

Oliver Bendel *Hrsg.*

Pflegeroboter

Daimler und
Benz **Stiftung**

OPEN

 Springer Gabler

Pflegeroboter

Oliver Bendel
(Hrsg.)

Pflegeroboter

Daimler und
Benz Stiftung

OPEN

 **Springer** Gabler

Herausgeber
Oliver Bendel
Hochschule für Wirtschaft FHNW
Windisch, Schweiz



ISBN 978-3-658-22697-8 ISBN 978-3-658-22698-5 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-22698-5>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Gabler

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en) 2018. Dieses Buch ist eine Open-Access-Publikation.

Open Access Dieses Buch wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Buch enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede kommerzielle Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Autors und ggf. des Herausgebers. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Der Verlag hat eine nicht-exklusive Lizenz zur kommerziellen Nutzung des Werkes erworben.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Geleitwort

In zehn Jahren werden rund 30 % der Bevölkerung in Deutschland über 65 Jahre sein, acht Prozent sogar über 80 Jahre. Es ist somit absehbar, dass die Anzahl pflegebedürftiger Menschen rapide ansteigt. Was heute noch wie Zukunftsmusik anmutet und heftige ethische Debatten hervorruft, wird dann vermutlich ein integraler Bestandteil unserer gesellschaftlichen Realität sein: der Einsatz von Robotern in der Pflege. Ein Umstand, der diese Entwicklung noch wahrscheinlicher werden lässt und der in der aktuellen Debatte kaum genannt wird, ist, dass von den Folgen des demografischen Wandels die Pflegebranche in doppelter Weise besonders betroffen ist. Während die Anzahl der Pflegebedürftigen zunimmt, entscheiden sich andererseits immer weniger Berufsanfänger für den Pflegeberuf; gleichzeitig scheidet ältere Pflegefachkräfte aufgrund der hohen körperlichen und psychischen Belastung frühzeitig aus Krankenhäusern und Pflegeheimen aus.

Vor diesem Hintergrund begrüßt die Daimler und Benz Stiftung, dass sich unter der wissenschaftlichen Leitung von Herrn Prof. Dr. Oliver Bendel am 12. und 13. September 2017 mehrere Vertreter unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen im Rahmen eines „Ladenburger Diskurses“ in der Stiftung trafen, um über den aktuellen und künftigen Einsatz von Pflegerobotern zu sprechen, ethische Fragestellungen zu beleuchten und Forschungspotenziale zu identifizieren. Mit den „Ladenburger Diskursen“ hat die Stiftung bewusst ein Format geschaffen, in dem Wissenschaftler und Experten aus der Praxis den Stand der Forschung zu ausgewählten Fragen erörtern und klären, ob sich eine Fragestellung als Forschungsthema für das Förderprogramm der Stiftung oder anderer Förderorganisationen eignet.

Um möglichst vielen Wissenschaftlern Zugang zu den im Rahmen dieses Diskurses erörterten Inhalten zu ermöglichen, hat sich die Stiftung bewusst für eine Veröffentlichung im „Open-Access“-Format entschieden. Wir hoffen, damit die Diskussion über den Einsatz von Pflegerobotern über die Wissenschaft hinaus anzuregen und Entscheiden in Politik, Verwaltung und den Medien in komprimierter Weise Fakten an die

Hand zu geben. Die Stiftung dankt Herrn Bendel für die wissenschaftliche Leitung des „Ladenburger Diskurses“ sowie die Herausgabe dieses Buches. Unser Dank geht ebenfalls an alle Autoren, die zum Gelingen dieses Projekts beigetragen haben.

Ladenburg
15. Mai 2018

Prof. Dr. Eckard Minx
Prof. Dr. Rainer Dietrich

Vorwort

Pflegeroboter unterstützen oder ersetzen menschliche Pflegekräfte bzw. Betreuerinnen und Betreuer. Sie bringen und reichen Kranken und Alten die benötigten Medikamente und Nahrungsmittel, helfen ihnen beim Hinlegen und Aufrichten oder alarmieren den Notdienst. Einige Patienten bevorzugen Maschinen gegenüber Menschen bei bestimmten Tätigkeiten, etwa Waschungen im Intimbereich. Andere Tätigkeiten, vor allem sozialer Art, scheinen ungeeignet für Pflegeroboter zu sein. Therapieroboter sind nahe Verwandte, Sexroboter ferne. Obwohl Pflegeroboter im Moment mehrheitlich Prototypen sind, sind sie ein Thema in Politik, Gesellschaft und Wissenschaft.

Der Ladenburger Diskurs 2017 zu Pflegerobotern, eine Veranstaltung in der traditionsreichen Reihe der Daimler und Benz Stiftung, fand am 12. und 13. September 2017 im Carl-Benz-Haus in Ladenburg bei Heidelberg statt. Ich hatte um die fünfzehn Expertinnen und Experten aus der Schweiz, aus Österreich, Deutschland und UK eingeladen. Auch ein Hersteller war zugegen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer hielten Vorträge über Pflegeroboter aus technischer, medizinischer, wirtschaftlicher und ethischer Sicht, die im Plenum erörtert und reflektiert wurden. Bereits am Abend des 11. September hatten sich auf Einladung der Stiftung die ersten Personen eingefunden und sich im Restaurant kennen und schätzen gelernt.

Insgesamt nahmen als Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler teil (in alphabetischer Reihenfolge): Oliver Bendel, Hans Buxbaum, Sabine Daxberger, Dominic Depner, Nicola Döring, Christine Fahlberg, Michael Früh, Christoph Gisinger, Klaus Hauer, Manfred Hülsken-Giesler, Christoph Kehl, Jeanne Kreis, Katja Mombaur, Hartmut Remmers, Daniel Schilberg, Sumona Sen und Bernd Carsten Stahl. Elisabeth André und Heidrun Becker waren eingeladen, aber leider verhindert – sie haben freundlicherweise ebenfalls zum vorliegenden Buch beigetragen.

Der Ladenburger Diskurs 2017 war geprägt von hoher Fachlichkeit, großer Offenheit und enormer Diskussionsfreude. Der Begriff des Pflegeroboters löste eine Kontroverse aus. Einerseits war die Meinung, dass er falsche Erwartungen weckt und auch die Ziele und Aufgaben von Robotern im Pflegebereich nicht korrekt trifft. Andererseits wurde betont, dass er bereits weit verbreitet ist, die richtigen Assoziationen hervorruft und Laien und Experten gleichermaßen anspricht. Es wurde vereinbart, dass der Begriff für

den Titel des Herausgeberbands verwendet wird und jeder Autor bzw. jede Autorin die jeweilige Haltung in seinem bzw. ihrem Beitrag deutlich machen kann.

Ein herzlicher Dank gebührt der Daimler und Benz Stiftung. Sie hat mich dazu ermuntert, einen Ladenburger Diskurs auszurichten, mich bei der Vorbereitung ab 2016 unterstützt und die Organisation der beiden Tage übernommen. Dabei gab es zu keinem Zeitpunkt thematische Einschränkungen oder inhaltliche Bedenken. Die Villa von Carl Benz lieferte den ebenso historischen wie modernen Rahmen für die Vorträge und Diskussionen. Einer der Teilnehmer hatte Pepper mitgebracht, einen Roboter, dessen Brüder und Schwestern bereits in Krankenhäusern und Pflegeheimen eingesetzt wurden, und der sich während der Konferenz immer wieder frei bewegen durfte. Einmal stieß er gegen den riesigen Bildschirm vor der Wand. Er wurde weggetragen, protestierte aber lautstark dagegen.

Die Stiftung hat nicht zuletzt die vorliegende Open-Access-Publikation ermöglicht. So kann sich jeder, ob interessierter Laie oder involvierter Experte, ob Pflegekraft, Journalist oder Politikerin, schnell und einfach einen Überblick verschaffen über den State of the Art. Auf diese Weise mag die Diskussion in Politik, Gesellschaft und Wissenschaft – und in der Praxis, auf die es letzten Endes ankommt – noch intensiver und fundierter geführt werden.

Zürich
15. Mai 2018

Prof. Dr. Oliver Bendel

Inhaltsverzeichnis

1	Kollaborierende Roboter in der Pflege – Sicherheit in der Mensch-Maschine-Schnittstelle	1
	Hans Buxbaum und Sumona Sen	
2	Informationsmodell für intentionsbasierte Roboter-Mensch-Interaktion	23
	Daniel Schilberg und Sebastian Schmitz	
3	Erfahrungen aus dem Einsatz von Pflegerobotern für Menschen im Alter	37
	Michael Früh und Alina Gasser	
4	Sozial interagierende Roboter in der Pflege	63
	Kathrin Janowski, Hannes Ritschel, Birgit Lugrin und Elisabeth André	
5	Bewertung von AAL-Ambient-Assisted-Living-Systemen bei Personen mit kognitiver Schädigung: Match vs. Mismatch	89
	Klaus Hauer	
6	Pflegeroboter aus Sicht der Geriatrie	113
	Christoph Gisinger	
7	Robotik in der Pflege aus pflegewissenschaftlicher Perspektive	125
	Manfred Hülsken-Giesler und Sabine Daxberger	
8	Wege zu verantwortungsvoller Forschung und Entwicklung im Bereich der Pflegerobotik: Die ambivalente Rolle der Ethik	141
	Christoph Kehl	
9	Pflegeroboter: Analyse und Bewertung aus Sicht pflegerischen Handelns und ethischer Anforderungen	161
	Hartmut Remmers	

10	Implementing Responsible Research and Innovation for Care Robots through BS 8611	181
	Bernd Carsten Stahl	
11	Roboter im Gesundheitsbereich.	195
	Oliver Bendel	
12	Umsorgen, überwachen, unterhalten – sind Pflegeroboter ethisch vertretbar?	213
	Jeanne Kreis	
13	Robotik in der Gesundheitsversorgung: Hoffnungen, Befürchtungen und Akzeptanz aus Sicht der Nutzerinnen und Nutzer.	229
	Heidrun Becker	
14	Sollten Pflegeroboter auch sexuelle Assistenzfunktionen bieten?	249
	Nicola Döring	

Über den Herausgeber

Prof. Dr. Oliver Bendel ist Dozent für Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftsethik und Informationsethik. Er forscht auf den Gebieten der Informationsethik und der Maschinethik. Aus diesen Perspektiven beschäftigt er sich auch mit Pflegerobotern.

Kollaborierende Roboter in der Pflege – Sicherheit in der Mensch-Maschine-Schnittstelle

1

Hans Buxbaum und Sumona Sen

Zusammenfassung

Die Mensch-Roboter-Kollaboration ist eine neue Anwendungsrichtung der Robotik, die in den letzten Jahren zunächst im industriellen Bereich eingeführt wurde und dort schnell auch Anwendung fand. Im Zuge der Industrie-4.0-Kampagnen wurden zunehmend innovative Robotersysteme entwickelt, die ohne Schutzzäune in einer direkten Kollaboration mit Menschen eingesetzt werden können. Nachdem im Bereich der Service- und Pflegeautomatisierung versucht wurde, Lösungsansätze mit speziellen Systementwicklungen zu finden, zeichnet sich heute ab, dass auch eine Verwendung der nunmehr vorhandenen Konzepte und Systeme aus der industriellen Mensch-Roboter-Kollaboration zielführend sein kann. Denn hier stehen geeignete Robotersysteme, Verfahren sowie neuartige Schutzkonzepte zur Verfügung. Eine Übertragung auf die Voraussetzungen der Service- oder Pflegeautomatisierung scheint prinzipiell möglich. Dieser Beitrag stellt Konzepte und Systeme der Mensch-Roboter-Kollaboration vor und fokussiert sodann auch die wichtige Thematik der Sicherheit in der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Die aktuellen Normen zu den zulässigen Betriebsarten werden eingeführt und die verschiedenen Betriebsarten werden auf die

H. Buxbaum (✉)

Automatisierung und Robotik, Materialfluss und Logistik, Fachbereich 09
Wirtschaftsingenieurwesen, Hochschule Niederrhein, Krefeld, Deutschland
E-Mail: hans-juergen.buxbaum@hs-niederrhein.de

S. Sen

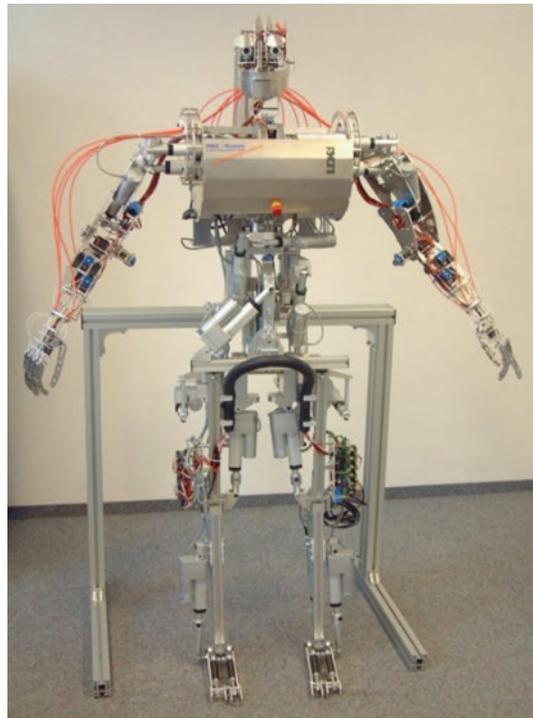
Labor Robotik, Fachbereich 09, Hochschule Niederrhein, Krefeld, Deutschland
E-Mail: Sumona.Sen@hs-niederrhein.de

Anwendbarkeit im Bereich der Pflegerobotik hin untersucht. Abschließend wird das Konzept eines Full-Scope-Simulators vorgestellt, der mit Probandenexperimenten unter konstanten Umweltbedingungen Untersuchungen zu Situation Awareness, gefühlter Sicherheit und fokussierter Aufmerksamkeit erlauben soll.

1.1 Humanoide Ansätze in der Pflegerobotik am Beispiel „Rhoni“

Das Projekt „Rhoni“ beschäftigt sich mit der Konzeption und dem Aufbau eines humanoiden Roboters (Fervers und Esper 2016). Die Idee ist, einen menschenähnlichen Roboter zu entwickeln, der zukünftig einfache Handgriffe in Haushalt und Pflege übernehmen soll: beim Aufstehen und Anziehen helfen, aufräumen oder ein Teil aus dem Küchenregal holen. Dabei ist nicht der Ersatz von stationärer Pflege durch Roboter im Fokus, sondern es geht vielmehr um Entlastung des Personals durch Übernahme unterstützender Tätigkeiten: Wäschesäcke wegbringen, Essen oder Medikamente verteilen, Mülleimer leeren, Akten transportieren oder Getränke holen. Eine Chance für Senioren und behinderte Menschen, länger selbstständig in ihren eigenen vier Wänden zu bleiben. Die Konstruktion einer Skelettstruktur nach Vorbild des Menschen soll die Akzeptanz der Maschine erhöhen. Daneben sollen verhaltensorientierte „soziale“ Eigenschaften wie Intelligenz, Autonomie und Lernfähigkeit erreicht werden. Abb. 1.1 zeigt den Prototypen

Abb. 1.1 Prototyp Rhoni: Humanoider Roboter an der HS Niederrhein. (Eigene Darstellung 2018)



Rhoni mit einer Größe von 1,90 m und einem Gewicht von 80 kg. Es sind 54 Gelenke und Antriebe verbaut.

Trotz intensiver Arbeit an dem Projekt sind viele Ziele noch nicht erreicht. Als Lessons Learned lassen sich aus unseren Forschungen jedoch bereits einige Thesen formulieren:

- Das Gesamtsystem eines humanoiden Roboters ist außerordentlich komplex, die Einarbeitung von Bedien- und Wartungspersonal ist (bereits im Laborbetrieb) sehr schwierig.
- Die Fehleranfälligkeit ist sehr hoch. Entsprechend hoch ist auch der Aufwand für Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten.
- Insbesondere die Bedienerchnittstelle ist problematisch. Die Bediener sind (bereits im Laborbetrieb) oft überfordert, da Checklisten und Schaltreihenfolgen unbedingt zu beachten sind. Pflegebedürftige Menschen sind mit der Bedienerchnittstelle überfordert. Das Problem der Mensch-Maschine-Kommunikation ist für humanoide Roboter noch ungelöst.
- Bewegungen des humanoiden Roboters sind fest einprogrammiert und wenig sensorisch unterstützt. Es gibt keine Varianten im Bewegungsablauf oder autonome Bewegungen, die nicht vom Programmierer vorgesehen sind.
- Der humanoide Roboter kann keine autonomen Entscheidungen treffen. Es ist ein maschinenbauliches Projekt und informationstechnische Verfahren sind daher bislang nur rudimentär abgebildet. Echte Autonomie erfordert leistungsstarke künstliche Intelligenz und lernbasierte Verfahren.
- Schutzmechanismen sind keine vorhanden. Im Laborbetrieb wird die Sicherheit durch Doppelbesetzung und aktive Kontrolle hergestellt. Eine Zertifizierung nach aktuellen Normen und Gefährdungsanalyse ist ausgeschlossen.
- Die dynamischen Prozesse der Bewegung sind kaum beherrschbar. Ein humanoider Roboter ist beim Schreiten nicht in der Lage, unbekanntes Hindernisse auszuweichen, und ist daher ständig in Gefahr, umzufallen.

Rhoni ist eine Forschungs- und Experimentierplattform und wird im Rahmen der technischen Ausbildung an der Hochschule Niederrhein gern und viel genutzt. Nach heutigem Stand der Technik ist das humanoide Konzept für Pflegeanwendungen jedoch nicht einsetzbar.

1.2 Roboter als technische Assistenzsysteme

In vielen Lebensbereichen ist eine zunehmende Verbindung zwischen Mensch und Technik zu beobachten. Beispiele sind elektronische Geräte der Kommunikationstechnik, zum Beispiel Smartphones, aber auch technische Unterstützungssysteme im Haushalt und vieles mehr. Dabei kann ein stetiger Veränderungsprozess beobachtet werden: Mensch und Technik verbinden sich immer mehr, technische Systeme werden im Umfeld des Menschen immer bedeutsamer.

Entlang dieses Entwicklungsstrangs können folgende zwei verschiedene Arten von Unterstützungssystemen voneinander abgegrenzt werden:

- Technische Systeme, die eine Person substituieren und dadurch zu einer Entlastung führen. Hierbei führt die Technik die Aufgabe für den Menschen aus.
- Technische Systeme, die den Menschen bei der Ausführung seiner Aufgaben unterstützen, ohne ihn dabei zu ersetzen. Hierbei behält der Mensch die Kontrolle über die Abläufe und wird durch die Technik unterstützt.

Nach Wulfsberg et al. (2015) können kollaborierende Roboter weder der einen noch der anderen Gruppe zugeordnet werden. Es handelt sich um Systeme, die dem Menschen Aufgaben abnehmen können und sollen, die anstrengend sind, ungern gemacht werden oder sich negativ auf die Gesundheit auswirken können. Sie sind jedoch nicht dazu gedacht, den Menschen vollständig zu substituieren, sondern sollen ihn unterstützen. Der Mensch behält dabei zu jedem Zeitpunkt die Kontrolle. Die Mensch-Roboter-Kollaboration wird damit genau zwischen den zwei beschriebenen Bereichen angeordnet.

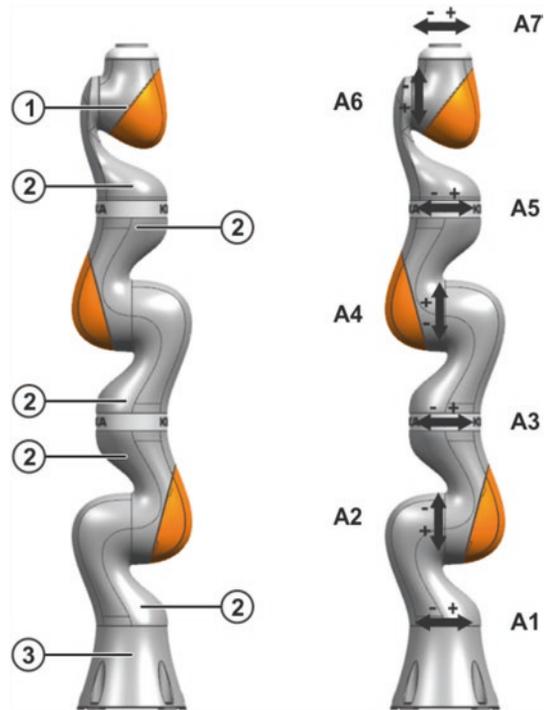
1.3 Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)

Die Mensch-Roboter-Kollaboration (Abkürzung: MRK) wurde zunächst im industriellen Kontext eingeführt. Es ging dabei vorrangig darum, den Menschen mit seinen kognitiven Fähigkeiten als aktives Glied in der Fertigungskette zu erhalten. Qualität und Produktivität bei hoher Variantenvielfalt durch Automatisierung zu steigern, bei gleichzeitig älter und knapper werdendem Fachpersonal, erfordert es, neue Voraussetzungen für eine direkte Kooperation von Mensch und Roboter zu schaffen.

Bei MRK-Systemen gelten andere Sicherheitsanforderungen als bisher für Industrieroboter. Das Hauptprinzip der räumlichen Trennung von Mensch und Roboter wird aufgehoben. Die sicherheitstechnische Umsetzung von MRK-Systemen ist daher grundlegend neu zu bewerten. Die in der Sicherheitstechnik bisheriger Robotersysteme sehr oft eingesetzten Schutzzäune können in MRK-Systemen aus prinzipiellen Erwägungen der Kollaboration keine weitere Anwendung finden.

Im Gegensatz zum klassischen sechsachsigen Industrieroboter sind die meisten MRK-Systeme mit mehr als sechs Achsen ausgestattet. Als Beispiel sei hier der in unserem Labor vorhandene Kuka iiwa 14 R820 genannt (Kuka 2016), der über sieben Achsen entsprechend Abb. 1.2 verfügt. Auf der rechten Seite der Abbildung sind die Achsen A1 bis A7 dargestellt. Die linke Seite zeigt die unterschiedlichen Module des Roboters. Der Roboter ist mit einer zweiachsigen Zentralhand (1) ausgestattet. Die Motoren befinden sich in den Achsen A6 und A7. Im Inneren der Gelenkmodule (2) befinden sich die Antriebseinheiten. Die Antriebseinheiten sind über die Gelenkmodule miteinander verbunden. Das Grundgestell (3) unterhalb der Achse A1 ist die Basis des Roboters.

Abb. 1.2 MRK-Roboter Kuka
iiwa 14 R820. (Kuka 2016)



Ein Roboter mit mehr als sechs Achsen ist kinematisch überbestimmt. Solche Roboter werden als redundant bezeichnet. Eine Rücktransformation für siebenachsige Roboter ist nicht ohne Einschränkungen möglich (Weber 2017). Jedoch bietet die Redundanz vielfältige Möglichkeiten und eine erweiterte Bewegungsfreiheit, die insbesondere in der MRK nützlich sind. Die Redundanz ermöglicht z. B., eine Positionsveränderung vorzunehmen, ohne dass sich dabei der Endeffektor im Raum bewegt. Sechssachsige Roboter bieten diese Funktion nicht, weil jede Achsbewegung hier aufgrund der direkten kinematischen Verknüpfung zwischen Achsstellung und Zielcoordinate immer auch die Position des Endeffektors verändert. Jedoch müssen in der MRK andere Programmierverfahren, die nicht ausschließlich auf mathematische Berechnungen angewiesen sind, Einsatz finden.

Insbesondere werden daher Anlernverfahren eingesetzt, diese werden in der Robotik als Teach-in-Programmierung bezeichnet. Hier wird der Roboter durch den Einrichter oder Bediener von Hand zu den einzelnen Positionen gefahren. Dieses Anfahren kann sowohl durch gezielte Bewegung einzelner Achsen erfolgen als auch durch kombinierte Bewegung mehrerer Achsen, z. B. um Linearbahnen zu erreichen. Entsprechende Funktionen stellt die Bedieneinheit dann zur Verfügung. Nach Erreichen der Zielposition werden die entsprechenden Positionskordinaten in der Robotersteuerung gespeichert.

1.4 Taxonomien in MRK-Systemen

Entsprechend Tab. 1.1 werden drei verschiedene Formen der Interaktionen zwischen Mensch und Roboter unterschieden (Onnasch et al. 2016).

Eine Klassifizierung kann auch über den gemeinsam genutzten Arbeitsraum definiert werden (Thiemermann 2004):

- **Arbeitsraum Roboter (AR):**
Der Arbeitsraum Roboter AR ist durch die Bewegungsfähigkeit und Reichweite des Roboters begrenzt. Zuführsysteme für die Handhabung sowie Peripheriegeräte des Roboters sind hier angeordnet.
- **Arbeitsraum Werker (AW):**
Der Arbeitsraum Werker AW ist der mit den Armen des Menschen erreichbare Raum in der MRK. Für eine Kollaboration ist eine Überschneidung mit AR sinnvoll und erforderlich.
- **Gemeinsamer Arbeitsraum (AG):**
Die räumliche Schnittmenge von AR und AW bildet den gemeinsamen Arbeitsraum AG. Dort findet die Bearbeitung am Werkstück statt. Beide Interaktionspartner haben im AG uneingeschränkten Zugriff auf das Werkstück, um es arbeitsteilig zu bearbeiten.

Tätigkeiten, die jeweils nur für einen der beiden Interaktionspartner Gültigkeit haben, wie z. B. die individuelle Materialbereitstellung, sollten idealerweise außerhalb des gemeinsamen Arbeitsraumes angeordnet sein.

Tab. 1.1 Formen der Interaktionen zwischen Mensch und Roboter

Ko-Existenz	Ko-Existenz bedeutet in diesem Zusammenhang nur ein episodisches Zusammenreffen von Roboter und Mensch, wobei die Interaktionspartner nicht dasselbe Ziel haben. Die Interaktion ist zeitlich und räumlich begrenzt
Kooperation	Bei der Kooperation wird auf ein übergeordnetes gemeinsames Ziel hingearbeitet. Die Handlungen sind nicht mittelbar miteinander verknüpft und abhängig von einer klar definierten und programmierten Aufgabenteilung
Kollaboration	Kollaboration beschreibt die Interaktion und die direkte Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter mit gemeinsamen Zielen und Unterzielen. Die Koordination von Teilaufgaben erfolgt laufend und situationsbedingt. Synergien sollten genutzt werden

1.5 Assistenzrobotik in der Pflege

Können Systeme aus der industriellen Mensch-Roboter-Kollaboration einen Ansatz für Assistenzsysteme in Pflegeinstitutionen liefern? Sind Roboter generell eine Option, das Pflegepersonal zu entlasten? Was könnte die Zukunft bringen und was ist bereits im Pflegealltag angekommen? Was wird in anderen Volkswirtschaften getan?

Ein Blick nach Japan zeigt, dass Robotertechnik tatsächlich zur Entlastung der Pflegekräfte eingesetzt werden kann. Keine andere Industrienation überaltert so schnell wie Japan, daher wurde hier schon frühzeitig Forschung an entsprechenden Systemen betrieben. Es existieren in japanischen Forschungseinrichtungen und Pilotinstallationen eine Reihe entsprechender Prototypen, jedoch hat sich selbst dort noch kein System wirklich durchsetzen können. Neben Hol- und Bringdiensten sind in der japanischen Forschung vor allem Systeme zum Heben, Tragen und Stützen von Pflegebedürftigen im Fokus. In Deutschland gibt es ebenfalls eine Reihe von Forschungsprojekten zu dem Thema Pflegeautomatisierung. Hier werden ebenfalls Hol- und Bringdienste automatisiert, jedoch fokussiert man eher auf die Unterstützung des Pflegepersonals. Autonome Pflegewagen sollen zum Beispiel das Personal stationärer Pflegeeinrichtungen unterstützen, indem Pflegeutensilien automatisch bereitgestellt werden. Der am Fraunhofer IPA entwickelte Care-O-bot kann daneben bereits einfache Assistenzfunktionen im häuslichen Umfeld übernehmen (Sorell und Draper 2014).

Für die Entwicklung von Assistenzsystemen in der Pflegeautomatisierung bietet sich auch die Verwendung der oben beschriebenen MRK-Roboter in einer pflegespezifischen Systemtechnik an. Im Gegensatz zu den bisherigen Forschungsansätzen besteht hier die Möglichkeit, auf technisch verfügbare, standardisierte und somit auch wirtschaftlich interessante Automatisierungssysteme zurückzugreifen. Im Bereich der MRK existiert zudem ein beträchtliches Know-how, das dann auch für Neuentwicklungen in anderen Anwendungsfeldern verfügbar wäre. Die bisher im Fokus der Pflegeautomatisierung stehenden Assistenzfunktionen wie Holen, Bereitstellen, Anreichen, Bringen sind zudem aus Anwendungen der industriellen Handhabungstechnik bereits bekannt und in vielfältigen Formen gelöst.

Die Gefährdung des Menschen muss ausgeschlossen werden, die Sicherheit hat unbedingte Priorität. Dies ist jedoch kein Dogma der Pflegeautomatisierung. Auch in den bisherigen Einsatzbereichen der MRK ist die Sicherheit für den Menschen jederzeit zu gewährleisten. Hier existieren zudem eine Reihe von Erfahrungen, Methoden und nicht zuletzt Vorschriften, die genau beschreiben, wie Betriebssicherheit festgelegt und gemessen wird. Wenn diese Erkenntnisse um Methoden des Human-Factor-Engineerings erweitert und die Mensch-Maschine-Schnittstellen auf die neuen Anwendungen adaptiert werden, dann steht z. B. einem Einsatz eines MRK-Roboterarms auf einem autonomen Pflegewagen nichts mehr im Wege.

1.6 Sicherheit und Gefährdungsbeurteilung

Beschaffenheit und Betrieb einer Anlage müssen dem Stand der Sicherheitstechnik entsprechen. Dies gilt sowohl für technische Vorkehrungen als auch organisatorische Maßnahmen. Der Stand der Sicherheitstechnik wird dabei wie folgt definiert: „Stand der Sicherheitstechnik [ist] der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Verhinderung von Störfällen oder zur Begrenzung ihrer Auswirkungen gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Sicherheitstechnik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg im Betrieb erprobt worden sind.“ (Umweltbundesamt 2011).

Für Roboteranlagen werden oft Kombinationen von Schutzmaßnahmen verwendet, die vom Konstrukteur in der Konstruktionsphase angebracht werden. Des Weiteren gibt es ebenfalls Verhaltensanforderungen, die dem Benutzer der Anlage auferlegt werden, sowie auch persönliche Schutzausrüstungen. Die vom Konstrukteur getroffenen Maßnahmen haben Vorrang vor allen anderen Maßnahmen, die vom Verwender zu treffen sind. In der EN ISO 12100 ist die systematische Vorgehensweise der Festlegung der Schutzmaßnahmen beschrieben. In der Drei-Stufen-Methode entsprechend Tab. 1.2 sind die Gefährdungen zunächst konstruktiv zu beseitigen (unmittelbare Sicherheitstechnik). Sofern dies nicht zur vollständigen Sicherung der Anlage führt, werden Schutzeinrichtungen verwendet. Hinweisende Maßnahmen wie Betriebsanleitungen werden nur dann benötigt, wenn sowohl konstruktive Maßnahmen als auch die verwendeten Schutzeinrichtungen nicht zur vollständigen Beseitigung der Gefahr führen (DGUV 2015).

Tab. 1.2 Drei-Stufen-Methode

Stufe	Bedeutung	Maßnahme	Beispiel
1.	Unmittelbare Sicherheitstechnik	Gefährdungen beseitigen oder das Risiko so weit wie möglich einschränken	Abstände zu Gefahrstellen vergrößern oder Änderung der Konstruktion
2.	Mittelbare Sicherheitstechnik	Trennende und nichttrennende Schutzeinrichtungen gegen verbleibende Risiken einbauen	Mit den gefahrbringenden Bewegungen verriegelnde Lichtvorhänge oder Schutztüren vorsehen
3.	Hinweisende Sicherheitstechnik	Benutzer über Restrisiken informieren und warnen	Betriebsanleitung, Hinweisschilder, optische oder akustische Warneinrichtungen

1.7 Schadensbegrenzung

Ziel der Schadensbegrenzung ist es, die Verletzung im Falle einer Kollision auf das kleinste Maß zu reduzieren. Verletzungen beim kollaborierenden Betrieb können aus unterschiedlichen Gründen entstehen. Zum einen durch die unmittelbare Berührung, z. B. bei einem Stoß, zum anderen durch die scharfen Kanten des Werkzeugs, welches am Roboter befestigt wird. Außerdem besteht die Gefahr, dass bestimmte Körperregionen durch einen Greifer eingeklemmt werden können. In allen Kollisionsfällen gilt es, den Schaden möglichst gering zu halten.

Um das Verletzungsrisiko zu minimieren, müssen sicherheitstechnische Gestaltungsmaßnahmen am Roboter vorgenommen werden. Dazu gehören entsprechend Tab. 1.3 die Leistungsbegrenzung, die Nachgiebigkeit und eine Dämpfung an Kontaktstellen.

1.7.1 Leistungsbegrenzung

Unter Leistungsbegrenzung versteht man eine reduzierte Leistungs- und Kraftwirkung. Diese wird durch die biomechanischen Grenzwerte festgelegt, die bei einem Kontakt zwischen Mensch und Roboter nicht überschritten werden dürfen. Darunter fällt die Kraft- und Druckeinwirkung auf den Menschen, die zudem möglichst gering zu halten ist.

Da sich der Mensch in unmittelbarer Nähe zum Roboter befindet, muss dieser langsamer fahren, um die Kraftwirkung zu begrenzen. Diese kann durch permanente Überwachung der Leistungsaufnahme der Antriebe seitens der Robotersteuerung realisiert werden (Spillner 2014).

1.7.2 Nachgiebigkeit

Unter den Begriff „Nachgiebigkeit“ fällt die plastische Verformung bestimmter Roboter Teile im Fall einer Kollision. Dies kann mit speziellen elastischen Materialien erreicht werden, mit denen die Armglieder konstruiert oder ausgestattet werden. Zudem werden elastische Antriebe als Schutzkonzept vorgeschlagen (Spillner 2014); ein damit ausgerüsteter Roboter kann abtriebsseitig bei Kollisionen flexibel und elastisch reagieren.

Tab. 1.3 Verletzungsmindernde Gestaltung in MRK-Anwendungen

Gestaltungsmethode	Wirkung
Leistungsbegrenzung	Reduzierte Leistungs- und Kraftwirkung, Berücksichtigung biomechanischer Grenzwerte
Nachgiebigkeit	Plastische Verformung von Roboterbauteilen bzw. Einbau von Sollbruchstellen
Dämpfung an Kontaktstellen	Polsterung spitzer, scharfer oder harter Oberflächen an Roboter und Greifsystem

Ein weiterer Ansatz der Nachgiebigkeit ist der Einbau von Sollbruchstellen. Neben dem MRK-Roboter selbst können die an dem Roboter befestigten Werkzeuge zu Verletzungen führen. Beispielsweise kann ein am Flansch montierter Greifer durch eventuell vorhandene Kanten den Menschen verwunden. Hier würde eine Bruchstelle an dem Gelenk des Greifers dazu führen, dass dieser abbricht, um eine weitere Verletzung zu verhindern. Dabei müsste bei der Kollision eine Kraft auf den Menschen wirken, welche die festgelegten biomechanischen Grenzwerte überschreitet. Das Ziel von Sollbruchstellen ist die Erhöhung der Sicherheit und die Minimierung der Verletzungsrisiken.

1.7.3 Dämpfung an Kontaktstellen

Unter Dämpfung an Kontaktstellen versteht man die äußerliche Abdeckung von spitzen, scharfen oder harten Oberflächen durch eine elastische Hülle. Dabei wird der Roboter so gestaltet, dass möglichst wenige Gefahrenstellen während einer Kollision auftreten können. Die elastische Hülle, die am Roboter angebracht wird, dient dazu, die gespeicherte kinetische Energie an exponierten Stellen des Roboters abzubauen. Diese Stellen können beispielsweise Bereiche im Umfeld der Achsen sein, da dort ein hohes Quetschrisiko besteht. Scharfe Kanten werden verdeckt und sicher gepolstert.

1.8 Betriebsarten in der Mensch-Roboter-Kollaboration

Die faktische Aufhebung des bisherigen Prinzips der räumlichen Trennung von Industrieroboter und Mensch durch MRK-Systeme erfordert eine genauere Betrachtung der jeweiligen Betriebsart, um die jeweiligen Sicherheitsanforderungen zu definieren. Für eine sichere MRK werden vier Betriebsarten abhängig vom Kollaborationsraum unterschieden (Barho et al. 2012).

1.8.1 Sicherheitsbewerteter überwachter Halt

Der Roboter hält bei Personenzutritt in den Kollaborationsraum sicher an. Sobald die Person den Kollaborationsraum verlässt, erfolgt ein automatischer Wiederanlauf des Roboters. Mensch und Roboter teilen sich den Kollaborationsraum, arbeiten dort aber nicht gleichzeitig. Ein Schutzzaun ist nicht erforderlich, allerdings muss eine Sensorik die Annäherung des Menschen automatisch erkennen. Der sicherheitsbewertete überwachte Halt eignet sich für die Interaktionsart Ko-Existenz. Die Betriebsart ist für viele industrielle Einsatzbereiche sinnvoll, jedoch für Anwendungen in der Pflegerobotik nur wenig geeignet.

1.8.2 Handführung mit reduzierter Geschwindigkeit

Der Roboter wird vom Bediener geführt, z. B. mittels eines Griffs, der direkt am Roboter montiert ist. Die Bewegungen und Kräfte, die der Mensch auf den Roboter ausübt, werden von Sensoren erfasst und in eine unmittelbare Bewegung des Roboters umgesetzt. Zur Erhöhung der Sicherheit wird die Geschwindigkeit des Roboters begrenzt. Die Handführung ist geeignet für die Interaktionsart Kooperation. Auch hier stehen eher industrielle Anwendungsbereiche im Fokus. Für Anwendungen in der Pflegerobotik ist diese Betriebsart nur bedingt geeignet.

1.8.3 Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung

Der Roboter hält bei Personenzutritt in den Kollaborationsraum nicht an. Die Sicherheit wird durch Abstand zum Roboter gewährleistet. Mensch und Roboter arbeiten gleichzeitig im Kollaborationsraum. Eine Sensorik überwacht dabei den Abstand zwischen Mensch und Roboter, die Geschwindigkeit des Roboters wird bei Annäherung verlangsamt. Ein Kontakt ist nicht erlaubt, bei Unterschreiten eines Mindestabstands wird ein sicherheitsbewerteter überwachter Halt ausgelöst. Eine Kollision wird damit ausgeschlossen. Die Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung eignet sich für die Interaktionsart Kooperation. Die Betriebsart ist auch für Anwendungen in der Pflegerobotik geeignet.

1.8.4 Leistungs- und Kraftbegrenzung

Hier erfolgt eine sensorische Überwachung bzw. eine Verlangsamung des Roboters vergleichbar mit den anderen Betriebsarten. Ein Kontakt zwischen Mensch und Roboter wird jedoch nicht ausgeschlossen. Das Gefährdungspotenzial des Roboters wird durch die Beschränkung seiner dynamischen Parameter auf ein akzeptables Maß reduziert. Dazu erfolgt eine Limitierung der maximalen Kraft des Roboters und der dynamischen Leistung, um Verletzungsfreiheit auch im Falle eines Kontaktes zu garantieren. Die Schwierigkeit liegt in der Definition verifizierter Leistungs- und Kraftgrenzwerte für Schmerz- und Verletzungseintrittsschwellen (Huelke et al. 2010). Die Leistungs- und Kraftbegrenzung ist geeignet für die Interaktionsart Kollaboration und für Anwendungen in der Pflegerobotik ideal.

Tab. 1.4 zeigt das aktuell gültige Schmerzschwellenkataster nach den Vorgaben der BG/BGIA (DGUV 2011). Es wird ein Körpermodell mit vier Körperhauptbereichen (KHB) und 15 Körpereinzelnbereichen (KEB) innerhalb der KHB zugrunde gelegt. Damit lassen sich alle wesentlichen anthropometrischen Punkte der Körperoberfläche diesem

Tab. 1.4 Schmerzschwellenkataster nach DGUV (2011)

Körpermodell Haupt – und Einzelbereiche			Grenzwerte			
KHB		KEB	KQK [N]	STK [N]	DFP [N/cm ²]	KK [N/mm]
Kopf	1.1	Schädel/Stirn	130	175	30	150
	1.2	Gesicht	65	90	20	75
	1.3	Hals (Seiten/Nacken)	145	190	50	50
	1.4	Hals (vorne/Kehlkopf)	35	35	10	10
Rumpf	2.1	Rücken/Schultern	210	250	70	35
	2.2	Brust	140	210	45	25
	2.3	Bauch	110	160	35	10
	2.4	Becken	180	250	75	25
	2.5	Gesäß	210	250	80	15
Obere Extremität	3.1	Oberarm/Ellenbogengelenk	150	190	50	30
	3.2	Unterarm/Handgelenk	160	220	50	40
	3.3	Hand/Finger	135	180	60	75
Untere Extremität	4.1	Oberschenkel/Knie	220	250	80	50
	4.2	Unterschenkel	140	170	45	60
	4.3	Füße/Zehen/Fußgelenk	125	160	45	75

Körpermodell zuordnen. Die Verletzungsschwere wird bezogen auf alle KEB durch folgende Verletzungskriterien erfasst:

- Klemm-/Quetschkraft KQK, Einheit [N]
- Stoßkraft STK, Einheit [N]
- Druck/Flächenpressung DFP, Einheit [N/cm²]

Der in den KEB jeweils tolerierbare Verletzungsschwerebereich wird durch Einhaltung der Grenzwerte nicht überschritten. Für die KEB sind Kompressionskonstanten KK mit der Einheit [N/mm] angegeben, durch die der maximale Kompressionsweg der Körperbereiche bis zum Erreichen der Grenzwerte abgeschätzt werden kann. Hierbei wird ein lineares Verformungsverhalten angenommen.

In eine Risikoanalyse sind die Grenzwerte der Verletzungskriterien als einzuhaltende Anforderungswerte und die Werte der Kompressionskonstanten als Orientierungsgrößen für alle KEB mit Kollisionsrisiko einzubeziehen. Die Einhaltung der Grenzwerte für die betroffenen KEB muss nach Einrichtung eines Arbeitsplatzes im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung an relevanten Punkten der Kollisionsflächen überprüft werden.

1.9 Simulation unter Einbeziehung des Menschen

Die neue Methode der MRK erfordert ein spezielles Vorgehen in der Planung von Anlagen. Dazu wird eine Kombination aus realem Testumfeld und Simulator genutzt und als Full-Scope-Simulator bezeichnet. Dieses in der MRK neuartige Konzept soll im Folgenden beschrieben werden. Natürlich existieren bereits eine Vielzahl von Simulationsmethoden im Umfeld der Robotik. Diese beschränken sich jedoch, je nach Simulationstyp und Anwendungszweck, auf die Fragestellungen der Kinematik (z. B. Erreichbarkeit von Greifpositionen) oder Taktzeiten. Der Mensch ist in diesen Simulationen allenfalls als kinematisches Modell einer Ergonomiesimulation enthalten.

Insbesondere in der MRK gibt es jedoch auch eine Vielzahl von arbeitswissenschaftlichen und psychologischen Aspekten, die Gegenstand der Planung der MRK-Anlage sein sollten. Wie wird die Aufmerksamkeit des Bedieners auf eine bestimmte Situation fokussiert? Gibt es einen Zusammenhang zwischen Wahrnehmung und Gefährdungspotenzial, der in der Sicherheitsbetrachtung Relevanz hat? Solche und ähnliche Fragestellungen können mit den heutigen Simulatoren nicht oder nicht umfassend beantwortet werden. Daher werden im Full-Scope-Simulator der Hochschule Niederrhein Abläufe von MRK-Systemen einschließlich aller Bedienerfunktionen vollständig nachgebildet. Diese können dann mit einer beliebigen Anzahl von Probanden durchsimuliert werden. Im Folgenden werden zunächst einige Grundlagen der Simulation und Modellbildung erörtert, bevor dann ein Konzept der Full-Scope-Simulation aus einem anderen Technologiebereich beschrieben und teilweise übernommen wird.

1.9.1 Simulationstechnische Grundlagen

Tätigkeiten und Prozesse mit dem Ziel, ein Modell eines Realsystems zu entwerfen und anschließend Experimente mit diesem Modell durchzuführen, werden als Simulation bezeichnet. Dabei stehen sowohl das dynamische Verhalten des Realsystems als auch der Umgang und die Bedienung des Realsystems im Fokus der Untersuchungen.

Der Begriff der Simulation wird nach der VDI-Richtlinie 3633 folgendermaßen definiert: Simulation ist das Nachbilden eines dynamischen Prozesses in einem System mithilfe eines experimentierfähigen Modells, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind (VDI 2014). Im weiteren Sinne wird unter Simulation das Vorbereiten, Durchführen und Auswerten gezielter Experimente mit einem Simulationsmodell verstanden.

Simulationen und Modelle dienen der Wissenschaft und Forschung, um verallgemeinerbare Prinzipien und Prozesse in der Realität zu erkennen und diese zu untersuchen. Modelle existieren in den verschiedensten Varianten, von einer verkleinerten realistischen Darstellung des Originals bis zum kompletten Funktionsdiagramm. Dabei kann das Modell einem Computerprogramm entstammen oder auch aus Analogien sowie mathematischen Formeln bestehen. In realitätsgetreuen Simulatoren wird der Mensch als mitagierendes System mehr und mehr einbezogen (Bossel 1994).

1.9.2 Simulation in Automation und Robotik

Im Umfeld der Automatisierungstechnik werden seit vielen Jahren Simulationssysteme eingesetzt; dabei wird grundsätzlich zwischen diskreter und kontinuierlicher Simulation unterschieden (Law und Kelton 2000). Bei der diskreten Simulation verändern sich die Zustandsvariablen unmittelbar zu bestimmten Zeitpunkten. Bei der kontinuierlichen Simulation ändern sich die Zustandsvariablen kontinuierlich, unter Umständen können jedoch auch Sprungfunktionen enthalten sein. Während kontinuierliche Systeme zu jedem beliebigen Zeitpunkt definiert und messbar sind, z. B. die kontinuierliche Bewegung eines Pendels (Bossel 1994), sind die Systemzustände von diskreten Systemen deutlich voneinander abgegrenzt (Banks et al. 2010).

In den klassischen Anwendungsfeldern der Automatisierungstechnik findet man die kontinuierliche Simulation in Anwendungen der Mehrkörpersimulation. Diese wird zur Untersuchung des kinematischen Verhaltens von Systemen eingesetzt, die aus mehreren Komponenten (starrten Körpern) bestehen. In einfacheren Systemen werden dabei lediglich die kinematischen Beziehungen der mathematischen Transformation in der Robotik dargestellt, z. B. um in der Arbeitsvorbereitung Roboterprogramme zu erstellen oder in der Anlagenplanung Robotersysteme auszulegen. Bisweilen werden auch äußere Kräfte und Momente und Masseträgheiten sowie die Reibung in Gelenken berücksichtigt. Solche Simulationssysteme werden z. B. bei der Konstruktion von mechatronischen Komponenten eingesetzt oder auch bei der virtuellen Inbetriebnahme von Roboteranlagen.

Die Einbeziehung des Menschen in der kontinuierlichen Simulation wird durch Ergonomiesimulatoren geleistet. Diese werden bei der Auslegung manueller Arbeitsplätze eingesetzt, um Greifbewegungen anhand eines Menschmodells zu studieren und ergonomisch zu optimieren. Das menschliche Bewegungsverhalten wird dabei ebenfalls mithilfe von Mehrkörpersystemen modelliert.

Diskrete Simulationssysteme reagieren auf Ereignisse oder Zeitpunkte. Sie werden eingesetzt, um z. B. logistische Ketten zu analysieren, Warteschlangen oder Lagerkapazitäten zu dimensionieren oder Antwortzeiten stochastischer Systeme zu prognostizieren. Bei der ereignisdiskreten Simulation erfolgen die Zustandsänderungen sprunghaft durch das Auftreten eines Ereignisses, wie z. B. das Eintreffen eines Sensorsignals (Banks et al. 2010). Die Einbeziehung des Menschen in diskreten Simulatoren wird ebenfalls über Ereignisse definiert, die z. B. ein Werker im Produktionsprozess zu leisten hat. Im Prinzip wird dabei mit Zeiten und Wahrscheinlichkeiten gearbeitet, die die Leistung des Werkers quantitativ in das Gesamtsystem übernehmen.

Die Einbeziehung des Menschen in den klassischen Simulatoren der Automatisierungstechnik und Robotik ist also gegeben, jedoch sehr stark auf die jeweilig zugrunde liegende Simulationsmethodik bezogen. Geht es in der kontinuierlichen Simulation um physikalische Aspekte wie Greifraumdimensionierung oder Geschwindigkeit der menschlichen Bewegung, so sind in der ereignisorientierten Simulation vor allem Taktzeiten und Ausfallwahrscheinlichkeiten gefragt. Arbeitspsychologische Erkenntnisse sind nicht, zumindest nicht direkt, aus diesen Simulationen ableitbar. Daher ist der Einsatz

dieser Simulatoren in der MRK zwar sinnvoll, aber nicht ausreichend. Zur Planung, Auslegung und Programmierung von MRK-Systemen können kontinuierliche Simulatoren mit Ergonomiesimulation kombiniert werden. Die Integration von MRK-Systemen in Supply-Chain-Abläufe lässt sich mithilfe diskreter ereignisorientierter Simulatoren logistisch planen und optimieren.

Aussagen zur Verbesserung leistungsrelevanter arbeitswissenschaftlicher Parameter lassen sich mithilfe dieser Systeme jedoch nicht erzielen. Einen möglichen Ansatz zur Lösung dieser Problematik stellt die in der Kraftwerkstechnik verbreitete Methode der Full-Scope-Simulation dar.

1.9.3 Full-Scope-Simulation

Full-Scope-Simulatoren werden bislang ausschließlich in der Kraftwerkstechnik eingesetzt, dort insbesondere in der Nukleartechnik. Eine typische Definition aus der Literatur lautet wie folgt:

„A full scope simulator is a simulator incorporating detailed modeling of systems of Unit One with which the operator interfaces with the control room environment. The control room operating consoles are included. Such a simulator demonstrates expected plant response to normal and abnormal conditions“ (Licence-Document-1093 2006).

Demnach wird unter einem Full-Scope-Simulator ein Simulator verstanden, der das Verhalten der modellierten Referenzanlage (hier in der Fachsprache der Kraftwerkstechnik: Unit One) nachbildet, um die Interaktionen des Bedieners mit der Anlage zu untersuchen. Die Bedienelemente der Referenzanlage sind Bestandteil der Full-Scope-Simulation. Ein solcher Simulator wird eingesetzt, um Bediener im Umgang mit den regulären und irregulären Betriebszuständen der Anlage zu schulen.

Im Kraftwerksbetrieb wird eine ständige und effektive Schulung der Bediener gefordert. Dabei ist das Ziel, die Kraftwerke sicher und effizient zu betreiben. Viele wichtige Teile der Schulungsprogramme werden dabei durch solche Full-Scope-Simulatoren durchgeführt. Diese Schulungsprogramme sollen die Entscheidungsfähigkeit und Analysekompetenz der Bediener erhöhen und diese auf Probleme vorbereiten, die beim Betrieb der eigentlichen Anlage auftreten können (Tavira-Mondragon und Cruz-Cruz 2011). Full-Scope-Simulatoren sind dabei als ein effektives Werkzeug für die Bediener-schulung anerkannt und werden insbesondere für Kernkraftwerke eingesetzt.

Durch den Einsatz einer Vielzahl unterschiedlicher Mensch-Maschine-Schnittstellen wird der Mensch unmittelbar in die Abläufe der Simulation einbezogen. Darüber hinaus ergibt sich ein kausaler Zusammenhang zwischen den Handlungen des Menschen und den daraus resultierenden Systemzuständen. Zusätzlich zur Verbesserung der Bedienerleistung durch die Schulungsprogramme werden solche Simulatoren auch zur Verbesserung der Anlagen- und Personalsicherheit, der Zuverlässigkeit sowie zur Senkung der Betriebskosten eingesetzt. Full-Scope-Simulatoren werden oft auch zur Einarbeitung

neuer Mitarbeiter, für die Personalentwicklung und für die Öffentlichkeitsarbeit der Betreiber verwendet. Daneben sind arbeitswissenschaftliche und psychologische Aspekte (Human Factors) Teil von Full-Scope-Simulationen. Dazu zählen Untersuchungen zu Wahrnehmung, Aufmerksamkeitssteuerung und Situation Awareness.

1.9.4 Human Factors und Situation Awareness

Die wissenschaftliche Disziplin Human Factors wird definiert als das Verständnis von Interaktionen zwischen dem Menschen und anderen Systemelementen. Darunter sind vor allem Methoden, Theorien und Prinzipien zu verstehen, die zur Optimierung des menschlichen Wohlbefindens und zu der Gesamtsystemleistung beitragen (Czaja und Nair 2012). Der Begriff „Human Factors“ ergibt sich aus den psychischen, kognitiven und sozialen Einflussfaktoren in soziotechnischen Systemen. Ein Schwerpunkt liegt im Design von Mensch-Maschine-Schnittstellen, insbesondere bei Sicherheitsfragen und psychologischen Aspekten (Badke-Schaub et al. 2012).

Durch den zunehmenden Automatisierungsgrad bekommen menschliche Fertigkeiten im System eine andere Rolle, zum Beispiel in Form von Kontrolltätigkeiten. Es stellt sich die Frage, welche Eigenschaften des Menschen, zum Beispiel in der Kooperation mit Robotern, berücksichtigt werden können und sollten. Dabei spielen unter anderem die Themen Umgebungsgestaltung, Aufgabenzuweisung und Verantwortlichkeiten eine wichtige Rolle.

Wahrnehmung ist eine bewusste sensorische Erfahrung (proximaler Reiz mit nachfolgender Informationsverarbeitung), die durch einen physikalischen, distalen Reiz hervorgerufen wird, z. B. Sehen, Hören, Schmecken und Riechen, Tast- und Schmerzsinne. Die Wahrnehmung kann danach beispielsweise ein auditiver bzw. visueller Prozess sein, wobei auch weitere Wahrnehmungskanäle in Betracht kommen können. Für die Wahrnehmung von Umweltreizen müssen diese auf ein Sinnesorgan treffen. Die Rezeptoren des Sinnesorgans wandeln die Reize in elektrische Signale um, die über Nervenbahnen an das Gehirn geschickt werden. Die von den Rezeptoren erzeugten Signale werden auf dem Weg zum Gehirn und im Gehirn selbst analysiert und verarbeitet, bis schließlich ein bewusstes Wahrnehmungserlebnis eintritt. Wahrnehmungsbeeinflussende Umweltfaktoren, die in einer Full-Scope-Simulation eine Rolle spielen könnten, sind u. a. Beleuchtung, Lärmexposition und Vibrationen.

Ein Blick in den menschlichen Wahrnehmungsprozess zeigt, dass am Ende der Informationsverarbeitung idealerweise umfassende mentale Modelle entstehen, die Situationswahrnehmungen ermöglichen. Von den einströmenden Reizen der Außenwelt werden nur diejenigen aufgenommen und dann handlungsrelevant, denen aus der Fülle der einströmenden Reize aufgrund von Erfahrung, Erwartung oder Einstellungen Aufmerksamkeit gewidmet wird (Wenninger 1991). Der Prozess, wie Personen eine große Menge an Informationen wahrnehmen und geistig repräsentieren, um in einer gegebenen Situation effektiv handeln zu können, wird von Endsley als Situation Awareness bezeichnet (Endsley 1995a, b).

Situation Awareness wird wie folgt definiert: „The perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning and the projection of their status in the near future“ (Endsley 1988). Endsley definiert Situation Awareness als ein Konstrukt, das aus drei Ebenen besteht. Dabei beschreibt Ebene 1 die Wahrnehmung der Elemente der Umwelt. Hier kann es aufgrund unzureichender Darstellung und kognitiver Abkürzungen zu Fehlwahrnehmungen und somit falschem Situationsverständnis kommen. Ebene 2 beschreibt das Verständnis der Situation und befasst sich mit Fehlern bei der korrekten Integration der Informationsaufnahme. Ein Mangel an mentalen Modellen oder blindes Vertrauen können zu falschen Prognosen und somit einer falschen Entscheidung führen. Ebene 3 bezieht sich auf die Vorhersage der zukünftigen Ereignisse. Dies ist abhängig vom Expertenstatus der Personen.

Zur Erfassung der Situation Awareness existieren verschiedene Methoden. Dabei wird zwischen direkten und indirekten Verfahren unterschieden. Direkte Verfahren ermöglichen einen direkten Zugang zum Produkt der Situation Awareness, während indirekte Verfahren sich auf den Prozess der Situationserfassung oder das Ergebnis der Bewusstheit in der Situation beziehen. Zur Untersuchung von Situation Awareness können nach Endsley verschiedene Prozessmaße verwendet werden. Dazu zählen verbale Protokolle (thinking aloud), psychophysiologische Maße (EKG, Puls) oder die Kommunikationsanalyse. Solche Prozessmaße werden jedoch beispielsweise in der Aviation selten verwendet, da diese Verfahren subjektive Interpretationen zulassen oder sehr aufwendige Messtechniken beim Erfassen von psychophysiologischen Maßen erfordern. Bei objektiven Verfahren wird das Wissen der Person über die aktuelle Situation abgefragt und damit das Maß der Situation Awareness gebildet.

Die Methode Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT) wird zur Untersuchung und Bewertung für Situation Awareness benutzt. Voraussetzung für eine solche Untersuchung ist eine realitätsgetreue Simulationsumgebung. Diese Simulation wird zu zufällig ausgewählten Zeitpunkten eingefroren. Dann werden die Personen im System zu ihrer Wahrnehmung der Situation zu diesen Zeitpunkten von einem Operator befragt. Die Simulation wird zu diesem Zeitpunkt angehalten und sämtliche Informationsquellen werden ausgeschaltet. Dies wird als Freezing bezeichnet (Endsley und Kiris 1995).

1.9.5 Full-Scope-Simulator in der MRK

Die Idee der Full-Scope-Simulation wurde im Human-Factors-Labor der Hochschule Niederrhein aufgegriffen und auf Anwendungen der MRK übertragen. Auch hier sollen die unterschiedlichen Mensch-Maschine-Schnittstellen bedient und der Mensch unmittelbar in die Abläufe der Simulation einbezogen werden.

Als abgeschlossener Simulationsraum steht ein modulares, erweiterbares Kleinraumsystem zur Verfügung. Dabei können die Abmessungen des Kleinraums je nach Simulationsaufgabe variieren. Einerseits soll der Full-Scope-Simulator eine räumlich enge

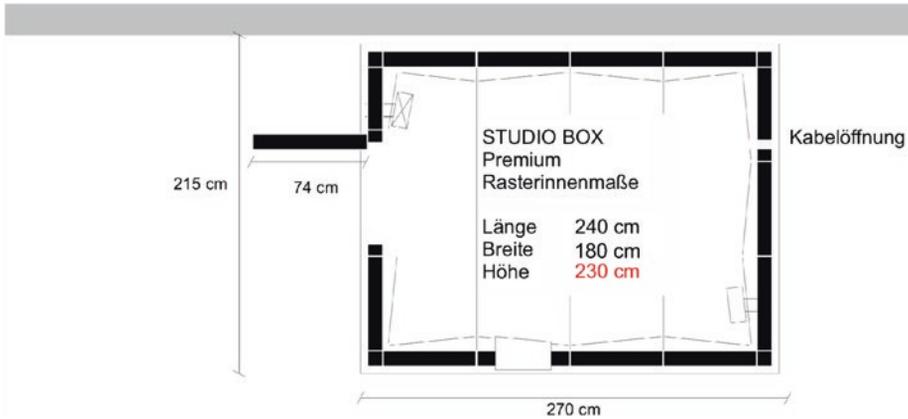


Abb. 1.3 MRK-Full-Scope-Simulator im Human-Factors-Labor

Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter nachbilden. Andererseits ist es sinnvoll, den verfügbaren Innenraum im Simulator auf die jeweilige MRK-Situation anpassen zu können. Die Anforderung der Umrüstflexibilität ist daher essenziell, um auf wechselnde Konfigurationen vorbereitet zu sein.

Abb. 1.3 zeigt eine Skizze dieses Kleinraums. Innerhalb des Kleinraums herrschen steuerbare Umweltbedingungen, um Einflüsse von Licht, Lärm und Temperatur studieren zu können bzw. deren Einfluss auszuschließen. Im MRK-Full-Scope-Simulator wird die zu untersuchende MRK-Anlage aufgebaut, um daran Probandenexperimente unter vorgegebenen Bedingungen durchzuführen. Das Ziel ist, zu statistisch relevanten Aussagen zu Situation Awareness, gefühlter Sicherheit und fokussierter Aufmerksamkeit zu gelangen. Auch Ablenkung und Fehleranfälligkeit können untersucht werden.

Die Grundmaße sind für einen kompakten MRK-Arbeitsplatz ausreichend. Durch den modularen Aufbau der „Studio Box“ ist es möglich, durch Zukauf von Erweiterungsmodulen den Raum zu vergrößern oder zu verändern. Die Schalldämmung von 44 dB reicht aus, um typische Außengeräusche eines Raumes, wie Gespräche oder Computerlüftungen, so zu minimieren, dass diese im Innenraum kaum zu registrieren sind, geschweige denn zu Konzentrationsverlust führen.

1.9.6 Ablauf der Full-Scope-Simulation

Bei einem typischen Simulationsexperiment im Full-Scope-Simulator wird in zwei Schritten vorgegangen:

- Aufbau und Vorbereitung der Simulation:
Eine jede Simulation muss grundsätzlich ordnungsgemäß aufgebaut und vorbereitet werden. Dabei ist der Simulationsraum immer an die jeweilige Simulationsaufgabe

anzupassen. Eventuell fallen aufwendige Umbauarbeiten zur Änderung der räumlichen Gegebenheiten an. Auch der Aufbau des Experiments ist aufwendig und muss gut vorbereitet sein.

- Durchführung der Simulationsexperimente:
Nach Abschluss des Aufbaus und der Vorbereitung der Simulation können die Probandenexperimente durchgeführt und dokumentiert werden.

Zu Beginn eines Simulationsprojekts im Full-Scope-Simulator ist also zunächst die Aufgabe, die Simulation selbst zu definieren, zu gestalten sowie sicher und verifiziert in Betrieb zu nehmen. Tab. 1.5 zeigt die einzelnen Schritte, die hierfür durchzuführen sind.

In jeder Phase können Abweichungen von der Spezifikation, technische oder arbeitswissenschaftliche Probleme bei der Umsetzung, Machbarkeitsprobleme oder Gefährdungen dazu führen, dass im Projektablauf zu einem vorherigen Schritt zurückgekehrt werden muss, um z. B. kritische Vorgaben anzupassen.

Danach können die Simulationsexperimente durchgeführt werden. Den Simulationsablauf im Probandenexperiment zeigt Tab. 1.6. Dieser Ablauf ist für jeden einzelnen Probanden durchzuführen.

Die Ablaufsteuerung führt nach programmierter Vorgabe ein Freeze nach der SAGAT-Methode in Schritt 4 automatisch durch. Dazu wird der Prozess zwar geplant, aber unerwartet für den Probanden angehalten. Die Beleuchtung wird verändert, um den Arbeitsplatz abzudunkeln, sodass der Proband den Arbeitsplatz aus dem Fokus verliert. Eingespielte Geräusche über die Audioanlage werden gestoppt. Stattdessen werden dem Probanden Fragen gestellt, um arbeitspsychologische Aspekte zur Situation Awareness

Tab. 1.5 Vorbereitung der Full-Scope-Simulation

Schritt	Phase	Beschreibung
1.	Spezifikation	Beschreibung der Aufgabenstellung unter Berücksichtigung der Aspekte der Modellbildung
2.	Fragestellung	Festlegung des angestrebten Ergebnisses durch Bestimmung der Fragestellung und Auswertungsmethoden
3.	Konfiguration	Anpassung des Simulationsraums an die Vorgaben der Spezifikation
4.	Aufbau	Aufstellung des MRK-Roboters im Simulationsraum und Errichtung des Arbeitsplatzes einschließlich Vorrichtungsbau
5.	Inbetriebnahme	Programmierung des MRK-Roboters und der Ablaufsteuerung für den Full-Scope-Simulator entsprechend der Spezifikation
6.	Probelauf	Überprüfung auf Funktionalität und Machbarkeit der Simulation
7.	Verifikation	Prüfung der Eignung des Modells im Hinblick auf die Fragestellung und die Hypothesen
8.	Gefährdungsbeurteilung	Gefährdungsbeurteilung, Festlegung persönlicher Schutzausrüstungen (PSA), Einweisung des Versuchsleiters
9.	Freigabe	Freigabe für die Durchführung der Versuchsreihe mit Probanden

Tab. 1.6 Simulationsablauf im Probandenexperiment

Schritt	Tätigkeit	Beschreibung
1.1	Einweisung 1	Erklärung des Gesamtkontextes für die Experimente (persönlich)
1.2	Einweisung 2	Einweisung in die Abläufe im Simulationsexperiment (je nach Vorgabe persönlich oder per Medien)
2.	Testlauf	Durchführung einer MRK-Aufgabe im Simulator unter Aufsicht des Versuchsleiters, ggf. auch Eingreifen in den Prozess und Erklärungen durch den Versuchsleiter
3.	Beginn des Experiments	Start des MRK-Ablaufs im Simulator, Beobachtung durch den Versuchsleiter
4.	Freeze	Geplanter Stopp des Ablaufs im Simulator und Befragung des Probanden entsprechend der SAGAT-Methode
5.	Fortsetzung des Experiments	Wiederanlauf der Simulation, Fortsetzung der Abläufe
6.	Interview	Befragung des Probanden nach Abschluss des Experiments

abzufragen. Nachdem die Fragen beantwortet sind, schaltet das Licht um, der Ton geht wieder an und der eingefrorene Prozess läuft automatisch weiter. Das Experiment wird entsprechend Schritt 5 fortgesetzt. Das Freeze entsprechend Schritt 4 kann, je nach Vorgabe und Planung des Experimentablaufs, mehrfach durchgeführt werden.

