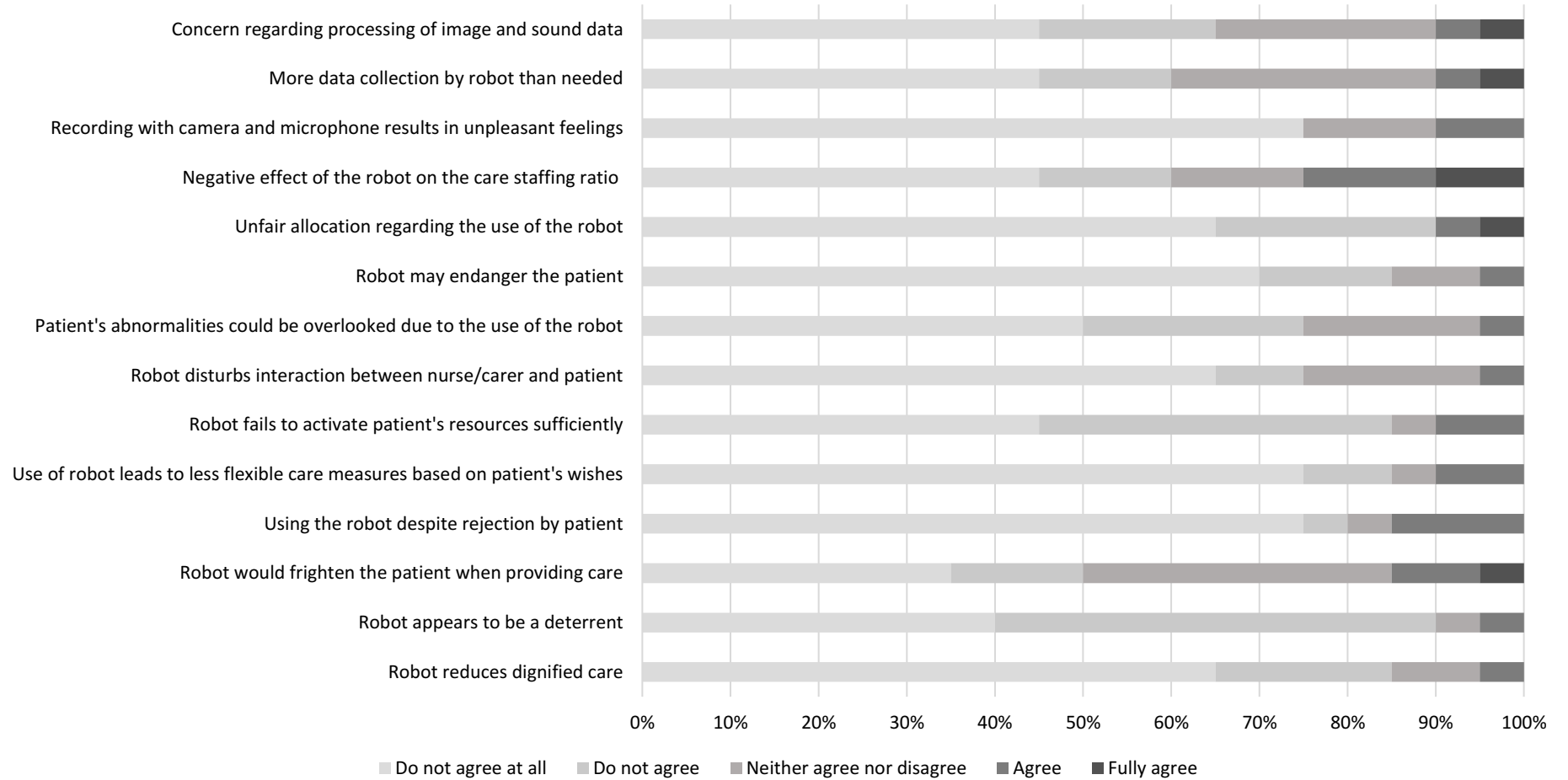
Usefulness (n = 20)