1.10 Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird der wichtigen Frage nachgegangen, wie Konzepte der Mensch-Roboter-Kollaboration als neue Anwendungsrichtung vor allem der industriellen Robotik auf Anwendungen von Assistenzsystemen, z. B. von Pflege- und Haushaltssystemen, übertragen werden können. Hier besteht die Chance, auf technisch verfügbare, standardisierte und auch wirtschaftlich interessante Automatisierungsgeräte zurückzugreifen und verfügbares Know-how zu nutzen. Assistenzfunktionen wie Holen, Bereitlegen, Anreichen, Bringen sind in der industriellen Handhabungstechnik in vielfältigen Formen gelöst und könnten einfach übertragen werden. Dabei ist eine Gefährdung des Menschen auszuschließen. In bisherigen Einsatzbereichen der MRK existieren Erfahrungen, Methoden und Vorschriften, die festlegen, was Betriebssicherheit ausmacht und wie sie gemessen wird. Diese werden im Beitrag beschrieben.

Außerdem wird der Frage nachgegangen, wie man zu statistisch relevanten Aussagen zu Situation Awareness, gefühlter Sicherheit und fokussierter Aufmerksamkeit gelangen kann. Dies ist relevant, um Gefährdungen z. B. durch Ablenkung zu vermeiden. Diese Aussagen sollen mithilfe einer Simulationsmethode erzielt werden. Aufbauend auf dem Konzept der in der Energietechnik bekannten Full-Scope-Simulation wird eine speziell auf die arbeitspsychologischen Anforderungen der MRK hin weiterentwickelte Simulation

mit Realanteilen vorgestellt. Mit Probandenexperimenten unter konstanten Umweltbedingungen können dort Untersuchungen zu Situation Awareness, gefühlter Sicherheit und fokussierter Aufmerksamkeit durchgeführt werden.

Literatur

- Badke-Schaub, P., Hofinger, G., & Lauche, K. (2012). *Human Factors – Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen*. Berlin: Springer.
- Banks, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete event system simulation* (5. Aufl.). Upper Saddle River: Pearson.
- Barho, M., Dietz, T., Held, L., & Oberer-Treitz, S. (2012). Roboter-Sicherheit auf dem Prüfstand: Die Anforderungen an eine sichere Mensch-Roboter-Kooperation. <http://www.computer-automation.de/steuerungsebene/safety-security/artikel/88886/1/>. Zugegriffen: 8. Dez. 2017.
- Bossel, H. (1994). *Modellbildung und Simulation: Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme. Ein Lehr- und Arbeitsbuch*. Braunschweig: Vieweg + Teubner.
- Czaja, S. J., & Nair, S. N. (2012). Human factors engineering and systems design. In G. Salvendy (Hrsg.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (4. Aufl.). New Jersey: Wiley.
- DGUV. (2011). BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach Maschinenrichtlinie – Gestaltung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern. http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bg_bgia_empf_u001d.pdf. Zugegriffen: 6. Nov. 2017.
- DGUV. (2015). DGUV Information 209-074 – Industrieroboter. <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/209-074.pdf>. Zugegriffen: 22. Nov. 2017.
- Endsley, M. R. (1988). Design and evaluation for situation awareness enhancement. In Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting 32, S. 97–101.
- Endsley, M. R. (1995a). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 65–84.
- Endsley, M. R. (1995b). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 32–64.
- Endsley, M. R., & Kiris, E. O. (1995). *Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT) TRACON air traffic control version user's guide*. Lubbock: Texas Tech University Press.
- Fervers, A., & Esper, M. (2016). Dokumentation Humanoider Roboter RHONI. Projektbericht.
- Huelke, M., Umbreit, M., & Ottersbach, H.-J. (2010). Sichere Zusammenarbeit von Mensch und Industrieroboter. *Maschinenmarkt*, 33, 32–34.
- Kuka. (2016). LBR iiwa LBR iiwa 7 R800, LBR iiwa 14 R820 Spezifikation KUKA Roboter GmbH, Version V7. Kuka.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (2000). *Simulation modeling and analysis*. New York: McGraw Hill.
- Licence-Document-1093. (2006). Requirements for the full scope operator training simulator at Koeberg nuclear power station. National Nuclear Regulator.
- Onnasch, L., Maier, X., & Jürgensohn, T. (2014). *Mensch-Roboter-Interaktion – Eine Taxonomie für alle Anwendungsfälle*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Sorell, T., & Draper, H. (2014). Robot carers, ethics, and older people. *Ethics and Information Technology*, 16(3), 183–195.
- Spillner, R. (2014). *Einsatz und Planung von Roboterassistenz zur Berücksichtigung von Leistungswandlungen in der Produktion*. München: Utz.
- Tavira-Mondragon, J., & Cruz-Cruz, R. (2011). *Development of power plant simulators and their application in an operators training center*. New York: Springer.

- Thiemermann, S. (2004). *Direkte Mensch-Roboter-Kooperation in der Kleinteilemontage mit einem SCARA-Roboter*. Heimsheim: Jost Jetter.
- Umweltbundesamt. (2011). Stand der Sicherheitstechnik. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/anlagensicherheit/stand-der-sicherheitstechnik>. Zugegriffen: 8. Dez. 2017.
- VDI. (2014). VDI-Richtlinie 3633: Blatt 1 Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen – Grundlagen. Berlin: Beuth.
- Weber, W. (2017). *Industrieroboter: Methoden der Steuerung und Regelung*. München: Hanser.
- Weidner, R., Redlich, T., & Wulfsberg, J. P. (2015). *Technische Unterstützungssysteme*. Berlin: Springer.
- Wenninger, G. (1991). *Arbeitssicherheit und Gesundheit: Psychologisches Grundwissen für betriebliche Sicherheitsexperten und Führungskräfte*. Heidelberg: Asanger.

Hans Buxbaum ist Professor für Automatisierung und Robotik sowie Leiter der Labore Robotik und Human Engineering an der Hochschule Niederrhein in Krefeld. Er ist promovierter Diplomingenieur der Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieur, war selbstständiger Anwendungsentwickler in der industriellen Automatisierung, Oberingenieur am Institut für Roboterforschung an der TU Dortmund und Forschungsgruppenleiter am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn.

Sumona Sen ist Laboringenieurin in den Laboren Robotik und Human Engineering an der Hochschule Niederrhein in Krefeld. Sie hat einen Abschluss als Master of Science im Human Factors Engineering und ist Bachelor des Wirtschaftsingenieurwesens.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Informationsmodell für intentionbasierte Roboter-Mensch- Interaktion

2

Daniel Schilberg und Sebastian Schmitz

Zusammenfassung

Sichere roboterbasierte Systeme gewinnen in einer alternden Gesellschaft immer mehr an Bedeutung. Damit alle Mitglieder der Gesellschaft weiterhin am sozialen Leben, privat und auch beruflich, teilhaben können, müssen Roboter die Absichten von Menschen aus deren Verhalten ableiten können, und Roboter müssen in die Lage versetzt werden, ihre Absichten den Menschen, die mit ihnen interagieren, zu vermitteln. In diesem Beitrag wird ein Informationsmodell für die Mensch-Roboter-Interaktion vorgestellt. Das Informationsmodell ermöglicht ein Mapping zwischen den atomaren Fähigkeiten eines Roboters und komplexen Funktionen. Unter den atomaren Fähigkeiten sind Rotations- und Translationsbewegung oder das Setzen eines I/O-Signals zum Schließen eines Greifers zu verstehen. Eine komplexe Funktion, die sich daraus ergibt, kann das Greifen eines Objektes sein. Um dem Roboter ein „Bewusstsein“ dafür zu geben, dass er durch Setzen eines I/Os und Gelenkbewegungen zielgerichtet seine Umwelt manipulieren kann, müssen Fähigkeiten mit einem Anwendungskontext in Verbindung gebracht werden. Darüber hinaus muss die Abbildung der Fähigkeiten des Roboters für den menschlichen Benutzer transparent und nachvollziehbar sein, sodass aus einem realen Handhabungsvorgang tatsächlich Absichten abgeleitet werden können. Das Informationsmodell basiert auf den folgenden Schritten: 1) Systemdesign, 2) Erfassen, 3) Erkennen und Auswerten und 4) Agieren/Reagieren.

D. Schilberg (✉)
Hochschule Bochum, Bochum, Deutschland
E-Mail: daniel.schilberg@hs-bochum.de

S. Schmitz
Bochum, Deutschland
E-Mail: Sebastian.schmitz@hs-bochum.de

2.1 Herausforderungen der Mensch-Roboter-Interaktion

Im Jahr 2011 wurde das Gutachten „Herausforderungen des demografischen Wandels“ vom Deutschen Sachverständigenrat für Wirtschaftsfragen herausgegeben (Bofinger et al. 2011). Ziel des Gutachtens war es, die demografische Entwicklung und das Wachstumspotenzial einer alternden Gesellschaft aus der Sicht der Arbeits-, Güter- und Finanzmärkte zu betrachten. Parallel zur Entwicklung der Altersstruktur gibt es technologische Fortschritte auf dem Gebiet der Informationstechnologie, die erhebliche Auswirkungen auf die Arbeitswelt haben werden. Um das daraus resultierende soziale Potenzial zu erschließen, müssen wir uns auf zwei Anforderungen konzentrieren. Einerseits müssen die Disziplinen der Mechatronik noch weiter zusammenwachsen, andererseits müssen auch andere, meist nichttechnische Disziplinen wie Medizin oder Sozialwissenschaften integriert werden. In Deutschland wird diese Entwicklung in einem produktionsnahen Kontext mit „Industrie 4.0“ (Kagermann et al. 2012) und in den USA mit „Cyber-Physical Systems“ (Lee und Seshia 2011) zusammengefasst.

Basierend auf den Leistungsgewinnen autonomer und teilautonomer technischer Systeme in den letzten 10 Jahren wird das Anwendungsspektrum technischer Systeme im Allgemeinen und der Robotik im Besonderen stark erweitert. Die Dokumente „The German Standardization Roadmap“ (The German Standardization Roadmap – Industrie 4.0 2014) und „A Roadmap for US Robotics – From Internet to Robot“ (A Roadmap for U.S. Robotics – From Internet to Robotics 2013) zeigen, wie das zukünftige Berufs- und Privatleben von Robotersystemen, die mit internetbasierten Informationsverarbeitungssystemen arbeiten, beeinflusst wird.

Grundlegende Forschung zur Mensch-Maschine-Interaktion ist notwendig, wenn wir Robotersysteme schaffen wollen, die ältere Menschen zu Hause und am Arbeitsplatz unterstützen, damit diese unabhängig und produktiv bleiben und am sozialen Leben weiterhin partizipieren. In 20 Jahren wird ein Roboter, ähnlich dem heutigen Handy, unser ständiger Begleiter sein. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen sich nicht nur die Bereiche Mechanik und Energie weiterentwickeln. Ein solches Robotersystem muss auch die Absichten der Menschen erkennen, die es unterstützen soll. Die Robotersysteme müssen aber auch ihre eigenen Verhaltensabsichten explizieren, um eine sichere Interaktion zu ermöglichen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zwischenmenschliche Kommunikation zu einem großen Teil aus nonverbaler Kommunikation besteht. Dazu muss ein Informationsmodell für die Robotik entwickelt werden. Die atomaren Fähigkeiten des Roboters wie rotatorische, translatorische Bewegung oder das Greifen müssen zu komplexeren Fähigkeiten aggregiert und mit einem Anwendungskontext verknüpft werden. Darüber hinaus muss der Zusammenhang zwischen den Fähigkeiten des Roboters und welche Funktionen das System daher erfüllen kann für den Benutzer so abgebildet werden, dass der Nutzer die Handlungen des Systems zu jedem Zeitpunkt nachvollziehen kann. Zur Erreichung dieses Zieles muss ein Roboter sich über seine eigene Funktionalität und die Umgebung, in der er agiert, bewusst sein sowie

über die Interaktion mit der Umwelt neue Kenntnisse gewinnen können. Der Ansatz zur Erreichung dieses Ziels ist in vier Schritte unterteilt:

1. Systemdesign

Das Systemdesign basiert auf Methoden, die Mensch-Maschine-Interaktionen (HMI) beschreiben können. Die Beschreibung der HMI ist der Ausgangspunkt für die Ableitung kontextsensitiver Roboterkonfigurationen, die die Erfüllung aggregierter Funktionen und damit abstrakterer Operationen wie bspw. das Aufnehmen eines Glases ermöglichen. Ein wesentlicher Punkt für die Akzeptanz des Systems durch den Anwender ist das transparente und nachvollziehbare Verhalten des Roboters.

2. Erfassen

Der Roboter muss seine Umgebung, einschließlich der handelnden Personen, erfassen. Die Erfassung der Umgebung, in der der Roboter arbeitet, erfolgt über Sensordaten. Diese Sensordaten müssen fusioniert und miteinander korreliert werden, um umfassende und verifizierte Informationen bzgl. eines aussagekräftigen Lagebilds zu liefern.

3. Erkennen und Auswerten

Nachdem die Umgebung des Roboters erfasst wurde, müssen diese Daten zu Informationen ausgewertet werden. Es muss erkannt werden, was erfasst wurde, und es muss eine Bewertung des Erkannten stattfinden. Hierzu muss das Robotersystem Objekte und Hindernisse identifizieren. Dies bildet die Grundlage für die Ableitung eines Szenarios. Anschließend wird eine Analyse der Szenarien durchgeführt, indem ein Abgleich des Ist-Zustandes mit dem Soll-Zustand vorgenommen wird.

4. Agieren/Reagieren

Abhängig von den Ergebnissen der Auswertung des Ist-Zustandes muss eine Aktion durchgeführt werden, um den Soll-Zustand zu erreichen. Die Erreichung des Soll-Zustands ist hierbei mit der Erfüllung einer Funktion zu verstehen. Es können unterschiedliche Aktionen genutzt werden, um eine Funktion zu erfüllen, bspw. kann sowohl das Kleben wie das Lötens zum Fügen von Bauteilen verwendet werden.

Im Folgenden wird ein Informationsmodell eines geplanten Robotersystems vorgestellt. Ausgangspunkt ist die Formulierung eines Informationsmodells für ein generisches Robotersystem, das Informationen über die vier genannten Schritte mit dem dazugehörigen Entstehungskontext speichert und eine weitere Datenverarbeitung durch Korrelation, Aggregation und Analyse ermöglicht.

Die Anforderungen an das System müssen mit besonderem Fokus auf die Mensch-zentrierung aufgenommen und in die entsprechenden Spezifikationen übernommen werden. Gemäß den Spezifikationen wird ein Robotersystem aufgebaut und in mehreren Iterationsschritten benutzerzentriert entwickelt. Softwareseitig werden die Struktur der Systemarchitektur und die Integration des Informationsmodells sowie die modulare Integration der Sensorik untersucht. Das hinter der Informationsintegration liegende

Modell liefert die Möglichkeit, Aufgaben, Funktionen und Fähigkeiten des Roboters formal darzustellen, und dient damit der Selbstbeschreibung dieser Aspekte. Die atomaren Funktionen des Roboters werden damit zu höheren Fertigkeiten aggregiert. Diese aggregierten Fähigkeiten werden dann zur Interaktion mit der Umwelt auf Grundlage des Informationsmodells genutzt.

2.2 Grundlagen der intentionsbasierten Interaktion

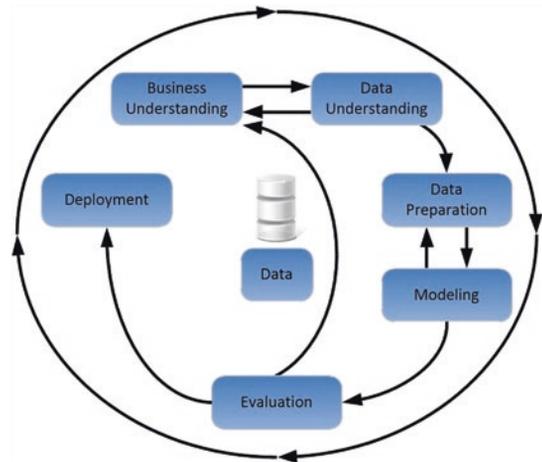
In den letzten zehn Jahren hat das Forschungsgebiet Robotik einen großen Sprung nach vorn gemacht. Ziel vieler Projekte ist es, die Leistungsfähigkeit von Robotersystemen zu erhöhen. Es gibt eine große Bandbreite an unterschiedlichen Ansätzen, um das Ziel zu erreichen, Roboter intelligent zu machen. Die unterschiedlichen Ansätze können verschiedenen Hauptzielen zugeordnet werden. Die Ziele beziehen sich auf das Verhalten des Roboters und auf die Modelle, die verwendet werden, um das Verhalten an eine bestimmte Situation anzupassen. Um das oben genannte Informationsmodell aufzubauen, müssen einige bestehende Technologien kombiniert und weiterentwickelt werden. In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Technologien für das Informationsmodell genauer betrachtet.

2.2.1 Informationsmodellierung

Im Zentrum dieser Forschungsarbeit steht die Frage, wie die Bewegungen von Armen, die über Gelenke verknüpft sind, mit komplexen Operationen, wie dem Greifen eines Glases, verknüpft werden können und wie Intentionen, die hinter einer Bewegung stecken, durch die Form der Bewegungen expliziert werden können. Diese notwendigen Verknüpfungen werden durch den Einsatz eines Informationsmodells geleistet. Zum Aufbau dieses Informationsmodells werden Methoden aus dem Information Retrieval und dem Semantic Web verwendet. Des Weiteren werden Informationsmodelle aus Anwendungsbereichen, die nicht zur Informatik gehören, berücksichtigt.

Information Retrieval (IR) ist gekennzeichnet durch vage Anfragen und unsicheres Wissen. Oddy et al. (1982) beschreiben die Retrieval-Strategie folgendermaßen: „The goal of information retrieval is to resolve those anomalies in a person’s state of knowledge, which induced him or her to seek information from literature. Our approach is to select search strategies with explicit reference to characteristics of the enquirer’s ASK structure.“ (Oddy et al. 1982). Die Herausforderung von Intentionen besteht darin, dass der Wissensstand über die Intention einer Person unsicher und es daher kompliziert ist, eine Entscheidung abzuleiten. (Manning et al. 2009) gibt eine umfassende Einführung in die IR. Für diese Arbeit beschreibt Abb. 2.1, wie das System für unseren Ansatz funktionieren muss.

Abb. 2.1 Datenfluss gemäß CRISP-DM-Industriestandard. (Rix et al. 2014)



IR ist aber „nur“ die Art und Weise, wie die Informationen verarbeitet werden. Damit diese überhaupt erst verarbeitet werden können, wird eine Darstellung der Fähigkeiten des Roboters, der Aufgaben des Roboters sowie der Absichten und ihrer Beziehungen untereinander benötigt. Die Methode muss daher die Möglichkeit bieten, domänen-spezifische Erkenntnisse zu gewinnen und zu nutzen. Das Konzept basiert daher auf Ontologien und Planungsalgorithmen aus der Künstlichen Intelligenz. Laut (Gruber 1993) ist eine Ontologie eine explizite Spezifizierung einer Konzeptualisierung (Gruber 1993). Die verwendeten Ontologien werden in OWL ausgedrückt, der vom W3C empfohlenen Ontologiesprache (W3C OWL Working Group 2009). Die Verknüpfung zwischen Fähigkeiten und Intuition steht im Zusammenhang mit der Semantik von Konzepten. Wesentliche Grundlagen für die Umsetzung sind im Exzellenzcluster „Integrative Produktionstechnologien für Hochlohnländer“ erarbeitet worden. Im Rahmen des Exzellenzclusters wurde ein Framework entwickelt, das die semantische Integration und Analyse von Mess- und Unternehmensdaten nach Echtzeitanforderungen ermöglicht. Semantische Technologien werden eingesetzt, um die Bedeutung der Daten aus dem Entstehungskontext herauszuarbeiten. Hierbei werden die Daten automatisch mit Begriffen und Konzepten aus der Anwendungsdomäne annotiert. Darüber hinaus wird ein semantischer Integrations- und Transformationsprozess ermöglicht. So können nachfolgende Integrations- und vor allem Analyseprozesse diese Begriffe und Konzepte mithilfe spezialisierter Analysealgorithmen nutzen (Meisen et al. 2011a, b, 2013).

2.2.2 Verhalten und Absicht

„Verhalten“ und „Intention“ sind psychologische Begriffe, die berücksichtigt werden müssen, um ein Informationsmodell zu entwickeln, das es einem Robotersystem ermöglicht, seine Intention zu explizieren und die Intention eines Menschen aus dem Verhalten

des Menschen abzuleiten. Es gibt viele empirische Studien zu den Konzepten Verhalten und Intention. Diese Studien bilden die theoretische Grundlage für den Zusammenhang zwischen menschlichem Verhalten und menschlichen Absichten, die in der Ontologie abgebildet werden.

Die Grundannahme ist hierbei, dass die Mensch-Maschine-Interaktion zielgerichtet sein wird, sodass ungeplantes Verhalten ignoriert werden kann und daher auf die folgenden Theorien fokussiert wird. Die Theorie des logischen Handelns (theory of reasoned action TRA) (Fishbein und Ajzen 1975) und die Theorie des geplanten Verhaltens (theory of planned behavior TPB) (Ajzen 1991) sind der psychologische Hintergrund für die Ableitung der Absicht, ein bestimmtes Ziel durch das Verhalten zu erreichen. Die psychologischen Studien werden auch helfen, das Verhalten vorherzusagen. Das Ziel der Studie (Bagozzi et al. 1989) ist es, zu zeigen, „that discovery of the role of intentions depends on the statistical power of test procedures, the reliability of measures of intentions, and the nature of the processes intervening between intentions and behavior“ (Bagozzi et al. 1989). Eine weitere berücksichtigte Studie betrachtet bei der Umsetzung von Intentionen den Einfluss von Randbedingungen wie Stress (Budden und Sagarin 2007).

Many individuals intend to exercise, but fail to link this intention to behavior. The present study examined the impact of an implementation intention intervention (i.e., instructions to form specific if-then plans) on an exercise intention-behavior relationship among working adults who varied in reported occupational stress levels. Results indicated that implementation intentions backfired, such that participants who did not form an implementation intention exercised significantly more than participants who formed an implementation intention (Budden und Sagarin 2007).

Nebenwirkungen menschlichen Verhaltens, die mit den „schlechten Gewohnheiten“ der interagierenden Menschen zusammenhängen, sollen herausgefiltert werden. Es wird eine Achtsamkeit vorausgesetzt, wenn es um die Beziehung zwischen Verhalten und Intention geht, wie sie von Chatzisarantis und Hagger (2007) untersucht wird: „These findings suggest that mindfulness is a useful construct that helps understand the intention-behavior relationship within the theory of planned behavior.“ (Chatzisarantis et al. 2007).

2.2.3 Robotik

Das Informationsmodell ist das „Gehirn“ des Interaktionssystems, das in der Lage ist, aus dem Verhalten auf der Grundlage des zuvor erwähnten psychologischen Wissens Absichten abzuleiten. Der nächste Schritt ist ein Blick auf das Verhalten des Roboters. Ein menschlicher Mitarbeiter sollte in der Lage sein, das Ziel jeder Operation aus den Aktionen des Roboters abzuleiten. Deshalb muss der Roboter so handeln, wie es der Mensch erwartet. Die Bewegungen eines Industrieroboters sind sehr effizient, aber für den Menschen nicht immer nachvollziehbar. Um zu erreichen, dass sich der Roboter genau so bewegt, wie der Benutzer es erwartet, müssen kinematische Einschränkungen

in das Informationsmodell eingefügt werden. Die Forschungen von Dragan et al. werfen einen Blick auf irreführende Roboterbewegungen. Der Roboter sollte seine Absicht verbergen (Dragan et al. 2014). Die Ergebnisse dieser Studie sind sehr interessant für die Definition der Bandbreite akzeptabler Bewegungen aus der menschlichen Perspektive, die im Informationsmodell implementiert sind. In einer anderen Arbeit der Autoren prognostiziert man aufgrund von Vorerfahrungen einen Ausgangszustand und nutzt ihn zur Optimierung der Trajektorie (Dragan et al. 2011). Die Abbildung von Maschinenbewegungen auf menschliche Bewegungen und umgekehrt ist eine Grundfunktion des Informationsmodells mit dem Ziel, dem Menschen eine Vorhersage darüber zu ermöglichen, was der Roboter tun wird und umgekehrt (Dragan und Srinivasa 2012). Die Publikationen (Ewert et al. 2012a, b; Mayer et al. 2012) beziehen sich auf einen Planungsalgorithmus, mit dem sich die Problemlösungsstrategie eines Robotersystems selbst optimieren lässt. Dieser Algorithmus wird verwendet, um das Robotersystem an eine bekannte Situation anzupassen, die sich direkt aus einer unbekanntem Situation ableitet. (Vieritz et al. 2011) zeigt einen humanzentrierten Designansatz für die Entwicklung von Automatisierungssystemen, der in dieser Arbeit zum Einsatz kommt.

2.3 Methode

2.3.1 Systemaufbau

Für das Systemdesign werden sowohl die Roboterkonfiguration als auch die Sicherheitsbewertung von Robotern und Applikationen berücksichtigt. Es müssen Methoden für eine sichere Mensch-Maschine-Interaktion entwickelt und die Art und Weise der Beschreibung der Interaktion festgelegt werden. Basierend auf diesen Beschreibungen und Konfigurationen muss eine sichere Roboterkonfiguration abgeleitet werden, um zuverlässige Risiken und unerwünschte Interaktionen richtig zu erkennen.

2.3.2 Erfassen

Für eine sichere Mensch-Roboter-Interaktion ist es notwendig, dass der Roboter Mensch und Umwelt erkennen kann. Die Erfassung der Umgebung des Roboters erfolgt über Sensoren und deren Datenaufzeichnung. Sensorwerte müssen miteinander korreliert werden, um umfassende und verifizierte Informationen zu liefern. Die Detektion sollte so gut und effizient wie möglich sein, auch unter ungünstigen Bedingungen (bzgl. Lichtverhältnissen, Oberflächen, Verschmutzung), um die Sicherheit des Menschen zu gewährleisten. Seit einigen Jahren stehen auch optische Sensorsysteme zur Verfügung, die helfen, den gemeinsamen Arbeitsraum von Mensch und Roboter zu überwachen und Kollisionen zu vermeiden. Die Arbeitsbereichsüberwachung aus einer festen Perspektive ist jedoch mit allgemeinen Einschränkungen verbunden, wie z. B. der Verdeckung des

sichtbaren Bereichs durch Hindernisse. Es ist nicht auszuschließen, dass sich ein Mensch hinter einem Sensor verbirgt. Der Roboter kann dieses Grundproblem lösen, indem er Hindernisse in seinem Bewegungsbereich selbstständig erkennt, sodass die „Gefahrenquelle“ mit Sensorik ausgestattet ist. In diesem Fall stellen die räumliche Auflösung und die Echtzeitfähigkeit des Sensors besondere Herausforderungen an die technische Integration dar.

2.3.3 Erkennen und Auswerten

Basierend auf den Sensordaten erfolgt eine Erfassung und Bewertung der Umgebung, in der sich der Roboter und der Mensch befinden. Dazu braucht man eine verlässliche Unterscheidung des Menschen von anderen Objekten. Ausgehend von der Erkennung eines Szenarios muss jede Situation dahin gehend bewertet werden, ob es sich um eine absichtliche Interaktion oder um ein Risiko für den Menschen handelt. Es muss sichergestellt sein, dass die verwendeten Algorithmen Situationen richtig erkennen und bewerten. In diesem Projekt wird ein Modell implementiert, das automatisch eine von einer Person gezeigte Bewegung auf einen Arm und eine Hand eines Industrieroboters überträgt. Bei der Zusammenarbeit mit Robotern steht die Sicherheit der Menschen im Vordergrund. Sicherheitsaspekte der generierten Roboterprogramme basieren auf dem individuellen Arbeitsraum verschiedener Roboterkinematiken. Die Konfiguration der Roboterbewegungsbefehle muss Singularitäten und Diskontinuitäten vermeiden. Die menschlichen Bewegungen werden in Bewegungsmuster unterteilt. Die Bewegungsanalyse berechnet alle Parameter der Roboterbefehle, um gefährliche Situationen zu vermeiden. Der Roboter lernt Bewegungen und kann diese auf jedes Objekt anwenden. Die Bewegungen werden nicht kopiert, sondern an die jeweilige Aufgabe angepasst. Die jeweilige benötigte Trajektorie wird in Abhängigkeit von der Objektposition angepasst. Die allgemeine Objektmanipulation erfordert haptisches Verständnis, um schnell eine Trajektorie und Handhabungsbewegungen für komplexe Bauteile an der gewünschten Stelle zu erzeugen.

2.3.4 Agieren/Reagieren

Eine Reaktion des Roboters ist die Antwort auf eine bestimmte Situation. Wie der Roboter reagiert, hängt vom Ergebnis der Situationsbewertung ab. Die Reaktion muss immer so ablaufen, dass keine Gefahr für den Menschen entsteht. Der Roboter muss auch auf Fehlverhalten der Menschen reagieren, sodass keine Gefahr für ihn besteht oder zumindest negative Folgen minimiert werden. Die Reaktion bezieht sich auf die Akteure, die sicherstellen müssen, dass die Steuersignale fehlerfrei sind, d. h., wenn die notwendigen Anforderungen erfüllt sind, wird eine Reaktion gestartet. Während der Bewegung bestimmt eine adaptive Bahnplanung, welche Reaktion stattfindet, um Kollisionen zu vermeiden. Hierfür müssen jedoch die Fähigkeiten der Antriebe bekannt sein und berücksichtigt werden.

Im Gegensatz zu Robotersystemen in der Produktion ist bei Servicerobotern die direkte Interaktion zwischen Mensch und Roboter ein wesentlicher Bestandteil. Gerade beim Einsatz von mobilen Servicerobotern, wie z. B. Assistenzrobotern im industriellen oder häuslichen Umfeld, muss der Mensch sicher sein, wenn er sich in ihrer Nähe bewegt. Dabei ist das Einsetzen von trennenden Schutzvorrichtungen in der Regel nicht möglich. Mobile Serviceroboter mit Manipulatoren müssen die Umgebung von Menschen sicher befahren. Der Arbeitsraum des Roboters muss dreidimensional überwacht und seine Bewegungen müssen an bestehende statische und dynamische Hindernisse angepasst werden. Das Informationsmodell bietet eine Methode, um aus den dreidimensionalen Sensordaten ein Hindernismodell zu generieren. Dieses Modell wird für die Trajektorienplanung des Manipulators und der mobilen Plattform des Roboters verwendet. Das Modell umfasst alle Freiheitsgrade des Robotersystems, das aus der Plattform und dem Manipulator besteht, um gleichzeitige Bewegungen von Manipulator und Plattform zu ermöglichen und Kollisionen zu vermeiden.

2.4 Informationsmodell

Die Architektur des Frameworks basiert auf einem serviceorientierten Ansatz. Im Framework werden Sensordaten durch Anwendung des Service-Bus-Prinzips übertragen. Zusätzlich werden Anwendungsdaten über den Bus verteilt. Daher wird ein ressourcenorientierter Ansatz nach dem Muster des Enterprise Service Bus implementiert. Abb. 2.2 veranschaulicht die architektonischen Grundlagen des Gerüsts und seiner Hauptkomponenten (Meisen et al. 2013).

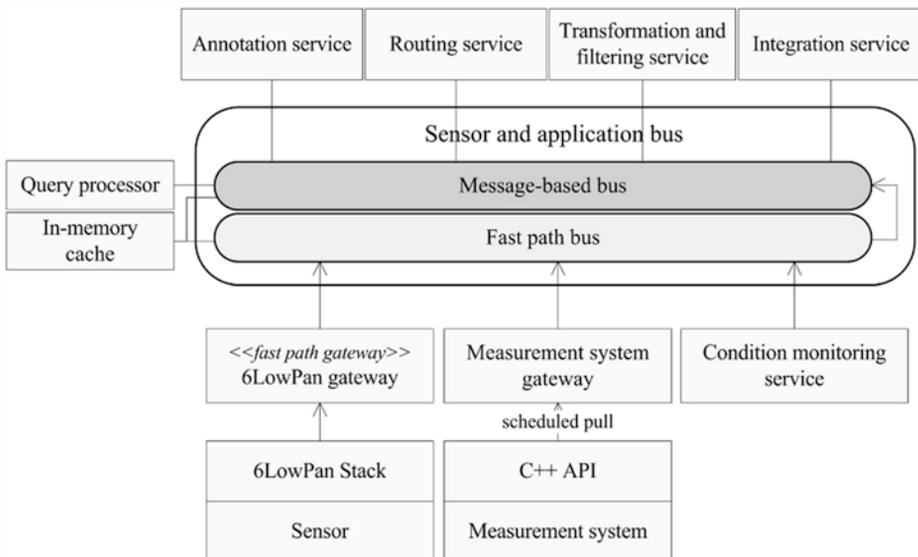


Abb. 2.2 Rahmenarchitektur von Tobias Meisen et al. (2013)

Sensorknoten werden über Gateways verbunden. Die Anbindung der Messsysteme erfolgt über dezidierte Schnittstellen, die den Zugriff über Application Programming Interfaces (API), Datenbanken und Screen Scraping ermöglichen. Darüber hinaus können die Daten entweder vom Messsystem propagiert oder vom Gateway per Scheduling abgerufen werden. Die Daten werden semantisch durch Annotationsdienste bearbeitet und an weitere Dienste weitergeleitet, entweder durch einen ereignisbasierten Publish-/Subscribe-Mechanismus oder durch das Auslösen konfigurierbarer Prozesse. Das Framework implementiert eine semantisch unterstützte Datenkonsolidierung für weitere Analyse-, Simulations- oder Reportingzwecke. Der Query-Processor realisiert den Zugriff auf die zugrunde liegende Datenhaltung. Die Bereitstellung der benötigten Daten erfolgt automatisch mithilfe der bereits erwähnten adaptiven Informationsintegrationstechnik (Meisen et al. 2013).

Die semantisch annotierten Daten werden als Information in der Systemontologie gespeichert. Die Ontologie enthält Informationen über die konkreten Transformationen, Merkmale und Anwendungen, die im Kontext einer bestimmten Domäne verwendet werden. Außerdem werden Informationen über das domänenspezifische Datenschema gespeichert (Meisen et al. 2011).

Die Ontologie der jeweiligen Domäne muss die Konzepte der Framework-Ontologie spezialisieren, um die Konzeptualisierung der Domäne zu spezifizieren. Diese Hauptkonzepte sind Daten, Feature, Applikation und Transformation, die kurz vorgestellt werden.

Die Konzeptdaten sind die Verallgemeinerung aller in der Domäne verwendeten Datenkonzepte. Genauer gesagt, jedes Konzept in der Domänenontologie, das zur Beschreibung des Datenschemas der Domäne verwendet wird, muss eine Spezialisierung der Konzeptdaten sein.

Um domänenspezifische Merkmale zu definieren, wird das Konzeptmerkmal verwendet. Eine Spezialisierung des Konzeptmerkmals ist die Auflistung der Anforderungen, die durch einen Datensatz erfüllt werden müssen. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, wird das Merkmal durch die angegebenen Daten erfüllt.

Für jede Definition von Anwendungen und deren Anforderungen müssen Instanzen der Konzeptanwendung in der Domänenontologie ausgedrückt werden. Neben den Anforderungen, die über Features ausgedrückt werden, kann eine Instanz der Konzeptanwendung zusätzliche Objekteigenschaften haben, um domänenspezifische Informationen einer Anwendung auszudrücken. Ähnlich wie bei einer Anwendung hat eine Transformation Anforderungen, die erfüllt werden müssen. Andernfalls kann die Transformation nicht verwendet werden. Daher muss jede Instanz der Konzepttransformation die Anforderungen durch die Definition von Instanzen von Merkmalskonzepten skizzieren. Darüber hinaus verändert eine Transformation die Eigenschaften der Daten. Realisiert wird dies, indem die Effekte der Transformation in der Ontologie zum Ausdruck gebracht werden. Die Begriffsumwandlung und ihre wesentlichen Zusammenhänge sind in Abb. 2.3 (Meisen et al. 2011) dargestellt.

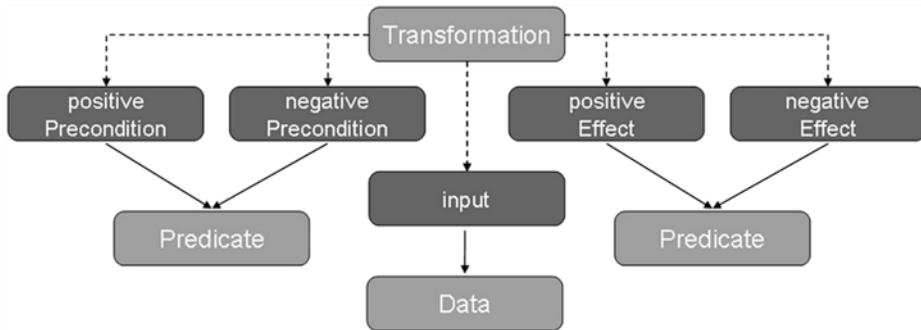


Abb. 2.3 Fragment der Framework-Ontologie – Transformationskonzept von Tobias Meisen et al. (2011)

2.5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde ein Ansatz eines Informationsmodells als integratives Konzept für eine sichere Mensch-Roboter-Interaktion unter Berücksichtigung nonverbaler kommunizierter Intentionen vorgestellt. Das Informationsmodell ist in Abschn. 2.4 dargestellt und basiert auf den bisherigen Arbeiten, die in Abschn. 2.2 zusammengefasst sind. Abschn. 2.3 beschreibt die Schritte, die unternommen werden müssen, um ein entsprechendes Robotersystem aufzubauen, das das Informationsmodell mit Sensordaten füllt, sodass das System intentionsbasierte Informationen aus den Daten ableiten kann, die auf den Beziehungen basieren, die in der Ontologie dargestellt werden. Der nächste Schritt wird die Implementierung des Informationsmodells auf einem Robotersystem in einer industrialisierten Umgebung sein.

Ziel ist es, die Grundlagen für Assistenzsysteme zu schaffen, die eine sichere und effiziente Interaktion zwischen Mensch und Roboter im gleichen Arbeitsraum ermöglichen. Das Informationsmodell kann die Effizienz steigern. Neben der Produktion wird sich der Einsatz der Robotik in anderen Bereichen wie Medizin, Werkstatt und Haushalt immer mehr durchsetzen. Nachhaltigkeit spielt bei der Entsorgung von Gütern eine immer wichtigere Rolle. Die Güter sind so kostengünstig wie möglich zu entsorgen. Um die Entsorgung in Hochlohnländern wirtschaftlich durchführen zu können, ist auch eine sichere Mensch-Maschine-Interaktion notwendig, um die Stärken von Mensch und Roboter optimal zu nutzen. Ein Beispiel für die optimale Zusammenführung der jeweiligen Stärken von Mensch und Maschine wäre bspw. eine gemeinsame Montageaufgabe, bei der die Kombination aus der menschlichen Flexibilität beim Erkennen und der menschlichen Erfahrung hinsichtlich der Reihenfolge von Aktionen, kombiniert mit der Kraft eines Roboters beim Halten schwerer Komponenten, zu einer optimalen Lösung führt. Solche sicher gestalteten Interaktionen sind auch bei der Akzeptanzbetrachtung von Assistenzsystemen ein wichtiger Untersuchungsgegenstand. Der demografische Wandel führt zu einem immer höheren Renteneintrittsalter. Sichere Assistenzsysteme können vor allem älteren, aber sehr erfahrenen Menschen helfen.

Literatur

- A Roadmap for U.S. Robotics –From Internet to Robotics. (March 2013). www.robotics-vo.us.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision processes*, 50,179–211.
- Bagozzi, R. P., Baumgartner, J., & Yi, Y. (1989/1903). An investigation into the role of intentions as mediators of the attitude-behavior relationship. *Journal of Economic Psychology* 10(1), 35–62.
- Bofinger, P., Feld, L. P., Franz, W., Schmidt, C. M., & Weder di Mauro, B. (2011). Herausforderungen des demografischen Wandels. Expertise im Auftrag der Bundesregierung, Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Statistisches Bundesamt. Mai 2011.
- Budden, J. S., & Sagarin, B. J. (2007). Implementation Intentions, Occupational Stress, and the Exercise Intention–Behavior Relationship. *Journal of Occupational Health Psychology*, 12(4), 391–401.
- Chatzisarantis, N. L. D., & Hagger, M. S. (2007). Mindfulness and the intention-behavior relationship within the theory of planned behavior. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 33(5), 663–676.
- Dragan, A., & Srinivasa, S. (2012). Online customization of teleoperation interfaces. In 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (Ro-Man), September 2012.
- Dragan, A., Gordon, G., & Srinivasa, S. (2011). Learning from experience in manipulation planning: Setting the right goals. In Proceedings of the International Symposium on Robotics Research (ISRR), July, 2011.
- Dragan, A., Holladay, R., & Srinivasa S. (July 2014). An analysis of deceptive robot motion. *Robotics: Science and Systems*.
- Ewert, D., Schilberg, D., & Jeschke, S. (2012a). Selfoptimized assembly planning for a ROS based robot cell. In *Intelligent Robotics and Applications: Proceedings of the 5th International Conference (ICIRA 2012)*, Lecture Notes in Computer Science (Bd. 7506, S. 696–705). Montreal, Canada, 3–5 October 2012. Berlin: Springer.
- Ewert, D., Mayer, M. P., Schilberg, D., & Jeschke, S. (2012b). Adaptive assembly planning for a nondeterministic domain. In 2012 AHFE International Conference : 21–25 July 2012 (S. 2720–2729). San Francisco, California, USA Publ.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research. Reading: Addison-Wesley
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5, 199–220.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2012). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. Berlin 2012.
- Lee and Seshia. (2011). Introduction to embedded systems – A cyber-physical systems approach. LeeSeshia.org.
- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2009). Introduction to information retrieval. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, M. P., Odenthal, B., Ewert, D., Kempf, T., Behnen, D., Büscher, C., Kuz, S., Müller, S., Hauck, E., Kausch, B., Schilberg, D., Herfs, W., Schlick, C. M., Jeschke, S., & Brecher, C. (2012). Self-optimising assembly systems based on cognitive technologies. In C. Brecher (Hrsg.) Integrative production technology for high-wage countries (S. 894–946). Heidelberg: Springer.

- Meisen, T., Meisen, P., Schilberg, D., & Jeschke, S. (2011). Application integration of simulation tools considering domain specific knowledge. In Proceedings of the 13th International Conference on Enterprise Information Systems, SciTePress, 42–53.
- Meisen, T., Reinhard, R., Schilberg, D., & Jeschke, S. (2011). A framework for adaptive data integration in digital production, in innovation in product and production. In D. Spath, R. Ilg, T. Krause (Hrsg.) – Proceedings of the 21st International Conference on Production Research (ICPR 21). Stuttgart, Germany, 31 July – 4 August 2011 (S. 108). Stuttgart: Fraunhofer.
- Meisen, T., Rix, M., Hoffmann, M., Schilberg, D., & Jeschke, S. (2013). *A framework for semantic integration and analysis of measurement data in modern industrial machinery*. In Proceedings of the International Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments (ISMTH 2013), Aachen & Braunschweig, Germany, 1–5 July 2013. Aachen: Apprimus.
- Oddy, R. N., Belkin, N. J., & Brooks, H. M. (1982). Ask for information retrieval: Part II. Results of a design study. The School of Information Studies Faculty Scholarship. Paper 151.
- Rix, M., Reinhard, R., Schilberg, D., Jeschke, S., & Eibisch, H. (2014). Prädiktive Analyse zur Prozessoptimierung im Druckguss in Automation 2014: 15. Branchentreff der Mess- und Automatisierungstechnik. 2. VDI-Berichte (Bd. 2231, S. 1197–1208). Baden-Baden, Germany, 1–2 July 2014, Düsseldorf: VDI.
- The German Standardization Roadmap – Industrie 4.0. DIN, DKE, VDE November 2014.
- W3C OWL Working Group, 2009, OWL 2 Web Ontology Language. Hrsg. v. W3C.
- Vieritz, H., Yazdi, F., Göhner, P., Schilberg, D., & Jeschke, S. (2011). User-Centered design of accessible web and automation systems. In *Information Quality in e-Health. Proceedings of the 7th Conference of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the Austrian Computer Society (USAB 2011)*, Lecture notes in computer science (Bd. 7058, S. 367–378). Graz, Austria, 25–26 November 2011, Berlin: Springer.

Prof. Dr.-Ing. Daniel Schilberg ist Prodekan für Mechatronik und Forschung des Fachbereichs Mechatronik und Maschinenbau und Professor für Robotik und Mechatronik an der Hochschule Bochum. Zudem ist er Geschäftsführer des Mechatronik-Zentrums NRW Bochum. Seine Forschungsschwerpunkte sind Robotik, Mensch-Maschine-Interaktion, Informationsmodelle und Informationsintegration. Er war im November 2013 Fellowship für Innovationen in der Hochschullehre (vergeben durch Baden-Württemberg Stiftung, Joachim Herz Stiftung und Stifterverband), von August 2012 bis August 2014 Juniorprofessor „Interoperabilität von Simulationen“ an der Fakultät für Maschinenwesen, RWTH Aachen University, und von Oktober 2011 bis August 2014 Deputy Coordinator der Integrative Cluster Domain B-1 „Virtual Production Intelligence“ des DFG-Exzellenzclusters „Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer“. Von März 2011 bis August 2014 war er Geschäftsführer des Lehrstuhls für Informationsmanagement im Maschinenbau (IMA) der RWTH Aachen University, von Januar 2010 bis März 2015 Technologieberater bei Nets ‚n‘ Clouds – Consulting für Technologieentwicklung und Organisationsoptimierung GmbH. Die Leitung des Bereichs Ingenieur-Informatik hatte er von Januar 2010 bis Februar 2011 inne (Oberingenieur am Lehrstuhl für Informationsmanagement im Maschinenbau (IMA) der RWTH Aachen University). Die Promotionsprüfung erfolgte im Dezember 2009 mit Auszeichnung.

Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Schmitz, M.Sc. ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Robotik und Mechatronik der Hochschule Bochum. Er beschäftigt sich u. a. mit Industrierobotern und cyber-physischen Systemen.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Erfahrungen aus dem Einsatz von Pflegerobotern für Menschen im Alter

3

Michael Früh und Alina Gasser

Zusammenfassung

Dieser Beitrag beschreibt die Erfahrungen bei der Entwicklung, Erprobung und Kommerzialisierung von Pflegerobotern aus Sicht der Firma F&P Robotics AG. Vorbehalte gegenüber dem Einsatz von Robotik in der Pflege sind noch immer weit verbreitet. Die Haltung von F&P ist es, dass nicht das Ersetzen von Mitarbeitern, sondern die sinnvolle Zusammenarbeit von Mensch und Roboter gefördert werden soll. F&P ist ein Pionier in den Bereichen Personal- und Pflegerobotik und testet derzeit den Einsatz von Robotern in Alten- und Pflegeheimen. Im ersten Teil des Beitrags werden verschiedene Serviceroboter von F&P beschrieben und deren Einsatzbereiche und Nutzen erläutert. Im Rahmen einer Masterarbeit der Universität Basel wurde eine Studie bezüglich der Akzeptanz älterer Menschen gegenüber Pflegerobotern durchgeführt. Die Resultate werden im zweiten Teil präsentiert.

M. Früh (✉)
F&P Robotics AG, Glattbrugg, Schweiz
E-Mail: mfr@fp-robotics.com

A. Gasser
Zürich, Schweiz
E-Mail: ags@fp-robotics.com

3.1 F&P Robotics

F&P Robotics ist ein Hightech-Unternehmen mit Sitz in Zürich. Der Schwerpunkt der Firma liegt auf der Entwicklung von intelligenten, persönlichen und sicheren Robotern. Dabei wird Wert auf eine sympathische Erscheinung der Roboter gelegt, um die Beziehung von Mensch und Maschine möglichst angenehm zu gestalten.

Die Produkte von F&P kommen in zwei Märkten zum Einsatz. Der erste Markt umfasst das Gesundheitswesen mit Schwerpunkt Pflege, wobei F&P intelligente Unterstützungsroboter für Pflegeheime, Krankenhäuser und Rehabilitationseinrichtungen anbietet. Die beiden Roboter Lio und P-Care unterstützen das Pflegepersonal bei repetitiven Aufgaben und bieten den Bewohnern Assistenz- und Unterhaltungsmöglichkeiten. Der zweite Markt umfasst das Gewerbe. Für Kunden in diesem Segment bietet F&P sichere und einfach zu bedienende Roboterarme an. Der Roboterarm P-Rob unterstützt Mitarbeiter in direkter Zusammenarbeit beim Beladen von Maschinen, beim Verpacken von Produkten oder bei der Qualitätskontrolle. Die Roboter können dabei stationär, aber auch auf fahrbaren Plattformen eingesetzt werden.

3.2 Pflegeroboter und deren Funktionen

Die Konversationen rund um das Thema Pflegerobotik sind in den letzten Jahren merklich häufiger geworden. Dies liegt einerseits daran, dass das Gesundheitswesen mit Herausforderungen konfrontiert ist, für die dringend innovative Lösungen benötigt werden. Dazu zählen die demografische Entwicklung und der Mangel an Fachkräften. Andererseits werden von Robotikherstellern und Universitäten vermehrt Projekte vorgestellt, welche einen Nutzen für die Praxis vorweisen können.

Die aktuellen Funktionalitäten von Pflegerobotern werden ihrem Namen allerdings nur selten gerecht. Interaktionsfunktionen, wie Terminerinnerungen oder Spiele, stehen im Vordergrund. Gewisse Roboter können auch Transportfunktionen übernehmen oder als Gehilfe dienen. Um Aufgaben der Pflege bewältigen zu können, beispielsweise einen Verband zu wechseln oder Blut zu nehmen, benötigen Roboter aus technischer Sicht ein komplexes Zusammenspiel zwischen physischen Manipulationen, Sicherheitsmechanismen und Wahrnehmungsfähigkeit. Aus ethischer und sozialer Sicht stellen sich weitere wichtige Fragen, welchen sich die Autoren dieses Buches ebenfalls widmen.

In diesem Spannungsfeld hat die F&P Robotics AG in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus dem Gesundheitswesen Pflegeroboter entwickelt, welche gemäß Klein et al. (2018) als komplexe Systeme bezeichnet werden können und Funktionen in der Betreuung, Hotellerie und der Pflegeunterstützung abdecken. Dies aus der Überzeugung heraus, dass nur durch umfangreiche Funktionalitäten ein effektiver Mehrwert für die Praxis generiert werden kann, der zudem auch finanziell vertretbar ist.

Die Roboter von F&P zeichnen sich dadurch aus, dass sie für unterschiedliche Einsatzbereiche und Bedürfnisse angepasst werden können. So werden keine statischen

Produkte entwickelt, sondern persönliche Serviceroboter, die auf Menschen eingehen und lernfähig sind. Dies macht sie besonders sinnvoll für die Pflege, wo sich die Bedürfnisse der Menschen laufend ändern können. Besonders in Alten- und Pflegeheimen fallen verschiedene Bereiche zusammen, da sie nicht nur auf Gesundheit ausgerichtet sind, sondern für viele Menschen deren Zuhause darstellen.

Ein wichtiger Bereich in der stationären Pflege stellt die Hotellerie dar. Serviceroboter können das Fachpersonal gezielt entlasten, indem sie Objekte – beispielsweise Gläser oder Teller – transportieren. Hierbei spielt die künstliche Intelligenz eine wichtige Rolle. Die Roboter müssen in der Lage sein, Gegenstände auch dann wiederzuerkennen, wenn sie nicht mehr an derselben Stelle liegen wie beim letzten Mal. Wie Klein et al. bemerken, sind besonders schwer erreichbare Gegenstände eine große Hürde für viele Patienten, welche durch die Hilfe von Robotern überwunden werden kann (2018, S. 67).

Auch in der Betreuung kommen die Serviceroboter zum Einsatz. Durch Interaktion und Unterhaltung bereiten die beiden Roboter Lio und P-Care, die im kommenden Abschnitt genauer vorgestellt werden, pflegebedürftigen Menschen Freude. Durch Sprachfunktionen können Unterhaltungen geführt und Informationen ausgetauscht werden. Lio und P-Care können Fragen nach dem Wetter oder den aktuellsten Nachrichten beantworten und dienen so als Gesprächspartner für die Bewohner. Sie können sich Wünsche und Verhaltensweisen ihres Gegenübers merken und so gezielt auf deren Bedürfnisse eingehen.

Nebst Hotellerie und Betreuung ist eine direkte Pflegeunterstützung durch Serviceroboter möglich. Lio kann sich mit Wearables verbinden, dadurch den Gesundheitszustand der Bewohner beobachten und dem Fachpersonal gezielt wichtige Informationen weiterleiten. Die Roboter können Patienten an Medikamente erinnern und, wenn z. B. nach einem Sturz notwendig, einen Alarm auslösen.

3.2.1 Lio

Lio ist ein persönlicher Serviceroboter für den Einsatz in Alten- und Pflegeheimen, Rehabilitationskliniken und für auf Unterstützung angewiesene Menschen zu Hause (s. Abb. 3.1). Der mobile, mit einer weichen Kunstlederhaut ausgestattete Roboter kann mit Menschen kommunizieren, im Haushalt und bei pflegerischen Aufgaben unterstützen. Technologien der Mechatronik und künstlichen Intelligenz werden so eingesetzt, dass Lio nicht nur hilfreich ist, sondern von Menschen auch gemocht und akzeptiert wird.

Komponenten von Lio:

- Roboterarm mit sechs Freiheitsgraden, max. Traglast 3 kg
- Mobile Plattform mit Lasersensor und mehreren Ultraschallsensoren, autonome Navigation, Pfaderkennung (SLAM integriert), Ausweichfunktionen
- Ablageflächen für Getränke, Teller etc.
- Tablet-Display für Darstellung des Status von Lio an der Plattform

Abb. 3.1 Roboter Lio

- Separates Bediener-Tablet
- Zwei Kameras für Personen- und Objekterkennung
- Softwarepaket mit ca. 30 Interaktionsfunktionen

Um Lio bestmöglich an die Bedürfnisse der Menschen anzupassen, wird sein Verhaltensrepertoire vor dem Einsatz auf die Menschen in seiner Umgebung eingestellt. Diese Anpassungen umfassen Spracherkennung, Personenerkennung, Tagesablauf, Usancen der Person und spezielle Wünsche, sofern diese technisch realisierbar sind. Umfassendere Anpassungen (Funktionen, welche nicht im Standardrepertoire enthalten sind) werden projektspezifisch umgesetzt.

Ein Vorbehalt, der häufig im Zusammenhang mit Pflegerobotern geäußert wird, betrifft die Sicherheit der zu betreuenden Menschen. Die Sicherheit des Personals und der zu betreuenden Personen wird durch das Einhalten der entsprechenden Normen (insbesondere ISO 13482 Personal Care Robots und ISO 15066 Collaborative Robots) gewährleistet. Die Zulassung für Lio in Europa wird zusammen mit der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA) bearbeitet. Zusätzlich wird das Personal, welches mit dem Roboter zusammenarbeitet, gezielt geschult. Die Schulung beinhaltet auch die Vermittlung von Sicherheitsmaßnahmen, welche das Pflegepersonal berücksichtigen soll.

Die Akzeptanz gegenüber Lio wurde bereits früh in der Entwicklungsphase mit Praxiseinsätzen und während einer Masterarbeit in Schweizer Altersheimen getestet (siehe 1.5). Lio half dabei, Gegenstände aufzuheben, und kommunizierte mit den Bewohnerinnen

und Bewohnern. Die Reaktionen der älteren Menschen sind dabei mehrheitlich positiv ausgefallen. Zusätzlich werden Messen dazu genutzt, Erkenntnisse zum Einsatz von Pflegerobotern zu gewinnen. Dabei helfen Demos und Fragebogen, das Feedback von Besuchern festzuhalten und auszuwerten.

3.2.2 P-Care

P-Care wurde in Kooperation mit ZRFN Robotics aus China entwickelt (s. Abb. 3.2). Ähnlich wie Lio hilft P-Care Menschen mit Unterstützungsbedarf in ihrem Alltag und assistiert dem Pflegepersonal. P-Care zeichnet sich durch ein humanoides Design aus und vermittelt durch seine freundliche Erscheinung eine warme Atmosphäre. Er kann

Abb. 3.2 Roboter P-Care



mit zwei Armen gleichzeitig arbeiten, hat ein integriertes Tablet zur Darstellung seines Zustandes sowie Mikrofon und Lautsprecher für die verbale Kommunikation.

Komponenten von P-Care:

- Roboter mit zwei Armen mit jeweils sechs Freiheitsgraden, max. Traglast je 3 kg
- Total 17 Freiheitsgrade, 5 davon im Rumpf des Roboters
- Dimensionen: ca. 1,5 m hoch, 0,6 m breit
- Mobile Plattform mit 30Ah, Lidarsensor, mehreren Time-of-Flight-(ToF)-Sensoren, autonomer Navigation, Pfaderkennung (SLAM), Ausweichfunktionen
- Ablage für Getränke, Teller etc.
- Tablet für Visualisierungen
- Emotionen können über LCD-Augen und integrierte LEDs ausgedrückt werden
- Zwei RGB-D-Kameras, vier RGB-Kameras
- Fortgeschrittene Softwarefunktionen: Spracherkennung (multilingual), soziale Funktionalitäten, integrierte künstliche Intelligenz
- Gesichtserkennung, Human-Pose-Erkennung
- Berührungsempfindliche Oberfläche am Kopf und Unterarm für haptische Interaktion
- Softwarepaket mit ca. 30 Interaktionsfunktionen

Mit über 30 Softwarefunktionen (Unterhaltung, Erinnerung an Medikamente oder Aktivitäten, soziale Interaktion etc.) kann P-Care auf individuelle Bedürfnisse der Menschen eingehen. Wie Lio kann P-Care in unterschiedlichen Bereichen wie Hotellerie, Betreuung und Pflegeunterstützung eingesetzt werden. Die persönliche Erscheinung ist aufgrund seines Designs bei P-Care besonders ausgeprägt. Das Design von P-Care ist im Gegensatz zu Lio menschenähnlich und vorerst auf den asiatischen Markt ausgerichtet.

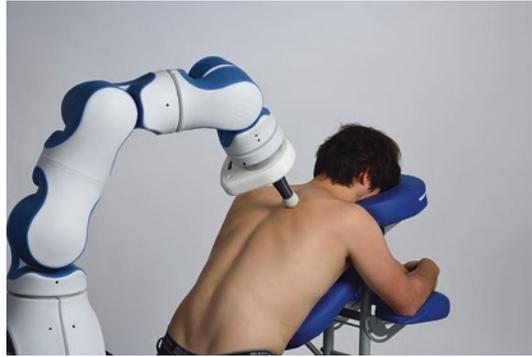
3.2.3 Therapieroboter P-Rob Glarus

F&P hat den Roboterarm P-Rob zu einem gefühlvollen Therapieroboter weiterentwickelt (s. Abb. 3.3). Dieser wird in der Tagesklinik Glarus in der Schweiz eingesetzt.

Komponenten von P-Rob 2R:

- Sechs Freiheitsgrade
- Kraft-Momenten-Sensor
- Zwei Kameras
- Max. Traglast 3–5 kg
- Höhe: ca. 1,1 m
- Reichweite: 77,5 cm

Abb. 3.3 Therapieroboter
P-Rob 2R in der Tagesklinik
Glarus



- Kann auf dem Boden, auf Tischen, an der Wand, an der Decke oder auf mobilen Plattformen installiert werden
- Softwarepaket myP

Für die Tagesklinik Glarus wurde der P-Rob, ein Roboterarm, der in unterschiedlichen Varianten und mit verschiedenen Greifern erhältlich ist, mit einer speziellen Applikation, einem weichen Massageball, ausgestattet, um automatisierte Impulsmassagen durchzuführen. P-Rob erkennt mithilfe eines Kamerasystems die vom Personal vorgezeichneten Punkte, welche die gewünschten Behandlungsstellen markieren. Individuell auf die Bedürfnisse und Beschwerden des Patienten abgestimmt, führt P-Rob kreis- oder kegelförmige Bewegungen gezielt aus. Dabei kann die Kraft, mit der die Massage durchgeführt werden soll, von 5 bis 200 N variiert werden.

So konnte dem bestehenden Personalmangel mit einer automatisierten Lösung entgegengewirkt werden. Der Einsatz von P-Rob in der Tagesklinik ist ein schönes Beispiel für einen kollaborativen Serviceroboter, für den keine Schutzeinrichtung nötig ist und der so den Menschen direkt Hilfestellung leisten kann.

3.3 Implementierung von Pflegerobotern Lio, P-Care und P-Rob

Für viele Menschen bringt die Vorstellung, Roboter in Pflege- und Altersheimen zu integrieren, viele Fragezeichen mit sich. Es ist daher wichtig, Schritt für Schritt vorzugehen, um eine einwandfreie Implementation zu ermöglichen. F&P bietet während der ersten zwei Wochen der Inbetriebnahme Rundumbetreuung und ist auch nach diesem Zeitfenster nach Bedarf zur Stelle, um dem Pflegepersonal bei der Handhabung des Roboters zur Seite zu stehen. Außerdem wird das Verhaltensrepertoire des Roboters gemäß den Anforderungen des Kunden angepasst und Daten von Betreuten, Fachpersonen, den Räumlichkeiten sowie täglichen und wöchentlichen Routineabläufen werden erfasst. Auch Besuchsplanungen können dem Roboter beigebracht werden.

Um Betrieben die Integration von robotischer Assistenz längerfristig zu erleichtern, bietet F&P Schulungen für das Pflegepersonal an. Während des ersten Jahres ab der Anschaffung eines Serviceroboters werden auf Wunsch der Institutionen periodisch Anpassungen der Programme vorgenommen sowie Software-Updates offeriert. Zusätzlich werden sowohl die Hardware als auch die Datenbank regelmäßig überprüft.

3.4 Nutzen der Pflegerobotik

Die Pflegerobotik bringt einen Nutzen in verschiedensten Bereichen. Zum einen steht bei F&P Robotics der bewusste Umgang mit Robotern und deren Einsatz als Ergänzung, nicht als Ablösung des Pflegepersonals im Vordergrund. Außerdem steigt die Lebensqualität der Bewohner durch die eingesetzten Serviceroboter merklich, da die betreuten Personen aktiver sind, mehr Anreize zur Kommunikation und zum Trinken erhalten. Schlussendlich bringt die Kollaboration mit Robotern auch wirtschaftliche Vorteile und ermöglicht es Institutionen, sich im kompetitiven Markt einen Platz zu sichern.

Wie Compagna et al. (2009) bemerken, werden sowohl vonseiten der Heimbewohner als auch des Pflegepersonals Vorbehalte gegenüber dem Einsatz von Pflegerobotern geäußert. Dies wurde bei der Studie „Robotik in Betreuung und Gesundheitsversorgung des Schweizer Zentrums für Technologieabklärung“ (2013) bestätigt. Diese Bedenken müssen ernst genommen werden. F&P Robotics führt deshalb in Alters- und Pflegeheimen Befragungen und Studien durch. Dadurch kann die Interaktion zwischen robotischer Hilfe und menschlichem Pflegepersonal so gestaltet werden, dass die soziale Komponente nicht verloren geht, sondern für Bewohner und Arbeitskräfte gleichermaßen ein Mehrwert entsteht.

3.4.1 Hilfestellung für Fachpersonen

Die Roboter von F&P können das Fachpersonal bei repetitiven und anstrengenden Aufgaben entlasten. Weite Wege, die zurückgelegt werden müssen, oder Transportaufgaben können für Menschen belastend sein. Roboter können diese Aufgaben für das Pflegepersonal übernehmen und so Hilfestellung leisten. Das Personal kann sich dadurch vermehrt auf jene Aufgaben konzentrieren, die direkte menschliche Interaktion sowie hohe pflegerische Kompetenz verlangen.

Statt den Menschen zu ersetzen, ermöglichen Lio und P-Care die gezielte Betreuung älterer Menschen und fungieren als Erweiterung des Pflegepersonals. Durch die Auseinandersetzung mit Technik und deren Einsatz in Wohnheimen mit Hilfe von Robotik werden Pflegeberufe aufgewertet und neue Berufsfelder kreiert.

3.4.2 Erhöhen der Lebensqualität der Bewohner

Die Betreuungsassistenten von F&P ermöglichen den Bewohnern, autonomer zu leben, wenn sie das möchten. Für viele kleinere Hilfsaufgaben wie etwa das Aufheben von Gegenständen sind die Bewohner nicht länger auf eine Fachperson angewiesen. Die selbstständige Bewältigung solcher Aufgaben kann älteren Menschen helfen, ihre Würde zu bewahren und sich unabhängig zu fühlen. Die Roboter können außerdem rund um die Uhr gerufen werden und den Menschen so auch mitten in der Nacht oder am frühen Morgen Hilfestellung leisten.

Zusätzlich zu praktischen Vorteilen bieten sie den Bewohnern auch Unterhaltung. Der Roboter schlägt Spiele vor, animiert zur Bewegung und ermöglicht Kommunikation. So sorgt er für Spaß und gute Stimmung. Lio und P-Care gewährleisten so Unabhängigkeit und soziale Interaktion und erhöhen die Lebensqualität der betreuten Personen.

3.4.3 Vorteile für die Organisation von Alters- und Pflegeheimen

Auch für die Organisation eines Heimes bringt die Integration von Pflegerobotik erhebliche Vorteile. Im kompetitiven Markt für anspruchsvolles Wohnen im Alter ist das Anbieten eines Zusatzservices für die Bewohner ein Alleinstellungsmerkmal. Die Betreuungskosten können mittelfristig durch die Aufteilung der anfallenden Betreuungsaktivitäten in zwei Kategorien reduziert werden. Dabei werden anspruchsvolle Führungs- und Betreuungsfunktionen von qualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern durchgeführt, welche sich so auf sinnvolle Aufgaben konzentrieren können. Repetitive Routine- und Hilfsfunktionen, die nicht zwingend menschliches Zutun verlangen, werden von intelligenten persönlichen Robotern ausgeführt. So wird die Effizienz gesteigert, ohne die Position des Personals infrage zu stellen. Die Bewohner können jederzeit frei entscheiden, ob und in welchem Maße sie mit Robotern in Kontakt kommen möchten.

Durch die frühzeitige Integration von Betreuungsassistenten-Robotern können Betriebe ihr Wissen im Bereich Robotik aufbauen und Prozesse kennenlernen, welche in Zukunft für eine nachhaltige Leistungserbringung immer wichtiger sein werden.

Roboter sind eine Chance für das Gesundheits- und Sozialwesen. Sie erhöhen die individuelle Autonomie, entlasten das Personal bei repetitiven Tätigkeiten und tragen, beispielsweise durch Sturzerkennung, zur Sicherheit der Bewohner bei. Anbieter im Gesundheitswesen, die sich rechtzeitig mit Robotik beschäftigen, generieren einen Know-how-Vorsprung, der in Zukunft wichtig sein wird.

Dabei müssen sich die Pflegeheime nicht selbst um Technik und Wartung kümmern, sondern überlassen dies den Experten von F&P Robotics und deren Integrationspartnern.

3.5 Anforderungen an die Pflegerobotik

Um den Nutzen von Pflegerobotern in all den oben erwähnten Bereichen sicherzustellen, müssen verschiedene Anforderungen erfüllt werden. Nur durch eine gute Beziehung zwischen Mensch und Roboter kann die bestmögliche Unterstützung erreicht werden. Aus diesen Gründen setzt F&P Robotics besonders auf die Erkennung der persönlichen Gewohnheiten und deren laufende Aktualisierung durch die intelligenten Roboter.

3.5.1 Persönliche Erscheinung und Sicherheit

Roboter, die von den menschlichen Mitarbeitern akzeptiert werden, generieren einen höheren und nachhaltigeren Nutzen. Die Mensch-Roboter-Kollaboration hält in immer mehr Betrieben Einzug, da die Sicherheit der Produkte stets zunimmt und gleichzeitig der Druck zur Effizienz steigt. F&P investiert daher in eine persönliche und positive Erscheinung des Roboters. Dabei sind das Design sowie Sicherheitsaspekte, wie zum Beispiel die weiche Außenhülle, entscheidende Faktoren. Auch die einfache Bedienbarkeit des Roboters trägt zu dessen Akzeptanz bei. Es sind keine Programmierkenntnisse notwendig, um den Roboter auf seine Aufgaben vorzubereiten.

3.5.2 Künstliche Intelligenz

F&P hat seine Ursprünge im Artificial Intelligence Lab der Universität Zürich. Die Software, welche zur Bedienung des P-Rob entwickelt wurde, enthält Algorithmen und Konzepte der Künstlichen Intelligenz einschließlich dynamischer Wahrscheinlichkeitsmodelle und Lernverfahren. Dies erlaubt es, Situationen zu erkennen und entsprechend zu agieren. Durch neuronale Netze lassen sich verschiedene Eingangsdaten (z. B. Sensorik) und Erfahrungen kombinieren und Wahrscheinlichkeiten ableiten. Dadurch kann der Roboter selbst entscheiden, welches die wohl beste Lösung in einer spezifischen Situation ist. Die Software unterstützt den Benutzer auch in der einfachen Erstellung von neuen Aufgaben und ermöglicht dem Roboter, Objekte zu lernen und mit diesen entsprechend umzugehen.

3.5.3 Integriertes und einfach bedienbares System

Durch Know-how und Erfahrung im Software- und im Hardware-Bereich kann dem Kunden eine komplette Roboterlösung, bestehend aus Roboterarm, Greifer inklusive Sensorik und voll integrierter Steuerung angeboten werden. Somit sinken die Integrationskosten und der Kunde hat für sämtliche Aspekte den gleichen Ansprechpartner. Der P-Rob (als Hauptkomponente der F&P-Roboter) ist kompakt konzipiert: ein Industriecomputer und ein Netzteil sind direkt in der Basis des Roboters eingebaut.

Externe Geräte fallen weg, was mobile Anwendungen und das Umstellen des Roboters vereinfacht.

Durch die Kombination der drei Aspekte – Persönlichkeit, künstliche Intelligenz und Integration von Soft- und Hardware – kann F&P Kunden adressieren, welche die Kosten- oder Integrationshürden konventioneller Roboter bisher als zu hoch erachtet haben.

In Zusammenarbeit mit der Psychologin Alina Gasser wurde die Wirkung der F&P-Pflegeroboter auf ältere Leute 2017 wissenschaftlich untersucht. Dabei konnten verschiedene Aspekte des Roboters, wie zum Beispiel seine optische Wirkung und Sprachfunktionen, in realer Umgebung beobachtet werden. Der folgende Bericht dieser Studie zeigt, dass vor allem Menschen, die stark auf Hilfe angewiesen sind, positiv auf robotische Hilfestellung reagieren.

3.6 Erfahrungen aus dem Einsatz: Feldstudie im Rahmen einer Masterarbeit

Erste Feldstudien wurden im Rahmen einer Masterarbeit in Persönlichkeits- und Entwicklungspsychologie der Universität Basel durchgeführt.

3.6.1 Nutzerzentrierte Forschung Mensch-Roboter-Interaktion

Wie kürzlich in einer Forschungsarbeit von Bilyea et al. (2017) ausgeführt, haben die meisten technologischen Fortschritte im Bereich der Pflegeroboter in den letzten 12 Jahren stattgefunden. Es ist deshalb wenig überraschend, dass Forschung in diesem Bereich noch in den Kinderschuhen steckt. Frühe Arbeiten von Scopelliti et al. (2005) zeigen, dass die Akzeptanz von und Einstellung zu Robotern, insbesondere bei älteren Menschen, nicht nur von den praktischen Vorteilen abhängen, sondern aus komplexen Beziehungen zwischen den kognitiven, affektiven und emotionalen Komponenten der Menschen und ihren Vorstellungen von Robotern entstehen. Sie fanden heraus, dass ältere Menschen ein höheres Misstrauen gegenüber der Technik hatten und diese auch komplizierter zu bedienen fanden. In ähnlichen Studien hat sich gezeigt, dass ältere Menschen auch früher aufgaben, wenn sie Schwierigkeiten hatten (Giuliani et al. 2005). Andererseits stellten Stafford et al. (2014) fest, dass Bewohner von Alters- und Pflegeheimen, die physische Einschränkungen hatten, einen Roboter eher benutzten als körperlich gesunde Bewohner. Ähnlich haben Tinker und Lansley (2005) und Pain et al. (2007) dokumentiert, dass ältere Menschen besonders bereit waren, Technologie zu akzeptieren, wenn sie sich an einen spezifischen Bedarf richtete und ihnen somit mehr Unabhängigkeit brachte. Forschung, die als Kernpunkt die Interaktion zwischen Mensch und Roboter hat, war bisher meist beobachtend, unterlag künstlichen Bedingungen und wurde nur mit Fotos und Videos von Robotern durchgeführt, statt experimentell und in realen Umgebungen. Daten wurden überwiegend durch Fragebogen (Giuliani et al. 2005;

Scopelliti et al. 2005), Nachbearbeitungsinterviews (Birks et al. 2016) oder Fokusgruppen (Broadbent et al. 2012; Wu und Rigaud 2012) gesammelt anstelle von Interaktionen mit Robotern in der Zielumgebung.

Es besteht das Risiko, sich auf Methoden zu verlassen, die nur Daten darüber sammeln, wie die Teilnehmenden die Mensch-Roboter-Beziehung interpretieren. Die tatsächliche Interaktion von Menschen mit einem echten Roboter wird dabei vernachlässigt. Bei der Anwendung im alltäglichen Bereich ist es wichtig, dass sich der Benutzer wohlfühlt, wenn er mit dem Roboter interagiert. Qualitative Bewertungen der Mensch-Roboter-Interaktion sowie Feedback der Teilnehmenden zu ihren Erfahrungen mit dem System sind entscheidend für die Weiterentwicklung zur erfolgreichen Integration von Robotern im Gesundheitswesen. Die Funktionalität ist sicherlich eine der wichtigsten Prädiktoren für die Akzeptanz von Robotern. Es lohnt sich aber, zu prüfen, welche anderen Faktoren die Akzeptanz ebenfalls beeinflussen.

Es gibt nur wenige Studien, zum Beispiel diejenige von Fischinger et al. (2013), welche die Interaktion zwischen Menschen und Robotern analysieren. Die Aufgaben des von ihnen entwickelten Roboters HOBbit waren die Reinigung des Bodens von herumliegenden Objekten, Objekte erlernen, ein Objekt bringen, das Erkennen einer am Boden liegenden Person, aber auch Unterhaltung mit Musik, Videos und Spielen.

Aus der nonverbalen Kommunikation kann viel zu einer Person und deren Beziehung zu ihrem Kommunikationspartner herausgelesen werden (Argyle 2013). Zum Beispiel neigen Menschen dazu, aktive Körperbewegungen als Zeichen von Engagement und Sympathie für andere zu interpretieren (Maxwell et al. 1985). Es liegt daher nahe, dass körperliche Bewegungen sich ebenfalls auf die Art und Weise auswirken könnten, wie ein Roboter wahrgenommen wird. Allerdings haben sich bisher nur wenige Studien mit dieser Frage beschäftigt. Bis anhin hat die Forschung herausgefunden, dass die Teilnehmenden dazu neigten, einen Roboter als lebensechter oder menschenähnlicher zu empfinden, wenn er den Kopf neigt (Mara und Appel 2015), die Blicke anderer teilt (Scassellati 2000) oder Lächeln und Nicken imitiert (Takano et al. 2008). Keine dieser Studien wurde mit älteren Teilnehmenden durchgeführt.

3.6.2 Forschungsfragen

Folgenden Forschungsfragen wurde in der Masterarbeit nachgegangen:

- Wie wirken sich persönliche Faktoren und bereits bestehende Denkansätze auf die Reaktion auf einen Roboter aus?
- Wie behandeln ältere Menschen einen Roboter und was sind ihre Herausforderungen bei der Interaktion?
- Wie verändern körperliche Bewegungen eines Roboters die Art und Weise, wie ältere Menschen mit dem Roboter interagieren?

3.6.3 Testdesign

Um die Forschungsfragen zu untersuchen, wurde eine Studie mit „Between-Subjects-Design“ durchgeführt. Dies bedeutet, dass jede Person nur einer Versuchsbedingung zugeteilt wurde, nämlich entweder mit oder ohne Körperbewegung des Roboters. Die abhängige Variable war die Bewertung auf der Godspeed-Anthropomorphismus-Skala (Bartneck et al. 2009). Mehrere Variablen wurden quantitativ bewertet. Diese waren Interaktionsdauer, Anzahl der Wörter, die die Teilnehmenden insgesamt zu dem Roboter gesprochen haben, Anzahl der höflichen Worte wie „Bitte“ oder „Danke“. Teilnehmerbezogene Variablen wie das Geschlecht, Alter, und ob eine Mobilitätsbeeinträchtigung die zusätzliche Unterstützung erforderte („keine Mobilitätsbeeinträchtigung“, „Gehhilfe“, „Rollstuhl“), wurden aufgenommen. Die Interaktion wurde transkribiert und qualitativ analysiert. Die Studie wurde in zwei verschiedenen Alters- und Pflegeheimen, in der „natürlichen Umgebung“ der älteren Personen, durchgeführt. Die Studie fand teilweise in den privaten Räumlichkeiten der Teilnehmenden statt wie auch in einem der Gemeinschaftsräume des Pflegeheims.

3.6.3.1 Teilnehmende

Für die Rekrutierung wurden drei Pflegeheime in der Schweiz kontaktiert, von denen zwei zusagten. Die Leitenden der Einrichtungen erhielten einen groben Plan des Testablaufs und grundlegende Informationen über den Roboter. Diese Informationen wurden dann an die Bewohner und Bewohnerinnen weitergeleitet. Die Leitenden wählten nach eigenem Gutdünken aus, wen sie für die Teilnahme an der Studie anfragten. Ältere Personen mit Demenz wurden aufgrund ethischer Überlegungen ausgeschlossen. Das Interesse war so groß, dass statt den geplanten 12 Testdurchläufen insgesamt 18 eingeplant wurden. Schlussendlich nahmen 12 Bewohnerinnen und 5 Bewohner im Alter von 70 bis 96 (durchschnittlich 85) Jahren an der Studie teil. In 15 Fällen hatten sie altersbedingte Mobilitätsbeeinträchtigungen (sieben mit Rollator, acht mit Rollstuhl). Zwei Teilnehmende waren körperlich völlig unabhängig.

3.6.3.2 Der Roboter

Der Designprozess wurde, wie von Vincze et al. (2016) vorgeschlagen, angepasst, um einem benutzerzentrierten Ansatz zu folgen, der die Bedürfnisse und Erwartungen der potenziellen Benutzergruppe berücksichtigt. Für die Versuche in dieser Studie wurde in enger Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren und Psychologen ein Skript, bestehend aus Sprach- und Körperbewegungen, vordefiniert. Das Skript wurde als sogenanntes Wizard-of-Oz-Studiendesign ausgeführt (Dahlbäck et al. 1993). Der Roboter wurde aus der Ferne gesteuert, um die korrekte Positionierung des Roboters vor den Teilnehmenden sicherzustellen. Der Roboter wurde von einer Technikerin gelenkt, die sich hinter dem Teilnehmenden positionierte. Die Vorteile dieser Form sind ein hohes Maß an Kontrolle über die Manipulationen der Studie, aber auch den Roboter schneller reagieren zu lassen, als er es normalerweise könnte, um auch in Bezug auf die Reaktionszeit menschenähnlicher

zu sein. Des Weiteren ermöglicht es dieses Design, durch den ferngesteuerten Roboter für alle Teilnehmenden eine vergleichbare Situation zu schaffen.

3.6.3.2.1 Eingabemodalität

Fischinger et al. (2016) ließen ihre Teilnehmenden frei wählen, welche Eingabemodalität sie bei der Interaktion mit einem Roboter verwenden wollten. Obwohl die meisten Teilnehmenden zu Beginn Sprache als Eingabemodalität für die Interaktion mit dem Roboter wählten, wechselten sie oft auf den Touchscreen, um dem Roboter ein Objekt beizubringen. Dies hängt damit zusammen, dass diese Aufgabe für die Teilnehmenden am schwierigsten war. Nach sechs kooperativen Aufgaben bewerteten die Teilnehmenden die Arbeitsweise, die sie bevorzugten. Die Ergebnisse zeigten folgende Reihenfolge: Sprachbefehle (49 %), Touchscreen (42,9 %) und Gesten (6,1 %).

Demzufolge wurde für die aktuelle Studie Sprache als Eingabemodalität während der Interaktion mit dem Roboter gewählt. Um die Interaktion möglichst einfach zu halten, wurde nur eine Modalität verwendet. Die Ausgabemodalität wurde deshalb auch auf Sprache konfiguriert.

3.6.3.2.2 Roboterstimme: Geschlecht und Dialekt

Studien von Nass et al. (1997) und Eyssel et al. (2012) ergaben, dass ein Roboter positiver wahrgenommen wird, wenn der Eindruck eines gleichgeschlechtlichen Gegenübers entsteht. Weil der Prozentsatz von Frauen in der Zielgruppe der älteren Personen höher ist, wurde für den Roboter eine weibliche Stimme gewählt.

Die Stimme, die für das Skript benutzt wurde, wurde aufgezeichnet. Es war die natürliche Sprache einer jungen Frau ohne professionelle Ausbildung in diesem Bereich, jedoch im Dialekt der Region gesprochen. Der Name der Sprecherin war Angela. Dieser Name wurde auch für den Roboter benutzt.

3.6.3.2.3 Körperliche Bewegungen

Körperbewegungen wurden als Bewegungen definiert, die nicht erforderlich waren, um eine Aufgabe abzuschließen. Das Bücken des Roboters und das Bewegen der Greifer um ein Objekt herum wurden beispielsweise benötigt, um ein Objekt aufzunehmen, und daher nicht als körperliche Bewegung bezeichnet. Die Körperbewegungen wurden verwendet, um den Roboter lebensechter erscheinen zu lassen: Verbeugen beim Grüßen oder Abschiednehmen, Bewegen des Oberkörpers, um einen Gegenstand aus verschiedenen Richtungen anzuschauen, Bewegungen zum Takt von Musik und ein Abdrehen des obersten Gelenks, nachdem eine Frage gestellt wurde, um Interesse zu signalisieren (imitiert eine Kopfneigung). Die Hälfte der Teilnehmenden interagierte mit dem Roboter mit diesen Körperbewegungen, während die andere Hälfte mit dem Roboter ohne diese körperlichen Bewegungen interagierte. Angelehnt an die Studien von Vincze et al. (2016), Robinson et al. (2014), Tinetti und Williams (1997), Cumming et al. (2000) und Fischinger et al. (2016) bestand die Interaktion aus Aufgaben, die mit dem Roboter gelöst wurden. Die Teilnehmenden brachten dem Roboter ein Objekt bei,

wählten, ob sie als Gegenleistung von dem Roboter ein Lied hören wollten, legten das neue Objekt auf den Boden und befahlen dem Roboter, das Objekt aufzuheben.

3.6.3.3 Messinstrumente

Die verwendeten Messinstrumente waren halb strukturierte Interviews, Fragebogen und Beobachtungsprotokolle sowie Sprach- und Videoaufnahmen der Versuche. Die Aufnahmen wurden transkribiert und es wurde eine thematische Analyse nach Terry et al. (2017) durchgeführt. Um zu beurteilen, wie stark der Roboter ohne menschliche Form, aber mit menschenähnlichen Eigenschaften wahrgenommen wurde, wurde die Godspeed-Anthropomorphismus-Skala (Bartneck et al. 2009) verwendet. Anthropomorphismus kann auf verschiedene Arten konzeptualisiert und gemessen werden – von einer einfachen Bewertung von Menschenähnlichkeit auf einer eindimensionalen Skala bis hin zu breiteren und weniger konkreten Konzeptualisierungen einschließlich Geist, Emotionalität, Absicht, Bewusstsein und freiem Willen (Waytz et al. 2010). Aufgrund der Tatsache, dass die meisten Teilnehmenden über 80 Jahre alt sind und Fragebogen in der Regel am Ende einer Studie platziert werden, wurde mit Rücksicht auf Ermüdung und Konzentrationsfähigkeit die Godspeed-Anthropomorphismus-Skala (Bartneck et al. 2009) mit nur fünf Items verwendet (Cronbachs Alpha = ,76). Die Skala verwendet das Abwägen zwischen folgenden Wortpaaren: gefälscht oder natürlich, maschinenähnlich oder menschenähnlich, unbewusst oder bewusst, künstlich oder lebensecht, sich starr bewegend oder sich elegant bewegend. Darüber hinaus wurde kompetent oder inkompetent und auch schnell oder langsam als semantisches Differenzial auf einer 5-Punkte-Skala bewertet.

3.7 Studienablauf

3.7.1 Erster Test

Ein erster Test wurde mit drei älteren Personen durchgeführt, vor allem, um technische Details zu prüfen. Die Haupteigenschaften waren, dass die Stimme des Roboters so laut und klar wie möglich sein sollte, sodass auch ältere Menschen mit Hörschwierigkeiten eine bessere Chance hatten, zu verstehen, was der Roboter sagte, und dass die gewählte Spracherkennung nicht gut genug war, um den lokalen Dialekt zu verstehen.

Es war sehr überraschend zu sehen, wie kommunikativ sich die älteren Personen gegenüber dem Roboter verhielten. Dieses Verhalten machte das Abschätzen von möglichen Antworten sehr schwierig. Der Wortlaut des Skripts wurde leicht angepasst, um klarere Anweisungen zu geben. Das Skript wurde ebenfalls angepasst, um den Benutzern mehr Raum zum Reden zu geben. Es wurde folgender Satz eingebaut: „Erzählen Sie mir doch etwas über sich“ (Schweizerdeutsch: „Verzelled Sie mir doch öpis über sich“). Der Satz wurde insgesamt zwei Mal in den Dialog eingebaut, einmal am Anfang der Konversation und einmal am Schluss. Die Hypothese war, dass die ältere Person dem Roboter beim

zweiten Mal mehr persönliche Dinge preisgeben würde als beim ersten Kontakt, sofern sie den Roboter aufgrund der Interaktion mochte.

3.7.2 Zweiter Test

Im ersten Teil wurden die Teilnehmenden in ihren privaten Räumen besucht, wo der erste Teil des Interviews stattfand. Sie wurden dann zum Gemeinschaftsraum der Bewohner begleitet, wo sie nach einer kurzen Einführung mit dem Roboter in der Interaktion ein paar vorgegebene Aufgaben lösten. Die Interviewerin, ein Assistent und die Technikerin waren immer anwesend. In einigen Fällen war auch Pflegepersonal anwesend, das aus dem hinteren Teil des Saals bei der Interaktion zuschaute. Die Technikerin saß hinter dem Teilnehmenden und steuerte das Herumfahren des Roboters.

Nachdem sichergestellt war, dass sich die Teilnehmenden wohlfühlten, wurde das Skript gestartet. Die eine Hälfte der Teilnehmenden erlebte den Roboter mit den Körperbewegungen, die andere Hälfte ohne. Die Teilnehmenden wurden den Bedingungen zufällig zugeteilt. Der erste Schritt des Roboters war es, sich dem Teilnehmenden zu nähern, ihn zu begrüßen und sich selbst als Angela vorzustellen. Die Aufgaben während der Interaktion waren, dem Roboter ein neues Objekt beizubringen, zu wählen, ob als Gegenleistung für diese Hilfe ein Lied gehört werden wollte, das neu gelernte Objekt auf den Boden zu legen und dem Roboter zu befehlen, den Gegenstand aufzuheben. Nach diesen kooperativen Aufgaben verabschiedete sich der Roboter und fuhr weg. Die Teilnehmenden berichteten dann im nächsten Teil über ihre Erfahrungen und bewerteten den Roboter auf der Godspeed-Anthropomorphism-Scale mit dem Interviewer. Am Ende erhielten die Teilnehmenden als Dankeschön ein kleines Konfekt und wurden gefragt, ob sie gerne ein Foto von sich selbst mit dem Roboter zusammen möchten, um es als Souvenir zu behalten.

3.8 Feedback von Benutzern und deren Implikationen

Ziel der Studie war es, das Zusammenwirken einer älteren Person mit einem Roboter zu beobachten, zu erforschen und zu beschreiben, und zwar anhand von Interaktionen mit dem Roboter P-Rob in einem Alters- und Pflegeheim in einer regionalen Schweizer Stadt. Dieser Abschnitt fasst die Auswirkungen der Ergebnisse und Antworten auf die Forschungsfragen zusammen.

3.8.1 Konsequenzen von persönlichen Faktoren und bereits bestehenden Mindsets

In erster Linie waren die älteren Personen sehr neugierig. Dass eine größere Anzahl von älteren Menschen teilnehmen wollte, als ursprünglich geplant war, zeigt, wie interessiert sie waren. Persönliche Faktoren wie körperliche Beeinträchtigung hatten einen

Einfluss darauf, als wie nützlich die älteren Personen den Roboter wahrnahmen. Zwei Teilnehmende sahen den Roboter als Personifikation ihrer Unfähigkeit: „Danke viel Mal. Ja. Auf Wiedersehen. Hoffentlich nicht sehr bald.“ („Danke vielmal. Jo. Uf Wiederseh. Hoffed mir, nöd so gschwind wieder.“)¹ Dies steht im Einklang mit den Befunden von Fischinger et al. (2016), nach denen einige Teilnehmende der Meinung waren, dass der Roboter in der Tat hilfreich sein könnte, aber dass sie selbst noch zu gesund oder aktiv waren, als dass sie momentan ein solches Gerät bräuchten. Möglicherweise war dies der Grund, weshalb zwei Teilnehmende am Schluss der Studie kein Foto mit dem Roboter mitnehmen wollten. Das wäre vergleichbar damit, ein Foto von jemandem im Rollstuhl zu machen, obwohl derjenige eigentlich keinen braucht. Die körperliche Unabhängigkeit ist ihnen wichtig und dies möchten sie auch zeigen.

Es ist ermutigend, dass diejenigen Teilnehmenden, die vermutlich den größten Bedarf an Unterstützung eines Roboters haben, den Roboter am meisten akzeptieren. Jedoch könnte die Stigmatisierung, die mit der Assoziation des Roboters mit einem Verlust der Unabhängigkeit einhergeht, die zukünftige Einstellung von Personen mit weniger schweren Beeinträchtigungen negativ beeinflussen. Dies, obwohl letztere von der Unterstützung profitieren könnten, um beispielsweise Verletzungen vorzubeugen.

Es sollte daher versucht werden, hervorzuheben, wie ein Roboter auch für ältere Menschen ohne oder mit nur geringer Beeinträchtigung nützlich sein kann. Viele Roboter enthalten bereits Unterhaltungssysteme oder Telekommunikationstechnologien. Ältere Personen mit der Einstellung, dass Roboter „Zerstörer des menschlichen Kontakts“ seien, nahmen aufgrund von Neugierde trotzdem freiwillig an der Studie teil. Dies kann bedeuten, dass ältere Menschen, die generell gegen den Einsatz von Robotern in Gesundheitseinrichtungen sind, nach einer begleiteten Einführung und Anleitung zum Umgang mit dem Roboter eine positivere Sichtweise auf die Robotik adaptieren würden. Vielleicht kann der Roboter auch als Spielzeug betrachtet werden und als etwas, das Spaß bereitet, ohne ihn zu brauchen. Dies könnte helfen, den Roboter als nützlich zu sehen, auch wenn man keine altersbedingten Einschränkungen hat. Es wäre eine weitere Studie wert, ob es vorteilhaft wäre, wenn der Roboter mehr als Quelle der Unterhaltung empfunden wird, statt nur als ein Gerät, welches Selbstständigkeit im Alltag unterstützt.

3.8.2 Umgang mit dem Roboter und Herausforderungen bei der Interaktion

3.8.2.1 Folgen mangelnder Erfahrung

Keiner der Teilnehmenden hatte Erfahrung im Umgang mit Robotern. Dies beeinflusste das Verhalten der älteren Personen vor allem in drei Situationen: 1) wenn der Roboter zwei verschiedene Möglichkeiten bot, 2) wenn die ältere Person einen spezifischen

¹Direktes Zitat von einem Teilnehmer, das in seiner deutschen Übersetzung sowie wie dem ursprünglichen schweizerdeutschen Dialekt notiert wurde.

Befehl geben sollte, und 3) in ihrer Einschätzung, wie kompetent der Roboter war. Ältere Menschen, die keine Erfahrung in der Kommunikation mit Robotern haben, sind es nicht gewohnt, präzise und kurze Befehle zu geben. Ihnen fehlt das Wissen, dass eine Maschine hauptsächlich darauf ausgelegt ist, auf Hinweise zu reagieren, die aus vordefinierten Wörtern oder Sätzen bestehen. Folglich waren einige der älteren Menschen in dieser Studie sehr gesprächig und plauderten überraschend offen mit dem Roboter, als ob es ein menschliches Wesen wäre, obwohl sein Design das Gegenteil andeutete.

Auswirkungen

Ein Roboter muss in der Lage sein, auf sehr viele verschiedene Eingaben zu reagieren. Für die Spracherkennung bedeutet dies, nicht nur auf einzelne Wortzuweisungen zu reagieren, sondern auf den Inhalt ganzer Sätze. Idealerweise kann der Roboter entscheiden, ob der Inhalt positiv oder negativ ist, und ihn mit dem Gesichtsausdruck des Benutzers vergleichen, um die korrekte Erkennungsrate zu erhöhen.

Gerade dieser Mangel an Erfahrungswissen auf der Seite der älteren Personen in dieser Studie ermöglichte es ihnen, viel offener für das zu sein, was der Roboter leisten konnte. Da die älteren Personen keine vorherige Erfahrung hatten, wussten sie nichts über den Umfang der heutigen technischen Möglichkeiten. Dies spiegelte sich auch in der Tatsache wider, dass die Teilnehmenden den Roboter als kompetent empfanden, selbst wenn es zwei oder in einem Fall sogar drei Versuche dauerte, ein Objekt aufzuheben. Sie fanden den Roboter auch nicht langsam, selbst wenn der Roboter in einem Fall fast drei Minuten benötigte, um den Gegenstand aufzuheben. Es ist wahrscheinlich, dass sie, wenn sie mehr Erfahrung hätten, erwartet hätten, dass der Roboter schneller ist oder Funktionalitäten zur Spracherkennung hat. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um herauszufinden, wie das Design eines Roboters die Wahrnehmung und die Erwartungen eines Benutzers beeinflusst.

3.8.2.2 Höflichkeit

Die älteren Menschen in dieser Studie waren insgesamt sehr höflich zu dem Roboter und sagten „Danke“ und „Bitte“. Einige ältere Menschen benutzten das Pronomen „Sie“, wenn sie den Roboter ansprachen. Dies unterstützt experimentelle Befunde von Nass (2004), die zeigten, dass Menschen menschliche Qualitäten in Computern wahrnehmen, die sie eigentlich nicht haben. In dieser Studie waren sie nicht nur höflich, sondern auch interessiert am Musikstück, welches der Roboter als sein Lieblingslied deklarierte. Dies impliziert, dass sie akzeptieren, dass der Roboter eine Persönlichkeit mit eigenen Präferenzen haben kann.

Im Vergleich unserer Ergebnisse mit ähnlichen Literaturarbeiten haben wir festgestellt, dass auch in unserer Studie ältere Menschen den Robotern menschliche Züge wie Höflichkeit und Humor zuschrieben und erwarteten, dass sie sich so intelligent wie Menschen verhalten, obwohl sie wussten, dass der Roboter eine Maschine ist. Das Verhalten von Robotern, wie beispielsweise die Verwendung von Körperbewegungen, beeinflusst höchstwahrscheinlich, wie lebensecht der Roboter wahrgenommen wird. In unserer

Studie genossen die Teilnehmenden die Interaktion mit dem Roboter und waren beeindruckt von seiner Technologie, was die Ergebnisse anderer Home-Studien bestätigt, wie zum Beispiel diejenige von Fischinger et al. (2013).

3.8.2.2.1 Auswirkungen

Ein Roboter sollte persönliche Eigenschaften oder Präferenzen wie zum Beispiel ein Lieblingslied haben, um die Interpretation menschlicher Qualitäten zu erleichtern.

3.8.2.3 Herausforderungen aufgrund von Hörschwierigkeiten

Damit ältere, gehörschwache Menschen mit dem Roboter interagieren konnten, musste die Sprachausgabe so laut und deutlich wie möglich sein. Allerdings war nicht immer klar, was der Roboter wollte, selbst wenn sie akustisch verstanden, was dieser sagte. Die Teilnehmenden wandten sich dann jeweils an den Interviewer. Dies war beispielsweise manchmal der Fall, als der Roboter ihnen sagte, sie sollen ein Objekt vor das „Gesicht“ des Roboters halten.

3.8.2.3.1 Auswirkungen

Das Kreieren eines Roboters für eine spezifische Bevölkerungsgruppe, wie ältere Menschen, bringt besondere Herausforderungen mit sich. Es ist essenziell sicherzustellen, dass das Design mögliche altersbedingte Einschränkungen, wie z. B. Hörverlust, berücksichtigt, indem sichergestellt wird, dass der Roboter laut und deutlich genug spricht. Dass jedem Roboter alle wichtigen Objekte gelehrt werden müssen, könnte vermieden werden, indem die Daten eines Objekts, beispielsweise einer Brille, gesammelt, gespeichert und einem anderen Roboter mitgegeben werden. Somit könnte der nächste Roboter, der eingesetzt wird, bereits mit einer größeren „Objektliste“, wie Frennert et al. (2017) es nennen, beginnen. Wichtige Aufgaben wie das Holen und Aufheben von Objekten sind an die Besonderheiten eines Objekts wie Größe und Form gebunden, die der Roboter entweder bereits in seiner Datenbank gespeichert hat oder neu dazulernen kann. Um die Leistung dieser Hilfestellungen zu verbessern, muss der Roboter ein Objekt und den Namen, bei dem der Benutzer es nennt, kennen. Da die älteren Menschen in dieser Studie jedoch sehr offen mit dem Roboter waren, ist es vorstellbar, dass sie dem Roboter sehr persönliche Gegenstände beibringen würden, die dann automatisch in ihrer Datenbank gespeichert würden. Dieses Thema könnte ethische Fragen in Bezug auf die Sammlung von Daten über persönliche Gegenstände oder sogar Gegenstände, die gesetzlich verboten sind, aufwerfen. Dies bringt ethische Implikationen mit sich, die im Designprozess sorgfältig berücksichtigt werden sollten.

3.8.2.4 Konsequenzen körperlicher Bewegungen und anderer Robotermerkmale für Anthropomorphismus und Akzeptanz

Ähnlich wie in den Ergebnissen anderer Studien (Broadbent et al. 2009; Syrdal et al. 2008; Walters et al. 2008) erwarteten die Teilnehmenden, dass der Roboter eine bestimmte Persönlichkeit hat. Sie wollten mit der Information, welches das Lieblingslied

des Roboters war, überrascht werden. Sie wollten dem Roboter beim Lernen und seiner Entwicklung helfen. Der Roboter sollte spontan, intelligent und sozial sein. Qualitative Beobachtungen ergaben, dass die Teilnehmenden die Gesten des Roboters nachahmten. Teilnehmende verbeugten sich, wenn der Roboter sich verbeugte, und wenn der Roboter zu seiner Lieblingsmusik tanzte, ahmten die Teilnehmenden manchmal seine seitlichen Bewegungen im Stuhl nach oder wippten mit ihrem Fuß im Takt. Während die geringe Stichprobengröße keine quantitativen Interpretationen der Daten zulässt, sind diese Ergebnisse sicherlich eine weitere Untersuchung mit einer größeren Stichprobe wert.

3.8.2.4.1 Auswirkungen

Die Ergebnisse der Forschung in der Mensch-Mensch-Interaktion von Ramseyer und Tschacher (2011) legen nahe, dass nonverbale Synchronität die von den Patienten selbst berichtete Qualität der Beziehung verkörpert. Solche Bewegungen können dem Roboter, auch wenn sie für seine Funktionalität, Aufgaben auszuführen, nicht notwendig sind, einen einzigartigen Charakter verleihen und ihn dadurch menschlicher erscheinen lassen und die soziale Interaktion fördern.

3.8.2.5 Der lokale Dialekt

Eine weitere Frage für zukünftige Forschung ist diejenige nach dem Einfluss lokaler Dialekte auf Anthropomorphismus und die Akzeptanz von Robotern. Die Teilnehmenden dieser Studie waren im Allgemeinen sehr freundlich und offen gegenüber dem Roboter.

3.8.2.5.1 Auswirkungen

Die Untersuchung von Auswirkungen von Dialekten auf Mensch-Roboter-Interaktionen beschränkt sich bisher hauptsächlich auf die englischsprachige Welt. Die Präferenz für Ähnlichkeit ist aber auch auf die Wahrnehmung von Maschinen anwendbar. Als Teilnehmende einen Roboter betrachteten, der mit einer Stimme ihres eigenen Geschlechts sprach, wurde er als menschlicher beurteilt (Eyssel et al. 2012; Nass et al. 1997). Zudem wurden gegenüber einem Roboter, der im eigenen Dialekt spricht, mehr positive Gefühle geäußert als bei anderen Dialekten (Tamagawa et al. 2011).

Angesichts der Bedeutung von Dialekten für die Identität, vor allem in Bereichen mit sehr spezifischen Dialekten, ist es möglich, dass das Gespräch mit dem Roboter im lokalen Dialekt die Bereitschaft der Teilnehmenden erhöht haben könnte, mit dem Roboter zu interagieren und ihn in einem positiven Licht zu sehen. Eine nähere experimentelle Untersuchung dieser Frage wäre sehr interessant für Roboter, die weltweit eingesetzt werden sollen.

3.8.2.6 Weitere wichtige Erkenntnisse: Die Notwendigkeit der Anpassungsfähigkeit

Die Teilnehmenden dieser Studie wiesen eine große Varianz an körperlichen Fähigkeiten auf. Einige waren noch relativ unabhängig, während andere selbst bei den kleinsten körperlichen Aufgaben Hilfe brauchten.

3.8.2.6.1 Auswirkungen

In Übereinstimmung mit Forlizzi et al. (2004) legen die Ergebnisse dieser Studie nahe, dass ein Gesundheitsroboter sehr anpassungsfähig sein muss, um älteren Menschen mit verschiedenen Beeinträchtigungen in verschiedenen Stadien Hilfestellung leisten zu können. Ein unabhängiger 90-Jähriger sollte sich nicht darauf verlassen, dass der Roboter Gegenstände für ihn holt. Die Lebensqualität eines älteren Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen würde jedoch stark zunehmen, wenn der Roboter beispielsweise Fingerfood anbieten könnte. Wir altern nicht nur alle physisch anders, sondern jedes Individuum altert in Abhängigkeit von mentaler und körperlicher Stärke. Dies kann sich außerdem von Tag zu Tag stark unterscheiden. Wie Frennert et al. (2017) anmerken, gibt es verschiedene Aspekte, die bei der Definition der Aufgaben des Roboters für ein Individuum berücksichtigt werden müssen: nicht nur, was für den Einzelnen am bequemsten ist, sondern was die Lebensqualität und den Lebensstandard verbessert. Auf der einen Seite sollte ein Roboter bei den täglichen Aktivitäten helfen und auf der anderen Seite sollte er älteren Menschen nicht die Möglichkeit nehmen, sich zu bewegen. Der Roboter sollte die Autonomie eines Individuums auf lange Sicht nicht einschränken. Dies würde bedeuten, dass ein Roboter eine Person genau überwachen sollte, um beispielsweise entscheiden zu können, wie viel Übung bereits ausgeführt wurde, und davon zu unterscheiden, welche Art von Verhalten für den Roboter geeignet ist. Wenn die ältere Person zum Beispiel kürzlich ein Bewegungsprogramm abgeschlossen hat, würde der Roboter der Anfrage, ein Buch zu holen, nachgehen, anstatt den Benutzer zu ermutigen, den Roboter zu begleiten, während er das Objekt holt. Der Roboter könnte auch die Menge der eingenommenen Flüssigkeit überwachen. Besonders ältere Menschen neigen dazu, zu wenig zu trinken. Der Roboter kann von Zeit zu Zeit ein Glas Wasser anbieten. Viele Daten müssten mit der Hilfe von medizinischem Personal gesammelt werden, um die Aufnahme von Wasser und Nahrung, oder wie oft sie sich bewegen, genau zu überprüfen. Es muss noch detaillierter erforscht werden, wie Roboter den Menschen genau überwachen können und sollen.

3.9 Ausblick

3.9.1 Gesellschaftsentwicklung

Aktuelle gesellschaftliche Entwicklungen zeigen, dass die Pflegerobotik in Zukunft einen immer wichtigeren Stellenwert haben wird. In Deutschland waren 2015 insgesamt 9 % mehr Menschen pflegebedürftig als 2013 (Statistisches Bundesamt 2017). Die zunehmend höhere Lebenserwartung sowie ein wachsendes Gesundheitsbewusstsein der Bevölkerung stellen neue Anforderungen an die Technologie. Außerdem droht gleichzeitig ein Mangel an Fachpersonal im Pflegebereich. Um diesem Mangel entgegenzuwirken, empfehlen Klein et al. (2018), „erfolgreich getestete Modellassistenzlösungen flächendeckend zu implementieren“. Dazu gehören auch verbesserte IT-Infrastrukturen

in den entsprechenden Gebäuden. Eine frühzeitige Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten der Robotik ist für Pflege- und Altersheime essenziell, um auch zukünftig die bestmögliche Betreuung für ihre Bewohnerinnen und Bewohner zu garantieren.

3.9.2 Bedarf an Pflegerobotik

Die Gesellschaftsentwicklung und der damit verbundene Bedarf an Pflegerobotik hat direkten Einfluss auf die Funktionen von Pflegerobotern. F&P Robotics ist überzeugt, dass sich nur diejenigen technischen Systeme durchsetzen werden, welche einen konkreten Nutzen im Alltag stiften, sowohl für die betreuten Personen als auch die Fachpersonen. Dazu kann die Erhöhung der Autonomie gehören, das Schaffen von mehr Freiraum für menschliche Interaktionen, aber auch die Prävention und Erkennung von Gefahrensituationen.

In Deutschland, in Österreich und in der Schweiz baut F&P gemeinsam mit Partnern proaktiv Pionieranwendungen auf, die den Nutzen des Einsatzes von Robotik zukunftsorientiert und nutzerzentriert demonstrieren. Dabei können sich die betreuenden Personen voll auf die zwischenmenschlichen und anspruchsvollen Aufgaben konzentrieren, während der Pflegeroboter gezielt rund um die Uhr unterstützt. Die bereits umgesetzten Anwendungen orientieren sich dabei stets an einem oder mehreren konkreten Bedürfnissen der Praxis.

Literatur

- Adami, I., Antona, M., & Stephanidis, C. (2016). Home trials of robotic systems: Challenges and considerations for evaluation teams. In *International conference on universal access in human-computer interaction* (S. 291–301).
- AhYun, K. (2002). Similarity and attraction. *Interpersonal communication research: Advances through meta-analysis*, 145–168.
- Andrade, A. O., Pereira, A. A., Walter, S., Almeida, R., Loureiro, R., Compagna, D., et al. (2014). Bridging the gap between robotic technology and health care. *Biomedical Signal Processing and Control*, 10, 65–78.
- Argyle, M. (2013). *Bodily communication*. Routledge.
- Bartneck, C., Kulić, D., Croft, E., & Zoghbi, S. (2009). Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. *International Journal of Social Robotics*, 1(1), 71–81.
- Bilyea, A., Seth, N., Nesathurai, S., & Abdullah, H. (2017). Robotic assistants in personal care: A scoping review. *Medical Engineering & Physics*, 49, 1–6.
- Birks, M., Bodak, M., Barlas, J., Harwood, J., & Pether, M. (2016). Robotic seals as therapeutic tools in an aged care facility: A qualitative study. *Journal of aging research*, 2016.
- Bloom, D. E., Chatterji, S., Kowal, P., Lloyd-Sherlock, P., McKee, M., Rechel, B., . . . Smith, J. P. (2015). Macroeconomic implications of population ageing and selected policy responses. *The Lancet*, 385(9968), 649–657.

- Bohren, J., Rusu, R. B., Jones, E. G., Marder-Eppstein, E., Pantofaru, C., Wise, M., ... Holzer, S. (2011). Towards autonomous robotic butlers: Lessons learned with the PR2. In 2011 IEEE International conference on robotics and automation (ICRA) (S. 5568–5575).
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77–101.
- Broadbent, E. (2017). Interactions with robots: The truths we reveal about ourselves. *Annual Review of Psychology*, 68, 627–652.
- Broadbent, E., Kerse, N., Peri, K., Robinson, H., Jayawardena, C., Kuo, T., et al. (2016). Benefits and problems of health-care robots in aged care settings: A comparison trial. *Australasian Journal on Ageing*, 35(1), 23–29.
- Broadbent, E., Stafford, R., & MacDonald, B. (2009). Acceptance of healthcare robots for the older population: Review and future directions. *International Journal of Social Robotics*, 1(4), 319–330.
- Broadbent, E., Tamagawa, R., Patience, A., Knock, B., Kerse, N., Day, K., et al. (2012). Attitudes towards health-care robots in a retirement village. *Australasian Journal on Ageing*, 31(2), 115–120.
- Bundesamt für Statistik (Hrsg.). (2017). Pflege im Rahmen der Pflegeversicherung Deutschland-ergebnisse (Statistisches Bundesamt/Januar 2017). Pflegestatistik 2015. Wiesbaden: Bundesamt für Statistik.
- Chang, S., & Sung, H. (2013). The effectiveness of paro robot therapy on mood of older adults: A systematic review. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, 11(3), 216.
- Compagna, D., Derpmann, S., Mauz, K., & Shire, K. A. (2009). Zwischenergebnisse der Bedarfsanalyse für den Einsatz von Servicerobotik in einer Pflegeeinrichtung: Routine- vs. Pflegetätigkeiten. In: Working Brief 7/2009. https://www.uni-due.de/imperia/md/content/wimi-care/wb_7_.pdf. Zugegriffen: 07. Febr. 2018.
- Cumming, R. G., Salkeld, G., Thomas, M., & Szonyi, G. (2000). Prospective study of the impact of fear of falling on activities of daily living, sf-36 scores, and nursing home admission. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(5), M299–M305.
- Dahlbäck, N., Jönsson, A., & Ahrenberg, L. (1993). Wizard of Oz studies – why and how. *Knowledge-based systems*, 6(4), 258–266.
- Delia, J. G. (1975). Regional dialect, message acceptance, and perceptions of the speaker. *Communication Studies*, 26(3), 188–194.
- Edmonds, W. A., & Kennedy, T. D. (2016). An applied guide to research designs: Quantitative, qualitative, and mixed methods. Sage verlag.
- Epley, N., Waytz, A., & Cacioppo, J. T. (2007). On seeing human: A three-factor theory of anthropomorphism. *Psychological Review*, 114(4), 864.
- Eyssel, F., Kuchenbrandt, D., Bobinger, S., Rüter, L. de, & Hegel, F. (2012). ‘If you sound like me, you must be more human’: On the interplay of robot and user features on human-robot acceptance and anthropomorphism. In Proceedings of the seventh annual ACM/IEEE international conference on Human-Robot Interaction (S. 125–126).
- Fischinger, D., Einramhof, P., Papoutsakis, K., Wohlkinger, W., Mayer, P., Panek, P., et al. (2016). Hobbit, a care robot supporting independent living at home: First prototype and lessons learned. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 60–78.
- Fischinger, D., Einramhof, P., Wohlkinger, W., Papoutsakis, K., Mayer, P., Panek, P., et al. (2013). Hobbit – The mutual care robot. In Workshop – Proceedings of ASROB.
- Forlizzi, J., DiSalvo, C., & Gemperle, F. (2004). Assistive robotics and an ecology of elders living independently in their homes. *Human-Computer Interaction*, 19(1), 25–59.
- Frennert, S., Efring, H., & Östlund, B. (2017). Case report: Implications of doing research on socially assistive robots in real homes. *International Journal of Social Robotics*, 1–15.

- Gerling, K., Hebesberger, D., Dondrup, C., Körtner, T., & Hanheide, M. (2016). Robot deployment in long-term care: Case study on using a mobile robot to support physiotherapy. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, *49*, 288.
- Giuliani, M. V., Scopelliti, M., & Fornara, F. (2005). Elderly people at home: Technological help in everyday activities. In IEEE International symposium on robot and human interactive communication (ROMAN 2005) (S. 365–370).
- Igic, A., Watson, C., Teutenberg, J., Broadbent, E., Tamagawa, R., & MacDonald, B. (2009). Towards a flexible platform for voice accent and expression selection on a healthcare robot. In Proceedings of the australasian language technology association workshop 2009 (S. 109–113).
- Kachouie, R., Sedighadeli, S., Khosla, R., & Chu, M.-T. (2014). Socially assistive robots in elderly care: A mixed-method systematic literature review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *30*(5), 369–393.
- Kidd, C. D., Taggart, W., & Turkle, S. (2006). A sociable robot to encourage social interaction among the elderly. In Proceedings 2006 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA), 2006. (S. 3972–3976).
- Klein, B., Graf, B., Schlömer, I. F., Rossberg, H., Röhricht, K., & Baumgarten, S. (2018). *Robotik in der Gesundheitswirtschaft. Einsatzfelder und Potenzial*. Medhochzwei.
- Mara, M., & Appel, M. (2015). Effects of lateral head tilt on user perceptions of humanoid and android robots. *Computers in Human Behavior*, *44*, 326–334.
- Maxwell, G. M., Cook, M. W., & Burr, R. (1985). The encoding and decoding of liking from behavioral cues in both auditory and visual channels. *Journal of Nonverbal Behavior*, *9*(4), 239–263.
- Nass, C. (2004). Etiquette equality: Exhibitions and expectations of computer politeness. *Communications of the ACM*, *47*(4), 35–37.
- Nass, C., Moon, Y., & Green, N. (1997). Are machines gender neutral? Gender-stereotypic responses to computers with voices. *Journal of applied social psychology*, *27*(10), 864–876.
- O’Keefe, D. J. (2002). *Persuasion: Theory and research* (Bd. 2). Sage.
- Pain, H., Gale, C. R., Watson, C., Cox, V., Cooper, C., & Sayer, A. A. (2007). Readiness of elders to use assistive devices to maintain their independence in the home. *Age and Ageing*, *36*(4), 465–467.
- Pineau, J., Montemerlo, M., Pollack, M., Roy, N., & Thrun, S. (2003). Towards robotic assistants in nursing homes: Challenges and results. *Robotics and Autonomous Systems*, *42*(3), 271–281.
- Pollack, M. E., Brown, L., Colbry, D., Orosz, C., Peintner, B., Ramakrishnan, S., et al. (2002). Pearl: A mobile robotic assistant for the elderly. In AAAI workshop on automation as eldercare (Bd. 2002, S. 85–91).
- Ramseyer, F., & Tschacher, W. (2011). Nonverbal synchrony in psychotherapy: Coordinated body movement reflects relationship quality and outcome. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *79*(3), 284.
- Robinson, H., MacDonald, B., Kerse, N., & Broadbent, E. (2013). The psychosocial effects of a companion robot: A randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Directors Association*, *14*(9), 661–667.
- Robinson, H., MacDonald, B., & Broadbent, E. (2014). The role of healthcare robots for older people at home: A review. *International Journal of Social Robotics*, *6*(4), 575–591.
- Richardson, R., Marques, P., & Morgan, K. (2015). Social innovation for an age friendly society.
- Scassellati, B. (2000). Investigating models of social development using a humanoid robot.
- Scopelliti, M., Giuliani, M. V., & Fornara, F. (2005). Robots in a domestic setting: A psychological approach. *Universal access in the information society*, *4*(2), 146–155.
- Shibata, T. (1999). *Seal-type therapeutic robot*. <http://www.paro.jp/>. Zugegriffen: 30. Okt. 2017.

- Stafford, R., MacDonald, B. A., Jayawardena, C., Wegner, D. M., & Broadbent, E. (2014). Does the robot have a mind? Mind perception and attitudes towards robots predict use of an eldercare robot. *International journal of social robotics*, 6(1), 17–32.
- Syrdal, D. S., Dautenhahn, K., Walters, M. L., & Koay, K. L. (2008). Sharing spaces with robots in a home scenario-anthropomorphic attributions and their effect on proxemic expectations and evaluations in a live HRI trial. In *AAAI Fall Symposium: AI in eldercare: New solutions to old problems* (S. 116–123).
- Syrdal, D. S., Dautenhahn, K., Woods, S. N., Walters, M. L., & Koay, K. L. (2007). Looking good? Appearance preferences and robot personality inferences at zero acquaintance. In *AAAI Spring Symposium: Multidisciplinary collaboration for socially assistive robotics* (S. 86–92).
- Takano, E., Matsumoto, Y., Nakamura, Y., Ishiguro, H., & Sugamoto, K. (2008). Psychological effects of an android bystander on human-human communication. In 8th IEEE-RAS international conference on humanoid robots (2008), (S. 635–639).
- Tamagawa, R., Watson, C. I., Kuo, I. H., MacDonald, B. A., & Broadbent, E. (2011). The effects of synthesized voice accents on user perceptions of robots. *International Journal of Social Robotics*, 3(3), 253–262.
- Terry, G., Hayfield, N., Clarke, V., & Braun, V. (2017). Thematic analysis. *The SAGE Handbook of Qualitative Research in Psychology*, 17.
- Tidwell, N. D., Eastwick, P. W., & Finkel, E. J. (2013). Perceived, not actual, similarity predicts initial attraction in a live romantic context: Evidence from the speed-dating paradigm. *Personal Relationships*, 20(2), 199–215.
- Tinetti, M. E., & Williams, C. S. (1997). Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home. *New England journal of medicine*, 337(18), 1279–1284.
- Tinker, A., & Lansley, P. (2005). Introducing assistive technology into the existing homes of older people: Feasibility, acceptability, costs and outcomes. *Journal of telemedicine and telecare*, 11 (1 suppl), 1–3.
- Vandemeulebroucke, T., Casterlé, B. D. de, & Gastmans, C. (2017). The use of care robots in aged care: A systematic review of argument-based ethics literature. *Archives of Gerontology and Geriatrics*.
- Vincze, M., Fischinger, D., Bajones, M., Wolf, D., Suchi, M., Lammer, L., ... Gisinger, C. (2016). What older adults would like a robot to do in their homes-first results from a user study in the homes of users. In Proceedings of ISR 2016 : 47st international symposium on robotics (S. 1–7).
- Walters, M. L., Koay, K. L., Syrdal, D. S., Dautenhahn, K., & Te Boekhorst, R. (2009). Preferences and perceptions of robot appearance and embodiment in human-robot interaction trials. *Procs of New Frontiers in Human-Robot Interaction*.
- Walters, M. L., Syrdal, D. S., Dautenhahn, K., Te Boekhorst, R., & Koay, K. L. (2008). Avoiding the uncanny valley: Robot appearance, personality and consistency of behavior in an attention-seeking home scenario for a robot companion. *Autonomous Robots*, 24(2), 159–178.
- Waytz, A., Cacioppo, J., & Epley, N. (2010). Who sees human? The stability and importance of individual differences in anthropomorphism. *Perspectives on Psychological Science*, 5(3), 219–232.
- West, T. V., Magee, J. C., Gordon, S. H., & Gullett, L. (2014). A little similarity goes a long way: The effects of peripheral but self-revealing similarities on improving and sustaining interracial relationships. *Journal of personality and social psychology*, 107(1), 81.
- World Health Organization. (2015). *World report on ageing and health*. World Health Organization.
- Wu, Y.-H., Fassert, C., & Rigaud, A.-S. (2012). Designing robots for the elderly: Appearance issue and beyond. *Archives of gerontology and geriatrics*, 54(1), 121–126.

Michael Früh hat einen MSc International Financial Management. Er ist CFO und einer der Inhaber der F&P Robotics AG. Er ist gelernter Elektroniker, hat Betriebsökonomie und internationales Finanzmanagement studiert und eine Weiterbildung in Gesundheitsökonomie absolviert. Neben seinen Aufgaben als CFO ist Michael Früh insbesondere mit der Entwicklung des Bereiches Pflegerobotik bei F&P beschäftigt. Dazu gehören der Aufbau von Partnerschaften mit Institutionen im Gesundheitswesen, das Durchführen von Markt- und Bedürfnisanalysen sowie Publikationen und Vorträge an relevanten Veranstaltungen. Vor seinem Engagement bei F&P Robotics hat Michael Früh vier Jahre als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Winterthurer Institut für Gesundheitsökonomie gearbeitet. In dieser Funktion hat er an über 20 Projekten und wissenschaftlichen Studien für Kunden aus dem Gesundheitswesen (Krankenhäuser, Pflegeheime, Pharmaindustrie, Krankenkassen, Kanton) mitgearbeitet. Nebenamtlich ist Michael Früh Mitglied des Verwaltungsrats der sensiQoL AG, einer Firma, welche sich auf die Lebensqualität von Menschen in einem Betreuungsverhältnis spezialisiert hat. Er ist Gastdozent an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) und Mitautor von mehreren Artikeln und Büchern zu den Themen Robotik im Gesundheitswesen und Lebensqualität. Zudem ist er Finanzvorstand von FamilyStart Zürich, einem gemeinnützigen Verein, der sich für eine optimale nachgeburtliche Versorgung von Mutter und Kind einsetzt.

Alina Gasser hat einen Master of Science in Psychologie. Sie absolvierte verschiedene Praktika im Spital- und Rehabereich und arbeitete kurze Zeit als Pflegehilfe. Während des Studiums arbeitete sie am Institut für Bildungsevaluation und war dort zwei Jahre lang für die Administration und Projektorganisation zuständig. Seit Abschluss des Masters in Psychologie mit Schwerpunkt Human-Computer Interaction an der Universität Basel arbeitet sie hauptsächlich bei ergonomie & technologie (e&t) GmbH als Usability Researcher. Sie ist zuständig für die Gestaltung, Ausführung, Analyse und das Reporting für benutzerzentriertes Design Research und Usability-Tests und mitverantwortlich für das Erstellen von Prototypen, User-Flows sowie Konzeptentwicklung für neue und bestehende Produkte.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Sozial interagierende Roboter in der Pflege

4

Kathrin Janowski, Hannes Ritschel, Birgit Lugin und Elisabeth André

Zusammenfassung

In naher Zukunft werden Roboter immer häufiger in den Lebensbereichen von Alltagsnutzerinnen und -nutzern anzutreffen sein. Sehr deutlich wird dies am Beispiel von Haushalts- und Pflegerobotern, denen im Hinblick auf eine alternde Gesellschaft verstärkt die Rolle des Mitbewohners und Weggefährten zukommen wird. Damit einher geht der Wunsch, die Mensch-Roboter-Kommunikation menschenzentrierter zu gestalten. Es geht nicht mehr lediglich um die effiziente Durchführung von Aufgaben, sondern auch darum, für den Menschen ein angenehmes Interaktionserlebnis zu schaffen und ein Vertrauensverhältnis zu dem Roboter herzustellen. Der nachfolgende Artikel diskutiert den aktuellen Stand in Forschung und Entwicklung im Bereich sozial interagierender Roboter, die über multimodale soziale Hinweisreize mit pflegebedürftigen Menschen kommunizieren.

K. Janowski (✉) · H. Ritschel · E. André
Universität Augsburg, Augsburg, Deutschland
E-Mail: kathrin.janowski@informatik.uni-augsburg.de

H. Ritschel
E-Mail: hannes.ritschel@informatik.uni-augsburg.de

E. André
E-Mail: andre@hcm-lab.de

B. Lugin
Universität Würzburg, Würzburg, Deutschland
E-Mail: birgit.lugin@uni-wuerzburg.de

4.1 Einleitung

Soziale Roboter, die den Menschen bei unterschiedlichen Aufgaben unterstützen oder einfach nur zur Unterhaltung dienen, dringen immer mehr in die Alltagsbereiche von Nutzerinnen und Nutzern vor. Diese Entwicklung zeichnet sich aufgrund des demografischen Wandels vor allem im Bereich der Pflege ab. Vor allem in Japan werden Pflegeroboter bereits sehr erfolgreich in der Altenpflege eingesetzt. Aber auch in Europa findet dieses Thema zunehmend Beachtung. Bei älteren Menschen ist die Akzeptanz geringer als bei jüngeren Menschen. Dennoch zeigen Umfragen, dass immer mehr Seniorinnen und Senioren dem Einsatz von Pflegerobotern positiv gegenüberstehen. Beispielsweise konnten sich bei einer repräsentativen Forsa-Umfrage, welche im April 2016 im Auftrag des BMBF durchgeführt wurde, 83 % der Befragten grundsätzlich vorstellen, im Alter einen Serviceroboter in ihrem eigenen Zuhause zu nutzen, um dort länger wohnen zu können (Forsa. Politik- und Sozialforschung GmbH 2016).

In der Pflege können Roboter in den unterschiedlichsten Bereichen zum Einsatz kommen (siehe Abb. 4.1). Dazu gehören körperliche Aufgaben wie das Aufräumen und Putzen der Wohnung oder Hilfe bei persönlicher Hygiene (Srinivasa et al. 2010; King et al. 2010), aber auch kognitive Aufgaben wie die Erinnerung an Medikamente oder soziale Aufgaben wie das Erzählen von Geschichten (Huijnen et al. 2011; Mizak et al. 2017; Sidner et al. 2013). Die vom Roboter erbrachte Unterstützung kann älteren Menschen unter anderem ermöglichen, länger zu Hause ein selbstbestimmtes Leben zu führen.

Vielfach wird argumentiert, dass maschinelle Interaktionspartner auf erhebliche Akzeptanzprobleme bei Alltagsnutzern stoßen werden, wenn sie sich nicht an die zwischenmenschliche Kommunikation annähern. Dies gilt vor allem in Bereichen, in denen technische Systeme dem Nutzer als Gefährte, Berater oder Lehrer zur Seite stehen sollen. In den letzten Jahren wurden erhebliche Anstrengungen unternommen, um die Ausdrucksmöglichkeiten von maschinellen Interaktionspartnern zu verbessern.

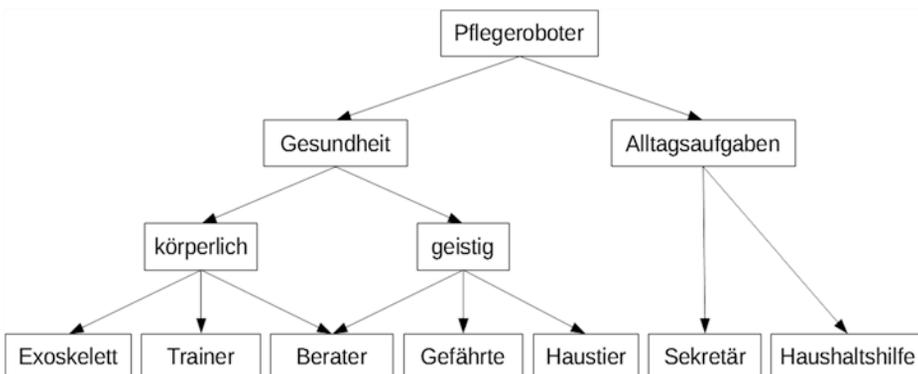


Abb. 4.1 Ein Überblick über verschiedene Arten von Assistenzrobotern

Eine besondere Herausforderung besteht in der fein abgestimmten Koordination der multimodalen Verhaltensweisen eines Roboters wie Körperhaltung, Gestik und Sprache, um soziale Interaktionen zwischen Mensch und Roboter zu ermöglichen.

Im vorliegenden Beitrag wird ein Überblick zu sozial interagierenden Robotern in der Pflege gegeben. Sozial interagierende Roboter unterscheiden sich von reinen Service-robotern dadurch, dass sie während der Ausführung von Diensten Verhaltensweisen emulieren, die an der zwischenmenschlichen Kommunikation orientiert sind. So würde eine sozial interagierende Hebehilfe eine Person nicht nur umlagern, sondern beispielsweise auch mitfühlend nachfragen, ob die Person nun bequem liegt. Bemerkenswert sei, dass die Interaktion nicht unbedingt in natürlicher Sprache erfolgen muss. In einigen Fällen kann es durchaus sinnvoll sein, ausschließlich über soziale und emotionale Hinweise mit einem Artefakt zu interagieren. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist die mit einem weichen Fell ausgestattete Kuschelrobbe Paro, die mittels Sensorik auf Berührungen und Geräusche von Nutzern reagiert.

Mit der Entwicklung sozial interaktiver Roboter geht der Wunsch einher, die Mensch-Maschine-Kommunikation anthropozentrischer und persönlicher zu gestalten. Das mühsame Erlernen von Kommandos entfällt, da die Menschen so mit der Maschine interagieren können, wie sie es aus der zwischenmenschlichen Interaktion gewöhnt sind. Es geht jedoch nicht nur um einfache Bedienung. Die Nutzung von technischen Artefakten soll zu einer positiven Erfahrung werden. Im Idealfall kommt es zu einer vertrauensvollen Beziehung zwischen Mensch und Roboter. D. h., der Roboter wird nicht nur als Werkzeug gesehen, sondern seine Rolle wandelt sich zum persönlichen Begleiter oder sogar zum Freund.

Der vorliegende Beitrag skizziert den aktuellen Forschungs- und Entwicklungsstand zu sozial interagierenden Robotern. Abschn. 4.2 identifiziert Anforderungen, welche für sozial interagierende Roboter erfüllt sein müssen, um bei Nutzerinnen und Nutzern auch längerfristig auf Akzeptanz zu stoßen. Dabei liegt der Fokus auf der Sicht der Pflegebedürftigen. In Abschn. 4.3 werden grundlegende Techniken zur Realisierung wichtiger Eigenschaften sozial interagierender Roboter wie Empathie und sozial situiertes Lernen erläutert. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei den sprachlichen Fähigkeiten von Robotern, durch welche eine intuitive Kommunikation zwischen Mensch und Maschine ermöglicht werden soll. Abschn. 4.4 illustriert Einsatzmöglichkeiten sozial interagierender Roboter in der Rolle von Physiotherapeuten, Gesundheitsberatern, Spielgefährten und Kuscheltieren. In Abschn. 4.5 geht es um die Gestaltung von sozial interagierenden Robotern, wobei wir nicht nur ihr Erscheinungsbild, sondern vor allem auch ihre kommunikativen Verhaltensweisen betrachten. Abschn. 4.6 gibt einen Überblick zu Studien zur Wirkung von sozial interagierenden Robotern. Das Kapitel schließt mit einer Konklusion.

4.2 Anforderungen und Herausforderungen

Der Pflegekontext bringt einige besondere Anforderungen an soziale Roboter mit sich. Die Interaktion mit einem sozialen Roboter sollte auf die Interaktion mit älteren Menschen abgestimmt sein und das mühsame Erarbeiten von maschinennahen Interaktionsweisen ersparen. Ob sich zwischen Mensch und Roboter eine Beziehung entwickeln und diese über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden kann, hängt nicht nur von der Art der physikalischen Verkörperung und der Mechanik des Roboters ab. Wichtiger ist ein glaubwürdiges Verhalten. D. h., der Roboter muss als eigenständige Persönlichkeit mit konsistenten Verhaltensweisen wahrgenommen werden. So sollte beispielsweise seine Stimme zu seiner Erscheinung passen. Im Kontext der Pflege ist ein sensibles Verhalten des Roboters von zentraler Bedeutung. Insbesondere muss er in der Lage sein, auf die Bedürfnisse und Empfindungen älterer Menschen einzugehen. Längerfristig soll durch häufige Interaktionen ein Vertrauensverhältnis zwischen Mensch und Roboter aufgebaut werden. Damit dies gelingt, sollte der Roboter jederzeit zur Verfügung stehen und ein Gedächtnis besitzen, um sich an vorangegangene Interaktionen oder Ereignisse erinnern zu können. Schließlich sollte er aus der Interaktion mit Nutzerinnen und Nutzern lernen und ein individuell an ältere Menschen und ihre Präferenzen und Einschränkungen angepasstes soziales Verhalten zeigen.