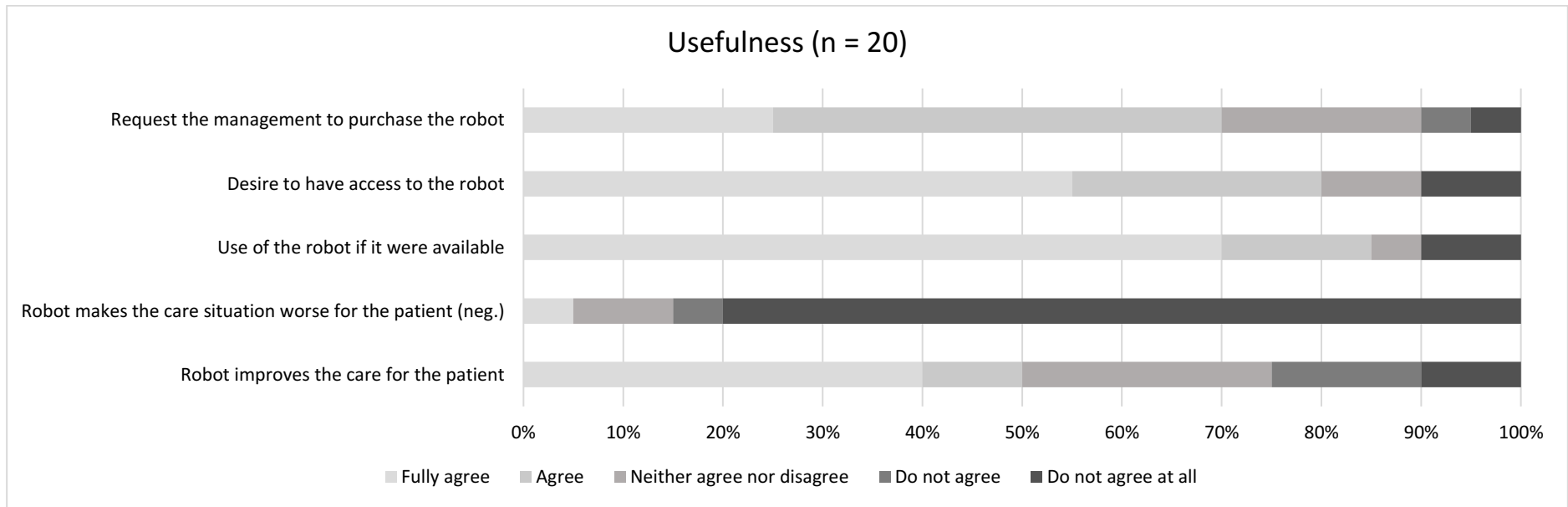


Neg.= formulated negatively

Additional file 9: Results of the relatives' questionnaires

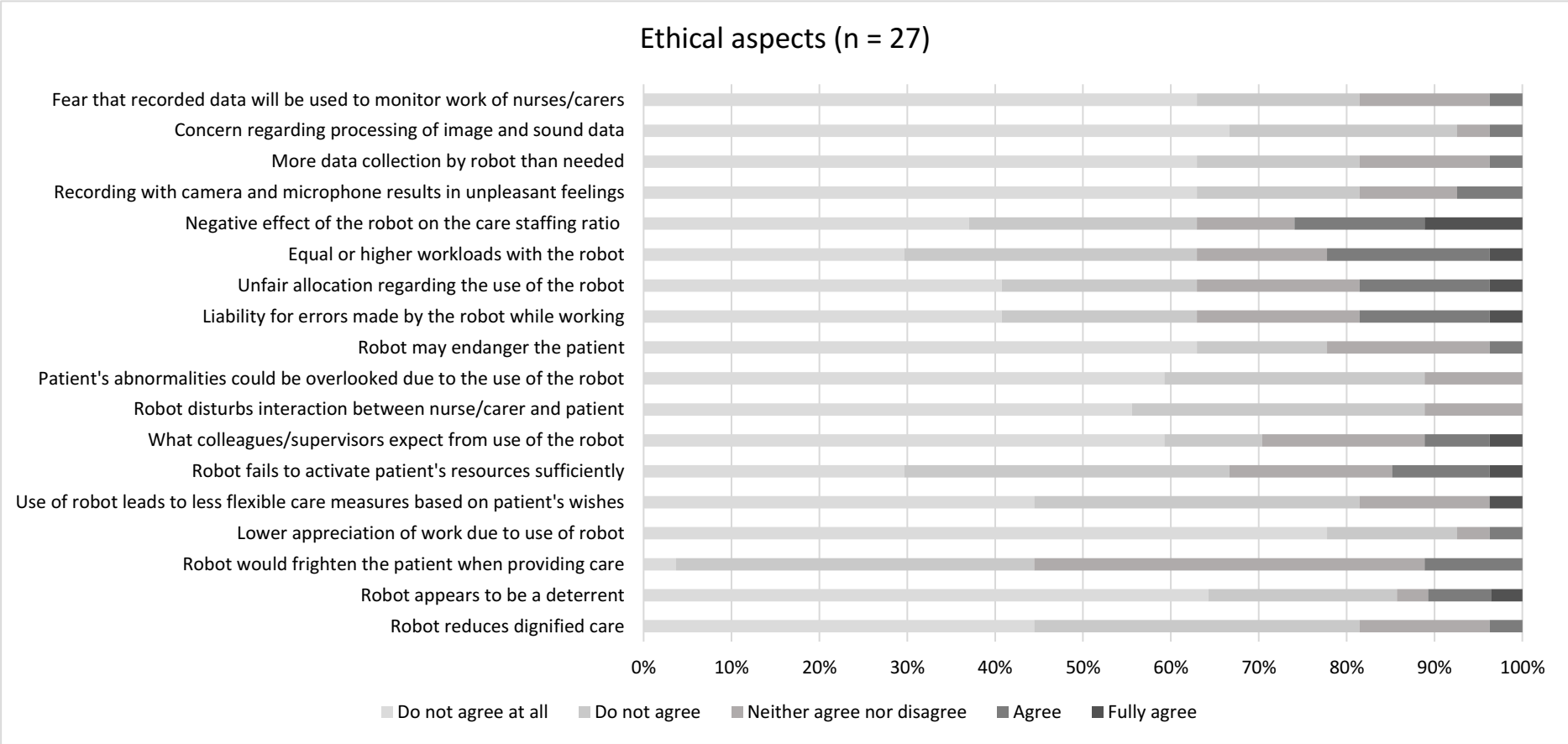
Ethical aspects (n = 20)