4.2.1 Glaubwürdiges Verhalten

Roboter sind physikalische Objekte mit Form und Gestalt. Viele Merkmale, die auf verschiedene menschliche Sinne einwirken, definieren das Erscheinungsbild der Maschine, so etwa die Größe des Roboters, Art oder Geschwindigkeit von Bewegungen, das Sound-Design und Klang der Stimme oder allgemein das Design des Gehäuses mit verschiedenen Materialien und Formen. Obwohl neue Technologien, zum Beispiel Sprachassistenten wie Amazon Alexa, auch soziale Assistenzsysteme rein auf Basis von Sprache ohne menschenähnliche Gestalt ermöglichen, trägt die Verkörperung, ähnlich wie bei virtuellen Charakteren, doch wesentlich zum Gesamteindruck des Systems bei. Menschen tendieren dazu, Maschinen mit lebensähnlicher Gestalt oder Bewegung Intentionen, Ziele, Emotionen und Persönlichkeiten zuzuschreiben (Reeves und Nass 1998). Deshalb muss auch bei sozialen Pflegerobotern berücksichtigt werden, wie glaubhaft ein Roboter seine Intentionen und Ziele kommuniziert. Darüber hinaus sollte ein Roboter als eigenständige Persönlichkeit mit einem emotionalen Verhalten wahrgenommen werden. In den letzten Jahren wurden enorme Anstrengungen unternommen, die Ausdrucksfähigkeit von Robotern zu erhöhen. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass eine realistische Erscheinung in Verbindung mit einer eindrucksvollen Mechanik nicht ausreicht, um eine dauerhafte Bindung zum Nutzer aufzubauen. Maschinelle Interaktionspartner mit anthropomorphen Fähigkeiten profitieren zwar zunächst vom Neuheitseffekt, verlieren

aber nach kurzer Zeit ihren Reiz für den Nutzer. Wichtiger für die Akzeptanz von Robotern ist deren Fähigkeit, mit Menschen auf sozial angemessene Art und Weise zu interagieren.

Ein langfristiges Ziel ist das Herstellen einer Beziehung zwischen Mensch und Roboter. Dies wird begünstigt durch eine attraktive Roboterpersönlichkeit, die die Interaktion interessanter gestaltet und erstrebenswerter macht (Breazeal 2004). Persönlichkeit umfasst Charakter, Verhalten, Temperament, Emotionen sowie mentale Eigenschaften des Menschen. Um diese Merkmale zu kategorisieren, hat sich in der Psychologie die „Big-Five“-Taxonomie (McCrae und Costa 2008) bzw. das „Fünf-Faktoren-Modell“ etabliert, wobei Persönlichkeit durch fünf Dimensionen beschrieben wird: Offenheit, Gewissenhaftigkeit, Extraversion, Verträglichkeit und Neurotizismus.

Für den Ausdruck von Persönlichkeit stehen der Maschine ähnliche Möglichkeiten zur Verfügung wie dem Menschen. Zum einen spiegelt sich Persönlichkeit wesentlich in der Sprache wider, sodass mithilfe natürlichsprachlicher Generierung Formulierungen entsprechend der Ausprägung der fünf Dimensionen gebildet werden können (Mairesse und Walker 2011), zum anderen stehen auch – je nach Verkörperung des Roboters – Mimik und Gestik zur Verfügung. Auch die Kombination von beidem – verbalem und nonverbalem Verhalten – wurde bereits für virtuelle Charaktere untersucht (Walker et al. 2014). Der Ausdruck von Persönlichkeit auf Basis von natürlichsprachlicher Generierung für einen sozialen Roboter kommt beispielsweise bei Ritschel et al. (2017) zum Einsatz.

4.2.2 Sozial- und emotionsensitive Roboter

Die Bereitschaft und Fähigkeit, sich in die Einstellungen und Emotionen anderer Menschen einzufühlen, ist nicht nur in der zwischenmenschlichen Kommunikation wichtig, sondern sollte auch bei der Entwicklung sozialer Roboter berücksichtigt werden. Zwar können Maschinen keine echte Empathie fühlen, dennoch sollten sie dazu in der Lage sein, ein entsprechendes Verhalten nachzubilden. Zu dieser Aufgabe gehört zunächst das Wahrnehmen des menschlichen emotionalen Zustands, etwa auf Basis sozialer Signale, die beispielsweise mithilfe von Video- oder Audiodaten erfasst werden können. Anschließend sollte eine adäquate Reaktion gezeigt werden, in der der Roboter selbst Zeichen von Empathie zum Ausdruck bringt. Neben dem gezielten Einsatz von Emotionen gehört auch das Zeigen von Verständnis dazu. D. h., der Roboter muss Situationen aus der Perspektive eines Nutzers bewerten, um dessen Emotionen zu verstehen.

Um eine Verbindung zum Menschen herstellen und aufrechterhalten zu können, sollten soziale Roboter dazu in der Lage sein, Interesse am Fortgang einer Interaktion zu zeigen und zu demonstrieren, dass sie dem Verlauf der Kommunikation folgen. Im Idealfall sollten Roboter ihre kommunikativen Verhaltensweisen an denen des Menschen ausrichten, wobei der gemeinsame Redehintergrund stets aufs Neue bestätigt und abgesichert wird. Dies erfordert den gezielten Einsatz verbaler und nichtverbaler sozialer Signale wie etwa das Herstellen von Blickkontakt, Nicken oder

Kopfschütteln (Mehlmann et al. 2014). Umgekehrt sollte der Roboter auch in der Lage sein zu erkennen, wann das Engagement des Nutzers nachlässt, und Gegenmaßnahmen ergreifen. Eine große Herausforderung besteht darin, dass der Nutzer fehlendes Engagement nicht immer explizit zum Ausdruck bringt, sondern implizit durch soziale Hinweisreize wie Abwenden des Blicks oder fehlende Rückkopplungssignale kommuniziert.

4.2.3 Längerfristige Interaktionen

Sidner et al. (2013) haben den Begriff eines „Always-On“-Roboters geprägt. Dies bedeutet, dass ein Roboter dem Nutzer permanent zur Verfügung steht und ihn wahrnimmt, ohne dass dieser den Roboter jedes Mal einschalten muss. Dazu muss der Roboter in der Lage sein, zu verstehen, wann der Nutzer interagieren möchte und wann nicht. Eine Voraussetzung hierfür ist die Fähigkeit, die menschliche Anwesenheit wahrnehmen und darauf reagieren zu können. Der Roboter sollte fähig sein, aus Eigeninitiative auf sich aufmerksam machen zu können, um bei Bedarf eine Interaktion zu veranlassen.

Roboter in der Rolle von Gefährten sollten sich gesprächsübergreifend an frühere Inhalte erinnern, um darauf Bezug zu nehmen oder Nutzerinnen und Nutzer bei Bedarf mit Informationen versorgen zu können. Dabei ist aber nicht nur das Erinnern selbst von Bedeutung, sondern auch das gezielte Vergessen von Inhalten früherer Gespräche oder Ereignisse. Ein menschlicher Gefährte wird sich in den seltensten Fällen an den genauen Wortlaut von Gesprächen erinnern können. Bei einem künstlichen Gefährten wäre dies kein Problem, aber nicht unbedingt wünschenswert. Da Vergessen menschlich ist, verliert ein Roboter, der zu jedem Zeitpunkt alle Geschehnisse inklusive aller Details rekapitulieren kann, unter Umständen an Glaubhaftigkeit. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass ein solcher Roboter Unbehagen hervorruft, da Menschen sich in ihrer Privatsphäre verletzt fühlen. Nach Lim et al. (2009) erlaubt das Vergessen einem Roboter auch, sich – ähnlich wie der Mensch – auf wichtige Aspekte zu fokussieren, was langfristig ein konsistentes Verhalten und den Ausdruck von Persönlichkeit begünstigen kann.

Der Aufbau einer vertrauensvollen Beziehung zwischen Nutzer und Agent ist eine wesentliche Voraussetzung für eine längerfristige Nutzung. Bickmore und Cassell setzen auf Small Talk (Bickmore und Cassell 1999), um eine gemeinsame Grundlage zwischen Menschen und Agenten aufzubauen und den gegenseitigen Zusammenhalt zu stärken.

4.2.4 Sozial situiertes Lernen

Um den individuellen Vorlieben, Präferenzen, aber auch Einschränkungen des menschlichen Gegenübers entgegenzukommen, sollte ein sozialer Roboter in der Lage sein, diese wahrzunehmen und zu erlernen, sich entsprechend der jeweiligen Situation passend zu verhalten. Hierbei müssen nach Tapus et al. (2007) Kurzzeit- und Langzeitänderungen unterschieden werden. Zum einen müssen die aktuellen Bedürfnisse des Gegenübers

berücksichtigt werden, zum anderen soll die Interaktion auch nachhaltig ansprechend gestaltet werden, damit der Nutzer auch nach Monaten oder Jahren noch engagiert bleibt. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass sich die Interessen, Bedürfnisse und Fähigkeiten von Nutzern mit der Zeit verändern. Um eine an den jeweiligen Menschen angepasste Interaktion bereitstellen zu können, muss der Roboter in der Lage sein, vom Nutzer zu lernen und seine eigenen Fähigkeiten an die Persönlichkeit, Stimmung und Präferenzen des Menschen anzupassen. Breazeal (2004) hat für dieses Verhalten den Begriff „sozial situiertes Lernen“ geprägt. In Abschn. 4.3.3 wird auf aktuelle Verfahren eingegangen, die sozial situiertes Lernen ermöglichen.

4.3 Technische Voraussetzungen

Die Umsetzung von bedienfreundlichen Nutzerschnittstellen für Senioren und Seniorinnen ist mit enormen technischen Herausforderungen verbunden. Da diese Generation nicht an den Umgang mit technischen Systemen gewöhnt ist, ist mit Berührungängsten zu rechnen. Des Weiteren müssen körperliche Einschränkungen wie verminderte Sehfähigkeit oder zittrige Hände bedacht werden. Daher ist eine natürliche und intuitive Nutzerschnittstelle wünschenswert, welche beispielsweise über natürliche Sprache oder Haptik funktioniert.

Sprachbasierte Steuerung bietet den Vorteil, dass Menschen mit dieser Form der Kommunikation vertraut sind. Durch jüngste Fortschritte auf dem Gebiet der Spracherkennung ist es möglich geworden, solche Schnittstellen im Alltag einzusetzen. Beispielsweise testete das Front Porch Center for Innovation and Wellbeing über sechs Monate hinweg den Einsatz von Amazon Alexa in einer Seniorengemeinde, mit überwiegend positiven Rückmeldungen (Mizak et al. 2017).

Reis et al. (2017) verglichen die Sprachassistenten Amazon Alexa, Google Assistant, Microsoft Cortana und Apple Siri im Hinblick auf den Einsatz im Haushalt von Senioren. Dabei lag der Schwerpunkt auf den angebotenen Diensten, zu welchen diese jeweils die zentrale Schnittstelle bilden. Zum Repertoire der Agenten gehören praktische Aufgaben wie Terminplanung, Wettervorhersage oder die Suche nach Nachrichten und Informationen, Unterhaltungsfunktionen wie Musikwiedergabe oder Spiele, aber vor allem auch die Kommunikation mit Freunden und Familie. Dies deckt sich mit den Funktionen, welche von der Zielgruppe gewünscht werden (Mizak et al. 2017; Pino et al. 2015).

Durch den Einzug in den häuslichen Bereich und die ständige Präsenz im Alltag ihrer Nutzer wird sich auch die Rolle dieser Technologie vom reinen Werkzeug hin zum persönlichen Begleiter oder sogar Freund wandeln. Damit werden emotionale und soziale Faktoren bei der Mensch-Technik-Interaktion immer wichtiger. Das Bedürfnis danach zeigt sich auch darin, dass Senioren und Seniorinnen neben der vorgeschriebenen Interaktion auch dazu tendieren, sich mit Robotern über Persönliches zu unterhalten, wie beispielsweise Unzufriedenheit mit der Lebenssituation oder den Angehörigen (Sabelli et al. 2011).

4.3.1 Sprachliche Fähigkeiten

Die erste Hürde bei der natürlichsprachlichen Kommunikation ist, ein klares Audiosignal von einer einzelnen Person zu erhalten. Dazu werden meistens mehrere Mikrofone gleichzeitig genutzt, um den Sprecher zuerst im Raum zu lokalisieren. Anschließend ist es möglich, die Mikrofone optimal auf diese Person auszurichten (zum Beispiel durch Drehung des Roboterkopfes) oder Störgeräusche aus anderen Richtungen rechnerisch auszufiltern. Der Roboter Reeti¹ hat beispielsweise zwei Mikrofone unterhalb der Augenkameras, während bei Nao² und Pepper³ jeweils vier über die Oberseite des Kopfes verteilt sind. Geräte aus Amazons Echo-Reihe⁴, der Schnittstelle zu Alexa, verwenden je nach Modell vier, sieben oder sogar acht Mikrofone.

Menschliche Sprache ist umfangreich und komplex, sodass es kaum möglich ist, den gesamten Wortschatz und alle grammatikalisch möglichen Formulierungen in einem Rechenmodell abzudecken. Umgangssprache oder regionale Dialekte erschweren dies zusätzlich, und manche Nutzer halten sich schlichtweg nicht an sprachliche Gepflogenheiten, sei es aus Bequemlichkeit oder mangelnder Kenntnis. In der Praxis ist der Dialog mit solchen Systemen daher oft noch auf einfach strukturierte Fragen und konkrete Befehle begrenzt. Aktuelle Sprachassistenten nutzen die Rechenzentren der zugehörigen Firmen, um derartige Funktionen anzubieten (Chung et al. 2017). Durch Zugriff auf deren umfangreiche Datensätze und hohe Rechenleistung ist es möglich, aufwendigere maschinelle Lernverfahren zur Interpretation natürlicher Sprache einzusetzen, für welche kleineren Geräten wie Mobiltelefonen oder dem Amazon Echo die nötige Hardware fehlt. Auch Roboter wie Nao und Pepper verwenden diesen Ansatz zur Spracherkennung.⁵ Ein Nachteil dieser Lösung ist allerdings die Abhängigkeit von einer stabilen Internetverbindung, was besonders in ländlichen Gegenden oft schwierig ist. Dazu kommen massive Bedenken bezüglich Privatsphäre und Datenschutz, da derartige Geräte theoretisch jederzeit Tonaufnahmen an die Herstellerfirma senden können. Falls die Verbindung nicht ausreichend gesichert ist, besteht außerdem die Gefahr von unautorisierten Zugriffen oder Manipulation durch Außenstehende (Chung et al. 2017). Diese Nachteile können durch die Verwendung quelloffener Software oder privat eingerichteter Server umgangen werden, was allerdings mit deutlich höherem Entwicklungsaufwand verbunden ist.

Damit ein sozialer Agent dem Nutzer in natürlicher Sprache antworten kann, muss zuerst ein Text dafür erzeugt werden. Dazu kann beispielsweise ein vorgegebenes Textgerüst mit aktuellen Informationen vervollständigt werden, was sich besonders für funktionale

¹<http://reeti.fr/index.php/en/detaillen>.

²http://doc.aldebaran.com/2-1/family/robots/microphone_robot.html.

³http://doc.aldebaran.com/2-5/family/pepper_technical/microphone_pep.html.

⁴<https://www.amazon.de/dp/B06ZXQV6P8>.

⁵<https://developer.softbankrobotics.com/us-en/documents/top-100-questions>.

Aufgaben wie Wetterberichte eignet. Für soziale Dialoge werden dagegen häufig Datensätze mit menschlichen Äußerungen erstellt, aus denen das System lernen soll, welcher Satz in der jeweiligen Situation angebracht ist (Serban et al. 2018). Anschließend wird der Text mittels einer künstlich erzeugten Stimme ausgegeben. Diese basiert auf Audiodaten, welche zuvor von einem menschlichen Sprecher aufgezeichnet wurden. Zurzeit gibt es zwei verbreitete Ansätze (Aylett et al. 2017) dafür: Der sogenannte Unit-Selection-Ansatz zerlegt diese Aufnahmen in elementare Bausteine wie typische Redewendungen, einzelne Worte oder Phoneme und setzt sie neu zusammen. Bei parametrischer Synthese wird mit den Audiodaten ein statistisches Modell trainiert, welches zwar weniger natürliche Ergebnisse liefert, aber dafür weniger darauf angewiesen ist, dass die benötigten Lautkombinationen oft genug in den Sprachaufnahmen vorkamen. Üblicherweise können auch die Lautstärke und Geschwindigkeit der Sprachsynthese an die Bedürfnisse des Nutzers angepasst werden, damit diese so verständlich wie möglich ist. Um verschiedenen Einsatzzwecken gerecht zu werden, bieten manche Firmen außerdem nicht nur Stimmen unterschiedlichen Geschlechts an, sondern auch Kinderstimmen, verschiedene Akzente oder Varianten mit emotionaler Färbung. Allerdings konzentriert sich das Angebot dafür bisher auf Englisch und Sprachen mit ähnlicher weltweiter Verbreitung.

Bemerkt sei, dass sozial interagierende Roboter nicht nur Dialoge mit dem Menschen führen, um eine funktionale Aufgabe zu erfüllen, wie z. B. das Erinnern an das Einnehmen von Medikamenten, sondern auch, um eine vertrauensvolle Beziehung zu dem Menschen herzustellen. Bickmore und Cassell haben unterschiedliche Techniken zum Aufbau eines Vertrauensverhältnisses (Bickmore und Cassell 2001) untersucht, wie beispielsweise Small Talk (Bickmore und Cassell 1999). Das von Bickmore und Cassell implementierte System berücksichtigt bei der Planung eines Gesprächs die zwischenmenschliche Nähe, das jeweilige Thema sowie dessen Relevanz, Aufgabenziele und logische Vorbedingungen. Ziel bei der Auswahl des nächsten Gesprächsabschnitts ist die Maximierung des Nutzervertrauens. Im Rahmen einer durchgeführten Studie konnte gezeigt werden, dass Small Talk bei extrovertierten Personen einen positiven Einfluss auf deren Vertrauen in das System hatte.

4.3.2 Empathisches Verhalten

Die Entwicklung von Maschinen mit der Fähigkeit zur Empathie stellt Forschung und Entwicklung vor erhebliche Herausforderungen. Zum einen werden ausgefeilte Techniken zur Analyse von Gefühlszuständen eines Nutzers benötigt, die sich meist unbewusst in dessen Gesichtsausdruck, Gestik, Körperhaltung und Sprache widerspiegeln. Zum anderen muss der maschinelle Interaktionspartner über die Fähigkeit verfügen, sich in die Gefühle eines Nutzers, wie z. B. Stress oder Ärger, hineinzusetzen und angemessen darauf zu reagieren. In diesem Abschnitt soll auf die technischen Voraussetzungen zur Realisierung empathischer Roboter eingegangen werden. Für eine ausführlichere Darstellung verweisen wir auf (André 2014).

Um auf den Gefühlszustand des Nutzers reagieren zu können, muss ein künstlicher Assistent diesen zuallererst erkennen können. Menschen drücken ihre Gefühle auf vielfältige Weise aus, beispielsweise durch Mimik, Tonfall oder Körperhaltung.

Aktuelle Ansätze zur Interpretation von Gesichtsausdrücken zerlegen diese meistens in einzelne Bausteine, welche jeweils ein markantes Merkmal im Gesicht verformen, wie beispielsweise die Mundwinkel oder die Augenbrauen. Ein verbreitetes Schema dafür ist das von Ekman und Friesen entwickelte „Facial Action Coding System“ (Ekman et al. 2002), welches sich an der Gesichtsmuskulatur orientiert und jeder charakteristischen Bewegung eine so genannte „Action Unit“ zuordnet. Mithilfe von Bildverarbeitungsalgorithmen können diese Verformungen auf zwei- oder dreidimensionalen Kamerabildern identifiziert werden.

Akustische Emotionserkennung betrachtet verschiedene Merkmale wie beispielsweise die Energie und das Frequenzspektrum einer Spracheingabe (Vogt et al. 2008). Mittels maschineller Lernverfahren können bei geschauspielerten Emotionen unter Laborbedingungen sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Natürlich auftretende Emotionen sind dagegen subtiler und schwieriger zu erkennen (Vogt und André 2005). Realistischere Trainingsdaten erhält man, indem man Gefühle durch externe Reize provoziert, zum Beispiel durch emotionale Videos oder manipulierte Spielsituationen.

Für eine zielgerichtete Reaktion muss das System außerdem in der Lage sein, Rückschlüsse über die Ursache der beobachteten Gefühlslage zu ziehen. Beispielsweise ist dies wichtig für die Unterscheidung, ob der Agent den Nutzer nur aufmuntern soll oder selbst einen Fehler gemacht hat und sich entschuldigen muss. Dazu muss er relevante Ziele des Nutzers kennen, Ereignisse in Bezug auf diese Ziele bewerten und wenn möglich auch den Verursacher der Ereignisse identifizieren. Streng genommen erfolgt die Bewertung bei einem empathischen Agenten nicht aus seiner eigenen Perspektive, sondern aus der des Nutzers. Eine wichtige Grundlage hierfür ist das Bewertungsmodell von Ortony et al. (1988), auch bekannt als „OCC-Modell“ (nach den Namen der drei Autoren). Dieses Modell ordnet über 20 alltägliche Gefühlszustände systematisch deren Auslösern zu, wodurch es gut mit Programmieransätzen zur Handlungsplanung vereinbar ist.

Um selbst Emotionen auszudrücken, besitzen manche Roboter zusätzliche Motoren zur Bewegung von Mundwinkeln, Augenbrauen, Augenlidern oder auch Ohren unter einer Silikonhaut oder künstlichem Fell (siehe Abb. 4.2). Andere Roboter, zum Beispiel Buddy⁶ oder Jibo⁷, verzichten auf ein mechanisches Gesicht und zeigen stattdessen stilisierte Animationen auf einem Bildschirm. Ein solcher Roboter sieht zwar deutlich technischer aus, ist aber dafür weniger anfällig für Verschleiß und eröffnet zudem Möglichkeiten zur Personalisierung, da er jedes beliebige Bild anzeigen kann.

Analog zum Gesichtsausdruck ist auch die menschliche Körpersprache auf Roboter übertragbar, welche entsprechende Gelenke besitzen. Beispielsweise können sie traurig

⁶<http://www.bluefrogrobotics.com/en/buddy/>.

⁷<https://www.jibo.com>.



Abb. 4.2 Emotionale Mimik bei Hanson RoboKind R50 (oben) und Robopec Reeti (unten)

den Kopf hängen lassen oder aufgeregt mit den Armen gestikulieren. Allerdings ist bei diesen Animationen zusätzlich darauf zu achten, dass die Roboter nicht umfallen oder mit Personen und Gegenständen kollidieren können.

Weitere Möglichkeiten sind die Anpassung der Sprachausgabe und das Abspielen emotional behafteter Geräusche, etwa Weinen oder einer fröhlichen Fanfare, sowie der Einsatz von Farbsignalen, welche rein symbolisch sein oder physiologische Reaktionen wie Erröten und Erblassen nachahmen können. Als Beispiel sei auf eine Perzeptionsstudie von Häring et al. (2011) verwiesen, die untersucht, inwiefern sich Emotionen durch Augenfarbe und Geräusche, aber auch durch Körperposen und -bewegungen der humanoiden Roboter der Firma Aldebaran Robotics wiedergeben lassen.

4.3.3 Sozial situiertes Lernen

Die Anpassung des Roboters an den individuellen Nutzer spielt für Pflegeanwendungen eine bedeutende Rolle. Hierbei gilt es einerseits, die individuellen, zum aktuellen Zeitpunkt bzw. zu der aktuellen Situation vorliegenden Präferenzen des Menschen zu berücksichtigen, und andererseits den Roboter auch erlernen zu lassen, durch welches Verhalten der Nutzer langfristig engagiert werden kann. Dabei sollte auf einige Faktoren Rücksicht genommen werden, wie etwa die Persönlichkeit, Stimmung und Präferenzen des Nutzers, aber auch mögliche körperliche Einschränkungen.

Um erlernen zu können, welches Roboterverhalten in welcher Situation das beste ist, kommen oftmals Algorithmen des bestärkenden Lernens zum Einsatz. Dabei versucht der Roboter autonom unterschiedliche Verhaltensweisen und erhält dafür jeweils

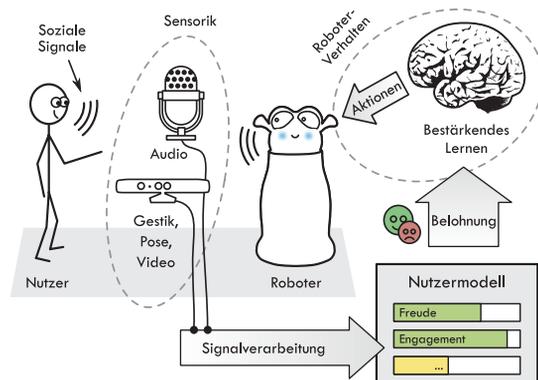
eine Belohnung oder Bestrafung. Beispielsweise benutzen Tapus et al. (2008) im Kontext eines Therapieroboters für Schlaganfallpatienten bestärkendes Lernen, um das Verhalten des Roboters entsprechend der Persönlichkeit und Performanz des Nutzers an sein Profil anzupassen. Dabei werden Introversion und Extraversion in der Sprache manipuliert sowie die Geschwindigkeit des Roboters und der Abstand zum Nutzer, wobei die Belohnung von der Anzahl der vom Nutzer ausgeführten Übungen abhängt.

Der Belohnung bzw. Bestrafung kommt hierbei eine Schlüsselrolle zu. Dieser positive oder negative Zahlenwert ist die einzige Information, anhand derer der Roboter erkennen kann, ob sein gezeigtes Verhalten in der entsprechenden Situation zielführend ist oder nicht. Eine einfache, aber gleichzeitig auch sehr aufdringliche und unelegante Möglichkeit stellt zu diesem Zweck die explizite Befragung des Nutzers dar. Um dies zu umgehen, können einerseits aufgabenspezifische Informationen – wie im Falle von Tapus et al. (2008) die Anzahl der absolvierten Rehabilitationsübungen – herangezogen werden.

Andererseits sind aber auch menschliche soziale Signale eine reiche Informationsquelle, um Wissen über den aktuellen Zustand der Person einfließen zu lassen und/oder die Belohnung abhängig von sozialen Hinweisreizen des Menschen zu gestalten, etwa menschliches Engagement (Ritsche 2017), taktilen (Barraquand und Crowley 2008) oder prosodisches (Kim und Scassellati 2007) Feedback, Blickverhalten (Mitsunaga et al. 2008), Lächeln (Leite et al. 2011; Gordon et al. 2016; Knight 2011) oder Lachen (Hayashi et al. 2008; Knight 2011; Katevas et al. 2015; Weber et al. 2018). Ein wichtiger Vorteil sozialer Signale ist hierbei der Fakt, dass diese unterbewusst und über die gesamte Zeit einer Interaktion auftreten, ohne dass der Mensch explizit befragt werden muss.

Abb. 4.3 veranschaulicht diesen Ansatz: Während der Interaktion zwischen Mensch und Roboter sendet der Nutzer permanent soziale Signale aus, die sich beispielsweise in Form von Gestik, Mimik oder Blickverhalten äußern. Mithilfe geeigneter Sensoren (Mikrofone, Webcams, Microsoft Kinect, Gaze Tracker etc.) können diese in Form von Audio und Video wahrgenommen und mithilfe geeigneter Software ausgewertet werden. Die Signalverarbeitung stellt hierbei eine erste Hürde dar, schließlich unterliegen alle Sensoren physikalischen Beschränkungen. Die daraus extrahierte Information kann

Abb. 4.3 Bestärkendes Lernen auf Basis sozialer Signale



fehlerhaft sein, auch die Interpretation der Rohsignale bringt nochmals Rauschen mit sich. Auf Basis der durch die Signalverarbeitung angenäherten Informationen, beispielsweise des vom Menschen gezeigten Engagements oder seines Lächelns, kann schließlich ein Nutzermodell erstellt werden. Dieses dient dann als Eingabe für das bestärkende Lernen, das das Verhalten des Roboters steuert, der im Verlauf der Zeit erlernen kann, in welcher Situation auf Basis der Nutzerreaktion welches Verhalten den Nutzerpräferenzen am meisten entspricht.

4.4 Anwendungen

4.4.1 Physiotherapie

Ein Einsatzgebiet für Roboter ist die körperliche Rehabilitation. Beispielsweise gibt es Exoskelette, die Patienten mit eingeschränkter Beweglichkeit aktiv bei der Ausführung bestimmter Übungen unterstützen und so das Training erleichtern. Diese Roboter verfügen jedoch über keine sozialen Verhaltensweisen. Anders sieht es bei sozial assistiven Robotersystemen aus, deren primäres Ziel darin besteht, den Nutzer bei der Durchführung solcher Übungen zu motivieren.

Im ROREAS-Projekt (Gross et al. 2017) wurde ein mobiler Roboter entworfen, der Schlaganfallpatienten einer Pflegeeinrichtung beim selbstständigen Training mit ihren Gehhilfen begleitet. Zu Beginn der Trainingseinheit holt er die Patienten ab, schlägt ihnen mögliche Routen vor und fährt ihnen anschließend hinterher, um sie durch Verweise auf den bisherigen Trainingsverlauf zu motivieren oder auf Sitzmöglichkeiten zum Ausruhen aufmerksam zu machen. Falls ein Patient zu oft Pausen einlegen muss, rät der Roboter zum Umkehren oder informiert notfalls das Pflegepersonal. Wichtig hierbei war auch die automatische Navigation inmitten großer Menschenmengen, wobei der Roboter nicht nur die begleitete Person im Blick behalten, sondern auch einen angemessenen Abstand zu Unbeteiligten wahren und diesen an Engstellen den Vortritt lassen musste.

Humanoide Roboter eignen sich außerdem dazu, Patienten bei Krankengymnastik anzuleiten. Das Projekt NAOTherapist (Pulido et al. 2017) verwendet den Roboter Nao, um Kindern die Bewegungen vorzuführen, welche der Physiotherapeut für sie vorbereitet hat. Während das Kind die vorgegebene Pose nachahmt, erkennt das System mithilfe einer Kinect-Tiefenkamera, ob diese korrekt ist, und zeigt dies über die Augenfarbe des Roboters an. Bei Abweichungen macht Nao das Kind zunächst darauf aufmerksam, welcher Arm falsch ist. Reicht dies nicht, nimmt Nao kurz die gleiche Haltung ein wie das Kind, um ihm den Unterschied zwischen beiden Haltungen zu zeigen.

4.4.2 Gesundheitsberater

Bei Robotern, welche als künstliche Sekretäre Termine und andere persönliche Informationen verwalten, bietet sich auch der Einsatz für medizinische Zwecke an. Beispielsweise soll der stationäre Assistent Pillo⁸ Familienmitglieder an Gesicht und Stimme erkennen, ihre Gesundheitsdaten zentral verwalten und sie nicht nur an die Einnahme ihrer Medikamente erinnern, sondern diese auch zur entsprechenden Zeit an die richtige Person ausgeben und bei Bedarf nachbestellen. Außerdem soll er medizinisch relevante Fragen beantworten, Videoanrufe zu Ärzten ermöglichen und Notfallkontakte über Probleme informieren.

Im Always-On-Projekt (Rich et al. 2012) berücksichtigt der Agent außerdem die aktuelle Beziehung zum Nutzer. Wenn die Vertrauensbasis durch gemeinsame Aktivitäten entsprechend aufgebaut ist, kann das System auch sensible Themen wie Ernährungstipps und sportliche Betätigung zur Sprache bringen.

Ein weiteres Einsatzfeld sind soziale Agenten, welche eine erste Anlaufstelle für Ratsuchende darstellen. Das SimCoach-Projekt (Rizzo et al. 2011) dient dazu, Militäranghörigen zu helfen, welche beispielsweise an einer posttraumatischen Belastungsstörung leiden und eine psychologische Behandlung benötigen. Im Gespräch mit dem Nutzer verschafft sich das System einen Eindruck von dessen Symptomen, weist ihn auf passende Informationsquellen und menschliche Spezialisten hin und versucht ihm durch mitfühlendes Verhalten die Scheu davor zu nehmen, professionelle Hilfe zu suchen.

Im EU-Projekt KRISTINA⁹ (Wanner et al. 2017) wird eine virtuelle Assistentin entwickelt, die als vertrauenswürdige Informationsquelle in Gesundheitsfragen dazu beitragen soll, sprachliche und kulturelle Barrieren im Bereich der Pflege zu überwinden. Unter anderem soll KRISTINA Migranten und unqualifizierte Angehörige von Pflegefällen bei der Kommunikation mit Pflegeeinrichtungen unterstützen.

4.4.3 Spielgefährte

Neben funktionalen Aspekten spielt bei sozialen Agenten auch der Unterhaltungswert eine Rolle.

Im Always-On-Projekt gehören Karten- und Brettspiele zu den Aktivitäten, welche der Agent mit allein lebenden Senioren gemeinsam unternehmen kann (Behrooz et al. 2014). Diese dienen nicht nur dem Zeitvertreib, sondern tragen gleichzeitig dazu bei, die Beziehung zwischen Agent und Nutzer zu festigen und den Weg für ernstere Themen wie dessen Gesundheit zu ebnen. Um den Effekt des gemeinsamen Spielens zu verstärken, zeigt der Agent seine Aufmerksamkeit durch menschenähnliches Blickverhalten. Zusätzlich

⁸<https://www.pillohealth.com>.

⁹<http://kristina-project.eu/en/>.

Abb. 4.4 Reeti als Partner beim Memory-Spiel



können beide Parteien sich über die aktuelle Spielsituation unterhalten, wie es auch zwischen menschlichen Spielern üblich ist.

Im Zusammenhang mit dem StMWFK-Projekt ForGenderCare¹⁰ wurde ein ähnliches System für Gesellschaftsspiele mit dem Roboter Reeti entwickelt (Mehlmann et al. 2015; McCrae und Costa 2008). Die verwendeten Spiele wie Memory und Mensch-ärger-dich-nicht sollen dazu beitragen, die kognitiven und motorischen Fähigkeiten älterer Menschen zu erhalten (siehe Abb. 4.4). Im Mittelpunkt dieser Anwendung steht das emotionale Verhalten des Roboters, welches die langfristige Nutzung des Systems attraktiver gestalten soll. Auf Basis des Emotionsmodells ALMA (Gebhard 2007) wurden zwei verschiedene Persönlichkeiten mit unterschiedlicher Zielsetzung gestaltet. Während eine sich mit dem Nutzer freut, wenn dieser einen guten Zug macht, ist die andere auf den eigenen Sieg fixiert und reagiert daher eher feindselig. Sowohl die kurzfristigen Emotionen als auch die langfristige Stimmung des Roboters spiegeln sich in dessen Mimik und Farbsignalen wider. Die Persönlichkeit hat außerdem Einfluss darauf, welche Kommentare zum Spielgeschehen ausgewählt werden.

4.4.4 Kuscheltier

Obwohl die gesundheitsfördernde Wirkung von Haustieren nachgewiesen ist, können diese nicht immer in der Pflege eingesetzt werden. Dagegen sprechen beispielsweise hygienische Gründe, Allergien oder auch die Gefahr, dass kognitiv eingeschränkte Patienten das Tier vernachlässigen. In solchen Fällen können Roboter ein sinnvoller Ersatz sein.

Eines der berühmtesten Beispiele hierfür ist das künstliche Robbenbaby Paro.¹¹ Paro kann unter anderem Berührungen und Stimmen wahrnehmen, um mit Kopf- und Flossenbewegungen sowie authentischen Tierlauten darauf zu reagieren. Auch verschiedene

¹⁰<http://www.forgendercare.de/forschung/forschungscluster/technik-und-medien/genderaspekte-in-der-robotik-zur-altenpflege/>.

¹¹<http://www.parorobots.com>.

Spielzeugfirmen bieten Roboter an, welche für diese Anwendung in Betracht kommen (Heerink et al. 2013). Dazu gehören beispielsweise Hasbros FurReal Friends¹² oder der Dinosaurier Pleo¹³.

Eine Kernfunktion dieser Roboter ist es, ihre Nutzer zu fürsorglichem Verhalten wie Streicheln, Füttern und Spielen zu ermuntern und sie dadurch aus der Reserve zu locken oder negative Gefühle wie Einsamkeit und Kummer zu lindern. Zudem können sie auch ein Werkzeug zur Selbstreflexion sein. Beispielsweise können sie auf bestimmte Reize emotional reagieren und den Nutzer dadurch motivieren, sein Verhalten zu ändern. Möglich ist auch, emotionale und physiologische Zustände zwischen Mensch und Roboter zu synchronisieren, um den Betroffenen ihren aktuellen Zustand zu veranschaulichen. Um das Potenzial dieser Anwendung zu erkunden, haben Aslan et al. (2016) ein Stofftier mit einem motorisierten Brustkorb ausgestattet. Dieser kann durch die Atembewegung eines Nutzers gesteuert werden, welche über einen Sensorgurt um dessen Brust erkannt wird. Das Stofftier soll besonders Nutzern, welche noch keine Erfahrung mit Meditation haben, den Zugang zu achtsamkeitsbasierten Techniken (auch bekannt als „Mindfulness Based Stress Reduction“ oder MBSR) erleichtern.

4.5 Gestaltung von sozial interagierenden Robotern

Beim Entwurf von sozial interagierenden Robotern stehen die Entwickler vor der Frage, welches Erscheinungsbild sie diesen geben sollen und welche Verhaltensweisen einzuprogrammieren sind. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass bereits wenige Schlüsselmerkmale genügen, damit Menschen auf Roboter oder virtuelle Charaktere ähnlich reagieren wie auf ein menschliches Gegenüber. Es ist daher zu erwarten, dass diversifizierende Merkmale von virtuellen Charakteren und Robotern ähnlich wahrgenommen werden wie diversifizierende Merkmale von Menschen.

Studien haben gezeigt, dass ältere Menschen diskrete, kleine Roboter mit menschen- oder haustierähnlichem Verhalten gegenüber großen humanoiden Robotern bevorzugen (Broadbent et al. 2009; Wu et al. 2012). Darüber hinaus werden sich langsam bewegende Roboter mit weiblicher Stimme, weniger autonomem Verhalten und seriösem Aussehen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit akzeptiert (Broadbent et al. 2009). Auch reagieren ältere Personen nachweislich positiv auf soziale Roboter, die ihr soziales Verhalten der Ernsthaftigkeit der aktuellen Aufgabe oder Situation anpassen (Goetz et al. 2003).

Roboter sollten nicht bedrohlich, sondern gutherzig (Broadbent et al. 2009; Frennert et al. 2012) in Erscheinung treten. Je realistischer das Gesicht, desto glaubwürdiger und geselliger wird der Roboter wahrgenommen (Spiekman et al. 2011). Das Erscheinungsbild allein genügt jedoch nicht. Sieht der Roboter sehr menschenähnlich aus, kann aber

¹²<https://www.hasbro.com/de-de/brands/furreal/toys-games>.

¹³http://www.pleoworld.com/pleo_rb/eng/lifeform.php.

nicht die damit einhergehenden, entsprechend hohen Erwartungen an sein Verhalten erfüllen, führt dies tendenziell zu Enttäuschung und Misstrauen (Walters et al. 2008).

Studien von Kuchenbrandt et al. (2014) und Häring et al. (2014) deuten an, dass bereits wenige Schlüsselreize wie z. B. eine männliche versus eine weibliche Computerstimme oder ein deutscher versus persischer Vorname genügen, um Roboter einer sozialen Gruppe zuzuweisen. Mit einer solchen Zuordnung werden meist unbewusst bestimmte Stereotypen aktiviert, was sich wiederum auf das Interaktionsverhalten mit dem Roboter auswirken kann. So zeigten Häring et al. (2014), dass Versuchspersonen bevorzugt mit Robotern kooperieren, die der eigenen sozialen Gruppe angehören.

Ein wesentlicher Akzeptanztreiber für die Roboter ist deren Fähigkeit, mit Menschen auf sozial angemessene Art und Weise zu interagieren. Dies beinhaltet u. a. auch das Befolgen von Höflichkeitsregeln. Eine Herausforderung bei der Interaktion ist, dass durch das Aussprechen von Empfehlungen indirekt auf vorhandene Einschränkungen oder Versäumnisse der Nutzerinnen und Nutzer hingewiesen wird. Damit besteht die Gefahr, dass sich die Menschen bevormundet oder peinlich berührt fühlen könnten. In solchen Fällen können bereits Nuancen in der Formulierung einen entscheidenden Einfluss auf die Wahrnehmung des Roboters und die Annahme der Empfehlungen haben. Daher ist es wichtig, bei der Formulierung der Empfehlungen die richtige Balance zu finden: Roboter sollten Menschen zwar auf überzeugende Weise auf mögliche Aktivitäten hinweisen, die deren Wohlbefinden steigern können, aber ohne bevormundend wahrgenommen zu werden. Intelligent ausgewählte Höflichkeitsstrategien könnten hierbei hilfreich sein und die Akzeptanz des Roboters durch die Menschen fördern (Hammer et al. 2016).

4.6 Wirkung von sozialen Robotern

Eine Reihe von Studien weist auf die positiven Effekte von sozial interagierenden Robotern hin. So können Roboter bei älteren Menschen das Gefühl der Einsamkeit lindern, soziale Interaktionen mit anderen Menschen stimulieren und damit insgesamt zu einer Steigerung der Lebensqualität beitragen.

Einsamkeit ist ein häufiges Phänomen bei älteren Menschen, das sich negativ auf die mentale Gesundheit auswirken kann (Losada et al. 2012). Häufig wird der Kritikpunkt vorgebracht, dass Roboter keine echte Zuwendung ersetzen können. Cohen-Mansfield et al. (2012) haben in einer Studie festgestellt, dass Roboter zwar zur Stimmungsaufhellung von Demenzpatienten beitragen können, aber nicht die Wirkung von zwischenmenschlichen Kontakten erzielen. Nichtsdestotrotz gibt es Evidenz für den therapeutischen Nutzen von simulierten sozialen Stimuli. So können Roboter Demenzpatienten dazu anregen, mit ihrem sozialen Umfeld zu interagieren. Untersuchungen zeigen, dass soziale Roboter selbst häufig zum Thema für Gespräche mit Pflegern oder Verwandten werden und somit eine Art Vermittlerrolle einnehmen. Denkbar ist auch, dass Enkelkinder oder andere Verwandte häufiger zu Besuch kommen, da sie neugierig auf den Roboter sind (Sharkey und Sharkey 2012).

Als Beispiel sei auf eine Studie von Kramer et al. (2009) verwiesen, die das Potenzial von AIBO, einem von der Firma Sony entwickelten Roboterhund, im Bereich der Pflege explorierten. Der von ihnen eingesetzte AIBO-Roboter war in der Lage, sich umzuschauen, tanzähnliche Bewegungen auszuführen und mit den Vorderbeinen zu winken. Er spielte außerdem Musik ab und konnte LEDs am Kopf und Rücken zum Leuchten bringen. Es stellte sich heraus, dass sich der AIBO-Roboter positiv auf Interaktionen von Demenzpatienten mit ihrem Umfeld auswirkte.

Studien, die Aufschluss zum Langzeitnutzen von sozial interagierenden Robotern liefern könnten, sind immer noch eine Seltenheit, können aber wertvolle Hinweise zu einem dauerhaften therapeutischen Nutzen bieten. Chang et al. (2013) zeichneten über acht Wochen hinweg die Interaktionen von Demenzpatienten mit der Roboterrobbe Paro auf. Während dieser Zeit nahm der physische Kontakt (z. B. beim Streicheln oder Umarmen) zwischen den Demenzpatienten und der Roboterrobbe kontinuierlich zu, was als Indiz für den Aufbau einer emotionalen Bindung zwischen Demenzpatienten und Robotern angesehen werden kann.

Studien zur positiven Wirkung von Robotern im Bereich der Pflege können jedoch nicht über die offensichtlichen Grenzen von künstlichen Kreaturen hinwegtäuschen. Trotz technischer Fortschritte können Roboter das spontane Verhalten von Lebewesen noch nicht auf glaubhafte Art und Weise replizieren. Ein höherer Grad an Realismus im Aussehen führt dabei nicht unbedingt zu höherer Akzeptanz. Vielmehr wird bei einer allzu großen, aber dennoch nicht perfekten Ähnlichkeit zu lebenden Kreaturen ein Bereich beschritten, in dem eine künstliche Kreatur eher Unbehagen erzeugt. Dieser Bereich wird auch als „Unheimliches Tal“ (engl. „uncanny valley“) bezeichnet (Mori et al. 2012).

Trotz aller positiven Argumente für den Einsatz sozialer Roboter bei älteren Menschen könnte argumentiert werden, dass weiter verbreitete Geräte wie Smartphones oder Tablet-Computer günstiger und durch den gewohnten Umgang mit ihnen auch einfacher zu handhaben wären. So könnten beispielsweise Handlungsempfehlungen oder Erinnerungen einfach auf dem Display angezeigt werden. Dem ist entgegenzusetzen, dass vor allem kleine Displays und Touch-Interaktion für ältere Leute oft problematisch sind (Angelini et al. 2013). In einem direkten Vergleich zwischen der Wirkung eines sozialen Roboters im Gegensatz zu einem Tablet-Computer, welche dieselben Empfehlungen präsentierten, wie regelmäßiges Trinken oder Lüften, untersuchten Hammer et al. (2017) die Handhabung beider Geräte bei älteren Menschen. Sie konnten unter anderem zeigen, dass Teilnehmer und Teilnehmerinnen der Studie die Interaktion mit dem sozialen Roboter als weniger komplex und leichter zu erlernen einschätzten als die Interaktion mit dem Tablet-Computer.

Soll ein sozialer Roboter als Unterstützung im häuslichen Umfeld eingesetzt werden, bleibt weiterhin die Frage offen, wie dieser auftreten soll, um von älteren Nutzern akzeptiert zu werden. Dabei können vielzählige Faktoren wie die Rolle des Roboters oder dessen Einhalten von sozialen Normen von Bedeutung sein. Bartl et al. (2016) ließen einen sozialen Roboter ältere Leute an Termine erinnern, entweder in der Rolle eines Gefährten oder in der Rolle eines Assistenten (Sekretär). Dabei wurden rollentypische

Verhaltensweisen wie professionelle oder freundschaftliche Sprache oder die Häufigkeit des gezeigten Lächelns variiert. Interessanterweise wurde der Roboter in der Rolle als Gefährte nicht nur eher akzeptiert und als freundlicher empfunden, sondern auch als kompetenter bewertet. Diese Ergebnisse legen nahe, dass bei der Umsetzung von Assistenzsystemen für ältere Menschen besonders auf die Integration von sozialen Verhaltensaspekten geachtet werden sollte.

4.7 Konklusion

Sozial-interaktive Roboter unterscheiden sich von reinen Pflegerobotern durch ihre Fähigkeit, das Kommunikationsverhalten von Menschen oder Tieren nachzuahmen. Dadurch ist nicht nur die Handhabung dieser Geräte mit einem geringeren Lernaufwand verbunden, sondern es steigt auch die Bereitschaft von pflegebedürftigen Personen, diese Hilfsmittel zu nutzen.

Noch sind viele Herausforderungen zu bewältigen, um Roboter mit all den sozialen Kompetenzen auszustatten, welche sie für den Einsatz in diesem zutiefst persönlichen Aufgabenfeld benötigen. Die Wahrnehmung und Interpretation menschlicher Signale – insbesondere solcher, deren Bedeutung von der jeweiligen Situation abhängt – wird zwar immer weiter verbessert, muss aber noch den Schritt vom Labor in die Realität schaffen, wo sie mit der unvorhersehbaren Vielfalt menschlicher Ausdrucksweisen, Familien- und Wohnsituationen konfrontiert wird. Auch in puncto Datenschutz und Privatsphäre sind noch wichtige Fragen zu klären. Pflege ist immer mit einem gewissen Grad an Abhängigkeit verbunden, weswegen es zwingend erforderlich ist, dass die Betroffenen ihren künstlichen Assistenten vertrauen können. Beim Erscheinungsbild und Verhalten der Roboter muss noch die richtige Balance zwischen Realismus und Stilisierung gefunden werden, welcher von unzähligen Faktoren wie dem konkreten Einsatzzweck, persönlichen Vorlieben des Nutzers und den tatsächlichen Fähigkeiten des Roboters abhängt.

Die hier genannten Studien zeigen, dass soziale Roboter bereits auf dem heutigen Stand der Technik ein wertvolles Werkzeug sein können, um die Lebensqualität pflegebedürftiger Personen zu steigern und Brücken zwischen ihnen und ihren Mitmenschen zu bauen. Ähnlich wie bei Heimcomputern, Mobiltelefonen und Speichermedien ist auch bei Robotern damit zu rechnen, dass die benötigte Technologie zunehmend leistungsfähiger, kleiner und kostengünstiger werden wird. Während weltweit Forschungsprojekte gefördert werden, um die beschriebenen Herausforderungen zu lösen, steigt auch der Anteil der Bevölkerung, welcher mit derartigen Assistenztechnologien und Zukunftsvisionen aufwächst. Entsprechend werden sich die Fähigkeiten sozialer Roboter und die Bereitschaft der Menschen, diese zu nutzen, einander weiter annähern, und die Vision vom hilfreichen Robotergefährten wird sowohl in professionellen Pflegeeinrichtungen als auch in den eigenen vier Wänden langsam, aber sicher zur Realität werden.

Danksagung Die hier beschriebene Arbeit wurde teilweise unterstützt durch das STMWFK im Rahmen des Forschungsverbundes ForGenderCare.

Literatur

- André, E. (2014). Lässt sich Empathie simulieren? Ansätze zur Erkennung und Generierung empathischer Reaktionen anhand von Computermodellen. *Nova Acta Leopoldina NF*, 120(405), 81–105.
- Angelini, L., Caon, M., Carrino, S., Bergeron, L., Nyffeler, N., Jean-Mairet, M., & Mugellini, E. (2013). Designing a desirable smart bracelet for older adults. Proceedings of the 2013 ACM conference on pervasive and ubiquitous computing adjunct publication (S. 425–434). ACM.
- Aslan, I., Burkhardt, H., Kraus, J., & André, E. (2016). Hold my heart and breathe with me: Tangible somaesthetic designs. Proceedings of the 9th Nordic conference on human-computer interaction (S. 92). ACM.
- Aylett, MP., Vinciarelli, A., & Wester, M. (2017). Speech synthesis for the generation of artificial personality. *IEEE transactions on affective computing*, Early Access Articles. IEEE.
- Barraquand, R., & Crowley, J. L. (2008). Learning polite behavior with situation models. Proceedings of the 3rd ACM/IEEE international conference on human robot interaction (S. 209–216). ACM.
- Bartl, A., Bosch, S., Brandt, M., Dittrich, M., & Lugrin, B. (2016). The Influence of a social robot's persona on how it is perceived and accepted by elderly users. *International Conference on Social Robotics* (S. 681–691). Cham: Springer.
- Behrooz, M., Rich, C., & Sidner, C. (2014). On the sociability of a game-playing agent: A software framework and empirical study. *Intelligent Virtual Agents, Lecture Notes in Computer Science*, 8637, (S. 40–53). Cham: Springer.
- Bickmore, T., & Cassell, J. (1999). Small talk and conversational storytelling in embodied conversational interface agents. AAAI Fall Symposium on Narrative Intelligence (S. 87–92).
- Bickmore, T., & Cassell, J. (2001). Relational agents: A model and implementation of building user trust. Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems (S. 396–403). ACM.
- Breazeal CL (2004). *Designing sociable robots*. MIT Press.
- Broadbent, E., Stafford, R., & MacDonald, B. (2009). Acceptance of healthcare robots for the older population: Review and future directions. *International Journal of Social Robotics*, 1(4), 319–330.
- Chang, W. L., Sabanovic, S. & Huber, L. (2013, October). Situated analysis of interactions between cognitively impaired older adults and the therapeutic robot PARO. In Proceedings of 5th International Conference of Social Robotics (ICSR 2013), Bristol, UK, 27–29, 2013 (S. 371–380).
- Chung, H., Iorga, M., Voas, J., & Lee, S. (2017). “Alexa, Can I Trust You?” *Computer*, 50(9), 100–104. IEEE.
- Cohen-Mansfield, J., Marx, MS., Freedman, L. S., Murad, H., Thein, K., & Dakheel-Ali, M. (2012). What affects pleasure in persons with advanced stage dementia? *Journal of Psychiatric Research*, 46(3), 402–406.
- Ekman, P., Friesen, W. V., & Hager, J. C. (2002). Facial action coding system: The manual on CD ROM. Salt Lake City: A human face.
- Forsa. Politik- und Sozialforschung GmbH. (2016). Service-Robotik: Mensch-Technik-Interaktion im Alltag: Ergebnisse einer repräsentativen Befragung. Berlin, Deutschland. https://www.bmbf.de/files/BMBF_forsa_Robotik_FINAL2016.pdf.
- Frennert, S., Östlund, B., & Efring, H. (2012). Would granny let an assistive robot into her home? *International Conference on Social Robotics* (S. 128–137). Berlin: Springer.
- Gebhard, P. (2007). Emotionalisierung interaktiver Virtueller Charaktere. Ein mehrschichtiges Computermodell zur Erzeugung und Simulation von Gefühlen in Echtzeit. Doktorarbeit, Universität des Saarlandes.

- Goetz, J., Kiesler, S., & Powers, A. (2003). Matching robot appearance and behavior to tasks to improve human-robot cooperation. In Proceedings of the 12th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN 2003) (S. 55–60).
- Gordon, G., Spaulding, S., Westlund, J. K., Lee, J. J., Plummer, L., Martinez, M., Das, M., & Breazeal, C. (2016). Affective personalization of a social robot tutor for children's second language skills. Proceedings of the thirtieth AAAI conference on artificial intelligence (S. 3951–3957). AAAI Press.
- Gross, H. M., Scheidig, A., Debes, K., Einhorn, E., Eisenbach, M., Mueller, S., Schmiedel, T., Trinh, T. Q., Weinrich, C., Wengefeld, T., Bley, A., & Martin, C. (2017). ROREAS: Robot coach for walking and orientation training in clinical post-stroke rehabilitation – Prototype implementation and evaluation in field trials. *Autonomous Robots*, 41(3), 679–698.
- Hammer, S., Lugin, B., Bogomolov, S., Janowski, K., & André, E. (2016). Investigating politeness strategies and their persuasiveness for a robotic elderly assistant. *11th International Conference on Persuasive Technology* (S. 315–326). Cham: Springer.
- Hammer, S., Kirchner, K., André, E., & Lugin, B. (2017). Touch or talk? – Comparing social robots and tablet PCs for an elderly assistant recommender system. Proceedings of the Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (S. 129–130). ACM.
- Häring, M., Bee, N., & André, E. (2011). Creation and evaluation of emotion expression with body movement, sound and eye color for humanoid robots. 2011 IEEE RO-MAN (S. 204–209).
- Häring, M., Kuchenbrandt, D., & André, E. (2014). Would you like to play with me? How robots' group membership and task features influence human-robot interaction. In proceedings of the 2014 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (S. 9–16).
- Hayashi, K., Kanda, T., Miyashita, T., Ishiguro, H., & Hagita, N. (2008). Robot manzai: Robot conversation as a passive – Social medium. *International Journal of Humanoid Robotics*, 5(1), 67–86.
- Heerink, M., Albo-Canals, J., Valenti-Soler, M., Martinez-Martin, P., Zondag, J., Smits, C., & Anisuzzaman, S. (2013). Exploring requirements and alternative pet robots for robot assisted therapy with older adults with dementia. *International Conference on Social Robotics* (S. 104–115). Cham: Springer.
- Huijnen, C., Badii, A., Heuvel, H. van den, Caleb-Solly, P., & Thiemert, D. (2011). “Maybe it becomes a buddy, but do not call it a robot” – Seamless cooperation between companion robotics and smart homes. *International Joint Conference on Ambient Intelligence* (S. 324–329). Berlin: Springer.
- Katevas, K., Healey, P. G., & Harris, M. T. (2015). Robot comedy lab: Experimenting with the social dynamics of live performance. *Frontiers in Psychology*, 6, 1253.
- Kim, E. S., & Scassellati, B. (2007). Learning to refine behavior using prosodic feedback. In Proceedings 2007 IEEE 6th International Conference on Development and Learning (ICDL 2007) (S. 205–210). IEEE.
- King, C. H., Chen, T. L., Jain, A., & Kemp, C. C. (2010). Towards an assistive robot that autonomously performs bed baths for patient hygiene. The 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (S. 319–324). IEEE.
- Knight, H. (2011). Eight lessons learned about non-verbal interactions through robot theater. *International Conference on Social Robotics* (S. 42–51). Berlin: Springer.
- Kramer, S. C., Friedmann, E., & Bernstein, P. L. (2009). Comparison of the effect of human interaction, animal-assisted therapy, and AIBO-assisted therapy on long-term care residents with dementia. *Anthrozoos: A Multidisciplinary Journal of the Interactions of People & Animals*, 22(1), 43–57.

- Kuchenbrandt, D., Häring, M., Eichberg, J., Eyssel, F., & André, E. (2014). Keep an eye on the task! how gender typicality of tasks influence human-robot interactions. *International Journal of Social Robotics*, 6(3), 417–427. Springer.
- Leite, I., Pereira, A., Castellano, G., Mascarenhas, S., Martinho, C., & Paiva, A. (2011). Modelling empathy in social robotic companions. *International Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization* (S. 135–147). Berlin: Springer.
- Lim, M. Y., Aylett, R., Ho, W. C., Enz, S., & Vargas, P. (2009). A socially-aware memory for companion agents. *International Workshop on Intelligent Virtual Agents* (S. 20–26). Berlin: Springer.
- Losada, A., Márquez-González, M., García-Ortiz, L., Gómez-Marcos, M. A., Fernández-Fernández, V., & Rodríguez-Sánchez, E. (2012). Loneliness and mental health in a representative sample of community-dwelling Spanish older adults. *The Journal of Psychology*, 146(3), 277–292.
- Mairesse, F., & Walker, M. A. (2011). Controlling user perceptions of linguistic style: Trainable generation of personality traits. *Computational Linguistics*, 37(3), 455–488.
- McCrae, R. R., & Costa Jr, P. T. (2008). The five-factor theory of personality. *Handbook of personality: Theory and research*, 3, 159–181.
- Mehlmann, G., Häring, M., Janowski, K., Baur, T., Gebhard, P., & André, E. (2014). Exploring a model of gaze for grounding in multimodal HRI. Proceedings of the 16th International Conference on Multimodal Interaction (S. 247–254).
- Mehlmann, G., Janowski, K., & André, E. (2015). Modeling grounding for interactive social companions. *KI – Künstliche Intelligenz*, 30(1), 45–52.
- Mitsunaga, N., Smith, C., Kanda, T., Ishiguro, H., & Hagita, N. (2008). Adapting robot behavior for human-robot interaction. *IEEE Transactions on Robotics*, 24(4), 911–916.
- Mizak, A., Park, M., Park, D., & Olson, K. (2017). Amazon “Alexa” pilot analysis report. Front Porch Center for Innovation and Wellbeing.
- Mori, M., MacDorman, K. F., & Kageki, N. (2012). The uncanny valley. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), 98–100. IEEE.
- Ortony, A., Clore, G. L., & Collins, A. (1988). *The cognitive structure of emotions*. Cambridge University Press.
- Pino, M., Boulay, M., Jouen, F., & Rigaud, A. A. (2015). “Are we ready for robots that care for us?” Attitudes and opinions of older adults toward socially assistive robots. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7, 141.
- Pulido, J. C., González, J. C., Suárez-Mejías, C., Bandera, A., Bustos, P., & Fernández, F. (2017). Evaluating the child–robot interaction of the NAOTherapist platform in pediatric rehabilitation. *International Journal of Social Robotics*, 9(3), 343–358.
- Reeves, B., & Nass, C. (1998). *The media equation: How people treat computers, television, and new media like real people and places*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reis, A., Paulino, D., Paredes, H., & Barroso, J. (2017). Using intelligent personal assistants to strengthen the elderlies’ social bonds – A preliminary evaluation of amazon Alexa, Google Assistant, Microsoft Cortana, and Apple Siri. *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction* (S. 593–602). Cham: Springer.
- Rich, C., Sidner, C. L., Nooraei, B., & Coon, W. (2012). Operating in a hierarchy of time scales for an always-on relational agent. Workshop on Real-Time Conversations with Virtual Agents, Santa Cruz, CA.
- Ritschel, H., Baur, T., & André, E. (2017). Adapting a robot’s linguistic style based on socially-aware reinforcement learning. In 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2017) (S. 378–384).
- Rizzo, A. A., Lange, B., Buckwalter, J. G., Forbell, E., Kim, J., Sagae, K., Williams, J., Rothbaum, B. O., Difede, J., Reger, G., Parsons, T., & Kenny, P. (2011). An intelligent virtual human sys-

- tem for providing healthcare information and support. *Studies in health technology and informatics*, 163, 503–509.
- Sabelli, A. M., Kanda, T., & Hagita, N. (2011). A conversational robot in an elderly care center: An ethnographic study. Proceedings of the 6th International Conference on Human-Robot Interaction (S. 37–44). ACM.
- Serban, I. V., Sankar, C., Germain, M., Zhang, S., Lin, Z., Subramanian, S., Kim, T., Pieper, M., Chandar, S., Ke, N. R., Rajeswar, S., Brebisson, A. de., Sotelo, J. M. R., Suhubdy, D., Michalski, V., Nguyen, A., Pineau, J., & Bengio, Y. (2018). A deep reinforcement learning chatbot (Short Version). ArXiv preprint [arXiv:1801.06700](https://arxiv.org/abs/1801.06700).
- Sharkey, A., & Sharkey, N. (2012). Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics and Information Technology*, 14(1), 27–40.
- Sidner, C., Bickmore, T., Rich, C., Barry, B., Ring, L., Behrooz, M., & Shayganfar, M. (2013). An always-on companion for isolated older adults. 14th Annual SIGdial Meeting on Discourse and Dialogue.
- Spiekman, M., Haazebroek, P., & Neerinx, M. (2011). Requirements and platforms for social agents that alarm and support elderly living alone. *International Conference on Social Robotics* (S. 226–235).
- Srinivasa, S. S., Ferguson, D., Helfrich, C. J., Berenson, D., Collet, A., Diankov, R., Gallagher, G., Hollinger, G., Kuffner, J., & Vande Weghe, M. (2010). HERB: A Home Exploring Robotic Butler. *Autonomous Robots*, 28(1), 5–20.
- Tapus, A., Mataric, M. J., & Scassellati, B. (2007). Socially assistive robotics [Grand Challenges of Robotics]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 14(1), 35–42.
- Tapus, A., Țăpuș, C., & Mataric, M. J. (2008). User – Robot personality matching and assistive robot behavior adaptation for post – Stroke rehabilitation therapy. *Intelligent Service Robotics*, 1(2), 169–183.
- Vogt, T., & André, E. (2005). Comparing feature sets for acted and spontaneous speech in view of automatic emotion recognition. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME 2005) (S. 474–477).
- Vogt, T., André, E., & Bee, N. (2008). EmoVoice – A framework for online recognition of emotions from voice. *Perception in multimodal dialogue systems* (S. 188–199).
- Walker, M. A., Sawyer, J., Lin, G., & Wing, S. (2014). Does personality matter? Expressive generation for dialogue interaction. *Natural interaction with robots, knowbots and smartphones* (S. 285–301). New York: Springer.
- Walters, M., Syrdal, D., Dautenhahn, K., Boekhorst, R. te., & Koay, K. (2008). Avoiding the uncanny valley: Robot appearance, personality and consistency of behavior in an attention-seeking home scenario for a robot companion. *Autonomous Robots*, 24(2), 159–178.
- Wanner, L., André, E., Blat, J., Dasiopoulou, S., Farrus, M., Fraga, T., Kamateri, E., Lingenfelder, F., Llorach, G., Martínez, O., Meditskos, G., Mille, S., Minker, W., Pragst, L., Schiller, D., Stam, A., Stellingwerff, L., Sukno, F., Vieru, B., & Vrochidis, S. (2017). Kristina: A knowledge-based virtual conversation agent. *International conference on practical applications of agents and multi-agent systems* (S. 284–295).
- Weber, K., Ritschel, H., Lingenfelder, F., & André, E. (2018). How to shape the humor of a robot? Behavioral adaptation based on continuous social cues. AAMAS 2018 (im Druck).
- Wu, Y. H., Fassert, C., & Rigaud, A. S. (2012). Designing robots for the elderly: Appearance issue and beyond. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 54(1), 121–126.

M.Sc. Kathrin Janowski erhielt an der Universität Augsburg den Bachelor und Master im Fach „Informatik und Multimedia“. Seit 2013 arbeitet sie am Lehrstuhl für Multimodale Mensch-Technik-Interaktion und hat als wissenschaftliche Mitarbeiterin dort die Hauptverantwortung für die sozialen Roboter übernommen. Schwerpunkt ihrer Forschung ist die Generierung lebensähnlichen Verhaltens für computergesteuerte Charaktere, beispielsweise durch angemessenes Blickverhalten und den Ausdruck simulierter Emotionen. Zurzeit erforscht sie in ihrer Doktorarbeit, wie Rederechtskonflikte zwischen Mensch und Maschine in Abhängigkeit von der Gesprächssituation behandelt werden können. Bei ihrer Lehrtätigkeit steht die Entwicklung dialogbasierter Nutzerschnittstellen im Vordergrund, und seit 2014 betreut sie im Rahmen des Girls' Day Workshops, welche zukünftige Studierende an die Mensch-Roboter-Interaktion heranführen.