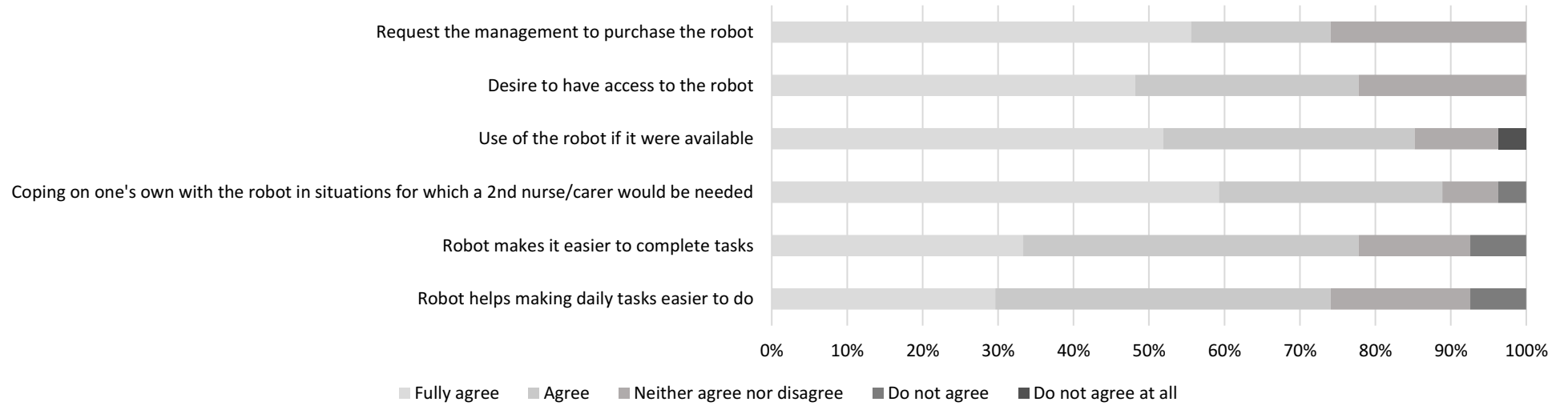


Neg.= formulated negatively

Additional file 10: Results of the professional nurses' questionnaires



Usefulness (n = 27)



Erklärungen

- (1) Ich erkläre, dass ich mich an keiner anderen Hochschule einem Promotionsverfahren unterzogen bzw. eine Promotion begonnen habe.
- (2) Ich erkläre, die Angaben wahrheitsgemäß gemacht und die wissenschaftliche Arbeit an keiner anderen wissenschaftlichen Einrichtung zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht zu haben.
- (3) Ich erkläre an Eides statt, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe. Alle Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis wurden eingehalten; es wurden keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht.

Berlin, 10.03.2025

Danksagung

Mein Dank gilt zunächst Fr. Prof. Dr. Meyer für ihre fachliche Anleitung und konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Dissertation. Trotz ihres umfangreichen Arbeitspensums stand sie mir jederzeit mit ihrem fachlichen Rat zur Verfügung. Ihre Beratung hat maßgeblich zur Erstellung dieser Arbeit beigetragen.

Ebenso bedanke ich mich bei meinen Teamkolleg*innen, mit denen ich im Projekt und an der Erstellung der Publikationen zusammengearbeitet habe. Der Austausch war für mich sehr bereichernd.

Außerdem möchte ich mich bei allen Pflegefachpersonen, Pflegebedürftigen und Angehörigen bedanken, die trotz der besonders schwierigen Umstände in der Pandemie an den Studien teilgenommen haben. Ohne ihre Teilnahmebereitschaft wären die empirischen Erhebungen nicht möglich gewesen.