M.Sc. Hannes Ritschel studierte Informatik an der Universität Augsburg. Bereits in jungen Jahren kam er mit Robotern in Berührung und setzte sich im Laufe des Studiums unter anderem mit humanoiden Robotern auseinander. Seit dem Master-Abschluss 2015 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Multimodale Mensch-Technik-Interaktion an der Universität Augsburg und untersucht in seiner Doktorarbeit bestärkendes Lernen für soziale Roboter. Schwerpunkt dabei ist das Einbeziehen menschlicher sozialer Signale in den Lernprozess, um die Maschine an die Präferenzen des Nutzers anzupassen. Neben der technischen Implementierung autonom lernender Mensch-Roboter-Schnittstellen auf Basis unterschiedlicher Roboterplattformen hält er verschiedene Lehrveranstaltungen, darunter die eigens ins Leben gerufene Vorlesung sowie ein vertiefendes Praktikum über bestärkendes Lernen. Zudem referiert Ritschel regelmäßig im Rahmen öffentlicher Veranstaltungen.

Prof. Dr. Birgit Lugin (maiden name Birgit Endrass) is a professor for Media Informatics at University of Wuerzburg, Germany. Before, she was a faculty member at the Human Centered Multimedia Lab at Augsburg University, Germany. In her research, she focuses on the integration of diversity factors into computational models and novel interfaces such as virtual characters and humanoid robots. Her special focus lies on modelling and evaluating the (verbal and non-verbal) behaviour of virtual and robotic companions that are designed to match different user context, e.g. depending on their age or cultural background. For her doctoral thesis entitled „Cultural Diversity for Virtual Characters“ Lugin received the prestigious IFAAMAS Victor Lesser distinguished dissertation award, and the research award of Augsburg University (Wissenschaftspreis der Universität Augsburg).

Professor Dr. Elisabeth André ist Inhaberin des Lehrstuhls für Multimodale Mensch-Technik-Interaktion am Institut für Informatik der Universität Augsburg. Dort beschäftigt sie sich mit der Erforschung neuer Paradigmen für die Mensch-Roboter-Interaktion. Vorrangiges Ziel ist die Entwicklung natürlicher Interaktionsformen, die an der zwischenmenschlichen Kommunikation orientiert sind und auf Gestik, Körperhaltung, Gesichtsausdrücken und Sprache basieren. Die Forschungsarbeiten von Elisabeth André wurden durch zahlreiche Auszeichnungen gewürdigt, u. a. einen European IT Prize, einen RoboCup Scientific Award und mehrere Best Paper Awards (z. B. auf der ACM International Conference on Intelligent User Interfaces). Für ihre herausragenden Forschungsleistungen wurde sie zum Mitglied in drei wissenschaftliche Gelehrtenvereine gewählt: die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, die Academy of Europe und Academia-Net. Im Jahr 2013 wurde sie in die Reihe der ECCAI Fellows aufgenommen, ein Programm, mit dem Forscher gewürdigt werden, die maßgeblich das Gebiet der Künstlichen Intelligenz geprägt und zu dessen Weiterentwicklung beigetragen haben. Im Jahr 2017 erhielt sie für ihre richtungweisenden Forschungsarbeiten auf dem Gebiet Mensch-Technik-Interaktion einen ACM SIGCHI Award und wurde als zweites Mitglied aus Deutschland überhaupt in die Computer-Human Interaction (CHI) Academy aufgenommen.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Bewertung von AAL-Ambient-Assisted-Living-Systemen bei Personen mit kognitiver Schädigung: Match vs. Mismatch

5

Klaus Hauer

Zusammenfassung

Die Entwicklung von Robotern im Gesundheitsbereich oder AAL-System folgt ethischen wie auch technischen Grundsätzen. Ein Schwerpunkt in der ethischen Bewertung wie auch der zielführenden technischen Entwicklung von Unterstützungssystemen ist die Passung (Match) von technischen Funktionen mit den Ressourcen, Wünschen und Bedürfnissen der Zielgruppe (Nutzerperspektive), für die das System entwickelt wird. Eine Nichtbeachtung einer solchen Passung (Mismatch) hat vielerlei negative Konsequenzen von der Nichtbenutzung solcher Systeme bis hin zu Überforderung, Gefährdung oder negativen psychosozialen Konsequenzen. Besonders vulnerable Gruppen wie Menschen mit kognitiver Schädigung (MKS) sind betroffen und erfordern besondere Strategien und Bewertungs-/Entwicklungskriterien, um den limitierten, aber auch verbliebenen Ressourcen dieser speziellen Zielgruppe gerecht zu werden. Am Beispiel des Vergleiches zweier Teilfunktionen eines intelligenten Mobilitätsunterstützungssystems (MOBOT) soll im Beitrag untersucht werden, wie eine passende mit einer eher unpassenden Entwicklung gestaltbar und klassifizierbar ist.

5.1 Einleitung

Der Einsatz von robotergestützten Assistenzsystemen für Menschen mit kognitiver Einschränkung oder Demenz kann die Autonomie und Unabhängigkeit sowie das Wohlbefinden der betroffenen Personen stärken und soziale Interaktionen ermöglichen.

K. Hauer (✉)

Agaplesion Bethanien Krankenhaus Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

E-Mail: khauer@bethanien-heidelberg.de

Darüber hinaus können solche Systeme auch den Pflegebedarf reduzieren bzw. hinauszögern und Pflegekräfte sowie Angehörige entlasten (Ienca et al. 2017; Pollack 2005). Jedoch birgt der Einsatz von robotergestützten Assistenzsystemen auch Risiken wie soziale Isolation, Verlust der Privatsphäre, Autonomie und Würde. Auch Sicherheitsrisiken oder Überforderung der Nutzer werden als Gefahren genannt (Sharkey und Sharkey 2012; Körtner 2016; Vandemeulebroucke et al. 2018; Manzeschke et al. 2013). Unterschiedliche robotische Systeme müssen dabei jedoch differenziert in Bezug auf ihre Funktionen, ihr Design und ihren Einsatz in verschiedenen Zielgruppen beurteilt werden (Körtner 2016).

Definitionsgemäß sind alle potenziellen Nutzergruppen von Unterstützungssystemen in verschiedenen Funktionen eingeschränkt, stellen also in verschiedener Hinsicht Risikogruppen dar. Eine besonders vulnerable Gruppe umfasst Personen mit kognitiver Einschränkung. Neben dem progressiven Verlust von relevanten kognitiven Teilleistungen und dem oft assoziierten Verlust von motorisch-funktionellen Leistungen bei diesen oft hochbetagten, multimorbiden Menschen spielen auch psychosoziale Aspekte (Stichworte: geringe Selbstwirksamkeit, Scham, Überforderung, Angst, Stigmatisierung) eine bedeutende Rolle. Einem besonders hohen Hilfsbedarf stehen in dieser Gruppe vielfältige Risiken bzw. Limitierungen gegenüber, die eine spezifische Abstimmung in der Entwicklung von technikgetriebenen Hilfssystemen notwendig machen. Eine besondere Bedeutung spielen in dieser Gruppe auch vielfältige ethische Aspekte (z. B. eingeschränkte formale Autonomie bei Einverständniserklärung, eingeschränkte Möglichkeiten, eigene Positionen zu vertreten und zu artikulieren). Ethische Aspekte bzw. die Ausrichtung der technischen Entwicklung auf die Zielgruppe stellen dabei keinen Verzögerungsgrund und kein Hindernis dar, sondern sind die Voraussetzung, um adäquate, passende Hilfsmittel zu entwickeln und die Akzeptanz bei den potenziellen Nutzern zu stärken (Körtner 2016). Diese strategische Ausrichtung der Entwicklung wird bislang oft unzureichend erfüllt (Robinson et al. 2013). Fast die Hälfte von gesundheitsrelevanten, häuslichen IT-Lösungen funktionieren nicht oder werden aufgrund einer unzureichenden Berücksichtigung von soziotechnischen Aspekten nicht angenommen (Alaiad und Zhou 2014). Die Akzeptanz von robotergestützten Assistenzsystemen ist jedoch entscheidend für deren erfolgreiche Implementierung und Nutzung (Ienca et al. 2017; Shah und Robinson 2006; Heerink et al. 2006).

Es gibt eine Vielzahl von individuellen Faktoren, die entscheidend sind für die Akzeptanz von robotergestützten Assistenzsystemen. Dazu gehören z. B. Alter, subjektiver Bedarf an Hilfe/Motivation, Geschlecht, Vorerfahrungen mit Technologien/Robotern, kulturelle Aspekte, soziale Rollen, individuelle Erfahrungen, Ängste und generelle Haltung gegenüber Robotern/technischen Hilfssystemen. Kognitive Fähigkeiten/Einschränkungen und das Bildungsniveau spielen dabei eine hervorgehobene Rolle und sind zudem mit anderen oben genannten Faktoren assoziiert (Broadbent et al. 2009). Einfache, kognitiv wenig herausfordernde Handhabung und das Wohlbefinden stellen ebenfalls wichtige positive Einflussfaktoren dar (Kulviwat et al. 2007).

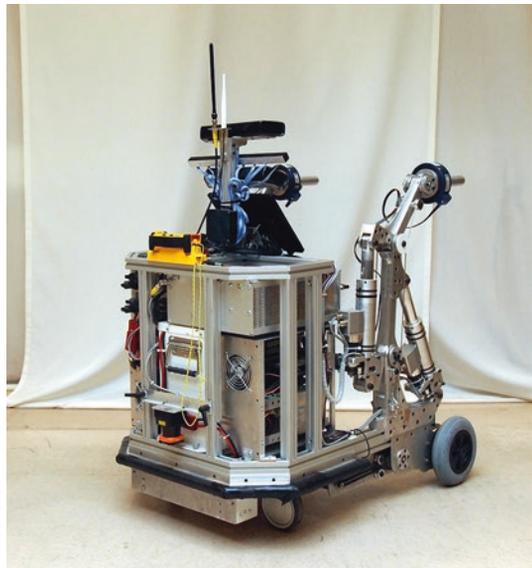
Aufgrund der oben beschriebenen Vulnerabilität der Gruppe von Menschen mit kognitiver Schädigung werden diese in Forschungsprojekten oft ausgeschlossen. Ein Ausschluss

von Forschungsprojekten kann dabei die Stigmatisierung von betroffenen Personen verstärken (Vernooij-Dassen et al. 2005; Werner und Heinik 2008), wohingegen der Einschluss die Autonomie und Empowerment fördern (Cubit 2010; Hellström et al. 2007; Nygard 2006) und die Stigmatisierung reduzieren kann (Robinson et al. 2009). Auch wenn die Vulnerabilität und eingeschränkte Autonomie dieser Gruppe Forschungsprojekte erschweren kann (Ienca et al. 2017), kann nur so ein konkreter, spezifischer Bedarf ermittelt werden (Astell et al. 2009). Die Einbindung der Nutzerperspektive wird daher von internationalen Vertreterorganisationen gefordert (Prince et al. 2015, S. 70) zur optimierten Passung der technischen Systeme an die Nutzerbedürfnisse.

5.2 Passung (Match/Mismatch) technischer Unterstützungssysteme im Hinblick auf die Zielgruppe von Menschen mit kognitiver Schädigung

Im Folgenden werden exemplarisch zwei Teilfunktionen eines intelligenten mobilitätsassistierenden Roboters vorgestellt und hinsichtlich ihrer Passung auf die Zielgruppe von älteren, multimorbiden Menschen mit und ohne kognitive(r) Schädigung bewertet. Das multimodale Mobilitätsunterstützungssystem auf Basis eines Rollators wurde im Rahmen eines europäischen AAL-(Ambient-Assisted-Living)-Projekts entwickelt: *MOBOT: Intelligent Active Mobility Assistance Robot Integrating Multi-Modal Sensory Processing, Proactive Autonomy and Adaptive Interaction*. (EU FP7-ICT-2011.2.1, ICT for Cognitive Systems and Robotics – 600796). Der „smarte“ MOBOT-Rollator (s. Abb. 5.1) nimmt vielfältige innovative Teilfunktionen auf, die die Mobilitätsunterstützung herkömmlicher

Abb. 5.1 Eingesetzter Prototyp des multimodalen MOBOT-Rollators



Rollatoren deutlich erweitern (siehe Tab. 5.1). Durch einen sensorgesteuerten Motorantrieb und smarte Unterstützungssysteme kann das ca. 100 kg schwere Gerät sehr einfach bewegt werden.

Beim Vergleich der Mensch-Maschine-Passung werden im Folgenden zwei Teilfunktionen verglichen, die in dem Forschungsprojekt spezifisch für diesen Mobilitätsassistenten entwickelt wurden:

- Szenario 1. Sprachgesteuerte (auditive) Navigationshilfe zur Orientierung in fremder Umgebung und
- Szenario 2. Sprach- und gestenbasierte (audio-gesturale) Steuerung von MOBOT-Teilfunktionen.

Die Bewertung basiert auf Ergebnissen einer Validierungsstudie des MOBOT-Prototyps und standardisierten Bewertungskriterien aus der Nutzerperspektive (Hauer et al. 2016). In beiden Testszenerarien wurden vergleichbare Teilnehmerkollektive untersucht. Einschlusskriterien waren Alter >65 Jahre, kognitiver Status: Mini Mental State Examination (MMSE) 18–30 (Untergruppen: Personen mit moderater kognitiver Schädigung: 18–26;

Tab. 5.1 MOBOT-Teilfunktionen

Teilfunktion	Beschreibung
Unterstützung der Gehfunktionen	Die klassische Funktion des Rollators wird auf vielfältige Weise erweitert
Motorantrieb	Das Gerät wird durch eine intelligente Motorsteuerung bewegt, der interaktive Antrieb reagiert auf – und unterstützt – Nutzeraktivitäten (Bremsen/Beschleunigen/Richtungswechsel)
Hindernisdetektion/-vermeidung	Hindernisse werden von Sensoren identifiziert, eine intelligente, interaktive (User Intend Recognition) Motorensteuerung unterstützt das Umfahren bzw. verhindert die Kollision mit Hindernissen
Ganganalyse	Eine sensorgestützte Ganganalyse des Nutzers erlaubt die zeitnahe Identifikation von möglichen Schädigungsereignissen/Stürzen
Folgefunktion	Ein intelligenter, sensorgesteuerter, interaktiver Antriebsalgorithmus erlaubt das „Nachfahren“ von MOBOT ohne direkten körperlichen Kontakt oder anderweitige (Sprach-)Steuerung (User Intend Recognition)
Transferunterstützung	Umfangreiche, biomechanische optimierte Unterstützung von Aufsteh- und Hinsetzbewegungen als Hotspot von Stürzen im Alltag
In-door-Lokalisation und Navigation	Basierend auf einer genauen In-door-Lokalisation ermöglicht MOBOT eine sprachgesteuerte Navigation in fremder Umgebung (vgl. TomTom)
Audio-gesturale Steuerung	Durch Gesten- und Sprachbefehle kann MOBOT ohne Körperkontakt bewegt werden

MOBOT-Funktionen zielen auf vorwiegend motorische Unterstützung, aber auch auf motorisch/kognitive bzw. kognitive Prozesse ab. Ein umfassender Überblick der Teilfunktionen findet sich in: Efthimiou et al. (2016)

Personen ohne kognitive Schädigung MMSE scores 27–30), keine schwerwiegenden somatischen, funktionellen oder sensorischen Schädigungen, die eine Teilnahme an der Studie ausschließen, und die aktuelle Nutzung eines Rollators als Gehhilfe. Das Studienkollektiv entspricht dem Kreis potenzieller Nutzer solcher Hilfssysteme und ist gekennzeichnet durch hohes Alter (82,5 Jahre), beginnende Einschränkungen in Aktivitäten des Alltags (Barthel-Index 86,4 Punkte), eingeschränkte funktionelle Leistung (Gehgeschwindigkeit 0,56 m/sec) und deutlich erhöhtes Sturzrisiko (Personen mit Sturz im letzten Jahr: 59,5 %). Die Gruppenzugehörigkeit wurde randomisiert, es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen (Tab. 5.2).

Tab. 5.2 Beschreibung des Studienkollektivs

Variable	Gesamt (n=42)	Navigation mit Unterstützung (n=22)	Navigation ohne Unterstützung (n=20)	p-Wert ^d
Alter, Jahre, Mittelwert (SD)	82,5 (8,7)	84,1 (7,7)	80,7 (9,5)	0,204
Frauen, n (%)	28 (66,7)	18 (81,2)	10 (50,0)	0,029
MMSE, Punkte, Mittelwert (SD)	25,9 (3,6)	25,9 (4,0)	25,9 (3,3)	0,958
Barthel-Index, Punkte, Mittelwert (SD) ^a	86,4 (15,0)	85,2 (12,6)	87,8 (11,5)	0,512
GDS, Punkte, Median (range)	2,0 (0–11)	2,0 (0–11)	1,5 (0–9)	0,912
SF-12, Punkte, Mittelwert (SD)	40,4 (9,4)	39,8 (9,4)	41,2 (9,6)	0,652
Körperliche Gesundheit	52,8 (6,8)	53,3 (6,2)	52,2 (7,5)	0,596
Psychische Gesundheit				
Stürze in der Vergangenheit, n (%) ^a	25 (59,5)	14 (63,6)	11 (55,0)	0,707
Sturzangst, n (%) ^b	28 (66,7)	16 (72,7)	12 (60,0)	0,677
Wohnsituation, n (%)	22 (52,4)	12	10	0,768
Selbstständig	20 (47,6)	10	10	
Wohn-/Pflegeheim				
Habituelle Gehgeschwindigkeit, m/s (SD) ^c	0,56 (0,22)	0,54 (0,22)	0,60 (0,21)	0,381

Anmerkungen. n=Anzahl der Probanden; MMSE=Mini-Mental State Examination; GDS=Geriatric Depression Scale, 15 Fragen; SF-12=12-Fragen-Kurzform des Health Survey. FES-I=Falls Efficacy Scale – International, 7-Fragen-Version; POMA=Performance Oriented Mobility Assessment. ^aBasierend auf interviewgestützter Selbstausskunft; ^bkeine vs. geringe bis große Sturzangst; ^cErmittelt durch 4-Meter-Gehtest. ^dp-Werte sind angegeben für t-Tests (Alter, MMSE, Barthel-Index, SF-12, POMA, habituelle Gehgeschwindigkeit), Chi-Quadrat-Tests (Geschlecht, Stürze in der Vergangenheit, Sturzangst, Wohnsituation) und Mann-Whitney-U-Tests (GDS, FES-I) und wurden angewendet, um Unterschiede zwischen der Gruppe mit unterstützter Navigation und ohne unterstützte Navigation zu identifizieren

5.2.1 Szenario 1: Kognitive Assistenz – Navigationspfad in fremder Umgebung

Hintergrund/Beschreibung

Das Testszenario untersucht die Effektivität eines auditiven Assistenzsystems zur Navigation in fremder Umgebung. Orientierungsprobleme in fremder Umgebung sind häufig, nicht nur bei älteren Menschen, kognitiv geschädigte Personen sind besonders betroffen. Ein typisches Setting sind komplexe Raumstrukturen in großen Gebäuden, wie z. B. Krankenhäusern.

Die untersuchte auditive Navigationshilfe wird unterstützt durch verschiedene komplexe Assistenzmodule, die für das Projekt entwickelt und erfolgreich validiert wurden und in der MOBOT-Mobilitätsplattform integriert sind: Lokalisation (eigene Position), Kontexteinordnung der Position (Umgebung), Pfadfindung (Direktion) und Instruktion.

Die auditiven Instruktionen werden als kurze, standardisierte Sprachbefehle (audio cues) (z. B. links, geradeaus fahren) während der Rollatornutzung kontextnah ausgegeben (vgl. TomTom-System beim Autofahren). Die Orientierung des Systems beruht auf vorinstallierten Informationen zum Raum (kartenbasiertes, systeminternes Modul) in Verbindung mit vorinstallierten „guard points“ (externe Sensormodule im Raum) mit assoziierten „audio-tokens“. Das kognitive Assistenzmodul erlaubt eine optimierte Anpassung. Die Forschungsfrage bezieht sich auf die Effekte eines solchen Navigationssystems in einem typischen Setting (Krankenhauskorridore) bei einer typischen Nutzergruppe hochbetagter, multimorbider Menschen mit und ohne kognitive(r) Schädigung.

Studiendesign

Ein 2×2 -Studiendesign wurde gewählt, um die beiden Untersuchungsgruppen (kognitiv intakt [MMSE > 26] vs. geschädigt [MMSE \leq 26]) unter zwei unterschiedlichen Konditionen (unterstützter vs. nicht unterstützter Navigation) zu untersuchen.

Experimentelles Design

Als Testumgebung wurde ein Navigationskurs in einem für die Anwendung repräsentativen Setting gewählt: Korridore in einem Krankenhaus (Bethanien-Krankenhaus, Heidelberg). Der Navigationskurs wurde in zwei Teilstrecken aufgeteilt. Der erste Teil führte vom Startpunkt bei einem Aufzug einer Akutstation einen Korridor entlang, durch die Haupteingangshalle zur Krankenhauskapelle, dem ersten Zielort (kürzeste Wegstrecke 45 m). Die zweite Teilstrecke führte von der Kapelle durch die Haupteingangshalle, entlang des Korridors zum Aufnahmezentrum des Krankenhauses (kürzeste Wegstrecke 55 m) (siehe Abb. 5.2).

Beide Untersuchungsgruppen absolvierten einen identischen Navigationskurs. Die Teilnehmer, die durch das MOBOT-Navigationssystem unterstützt wurden, erhielten auditive Hinweise (audio cues) an kritischen Wegpunkten, sobald sie sich einer kritischen Zone näherten. Jeder Hinweis wurde alle drei Sekunden wiederholt, bis der Teilnehmer die Zone wieder verlassen hatte. Die nicht assistierte Gruppe war bei der

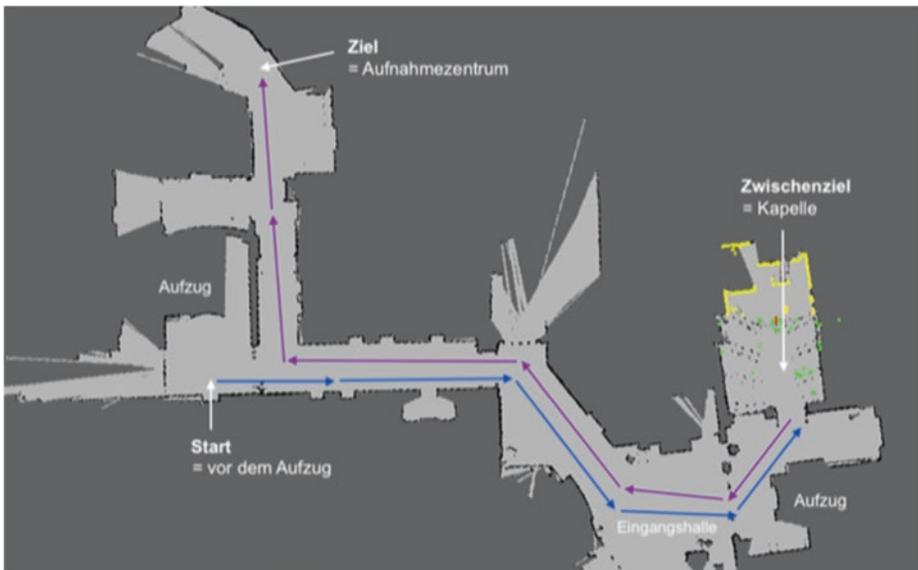


Abb. 5.2 Navigationskurs im Erdgeschoss des Bethanien-Krankenhauses



Abb. 5.3 Position der externen Sensoren (guard points) zur technischen Navigationshilfe (assistierte Navigation, linkes Bild); Kreise mit einer 1 am Anfang repräsentieren audio cues auf dem Weg zur Kapelle (1. Testabschnitt), Kreise mit einer 2 am Anfang audio cues zum Aufnahmezentrum (2. Testabschnitt). Die Größe der Kreise markieren die kritischen Zonen für die jeweiligen audio cues. Hinweisschilder zur Orientierung ohne Assistenz (rechtes Bild); blaue Vierecke markieren Hinweisschilder zur Kapelle, lila Vierecke die zum Aufnahmezentrum

Orientierung auf die klassischen Hinweisschilder an Wänden oder Decken angewiesen (siehe Abb. 5.3, rechtes Bild, zur Positionierung und Häufigkeit der klassischen Orientierungshilfen).

Die Hinweisschilder innerhalb der Klinik waren für den Routinegebrauch bereits optimiert und erlauben eine gute Orientierung. Es wurde ein relativ einfacher Kurs gewählt, um Floor-Effekte auch bei den kognitiv geschädigten Personen zu vermeiden. Der Kurs

war allen Studienteilnehmern nicht bekannt. Unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit (assistierte vs. nicht assistierte Navigation) wurden keine weiteren Instruktionen oder Hilfen gegeben. Nachfragen zur Orientierungshilfe bei anderen Personen waren in beiden Gruppen nicht erlaubt. Jeder Teilnehmer wählte seine eigene, habituelle Gehgeschwindigkeit. Nach Erreichen des ersten Zielortes (Kapelle) wurde eine kurze Pause gewährt, bevor der zweite Teil des Navigationstests (Zielort Aufnahmezentrum) durchgeführt wurde. Die generellen Zielangaben zu den Zielorten waren streng standardisiert in beiden Untersuchungsgruppen.

Ergebnisse Es zeigte sich eine drastische Verbesserung der Durchführungsdauer bei Personen mit moderater kognitiver Schädigung, wenn die Orientierung durch die MOBOT-Navigationshilfe unterstützt wurde. Die Leistungen sind dann mit den Leistungen von Personen ohne kognitive Schädigung vergleichbar. In der bewusst gewählten, relativ einfachen Orientierungsaufgabe erreichen fast alle Personen (37 von 40 Personen) unabhängig von der Assistenzunterstützung und dem kognitiven Status das Ziel. Vermutlich aufgrund von Deckeneffekten (ceiling effect) verbessert das Assistenzsystem die Testleistung (Gesamtdauer) bei kognitiv intakten Teilnehmern nicht. Das Ergebnis weist darauf hin, dass Assistenzsysteme dann wirksam sind, wenn eine gute Passung von technischer Lösung und Bedarf besteht. In dem Beispiel wird zudem deutlich, dass die Passung nicht nur vom Typ der Unterstützung, sondern auch auf der Nutzerseite vom Grad einer eventuellen Schädigung bzw. dem Aufgabenkontext abhängt. Bei geändertem Kontext (komplexere Orientierungsaufgabe) wären bei den kognitiv Intakten möglicherweise ebenfalls Effekte nachzuweisen (Abb. 5.4 und Tab. 5.3).

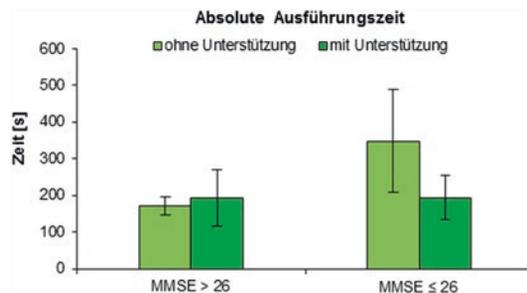


Abb. 5.4 Vergleich der Ausführungszeit nach Gruppe und Unterstützung. (Dargestellt ist die Ausführungszeit für den Gesamtkurs [Teil 1 und 2] für die Konditionen mit und ohne Assistenz nach kognitivem Status [MMSE \leq 26, mit kognitiver Schädigung, und MMSE > 26, ohne kognitive Schädigung])

Tab. 5.3 Effekt von Kognition und Navigationshilfe

Variable/Gruppen	Navigation Assistance		2 × 2 ANOVA		
	Unterstützt MMSE > 26: n = 10 MMSE ≤ 26: n = 8	Nicht unterstützt MMSE > 26: n = 10 MMSE ≤ 26: n = 9	Faktor	p-Wert	η^2
Gesamtzeit [sec], Durchschnitt ± SD			KOG	,003	,242
Intakt (MMSE > 26)	171,2 ± 25,4	193,4 ± 76,1	NAVI	,021	,151
Geschädigt (MMSE ≤ 26)	348,1 ± 140,6	193,7 ± 60,4	KOG*NAVI	,003	,243

Dargestellt sind Ergebnisse der 2 × 2-ANOVA-Analyse der Gesamtzeit in Abhängigkeit zur Navigationsassistenz (unterstützt vs. nicht unterstützt) und kognitivem Status (intakt vs. geschädigt). Die 2 × 2-Varianzanalyse weist einen durchgehend signifikanten Einfluss von Kognition (KOG), Navigationshilfe (NAVI) und kombinierten Effekten nach. Die angegebenen Effektstärken (eta-Quadrat, η^2) weisen durchgehend auf große Effekte ($\eta^2 > 0,14$) hin

Subjektive Nutzerzufriedenheit Die Nutzerzufriedenheit wurde durch einen standardisierten Fragebogen (TSQ-WT questionnaire) erhoben, der unterschiedliche Aspekte der Nutzerbewertung erlaubt (Nutzen/Benefit, Nutzerfreundlichkeit/Usability, Selbstkonzept/Self-concept, Lebensqualität/Quality of life). Für das erste TestszENARIO war eine standardisierte Erhebung der subjektiven Zufriedenheit möglich, da an die Testkonditionen eine Teilfunktion des Mobilitätssystems direkt gekoppelt war (in diesem Fall audio cues für die Navigation). Die Erhebungsmethode erlaubt nur Bewertungen, die einen solchen Bezug aufweisen. Dem zweiten TestszENARIO (gestenbasierte/verbale Kommandos) waren zum Zeitpunkt der Untersuchung keine MOBOT-Teilfunktion/-Reaktion (später integriert waren autonome Bewegungen des Systems, initiiert durch die jeweiligen Kommandos) zuzuordnen. Eine Erfassung der subjektiven Bewertung war daher im zweiten Szenario nicht möglich.

Die Nutzerevaluation wurde bei allen Teilnehmern durchgeführt, die das MOBOT-Navigationssystem getestet hatten (Gruppe mit Navigation) (n = 22). Die Medianwerte aller Fragebogendomänen liegen im oberen Wertebereich ($\geq 13,5$ –16,5) und zeigen eine generell sehr positive Einschätzung des MOBOT-Navigationsunterstützungssystems an. Überraschenderweise zeigt sich keine Korrelation von kognitivem Status und der subjektiven Bewertung der Navigationshilfe (keine signifikanten Korrelationen zwischen MMSE Scores und verschiedenen Fragebogen-Items (Spearman's rho = -,138–,033; p-Werte = ,541–,981) als möglicher Hinweis darauf, dass das Navigationssystem generell als hilfreich eingeschätzt wurde, auch wenn dies in der einfachen Testsituation bei den kognitiv intakten Teilnehmern nicht zu besseren Testergebnissen geführt hatte und ggf. somit auch das Potenzial als die tatsächlich notwendige Unterstützung bewertet wurde (vgl. Abb. 5.5).

Nutzen/Benefit Der Medianwert von 13,5 für die Domäne „Nutzen“ (Range 8–20) dokumentiert, dass das MOBOT-Navigationsunterstützungssystem einen erkennbaren Nutzen für die Teilnehmer hat. Der Gebrauch dieser Funktionalität scheint für die Teilnehmer lohnenswert, da sie das System auch anderen Menschen in einer ähnlichen Situation empfehlen würden.

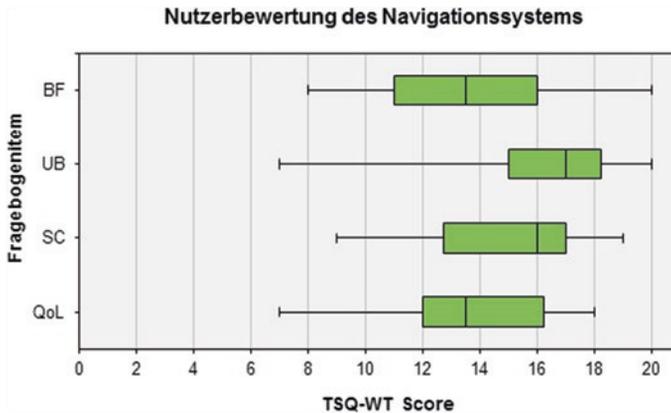


Abb. 5.5 Ergebnisse zur subjektiven Nutzerbewertung. (Dargestellt sind Ergebnisse des TSQ-WT [Median/Range max-min]: Nutzerbewertung des Navigationsunterstützungssystems, höhere Werte zeigen positivere Einschätzung an)

Nutzerfreundlichkeit/Usability Die Nutzerfreundlichkeit erreicht in der Bewertung den Höchstwert unter allen Domänen (17 von 20 Punkten [Range 7–20]). Die Navigationshilfe wird als leicht bedienbar wahrgenommen. Sie ist ohne große Anstrengung, sicher und zuverlässig zu handhaben, die Nutzung ruft keine Unsicherheits-/Überforderungsgefühle hervor.

Selbstkonzept/Self-concept Eine hohe Zustimmung kann auch in der Domäne „Selbst-Konzept“ (Median = 16, Range 9–19) dokumentiert werden. Die Teilnehmer assoziieren die Nutzung nicht mit dem negativen Gefühl, die Eigenständigkeit zu verlieren oder sich älter zu fühlen, als sie tatsächlich sind, und fühlen sich nicht beschämt/peinlich berührt, wenn sie das System in der Öffentlichkeit nutzen.

Lebensqualität/Quality of life Der überdurchschnittliche Wert von 13,5 (Range 7–18) dokumentiert die positive Einschätzung der Nutzer zum Potenzial des Navigationssystems, das Wohlbefinden, soziale Kontakte und die Selbstständigkeit zu steigern. Die – öffentliche – Nutzung war nicht mit einem unangenehmen Gefühl verbunden, das die Lebensqualität der Nutzer negativ beeinflussen würde.

Gesamtbewertung Die große Mehrzahl der Teilnehmer ist in der Lage, die technischen Anforderungen gut zu bewältigen. Das Unterstützungssystem verbessert bei Personen mit leichter bzw. moderater kognitiver Schädigung die motorische Leistung/Orientierung in fremder Umgebung sehr deutlich. Das System wird als leicht bedienbar, nützlich, effektiv und in seiner – öffentlichen – Nutzung als nicht diskriminierend empfunden.

Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse des Navigationsszenarios findet sich in Werner et al. (2018).

5.2.2 Szenario 2: Sprach- und gestenbasierte (audio-gesturale) Steuerung von MOBOT-Teilfunktionen

Hintergrund Mensch-Maschine-Schnittstellen eröffnen natürliche Kommunikationswege für ältere Menschen, die die Interaktion potenziell erleichtern und multimodale Zugänge erlauben. Das vorgestellte multimodale Aktionserkennungssystem stellt in technischer Hinsicht immer noch eine Herausforderung dar im Hinblick auf die komplexe Sensorik, die große Menge an technisch zu verarbeitenden Daten, aber auch die Menge an Daten, die notwendig ist, um Techniken des maschinengestützten, autonomen Lernens zu unterstützen. Die Mensch-Maschine-Interaktion ist aus der Nutzerperspektive kaum untersucht.

Studiendesign und experimentales Design Drei verschiedene Steuerungskommandos/Kommunikationsmodi zwischen dem Teilnehmer und dem MOBOT-System wurden in diesem Szenario untersucht, ein Erinnerungstest wurde zusätzlich eingebaut (real life szenario).

1. Audio-Modus
2. Gestenbasierter Modus
3. Kombiniertes Audio-Gesten-basierter Modus
4. Selbstgewählter/freier Modus (Erinnerungstest)

In jedem Modus wurden die folgenden fünf Kommandos getestet/abgefragt:

1. Herkommen: „MOBOT, komm her“ (in der Endversion des Systems fährt MOBOT autonom zum Nutzer)
2. Aufstehen: „MOBOT, ich will aufstehen“ (in der Endversion hilft MOBOT beim Aufstehen)
3. Helfen: „MOBOT, hilf“ (in der Endversion des Systems ruft MOBOT den Notruf)
4. Orientieren: „MOBOT, wo bin ich?“ (in der Endversion antwortet MOBOT mit der Raumlokalisierung)
5. Einparken: „MOBOT, parke“ (in der Endversion parkt MOBOT ein)

Die Testung für dieses Szenario fand mit einem Prototypen statt, bei dem die Systemaktionen, die in der finalen Version vorgesehen waren, in dieser Version noch nicht aktiviert waren. Die Erfolgsmeldung durch das System erfolgte in dieser Testung als Audiorückmeldung: „*MOBOT führt ... aus*“. Die Teilnehmer befinden sich während der gesamten Testung auf einem Standardstuhl 1–2 m hinter dem MOBOT-System.

Audio-Modus Vor der Testung findet eine sehr ausführliche Einweisung statt, auch im Test selbst wurden die Teilnehmer in den Modi 1–3 unterstützt. Der Testleiter zeigt zuerst die fünf Audio-Kommandos in der festgelegten Reihenfolge auf einem Poster (1–5), der

Teilnehmer liest diese gleichzeitig laut vor. In einem zweiten Schritt wird die Prozedur wiederholt, der Teilnehmer liest erneut die Kommandos in der richtigen vorgegebenen Reihenfolge. Falls Fehler auftreten, werden Lesefehler korrigiert und wiederholt, bis der Teilnehmer in der Lage ist, die Kommandos wie vorgegeben zu lesen. Zur Testung selbst zeigt der Testleiter die Kommandos noch einmal in derselben Reihenfolge.

Der Teilnehmer ist dann aufgefordert, die Kommandos laut vorzulesen (vom Poster). Nach dem Lesen wird eine kurze Pause gemacht, um dem System die Möglichkeit zu geben, die Kommandos zu registrieren und zu reagieren. Im Erfolgsfall reagiert das System mit einer Audiorückmeldung. Wenn maximal nach sieben Sekunden keine Rückmeldung erfolgt, fährt der Testleiter mit dem nächsten Audiokommando fort. Alle fünf Kommandos werden nacheinander in derselben Reihenfolge dreimal hintereinander durchgeführt (insgesamt also $3 \times 5 = 15$ Kommandos). Außengeräusche/Gespräche von/ mit anderen Personen werden strikt ausgeschlossen.

Gestenbasierter Modus Vor der Testung werden Gesten ebenfalls vom Testleiter vorgestellt und trainiert. In einem ersten Schritt werden die – einfachen – Gesten für jedes Kommando demonstriert. Die Geste wird dann nochmals vom Testleiter wiederholt und der Teilnehmer wird aufgefordert, die Geste zu imitieren. Jede Geste wird so lange trainiert, bis sie in der geforderten Weise durchgeführt wird.

Für die Testung demonstriert der Testleiter die Geste nochmals und der Teilnehmer imitiert die Geste unmittelbar im Anschluss (s. Abb. 5.6). Im Fall einer erkannten Geste reagiert das System mit einer Audiorückmeldung (nicht mit einer unmittelbaren Aktion wie im finalen Prototyp vorgesehen). Auch im Falle einer Nichterkennung wird die nächste Geste gezeigt. Alle fünf Gesten werden hintereinander in derselben Reihenfolge gezeigt/getestet. Es wird streng darauf geachtet, dass keine weiteren Personen in den Erfassungsbereich treten oder ins Sichtfeld kommen.



Abb. 5.6 Ein Teilnehmer führt gestenbasierte Kommandos aus (links: „komm her“; rechts: „aufstehen“)

Audio-gesturaler Modus Für den kombinierten audio-gesturalen Modus werden beide Testprotokolle kombiniert, supervidiert von zwei Testleitern (A, B). Zur Einführung zeigt Testleiter A die Audiokommandos und liest diese laut vor, während Testleiter B simultan die Gesten demonstriert. Die kombinierten Kommandos werden nun so lange trainiert, bis sie korrekt durchgeführt werden.

Zur Testung werden die Teilnehmer aufgefordert, die Kommandos vorzulesen, die von Testleiter A gezeigt werden, und gleichzeitig die korrespondierenden Gesten auszuführen, die von Testleiter B demonstriert werden. Bei erfolgreicher Erkennung reagiert das System ebenfalls mit einer akustischen Rückmeldung. Alle fünf audio-gesturalen Kommandos werden ebenfalls hintereinander in derselben Reihenfolge dreimalig präsentiert (s. Abb. 5.7).

Selbstgewählter/habitueller Modus Die ersten drei Testkonditionen sind im Wesentlichen auf die technische Funktionalität hin (Erkennen von audio-gesturalen Kommandos) optimiert. Die massive Unterstützung durch simultane Gestenpräsentation und schriftliche Befehle entspricht nicht einer Situation, wie sie üblicherweise in der Bedienung eines solchen Hilfssystems in der täglichen Nutzung vorkommen würde. Die intensive Vorbereitung und die wiederholte Durchführung der Modi 1–3 stellen jedoch ein intensives Kurztraining dar, um für die potenziellen Nutzer die Voraussetzung für die korrekte Ausführung zu schaffen. Ein letztes Experiment sollte zeigen, welche Leistung die Teilnehmer ohne simultane Unterstützung zeigen können und was ggf. erinnert werden kann. Die Teilnehmer werden unmittelbar nach Abschluss der Testung aufgefordert, so viele Kommandos zu wiederholen, wie sie innerhalb von drei Minuten erinnern können, unabhängig von der Reihenfolge oder vom Modus. Es werden aber im Gegensatz zu den anderen Testungen keinerlei Unterstützungshilfen (simultane Gestendarstellung, Posterdarstellung) angeboten.

Ergebnisse Bei der Ergebnisdarstellung fokussieren wir in diesem Beitrag auf den Modus 4 (selbstgewählter/habitueller Modus). Die Ergebnisse der Modi 1–3 zeigen,



Abb. 5.7 Darstellung des kombinierten audio-gesturalen Modus. Der Teilnehmer führt die Geste (obere Reihe) und gleichzeitig einen Sprachbefehl aus (Akustikwellen untere Reihe). Die Farbelemente in der oberen Reihe sind überlagert mit Verarbeitungssignalen (Fokus: Bewegungserkennung)

dass 10–15 % der Teilnehmer, trotz intensivem Vortraining und trotz massiver simultaner visueller wie auch akustischer Unterstützung, nicht in der Lage sind, einige Kommandos auszuführen, die auch vom System erkannt werden. Unter denen, die erkannt werden, reicht die Erfolgsrate der kombinierten Bewertung von menschlicher Ausführung und technischer Detektion von 6–26 % bis zu 47–60 % in einzelnen Modi mit einer tendenziell schlechteren Erfolgsrate bei gestenbasierten Aufgaben. Diese Ergebnisse sind insofern schwierig zu bewerten, als unterschiedliche Perspektiven sich überlagern (Qualität der technischen Erkennung und Qualität der menschlichen Ausführung). In dem Kontext dieses Beitrags liegt der Auswertungsfokus jedoch auf der Leistung der Teilnehmer (Nutzerperspektive), Modus 4 (selbstgewählter/habituellder Modus).

Anzahl der erinnerten/ausgeführten Kommandos Obwohl jedes Kommando sehr intensiv eingeführt, demonstriert und mehrfach trainiert wurde, wurden durchschnittlich lediglich 3,5 (23,3 %) der möglichen 15 Kommandos erinnert. Differenziert nach einzelnen Modi wurden von jeweils fünf möglichen Kommandos nur $1,31 \pm 1,3$ (26,0 %) im Audio-Modus, $1,3 \pm 1,4$ (26,0 %) im gestenbasierten Modus und $1,6 \pm 1,6$ (32,0 %) im kombinierten Modus erinnert und ausgesprochen bzw. dargestellt (siehe Abb. 5.8).

Die Daten wurden in einem Sub-Kollektiv der Untersuchungsgruppe des Navigations-tests durchgeführt (diejenigen Personen, die einverstanden waren, einen weiteren Test durchzuführen). Das Subsample war aus diesem Grund nicht identisch mit dem ersten Sample (Navigation), da zwei kognitiv geschädigte Personen mit schlechterem funktionellem Status zum zweiten Test (audio-gesturale Steuerung) ausgeschieden waren. Beide Kollektive sind ansonsten vergleichbar (siehe Tab. 5.5) und entsprechen beide einem typischen potenziellen Nutzerkollektiv für die untersuchten Hilfssysteme. Für den hier wichtigen Vergleich der Leistungen in beiden Tests (Navigation vs. audio-gesturale Steuerung) ist der Unterschied nicht primär von Bedeutung, da kein direkter Gruppenvergleich

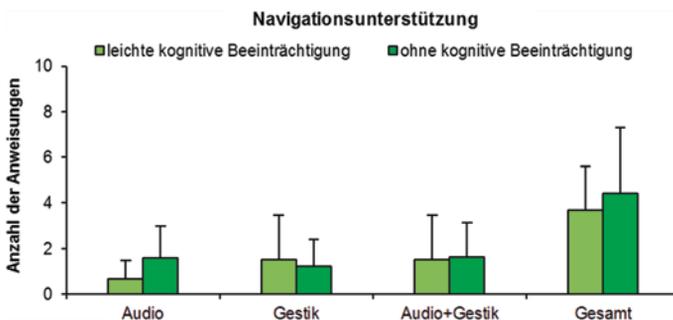


Abb. 5.8 Ergebnisse der audio-gesturalen Steuerung. (Dargestellt sind Ergebnisse der unterschiedlichen Modi nach kognitivem Status)

beabsichtigt ist. Die audio-gesturale Gruppe wäre aber im Hinblick auf die kognitiv motorischen Ressourcen etwas besser zu bewerten. Erkennbar sind im Trend kleinere Unterschiede zwischen Personen mit und ohne kognitive Schädigung, die aber in dem kleinen Untersuchungskollektiv nicht signifikant werden. Insgesamt wird sichtbar, dass beide Subgruppen unabhängig von kognitiven Status, trotz umfassendem Kurztraining vor Testung, sehr deutlich limitiert sind, sowohl auditive, gestenbasierte wie auch kombinierte Befehle nachzuvollziehen (Tab. 5.4).

Tab. 5.4 Datenanalyse der audio-gesturalen Steuerung

Art der Anweisung	Maximale Anzahl der Anweisungen	CI (n = 6)	NCI (n = 14)	p-Wert	η^2
Audio, n, Mittelwert \pm SD	5	0,67 \pm 0,82	1,57 \pm 1,43	0,146	0,114
Gestik, n, Mittelwert \pm SD	5	1,50 \pm 1,98	1,21 \pm 1,19	0,691	0,009
Audio+Gestik, n, Mittelwert \pm SD	5	1,50 \pm 1,98	1,64 \pm 1,50	0,861	0,002
Total, n, Mittelwert \pm SD	15	3,67 \pm 1,95	4,43 \pm 2,88	0,496	0,026

Anmerkungen: n=Anzahl der Probanden; Maximal=CI=leichte kognitive Beeinträchtigung; NCI=keine kognitive Beeinträchtigung. Angegeben sind die Mittelwerte für die Anweisungen in den Bereichen Audio, Gestik, Audio+Gestik und für alle Anweisungen, die maximal mögliche Anzahl der Anweisungen in den Teilbereichen und für alle Bereiche. p-Werte und η^2 wurden mit einer univariaten ANOVA ermittelt

Tab. 5.5 Vergleich der Subsamples beider Untersuchungen

Variable	Navigationsszenario (n = 22)	kombiniertes Szenario (n = 20)	p-value ^a
Alter (SA)	84,0 (7,5)	80,9 (9,7)	0,245
Weibliches Geschlecht, n (%)	13 (59,1)	15 (75,0)	0,275
MMSE (SA)	24,6 (4,1)	27,3 (2,4)	0,015
Barthel-Index (SA)	82,7 (11,7)	91,3 (10,7)	0,019
GDS, Median (range)	2,0 (0–9)	1,0 (0–11)	0,287
Gestürzte Personen im Jahr, n (%)	14 (63,6)	12 (60,0)	0,808
Sturzangst, n (%)	17 (77,3)	12 (60,0)	0,677
Sozialer Status, n (%)	10 (45,5)	12(60,0)	0,346
Zu Hause lebend Institutionalisiert	12 (54,4)	8 (40,0)	
Gehgeschwindigkeit, m/s, (SA)	0,56 (0,32)	0,63 (0,32)	0,372

MMSE: Mini Mental State Examination; GDS: Geriatric Depression Scale. SA = Standardabweichung; n = Anzahl

^aP-Wert für den Zwischengruppenvergleich der Untergruppen: Navigationsszenario vs. kombiniertes Szenario

Bewertung der Ergebnisse: Match bzw. Mismatch von Nutzerressourcen und technischen Anforderungen

Die Bewertung, ob technische Hilfssysteme in Passung auf die potenzielle Nutzergruppe hin erfolgreich entwickelt werden, hat neben technischen Bewertungskriterien eine besondere ethische Komponente. Ist eine solche Passung nicht oder unzureichend erreicht, so ist das System nicht nur nicht einsatzfähig bzw. nutzbar, ein Einsatz hätte sogar potenzielle negative Konsequenzen, die neben einer akuten Gefährdung auch psychosoziale Aspekte betreffen wie Selbstachtung/-bewertung und Scham oder externe negative Bewertungen und Stigmatisierung. In der großen potenziellen Nutzergruppe für AAL-Unterstützungssysteme stellen Menschen mit Demenz eine besonders vulnerable Gruppe dar, die in dieser Hinsicht besonders gefährdet erscheint, zugleich aber besonders wenig ihre Interessen vertreten und sich artikulieren kann. In der Entwicklung von AAL-Systemen ist die Nutzerperspektive bislang noch deutlich unter-, die technisch-ingenieurwissenschaftliche Perspektive deutlich überrepräsentiert. Von übertragender Bedeutung ist eine Anpassung und Gleichberechtigung beider Anforderungen (wenn nicht sogar Priorisierung der Nutzerinteressen). Ein erster Schritt ist daher die optimierte Passung beider Entwicklungsperspektiven, bei der aber generalisierende Kriterien nur bedingt hilfreich sind. Voraussetzung einer spezifischen nutzerorientierten Entwicklung sollte daher eine detaillierte, maßgeschneiderte Analyse von vorhandenen Nutzerressourcen, technischen Anforderungen und deren Passung sein. Im Folgenden sollen beide untersuchte Unterstützungssysteme im Hinblick auf spezifische Kriterien bewertet werden, die für die potenzielle Nutzergruppe älterer Menschen, insbesondere auch solcher mit kognitiver Einschränkung, relevant sind. Als Bewertungskriterien wurden kognitive, motorische und psychosoziale Aspekte ausgewählt, die für die Nutzung/Bedienbarkeit der getesteten Systeme von besonderer Bedeutung sind (Tab. 5.6).

Zusammenfassung des Vergleichs Im Vergleich beider Unterstützungssysteme schneidet das Navigationssystem mit einer Abbrecherquote von <10 % und drastischen Verbesserungen in Verlaufsparametern wie Durchführungszeit gegenüber einer Erfolgsquote von ca. 30 % in der audio-gesturalen Steuerung in der Evaluation deutlich besser ab. Eine detaillierte Analyse des Anforderungslevels und der Passung auf die Nutzergruppe ermöglicht eine spezifische Bewertung der Testergebnisse.

Navigationsszenario Die **kognitiven Anforderungen** an die Nutzung des Navigationssystems sind als eher gering einzustufen. Die Navigationshilfe ist vielen Nutzern zudem vom Autofahren bekannt, es liegen somit ggf. bereits Erfahrungen vor, die die Handlungsplanung und Ausführung unterstützen. Die spezifischen Anforderungen an Gedächtnisinhalte, die bei neurodegenerativen Schädigungen wie z. B. vom Alzheimer-Typus relativ früh im Krankheitsverlauf auftreten, sind gering. Sowohl für **das semantische Gedächtnis** (Teil des expliziten Gedächtnisses, speichert Fakten und Wortbedeutungen, Anforderung im Szenario allenfalls im Speichern von einfachen Handlungsanleitungen in der Instruktionsphase) als auch für das **prozedurale Gedächtnis**

Tab. 5.6 Vergleich MOBOT-Unterstützungssysteme

Außenkriterium	Navi-Modus (Anf.Niveau)	A-G-Modus (Anf.Niveau)	Passung Navi (OKS/MKS)	Passung A-G (OKS/MKS)
Semantisches Gedächtnis	*	***	(+/+++)	(--/----)
Prozedurales Gedächtnis	*	****	(+/+++)	(--/----)
Arbeitsgedächtnis	*	****	(+/+++)	(--/----)
Exekutivfunktion/Planung/ Ausführung	*	****	(+/+++)	(--/----)
Geteilte Aufmerksamkeit	*	****	(+/+++)	(--/----)
Aufmerksamkeitsspanne	*	****	(+/+++)	(--/----)
Motorisch-funktionelle Leistung	*	*	(+/+)	(+/+)
Sensorische Leistung	*	*	(+/+)	(+/+)
Überforderung/Verlust Selbstwirksamkeit	*	***_****	(+/+++)	(--/----)
Scham/Stigmatisierung	*	***_****	(+/+++)	(--/----)
Relevanz des jeweiligen Unterstützungsbereiches (Mobilität; Steuerung)	Sehr hoch	Sehr hoch	(Hoch/hoch)	(Hoch/hoch)
Relevanz der untersuchten Teilfunktion (Navigation/Orientierung; Duschregelung)	Hoch/sehr hoch	Hoch/sehr hoch	(Hoch/sehr hoch)	(Hoch/hoch)

Dargestellt ist ein Vergleich zweier Hilfssysteme. Anf.Niveau=Anforderungsniveau für den Nutzer. Navi-Modus= Navigationsmodus; A-G-Modus = audio-gesturaler Modus. Passung getrennt nach: OKS = ohne kognitive Schädigung; MKS = mit moderater kognitiver Schädigung. Bewertung der psychosozialen Kriterien sind für das A-G-System nicht belegt, liegen jedoch aufgrund der erzielten Ergebnisse nahe bzw. müssen unterschiedlich bewertet werden (öffentliche vs. private Nutzung). Die Bewertung des Anforderungsniveaus erfolgt über *: – Keine relevante Anforderung, * geringe Anforderung, ** mittlere Anforderung, *** hohe Anforderung, **** sehr hohe Anforderung. Die Bewertung der Passung erfolgt über +, ++, +++(positiv)–/–, ––, ––– (negativ)-Symbole

(speichert implizite oder nichtdeklarative Inhalte, die automatisch eingesetzt werden, z. B. motorische Abläufe; Anforderungen sind im Szenario sehr einfach und weitgehend vorstrukturiert) und für das **Arbeitsgedächtnis** (ermöglicht es, Informationen vorübergehend zu speichern und gleichzeitig zu manipulieren; im Szenario kaum gefordert wegen extern vorgegebener Handlungsstruktur) liegt das Anforderungsniveau niedrig und entspricht sehr einfachen Alltagsaktivitäten.

Ebenfalls früh eingeschränkt im Krankheitsprozess sind Aufmerksamkeit und Exekutivfunktionen, die im Szenario ebenfalls wenig gefordert sind. Die **Aufmerksamkeitsspanne** beschreibt jene Menge an Information, die in einer Situation bei kurzzeitiger Darbietung entnommen werden kann, also in den Kurzzeitspeicher aufgenommen wird. Im Testszenario ist die Informationsmenge, die in der Instruktion, insbesondere aber während des Betriebs anfällt, wenig komplex und sehr kurz, die Anforderung an die Testpersonen daher gering. Die **geteilte Aufmerksamkeit** beschreibt die kognitive Teilleistung, die es ermöglicht, unterschiedliche Informationsquellen zu verarbeiten und mehrere Aufgaben gleichzeitig erfolgreich durchzuführen. Im Testszenario werden die – wenig komplexen – Anforderungen im Wesentlichen konsekutiv und nicht gleichzeitig angefordert, das Anforderungsniveau an die Dual-Task-Fähigkeit der Teilnehmer ist gering.

Das Anforderungsniveau an die **motorisch-funktionelle Leistung** ist für das Studienkollektiv, bei dem schwere funktionelle Schädigungen ein Ausschlusskriterium darstellten, als eher gering einzustufen. Als motorische Funktion werden im Wesentlichen Gehleistungen gefordert, die aber durch die rollatorbasierte Mobilitätshilfe abgesichert werden. **Sensorische Leistungen** sind notwendig beim Hören der akustischen Instruktionen und bei der visuellen Orientierung im Raum. Da schwere sensorische Schädigungen ebenfalls ein Ausschlusskriterium der Studie darstellen, ist auch das Anforderungsniveau in Bezug auf die Sensorik gering und entspricht, wie bei den motorischen Leistungen, normalen Basisanforderungen im Alltag.

Das eher geringe Anforderungsniveau, z. T. auch die gelungenen Unterstützungsfunktionen des MOBOT-Navigationssystems, hat positive Effekte auf **psychosoziale Bewertungskriterien**. Weder bei der Gruppe der kognitiv intakten noch bei der Gruppe der kognitiv geschädigten Teilnehmer wird eine **Überforderung** der Teilnehmer erkennbar. Positive Wahrnehmungen der eigenen Leistung und die durchgehende Kontrolle über das System wirken dem Verlust der **Selbstwirksamkeit/Kontrollverlust** entgegen. Obwohl die Nutzung des Navigationssystems im öffentlichen Raum stattfindet, mit einem potenziell erhöhten Risiko für **Schamgefühle** seitens der Nutzer wie auch externer **Stigmatisierung**, zeigen sich keine solchen negativen Reaktionen. Interessanterweise wird die Nutzerrolle eher positiv wahrgenommen („Kapitän“ einer schweren High-tech-Maschine, die man souverän bedient). Die Navigationshilfe ist zudem aus der Automobilnutzung bekannt und etabliert (TomTom) und nicht negativ besetzt.

Audio-gesturale Steuerung: Die **kognitiven Anforderungen** an die Nutzung der audio-gesturalen Steuerung sind als hoch einzustufen. Die innovativen Steuerungsmodi

sind vielen Nutzern nicht bekannt, es liegen somit keine Vorerfahrungen vor, auf die die Nutzer ggf. zurückgreifen können. Alle aufgeführten spezifischen gedächtnisbasierten Teilleistungen sind beteiligt. Sowohl für das **semantische Gedächtnis** (Anforderung im Szenario im Speichern von zahlreichen, komplexen, neuen Handlungsanleitungen in der Instruktionsphase) als auch für das **prozedurale Gedächtnis** (Anforderung im Szenario für die neuen, dreidimensionalen Bewegungsmuster der Gesten) und für das **Arbeitsgedächtnis** (Anforderung im Szenario bei der simultanen Ausführung von gestenbasierten und auditiven Befehlen), aber auch bei gleichzeitiger Informationsaufnahme (externe Hilfen wie Gestendarstellung, Poster) und Ausführung liegt das Anforderungsniveau sehr hoch und findet kaum eine Entsprechung in Alltagsaktivitäten. Andere kognitive Teilfunktionen wie **Aufmerksamkeit und Exekutivfunktionen** sind im Szenario ebenfalls stark gefordert. Im Testszenario ist die Informationsmenge, die in der Instruktion, insbesondere aber während des Betriebs, anfällt, komplex und relativ umfangreich, die Anforderung an die Testpersonen daher hoch. Die geteilte Aufmerksamkeit ist im Testszenario in den ersten drei Modi notwendig, da zur Unterstützung der Erinnerung die zahlreichen und komplexen Befehle simultan extern von Testleitern dargestellt werden; das Anforderungsniveau an die Dual-Task-Fähigkeit der Teilnehmer ist daher hoch.

Das Anforderungsniveau an die **motorisch-funktionelle Leistung** ist für das Studienkollektiv, vergleichbar dem Navigationsszenario, als eher gering einzustufen. Als motorische Funktion werden im Wesentlichen Arm-/Handbewegungen im Sitzen beim gestenbasierten Modus gefordert, die allenfalls vereinzelt bei bestimmten Gesten bei individuell eingeschränkter Schulterbeweglichkeit limitiert sein können. **Sensorische Leistungen** sind notwendig beim Hören/Erkennen der akustischen und visuellen Instruktionen. Das Anforderungsniveau in Bezug auf die Sensorik ist gering und entspricht, wie bei den motorischen Leistungen, normalen Basisanforderungen im Alltag.

Das hohe Anforderungsniveau, z. T. auch die fehlenden Unterstützungsfunktionen des MOBOT-Audio-Gesten-basierten Steuerungssystems hat potenziell negative Effekte in Bezug auf **psychosoziale Bewertungskriterien**. Sowohl in der Gruppe der kognitiv intakten wie auch in der Gruppe der kognitiv geschädigten Teilnehmer wird eine Überforderung der Teilnehmer deutlich erkennbar (Floor-Effekte). Die Wahrnehmungen der eigenen unzureichenden Leistung und die geringe Effektivität der Steuerung der Systemfunktion verringern potenziell die Selbstwirksamkeit und verstärken das Gefühl des Kontrollverlustes. Obwohl die Nutzung des audio-gesturalen Steuerungssystems nicht im öffentlichen Raum stattfindet, ist die durchgehende **Überforderungssituation** potenziell mit einem erhöhten Risiko für **Schamgefühle** seitens der Nutzer wie auch **externer Stigmatisierung** (ggf. seitens von pflegenden Angehörigen in einer habituellen Nutzung) verbunden. Die subjektive Bewertung dieses Szenarios wurde nicht standardisiert erhoben. Individuelle Rückmeldungen oder Reaktionen der Studienteilnehmer (wie z. B. ein kompletter Ausstieg aus der Testung) belegen jedoch die negative Bewertung des audio-gesturalen Steuerungssystems in dieser Entwicklungsphase.

Bewertung der Passung des Anforderungsniveaus und Ressourcen der Nutzergruppe

Beide Systeme zeigen ein vergleichbares Anforderungsniveau in den relevanten Bereichen motorische und sensorische Leistung, die auch in beiden Fällen zur potenziellen Nutzergruppe passen. Beide Systeme sind zudem für jeweils hochrelevante Unterstützungsbereiche (Mobilität/Steuerung) und relevante spezifische Teilfunktionen (Navigation/Orientierung; autonome Hilfsmittelsteuerung) entwickelt worden. Entscheidend bei der Bewertung der Passung ist jedoch das kognitive Anforderungsniveau.

Die kognitive Passung der Anforderungen des Navigationssystems an die Nutzergruppe erscheint anhand der obigen Bewertung als gut bis sehr gut. Insbesondere die Gruppe der Personen mit moderater kognitiver Schädigung profitiert in hohem Maße von der kognitiven Unterstützung bei der – in dieser Gruppe geschädigten – räumlichen Orientierung in dem relativ einfachen Orientierungsparcours. Bei einem deutlich komplexeren Navigationskurs würde ggf. auch die Gruppe der kognitiv intakten Personen profitieren. Die generell positive subjektive Bewertung der Gesamtgruppe zeigt die Einsicht in das offensichtliche Potenzial des Hilfssystems auch bei kognitiv nicht geschädigten Personen.

Die kognitive Passung der Anforderungen des Audio-Gesten-basierten Steuerungssystems an die Nutzergruppe erscheint anhand der obigen Bewertung als ungenügend. Beide Untersuchungsgruppen mit und ohne kognitive Schädigung sind in hohem Maße vom komplexen kognitiven Anforderungsniveau überfordert.

Die Ergebnisse weisen auch auf die Prioritäten bei der Entwicklung des Hilfssystems und des Studiendesigns hin. Das Studiendesign des Navigationssystems wurde in enger Kooperation mit klinischen Partnern entwickelt und in seinem Anforderungsniveau auf die Limitierungen des Studienkollektivs ausgerichtet (einfaches Setting, Vermeidung von Floor-Effekten auch, um innovative Verlaufparameter – Gehstrecke, in späteren Analysen auch qualitativ-quantitative Gangparameter – zu erfassen, die in der späteren Entwicklung für andere Unterstützungsfunktionen wie Sturzprävention relevant sind). In der technischen Entwicklung sind zudem einfache, stark strukturierte Teilunterstützungen im Fokus, die sehr geringe Anforderungen an die kognitive Leistung der Nutzer stellen, die sich an etablierte Unterstützungssysteme in anderen Lebensbereichen anlehnen (TomTom).

Das Studiendesign der Audio-Gesten-basierten Steuerung wurde hingegen maßgeblich von technischen Partnern entwickelt mit dem strengen Fokus auf die technische Evaluation der Erkennung der auditiven oder gestenbasierten Befehle und in seinem Anforderungsniveau nicht auf die Limitierungen des Studienkollektivs ausgerichtet. Die Limitierungen des Studienkollektivs wurden so weit wie möglich mit maximaler externer Unterstützung (Poster, simultane Präsentation von Gesten) durch den Testleiter kompensiert, wobei nicht bedacht wurde, dass die Unterstützung z. T. das kognitive Anforderungsniveau weiter steigert (Dual Tasking). Einzig der freie Modus ohne Unterstützung (Modus 4) wurde von den klinischen Partnern eingeführt, um wenigstens eine Testkondition zu dokumentieren, in der ein realistischer Nutzungskontext (nicht extern unterstützte Ausführung) vorgegeben wird und zudem eine Rückmeldung zu erinnern

Befehlen ermöglicht, die in den vorigen Modi 1–3 intensiv trainiert wurden. Die auditive und gestenbasierte Steuerung lehnt sich nicht an in der Lebenswelt von älteren Menschen schon etablierten Systemen an, die komplexen Anforderungen werden nicht von systemimmanenten Hilfsstrukturen unterstützt.

Zusammenfassung

Der Vergleich von zwei unterschiedlichen Hilfssystemen im Rahmen eines AAL-Projekts zeigt, dass eine detaillierte Anforderungsanalyse der Nutzergruppe im Hinblick auf die technische Entwicklung notwendig ist, um einerseits sinnvolle technische Funktionen zu garantieren und andererseits die Limitierungen und verbliebenen Ressourcen der potenziellen Nutzergruppe miteinzubeziehen, um eine hohe Adhärenz und Akzeptanz zu gewährleisten und gleichzeitig potenzielle Risiken auszuschließen.

Literatur

- 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>. Epub 2014 Jul 24.
- Astell, A., Alm, N., Gowans, G., Maggie, E., Dye, R., & Vaughan, P. (2009). Involving older people with dementia and their carers in designing computer based support systems: Some methodological considerations. *Universal Access in the Information Society*, 8, 49. <https://doi.org/10.1007/s10209-008-0129-9>.
- Broadbent, E., Stafford, R., & MacDonald, B. (2009). Acceptance of Healthcare Robots for the Older Population: Review and Future Directions. *International Journal of Social Robotics*, 1, 319. <https://doi.org/10.1007/s12369-009-0030-6>.
- Cubit, K. (2010). Informed consent for research involving people with dementia: A grey area. *Contemporary Nurse*, 34(2), 230–236. <https://doi.org/10.5172/conu.2010.34.2.230>.
- Efthimiou, E., Fotinea, S.-E., Goulas, T., Dimou, A.-L., Koutsombogera, M., Pitsikalis, V., Maragos, P., & Tzafestas, C. (2016). The mobot platform – Showcasing multimodality in human-assistive robot interaction. In M. Antona & C. Stephanidis (Hrsg.), *Universal access in human-computer interaction techniques and environments: 10th international conference, UAHCI 2016, held as part of HCI International 2016, Toronto, ON, Canada, July 17–22, 2016, proceedings, part ii* (S. 382–391). Cham: Springer.
- Hauer, K., Werner, C., Koumpouros, Y., Tzafestas, C. S., Moustris, G. P., Maragos, P., Pitsikalis, V., Kardaris, N., & Rodomagoulakis, I. (2016). Deliverable D5.4: Report on performance metrics and final evaluation study. http://www.mobot-project.eu/userfiles/downloads/Deliverables/MOBOT_WP5_D5.4.pdf.
- Heerink, M., Krose, B., Evers, V., & Wielinga, B. (2006). The influence of a robot's social abilities on acceptance by elderly users. In *IEEE international symposium on robot and human interactive communication (ROMAN 2006)* (S. 521–526).
- Hellström, I., Nolan, M., Nordenfelt, L., & Lundh, U. (2007). Ethical and methodological issues in interviewing persons with dementia. *Nursing Ethics*, 14(5), 608–619.
- Ienca, M., Fabrice, J., Elger, B., Caon, M., Pappagallo, A. S., Kressig, R. W., et al. (2017). Intelligent assistive technology for Alzheimer's disease and other dementias: A systematic review. *Journal of Alzheimer's Disease*, 56(4), 1301–1340. <https://doi.org/10.3233/jad-161037>. Review.

- Körtner, T. (2016). Ethical challenges in the use of social service robots for elderly people. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 4, 303–307.
- Kulviwat, S., Bruner, G. C., II, Kumar, A., Nasco, S. A., & Clark, T. (2007). Toward a unified theory of consumer acceptance technology. *Psychology Marketing*, 24, 1059–1084. <https://doi.org/10.1002/mar.20196>.
- Manzeschke, A., Weber, K., Rother, E., & Fangerau, H. (2013). Abschlussbericht: BMBF-Begleitstudie zu AAL – Ethische Fragen im Bereich Altersgerechter Assistenzsysteme. <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/service/publikationen/ethische-fragen-im-bereich-altersgerechter-assistenzsysteme>.
- Nygard, L. (2006). How can we get access to the experiences of people with dementia? Suggestions and reflections. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 13, 101–112.
- Pollack M. (2005). Intelligent technology for an aging population: The use of AI to assist elders with cognitive impairment. *AI Magazine*, 26(2), 9–24. <https://doi.org/10.1609/aimag.v26i2.1810>.
- Prince, M., Wimo, A. G. M., Ali, G. C., Wu, Y. T., & Prina, M. (2015). *World Alzheimer Report 2015: The global impact of dementia: An analysis of prevalence, incidence, cost and trends*. London: Alzheimer's Disease International.
- Robinson, H., MacDonald, B. A., Kerse, N., & Broadbent, E. (2013). Suitability of healthcare robots for a dementia unit and suggested improvements. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(1), 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2012.09.006>. Epub 2012 Oct 23.
- Robinson, L., Brittain, K., Lindsay, S., Jackson, D., & Olivier, P. (2009). Keeping In Touch Everyday (KITE) project: Developing assistive technologies with people with dementia and their carers to promote independence. *International Psychogeriatric*, 21(3), 494–502. <https://doi.org/10.1017/s1041610209008448>. Epub 2009 Feb 5.
- Shah, S. G., & Robinson, I. (2006). User involvement in healthcare technology development and assessment: Structured literature review. *International Journal of Health Care Quality Assurance Incorporating Leadership In Health Services*, 19(6–7), 500–515.
- Sharkey, A., & Sharkey, N. (2012). Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics and Information Technology*, 14(1), 27–40. <https://doi.org/10.1007/s10676-010-9234-6>.
- Vandemeulebroucke, T., Dierckx de Casterlé, B., & Gastmans, C. (2018). The use of care robots in aged care: A systematic review of argument-based ethics literature. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 74, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2017.08.014>. Epub 2017 Sep 6.
- Vernooij-Dassen, M. J. F. J., Moniz-Cook, E. D., Robert, T. Woods, De Lepeleire, J., Leuschner, A., Zanetti, O., de Rotro, J., Kenny, G., Franco, M., Peters, V., Iliffe, S., & the INTERDEM group. (2005). Factors affecting timely recognition and diagnosis of dementia across Europe: from awareness to stigma. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 20, 377–386.
- Werner, C., Moustiris, G. P., Tzafestas, C. S., & Hauer, K. (2018). User-oriented evaluation of a robotic rollator that provides navigation assistance in frail older adults with and without cognitive impairment. *Gerontology*, 64(3), 278–290.
- Werner, P., & Heinik, J. (2008). Stigma by association and Alzheimer's disease. *Aging & Mental Health*, 12(1), 92–99.

Prof. Klaus Hauer ist APL-Professor an der Medizinischen Fakultät der Universität Heidelberg, kooptiertes Mitglied an der Fakultät für empirische Sozial- und Verhaltenswissenschaften der Universität Heidelberg und Direktor der Forschungsabteilung des Bethanien-Krankenhauses/geriatrischen Zentrums an der Universität Heidelberg. Als akademisch ausgebildeter Biologe und Bewegungswissenschaftler promovierte er in der Sportwissenschaft am Institut für Sportwissenschaft an der Universität Heidelberg und habilitierte an der medizinischen Fakultät der Universität Heidelberg. Seine breit gefächerte, interdisziplinäre Forschungsarbeit umfasst in erster Linie geriatrische und kardiovaskuläre Rehabilitationsansätze mit Schwerpunkt auf motorischem wie auch kognitivem Training bei Hochbetagten mit und ohne kognitive Schädigung, der Methodenentwicklung, wie auch sekundärpräventiven Ansätzen. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt stellt die klinische Perspektive bei technikbasierten Forschungsansätzen (Ambient assisted living, AAL) dar. Er ist Mitglied in nationalen wie auch internationalen Forschungsnetzwerken und -projekten.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Christoph Gisinger

Zusammenfassung

Im Rahmen von zwei großen EU-Forschungsprojekten (HOBBIT und STRANDS) wurden Feldstudien über den Langzeiteinsatz von Robotersystemen in der geriatrischen Pflege- und Rehabilitationseinrichtung Haus der Barmherzigkeit und in Privatwohnungen von alleine lebenden Menschen im Alter über 75 Jahre durchgeführt. Die geriatrischen Patienten reagierten im Allgemeinen offen und aufgeschlossen, wesentlich zurückhaltender waren – vor allem anfangs – die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Die technischen Projektpartner bewerteten den Langzeiteinsatz unter Alltagsbedingungen äußerst positiv, weil die Assistenzrobotersysteme außerhalb des Labors unter Real-Life-Bedingungen überhaupt langfristig und weitgehend autonom funktionsfähig waren. Die Nutzer (Pflegepatienten, deren Angehörige und Mitarbeiter) reagierten eher enttäuscht, weil die eingesetzten Prototypen nicht ausreichend robust, rasch und verlässlich funktionierten und dadurch zu wenig Unterstützung im Alltag und praktischer Nutzen erlebbar war. Im weiteren Projektverlauf konnten Ängste der Mitarbeiter entkräftet werden, dass Pflegepersonen durch Roboter in absehbarer Zeit ersetzt werden könnten. Für Teilaufgaben oder unterstützend bzw. im Tandem wird jedoch ein großes Potenzial für intelligente technische Lösungen begrüßt. Seitens der Nutzer bzw. Pflegepatienten zeigte sich keine grundsätzliche Ablehnung von robust und sicher funktionierenden Robotern und sogar eine Präferenz für technische Hilfe

C. Gisinger (✉)

Department für Gesundheitswissenschaften und Biomedizin, Zentrum für Geriatrische Medizin und Pflege, Donau-Universität Krems, Krems, Österreich
E-Mail: christoph.gisinger@donau-uni.ac.at

C. Gisinger

Akademie für Altersforschung am Haus der Barmherzigkeit, Wien, Österreich

statt Personenhilfe, wenn es um den Intimbereich (z. B. Körperpflege, Ausscheidung) geht und dadurch Autonomie und Selbstständigkeit erhalten werden können. Hier gibt es allerdings technische, wirtschaftliche, Sicherheits- und ethische Probleme, die noch gelöst werden müssen. „Pflegeroboter“ werden kommen, auch wenn noch ein langer Weg vor uns liegt und die genaue Funktionalität noch einer Klärung bedarf.

6.1 Einleitung

Sowohl der Begriff „Pflege“ als auch der Begriff „Roboter“ wird unterschiedlich verwendet und verstanden. Unter der Bezeichnung „Pflege“ wird sowohl der gesamte Dienstleistungsbereich der mobilen oder (teil-)stationären Betreuung im Gesundheits- bzw. Sozialbereich verstanden als auch bestimmte in vielen Ländern gesetzlich stark geregelte Berufsbilder und andererseits auch Tätigkeiten, die von nicht ausgebildeten Personen, also Laien, in Familien oder anderen informellen Bereichen übernommen werden. Die im Englischen gebräuchliche Unterscheidung von „Care“ und „Nursing“ (**Nurses IC**) wird ins Deutsche als „Betreuung“ und „Pflege“ übersetzt, allerdings ist diese Differenzierung in der Alltagssprache nicht wirklich angekommen.

Ähnlich beliebig verhält es sich mit dem Begriff „Roboter“, der ein weites Spektrum umfasst; von programmierbaren deterministischen Maschinen (klassische „Industrieroboter“) über z. B. in der Medizin eingesetzte Manipulatoren (Operationsroboter), die von Chirurgen gesteuert werden, bis zu mit komplexen Sensoren bestückten stationären oder mobilen Systemen, die Signale erkennen, differenziert verarbeiten und darauf reagieren können und deren Aussehen oft auch anthropomorphe Merkmale aufweist.

Die Bezeichnung „Pflegeroboter“ ist daher häufig eine schwammige Projektionsfläche von Wünschen und Ängsten. In diesem Beitrag werden aus Sicht der Geriatrie und Medizin Erwartungen und Erfahrungen mit komplexen technischen Systemen in einer geriatrischen Langzeitpflege- und Rehabilitationseinrichtung zusammengefasst, die Menschen mit erhöhtem Pflegebedarfsrisiko oder tatsächlichem Pflegebedarf unterstützen und zu Hause oder in Institutionen eingesetzt werden können.

6.2 Wo können Technik und Robotik im Bereich Geriatrie und Pflege nützlich sein?

Im Jahr 2008 untersuchten wir in einem vierwöchigen Projekt gemeinsam mit einem Team von Mechatronikern des Austrian Research Center mittels Workshops und strukturierter teilnehmender Beobachtung unter Einbindung verschiedener Berufsgruppen des Pflege- und Rehabilitationsbereichs des Hauses der Barmherzigkeit, für welche Aufgaben technische Systeme oder Roboter eine Hilfe sein könnten (Helwein et al. 2008). Neben sehr spezifischen Anforderungen, wie z. B. bei Patienten mit Kontrakturen, wurden für Menschen mit Pflegebedarf zusammenfassend folgende Bereiche als vielversprechende weitere Stoßrichtung identifiziert: Sturzprophylaxe und Sturzerkennung, Unterstützung

der Kommunikation, Vermittlung von Erlebnissen und Unterhaltung, Unterstützung bei (kognitiver) Therapie/Training, Hol- und Bringdienste, Bewohner-/Patiententransport in der Einrichtung, automatisierte Unterstützung bei der Pflegedokumentation, Unterstützung der professionellen Pflege bei Hebe- und Kraftaufgaben, automatisierte Medikamentenverabreichung mit Dokumentation des Durchführungsnachweises, apportierender Visitenverbandswagen mit „Dritte-Hand“-Funktion. Natürlich stellt sich die technische, finanzielle, ethische, rechtliche und organisatorische Realisierbarkeit sehr unterschiedlich dar. In den Folgejahren ergab sich die Gelegenheit, in einigen dieser Bereiche gemeinsam mit Partnern aus Universitäten und Industrie Projekte mit dem Ziel zu verwirklichen, Lösungsansätze für die Probleme Sturz bzw. Sicherheit zu entwickeln oder Möglichkeiten bei der Unterstützung von rehabilitativen Therapien aufzuzeigen. Dazu kamen auch Informations-, Kommunikations- und Unterhaltungsfunktionen.

6.3 Sturz: Auslöser von Pflegebedürftigkeit

Stürze gehören zu den wichtigen geriatrischen Syndromen und sind für rund die Hälfte aller Traumata im Alter (Sterling et al. 2001) mit entsprechenden Folgen für Pflegebedürftigkeit und Mortalität (Alexander et al. 1992) verantwortlich. Laut dem Österreichischen Seniorenbericht (Winkler und Wirl 2012) stürzen rund die Hälfte der über 80-Jährigen mindestens einmal im Jahr, von denen 10 bis 20 % auch Verletzungen erleiden, bei etwa 5 % kommt es sogar zu Knochenbrüchen. Eine Befragung im Rahmen der Österreichischen Interdisziplinären Hochaltrigen-Studie (Stückler und Ruppe 2015) gibt eine Sturzhäufigkeit bei über 80-Jährigen innerhalb der letzten drei Monate von lediglich 15,6 % an, von denen allerdings 47,7 % zumindest leicht (Hautabschürfungen, blaue Flecken etc.) und 15,4 % schwer (Knochenbrüche und ähnlicher Schweregrad) verletzt worden sind.

Die klinische Erfahrung von Unfallchirurgen zeigt, dass Stürze von alleine lebenden SeniorInnen mit schweren Sturzfolgen oft erst nach erheblicher Latenzzeit vom Umfeld bemerkt werden und daher Hilfeleistung oft erst stark verzögert erfolgt. Zahlreiche Studien untersuchten den Einsatz verschiedener technischer Systeme zur Sturzerkennung, wie beispielsweise Vibrationssensoren (Zigel et al. 2009) oder Messung der Veränderung des elektrischen Feldes (Rimminen et al. 2010), verschiedene am Körper (Armband, Gürtelschnalle etc.) getragene Sensoren (Bianchi et al. 2009) und verschiedene Konzepte mit Einsatz der Mobil- bzw. Smartphone-Technologie (Williams et al. 2013; Poku 2015). Allerdings haben sich diese Systeme in der Praxis bisher unter den Erwartungen etabliert, zum Teil wegen des Installationsaufwands, oder – vor allem bei am Körper getragenen Sensoren – wegen mangelnder Akzeptanz durch die Betroffenen, vor allem in Situationen (Bad, nächtlicher WC-Gang), bei denen das Sturzrisiko erhöht ist. Ein weiteres Problem sind die häufigen Fehlalarme, was nicht zur Akzeptanzsteigerung der Betroffenen, ihrer Familien oder der Betreuungs- oder Notfalldienste beiträgt. Ein neuer Ansatz sollte daher hohe Spezifität (=wenige Fehlalarme) und hohe Sensitivität (=keine unerkannten Stürze) aufweisen.

6.4 Die Entwicklung des Assistenzroboters HOBBIT

Gemeinsam mit sechs Partnern starteten wir 2011 das Projekt HOBBIT (FP7/2007–2013, grant agreement n° 288.146). Das mobile, autonom navigierende Assistenzsystem hatte das Ziel, Stürze von zu Hause alleine lebenden SeniorInnen zu erkennen, Fehlalarmierungen durch die Möglichkeit von Rückfragedialogen und Lageanalyse aus mehreren Perspektiven zu minimieren und verschiedene nützliche Funktionen für den Alltag zur Verfügung zu stellen, um sicherzustellen, dass Akzeptanz und langfristiger Einsatz des Systems unterstützt werden. Wichtig war, dass die potenziellen Nutzer von Anfang an bei Konzeption und Designentwicklung eingebunden wurden (Koertner et al. 2014), woraus zunächst der Bau eines ersten Prototyps (siehe Abb. 6.1) und darauf aufbauend eines zweiten Prototyps erfolgte, welcher dann tatsächlich unter Realbedingungen in den Privathaushalten von SeniorInnen über mehrere Wochen eingesetzt werden konnte (siehe Abb. 6.2).

HOBBIT Prototyp 2 verfügte über eine zum Boden parallele Tiefenkamera, einen Bildschirm mit einer RGB-D-Kamera (ASUS Xtion auf 120 cm Höhe montiert) als „Kopf“, einen Touchscreen auf etwa halber Höhe und einen Greifarm (siehe Abb. 6.3), weitere technische Details siehe (Fischinger et al. 2016). Die Gesamthöhe betrug 125 cm, die Gesamtbreite einschließlich Greifarm in Ruheposition 56 cm. Die Nutzerinteraktion erfolgte über ein multimodales User Interface bestehend aus dem grafischen



Abb. 6.1 HOBBIT Prototyp 1 – Varianten

Abb. 6.2 HOBBIT Prototyp 2
in einer Privatwohnung



Touchscreen, automatischer Spracherkennung sowie Text-zu-Sprache- und Gesten-Erkennungsinterface. Als Funktionen wurden Unterhaltungs- und Erlebniselemente (Musik, Radio, Audiobücher, Spiele, vorinstallierte Internetdienste, Fitnessfunktionen) angeboten, verschiedene Erinnerungsfunktionen (z. B. Medikamenteneinnahme), Kommunikationsmöglichkeiten (Videotelefonie, Zugang zu Ambient-Assisted-Living-[AAL]-Umgebungen, Ruftasten) und Notfallfunktionen einschließlich automatischer Sturzerkennung auf Basis von Bildanalyse aus mehreren Perspektiven und bei Notfall- oder Sturzverdacht Dialogfunktionen mit Eskalationsalgorithmen zur allfälligen Verifizierung des Ereignisses, bevor ein externer Alarm abgesetzt wird. Außerdem verfügte HOBBIT über verschiedene Prozeduren im Sinne der Sturzprävention (kleinere Gegenstände vom Boden aufheben und/oder transportieren, Objekte suchen, wie vom Nutzer programmiert), siehe dazu auch Videoclip ([v4racintuvienna vrt.](https://www.youtube.com/watch?v=4racintuvienna)).

Unsere in Wiener Privatwohnungen durchgeführte Feldstudie umfasste sieben alleine lebende Nutzer (sechs Frauen, ein Mann) mit einem Durchschnittsalter von 79 Jahren (75 bis 88 Jahre). Die Einsatzzeit pro Nutzer umfasste mindestens 3 Wochen, womit wir über Erfahrungen des Langzeiteinsatzes von HOBBIT in Privathaushalten über rund 5 Monate verfügen. Fünf der Teilnehmer hatten in den vorangegangenen zwei Jahren mäßige bis schwerere Mobilitätsprobleme, zwei hatten bereits davor Stürze zu Hause, bei denen Fremdhilfe notwendig geworden war (Priplf 2016). Die Evaluation erfolgte

Abb. 6.3 STRANDS

mittels qualitativer Interviews vor, unmittelbar nach dem Einsatz von Hobbit sowie einige Wochen später. Die Funktionen, Gegenstände vom Boden aufheben und transportieren, Notfälle erkennen und Erinnerungsmeldungen einstellen zu können, wurden positiv bewertet. Ebenfalls positiv war die Beurteilung von Usability und intuitiver Handhabung. Negative Rückmeldungen bezogen sich auf die mangelnde Robustheit des Prototyps mit häufigen Fehlfunktionen, Probleme mit der automatischen Notfallerkennung (zu viele falsch positive Ereignisse) und die generelle Langsamkeit des Systems (niedrige Fahrgeschwindigkeit und langsamer Greifarm), was sowohl mit Sicherheitsbedenken als auch mit mechanischen, technischen und finanziellen Limitierungen bei der Prototypentwicklung zu tun hatte. Ebenfalls kritisch bewertet wurde die Unverlässlichkeit der Sprach- und Gesteneingabe, weswegen überwiegend der Touchscreen zur Verwendung kam. Die generelle Einstellung zu Robotern wurde mittels der Negative Attitudes Towards Robots Scale (NARS) (Nomura et al. 2006) ermittelt und zeigte nur in einer von mehreren Subkategorien („negative attitude toward emotions in interaction with robots“) einen grenzwertig signifikanten Anstieg, während sich das Sicherheitsgefühl mittels einer gekürzten Version der Falls Efficacy Scale (FES) (Yardley et al. 2005) nicht verändert hat.

Zusammenfassend zeigte sich die grundsätzliche Akzeptanz, Praktikabilität und Bedienbarkeit eines solchen Assistenzroboters im Langzeiteinsatz in Privatwohnungen von älteren Personen. Allerdings gab es bedeutende technische Limitationen, nicht zuletzt durch das Ziel, ein leistbares System zu entwickeln. Diese technischen Grenzen erscheinen jedoch bei entsprechendem Mitteleinsatz für die Entwicklung eines weiteren Prototyps grundsätzlich lösbar. Da viele der mechanischen und Sicherheitskomponenten speziell weiterentwickelt werden müssen, ist die Leistbarkeit eines solchen Systems für durchschnittliche Privathaushalte in entwickelten Industrieländern erst bei einer Großserienproduktion zu erwarten. Die Überwindung dieses „Henne-Ei-Problems“ (also hoher Preis wegen geringer Nachfrage und geringe Nachfrage wegen hohem Preis) stellt die eigentliche Herausforderung dar und erfordert eine bedeutende mehrjährige, nicht risikolose Anfangsinvestition und einen „langen Atem“, die nur durch finanziell sehr potente Technologiefirmen, große im Bereich Pflege und Gesundheit tätige Dienstleister oder durch Förderungen von Forschungs- und Entwicklungsprogrammen aus öffentlichen Mitteln aufgebracht werden können.

6.5 STRANDS zur Unterstützung der Physiotherapie

Im Jahr 2013 starteten wir mit sieben weiteren Projektpartnern (FP7/2007–2013, Cognitive Systems and Robotics, grant agreement n° 600623) das über vier Jahre laufende Projekt STRANDS (Spatio-Temporal Representation and Activities for Cognitive Control in Long-Term Scenarios), welches Software für eine SCITOS G5 (Metrolabs Robotics, Ilmenau, D), eine mobile Roboterplattform (siehe Abb. 6.3), entwickelte, die mit verschiedenen spezialisierten Sensoren ausgestattet wurde, um Menschen sehen, erkennen, diesen und anderen Hindernissen ausweichen, die Umgebung topographisch erfassen und autonom in öffentlichen und halböffentlichen Innenräumen navigieren zu können.

Im Rahmen von Feldstudien erfolgten Langzeiteinsätze in einem Bürogebäude und im Foyer, in Warte- und Gangbereichen der Wiener Pflegeeinrichtung Haus der Barmherzigkeit über mehrere Monate. Neben Auskunfts-, Wegweiser- und Unterhaltungsfunktion erfolgte auch ein Einsatz zur Unterstützung der Ergo- und Physiotherapie (Gerling et al. 2016), die neben kognitivem Training im Speziellen in der Begleitung von Demenz-Nordic-Walking-Gruppen bestand (Hebesberger et al. 2016b), siehe auch Videoclip ([gisinger](#)).

Die Langzeit-Stationierung eines autonom navigierenden Roboters im gesamten Erdgeschoss der Pflege- bzw. Rehabilitationseinrichtung mit 350 Betten, 465 Mitarbeitern, Ambulanzen und sonstigen Einrichtungen (z. B. Betriebskindergarten, Kaffeehaus, Seminarräume, Friseur) mit entsprechendem sehr geschäftigem Fußgänger- und Rollstuhlfahrerverkehr stellte eine große Herausforderung dar. Entsprechende Ansprüche ergaben sich daher für die Entwicklung der Navigationssoftware, was durch die Modellierung von dynamischen Menschenmengen (Trautman 2013) und durch spezielle Zeitalgorithmen bei der Navigationsberechnung (Kollnitz 2015) erreicht werden konnte,

aber auch dadurch, dass in bestimmten Situationen Menschen um Hilfe ersucht werden (Kruse 2010), beispielsweise durch die Bitte, einige Zentimeter weiter geschoben zu werden. Im STRANDS-Projekt wurden diese Navigationsherausforderungen auch durch die kontinuierliche Selbst-Adaptierung der Navigation und automatisiertes Lernen aus vorherigen Situationen (Dondrup et al. 2015) bewältigt. Eine völlig neue Schlüsselherausforderung stellte das Erkennen von Menschen in unmittelbarer Nähe dar, insbesondere, wenn es sich um Rollstuhlfahrer handelte. Da die Programmierung der Sicherheit in dieser Umgebung von Menschen mit hoher Vulnerabilität besonders priorisiert worden ist, kam es nicht selten zum Übergang in den Wartemodus bzw. zu einer „stotternden“ Funktionalität. Unsere Beobachtungen des sich gegenseitig beeinflussenden Roboter-Mensch-Bewegungsmusters erinnerte an das „tänzerische“ Ausweichen in Menschenmengen zur Kollisionsvermeidung, wie zum Beispiel in Fußgängerzonen (Gerling et al. 2016).

Im STRANDS-Projekt wurde der Roboter auch zur Unterstützung der Ergo- und Physiotherapie von Menschen mit Demenz eingesetzt. Generell zeigten die TherapeutInnen eine positive Einstellung zum Einsatz eines Roboters, insbesondere hinsichtlich verschiedener Unterhaltungsfunktionen, wie zum Beispiel der Animation von Menschen mit fortgeschrittener Demenz, mitzusingen, mitzuklatschen und mitzutanzten (Hebesberger et al. 2016a). Rund 60 % der DemenzpatientInnen versuchten, aktiv mit dem Roboter zu interagieren, wobei sie meist dazu seitens der TherapeutInnen Unterstützung benötigten (z. B. Bedienung des Touchscreens), obwohl das grafische Interface bewusst sehr simpel gestaltet worden ist. Insbesondere zeigte sich, dass ältere Individuen auf Icons drückten, ohne sie loszulassen, was die entsprechende Funktion nicht aktivieren konnte. Die bei TherapeutInnen und Betroffenen beliebteste Funktion war die Demenz-Nordic-Walking-Gruppe. Betroffene mit fortgeschrittener Demenz erhalten in unserer spezialisierten Einrichtung verschiedene therapeutische Interventionen, darunter die Nordic-Walking-Gruppe (innerhalb des Gebäudes durch die weitläufigen Foyers und Gänge) mit dem Ziel, die Mobilität zu erhalten, Reize, Erlebnisse und Ablenkung anzubieten und ihnen Interaktionen mit anderen zu ermöglichen. Im STRANDS-Projekt wurde der Roboter als Schrittmacher eingesetzt, er fuhr der Gruppe voraus, spielte populäre Wanderlieder, die zum Mitsingen animierten, rhythmisierte das Gangbild und sorgte für Aufmerksamkeit und Unterhaltung.

6.6 Diskussion

Die Frage ist nicht, ob, sondern wie genau und wann „intelligente“, „autonome“ technische Systeme bei der Unterstützung von Menschen mit erhöhtem Risiko von oder bereits tatsächlich eingetretener Pflegebedürftigkeit eine wichtige Rolle spielen werden (Gisinger et al. 2016). Die Vorstellung, dass ein dann als „Pflegeroboter“ bezeichnetes System genau die Tätigkeit einer Pflegeperson abbildet, erscheint jedoch genauso naiv wie die Vorstellung, dass im Haushalt statt einer Geschirrspülmaschine ein anthropomorpher Roboter mit zwei Händen in einem Spülbecken schmutziges Geschirr abwäscht.

Pflegeroboter, die physische und Kraft erfordernde Tätigkeiten übernehmen, entsprechen zwar den Wunschvorstellungen vieler Pflegepersonen, erscheinen aber am schwierigsten realisierbar, da bei einem Durchschnittsgewicht von zumindest 75 kg einer pflegebedürftigen Person unter Berücksichtigung der Hebelwirkung und diverser Sicherheitsreserven das entsprechende Robotersystem ein noch höheres Gewicht (oder eine fixe Verbindung mit dem Gebäude) haben müsste und wahrscheinlich ziemlich unförmig wäre, was sich mit der Enge von Wohn- und Innenräumen oft nicht vereinbaren lässt. Inwieweit sich die Unterstützung von Pflegepersonen mittels Exoskeletten bei den angesprochenen Aufgaben durchsetzen wird, erscheint angesichts der bisherigen Erfahrungen mit vergleichsweise geringen Lasten (Huysamen et al. 2018) ebenso fraglich wie deren Bezeichnung als „Pflegeroboter“.

Daher erscheinen „Pflegeroboter“ mit Aufgaben in den Bereichen Sicherheit, Therapie, Holen und Bringen, Vermittlung von Erlebnissen, Information, Kommunikation und Unterhaltung in absehbarer Zeit eher realisierbar. Die Robbe Paro stellt einen Ansatz dar, wie Roboter in der Therapie von Menschen mit Demenz eingesetzt werden können (Joranson et al. 2016). Ähnlich wie im STRANDS-Projekt zeigen die Erfahrungen mit Paro deren Bedeutung im Rahmen von Gruppentherapien (Joranson et al. 2016) mit entsprechenden Auswirkungen auf die Gruppendynamik. Neben speziellen Therapieaufgaben und der Funktion als Animator ist wohl der Informations-, Kommunikations- und Unterhaltungsbereich am vielversprechendsten. Hohes Potenzial hat auch die Weiterentwicklung der Sensorik für Sicherheitsaufgaben, wie zum Beispiel zur Notfall- und Sturzerkennung. Wir konnten zeigen, dass die Akzeptanz in diesem Bereich sehr hoch ist, wenn die Systeme auch wirklich verlässlich funktionieren. Die Projekte HOBBIT und STRANDS sind zwei der sehr seltenen Feldstudien, in welchen Roboter unter realen Alltagsbedingungen über einen langen Zeitraum (mehrere Wochen) ohne technische Betreuung tatsächlich eingesetzt worden sind: HOBBIT in Privatwohnungen von alleine lebenden SeniorInnen und STRANDS im Foyer- und Gangbereich einer großen geriatrischen Pflege- und Rehabilitationseinrichtung. Während die Projektpartner aus dem Bereich Technik und Computerwissenschaft ihre Erwartungen bezüglich des Einsatzes ihrer Robotersysteme außerhalb des Labors mit großer Zufriedenheit verfolgten, machte sich bei den aus der Praxis des Geriatrie- und Pflegebereiches stammenden Projektpartnern und bei den Nutzern Ernüchterung bis Enttäuschung breit, weil viele der Funktionalitäten als viel zu plump oder zu langsam empfunden wurden oder die Erwartungshaltung an die Vielfalt der eingesetzten Sensoren und deren Integration zu hoch war. Dies hing allerdings mit dem begrenzten Budget für die Prototypentwicklung im HOBBIT-Projekt und mit der Verwendung einer zugekauften Roboterforschungsplattform aus Serienproduktion im STRANDS-Projekt mit entsprechenden Limitationen zusammen.

Natürlich ergeben sich auch wichtige ethische Fragestellungen, die in diesem Buch an anderer Stelle ausführlicher zu Wort kommen und in unseren Projekten ebenfalls eingehend reflektiert worden sind (Körtner 2016). Angesichts der auf uns zukommenden Herausforderung, wenn die „Babyboomer“ nach Erreichen ihres Pensionsalters bald zu

„Gerontoboomern“ geworden sein werden, und angesichts des zu erwartenden Mangels an Fachpersonal im Gesundheits- und Pflegebereich (Famira-Müelberger et al. 2017) stellt sich die Frage, ob künstliche Intelligenz und Expertensysteme eine Rolle bei der Unterstützung und Dokumentation der Betreuungs- und Pflegetätigkeiten durch nicht ausgebildete Menschen spielen könnten, vielleicht in Analogie zu Konzepten, wie sie in automatischen Laien-Defibrillatoren verwendet werden (Hosmans et al. 2008). Dieser Beitrag und dieses Buch versuchen, Anregungen für die zukünftige Forschung und Entwicklung von Pflegerobotern zu geben. Wir können gespannt sein, welche Konfiguration, welcher Funktionsumfang, welches Aussehen und welche Einsatzgebiete sich letztendlich durchsetzen werden.

Danksagung Herzlicher Dank an alle Partner im HOBBIT- und STRANDS-Projekt. Besondere Erwähnung verdient das Team der Akademie für Altersforschung (AAF) am Haus der Barmherzigkeit, das das Projekt durchgeführt, begleitet und wissenschaftlich aufgearbeitet hat: Daliah Batko-Klein, Matei Capatu, Denise Hebesberger, Tobias Körtner, Victoria Mühlegger-Staus, Jürgen Pripfl, Veronika Schauer, Alexandra Schmid, und das interdisziplinäre Team der geriatrischen Pflege- und Rehabilitationseinrichtung Haus der Barmherzigkeit in Wien

Literatur

- Alexander, B. H., Rivara, F. P., & Wolf, M. E. (1992). The cost and frequency of hospitalization for fall-related injuries in older adults. *American Journal of Public Health, 82*(7), 1020–1023.
- Bianchi, F., Redmond, S. J., Narayanan, M. R., Cerutti, S., Celler, B. G., & Lovell, N. H. (2009). Falls event detection using triaxial accelerometry and barometric pressure measurement. *Conference proceedings of the IEEE engineering in medicine and biology society, 2009*, 6111–6114.
- Dondrup, C., Belotto, N., Hanheide, M., Eder, K., & Leonhards, U. (2015). A computational model of human-robot spatial interactions based on a qualitative trajectory calculus. *Robotics, 4*(1), 63–102.
- Famira-Müelberger, U., Firgo, M., Fritz, O., & Streicher, G. (2017). Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung – Austrian Institute of Economic Research.
- Fischinger, D., Einramhof, P., Papoutsakis, K., Wohlking, W., Mayer, P., Panek, P., et al. (2016). Hobbit, a care robot supporting independent living at home: First prototype and lessons learned. *Robotics and Autonomous Systems, 75*(A), 60–78.
- Gerling, K., Hebesberger, D., Dondrup, C., Kortner, T., & Hanheide, M. (2016). Robot deployment in long-term care : Case study on using a mobile robot to support physiotherapy. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie, 49*(4), 288–297.
- Gisinger, C., & Pripfl, J. (2016). Alter schützt vor Technik nicht [Age is no protection against technology?!]. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie, 49*(4), 271–273.
- gisinger c. AAF STRANDSInfovideo Y3 EN. <https://www.youtube.com/watch?v=8xhr8woFtFE>. Zugegriffen: 07. Febr. 2018.
- Hebesberger, D., Dondrup, C., & Koertner, T. (2016a). Proceedings of HRI.
- Hebesberger, D., Koertner, T., Gisinger, C., Pripfl, J., & Dondrup, C. (2016b). 11th ACM/IEEE International conference on Human-Robot Interaction (HRI).

- Helnwein, B., Gisinger, C., Mina, S., Fugger, E., Koelbl-Catic, E., & Lang, A. (2008). Akademie für Altersforschung am Haus der Barmherzigkeit und Austrian Research Center: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, benefit- Programm.
- Hosmans, T. P., Maquoi, I., Vogels, C., Courtois, A. C., Micheels, J., Lamy, M., et al. (2008). Safety of fully automatic external defibrillation by untrained lay rescuers in the presence of a bystander. *Resuscitation*, 77(2), 216–219.
- Huysamen, K., Looze, M. de, Bosch, T., Ortiz, J., Toxiri, S., & O’Sullivan, L. W. (2018). Assessment of an active industrial exoskeleton to aid dynamic lifting and lowering manual handling tasks. *Applied Ergonomics*, 68, 125–131.
- Joranson, N., Pedersen, I., Rokstad, A. M., & Ihlebaek, C. (2016a). Change in quality of life in older people with dementia participating in Paro-activity: A cluster-randomized controlled trial. *Journal of Advanced Nursing*, 72(12), 3020–3033.
- Joranson, N., Pedersen, I., Rokstad, A. M., Aamodt, G., Olsen, C., & Ihlebaek, C. (2016b). Group activity with Paro in nursing homes: Systematic investigation of behaviors in participants. *International Psychogeriatric*, 28(8), 1345–1354.
- Körtner, T. (2016). Ethical challenges in the use of social service robots for elderly people. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 49(4), 303–307.
- Koertner, T., Schmid, A., Batko-Klein, D., Gisinger, C., & Vincze, M. (2014). Meeting requirements of older users? Robot prototype trials in a home-like environment. Universal access in human-computer interaction. Aging and assistive environments. *Lecture Notes Computer Science*, 2014(8515), 660–671.
- Kollmitz, M. (2015). European Conference on Mobile Robots (ECMR) (S. 1–6).
- Kruse, T. (2010). IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (S. 192–197).
- Nomura, T., Kanda, T., & Suzuki, T. (2006). Experimental investigation into influence of negative attitudes toward robots on human-robot interaction. *AI & Society*, 20, 138–150.
- Nurses ICo. Definition of nursing. <http://www.icn.ch/who-we-are/icn-definition-of-nursing/>. Zugegriffen: 04. Febr. 2018.
- Poku, M. (2015). The promise of smartphone fall detection solutions for falls in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 63(9), 1969–1970.
- Pripfl, J., Kortner, T., Batko-Klein, D., Hebesberger, D., Weninger, M., & Gisinger, C. (2016). Social service robots to support independent living: Experiences from a field trial. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 49(4), 282–287.
- Rimminen, H., Lindstrom, J., Linnavuo, M., & Sepponen, R. (2010). Detection of falls among the elderly by a floor sensor using the electric near field. *The IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 14(6), 1475–1476.
- Sterling, D. A., O’Connor, J. A., & Bonadies, J. (2001). Geriatric falls: Injury severity is high and disproportionate to mechanism. *The Journal of Trauma*, 50(1), 116–119.
- Stückler, A., & Ruppe, G. (2015). Österreichische Plattform für Interdisziplinäre Altersfragen. Wien.
- Trautman, P. (2013). IEEE International conference on robotics and automation (S. 2153–2160).
- v4racintuvienna vrt. Hobbit robot as future help at home. <https://www.youtube.com/watch?v=KAvkv6ygVFM>. Zugegriffen: 07. Febr. 2018.
- Williams, V., Victor, C. R., & McCrindle, R. (2013). It is always on your mind: Experiences and perceptions of falling of older people and their carers and the potential of a mobile falls detection device. *Current Gerontology and Geriatrics Research*, 2013, 295073.

- Winkler, E. P. P., & Wirl, C. (2012). Bundesministerium für Gesundheit (S. 19).
- Yardley, L., Beyer, N., Hauer, K., Kempen, G., Piot-Ziegler, C., & Todd, C. (2005). Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age and Ageing*, *34*(6), 614–619.
- Zigel, Y., Litvak, D., & Gannot, I. (2009). A method for automatic fall detection of elderly people using floor vibrations and sound-proof of concept on human mimicking doll falls. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, *56*(12), 2858–2867.

Christoph Gisinger ist Professor für Geriatrie und Leiter des gleichnamigen Zentrums an der Universität für Weiterbildung Donau-Universität Krems und Gesamtgeschäftsführer der gemeinnützigen *Haus der Barmherzigkeit*-Gruppe, die im Großraum Wien/Niederösterreich an 24 Standorten Behinderteneinrichtungen, Pflegeheime, Pflegekrankenhäuser und Geriatriische Rehabilitationseinrichtungen betreibt. Der geborene Wiener absolvierte sein Medizinstudium und seine klinische und wissenschaftliche Ausbildung zum Facharzt für Innere Medizin, Endokrinologie, Rheumatologie und Geriatrie an der Universität Wien, dem Royal Free Hospital in London und an der Medical University of South Carolina in Charleston, SC, sowie seine Management-Ausbildung an der Wirtschaftsuniversität Wien, dem Managementzentrum St. Gallen und der Columbia University New York.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Robotik in der Pflege aus pflegewissenschaftlicher Perspektive

7

Manfred Hülsken-Giesler und Sabine Daxberger

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund aktueller Debatten um das Potenzial und die Risiken von Pflegerobotik in Deutschland arbeitet der Beitrag die spezifischen Charakteristika und Herausforderungen der professionellen Pflege als personenbezogene Dienstleistung heraus. Mit einem knappen Überblick zum Erkenntnisstand wird eine Diskussion um die bisherige Entwicklung vorbereitet. Es wird schließlich dafür votiert, die spezifischen Charakteristika der professionellen Pflege als wichtigen Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung sowie für die Bewertung zukünftiger Systeme zu berücksichtigen.

7.1 Einleitung

Der demografische Wandel in Deutschland rückt zunehmend auch Fragen nach der Versorgungssicherheit und -qualität von alten, pflege- und hilfebedürftigen Menschen in den Fokus der gesellschaftlichen Aufmerksamkeit. Politisch sind derzeit drei zentrale Strategien einer „nachholenden Modernisierung“ der Pflege in Deutschland zu erkennen, die dem erwarteten und mittlerweile auch deutlich erkennbaren Fachkräftemangel (vgl. Bettig et al. 2012) entgegenwirken sollen.

M. Hülsken-Giesler (✉) · S. Daxberger
Pflegerwissenschaftliche Fakultät, Philosophisch-Theologische Hochschule Vallendar,
Vallendar, Deutschland
E-Mail: mhuelsken-giesler@pthv.de

S. Daxberger
E-Mail: sdaxberger@pthv.de

Über eine Professionalisierung der Pflege sollen die Pflegeberufe insgesamt attraktiver gemacht werden, um Fachkräfte für diesen gesellschaftlichen Teilbereich zu gewinnen und nachhaltig binden zu können. Als typischer Frauenberuf (ca. 85 % der beruflich Pflegenden sind Frauen) mit einem immensen Anteil an Teilzeit- und Geringbeschäftigten weist berufliche Pflege lange eine starke horizontale und vertikale Inhomogenität auf. Die Zersplitterung der Berufsbilder (Altenpflege, Krankenpflege, Kinderkrankenpflege) einerseits und der Handlungsfelder (ambulante Pflege, langzeitstationäre Pflege, akutstationäre Pflege) andererseits führt zu unterschiedlichen Einschätzungen des gesellschaftlichen Potenzials der Pflege zwischen sozialpflegerischer (im Bereich der Altenhilfe bzw. Altenpflege) und heilkundlicher, medizinischpflegerischer Orientierung (im Bereich der Gesundheits- und Krankenpflege). Im Zuge der Professionalisierung der Pflege konnten in den letzten Jahren allerdings einige Fortschritte verzeichnet werden: Mit der Etablierung der Pflegewissenschaft an deutschen Hochschulen sowie der berufsgesetzlichen Absicherung einer hochschulischen Pflegeausbildung (vgl. Pflegeberufegesetz (PflBG), Bundesanzeiger 2017) kann die Versorgungspraxis zukünftig vermehrt auf wissenschaftliche Handlungsgrundlagen zurückgreifen, die derzeit bereits über wissenschaftlich begründete Standards und Leitlinien in das berufliche Handeln einfließen. Mit der Einrichtung von Pflegekammern (derzeit in Rheinland-Pfalz, Niedersachsen und Schleswig-Holstein) sowie der rechtlichen Absicherung von Teilbereichen der beruflichen Pflegearbeit über das PflBG 2017 verfügt Pflege in Deutschland erstmals über wichtige Grundlagen einer professionellen Handlungsautonomie. Weiterentwicklungen dieser Art sollen die Attraktivität des Berufsfeldes erhöhen sowie die öffentliche Aufmerksamkeit für Fragen der pflegerischen Versorgung in einer Gesellschaft des langen Lebens schärfen.

Eine zweite Strategie besteht darin, Teilbereiche des pflegerischen Handelns aus dem professionellen Profil der Pflege auszugliedern und an zivilgesellschaftlich engagierte Menschen im Quartier zu delegieren. Mit dem gesundheitspolitischen Prinzip „ambulant vor stationär“ wird die Pflege in Deutschland primär im traditionell häuslichen und familiären Raum verortet, der jedoch zunehmend für eine gemeindenahe und zivilgesellschaftlich ausgerichtete Pflege geöffnet werden soll. Die Idee von „Sorgenden Gemeinschaften“ als Ergänzung zur professionellen Pflege gewinnt in der deutschen Sozialpolitik zunehmend an Popularität. Als Leitthema wird sie etwa im achten Familienbericht, im zweiten Engagementbericht und auch im siebten Altenbericht der Bundesregierung zunehmend konkretisiert. Das Prinzip der Sorge durch soziale Gemeinschaften wird dabei als tragfähige Strategie für die Bewältigung kommender Herausforderungen erachtet (vgl. z. B. Deutscher Bundestag 2016; Klie 2014; Hoberg et al. 2013). Für die berufliche Pflege ist diese Entwicklung mit neuen Möglichkeiten und Perspektiven verbunden: Im Zusammenspiel mit weiteren Gesundheitsberufen werden ihr neue Aufgaben und Verantwortlichkeiten zugeschrieben, wie z. B. die Analyse lokaler Infrastrukturen zur gesundheitlichen und pflegerischen Versorgung, der Aufbau tragfähiger Netzwerke und Unterstützungsstrukturen sowie der Transfer neuer und relevanter Erkenntnisse in die regionale Versorgungspraxis (vgl. Büscher 2013). Es wird aber auch

die Perspektive entwickelt, dass sich die professionelle Pflege zukünftig auf Leistungen der Gesundheitsversorgung in engerem Sinne, d. h. einer medizinisch-pflegerisch orientierten Pflegearbeit konzentrieren soll (Pflege als Cure-Arbeit im Sinne des SGB V) und sozialpflegerische Aufgaben und Tätigkeiten (Pflege als Care-Arbeit im Sinne des SGB XI, z. B. Alltagsbegleitung, soziale Teilhabe) dagegen von lebensweltnahen Instanzen (Familien, Freunde, Nachbarschaften etc.) übernommen werden (vgl. Hoberg et al. 2013).

Schließlich soll Pflege über den Einsatz von neuen Technologien unterstützt, entlastet und vernetzt werden. Nachdem der Fokus in den vergangenen Jahren vornehmlich auf die Entwicklung und Verbreitung von IKT-Systemen und assistiven Technologien zur Unterstützung der Pflege gerichtet war (vgl. Roland Berger et al. 2017; BAuA 2015), gewinnt die Diskussion um autonome Systeme in der Pflege – oder umgangssprachlich „Pflegeroboter“ – derzeit zunehmend an Bedeutung (vgl. Depner und Hülsken-Giesler 2017; Hülsken-Giesler 2015; Becker et al. 2013; Krings et al. 2012; Meyer 2011). Strukturell wird dem Ansatz eines „Hilfe-Mix“ aus informeller und professioneller Pflege damit ein neues Element hinzugefügt. Innovative technische Systeme sollen einerseits dafür genutzt werden, funktionale Aspekte der Pflegearbeit zu unterstützen (z. B. in Bezug auf Sicherheit, Mobilität, Ernährung, Kommunikation etc.). Andererseits sollen sie die Vernetzung von Hilfeempfängern, informellen und professionellen Helfern verbessern und darüber die Koordination einer bedarfsgerechten Pflegearbeit in komplexen Gefügen sicherstellen (vgl. Hülsken-Giesler und Krings 2015; Hülsken-Giesler 2015). Altersgerechte Assistenzsysteme oder zukünftig auch Pflegeroboter fokussieren häufig darauf, alltags- und lebensweltnahe Unterstützungsleistungen für einen möglichst langen und selbstständigen Verbleib in der gewünschten Lebens- und Wohnumgebung zu ermöglichen. Darüber hinaus bieten viele Systeme auch die Möglichkeit, spezifische medizinisch-pflegerische Daten zu erheben und – meist internetgestützt – über räumliche Distanzen hinweg zu kommunizieren. Es wird erwartet (und EU- wie bundespolitisch erwünscht und gefördert), dass diese Technologien zukünftig eine erhebliche Rolle in Gesundheit und Pflege spielen werden, da ihnen das Potenzial zugesprochen wird, einerseits die Autonomie beeinträchtigter Menschen zu erhöhen und andererseits zu einer psychischen und physischen Entlastung von Pflegenden beizutragen (vgl. BAuA 2015; Europäische Kommission 2015).

Dabei verdankt sich das jüngste Interesse an der Entwicklung und Verbreitung von Pflegerobotik keineswegs eindimensional dem Ansinnen, die erwarteten Engpässe auf der Mikroebene der Versorgung im Kontext der demografischen Entwicklung zu bekämpfen. Vielmehr ist davon auszugehen, dass die mediale Aufmerksamkeit für Pflegerobotik, insbesondere aber auch die erheblichen politischen Bemühungen zur (nicht nur finanziellen) Förderung der Entwicklung und Verbreitung von Pflegerobotik in einem breiten Kontext europäischer Innovationspolitik zu deuten sind (vgl. Lipp 2017, S. 110). Demnach bereitet die massive Unterstützung der Zusammenarbeit von Forschung, Industrie und öffentlichen Einrichtungen am Beispiel der Pflegerobotik auf einen insgesamt breiteren Einsatz von Robotern in sozialen Bezügen vor. Das Projekt robotisierter Pflege steht

demnach paradigmatisch und prototypisch für die gegenwärtigen innovationspolitischen Ziele der EU, Robotik als entscheidende Technologie zur Lösung gesellschaftlicher „grand challenges“ zu positionieren. Vor diesem Hintergrund geht es derzeit darum, „Robotik und Pflege als Gegenstand wissenschaftspolitischer Strategiebildung und Priorisierung füreinander disponibel“ (ebd. 119) zu machen. Dabei wird nicht grundlegend infrage gestellt, dass Robotik und Pflege derzeit noch unzureichende Anschlussstellen aufweisen, es soll jedoch aufgezeigt werden, dass sie dennoch prinzipiell (in einem ersten Schritt etwa in experimentellen Kontexten von Laborwohnungen) miteinander in Verbindung gebracht werden können (vgl. ebd.). Der vorliegende Beitrag konzentriert sich vor diesem Hintergrund zunächst darauf, die Logik des pflegerischen Handelns zu explizieren, um auf der Basis des aktuellen Erkenntnisstandes in einem weiteren Schritt zu diskutieren, inwieweit der Stand der robotischen Entwicklung dieser Handlungslogik des Pflegerischen gerecht wird.

7.2 Professionelle Pflege als personenbezogene Dienstleistung – Besonderheiten eines beruflichen Handlungsfeldes

Der gesellschaftliche Auftrag des pflegeberuflichen Handelns umfasst präventive, kurative, rehabilitative, palliative und sozialpflegerische Maßnahmen (§ 5, Abs. 2, Pflegeberufegesetz (PflBG), Bundesanzeiger 2017). Berufliche Pflege gilt vor diesem Hintergrund als personenbezogene Dienstleistung mit besonders engem Personenbezug. Mit Hacker (2009) liegt die große Herausforderung von personenbezogenen Dienstleistungen darin, dass der „Arbeitsgegenstand“ selbst ein Mensch, das „Objekt“ der Dienstleistung also ein „Subjekt“ ist, das als Adressat und auch als Koproduzent in der Dienstleistung von Bedeutung ist. Die Dienstleistungserbringer müssen vor diesem Hintergrund eine „Bearbeitungsbeziehung“ aufbauen, über die die Ziele, die konkrete Ausgestaltung, der Verlauf und die Weiterentwicklung der Dienstleistungsbeziehung immer wieder neu ausgehandelt werden müssen, um die Prozesse erfolgreich zu gestalten (Böhle und Glaser 2006; Böhle et al. 2015). Chase und Garvin (1989) hatten bereits früh darauf hingewiesen, dass personenbezogene Dienstleistungen grundsätzlich immateriell sind, dem Uno-actu-Prinzip folgen (Produktion und Konsum der Dienstleistung also zusammenfallen) und eine Standardisierbarkeit der Dienstleistung kaum möglich ist. Vor diesem Hintergrund wird personenbezogener Dienstleistung im Kern auch der Charakter einer Interaktionsarbeit zugeschrieben, die ganz zentral aus Elementen der Kooperationsarbeit, der Gefühlsarbeit, der Emotionsarbeit sowie des subjektivierenden Arbeitshandelns besteht – also dem Vermögen, mit Unabwägbarkeiten und Grenzen der Planbarkeit des Handelns umzugehen und diese im praktischen Handeln durch Kommunikation sowie situative und sinnlich fundierte Entscheidungsfindung zu bewältigen (Böhle et al. 2015). Vor besondere Herausforderungen sind dabei jene Dienstleistungsberufe gestellt, die längerfristige, kontinuierliche und unmittelbar auf

die Person bezogene Dienstleistungen erbringen – wie etwa im Bereich der Gesundheitsberufe und speziell im Bereich der Pflege (Dunkel und Wehrich 2010). Oevermann (1996) knüpft die Professionalität des Handelns in Bezügen der personenbezogenen Dienstleistung an das Vermögen der handelnden Akteure, einer doppelten Handlungslogik gerecht zu werden: personenbezogene Dienstleistung ist als systematisches Handeln anzulegen, das seine Begründung einerseits in Bezug auf wissenschaftliche Erkenntnisse (externe Evidenz) und andererseits im Rückgriff auf die je spezifischen individuellen Präferenzen und Ziele der Hilfeempfänger (interne Evidenz) erhält. Professionelles Handeln in der personenbezogenen Dienstleistung bemisst sich demnach an der Kompetenz von konkreten beruflichen Akteuren, allgemeingültige Regeln auf der Basis eines wissenschaftlichen Wissens handlungspraktisch mit den Besonderheiten des Einzelfalls, also der lebenspraktischen Situation eines Hilfeempfängers, zu vermitteln und Urteile und Entscheidungen auf dieser Basis zu begründen. Die Frage, wie Unterstützungs-, Beratungs- oder auch Pflegebedarf von konkret betroffenen Personen in ihrer individuellen, lebensgeschichtlichen und situativen Besonderheit erlebt werden und welche Normen und Werte dabei von Bedeutung sind, welche Ziele und Präferenzen sich situativ wie perspektivisch ergeben und welche Maßnahmen und Interventionen als angemessen gelten können, ist potenziell in jeder Situation immer wieder aufs Neue zu klären. Diese von der Strukturlogik her alle personenbezogenen Dienstleistungsberufe charakterisierende doppelte Handlungslogik ist mittlerweile auch für den Bereich der beruflichen Pflege ausbuchstabiert und konkretisiert worden (vgl. Weidner 2004; Remmers 2000; Hülsken-Giesler 2014). Demnach ist pflegerisches Handeln subjektivierendes Arbeitshandeln, das sich durch situatives und exploratives Vorgehen in alltags- und lebensweltlichen Kontexten auszeichnet und neben distanzierend kognitiv-rationalen Begründungen auch komplexe sinnliche – also körperlich-leibliche – Wahrnehmungen in die berufliche Entscheidungsfindung einbezieht. Alltagsweltlich generiertes Wissen ist demnach ebenso wie Kommunikations-, Beziehungs- und Gefühlsarbeit von konstitutiver Bedeutung für ein professionelles Pflegehandeln und darf daher keineswegs als Residualkategorie gegen ein ausschließlich rational begründetes Pflegehandeln (etwa im Sinne der externen Evidenz) ausgespielt und aus dem Wissenskanon des professionellen Handelns ausgegrenzt werden. Professionelle Pflege ist damit konstitutiv an der Schnittstelle von (Gesundheits-)System und Lebenswelt (der Hilfeempfänger) zu verorten. Sie kann ihren konkreten (einzelfallbezogenen) Auftrag ausschließlich über eben diese „Doppelseitigkeit“ beziehen und begründen und wird auch ihrer gesellschaftlichen Aufgabe der Vermittlung medizinisch-pflegerisch orientierter Versorgung und sozialpflegerisch orientierter Sorge ausschließlich über eben diese „Doppelseitigkeit“ gerecht.

Die Komplexität der Dienstleistungen erhöht sich dadurch, dass die Perspektive, Pflegearbeit auf die Dyade Helferin/Helfer – Hilfeempfänger zu reduzieren, heute nicht mehr tragfähig ist: Personenbezogene Dienstleistung wird in „kooperativen Dienstleistungssystemen“ erbracht, die das gesamte Umfeld der Dienstleistungserbringung sowie auch die zeitliche Dynamik von Dienstleistungsprozessen zu berücksichtigen

haben (Bieber und Geiger 2014; Bienzeisler 2011). Pflegearbeit wird heute in sehr unterschiedlichen (z. B. personellen, räumlichen und zeitlichen) Konstellationen erbracht, die in ihrer zunehmenden Heterogenität etwa über das Konzept der „Pflegearrangements“ beschrieben und analysiert werden (vgl. Blinkert 2007). Verwiesen wird damit z. B. darauf, dass sich neben den klassischen Feldern der pflegerischen Versorgung (stationäre Pflege in unterschiedlichen Einrichtungen der Gesundheitsversorgung, häusliche Pflege, Hospizversorgung) heute zunehmend auch neuere Wohn- und Versorgungskonzepte (etwa Mehrgenerationenhäuser, Wohngruppen, Quartierskonzepte oder komplexere „Caring Communities“) als Rahmungen der Pflege durchsetzen.

7.3 Robotische Systeme in der Pflege: Entwicklungen und Einschätzungen

Eine einheitliche Definition von „Roboter“ liegt derzeit nicht vor, zur Abgrenzung von weiteren computergestützten Artefakten kann aber auf das „sense-think-act paradigm“ zurückgegriffen werden. Autonome Roboter sind demnach dadurch gekennzeichnet, dass maschinelle Sensorik über geeignete Algorithmen mit Aktorik verbunden wird und somit maschinelle „Wahrnehmung“ in maschinelle „Handlung“ überführt werden kann, Maschinen also zu autonomen Systemen werden, die Aufgaben ohne direkte menschliche Steuerung ausführen können (vgl. Thrun 2004; Franklin und Graesser 1997). Pflegerobotik wird dabei in der Regel über den spezifischen Einsatzbereich, also mit Blick auf die praktische Verwendung und die konkreten Funktionen bzw. Funktionalitäten der Systeme (z. B. Assistenz bei Pflege Tätigkeiten, Überwachung von Vitaldaten oder auch Unterstützung in sozialpflegerischen Kontexten) definiert und damit weniger über die technischen Möglichkeiten etwa der Spracherkennung, der Emotionserkennung oder der Mobilität (vgl. Van Wynsberghe 2013; Sharkey und Sharkey 2012; Vallor 2011).

Systematisiert man den aktuellen Stand der Pflegerobotik entlang von Einsatzfeldern und Funktionalitäten, zeigen sich im Kern drei relevante Kategorien: 1) sozio-assistive Systeme einschließlich Emotionsroboter, 2) Serviceroboter für Pflegenden sowie für Menschen mit Hilfebedarf sowie 3) Rehabilitationsrobotik, die allerdings, legt man die Aufgaben und Verantwortungsbereiche der Pflege in Deutschland zugrunde, anders als im angloamerikanischen Raum nur eingeschränkt als Pflegerobotik gelten kann.

7.3.1 Sozio-assistive Systeme (einschließlich Emotionsrobotik)

Sozio-assistive Systeme fokussieren auf eine Unterstützung der sozial-kommunikativen Aspekte im Bereich der Pflege. Die internationale Studienlage zum Einsatz von sozio-assistiven Systemen zur Unterstützung älterer Menschen zeigt überwiegend positive Effekte, die allerdings aufgrund der limitierten Güte der Studien derzeit noch wenig aussagekräftig sind (Bemelmans et al. 2012). Sozio-assistive Systeme als humanoide

Roboter – das sind autonome Systeme von menschenähnlicher Gestalt – wurden z. B. mit Blick auf Aspekte der „Bedienbarkeit“ und der „sprachlichen Interaktion“ untersucht. Die Probanden – darunter auch ältere Menschen, die zuvor noch keinen Kontakt mit Computern hatten – äußern durchaus Interesse und Zufriedenheit mit den eingesetzten Systemen (Louie et al. 2014; Ivari et al. 2013). Neben Humanoiden werden auch Roboter in Tiergestalt bei Seniorinnen und Senioren eingesetzt. Systematische Literaturreviews betonen hier das Potenzial zur Unterstützung von Menschen mit Demenz. Hervorgehoben wird die Möglichkeit einer Substitution von Tiertherapie durch robotische Systeme zur Verbesserung von Kommunikation, zur Förderung von Unabhängigkeit, zur Steigerung von Lebensqualität sowie zur Entlastung von pflegenden Angehörigen. Auch in diesem Zusammenhang wird allerdings auf die begrenzte methodische Güte der untersuchten Studien verwiesen (Huschilt und Clune 2012; Mordoch et al. 2013). Campbell (2012) konkretisiert, dass der Einsatz von Robotertieren die Kommunikationsfähigkeit von Menschen mit Demenz fördern könne, bei gleichzeitig verringertem Allergiepotenzial und Pflegeaufwand im Vergleich zu lebenden Tieren.

Öffentliche Aufmerksamkeit hat in Deutschland das System PARO erfahren, das mittlerweile in der achten Generation verfügbar ist und nicht zuletzt die Diskussion um den Einsatz von Emotionsrobotik im Umfeld demenziell erkrankter Menschen wesentlich stimuliert hat. Auf der Homepage www.parorobots.com lassen sich die kommerziell eingefärbten Informationen zur Emotionsrobbe PARO nachlesen. Dort wird in Aussicht gestellt, dass der Stresspegel bei Patientinnen und Patienten sowie auch bei Pflegenden mit dem Einsatz von PARO reduziert und die Interaktion zwischen Patientinnen bzw. Patienten und Pflegenden verbessert werden kann. Mit dem System soll Entspannung gefördert und die soziale und psychische Situation insgesamt verbessert werden (Parobots 2017).

Aus wissenschaftlicher Sicht sind einige der verzeichneten Aussagen allerdings zu relativieren. Unabhängig davon, ob PARO als Therapieroboter oder als sozio-assistives System zu systematisieren ist, leidet auch dieses wohl meist beforschte System aus dem Umfeld der Pflegerobotik darunter, dass die Güte der vorliegenden Studien umstritten ist: In wenig umfangreichen Studien wurden Fragen des Einflusses von PARO auf die Lebensqualität und Lebensfreude von Probanden erhoben (Moyle et al. 2015, 2013), Vergleiche mit weiteren robotischen Systemen angestellt (Robinson et al. 2013; Valenti Soler 2015), der Einfluss von PARO auf physiologische Parameter von Probanden gemessen (Robinson 2015) sowie Aspekte der Kommunikation und Interaktion in Kontexten der Verwendung des Emotionsroboters untersucht (Sung et al. 2015). In diesen Studien zeigen sich zwar überwiegend positive Effekte des Robotikeinsatzes, die erzielten Ergebnisse können jedoch in keiner Weise als repräsentativ bezeichnet werden (vgl. Robinson 2015; Sung et al. 2015).

7.3.2 Servicerobotik

Robotische Unterstützung im sozio-assistiven Bereich ist von hoher Komplexität geprägt, nachhaltige Wirkungsnachweise sind daher bislang nur schwer zu erbringen.

Die Forschungs- und Entwicklungsbemühungen konzentrieren sich daher zunehmend auf robotische Systeme, die einfachere Serviceleistungen erbringen sollen. Bedaf et al. (2015) analysieren in diesem Kontext internationale Studien zu autonomen Systemen zur Unterstützung von älteren und hochaltrigen Menschen. Die Unterstützung erfolgt hier vornehmlich in den Bereichen „Mobilität“, „Selbstpflege“ sowie „Interaktion“ bzw. „Beziehungsarbeit“. Die Autoren konstatieren, dass die derzeitigen Entwicklungen überwiegend technikgetrieben sind („technology-push“, s. auch Krings et al. 2012) und empfehlen dringend, die Bedürfnisse älterer Menschen zukünftig verstärkt zu berücksichtigen. Autonome Systeme zur Unterstützung älterer Menschen sind demnach derzeit noch unzureichend ausgereift und können deshalb noch keinen substanziellen Beitrag zu einem unabhängigen Leben erbringen.

In Deutschland ist das System Care-O-bot® bekannt geworden, das in mehreren Versionen vorgehalten wird. Aktuell ist die vierte Generation des mobilen Roboterassistenten zur aktiven Unterstützung des Menschen im häuslichen Umfeld in Entwicklung (Fraunhofer 2017). Das System Care-O-bot 4 wird von den Herstellern als agiler und modularer als das Vorgängersystem beschrieben und bietet vielfältige Möglichkeiten zur Interaktion. Betont wird, dass bei der Entwicklung auch ökonomische Aspekte von Bedeutung sind. „Je nach Konfiguration lässt sich eine individuelle Roboterplattform für unterschiedlichste Anwendungen aufbauen: Als mobiler Informationskiosk im Museum, Baumarkt oder Flughafen, für Hol- und Bringdienste in Heimen oder Büros, für Sicherheitsanwendungen oder als Museumsroboter zur Attraktion – stets ist der Care-O-bot 4 ein sicherer und nützlicher Helfer des Menschen“, versprechen die Entwickler (Fraunhofer 2017, o. S.). Weiter heißt es: „Care-O-bot 4 ist in der Lage, je nach Situation mehrere Stimmungen über sein im Kopf integriertes Display anzuzeigen. Während das Vorgängermodell als zurückhaltender, eher distanzierter Butler konzipiert war, ist sein Nachfolger so zuvorkommend, freundlich und sympathisch wie ein Gentleman“ (Fraunhofer 2017, o. S.).

Neben Servicerobotern für Menschen mit Hilfebedarf werden auch Serviceroboter zur Unterstützung professionell Pfleger angeboten: Diese fokussieren meist auf logistische Unterstützung im Kontext der akutstationären Pflege (z. B. zur Beschaffung bzw. Bereitstellung von Medikamenten oder als Transportsystem). Kirschling et al. (2009) berichten von der Evaluation eines Roboterkuriers zur Medikamentenlieferung innerhalb eines Krankenhauses. Das robotische System arbeitet zwar langsamer als konventionelle Verfahren, über 90 % der Medikamente konnten aber erfolgreich geliefert werden. Es zeigt sich aber Optimierungsbedarf in der Schulung des Personals, das mit dem System arbeitet, da der erfolgreiche Einsatz des Roboterkuriers von einer gelungenen Mensch-Technik-Interaktion abhängt (Kirschling et al. 2009). Auch für den deutschsprachigen Raum wird die Entwicklung von robotischen Systemen zur Unterstützung von logistischen Aufgaben in der Pflege vorangetrieben: So entwickelt das Fraunhofer IPA derzeit einen robotischen Pflegewagen, der den Befüllungsstand autonom erhebt und ggf. vervollständigt (Fraunhofer 2016).

7.3.3 Rehabilitationsrobotik

Die dynamischen Entwicklungen im Bereich Rehabilitationsrobotik betreffen international auch Handlungsfelder der professionellen Pflege. Robotische Systeme wurden hier etwa im Zusammenhang mit rehabilitativen Ansätzen bei Schlaganfällen, Autismus (insbesondere im Kindesalter), Multipler Sklerose, Parkinson und weiteren neuro-rehabilitativen Herausforderungen entwickelt und erprobt (vgl. Yang et al. 2015; Yoo und Kim 2015; Bae et al. 2014; Wu et al. 2014). Da entsprechende rehabilitative Interventionen im deutschsprachigen Raum nicht primär durch professionell Pflegende verantwortet werden, soll dieser Bereich hier jedoch nicht weiterverfolgt werden.

Der derzeitige Diskussionsstand zum Thema Pflegerobotik verweist auf zunehmende Entwicklungs- und Forschungsaktivitäten, kann dabei jedoch nur auf einen sehr begrenzten Erkenntnisstand zu den Einsatzbedingungen und Effekten im Handlungsfeld zurückgreifen. Der Schwerpunkt der Entwicklung für den engeren Bereich der Pflege liegt bei den sozio-assistiven Systemen sowie der Servicerobotik. Sozio-assistive Systeme zur Unterstützung sozial-kommunikativer Aspekte der Pflege kommen vorzugsweise als humanoide und tierische Systeme zum Einsatz, es liegen erste Hinweise vor, dass diese Systeme bei den Hilfeempfängern auf Aufmerksamkeit und Interesse stoßen und das Interaktionsverhalten möglicherweise verbessern können. Die vorliegenden Studien sind dabei methodisch noch unzureichend und fokussieren in der Regel eher fragmentarisch auf den Einsatz ausgesuchter Systeme. Servicerobotik im Bereich der Pflege zielt derzeit vornehmlich auf Aspekte von Mobilität, Selbstpflege und Interaktion bzw. Beziehungsarbeit von Hilfeempfängern. Servicerobotik für professionell Pflegende adressiert vorzugsweise logistisch-organisatorische Aspekte der Pflegearbeit. Systeme zur Unterstützung der direkten, patientennahen Pflegearbeit finden sich derzeit noch kaum. Die vorliegenden Erkenntnisse betonen die Bedeutung der interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Pflegepraxis, Pflegewissenschaft und Technikwissenschaften im Rahmen der Entwicklung und Implementierung der Systeme. Weiterhin wird hervorgehoben, dass die Nutzerinnen und Nutzer von Pflegerobotik über besondere qualifikatorische Voraussetzungen verfügen müssen. Die Studienlage zu den Rahmenbedingungen des Einsatzes dieser Systeme ist derzeit sehr dünn.

7.4 Herausforderungen des Einsatzes von robotischen Systemen aus der Perspektive der Pflegewissenschaft

Zur Skizzierung einiger Herausforderungen im Zusammenhang mit der dynamischen Entwicklung im Bereich der Pflegerobotik soll an dieser Stelle auf die jüngst veröffentlichte Studie „ePflege“ (Roland Berger et al. 2017) verwiesen werden. Die über das Bundesministerium für Gesundheit in Auftrag gegebene Studie betont, dass die weitere Entwicklung durch eine verstärkte Nutzer- und Alltagsorientierung geprägt sein muss. Als Ausgangspunkt der Entwicklung sind damit nicht in erster Linie Aspekte der

technologischen Innovation anzuvisieren, vielmehr ist zu fragen, wie soziale Innovationen in den Handlungsfeldern der personenbezogenen Dienstleistung Pflege ermöglicht werden können, ob robotische Systeme dazu beitragen können und wie diese dazu ggf. zu gestalten sind (Stichwort „Soziotechnische Innovation“). Nimmt man die hier skizzierten Charakteristika der professionellen Pflege zum Ausgangspunkt (siehe Abschn. 7.2), wäre dies etwa über die Bereitstellung (und institutionelle Absicherung!) von Zeit für die Kernaufgaben der personell gestützten beruflichen Pflege (etwa durch Entlastung im logistischen Bereich) oder auch über die Bereitstellung von Daten und Informationen für eine fachlich begründete Professionalität in der Pflege durch interne und externe Evidenz möglich. Soziotechnische Innovation kann nicht unabhängig von den konkret anvisierten Entwicklungsfeldern realisiert werden. Die Bereitstellung von modularisierten Systemen, die – unabhängig von den spezifischen Herausforderungen im Handlungsfeld – in Museen und Baumärkten, in Flughäfen und Büros oder eben auch in Pflegeheimen und Krankenhäusern zum Einsatz kommen sollen, ist diesem Innovationsgedanken allerdings fern. Die Studie „ePflege“ spricht sich weiterhin für die Einrichtung eines „Netzwerks IKT in der Pflege“ aus. Mit dieser Institutionalisierung sollen interdisziplinäre und interprofessionelle Positionen und Interessen im Umfeld von IKT in der Pflege ausgetauscht, übergreifende Zielsetzungen für die weitere Entwicklung identifiziert und priorisiert und Impulse für sektorenübergreifende Entwicklungen gegeben werden. Sollte das Forschungs- und Entwicklungsfeld Pflegerobotik tatsächlich (wie eingangs angedeutet, s. Abschn. 7.1) prototypisch für eine europäische Innovationspolitik der Verbreitung von sozialer Robotik in zukünftigen Gesellschaften stehen, erscheinen entsprechende Netzwerkarbeiten umso dringlicher, um die spezifischen Anforderungen an eine Pflegerobotik im Kontext dieser Gesamtinitiative verteidigen zu können. Die Studie „ePflege“ mahnt weiterhin offensive Diskurse zu den Voraussetzungen, Möglichkeiten und Herausforderungen der Technikverwendung in der Pflege an. Gezielte und öffentliche (z. B. mit Blick auf potenziell pflegebedürftige Menschen und ihre Angehörigen) wie fachöffentliche (professionelle Pflege, Technikentwicklung u. a. m.) Diskurse sind in diesem Zusammenhang beispielsweise mit Blick auf ethische, rechtliche oder ökonomische Fragen anzustoßen und zu führen, aber auch mit Blick auf ganz subjektive Sorgen, Ängste und Befürchtungen etwa in Bezug auf Fragen der Entpersonifizierung und Deprofessionalisierung der Pflege durch robotische Systeme. Verwiesen wird überdies auf die Notwendigkeit, die Akteure im Handlungsfeld qualifikatorisch auf die neuen technischen Systeme vorzubereiten. Dabei müssen allerdings über rein technisch-instrumentelle Kompetenzen zum sachgerechten Einsatz von technischen Innovationen in der Pflege hinaus weitere zentrale Kompetenzen angelegt werden: Insbesondere, wenn es darum gehen soll, dass robotische Systeme zukünftig zu soziotechnischen Innovationen in der Pflege beitragen, und die Pflegenden selbst diese Innovationen mit zu entwickeln haben, sind sie in die Lage zu versetzen, den Technologieeinsatz in größeren Gesamtzusammenhängen zu verstehen, also z. B. Fragen der Mensch-Technik-Interaktion in der Pflege

im Zusammenhang mit neuen Arbeitsprozessen und Aufgabenverteilungen zwischen Mensch und Maschine zu denken. Hinzu kommen sozialkommunikative Kompetenzen, die etwa in Kontexten der Pflegeberatung im Umfeld eines Technologieeinsatzes von Bedeutung sind, aber auch emotionale Kompetenzen, etwa die Befähigung, im Umgang mit emotionsstimulierenden robotischen Systemen professionelle Distanz zu bewahren. Eine zentrale Kompetenz wird – sollte der Einsatz von Pflegerobotik zukünftig tatsächlich zur Option werden – darin liegen müssen, dass Pflegende reflexiv zu einer situationsgerechten Verwendung der Systeme in der Lage sind, das heißt also insbesondere entscheiden können, wann der Einsatz von Pflegerobotik gerechtfertigt und fachlich legitim ist, wann dies aber ggf. auch nicht der Fall ist. Herausforderungen, auch darauf verweist die Studie „ePflege“, sind weiterhin im Bereich der Forschungsförderung und der Technikentwicklung zu bewältigen: Ansätze einer partizipativen Technologieentwicklung sind bereits seit längerem in Diskussion, müssen aber insbesondere unter methodischen Gesichtspunkten konsequent weiterentwickelt werden, um einen Paradigmenwechsel von der technischen zur soziotechnischen Innovation zu erreichen und dabei auch den Ansprüchen einer technologischen Unterstützung von komplexen „Pflegearrangements“ gerecht zu werden. In diesem Zusammenhang sind auch Ansätze einer prospektiven ethischen Bewertung des Robotereinsatzes in der Pflege zu berücksichtigen (vgl. Depner und Hülsken-Giesler 2017).

7.5 Fazit und Ausblick

Das Thema Pflegerobotik gewinnt international wie auch in Deutschland an Bedeutung. Der Entwicklungs- und Forschungsstand verweist dabei einerseits auf einen unzureichenden Erkenntnisstand in Bezug auf die Rahmenbedingungen und die Effekte eines Einsatzes von Pflegerobotik, andererseits ist aber deutlich erkennbar, dass die spezifischen Charakteristika des professionellen pflegerischen Handelns als personenbezogene Dienstleistung bislang kaum angemessen adressiert werden. Dies kann ggf. als ein Hinweis darauf gelesen werden, dass die massive politische Förderung von Pflegerobotik in Europa letztlich nicht darauf abzielt, die spezifischen Bedarfe, Bedürfnisse und Besonderheiten in den verschiedenen Handlungsfeldern der Pflege (stationäre Akutpflege, stationäre Langzeitpflege, ambulante Pflege) zu adressieren, sondern die gesellschaftliche Debatte um die Herausforderungen der demografischen Entwicklung dafür zu nutzen, technologische Lösungsoptionen für soziale Problemlagen handlungsfeldunspezifisch zu erproben. Für die Pflege und Pflegewissenschaft wird eine wichtige Aufgabe darin bestehen, immer wieder auf die spezifischen Problemlagen und Besonderheiten in der Pflege zu verweisen und entsprechende Entwicklungen und Bewertungen einzufordern, zu unterstützen und gesellschaftlich zur Diskussion zu stellen.

Literatur

- Bae, Y.-H., Ko, Y. J., Chang, W. H., Lee, J. H., Lee, K. B., Park, Y. J., et al. (2014). Effects of robot-assisted gait training combined with functional electrical stimulation on recovery of locomotor mobility in chronic stroke patients: A randomized controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(12), 1949–1953.
- Bäck, I., Makela, K., & Kallio, J. (2013). Robot-guided exercise program for the rehabilitation of older nursing home residents. *Annals of Long Term Care*, 21(6), 38–41.
- Becker, H., Scheermesser, M., Früh, M. et al. (2013). *Robotik in Betreuung und Gesundheitsversorgung*. Zürich.
- Bedaf, S., Gelderblom, G. J., & Witte, L. de. (2015). Overview and categorization of robots supporting independent living of elderly people: What activities do they support and how far have they developed. *Assistive Technology: The Official Journal of RESNA*, 27(2), 88–100.
- Bemelmans, R., Gelderblom, G. J., Jonker, P., & Witte, L. de. (2012). Socially assistive robots in elderly care. A systematic review into effects and effectiveness. *Journal of the American Medical Directors Association*, 13, 14–120.
- Berger, R., Deutsches Institut für angewandte Pflegeforschung & Philosophisch-Theologische Hochschule Vallendar. (2017). Informations- und Kommunikationstechnologie für die Pflege. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit. https://www.rolandberger.com/de/Publications/pub_epflege.html. Zugegriffen: 23. Juli 2017.
- Bettig, U., Frommelt, M., & Schmidt, R. (Hrsg.). (2012). *Fachkräftemangel in der Pflege. Konzepte, Strategien, Lösungen*. Heidelberg.
- Bieber, D., & Geiger, M. (2014). Personenbezogene Dienstleistungen in komplexen Dienstleistungssystemen – Eine erste Annäherung. In D. Bieber & M. Geiger (Hrsg.), *Personenbezogene Dienstleistung im Kontext komplexer Wertschöpfung* (S. 9–50). Wiesbaden.
- Bienzeisler, B. (2011). Dienstleistungsqualität in kooperativen Dienstleistungssystemen. In B. Bienzeisler & M. Klemisch (Hrsg.), *Lebensqualität durch Dienstleistungsqualität. Die Zukunft personenbezogener Dienstleistungsarbeit im Umfeld seltener Erkrankungen* (S. 32–43). Stuttgart.
- Blinkert, B. (2007). Pflegearrangements – Vorschläge zur Erklärung und Beschreibung sowie ausgewählte Ergebnisse empirischer Untersuchungen. In G. Igl, G. Naegele, & S. Hamdorf (Hrsg.), *Reform der Pflegeversicherung – Auswirkungen auf die Pflegebedürftigkeit und die Pflegepersonen* (S. 225–244). Münster.
- Böhle, F., & Glaser, J. (Hrsg.). (2006). *Arbeit in der Interaktion – Interaktion als Arbeit*. Wiesbaden.
- Böhle, F., Stöger, U., & Weihrich, M. (Hrsg.). (2015). *Interaktionsarbeit gestalten. Vorschläge und Perspektiven für humane Dienstleistungsarbeit*. Berlin.
- BAuA – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.). (2015). *Intelligente Technik in der beruflichen Pflege. Von den Chancen und Risiken einer Pflege 4.0*. Berlin.
- Bundesanzeiger. (2017). Gesetz zur Reform der Pflegeberufe (Pflegeberufereformgesetz – PflBRefG), Drucksache 511/17. <http://dipbt.bundestag.de/dip21/brd/2017/0511-17B.pdf>. Zugegriffen: 9. Dez. 2017.
- Büscher, A. (2013). Regionalisierung und Gesundheitsberufe. In *Gesundheitsberufe neu denken, Gesundheitsberufe neu regeln. Grundsätze und Perspektiven. Eine Denkschrift der Robert Bosch Stiftung* (S. 50–62). Stuttgart. www.bosch-stiftung.de/content/language1/downloads/2013_Gesundheitsberufe_Online_Einzelseiten.pdf. Zugegriffen: 9. Dez. 2017.
- Campbell, A. (2012). Dementia care: Could animal robots benefit residents? *Nursing & Residential Care*, 13(12), 602–604.
- Chase, R. B., & Garvin, D. A. (1989). The service factory. *Harvard Business Review*, 1989 (July–August), 61–69.

- Depner, D., & Hülsken-Giesler, M. (2017). Robotik in der Pflege – Eckpunkte für eine prospektive ethische Bewertung in der Langzeitpflege. *Zeitschrift für medizinische Ethik*, 63(1), 51–62.
- Deutscher Bundestag. (2016). Siebter Bericht zur Lage der älteren Generation in der Bundesrepublik Deutschland. Sorge und Mitverantwortung in der Kommune – Aufbau und Sicherung zukunftsfähiger Gemeinschaften und Stellungnahme der Bundesregierung. Drucksache 18/10210 vom 02.11.2016
- Dunkel, W., & Wehrich, M. (2010). Arbeit als Interaktion. In F. Böhle, G. G. Voß, & G. Wachtler (Hrsg.), *Handbuch Arbeitssoziologie* (S. 177–200). Wiesbaden.
- Europäische Kommission. (2015). Innovation for active and healthy ageing: European summit on innovation for active and healthy ageing. Brüssel. http://ec.europa.eu/research/innovation-union/pdf/active-healthy-ageing/ageing_summit_report.pdf. Zugegriffen: 9. Dez. 2017.
- Franklin, S., & Graesser, A. (1997). Is it an agent, or just a program? A taxonomy for autonomous agents. In J. P. Müller, M. J. Wooldridge, & N. R. Jennings (Hrsg.), *Proc. ECAI '96 workshop on agent theories, architectures, and languages: Intelligent agents III, Lecture notes in artificial intelligence*, 1193 (S. 21–36).
- Fraunhofer. (2016). Serviceroboter – Technologien für die stationäre Pflege. https://www.ipa.fraunhofer.de/content/dam/ipa/de/documents/Kompetenzen/Roboter--und-Assistenzsysteme/Produktblatt_Serviceroboter_Technologien_stationaere_Pflege.pdf. Zugegriffen: 31. Dez. 2017.
- Fraunhofer. (2017). Care-O-bot 4. <https://www.care-o-bot.de/de/care-o-bot-4.html>. Zugegriffen: 15. Dez. 2017.
- Hacker, W. (2009). *Arbeitsgegenstand Mensch: Psychologie dialogisch-interaktiver Erwerbsarbeit*. Lengerich: Pabst.
- Hoberg, R., Klie, T., & Künzel, G. (2013). Strukturreform Pflege und Teilhabe. http://agp-freiburg.de/downloads/pflege-teilhabe/Reformpaket_Strukturreform_PFLEGE_TEILHABE_Langfassung.pdf. Zugegriffen: 9. Dez. 2017.
- Hülsken-Giesler, M. (2015). Technik und Neue Technologien in der Pflege. In H. Brandenburg & S. Dorschner (Hrsg.), *Pflegewissenschaft 1. Lehr- und Arbeitsbuch zur Einführung in das wissenschaftliche Denken in der Pflege* (3. erg. u. überarb. Aufl., S. 262–280). Bern.
- Hülsken-Giesler, M. (2014). Professionalisierung der Pflege – Möglichkeiten und Grenzen. In S. Becker & H. Brandenburg (Hrsg.), *Lehrbuch Gerontologie. Gerontologisches Fachwissen für Pflege und Sozialberufe – Eine interdisziplinäre Aufgabe* (S. 377–408). Bern.
- Hülsken-Giesler, M., & Krings, B. -J. (2015). Technik und Pflege in einer Gesellschaft des langen Lebens – Einführung in den Schwerpunkt. *TATuP* 24(2), 4–11. www.tatup-journal.de/tatup152_hukr15a.php. Zugegriffen: 9. Dez. 2017.
- Huschilt, J., & Clune, L. (2012). The use of socially assistive robots for dementia care. *Journal of Gerontological Nursing*, 38(10), 15–19.
- Kirschling, T. E., Rough, S. S., & Ludwig, B. C. (2009). Determining the feasibility of robotic courier medication delivery in a hospital setting. *American Journal of Health-System Pharmacy: AJHP: Official Journal of the American Society of Health-System Pharmacists*, 66(19), 1754–1762.
- Klie, T. (2014). *Wen kümmern die Alten? Auf dem Weg in eine sorgende Gemeinschaft*. München.
- Krings, B. -J., Böhle, K., Decker, M., et al. (2012). *ITA-Monitoring „Serviceroboter in Pflegearrangements“*. Karlsruhe: ITAS Pre-Print.
- Lipp, B. (2017). Analytik des Interfacing. Zur Materialität technologischer Verschaltung in prototypischen Milieus robotisierter Pflege. *BEHEMOTH – A Journal on Civilisation* 10(1), 207–129.
- 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.

- Meyer, S. (2011). *Mein Freund der Roboter. Servicerobotik für ältere Menschen – Eine Antwort auf den demografischen Wandel?* Berlin: VDE.
- Mordoch, E., Osterreicher, A., Guse, L., Roger, K., & Thompson, G. (2013). Use of social commitment robots in the care of elderly people with dementia: A literature review. *Maturitas*, 74(1), 14–20.
- Moyle, W., Cooke, M., Beattie, E., Jones, C., Klein, B., Cook, G., et al. (2013). Exploring the effect of companion robots on emotional expression in older adults with dementia: A pilot randomized controlled trial. *Journal of Gerontological Nursing*, 39(5), 46–53.
- Moyle, W., Beattie, E., Draper, B., Shum, D., Thalib, L., Jones, C., et al. (2015). Effect of an interactive therapeutic robotic animal on engagement, mood states, agitation and psychotropic drug use in people with dementia: A cluster-randomised controlled trial protocol. *BMJ open*, 5(8), e009097.
- Oevermann, U. (1996). Theoretische Skizze einer revidierten Theorie professionalisierten Handelns. In A. Combe, & W. Helsper (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität. Untersuchungen zum Typus pädagogischen Handelns* (S. 70–182). Frankfurt a. M.
- Parobots. (2017). PARO Therapeutic Robot. <http://www.parorobots.com/>. Zugegriffen: 15. Dez. 2017
- Remmers, H. (2000). *Pflegerisches Handeln – Wissenschafts- und Ethikdiskurse zur Kontinuirung der Pflegewissenschaft*. Bern: Huber.
- Robinson, H., MacDonald, B. A., Kerse, N., & Broadbent, E. (2013). Suitability of healthcare robots for a dementia unit and suggested improvements. *Journal of the American Medical Directors Association*, 14(1), 34–40.
- Robinson, H., MacDonald, B., & Broadbent, E. (2015). Physiological effects of a companion robot on blood pressure of older people in residential care facility: A pilot study. *Australasian Journal on Ageing*, 34(1), 27–32.
- Sharkey, N., & Sharkey, A. (2012). Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics and Information Technology*, 14(1), 27–40.
- Sung, H. C., Chang, S. M., Chin, M. Y., & Lee, W. L. (2015). Robot-assisted therapy for improving social interactions and activity participation among institutionalized older adults: A pilot study. *Asia-Pacific Psychiatry: Official Journal of the Pacific Rim College of Psychiatrists*, 7(1), 1–6.
- Thrun, S. (2004). Toward a framework for human-robot interaction. *Human-Computer Interaction*, 1–2(2004), 9–24.
- Valentí Soler, M., Agüera-Ortiz, L., Olazarán Rodríguez, J., Mendoza Rebolledo, C., Pérez Muñoz, A., Rodríguez Pérez, I., et al. (2015). Social robots in advanced dementia. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7, 133.
- Vallor, S. (2011). Carebots and caregivers: Sustaining the ethical ideal of care in the 21st century. *Journal of Philosophy and Technology*, 24(3), 251–268.
- Van Wynsberghe, A. (2013). Designing robots for care: Care centered value-sensitive design. *Science and Engineering Ethics*, 19(2), 407–433.
- Weidner, F. (2004). *Professionelle Pflegepraxis und Gesundheitsförderung. Eine empirische Untersuchung über Voraussetzungen und Perspektiven des beruflichen Handelns in der Pflege*. Frankfurt a. M.: Mabuse.
- Wu, M., Landry, J. M., Kim, J., Schmit, B. D., Yen, S.-C., & Macdonald, J. (2014). Robotic resistance/assistance training improves locomotor function in individuals poststroke: A randomized controlled study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(5), 799–806.
- Yang, A., Asselin, P., Knezevic, S., Kornfeld, S., & Spungen, A. (2015). Assessment of in-hospital walking velocity and level of assistance in a powered exoskeleton in persons with spinal cord injury. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*, 21(2), 100–109.
- Yoo, D. H., & Kim, S. Y. (2015). Effects of upper limb robot-assisted therapy in the rehabilitation of stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(3), 677–679.

Prof. Dr. Manfred Hülsken-Giesler, Lehrstuhl für Gemeinenahe Pflege und Dekan der Pflege-wissenschaftlichen Fakultät an der Philosophisch-Theologischen Hochschule Vallendar (PTHV). Manfred Hülsken-Giesler ist berufserfahrener Gesundheits- und Krankenpfleger und promovierter Pflegewissenschaftler. An der Universität Bremen studierte er Pflegewissenschaft, Sozialwissen-schaften, Erziehungs- und Gesellschaftswissenschaften. Von 2001 bis 2013 war er als wissen-schaftlicher Mitarbeiter an der Universität Osnabrück (Fachgebiet Pflegewissenschaft) tätig, an der er 2007 auch promovierte. 2013 übernahm er den Lehrstuhl für Gemeinenahe Pflege an der PTHV. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Technologieentwicklung, -nutzung und -bewertung in Kontexten der Pflegearbeit. In diesem Zusammenhang leitete Hülsken-Giesler zahlreiche Forschungsprojekte und Projektverbünde. Einschlägige Gutachten wurden jüngst im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit („ePflege“) sowie für den Deutschen Bundestag („Autonome Assistenzsysteme in der Pflege: Potenziale und Grenzen aus pflegewissenschaftlicher Sicht“) vorgelegt.

Sabine Daxberger, M.Sc., BScN studierte Pflegewissenschaft, ist akademische Lehrerin für Gesundheitsberufe und hat ein (österreichisches) Diplom in Gesundheits- und Krankenpflege. Seit 2015 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Gemeinenahe Pflege der Philo-sophisch-Theologischen Hochschule Vallendar (Prof. Dr. Hülsken-Giesler) angestellt. Ihr Arbeits-schwerpunkt liegt im Bereich „Neue Technologien in der Pflege“. Sabine Daxberger war an der Erstellung des Gutachtens „ePflege“ im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit beteiligt, das den aktuellen Stand der Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien in der Pflege thematisiert. Im Jahr 2016 hat sie an der Erstellung eines Gutachtens „Autonome Assistenzsysteme in der Pflege: Potenziale und Grenzen aus pflegewissenschaftlicher Sicht (PflegeRobot“) im Auftrag des Deutschen Bundestags mitgewirkt. Aktuell arbeitet Sabine Daxberger im Projekt „Integrierte Technik- und Arbeitsprozessentwicklung für Gesundheit in der ambulanten Pflege“ (ITAGAP), das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers ein-zuzuholen.



Wege zu verantwortungsvoller Forschung und Entwicklung im Bereich der Pflegerobotik: Die ambivalente Rolle der Ethik

8

Christoph Kehl

Zusammenfassung

Obwohl die Entwicklungsarbeiten an Pflegerobotern bis in die 1980er Jahre zurückreichen, waren die bisherigen Bemühungen nicht von größeren Erfolgen gekrönt. Zwar wurde eine Vielzahl an Produktvisionen und Prototypen hervorgebracht, diese haben jedoch in aller Regel noch nicht den Weg in den Pflegemarkt gefunden. Dies hängt nicht nur mit technischen Schwierigkeiten zusammen, sondern lässt sich auch auf die bislang stark technikfokussierte Ausrichtung der Forschungs- und Entwicklungspraxis zurückführen: Offenbar ist es noch nicht gelungen, Angebote zu entwickeln, die von Kostenträgern und Endkunden ausreichend akzeptiert werden. Vor diesem Hintergrund geht der Beitrag der Frage nach, wie sich eine verantwortungsvolle Forschungs- und Entwicklungspraxis gestalten lässt, die den hohen Anforderungen an Serviceroboter-Anwendungen im Pflegebereich gerecht wird. Mit Blick auf neuere politische Konzepte zur Technology Governance wird dargelegt, dass neben einer bedarfsorientierten Vorgehensweise vor allem der angemessene Umgang mit normativen Fragen und Unsicherheiten heraussticht, was auf die zentrale Bedeutung ethischer Reflexion verweist. Die Schwierigkeiten, die sich bei der ethischen Bewertung der robotischen Pflegeanwendungen ergeben, werden beleuchtet, und es wird schließlich die ambivalente Rolle der Ethik bei der Governance der Pflegerobotik herausgearbeitet.

Erste Entwicklungsarbeiten an robotischen Helfern für den Gesundheits- und Pflegebereich lassen sich bis in die 1980er Jahre zurückverfolgen. HelpMate, ein autonomer

C. Kehl (✉)

Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB),
Berlin, Deutschland
E-Mail: kehl@tab-beim-bundestag.de

Transportroboter für Krankenhäuser, wurde Anfang der 1990er Jahre vorgestellt (Evans 1994); etwa zur selben Zeit entstand Handy 1, eine Esshilfe für zerebral Gelähmte (Topping 2000). Mehr als 25 Jahre danach ist zu konstatieren, dass zwar die Entwicklungsbemühungen deutlich zugenommen haben – was sich in einer breiten Palette an unterschiedlichsten Prototypen widerspiegelt –, größere Markterfolge aber immer noch auf sich warten lassen. Die wenigen Systeme, die den Weg in die Pflegepraxis gefunden haben, werden meist nur in geringer Stückzahl vertrieben. Zu den bekanntesten gehört sicherlich die Roboterrolle Paro, die in Europa seit 2009 zugelassen ist und in Deutschland in rund 50 Pflegeheimen eingesetzt wird. Bemerkenswert ist, dass Paro ursprünglich als Spielzeug entwickelt wurde und in Japan bei Privatpersonen offenbar auf fast größeres Interesse zu stoßen scheint als bei Pflegeeinrichtungen (Shibata 2012). Ähnliches gilt für den Assistenzroboter Care-O-bot, der seit den 1990er Jahren vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) entwickelt wird. Das System wurde vor allem mit Blick auf die Unterstützung häuslicher Pflegetätigkeiten entwickelt und diesbezüglich in verschiedenen Anwendungsszenarien getestet (z. B. als Butler für Hol- und Bringdienste, als Kommunikationsplattform oder zur Sturzerkennung). Die vierte Generation des Haushaltsassistenten, die 2015 vorgestellt wurde, soll nun endlich „die Basis für kommerzielle Serviceroboter-Lösungen“ bieten (Fraunhofer IPA 2015). Dabei steht jedoch weniger die Pflege im Vordergrund, sondern der Einzelhandels- und Entertainmentbereich. So wird der Roboter unter dem Namen Paul ohne Arme als „mobiler Informationskiosk“ etwa bereits erfolgreich zur Kundenführung in Elektronikmärkten eingesetzt. Ob und wann Care-O-Bot in der Pflege routinemäßig zum Einsatz kommen wird, ist derzeit völlig unklar.

Wie lässt sich diese auffällige Diskrepanz zwischen Aufwand und Ertrag erklären? Dass autonome Pflegeroboter in der Regel von einer hohen technischen Komplexität sind und die Entwicklungsprozesse entsprechend aufwendig, ist sicherlich richtig, taugt jedoch als Antwort nur bedingt. Schließlich zeichnen sich gerade die am Markt verfügbaren Pflegeroboter wie die Rolle Paro durch ein technisches Niveau aus, das in etwa mit dem von Staubsaugerrobotern vergleichbar ist. Dass deren Verkaufszahlen in den Millionen liegen, die von Paro jedoch bei weitem nicht, dürfte mithin kaum rein technisch erklärbar sein, sondern vielmehr damit zu tun haben, dass mit Staubsaugerrobotern ein Nutzen geschaffen wird, den Pflegeroboter bislang verfehlt haben. Der 7. Altenbericht der Bundesregierung hält mit Blick auf technische Assistenzsysteme entsprechend fest, dass es noch nicht gelungen sei, Angebote für die Pflege zu entwickeln, die von Kostenträgern und Endkunden ausreichend akzeptiert werden (Bundesregierung 2016, S. 253). Auch TA-Experten haben immer wieder auf diesen Umstand hingewiesen und ihn u. a. dadurch erklärt, dass die bisherigen Innovationspfade allzu stark einem technischen Imperativ verhaftet waren (Krings et al. 2012). Demzufolge waren es also primär technologische Machbarkeitsvisionen, welche Forschung und Entwicklung vorantrieben haben, weniger jedoch die tatsächlichen Problem- und Bedürfnislagen der relevanten Nutzergruppen. Das Resultat seien Artefakte, welche zwar technisch durchaus gelungen sein mögen, jedoch die komplexen Anforderungen an Pflege nicht angemessen erfüllen – angesichts der Herausforderungen, die der demografische Wandel für die Pflege bereithält, eine durchaus ernüchternde Diagnose.

Vor diesem Hintergrund wird in diesem Beitrag der Frage nachgegangen, wie sich eine Forschungs- und Entwicklungspraxis gestalten lässt, die den hohen Anforderungen an Serviceroboter-Anwendungen im Pflegebereich gerecht wird. Mit Blick auf neuere politische Konzepte zur verantwortungsvollen Technikgestaltung wird dargelegt, dass neben einer bedarfsorientierten Vorgehensweise dabei vor allem der angemessene Umgang mit normativen Fragen und Unsicherheiten heraussticht, die auf die zentrale, jedoch durchaus zwiespältige Rolle ethischer Reflexion verweisen.

8.1 Bedarfe und Bedürfnisse im Fokus

Bei der Pflege handelt es sich um einen stark ausdifferenzierten Dienstleistungsbereich. Grundsätzlich zu unterscheiden sind die ambulante Pflege zu Hause sowie die stationäre Pflege im Heim, die wiederum sehr verschiedene Tätigkeiten umfassen (z. B. Waschen, Ernährung, Mobilisation, emotionale Zuwendung). Hinzu kommt, dass man es mit sehr unterschiedlichen Zielgruppen zu tun hat, was zu einer Separierung unterschiedlicher Pflegeberufe geführt hat (Kinderpflege, Altenpflege, Krankenpflege etc.). Angesichts des demografischen Wandels werden in der Altenpflege die größten Potenziale für robotische Lösungen gesehen – gerade in dem Bereich also, in dem die Spannweite an Beeinträchtigung resp. Pflegebedürftigkeit besonders ausgeprägt ist. Sie reicht von älteren Menschen, die noch zu Hause wohnen, dabei aber Unterstützung benötigen, über Heimbewohner, die unterschiedliche Grade und Formen der Gebrechlichkeit aufweisen, bis hin zu Demenzpatienten im fortgeschrittenen Stadium, die rund um die Uhr der Betreuung bedürfen. Als personenbezogene Dienstleistung ist Pflege gefordert, dieser Vielfältigkeit an Ansprüchen und Lebensumständen gerecht zu werden, wobei die zwischenmenschliche Begegnung sowie die fürsorgliche Zuwendung – also der „Zugang zum Anderen“ (Hülken-Giesler 2008) – als Dreh- und Angelpunkt pflegerischen Handelns gelten (vgl. Görres und Friesacher 2005). Da immer wieder situativ auf individuelle und sich wandelnde Bedürfnisse reagiert werden muss, ist Pflegearbeit folglich nur begrenzt standardisierbar. Dasselbe trifft dann notgedrungen auch auf die Anforderungen an technische Unterstützungslösungen zu, die sich letztlich nur dann sinnvoll in die Pflegearbeit integrieren lassen, wenn sie spezifisch auf die unterschiedlichen Pflegesituationen zugeschnitten sind. Dies ist umso mehr der Fall, als von Pflegebedürftigen aufgrund deren körperlichen und psychischen Einschränkungen nicht erwartet werden kann, dass sie zu größeren Anpassungsleistungen an neue technische Hilfsangebote in der Lage sind. Folglich wird im Pflegebereich die Nachfrage nach technischen Innovationen „nicht primär aus dem Angebot generiert“ – wie es etwa bei Staubsaugerrobotern eindeutig der Fall ist –, sondern ergibt sich vielmehr aus „handfesten Bedarfen, die nicht aus freien Nutzungsentscheidungen erwachsen“ (Elsbernd et al. 2015, S. 71).

Wie der Überblicksartikel von Östlund und Frennert (2014) am Beispiel der sozialen Robotik aufzeigt, ist die Perspektive älterer Menschen in Forschung und Entwicklung bisher kaum präsent gewesen, stattdessen herrschen stereotypische Sichtweisen der

Bedürfnisse dieser Personengruppe vor. Für andere Robotertypen dürfte Ähnliches gelten. Vor diesem Hintergrund ist der Ruf nach einer Technikentwicklung, die sich primär an „handfesten Bedarfen“ orientiert (und weniger am technisch Umsetzbaren oder ökonomisch Vorteilhaften), in den letzten Jahren immer lauter geworden. Angemahnt wird nichts weniger als ein „Paradigmenwechsel“ hin zu einer Forschungs- und Entwicklungsperspektive, welche „die Bedürfnis- und Bedarfslagen von pflegebedürftigen Menschen und deren Bezugspersonen“ in den Mittelpunkt der technischen Entwicklung stellt (Elsbernd et al. 2014, S. 12). Für die Pflegerobotik erscheint dies besonders drängend, da man es hierbei mit einer Technologie zu tun hat, die aufgrund ihrer Interaktivität und zunehmenden Autonomiefähigkeit ganz neue technische Möglichkeiten bietet, die aber gerade nicht Selbstzweck sein dürfen, sondern die es sinnvoll – und zwar im Sinne guter Pflege – nutzbar zu machen gilt. Wie dieser Anspruch methodisch einzulösen ist, ist noch in vielerlei Hinsicht offen. Zwar ist es in etlichen Technikbereichen längst etabliert, Aspekte der Usability frühzeitig aufzugreifen, im Feld der Pflegerobotik betritt man diesbezüglich jedoch weitgehend Neuland. Die Anforderungen sind hier auch besonders hoch: Nicht nur die potenziell große Eingriffstiefe der Servicerobotik, auch die Komplexität der Pflegearrangements mit ihren vielen involvierten Akteuren (Pflegebedürftige, Angehörige, professionell Pflegende, Dienstleister etc.) stellen hohe Ansprüche an eine bedarfsorientierte Vorgehensweise. Eines der ersten Projekte, das sich mit Umsetzungsmöglichkeiten befasste, ist WiMi-Care („Förderung des Wissenstransfers für eine aktive Mitgestaltung des Pflegesektors durch Mikrosystemtechnik“), das von 2008 bis 2011 durchgeführt wurde.¹ Die dort entwickelten Verfahren sind inzwischen in diversen anderen Entwicklungsprojekten erprobt und weiterentwickelt worden, beruhend auf folgenden Kernelementen (vgl. Derpmann und Compagna 2009; Kehl 2018, S. 161 ff.):

1. *Interdisziplinäre Bedarfserhebung*: Eine bedarfsorientierte Technikentwicklung setzt idealerweise direkt bei der Erhebung der Bedarfe an, ohne dass vorab irgendwelche technischen Festlegungen (etwa hinsichtlich Art oder Design der zu entwickelnden Geräte) getroffen werden. Zuallererst geht es also darum, ein genaues Verständnis für die tatsächlichen (und nicht nur unterstellten) Lebens- und Problemlagen der potenziellen Nutzer zu entwickeln. In der Regel greift man dabei auf Methoden der qualitativen Sozialforschung zurück (teilnehmende Beobachtung, Einzel- sowie Gruppeninterviews). Auf Basis einer gründlichen Beschreibung der bestehenden

¹Ziel dieses vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundvorhabens war die Erprobung sinnvoller, d. h. bedarfsgerechter Unterstützungsmöglichkeiten durch die Servicerobotik im stationären Pflegekontext (<https://www.uni-due.de/wimi-care/>). Dazu wurde u. a. Care-O-bot 3 in zwei Einsatzszenarien getestet: als mobiler Butler sowie als Unterhaltungsplattform. Im Vordergrund von Wimi-Care stand die Entwicklung einer „Wissenstransferschleife“ für die interdisziplinäre Interaktion und Kommunikation, die von den Entwicklern über die Hersteller hin zu den Anwendern reicht.

Pflegesituation – und zwar aus einem ganzheitlichen Blickwinkel, schließlich müssen sich neue Hilfsmittel im Gesamtkontext der Pflege bewähren (vgl. Elsbernd et al. 2015, S. 70) – können anschließend technische Unterstützungsbedarfe abgeleitet werden. Es liegt auf der Hand, dass dieses Unterfangen den technischen Blickwinkel bei Weitem sprengt, vielmehr von fundamental interdisziplinärer Art ist: Von Bedeutung ist insbesondere die sozialwissenschaftliche, arbeitswissenschaftliche und pflegewissenschaftliche Expertise.

2. *Partizipative Technikgestaltung*: Die Nutzerperspektive gilt es nicht nur bei der Bedarfserhebung (wie oben skizziert) zu berücksichtigen, sondern sie ist auch bei der konkreten Technikgestaltung einzubeziehen – schließlich sollen ja Lösungen resultieren, die die Bedürfnisse und Wünsche der Nutzer optimal abbilden und auf entsprechende Akzeptanz stoßen. Methodisch kann dies beispielsweise mit dem Ansatz des szenariobasierten Designs erreicht werden: Technische Einsatzszenarien, die auf Grundlage der Bedarfserhebung entwickelt wurden, werden dabei anschaulich dargestellt und mit den Nutzern abgestimmt. Die partizipative Ausrichtung der Bedarfsorientierung lässt sich konzeptionell im *constructive technology assessment* verorten, ein Ansatz, der von der unauflösbaren Verwobenheit technischer sowie gesellschaftlicher Entwicklungen ausgeht (Weinberger und Decker 2015, S. 37 f.).
3. *Iterativer Wissenstransfer*: Die bedarfsorientierte Technikentwicklung beginnt mit der Bedarfserhebung und endet bestenfalls mit einem innovativen Produkt, das zur Verbesserung der Pflege beitragen kann. Der Weg, der dahin führt, ist allerdings kein geradliniger: Neben den ermittelten Bedarfen gilt es notgedrungen auch Aspekte der technischen sowie später auch der betriebswirtschaftlichen Machbarkeit zu berücksichtigen, sodass die realisierten Lösungen über die verschiedenen Entwicklungsstufen hinweg (Produktvision, Umsetzungskonzept, Prototyp, Pilotanwendung) immer wieder neu auf ihre Bedarfsadäquanz hin zu befragen (und ggf. entsprechend anzupassen) sind. Das Resultat ist, im Idealfall zumindest, eine „Wissenstransferschleife“, in der die Perspektiven der relevanten Akteure – Nutzer, Techniker, Produktdesigner, Hersteller – iterativ miteinander verwoben sind (Derpmann und Compagna 2009, S. 20).

Die hohen methodischen Anforderungen an bedarfsorientierte Innovationsprozesse sollten deutlich geworden sein. Der Bedarfsorientierung inhärent ist zudem ihre Ergebnisoffenheit: Welche der ermittelten Bedarfe sich letztendlich technisch erfüllen lassen, ist aufgrund des iterativen Vorgehens vorab nicht planbar. Dies weist der öffentlichen Forschungsförderung insbesondere in den frühen, produktfernen Stadien eine entscheidende Rolle zu, da privatwirtschaftliche Akteure zu diesem Zeitpunkt aufgrund der verbundenen Investitionsrisiken in der Regel kaum zu größerem finanziellem Engagement bereit sind.

Insgesamt ist zu beobachten, dass die Forschungspolitik in den letzten Jahren tatsächlich partizipativen und bedarfsorientierten Ansätzen zunehmend größere Aufmerksamkeit geschenkt hat, ja mehr noch, diese sogar verstärkt in ihre Forschungsprogramme integriert. So wurde in „Horizont 2020“, dem 7. Forschungsrahmenprogramm der EU,

das Konzept der verantwortungsvollen Forschung und Innovation (Responsible Research and Innovation, RRI) als Steuerungsinstrument zentral verankert (Schomberg 2013). Das Ziel ist, Forschung, Entwicklung und Innovation stärker auf die Lösung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit („grand challenges“) auszurichten, zu denen auch die alternde Gesellschaft gehört, was u. a. durch eine breite und frühzeitige Stakeholder-Beteiligung erreicht werden soll. In Deutschland verfolgt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit dem Konzept der integrierten Forschung, das dem Forschungsprogramm zur Mensch-Technik-Interaktion und damit auch allen pflegerelevanten Förderaktivitäten zugrunde liegt, ähnliche Absichten: nämlich „[Pflege-]Technik für den Menschen zu gestalten“ sowie „die Nutzerinnen und Nutzer in die Konzeption und Entwicklung der technischen Lösungen zu integrieren“ (BMBF 2015). Was die konkrete Umsetzung angeht, sind beide Ansätze noch ziemlich unscharf und bedürfen der weiteren Konkretisierung. Gemeinsam ist ihnen die Leitidee, dass gesellschaftliche Bedarfe sowie die Bedürfnisse der Betroffenen frühzeitig im Innovationsprozess zu reflektieren sind – und zwar als zentrales regulatives Element der Technik- und Produktentwicklung –, um letztlich im Vergleich zur primär technologiegetriebenen Herangehensweise nicht nur sozial akzeptablere, sondern auch wirtschaftlich erfolgreichere Produkte zu generieren.

8.2 Von der Notwendigkeit ethischer Reflexion – und ihren Schwierigkeiten und Grenzen

Mit den soeben beschriebenen Governanceansätzen wird angestrebt, die Möglichkeiten der Technik zu nutzen, „ohne die damit einhergehenden Herausforderungen zu übersehen oder unbeantwortet zu lassen“ (BMBF 2015, S. 4). Ziel ist, dafür zu sorgen, dass Forschung und Innovation sich möglichst am „gemeinsamen Guten“ („public good“, vgl. Sutcliffe 2013, S. 3) ausrichten, also in gesellschaftlich wünschenswerte Bahnen gelenkt werden. Die bloße Fokussierung auf übergreifende Bedarfe ist hierfür allerdings nicht ausreichend – nicht nur, weil diese aufgrund ihrer Abstraktheit offensichtlich nicht als sinnvoller Ausgangspunkt für konkrete Innovationsprozesse taugen (Decker und Weinberger 2015), sondern vor allem, weil es sich bei gesellschaftlichen Bedarfen (wie auch korrespondierenden individuellen Bedürfnissen) um empirische Phänomene handelt, aus denen sich keine normativen Zielvorstellungen ableiten lassen. So gibt es eine lange ökonomische Tradition, die heute noch in technisch-wirtschaftlichen Kontexten stark verbreitet ist (Elsbernd et al. 2015, S. 69), Bedarfe als Ergebnis objektiverbarer, messbarer Präferenzen zu definieren, die sich in der kaufkräftigen Nachfrage nach bestimmten Wirtschaftsgütern manifestieren (Piekenbrock 2018) – Bedarfsorientierung lässt sich demzufolge auch als Marktorientierung verstehen. Die Innovationsdynamik ökonomischen Triebkräften zu überlassen, ist jedoch gerade nicht, was mit verantwortungsvoller Forschung und Entwicklung (im Sinne oben genannter Ansätze) angestrebt wird. Vielmehr geht es darum, Innovation vorsorglich so zu steuern, dass die angestrebten Ergebnisse

nicht nur im Einklang mit kollektiven Bedarfen, sondern auch gesellschaftlichen Werten sind. Konsequenterweise weisen deshalb sowohl die EU-Kommission als auch das BMBF in ihren jeweiligen Steuerungsansätzen der ethischen Bewertung eine zentrale Rolle im Rahmen der vorausschauenden Gestaltung soziotechnischer Innovationsprozesse zu.

8.2.1 Ethische Bewertung von Pflegerobotern: Probleme und Herausforderungen

„Technik und Innovation in den Rahmen eines expliziten Wertediskurses“ zu stellen (Bogner et al. 2015, S. 12), ist für den Bereich der Pflegerobotik zweifelsohne von besonderer Bedeutung. Wie bei kaum einem anderen Bereich der Servicerobotik treten hier ethische Dilemmata und Spannungen zutage (für einen Überblick vgl. Sharkey und Sharkey 2012a): Auf der einen Seite steht die Pflege aufgrund des demografischen Wandels bekanntlich vor gewaltigen Zukunftsherausforderungen. Durch die fortschreitende Überalterung der Bevölkerung wird mit einer steigenden Zahl von Pflegebedürftigen gerechnet, zugleich nimmt die Zahl der Erwerbstätigen ab, aus denen sich die Pflegekräfte rekrutieren. Der sich bereits heute manifestierende Fachkräftemangel im Bereich der Pflege droht sich laut Prognosen bis 2030 auf Hunderttausende unbesetzter Stellen auszuweiten (Neuber-Pohl 2017), was auch den grundsätzlichen Bedarf an technischer Unterstützung drastisch ansteigen lässt. Der Servicerobotik wird diesbezüglich großes Potenzial zugeschrieben, da sie prinzipiell auch körperliche Tätigkeiten physisch assistieren kann und damit für ein weites Aufgabenspektrum zur Verfügung steht. Ob und inwiefern jedoch robotische Systeme zur Sicherstellung menschenwürdiger Pflege taugen, ist auf der anderen Seite hochumstritten. Denn Fürsorge, Empathie und Zuwendung gelten als essenzielle Bestandteile der Pflegearbeit, die als personenbezogene Dienstleistung technisch nur bedingt substituierbar ist. Befürchtet wird, dass durch die zunehmende Automatisierung von Pflegeprozessen, nicht zuletzt angetrieben durch ökonomische Zwänge, der zwischenmenschliche Kontakt als Kernelement guter Pflege zunehmend erodieren könnte (vgl. Dibelius et al. 2006). Insofern stellt sich die Frage, inwieweit der Kerngedanke der Robotik, nämlich die technische „Ersetzbarkeit menschlicher Handlungen“ (Decker 2013, S. 354), im Bereich der Pflege mit unseren moralischen Maßstäben überhaupt vereinbar ist.

Die Aussicht auf einen verbreiteten Robotereinsatz in der Pflege sorgt entsprechend, und das auch zu Recht, für große moralische Verunsicherung. „Informierung, Orientierung und Aufklärung der entsprechenden Debatten und Entscheidungsprozesse in normativer Hinsicht“ (Grunwald 2013b, S. 239) erscheinen vor diesem Hintergrund als wichtige Voraussetzung dafür, um auf gesellschaftlicher Ebene ethisch verantwortbare Entscheidungen treffen zu können (vgl. Grunwald 2013a, S. 3). Insofern fällt der Technikethik (in diesem Fall speziell dem Teilbereich der Roboterethik, vgl. Loh 2017) eine wichtige gesellschaftliche Orientierungsaufgabe zu. Allerdings hat die Ethik aus

verschiedenen Gründen Mühe, in Problemkonstellationen, wie sie sich aktuell im Bereich der Pflegerobotik abzeichnen, dieser Aufgabe gerecht zu werden:

1. *Unsicherheit der Folgenabschätzung*: Quelle normativer Unsicherheiten und mithin Gegenstand der ethischen Bewertung ist in der Regel nicht die Technik an sich, sondern deren Rolle in konkreten soziotechnischen Handlungszusammenhängen (Grunwald 2013a, S. 4). Dazu gehören wesentlich die intendierten sowie nicht intendierten Folgen, die mit einem Technikeinsatz verbunden sind und deren moralische Implikationen es ethisch zu klären gilt. In Feldern wie der Pflegerobotik, die sich noch in einem sehr frühen Stadium der Entwicklung befinden und deren Anwendungsmöglichkeiten sich folglich erst unscharf abzeichnen, ist diese konsequenzialistische (folgenorientierte) Herangehensweise mit grundlegenden Problemen konfrontiert – schließlich liegen die Technikfolgen noch weitgehend im Dunkeln, womit auch deren ethische Beurteilung weitgehend ins Leere läuft (was jedoch im Grunde ein Problem unzureichenden prognostischen Wissens und keines der normativen Bewertung an sich darstellt). Die Ethik ist in solchen Fällen entweder auf deontologische Argumentationsmuster – also die Bewertung der Handlung selbst, ungeachtet ihrer Konsequenzen – oder die Formulierung hypothetischer Einsatzszenarien zurückgeworfen, wobei letztere jedoch u. a. aufgrund ihrer weitgehend spekulativen Natur angreifbar erscheinen (Abschn. 8.4).
2. *Systemische Effekte*: Die soeben beschriebenen Probleme bei der Folgenbeurteilung verkomplizieren sich weiter dadurch, dass die Einbindung neuer Technologien in die Pflege – wie vorliegende Untersuchungen zeigen (Hielscher et al. 2015; Ruiter et al. 2016) – vielfältige und teils subtile, also schwer vorhersehbare Effekte auf die Pflegearbeit haben kann. Selbst eine so harmlos erscheinende Innovation wie die elektronische Patientenakte schafft neue Sachzwänge, „die das Entscheidungsverhalten der Pflegenden und Ärzte nachhaltig beeinflussen und verändern“ (Manzei 2009, S. 50). Dies dürfte in besonderem Maße für die Pflegerobotik gelten, von der aufgrund ihrer autonomen sowie manipulativen Fähigkeiten besonders weitreichende Folgen (für Pflegehandeln, soziale Interaktionen, berufliche Kompetenzanforderungen etc.) zu erwarten sind. So müssen neben den eigentlichen Arbeitsprozessen nicht selten auch logistische Abläufe sowie das Wohnumfeld angepasst werden, um die autonomen Helfer sinnvoll in die Pflegearbeit einbetten zu können. Die Chancen und Risiken der Pflegerobotik sind deshalb ganzheitlich zu beurteilen: in den Blick zu nehmen ist nicht nur die eigentliche Mensch-Maschine-Interaktion, sondern das Veränderungspotenzial für die soziotechnischen Pflegearrangements insgesamt.
3. *Vielgestaltigkeit der Anwendungen*: Schließlich kommt erschwerend hinzu, dass die Pflegerobotik keinen monolithischen Bereich bildet, sondern in vielfältige Anwendungsbereiche und Anwendungen zerfällt – korrespondierend zu der starken Ausdifferenzierung pflegerischer Dienstleistungsbereiche (siehe oben). Das Spektrum der Einsatzmöglichkeiten reicht von einfachen Handhabungs- und Mobilitätshilfen (Esshilfen, Exoskelette etc.) über sozial-interaktive Therapieroboter wie die Robbe Paro bis hin zu mehr oder weniger komplexen Assistenzrobotern, die wiederum für

sehr unterschiedliche Aufgaben infrage kommen (Gegenstände anreichen, Hebehilfe, Kommunikationsunterstützung etc.). Hinsichtlich Form, Funktion und technischer Komplexität sind diese unterschiedlichen Anwendungen nicht auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen. Es liegt auf der Hand, dass sich die Pflegerobotik demzufolge nicht pauschal beurteilen lässt (was u. a. ein Grund dafür ist, weshalb der nivellierende Begriff der Pflegerobotik unter Experten eher kritisch gesehen wird), sondern nur mit einem differenzierten Blick auf die teils sehr verschiedenen Anwendungstypen und Nutzungskontexte.

Zusammengenommen haben die angesprochenen Schwierigkeiten zur Folge, dass die ethischen Debatten zur Pflegerobotik stark um abstrakte begriffliche und vor allem spekulative Erwägungen kreisen, deren empirische Prämissen häufig diffus bleiben. Was normative Orientierungen angeht, lassen sich aus der ethischen Debatte nur einige sehr grobe Anhaltspunkte ableiten. So spitzen sich die ethischen Probleme zu, je stärker autonome Systeme in die personenbezogene Pflege eingreifen. Weitgehende Einmütigkeit herrscht im ethischen Diskurs dahin gehend, dass das Szenario einer voll automatisierten Pflege aufgrund der zentralen pflegerischen Bedeutung zwischenmenschlicher Interaktion moralisch abzulehnen sei (vgl. z. B. Sparrow und Sparrow 2006). Allerdings entspricht dies in der Regel nicht den Zielsetzungen der Entwicklungen, die ja gerade versprechen, durch Entlastung von mühevollen Tätigkeiten mehr Raum für zwischenmenschliche Begegnungen zu schaffen. Viel interessanter wäre deshalb zu erfahren, wie mit den vielfältigen Ambivalenzen umzugehen ist, die beim Einsatz autonomer Assistenzsysteme auftreten können – wichtige Fragen, die sich besonders bei Demenzpatienten stellen, betreffen beispielsweise den möglichen Täuschungscharakter sozialer Therapieroboter oder den Konflikt zwischen dem Schutz der Privatsphäre auf der einen und sicherheitsbezogenen Fürsorgeansprüchen auf der anderen Seite (etwa im Zuge der technischen Überwachung kognitiv eingeschränkter Personen) (Remmers 2016). Konkrete Handreichungen in Form normativer Standards oder Leitlinien, die dazu differenziert Stellung nehmen, liegen jedoch bislang nur in sehr unspezifischer Form vor (vgl. z. B. Manzeschke et al. 2013).

8.2.2 Upstream engagement als Lösungsansatz?

Die im letzten Abschnitt diskutierten Bewertungsprobleme sind für die Pflegerobotik nicht spezifisch, sondern verweisen auf eine grundlegende Problematik jeglicher vorausschauenden Technikbewertung und -gestaltung: Eine Folgenabschätzung in der Anfangsphase der Technologieentwicklung (*upstream*) ist mit einer höchst unsicheren Bewertungsgrundlage konfrontiert, während diese in späteren Phasen mit zunehmender Marktreife (*downstream*) zwar an Konkretetheit gewinnt, wofür dann aber auch kaum noch auf die Technologieentwicklung Einfluss genommen werden kann. Dieses nach dem britischen Technikforscher David Collingridge (1982) benannte Dilemma wirft die Frage auf, wie *upstream engagement* gelingen kann, wie also zu einem Zeitpunkt auf

technologische Entwicklungspfade eingewirkt werden kann, zu denen sie noch beeinflussbar und ggf. korrigierbar sind. Dies gilt insbesondere für ethisch hochsensible und kontroverse Bereiche wie die Pflegerobotik, in denen nicht intendierte Folgen unter Umständen besonders gravierende Konsequenzen haben können (andere Beispiele sind die Nanotechnologie oder die Biomedizin).

Ein bereits seit längerem etablierter Ansatz in diesem Zusammenhang ist jener der ELSI-Forschung (ELSI steht für *ethical, legal and social implications*), der erstmals im Rahmen des Humangenomprojekts in den 1990er Jahren zur Anwendung kam. Das Ziel klassischer ELSI-Forschung ist es, ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekten im Rahmen interdisziplinärer Begleitforschung auf den Grund zu gehen, um so möglichen negativen Auswirkungen präventiv begegnen können, etwa durch die Schaffung geeigneter regulativer Rahmenbedingungen. Vor allem biotechnologische Forschungsprogramme wurden entsprechend mit komplementären ELSI-Aktivitäten ausgestattet. Im Laufe der Jahre wurde jedoch auch zunehmend Kritik an diesem Ansatz laut, die sich insbesondere an dessen Begleitforschungscharakter festmachte: Als reines wissenschaftliches Add-on öffentlich geförderter Forschungs- und Entwicklungsprogramme seien ELSI-Forschungen in der Regel zu sehr vom eigentlichen Forschungsgeschehen abgekoppelt (und auch finanziell viel zu stark von diesem abhängig), um dieses kritisch hinterfragen, geschweige denn konstruktiv beeinflussen zu können. ELSI laufe so letztendlich Gefahr, „eine Art soziales Schmiermittel für eine möglichst nebenwirkungsfreie und reibungslose Umsetzung von Forschung und Technologie“ (Rehmann-Sutter 2011, S. 55 ff.) zu sein.

RRI und andere verwandte Governanceansätze grenzen sich deshalb mehr oder weniger dezidiert von der ELSI-Begleitforschung klassischen Typs ab.² Statt ethische und soziale Aspekte als externe Einflussfaktoren aufzufassen, also als bloße Rahmenbedingungen der Technikentwicklung, sollen sie als Designfaktoren direkt in die Gestaltung der Technologien einfließen. Erforderlich dafür ist offensichtlich eine Verschränkung ethisch-sozialer mit technisch-konstruktiven Fragen, was wiederum eine enge Kollaboration zwischen ELSI-Forschern und wissenschaftlich-technischen Experten bedingt. Von Begleitforschung im eigentlichen Sinne lässt sich dann nicht mehr sprechen – Ziel ist vielmehr „to increase social-ethical reflexivity within research practices“ (Schomberg 2013, S. 27). Dass die praktische Umsetzung einer solchen „governance from within“ (Fisher et al. 2006) schwierige methodische Fragen aufwirft, liegt auf der Hand. Es sind Disziplinen in einen Austausch zu bringen, die völlig unterschiedlichen Wissenschaftskulturen angehören. Speziell die von einer distanzierend-reflexiven Haltung geprägte Ethik ist herausgefordert, sich auf konkrete technische Fragen und den engen Dialog mit empirisch arbeitenden Disziplinen einzulassen (vgl. Stahl und Coeckelbergh 2016). Die Erwartungen an eine ethische Gestaltung

²Zu bemerken ist allerdings, dass die Abgrenzung zwischen der „klassischen“ ELSI-Forschung und der sogenannten Post-ELSI-Forschung alles andere als scharf ist, umso mehr, als auch die ELSI-Ansätze im Laufe der Zeit deutlich weiterentwickelt wurden, vgl. Rehmann-Sutter (2011).

der Technikentwicklung sollten deshalb auch nicht allzu hochgeschraubt werden, wie die Erfahrungen aus dem Bereich der Nanotechnologie zeigen (vgl. Grunwald 2015).

Im Rahmen der angewandten Ethik sind erste Methoden entwickelt worden, die es ermöglichen sollen, ethische Problemstellen emergierender Technologien im Entwicklungsprozess systematisch offenzulegen und bearbeitbar zu machen. Ein Beispiel dafür ist das vom BMBF initiierte MEESTAR-Modell („Modell zur ethischen Evaluation sozio-technischer Arrangements“, vgl. Manzeschke et al. 2013), das speziell auf neue Technologien im Pflegebereich fokussiert ist.³ MEESTAR bietet einen strukturierenden Rahmen „zur Reflexion und Evaluation konkreter ethischer Fragen und ihrer angemessenen Berücksichtigung im Forschungs-, Entwicklungs- und Anwendungsbereich“ innovativer Pflegetechnologien (Manzeschke 2014, S. 11). Im Zentrum stehen sieben ethische Dimensionen (Fürsorge, Autonomie, Sicherheit, Privatheit, Gerechtigkeit, Teilhabe, Selbstverständnis), deren ethische Bedenklichkeit (von völlig unproblematisch bis nicht akzeptabel) es mit Blick auf drei Ebenen (individuell, organisational, gesellschaftlich) einzustufen gilt. Idealerweise geschieht dies im Rahmen eines mehrtägigen interdisziplinären Workshops, in dem diese Aspekte mit konkretem Blick auf eine zu entwickelnde Technologie zu analysieren und zu diskutieren sind.

Das Ziel ist, dass sich die Projektbeteiligten „ein gemeinsames Bild von der Anwendung“ verschaffen und „zu einem gemeinsamen ethisch begründeten Urteil gelangen, ob und welche Aspekte ihres Projektes einer besonderen Aufmerksamkeit bedürfen“ und wie Lösungsansätze aussehen könnten (Manzeschke 2014; zum konkreten Ablauf vgl. Manzeschke 2015). Das Ziel ist jedoch explizit nicht, zu einer „generellen und eindeutigen Bewertung“ einer bestimmten Anwendung zu kommen. MEESTAR ist damit vor allem als ein Verfahren zu sehen, „potenzielle Konflikte zu explizieren und Anregung zur Abwägung unterschiedlicher Ansprüche und Interessen zu geben“ (Weber 2015, S. 259). Zentraler normativer Maßstab ist dabei weniger die fachethische Expertise, sondern die Perspektive der an der Entwicklung, dem Einsatz und der Nutzung beteiligten Personen, die natürlich kontrovers und damit aushandlungsbedürftig ist. Der Ethik als Fachdisziplin kommt daher eher die Rolle eines Vermittlers oder Konfliktmoderators als die eines Schiedsrichters zu, womit sich eine These des Wissenschaftssoziologen Alexander Bogner exemplarisch zu bestätigen scheint. Bogner weist darauf hin, dass mit der Ethisierung der Governance – also der wachsenden Bedeutung der Ethik zur Problematisierung von Wissenschafts- und Technikkonflikten – ein grundlegender „Formwandel der Expertise“ einhergeht, der paradoxerweise mit der Abwertung der fachethischen Expertise und gleichzeitig der Aufwertung von deliberativen, partizipativen Verfahren als Legitimationsressource verbunden ist (Bogner 2011). „In diesem Sinne lässt sich Ethisierung als diskursive Entsprechung einer Governance verstehen, die auf Deliberation, Beteiligung und Prozeduralisierung setzt“ (Bogner 2011).

³Vergleichbare Ansätze, die ebenfalls erst rudimentär ausgearbeitet sind, stammen von van Wynsberghe (2013) sowie Stahl und Coeckelbergh (2016).

RRI ist dafür zweifelsohne ein herausragendes Beispiel, insofern die Ethik hierbei als zentrale „Triebkraft der Technikentwicklung“ fungieren soll (Bogner et al. 2015, S. 12). Das heißt aber gerade nicht, dass Technology Governance exklusiv in die Hände von professionellen Ethikern sowie anderer Experten gelegt würde. Vielmehr ist die ethische Reflexion von Forschungs- und Innovationsprozessen im Sinne des RRI-Ansatzes auf die möglichst breite Beteiligung und Mitwirkung von Stakeholdern (*public engagement*) sowie den öffentlichen Diskurs angewiesen, da die Gesellschaft letztlich die einzige legitime Instanz ist, die über die gesellschaftliche Wünschbarkeit einer Entwicklung befinden kann. Insofern ist ein wichtiger Aspekt von RRI, die widerstreitenden Interessen, Ziele und Wertvorstellungen von Akteuren deliberativ offenzulegen, um auf dieser Basis einen kollektiven Reflexionsprozess über wünschenswerte Ziele in Gang setzen zu können (vgl. Lindner et al. 2016, S. 13 f.). Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass „gesellschaftliche Reflexions- und Kritikkapazitäten“ eine wesentliche Ressource antizipativer Governance sind. Was Wehling (2010) hier für Enhancement-Technologien festgestellt hat, gilt zweifelsohne auch für die Pflegerobotik. Mit Blick auf deren verantwortungsvolle Entwicklung ist folglich festzuhalten, dass neben der bedarfsorientierten Ausrichtung von Forschung und Entwicklung sowie der Berücksichtigung designethischer Fragen auch die diskursiven Rahmenbedingungen von ausschlaggebender Bedeutung sind. Zu reflektieren ist insbesondere, ob neben robotischen auch nichttechnische Lösungen der Pflegeprobleme infrage kommen oder evtl. gar angemessener sind, und letztlich, inwieweit eine Technisierung der Pflegesituation überhaupt zulässig sein soll. Wird Forschung und Innovation zu innovativen Pflegetechnologien nicht entsprechend in einen breiten gesellschaftlichen Diskurs eingebettet, droht angesichts handfester wirtschaftlicher Sachzwänge und Interessen eine implizite und vorschnelle Festlegung auf bestimmte technologische Entwicklungspfade, was offensichtlich wenig verantwortungsvoll wäre.

8.3 Mit Robotern gegen den Pflegenotstand? Politische und diskursive Aspekte

Bereits heute gelten die personellen Bedingungen in der Pflegeversorgung in Deutschland als äußerst prekär, und aufgrund der demografischen Alterung der Bevölkerung ist eine weitere Verschärfung der Situation zu erwarten. Seit einigen Jahren versucht die Bundesregierung deshalb, mit anhaltenden institutionellen Reformen eine finanzielle sowie personelle Schiefelage des umlagefinanzierten Pflegesystems abzuwenden und Pflege „demografiefest“ zu gestalten.⁴ Trotz dieser umfassenden Maßnahmen gilt als

⁴So wurden in den letzten Jahren mit den sogenannten Pflegestärkungsgesetzen ein Pflegevorsorgefonds eingerichtet, der Pflegebedürftigkeitsbegriff neu definiert (um auch geistige und seelische Beeinträchtigungen besser berücksichtigen zu können) sowie die Beitragssätze zur Pflegeversicherung erhöht (vgl. <http://www.pflegestaerkungsgesetz.de>). Parallel wird durch eine Pflegeberufereform auch die Pflegeausbildung ganz neu organisiert.

sicher, dass die Pflege auch zukünftig ein „Politikfeld mit stetigem Reformbedarf“ bleiben wird (Rothgang et al. 2015, S. 10). Insofern vermag nicht zu erstaunen, dass nicht nur in Japan, das diesbezüglich als Vorreiter gilt, sondern auch in Deutschland verstärkt Hoffnungen darin gesetzt werden, mittels innovativer Pflegetechnologien die zunehmend angespannte Personalsituation in der Pflege abfedern zu können.

So hat etwa das BMBF erklärt, dass innovative Lösungen gebraucht werden, um „eine bedarfsgerechte und qualitätsvolle Pflege sicherstellen“ zu können. Außerdem solle Deutschland als „Leitanbieter“ im Markt der Pflegetechnologien etabliert werden (BMBF 2015, S. 19). Auch im Koalitionsvertrag von 2013 heißt es, dass „die Entwicklung von Angeboten altersgerechter Begleitung und technischer Unterstützungssysteme“ weiter gefördert werden solle, damit „ältere und pflegebedürftige Menschen ihren Alltag in der eigenen Wohnung weitgehend selbstbestimmt bewältigen können“ (CDU et al. 2013, S. 84). Im Fokus der deutschen Politik standen diesbezüglich bislang vornehmlich die sogenannten altersgerechten Assistenzsysteme – also intelligente, vernetzte Sensorsysteme (z. B. zur Kommunikation, zur Sturzerkennung oder zum Monitoring von Vitalparametern), auch als Ambient Assisted Living (AAL) bezeichnet –, die seit über zehn Jahren mit verschiedenen Programmen und Maßnahmen strategisch gefördert werden. In den letzten Jahren ist jedoch zu beobachten, dass im Rahmen des BMBF-Forschungsprogramms „Technik zum Menschen bringen“ (BMBF 2015) die Förderaktivitäten zunehmend auf die Pflegerobotik ausgeweitet werden (auch wenn bislang noch eine klare, übergreifende Entwicklungsstrategie zu fehlen scheint, vgl. Kehl 2018, S. 187 ff.). Diese Akzentverschiebung liegt nahe, denn im Unterschied zu AAL-Systemen verfügen Serviceroboter über die Fähigkeit, auch auf physischer Ebene mit Menschen zu interagieren, womit sich deutlich weitreichendere Unterstützungsmöglichkeiten eröffnen als durch die rein virtuell agierenden AAL-Systeme.

Problematisch erscheint allerdings, dass die normativen Herausforderungen, die mit dieser Entwicklung zusammenhängen, auf politischer wie auch gesellschaftlicher Ebene bislang kaum systematisch diskutiert werden. Zwar häufen sich die Medienberichte, die über vereinzelte Entwicklungserfolge (gerne mit Blick auf das fortschrittliche Japan) und mögliche Anwendungsszenarien der Robotik in der Pflege berichten. Das Bild, das dabei von der Robotik und ihren pflegerischen Anwendungsmöglichkeiten gezeichnet wird, ist in der Regel jedoch wenig differenziert, teilweise plakativ und meist stark visionär geprägt. Diskursiver Anknüpfungspunkt ist insbesondere das einflussreiche Leitbild des „artificial companion“ (das übrigens auch in Entwicklerkreisen stark propagiert wird, wie die Pressemeldung des Fraunhofer IPA (2015) zur Lancierung von Care-O-bot 4 zeigt; vgl. auch Krings et al. 2012, S. 41 f.). So wird etwa Care-O-bot, ungeachtet seines prototypischen Entwicklungsstandes, in den Medien gerne als „Universalgenie“ dargestellt, das Getränke servieren, den Tisch decken, Medikamente holen und die Blumen gießen kann (Ringelsiep und Aufmkolk o. J.). Auf diese Weise werden Erwartungen und Vorstellungen geweckt, die weit darüber hinausgehen, was derzeit und auch auf weitere Sicht technisch machbar erscheint. Der humanoide Roboter, der Pflegetätigkeiten direkt am Menschen übernimmt, ist eine ebenso gängige wie wirkmächtige Vision, die

in Science-Fiction-Filmen wie „Robot & Frank“ öffentlichkeitswirksam ihren Ausdruck gefunden hat. Die öffentliche Wahrnehmung der Pflegerobotik knüpft damit zum einen an die kulturhistorisch äußerst einflussreiche Figur des Maschinenmenschen an, welche die Entwicklung der Robotik seit jeher geprägt und begleitet hat, sowie zum anderen an neuere Debatten zur maschinellen Superintelligenz, die in transhumanistisch-technik-futuristischen Zirkeln ihren Ausgang genommen hat (vgl. dazu vertiefend Kehl und Coenen 2016, S. 29 ff.).

Eine Folge von all dem ist, dass die öffentliche Diskussion zu den Implikationen der Pflegerobotik hierzulande in stark polarisierter Form geführt wird: Auf der einen Seite gibt es verbreitete Befürchtungen, dass sich Pflege in Deutschland in nicht allzu ferner Zukunft voll automatisiert, also weitgehend maschinell und ohne menschliches Zutun abspielen könnte (z. B. Stösser 2011). Auf der anderen Seite wird argumentiert, dass „Robotik dem aufkommenden Pflegenotstand erfolgreich entgegenwirken“ wird und entsprechende Systeme „in wenigen Jahren [...] aus dem Pflegealltag nicht mehr wegzudenken sein“ werden (z. B. Stiftung Neue Verantwortung 2013). Eine sachliche Auseinandersetzung zu den Potenzialen und Grenzen der Pflegerobotik ist auf Basis derartiger Heils- und Schreckensvisionen schwerlich führbar.

Diese diskursive Gemengelage ist umso kritischer zu sehen, als gleichzeitig, weitgehend unbemerkt von der Öffentlichkeit, bereits politische Weichenstellungen vorgenommen werden, die einen zukünftigen Einsatz dieser Systeme zumindest wahrscheinlicher machen. Dazu gehört die jüngste Neudefinition des Pflegebedürftigkeitsbegriffs (im Rahmen des Pflegestärkungsgesetzes II, gültig seit 1. Januar 2017), die – um kognitiv und psychisch eingeschränkten Personen besser gerecht werden zu können – den Selbstständigkeitsgrad zum zentralen Maßstab für Pflegebedürftigkeit macht (statt dem Hilfebedarf in Minuten). Demnach ist bei der Beurteilung der Selbstständigkeit auch die „Nutzung von Hilfsmitteln“ zu berücksichtigen (vgl. Medizinischer Dienst des Spitzenverbandes Bund der Krankenkassen 2017, S. 37), was laut Arne Manzeschke (2015, S. 266) perspektivisch dazu führen könnte, dass „immer mehr Aktivitäten des täglichen Lebens von Pflegebedürftigen durch technische Assistenz unterstützt werden und so das Maß an personaler Hilfe verringert wird“. Parallel dazu wird – wie oben beschrieben – die Forschung und Entwicklung zu innovativen Pflorgetechnologien politisch vorangetrieben. Auch wenn dabei zunehmend auf eine bedarfsorientierte Vorgehensweise geachtet wird, so lässt sich zumindest für Deutschland sagen, dass die entsprechenden partizipativen Aktivitäten noch auf die Ebene der Technikentwicklung beschränkt sind – mit der Konsequenz, dass auf Ebene einzelner Forschungsprogramme zwar das Wie des Technikeinsatzes reflektiert wird, eine übergreifende gesellschaftliche Erörterung des Ob aber bislang ausgeblieben ist. Was fehlt, ist ein breiter gesellschaftlicher Austausch über wünschenswerte Forschungs- und Entwicklungsziele.

8.4 Schluss: Die ambivalente Rolle der Ethik

Es stellt sich die Frage, inwiefern die philosophische Ethik ihrer Orientierungsfunktion nachzukommen und zu einer Versachlichung und Neuorientierung der öffentlichen Debatte beizutragen vermag. Immerhin ist die Pflegerobotik inzwischen seit über 10 Jahren Gegenstand intensiver fachethischer Reflexion. Anders als die Nano-Ethik, der es nach Meinung von Grunwald (2015) im Laufe der 2000er Jahre gelungen ist, auf eine „Normalisierung“, also realistischere öffentliche Wahrnehmung der Nanotechnologie hinzuwirken, erweist sich die ethische Debatte zur Pflegerobotik allerdings selber noch weitgehend spekulativem Denken verhaftet. Dies hat nicht nur mit dem philosophischen Hang zu Gedankenspielen zu tun, sondern ganz wesentlich auch mit der mangelnden Verbreitung marktreifer Systeme und dem folglich noch äußerst unsicheren Folgenwissen (Abschn. 8.2.1). Fast notgedrungen sieht sich die philosophische Ethik dadurch, es wurde bereits angesprochen, auf die Diskussion futuristischer Extremszenarien zurückgeworfen, wobei die umfassende Substitution menschlicher Pflegekräfte durch sozial agierende „Pflegeroboter“ (im wahren Sinne des Wortes) ein Fixpunkt der ethischen Debatte darstellt. Beispielhaft sei hier auf den fast schon klassisch zu nennenden Text von Sparrow und Sparrow (2006) mit dem vielsagenden Titel „In the hands of machines“ verwiesen, in dem die Pflege der Zukunft folgendermaßen ausgemalt wird: „[W]e imagine a future aged-care facility where robots reign supreme. In this facility people are washed by robots, fed by robots, monitored by robots, cared for and entertained by robots. Except for their family or community service workers, those within this facility never need to deal or talk with a human being who is not also a resident“ (Sparrow und Sparrow 2006, S. 152).

Ähnlich geartete „doom scenarios“ (Coeckelbergh 2016) dienen in ethischen Texten regelmäßig als normative Hintergrundfolie zur Beurteilung möglicher ethischer Implikationen der Pflegerobotik (vgl. z. B. Sparrow 2015; Sharkey und Sharkey 2012b; Borenstein und Pearson 2010) – und zwar ungeachtet dessen, dass zum jetzigen Zeitpunkt völlig unklar ist, ob und wann sich diese weitreichenden Automatisierungsvisionen (resp. die dafür erforderlichen komplexen sozialen Roboter) realisieren lassen. Auf die problematischen Aspekte einer solchen „spekulativen Ethik“ hat Nordmann (2007) bereits im Kontext nanoethischer Debatten hingewiesen: Es werden Visionen technischer Zukünfte ausgemalt und in einer quasi-deterministischen Zwangsläufigkeit entfaltet, deren Relevanz bei genauerem Hinsehen zumindest fragwürdig erscheint. Reale Herausforderungen, die sich vor allem auf die Gestaltung der technologischen Entwicklung beziehen, geraten dabei aus dem Blickfeld. Damit werden nicht zuletzt auch in der Öffentlichkeit falsche Erwartungen geweckt und wird ein Bild der Pflegerobotik und ihrer Leistungsfähigkeit gezeichnet, das nicht der Realität entspricht.

Zweifelsohne ist die philosophische Beschäftigung mit den erwähnten Szenarien nicht völlig abwegig. So kann sie dabei helfen, begriffliche Grundfragen zu klären und auf normative Grundprobleme aufmerksam zu machen (Grunwald 2010). Im Sinne angewandter Ethik jedoch lässt sich daraus kaum konkretes Handlungs- und Orientierungswissen ableiten, wie es etwa für die Gestaltung neuer oder den Einsatz bestehender Pflegeroboter

benötigt wird. Symptomatisch ist, dass die entworfenen Anwendungsszenarien ein unterkomplexes Bild der Pflege zeichnen, insofern durch die Fokussierung auf die sozial isolierenden Effekte der Technologie die komplexen soziotechnischen Zusammenhänge der Pflegeinteraktion systematisch unterbelichtet bleiben. Verschiedene Autoren haben deshalb von der Ethik gefordert, ihre Analysen zur Pflegerobotik weniger auf abstrakte Spekulationen zu stützen, sondern stärker am tatsächlichen Gebrauch der Technologien auszurichten (Nylander et al. 2012) und vor allem die dynamischen Wechselwirkungen zwischen Technik und sozialen Nutzungskontexten nicht außer Acht zu lassen (Misselhorn et al. 2013). „Ethics is a journey, and new technologies influence the story“ (Coeckelbergh 2016).

Die Rolle der Ethik im Rahmen antizipativer Governance der Pflegerobotik ist folglich ambivalent: Ohne ethische Orientierung ist die bedarfsorientierte und vor allem verantwortungsvolle Gestaltung der Technologien nicht denkbar, zu beobachten ist jedoch die paradoxe Konsequenz, dass gerade die professionelle ethische Expertise im Zuge der aktuellen Ethisierungsbestrebungen an Relevanz und Einfluss verliert. So wird ethische Reflexion im Rahmen von RRI und verwandten Governanceansätzen einerseits zunehmend prozedural organisiert und partizipativ an fachfremde Akteure delegiert (*public upstream engagement*). Dem öffentlichen Diskurs kommt unter diesen Umständen wie gezeigt besondere Bedeutung zu. Gerade diesbezüglich erweist sich die Fachethik andererseits jedoch nur bedingt hilfreich, insofern sie durch ihre teils spekulative Ausrichtung wenig dazu beiträgt, die tendenziell verzerrte öffentliche Wahrnehmung der Pflegerobotik geradezurücken und sachliche Debatten anzuregen – eher im Gegenteil.

Schließlich offenbart sich hier ein grundlegendes Dilemma des Rufs nach einer verantwortungsvollen Technikgestaltung: Je früher interveniert werden soll, desto unschärfer zeichnen sich die Anwendungsmöglichkeiten, Chancen und Risiken ab, was sachlichen Debatten den Boden entzieht und visionären Spekulationen aller Art Tür und Tor öffnet. Diesen Gap zu überwinden, ist jedoch keine ethische, sondern letztlich eine politische Aufgabe. Klar ist: Die konsequente Förderung bedarfsgerechter Technikentwicklungen allein ist für eine vorausschauende Gestaltung guter Pflege nicht ausreichend. Was es darüber hinaus braucht, ist eine möglichst breit geführte und ergebnisoffene Auseinandersetzung darüber, was wünschenswerte Entwicklungen sind und welche Rolle Automatisierungslösungen im Gesamtkontext der Pflege zukommen soll. Eine solche Debatte findet derzeit weder auf politischer noch auf gesellschaftlicher Ebene statt, wofür nicht zuletzt eine mangelhafte Informationsbasis und teilweise irreführende Technikbilder verantwortlich sind. Zu wünschen wäre deshalb, dass verstärkt Leuchtturmvorhaben gefördert werden, die sinnvoll erscheinende Pilotapplikationen frühzeitig in die Praxis überführen (vgl. Kehl 2018, S. 205 ff.). Solche „Leuchttürme“ könnten als geschützte Experimentier- und Lernräume fungieren und Pflegeroboter damit nicht nur für die Allgemeinheit anschaulich erfahrbar, sondern auch für die Folgenforschung – insbesondere praxisorientierte ethische Analysen – zugänglich machen.

Literatur

- BMBF. (2015). Technik zum Menschen bringen; Forschungsprogramm zur Mensch-Technik-Interaktion. https://www.bmbf.de/pub/Technik_zum_Menschen_bringen_Forschungsprogramm.pdf. Zugegriffen: 30. Nov. 2015.
- Bogner, A. (2011). *Die Ethisierung von Technikkonflikten; Studien zum Geltungswandel des Dis-senses*. Weilerswist: Velbrück Wiss.
- Bogner, A., Decker, M., & Sotoudeh, M. (2015). Technikfolgenabschätzung und „Responsible Innovation“. In A. Bogner, M. Decker, & M. Sotoudeh (Hrsg.), *Responsible Innovation. Neue Impulse für die Technikfolgenabschätzung?* (S. 11–15). Baden-Baden: edition sigma.
- Borenstein, J., & Pearson, Y. (2010). Robot caregivers: Harbingers of expanded freedom for all? *Ethics and Information Technology*, 12, 277–288. <https://doi.org/10.1007/s10676-010-9236-4>.
- Bundesregierung. (2016). Siebter Bericht zur Lage der älteren Generation in der Bundesrepublik Deutschland; Sorge und Mitverantwortung in der Kommune – Aufbau und Sicherung zukunftsfähiger Gemeinschaften und Stellungnahme der Bundesregierung. http://www.demografie-portal.de/SharedDocs/Downloads/DE/BerichteKonzepte/Bund/Siebter-Altenbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=2. Zugegriffen: 03. Sept. 2018.
- CDU, CSU, & SPD. (2013). Deutschlands Zukunft gestalten; Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2013/2013-12-17-koalitionsvertrag.pdf?__blob=publicationFile. Zugegriffen: 03. Sept. 2018.
- Coeckelbergh, M. (2016). Care robots and the future of ICT-mediated elderly care; A response to doom scenarios. *AI & Society*, 31, 455–462. <https://doi.org/10.1007/s00146-015-0626-3>.
- Collingridge, D. (1982). *The social control of technology*. London: Pinter.
- Decker, M. (2013). Robotik. In A. Grunwald (Hrsg.), *Handbuch Technikethik*. Stuttgart: Metzler.
- Decker, M., & Weinberger, N. (2015). Was sollen wir wollen – Möglichkeiten und Grenzen der bedarfsorientierten Technikentwicklung. In R. Weidner, T. Redlich, & J. P. Wulfsberg (Hrsg.), *Technische Unterstützungssysteme* (S. 19–29). Berlin: Springer.
- Derpmann, S., & Compagna, D. (2009). *Verfahren partizipativer Technikentwicklung*. Working Papers kultur- und techniksoziologische Studien (S. 1–33). Duisburg: Universität Duisburg-Essen.
- Dibelius, O., Uzarewicz, C., & Tesch-Römer, C. (2006). *Pflege von Menschen höherer Lebensalter*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Elsbernd, A., Lehmeyer, M. S., Schilling, M. U., Warendorf, K., & Wu, M. S. J. (2014). Bedarfsgerechte technikgestützte Pflege in Baden-Württemberg-Technologien und Dienstleistungen für ein selbstbestimmtes Leben im Alter.
- Elsbernd, A., Lehmeyer, S., & Schillingen, U. (2015). Pflege und Technik–Herausforderungen an ein interdisziplinäres Forschungsfeld. *Pflege & Gesellschaft*, 20, 67–76.
- Evans, J. M. (1994). HelpMate: An autonomous mobile robot courier for hospitals IROS '94. Proceedings of the IEEE/RSJ/GI international conference on intelligent robots and systems. Institute of Electrical and Electronics Engineers; Available from IEEE Service Center, New York, Piscataway, S. 1695–1700.
- Fisher, E., Mahajan, R. L., & Mitcham, C. (2006). Midstream Modulation of Technology: Governance from within. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 26, 485–496. <https://doi.org/10.1177/0270467606295402>.
- Fraunhofer, IPA. (2015). Presseinformation: Roboter als vielseitiger Gentleman, Stuttgart. http://www.ipa.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2015-01-15_roboter-als-vielseitiger-gentleman.html. Zugegriffen: 03. Sept. 2018.

- Görres, S., & Friesacher, H. (2005). Der Beitrag der Soziologie für die Pflegewissenschaft, Pflegetheorien und Pflegeemodelle. In K. R. Schroeter & T. Rosenthal (Hrsg.), *Soziologie der Pflege. Grundlagen, Wissensbestände und Perspektiven*. Weinheim: Juventa-Verl.
- Grunwald, A. (2010). From speculative nanoethics to explorative philosophy of nanotechnology. *Nanoethics*, 4, 91–101.
- Grunwald, A. (2013a). Einleitung. In A. Grunwald (Hrsg.), *Handbuch Technikethik* (S. 1–11). Stuttgart: Metzler.
- Grunwald, A. (2013b). Ethische Aufklärung statt Moralisierung. Zur reflexiven Befassung der Technikfolgenabschätzung mit normativen Fragen. In A. Bogner (Hrsg.), *Ethisierung der Technik – Technisierung der Ethik. Der Ethik-Boom im Lichte der Wissenschafts- und Technikforschung* (S. 232–246). Baden-Baden: Nomos.
- Grunwald, A. (2015). Fünfzehn Jahre Ethik zur Nanotechnologie – was wurde bewirkt? In M. Maring (Hrsg.), *Vom Praktisch-Werden der Ethik in interdisziplinärer Sicht: Ansätze und Beispiele der Institutionalisierung, Konkretisierung und Implementierung der Ethik* (S. 281–297). Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.
- Hielscher, V., Nock, L., & Kirchen-Peters, S. (2015). *Technikeinsatz in der Altenpflege; Potenziale und Probleme in empirischer Perspektive*. Baden-Baden: Nomos.
- Hülken-Giesler, M. (2008). *Der Zugang zum Anderen; Zur theoretischen Rekonstruktion von Professionalisierungsstrategien pflegerischen Handelns im Spannungsfeld von Mimesis und Maschinenlogik*. Göttingen: V & R Unipress.
- Kehl, C., & Coenen, C. (2016). *Technologien und Visionen der Mensch-Maschine-Entgrenzung; Sachstandsbericht zum TA-Projekt „Mensch-Maschine-Entgrenzungen: zwischen künstlicher Intelligenz und Human Enhancement“*. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab167.pdf>. Zugegriffen: 03. Sept. 2018.
- Kehl, C. (2018). *Robotik und assistive Neurotechnologien in der Pflege –gesellschaftliche Herausforderungen*. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab177.pdf>. Zugegriffen: 03. Sept. 2018.
- Krings, B.-J., Fleischer, T., Schippel, J., & Weinberger, N. (2012). ITA-Monitoring „Serviceroboter in Pflegearrangements“; Pre-Print: 4.12.2012. <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2012/epp/krua12-pre01.pdf>. Zugegriffen: 07. Jan. 2016.
- Lindner, R., Goos, K., Güth, S., Som, O., & Schröder, T. (2016). „Responsible Research and Innovation“ als Ansatz für die Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik – Hintergründe und Entwicklungen. Berlin: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.
- Loh, J. (2017). Roboterethik. Über eine noch junge Bereichsethik. *Information Philosophie*, 1, 20–33.
- Manzei, A. (2009). Neue betriebswirtschaftliche Steuerungsformen im Krankenhaus: wie durch die Digitalisierung der Medizin ökonomische Sacktwänge in der Pflegepraxis entstehen. *Pflege und Gesellschaft*, 14, 38–53.
- Manzeschke, A. (2014). Ethische Herausforderungen technologischen Wandels. *Informationsdienst Altersfragen*, 41, 10–18.
- Manzeschke, A. (2015). MEESTAR: Ein Modell angewandter Ethik im Bereich assistiver Technologien. In K. Weber (Hrsg.), *Technisierung des Alltags. Beitrag für ein gutes Leben?* Stuttgart: Steiner.
- Manzeschke, A., Weber, K., Rother, E., & Fangerau, H. (2013). Ergebnisse der Studie «Ethische Fragen im Bereich Altersgerechter Assistenzsysteme». <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/dateien/service/broschuere-ethische-fragen-altersgerechte-assistenzsysteme.pdf/download>. Zugegriffen: 03. Sept. 2018.
- Medizinischer Dienst des Spitzenverbandes Bund der Krankenkassen. (2017). Richtlinien des GKV-Spitzenverbandes zur Feststellung der Pflegebedürftigkeit nach dem XI. Buch des Sozial-

- gesetzbuches. https://www.mds-ev.de/fileadmin/dokumente/Publikationen/SPV/Begutachtungsgrundlagen/17-07-17_BRi_Pflege.pdf. Zugegriffen: 03. Sept. 2018.
- Misselhorn, C., Pompe, U., & Stapleton, M. (2013). Ethical considerations regarding the use of social robots in the fourth age. *GeroPsych: The Journal of Gerontopsychology and Geriatric Psychiatry*, 26, 121–133.
- Neuber-Pohl, C. (2017). Das Pflege- und Gesundheitspersonal wird knapper. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 46, 4–5.
- Nordmann, A. (2007). If and then: A critique of speculative nanoethics. *Nanoethics*, 1, 31–46. <https://doi.org/10.1007/s11569-007-0007-6>.
- Nylander, S., Ljungblad, S., & Jimenez Villareal, J. (2012). A complementing approach for identifying ethical issues in care robotics – grounding ethics in practical use. 2012 IEEE RO-MAN: the 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. Paris, France, 9–13 September 2012. IEEE, Piscataway, S. 797–802.
- Östlund, B., & Frennert, S. (2014). Seven matters of concern of social robotics and older people. *International Journal of Social Robotics*, 6, 299–310.
- Piekenbrock, D. (2018). Bedarf. In *Gabler Wirtschaftslexikon*. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/bedarf-28254>. Zugegriffen: 11. Mai 2018.
- Rehmann-Sutter, C. (2011). Gesellschaftliche, rechtliche und ethische Implikationen der Biomedizin; Zu der Rolle und den Aufgaben von ELSI-Begleitforschung. In S. Dickel, M. Franzen, & C. Kehl (Hrsg.), *Herausforderung Biomedizin. Gesellschaftliche Deutung und soziale Praxis* (S. 49–66). Bielefeld: Transcript.
- Remmers, H. (2016). Ethische Implikationen der Nutzung altersgerechter technischer Assistenzsysteme; Expertise zum Siebten Altenbericht der Bundesregierung. https://www.siebter-altenbericht.de/fileadmin/altenbericht/pdf/Expertise_Remmers.pdf. Zugegriffen: 03. Sept. 2018.
- Ringelsiep, M., & Aufmkolk, T. (o.J.). Care-O-bot – Pfleger aus Stahl. https://www.planet-wissen.de/technik/computer_und_roboter/roboter_mechanische_helfer/pwiecareobotpflegerausstahl100.html. Zugegriffen: 03. Sept. 2018.
- Rothgang, H., Kalwitzki, T., Müller, R., Runte, R., & Unger, R. (2015). BARMER GEK Pflege-report 2015; Schwerpunktthema: Pflegen zu Hause. <https://www.barmer.de/blob/36042/73f4ded2ea20652834aeedbb7c2bc16a/data/pdf-barmer-gek-pflegereport-2015.pdf>. Zugegriffen: 03. Sept. 2018.
- Ruiter, H-P. de., Liaschenko, J., & Angus, J. (2016). Problems with the electronic health record. *Nursing Philosophy : An International Journal for Healthcare Professionals*, 17, 49–58. <https://doi.org/10.1111/nup.12112>.
- Sharkey, A., & Sharkey, N. (2012a). Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics Inf Technol*, 14, 27–40. <https://doi.org/10.1007/s10676-010-9234-6>.
- Sharkey, N., & Sharke, A. (2012b). The eldercare factory. *Gerontology*, 58, 282–288. <https://doi.org/10.1159/000329483>.
- Shibata, T. (2012). Therapeutic seal robot as biofeedback medical device: Qualitative and quantitative evaluations of robot therapy in dementia care. *Proceedings of the IEEE*, 100, 2527–2538.
- Sparrow, R. (2015). Robots in aged care; A dystopian future? *AI & Society*. <https://doi.org/10.1007/s00146-015-0625-4>.
- Sparrow, R., & Sparrow, L. (2006). In the hands of machines?; the future of aged care. *Minds & Machines*, 16, 141–161. <https://doi.org/10.1007/s11023-006-9030-6>.
- Stahl, BC., & Coeckelbergh, M. (2016). Ethics of healthcare robotics; Towards responsible research and innovation. *Robotics and Autonomous Systems*, 86, 152–161.
- Stiftung Neue Verantwortung. (2013). Mit Robotern gegen den Pflegenotstand; Policy Brief. <http://www.ndws.de/wp-content/uploads/2015/02/Beck2013MRG.pdf>. Zugegriffen: 25. Sept. 2015.
- Stösser, Av. (2011). Roboter als Lösung für den Pflegenotstand?; Ethische Fragen. *ARCHIV für Wissenschaft und Praxis der sozialen Arbeit*, 3, 99–107.

- Sutcliffe, H. (2013). A report on responsible research & innovation. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/rri-report-hilary-sutcliffe_en.pdf. Zugegriffen: 05. Dez. 2017.
- Topping, M. (2000). An overview of the development of Handy 1, a Rehabilitation robot to assist the severely disabled. *Artificial Life and Robotics*, 4, 188–192. <https://doi.org/10.1007/bf02481173>.
- van Wynsberghe, A. (2013). Designing robots for care: Care centered value-sensitive design. *Science and Engineering ethics*, 19, 407–433. <https://doi.org/10.1007/s11948-011-9343-6>.
- Von Schomberg, R. (2013). A vision of responsible research and innovation. In R. Owen, J. Besant, & M. Heintz (Hrsg.), *Responsible innovation. Managing the responsible emergence of science and innovation in society*. London: Wiley.
- Weber, K. (2015). MEESTAR: Ein Modell zur ethischen Evaluierung sozio-technischer Arrangements in der Pflege- und Gesundheitsversorgung. In K. Weber (Hrsg.), *Technisierung des Alltags. Beitrag für ein gutes Leben?* Stuttgart: Steiner.
- Wehling, P., (2010). „Anticipatory Governance“ von Technisierungsprojekten?; Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel von Enhancement-Technologien. In G. Aichholzer, A. Bora, S. Bröchler, M. Decker, & M. Latzer (Hrsg.), *Technology Governance. Der Beitrag der Technikfolgenabschätzung* (S. 155–162). Berlin: sigma.
- Weinberger, N., & Decker, M. (2015). Technische Unterstützung für Menschen mit Demenz?: Zur Notwendigkeit einer bedarfsorientierten Technikentwicklung. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, 24, 36–45.

Dr. Christoph Kehl studierte Umweltnaturwissenschaften (ETH Zürich) und Philosophie (FU Berlin) und promovierte im Bereich der Wissenschafts- und Technikforschung. Seit 2012 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) und in diesem Zusammenhang an verschiedenen Untersuchungen beteiligt, die sich mit dem digitalen Wandel und seinen gesellschaftlichen Implikationen beschäftigen. U. a. arbeitete er an einem TAB-Bericht zu „Technologien und Visionen der Mensch-Maschine-Entgrenzung“ mit (Arbeitsbericht Nr. 167, erschienen 2016) und leitete ein TAB-Projekt zum Thema „Robotik und assistive Neurotechnologien in der Pflege – gesellschaftliche Herausforderungen“ (Arbeitsbericht Nr. 177, erschienen 2018).

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Pflegeroboter: Analyse und Bewertung aus Sicht pflegerischen Handelns und ethischer Anforderungen

9

Hartmut Remmers

Zusammenfassung

In Zukunft ist ein wachsender Einsatz von Pflegerobotern zu erwarten, denen möglicherweise zwei Hauptfunktionen zugeschrieben werden können: Beitrag zur Verringerung einer sich ausweitenden Personallücke in der Pflege; Erleichterung der Pflege hinsichtlich physischer und psychischer Arbeitsbelastungen, teilweise auch durch Substitution originär pflegerischer Teilaufgaben im Bereich der Ernährung, Medikation, Aktivierung/Mobilisierung. Aus fachwissenschaftlicher Sicht stellen sich dabei Fragen, inwieweit und in welchem Ausmaße originär pflegerische Tätigkeiten wie die der persönlichen, vertrauensbildenden Beziehungsarbeit unterstützt/verbessert werden können oder (teil-)ersetzt werden sollen. Aus ethischer Perspektive stellen sich damit zusammenhängende Fragen, inwieweit durch den Einsatz von Robotern die Persönlichkeit des Menschen in verschiedenen Facetten seiner auch leiblich verstandenen Rezeptivität und seiner Spontaneität gegenseitigen Ausdruckshandeln und Ausdrucksverstehens gewahrt bleibt.

9.1 Einleitung

Durch den demografischen Wandel ergeben sich drei große Herausforderungen für den Pflegebereich: 1) die Zunahme eines wegen wachsender Hochaltrigkeit (Stichwort: altersgewandelte Gesellschaft) ebenso zunehmenden sozialen und gesundheitlichen

H. Remmers (✉)

Fachbereich Humanwissenschaften, Abteilung Pflegewissenschaft, Universität Osnabrück,
Osnabrück, Deutschland

E-Mail: remmers@uni-osnabrueck.de

Versorgungsbedarfs; 2) ein wachsender, zum einen aus benannten demografischen Gründen (steigende Anzahl pflegebedürftiger Menschen) sowie aus Gründen erheblicher beruflicher Rekrutierungsprobleme nicht mehr zureichend zu deckender Fachkräftebedarf; 3) sich verringernder Anteil der durch Angehörige erbrachten häuslichen Pflege aufgrund wachsender Mobilität des familiären Nachwuchses, insbesondere der zunehmenden Berufstätigkeit von Frauen. Verschiedenen Berechnungen nach wird von einer sich bis zu 300.000 bis 500.000 VZÄ steigernden Pflegepersonallücke im Jahr 2030 ausgegangen (Ehrentraut et al. 2015).

Von daher ist es naheliegend, durch technisch autonome Assistenzsysteme die drohende Personallücke wenigstens zu einem Teil zu schließen. Gemäß dieser Logik wurde im europäischen Raum ein Förderprogramm eingerichtet mit dem Ziel, durch neue assistive Technologien ein möglichst langes selbstständiges Leben im Alter in einer selbst gewählten Umgebung auch bei zunehmender Beeinträchtigung zu gewährleisten. Es sollen funktionelle Verluste bei älteren Menschen in der häuslichen Umgebung ausgeglichen, Alltagskompetenzen aufrechterhalten, darüber hinaus präventive, aber auch rehabilitative Maßnahmen effektiver unterstützt werden. Professionelle Akteure sollen durch systematischen Austausch medizinisch und pflegerisch relevanter Informationen engmaschiger in das System der Gesundheitsversorgung eingebunden werden. Insbesondere Pflegefachkräfte sollen durch technisch autonome Assistenzsysteme im Umkreis der Robotik physisch und kognitiv entlastet sowie ältere Menschen bei der Aufrechterhaltung von Selbstständigkeit und der Ausübung elementarer Tätigkeiten der Selbstversorgung unterstützt werden. Auch wenn die entsprechenden Forschungs- und Entwicklungsprogramme primär dem Zweck der gesundheitlichen Versorgungssicherheit im Alter durch moderne Technologien dienen sollen, so sind damit zugleich Förderinteressen jener Hightech-Wirtschaftsbranchen verschränkt, deren Vertreter in die politische Agenda bspw. der EU an prominenter Stelle einbezogen waren, während Interessensorganisationen älterer Menschen oder verschiedener *caring professions* dagegen eher eine marginale Rolle spielten (Mantovani und Turnheim 2016, 246 f.).

Das effektive Funktionieren unterstützender Technologien ist nicht nur von konstruktiven, sondern auch von soziokulturellen Voraussetzungen abhängig. Dazu gehören insbesondere gesellschaftliche Altersbilder wie bspw. Vorstellungen über mögliche, in den letzten Jahrzehnten tatsächlich immer deutlicher sichtbare Potenziale des Alters, ebenso aber auch Vorstellungen von konkreter, situativ abhängiger Hilfebedürftigkeit. Konstruktiv einzubeziehen sind ebenso differenzierte Erkenntnisse über persönliche Lebenswelten älterer Menschen, ihr häusliches und nachbarschaftliches Wohnumfeld (Peek et al. 2014). Forschungsdesiderata bestehen hinsichtlich empirisch gehaltvoller Erkenntnisse vorhandener kreativer Bewältigungsstrategien des Alltags einerseits sowie wiederkehrender Probleme andererseits (Domínguez-Rué und Nierling 2016). Was erscheint älteren Menschen in Abhängigkeit von konkreten Lebenslagen als technisch hilfreich? Welche konstruktiven Anforderungsanalysen an technische Entwickler ergeben sich daraus (Krings et al. 2014; Simon et al. 2018)? Diese empirischen Aspekte sind nicht unerheblich im Hinblick auf jene Fragen, mit welchen wir uns im Folgenden befassen

werden; das heißt, mit Fragen der ethischen Bewertung und Beurteilung technisch hochkomplexer Artefakte, deren Einsatz im Umkreis sehr vulnerabler Personen unter bestimmten Bedingungen problematisch sein kann.

9.2 Ziele und Erwartungen

Ein Grundsatz bei der Entwicklung und Anwendung verschiedener Assistenzsysteme im Berufsfeld Pflege lautet, dass sie nicht nur der physischen Unterstützung oder dem Ausgleich funktioneller Verluste, sondern auch der Verbesserung von Lebensqualität dienen sollen. Dabei handelt es sich um analytische Bewertungskonstrukte, die von der jeweils eingenommenen Beurteilungsperspektive und den für sie bspw. in institutionellen Kontexten maßgebenden, wissenschaftlich standardisierten Bewertungssystemen abhängig sind. „Lebensqualität“ wird in gesellschaftlichen Untersuchungszusammenhängen bekanntlich soziologisch anders definiert und methodisch gemessen als in Kontexten der Versorgung gesundheitlich eingeschränkter Personen (Kruse 2003).

Die Frage nach der Beurteilungsperspektive stellt sich nicht nur als ein wissenschaftsinternes Problem. Die Frage stellt sich vielmehr auch als eine der politischen Ökonomie, das heißt der Erwartung zahlreicher administrativer Entscheider an technische Entwicklungen, inwieweit sich angesichts des demografischen und epidemiologischen Wandels finanzielle Zusatzbelastungen durch technische Rationalisierungen begrenzen, kurzum durch Technik personelle Einspareffekte erzielen lassen. Damit erhebt sich aber eine grundsätzliche Frage nach der tatsächlichen technischen Substituierbarkeit höchst persönlich zu erbringender Hilfe-, Unterstützungs- oder Beratungsaufgaben bzw. nach dem Grad und dem Umfang ihrer Substituierbarkeit. Diese Erwartungen richten sich auch auf die Einführung robotischer Systeme. Sie sind keineswegs illegitim, schon allein aus zwei Gründen: In bestimmten Bereichen und im Hinblick auf bestimmte (funktionelle) Aufgaben könnte der maschinelle Ersatz (etwa in Bereichen schambesetzter Intimität oder auch der bloß repetitiven Verrichtung fachlich weniger anspruchsvoller unterstützender Tätigkeiten) willkommen sein. In dieser Hinsicht bedarf es klarer Ab- und Eingrenzungen. Diese hängen aber nicht nur von operationellen Einschätzungen pflegerischer Aufgaben ab, sondern auch von den damit in den meisten Fällen verbundenen emotional bedeutsamen Anteilen persönlicher Zuwendung. Es sind daher differenzierte Beurteilungsmaßstäbe des substituierenden Einsatzes zum Beispiel robotischer Unterstützungssysteme zu entwickeln, abhängig wiederum von einer Vielzahl moralischer Standpunkte und unterschiedlicher ethischer Bewertungsperspektiven.

Es ist im Sinne differenzierter Bedarfsanalysen sowie anspruchsvoller Evaluationen auf eine Klärung der Beurteilungsperspektiven zu drängen. Ob die Perspektive der Betroffenen oder der Angehörigen eingenommen wird oder die Perspektive professioneller Akteure oder die Perspektive der politischen Öffentlichkeit, hat Auswirkungen auf die Bewertung. Im Hinblick auf eine Perspektive der politischen Öffentlichkeit werden zukünftig gesellschaftliche Diskurse zu immer dringlicher werdenden Fragen zu führen

sein, die da lauten: Wie wollen wir im Alter leben? Wie stellen wir uns gutes Alter vor? Was wird in der Öffentlichkeit unter menschenwürdigem Altern verstanden?¹ Welche subjektiven und objektiven Anforderungen bestehen hinsichtlich einer guten pflegerischen Versorgung älterer Menschen?

Zur Beantwortung dieser Fragen erscheinen uns v. a. Ansätze einer *Ethics of Care*, einer Ethik der Sorge oder der Fürsorge, angemessen und zielführend zu sein. Denn sie beruht auf bestimmten anthropologischen Annahmen, die überdies mit charakteristischen Eigenschaften pflegerischen Handelns interferieren. Dabei wird sich auch zeigen, dass Optionen bzw. Wünsche bezüglich bestimmter technischer Hilfen mit – gewiss variierenden – persönlichen Selbstverständnissen ihrer Adressaten korrelieren.

9.3 Zur ethischen Bewertung autonomer Assistenzsysteme

9.3.1 Normativität

Die Beantwortung vor allem der Frage nach der Erwünschtheit und Angemessenheit technischer Hilfsmittel² erfolgt mehr und mehr im Zusammenhang mit ethisch begründeten, verallgemeinerungsfähigen Bewertungskriterien. Herkömmliche Bewertungskriterien autonomer Assistenzsysteme sind beispielsweise die der Selbstbestimmung, der personalen Integrität (Schutz bzw. freie Entfaltung der Persönlichkeit), der Sicherheit, aber auch Unabhängigkeit, die normative Geltung beanspruchen. Zu bewerten sind ferner der Erhalt oder die Steigerung von Wohlbefinden. Beim Wohlbefinden handelt es sich, ähnlich wie bei Lebensqualität, um ein zu Zwecken methodisch standardisierter Messverfahren entworfenes wissenschaftliches Konstrukt persönlicher Selbstzuschreibungen auf physischer sowie auf psychoemotionaler Ebene. Die analytischen Ergebnisse von Selbstzuschreibungen sind wiederum abhängig von interpersonalen sowie sozialen Faktoren der gesamten Lebenslage und der Lebensweise einer Person und als solche zu interpretieren.

Angewandte Ethiken zeichnen sich u. a. durch einen konkreten Fallbezug aus. Dabei handelt es sich um die Anwendung der als gültig anerkannten Normen auf einen durch bestimmte empirische (auch kommunikativ erschließbare) Daten beschreibbaren Fall und die Überprüfung, welche der als legitim geltenden Handlungsnormen zur Lösung eines konkreten Entscheidungsproblems unter Berücksichtigung individuell stark variierender persönlicher Wertesysteme am angemessensten sind. Angewandte Ethiken setzen also empirisch präzise Kenntnisse eines Sachverhalts voraus. Deren evaluativer Bedeutsamkeit kann wiederum am besten durch den bereits benannten mehrperspektivischen Ansatz entsprochen werden.

¹Wir verweisen in diesem Zusammenhang auf Arbeiten in Kruse et al. (2012).

²Dieser herkömmliche Begriff wird der in autonomen Systemen sich von Grund auf wandelnden Zweck-Mittel-Rationalität nicht mehr gerecht. Vgl. Rammert (2003).

9.3.2 Anthropologische Bedingungen

Von welchen anthropologischen Annahmen gehen wir aus – zum einen zur Begründung einer Ethics of Care und der durch sie einzunehmenden Beurteilungsperspektive, zum anderen als konzeptionelle Basis der theoretischen Begründung und empirischen Beschreibung pflegerischen Handelns als eine spezifische Ausprägung von Care? Anthropologische Annahmen verstehen sich als Antworten auf die Frage, was es bedeutet, ein Mensch zu sein (*conditio humana*). Jenseits eines extrem individualistischen Selbstverständnisses unserer Kultur gilt es sich weiterhin der Tatsache bewusst zu sein, dass sich menschliches Leben unter historisch variierenden Bedingungen physischer Abhängigkeiten und sozialer Angewiesenheiten vollzieht. In ganz elementaren Bereichen ihres Lebens machen Menschen die Erfahrung wechselseitiger Abhängigkeiten, welche sich in sublimierender Weise in moralischen Anschauungen manifestiert. Je mehr sich Menschen ihrer gegenseitigen Abhängigkeiten und Angewiesenheiten bewusst werden, umso mehr wird ihnen auch ihre Verletzlichkeit bewusst. Als eine Antwort auf diesen fundamentalen Erfahrungshintergrund kann das Prinzip der Schonung betrachtet werden (Siep 2004). In diesem Zusammenhang lässt sich auch die soziale Bedeutsamkeit eines rein biologischen Faktums herausstellen: Bereits mit seiner Geburt ist der Mensch auf Hilfe, Zuwendung und Anerkennung seiner sozialen Umgebung angewiesen, und er bleibt es in unterschiedlichen Graden in Abhängigkeit von vorhersehbaren und nicht vorhersehbaren Krisen als Wendepunkten persönlicher bzw. gemeinschaftlicher Lebensgeschichte dauerhaft. Diese in anthropologisch tief sitzenden, durch variationsreiche Sozialtechniken gewiss modifizierbaren Grundstrukturen menschlichen Lebens scheinen durch Sichtweisen infrage gestellt zu werden, in welchen individuelle Lösungen für gesellschaftlich erzeugte Probleme im Vordergrund stehen (vgl. Beimborn et al. 2016, insbes. S. 314; van Dyk 2009).

9.3.3 Spezifika einer Ethics of Care

Vor dem Hintergrund vorstehend explizierter anthropologischer Tatsachen stehen im Zentrum einer perspektivisch auf Fürsorge ausgerichteten Ethics of Care (vgl. Held 2005; Conradi 2010) Fragen menschlichen Gedeihens, persönlichen Wohlergehens und biografischen Gelingens. Wichtige Impulse für eine Ethics of Care hat bspw. Ludwig Siep (2004) in seiner auf verschiedene Anwendungsszenarien ausgerichteten Konkreten Ethik gegeben. Deren Anspruch besteht nicht nur darin, Antworten darauf zu finden, wie „Voraussetzungen schweren Leidens“ beseitigt werden können. Vielmehr geht es auch darum, indisponible Rechte von Personen zu schützen. Diese Rechte kulminieren gewissermaßen in dem Anspruch, dass Menschen als kooperationsbedürftige und kooperationsfähige Wesen in genau diesem Möglichkeitshorizont gefördert werden. Diesen Zusammenhang akzentuieren besonders Beimborn et al. (2016) in ihrem Entwurf

eines sozialwissenschaftlich-interdisziplinär fundierten ethischen Bewertungssystems altersbezogener moderner Technologien.

In unseren modernen Gesellschaften sind Wege einer auf Kooperation beruhenden bzw. zielenden Arbeitsteilung zugleich Wege der Förderung jener Bereiche, von denen ein bestandswichtiger Beitrag für das gesellschaftliche Leben erwartet wird. Eine der zentralen Herausforderungen bei der Entwicklung altersbezogener Technologien besteht darin nachzuweisen, inwieweit durch spezielle technische Innovationen ein Beitrag zur Kompensation unterschiedlicher, sozial oder biologisch bedingter Einschränkungen oder Benachteiligungen geleistet werden kann. Diese lediglich auf Kompensationen altersbedingter Defizite eingeschränkte technologische Entwicklungsperspektive muss jedoch erweitert werden, weil andernfalls ein selbst im höheren Alter noch innervierbares Aktivierungs- bzw. Kreativitätspotenzial vernachlässigt würde (Remmers und Hülsken-Giesler 2012). Die daraus ableitbare normative Prämisse würde also lauten, technische Entwicklungen so auszurichten und Produkte in der Weise zu gestalten, dass auf diesem Wege in concreto Nutzer dazu befähigt werden, an gesellschaftlichen Lebensprozessen teilhaben und, unter der Voraussetzung, dass diese Bedingungen erfüllt sind, ein sinnhaftes, gutes Leben unter ihresgleichen führen zu können.

Bei dieser Argumentation bedienen wir uns eines von Nussbaum (2011) eingeführten theoretischen Ansatzes, welcher unter dem Titel eines Capability-Approaches firmiert (dazu auch Beimborn et al. 2016, S. 320 f.). Diese Engführung zwischen einer Ethics of Care und dem Capability-Ansatz (vgl. Remmers 2010) ist für die Bewertung assistierender Technologien deswegen von besonderer Bedeutung, weil damit eine neue, erweiterte Sicht auf ihre Funktionalität eingenommen wird: nicht mehr die kompensatorische Funktion steht im Vordergrund, mithin das allein auf Hilfe angewiesene Individuum, sondern das Individuum in seiner Potenzialität, in seiner Tendenz der Selbstaktualisierung und in seiner Bildsamkeit. Befähigung als ethisches Bewertungskriterium ist deswegen bedeutsam, weil damit einem von seiner besitzindividualistischen Genese abgekoppelten Autonomieprinzip als Telos, das heißt als ein Ziel der Befähigung, Rechnung getragen wird: Die Befähigung, seinem Leben praktisch einlösbare Ziele setzen zu können (Beimborn et al. 2016, S. 321).

Auf Grundlage der von uns benannten anthropologischen Annahmen (fundamentale, jedoch geschichtlich variierende physische Abhängigkeiten und soziale Angewiesenheiten von Menschen auch als Index ihrer Versehrbarkeit) sowie jener normativen Prämissen einer Ethics of Care (Schutz indisponibler Rechte, Würdigung menschlicher Kooperations- und Gestaltungsfähigkeit) wird ein differenzierter Zugang zu ganz bestimmten Struktureigenschaften pflegerischen Handelns möglich. Da Care stets in einen gesellschaftsgeschichtlich variablen Lebenszusammenhang eingebettet ist, ergeben sich normativ relevante, für Lebenszusammenhänge in ihrer strukturellen Wechselseitigkeit höchst charakteristische, aber vielseitige Verantwortungs- und Anerkennungsverhältnisse. Als würdevoll gilt menschliches Leben unter Bedingungen gegenseitiger Anerkennung, die auch durch Asymmetrien in der Beziehungsform (zum Beispiel bei unterschiedlich verteilten Kompetenzen) nicht durchkreuzt werden. Durch diese Grundtatsachen ist auch Pflege charakterisiert, die im Kern eine Beziehungsarbeit darstellt.

9.3.4 Zwischenbemerkung: Einige Charakteristika pflegerischen Handelns

Pflege ist eine Dienstleistung professioneller Hilfe für Menschen, die bedingt durch Erkrankungen, Behinderungen oder Abbauprozesse Einschränkungen erleben, welche die bio-psycho-soziale Integrität dieser Menschen zutiefst berühren können. In dem Maße, wie sich solche Leidenszustände krisenhaft zuspitzen, treten Bedürfnisse nach Sicherheit und erfolgreicher Bewältigung von Spannungs- und Stresssituationen in den Vordergrund. Auf elementarer Ebene kann daher Pflege als eine an den Grundbedürfnissen hilfebedürftiger Menschen ansetzende Beziehungsarbeit charakterisiert werden, welche neben wissenschaftlich-fachlichen Anforderungen ebenso spezifisch emotionalen Anforderungen zu genügen hat (Strauss et al. 1980). In dieser Hinsicht besteht eine gewisse Affinität zur meist weiblich zugewiesenen Haus- und Familienarbeit.

Der direkte Umgang mit körperlich stark eingeschränkten Menschen stellt in der Regel eine hohe physische Belastung des Pflegepersonals dar. Die Naturgebundenheit pflegerischen Handelns kommt aber auch in einer anderen Tatsache zum Ausdruck. Pflege als Beziehungsarbeit vollzieht sich im psychophysischen Medium leiblicher Gegenseitigkeit, die eine gewisse Diffusität sozialer Rollen mit sich bringt mit dem Risiko einer Symbiose ohne Schutz vor grenzenloser Verausgabung (Stichwort: Burn-out) sowie der Gefahr des Missbrauchs eigener Machtpositionen.

Weitere Schwierigkeiten resultieren aus einem sehr anspruchsvollen Synchronisationsbedarf von Tätigkeiten wie: Organisation von Versorgung, persönliche, stets leiblich prä-sente Zuwendung sowie affektive Balance. Die Tatsache, dass pflegerische Tätigkeiten an natürlichen, zyklisch wiederkehrenden, jedoch situativ variierenden (Grund-)Bedürfnissen auszurichten sind, macht sie zeitlich nur schwer planbar und kaum kontrollierbar (Weishaupt 2006; Dunkel und Wehrich 2010). Massiv wird zudem das Erfolgserleben dadurch erschwert, dass – im Gegensatz bspw. zur Herstellung materieller Güter oder der Bearbeitung von Verwaltungsvorgängen – Arbeitsresultate sich rasch verflüchtigen. Vor allem bei therapeutischer Aussichtslosigkeit, Siechtum und Verfall fehlt ihnen eine materielle Anschaulichkeit des Erfolgs, der überdies anders zu bemessen ist (Belan und Schiller 2016).

Diese phänomenologisch weitaus differenzierter darstellbaren Formen und Eigenschaften pflegerischer Arbeit betrachten wir als einen mehrere Wahrnehmungsschichten gleichzeitig affizierenden Kernbereich der Pflege. Ihres zyklischen Charakters wegen rangiert sie als „Beziehungsarbeit“ in der Statushierarchie therapeutischer Berufe eher niedrig. Bedacht werden sollte auch, dass methodische Verfahrensweisen der Wirksamkeitsprüfung pflegerischer Maßnahmen auf die Notwendigkeit einer (experimentellen) Isolierung einzelner Faktoren angewiesen, angesichts der Komplexität und Diffusität pflegerischer Handlungen aber häufig zum Scheitern verurteilt sind. Hinzu kommt schließlich, dass das im praktischen Umgang mit Hilfebedürftigen erworbene Wissen eine genuine, hochwertige, streng genommen aber „vorrationale“, qua mimetischem Vermögen konstituierte Wissensform darstellt, welche wissenschaftlich zunächst einmal

kaum anschlussfähig zu sein scheint, freilich durch analytisch hoch differenzierte Verfahren erschließbar ist.

Mit der Verwissenschaftlichung und Technisierung des Medizinsystems sowie der Pflege in einem zweiten großen Modernisierungsschub um die Mitte des 20. Jahrhunderts setzen sich Trends durch, die – neben dem Erzielen besserer Krankheitsbehandlungsergebnisse – durch den Einsatz elektronischer Datenverarbeitungssysteme für eine Rationalisierung klinischer Arbeitsabläufe mit kostenökonomischen Einspareffekten sorgen. Mit solchen Trends der Formalisierung und Standardisierung prallen aber zwei inkommensurable Logiken aufeinander: Die eigensinnige, in die soziale Lebenswelt von Personen verflochtene Logik professioneller Beziehungsarbeit (in Pflege, teilweise auch in hausärztlicher Medizin) einerseits sowie die in technologische Programme übersetzten Logiken von Ökonomie und planender Verwaltung andererseits (Glaser et al. 2008; vgl. ebenso Remmers 2015). Zweifellos kann mit dynamisch gesteigerten Technologieentwicklungen eine zunehmende Effektivität bspw. auf instrumenteller Ebene medizinischer und zumeist nachgeordneter pflegerischer Eingriffe und ein damit verbundener Zuwachs vitaler Sicherheit erzielt werden. Zu verzeichnen sind allerdings auch Widerstände, die sich gegen technisch induzierte Entfremdungsphänomene (z. B. Verlust der persönlichen, körperlich-leiblichen Nähe zum Patienten) und Deprofessionalisierungseffekte richten (Darbyshire 2004; Remmers und Hülsken-Giesler 2011; Nagel und Remmers 2012).

Für Grunwald (2013) beruht das Ideal von Technik, man könnte auch sagen: ihr funktionelles Apriori, darauf, in möglichst hohem Maße dem konstruktiven Prinzip situationsinvarianter Regelhaftigkeit zu genügen. Ein maximaler Grad der Regelhaftigkeit technischer Verfahren und der dadurch ermöglichten Reproduzierbarkeit identischer Ergebnisse kann nur durch einen möglichst hohen Grad der Kontextunabhängigkeit erzielt werden. Die praktische Abstraktion von situativen Besonderheiten ist eine Voraussetzung regelhaften Funktionierens, die ihrerseits von sozialer Bedeutung ist. Handlungstheoretisch gewendet, kann nämlich durch technische Schematisierung von Verfahren bzw. durch Berechenbarkeit maschineller Funktionsabläufe Verlässlichkeit gestiftet werden, welche mit Wünschen nach Erwartungssicherheit korreliert. Sie entlastet soziale Akteure vom Improvisationsaufwand ständig neuer Situationsdefinitionen und der Begründung von Handlungsoptionen. Gewiss, durch eine Technifizierung von Handlungskontexten werden, wie Grunwald (2013) betont, immer auch Freiheit und Individualität bedroht. In diesem Zusammenhang lassen sich auch die Skepsis und vielfach zu beobachtenden Vorbehalte gegenüber Technik aufseiten der Pflegekräfte erklären: Sie verdanken sich einer sicheren Intuition, dass dem Prinzip situationsinvarianter Regelhaftigkeit gehorchende technische Artefakte oder Verfahren sich in professionelle, das heißt auch gemäß den Prinzipien der Individualisierung und Kontextualisierung geordnete Handlungszusammenhänge nur bedingt, das heißt unter Beachtung bestimmter Kautelen, integrieren lassen.

In Bezug auf die hohen körperlichen Belastungen kann der Einsatz arbeits-erleichternder maschineller Unterstützungstechnologien als segensreich gewertet werden. Es stellt sich darüber hinaus aber die Frage, in welchen Anteilen und Ausmaßen

Beziehungsarbeit durch freundliche Companions ersetzt werden kann und darf. Dies ist nicht nur eine ethische, sondern auch eine arbeitssoziologische und -psychologische Frage angesichts mindestens dreier charakteristischer Phänomene: der zyklischen Organisationsform von Pflege, bestimmter affektueller Charakteristika der Tätigkeit sowie jener phänomenalen Besonderheiten einer leiblichen Responsivität (Waldenfels 1994): einer Gegenseitigkeit des Fühlens und Gefühlwerdens, des Berührens und Berührtwerdens – was im Übrigen von hohem therapeutischen Wert ist. Die Einbeziehung von Assistenzsystemen in pflegerische Arbeitsprozesse wird sich als produktiv oder entlastend nur dann erweisen, wenn dadurch jene originären, in einer leiblichen Intentionalität fundierten multisensorischen Wahrnehmungsfähigkeiten nicht nur nicht angetastet, sondern einen größeren Entfaltungsspielraum erhalten werden (vgl. Oleson 2006). Diese phänomenalen Besonderheiten sind u. a. der Grund jener Ambivalenzen von Pflegefachkräften bei der Bewertung des Einsatzes von Überwachungstechnologien bei pflegebedürftigen Personen (Pols 2012).

9.3.5 Zum Einsatz autonomer Assistenzsysteme in der Pflege

Bezüglich des Einsatzes von Robotern möchten wir zunächst eine provisorische Unterscheidung vornehmen zwischen Assistenzrobotern, Therapierobotern und Interaktionsrobotern. Zu den Assistenzrobotern werden im Allgemeinen diejenigen gerechnet, welche die Medikation unterstützen (zeitlich sicher programmierte Abgabe fest programmierter Dosen von Medikamenten). Ferner der als Care-O-bot 4 entwickelte Roboter, der manuelle Tätigkeiten (Greifen, Anreichen) ausführt und z. B. das Anreichen von Speisen und Getränken auf Kommando ausführt. Schließlich ein intelligenter Pflegewagen, der auf Anforderung herbeirollt, Pflegeutensilien vorrätig hält und ihren Verbrauch dokumentiert, um stets vollständig bestückt und einsatzbereit zu sein. Zu den Assistenzrobotern gehören auch die zur physischen Alltagsunterstützung in der häuslichen und stationären Pflege wie Heben und Tragen eines Patienten entwickelten Systeme. Unter diese Kategorie fallen ebenso Exo- oder Außenskelette, also Mensch-Maschine-Systeme, welche menschliche Intelligenz mit maschineller Kraft kombinieren, indem sie die Bewegungen des Trägers unterstützen oder verstärken.

Exoskelette sollen zukünftig vor allem dort zum Einsatz kommen, wo menschliche Arbeit nicht sinnvoll durch Automatisierung oder Robotik-Systeme ersetzt werden kann. Hierzu zählen bestimmte Arbeitsprozesse in der industriellen Produktion, beispielsweise in der Automobilbranche, aber auch körperlich schwere Arbeiten im Baugewerbe, der Logistik oder im Pflegebereich. Schließlich können den Assistenzrobotern auch bestimmte Tracking-Systeme zugerechnet werden, deren Einsatz vor allem der örtlichen Selbst- oder Fremdkontrolle kognitiv eingeschränkter, möglicherweise an einer leichten Demenz leidender Personen dient.

Zu den Therapierobotern gehören zum Beispiel diejenigen, die die Mobilität unterstützen. Zu denken ist hier beispielsweise an einen im Projekt ROREAS entwickelten

„Roboter-Companion“, der Patienten beim Gangtraining in der Klinik und bei häuslichen Übungen automatisch unterstützt. Er dient ebenso als Erinnerungshilfe oder Navigationshilfe. Zu den wahrscheinlich bekanntesten Therapierobotern gehört der speziell für Demenzkranke entwickelte Emotionsroboter PARO. Er ist einer Robbe nachgebildet und reagiert auf taktile und verbale Ansprache mit eigenen Bewegungen (Augenlider, Extremitäten, Heben und Senken des Kopfes) und mit Lautbildungen. Mit PARO sollen seelisches Wohlbefinden erzeugt, Stress reduziert und Einsamkeitsgefühle gelindert werden.

Im Bereich der Interaktionsroboter gibt es viele Entwicklungsprojekte, in denen an Prototypen zu sozialen Interaktionsfähigkeiten geforscht wird. Zu nennen ist hier bspw. die ALIAS-Roboterplattform, welche drei Kernfunktionen beinhaltet: Die erste Funktion bezieht sich auf die Kommunikation. Ziel ist es, die Unterhaltung mit Partnern zu unterstützen und Kontakte aufrechtzuerhalten. Dies erfolgt durch Nutzung von modernen Kommunikationstechnologien und von Ressourcen des Web 2.0, die einen Zugriff auf soziale Netzwerke ermöglichen sollen. Die zweite Funktion bezieht sich auf die Aktivität: Der Roboter bietet Möglichkeiten physischer und kognitiver Aktivitäten. Zu diesem Zweck steht eine Vielfalt an Spielen zur Verfügung, die auf dem Display genutzt werden können. Falls eine Person diese Funktionen in nicht ausreichendem Maße selbstständig nutzen kann, wird die Roboterplattform proaktiv deren Nutzung anregen. Die dritte Funktion ist die der Assistenz. Diese Funktion kann an verschiedene Nutzergruppen mit unterschiedlichen Unterstützungsbedarfen adaptiert werden. Beispielsweise erinnert die Roboterplattform Nutzerinnen und Nutzer an fällige Medikamenteneinnahmen oder an geplante Termine. Über einen Fernzugriff können Angehörige diese Funktionen steuern bzw. selbst nutzen.

9.3.6 Ethische Beurteilung der Folgen des Einsatzes autonomer Assistenzsysteme

Von andernorts erörterten Akzeptanzfragen (Remmers und Hülsken-Giesler 2011) sind normativ-ethisch übergreifende Beurteilungen technischer Entwicklungen und Artefakte zu unterscheiden (Grunwald 2005). In einer zumeist konsequenzialistischen, das heißt an den Folgen von Handlungen, Interventionen oder auch technischen Installationen ausgerichteten Beurteilungsperspektive kommt es häufig dazu, dass verschiedene, aus unterschiedlichen Sichtweisen als jeweils angemessen geltende Bewertungskriterien wie bspw. Selbstbestimmung und Wohlbefinden kollidieren. Zu solchen Bewertungsdiskrepanzen kann es auch bei der Beurteilung des konkreten Einsatzes autonomer Assistenzsysteme kommen. In einem bestimmten Falle kann zum Beispiel durch den Einsatz assistierender Technologien häusliche Unabhängigkeit erzielt werden. Dies mag ein Wert an sich sein, der aber mit persönlichem Wohlbefinden nur beschränkt kongruent ist. Es könnte nämlich sein, dass technisch unterstützte häusliche Unabhängigkeit zu einem Sicherheitsgefühl (vor allem auch bei betreuenden Angehörigen) führt, während damit gleichzeitig eine Verminderung sozialer Kontakte und vermehrte Einsamkeit verbunden ist (so auch

Kamphof 2016, S. 176). In diesem Falle wäre zu klären, inwieweit ethische Kriterien wie Unabhängigkeit oder Sicherheit durch andere ethische Kriterien wie Versorgungsqualität oder persönliche Zuwendung übertrumpft werden. Aus der Perspektive einer Care-Ethik würde das Konzept personaler Autonomie grundsätzlich nicht in Zweifel gezogen. Es würde jedoch, im Anschluss an Sandel (1998), auf damit verbundene Einseitigkeiten verwiesen werden, das Leben als eine „Robinsonade“ zu begreifen. Stattdessen würde das Konzept einer relationalen Autonomie (vgl. etwa Simon und Nauck 2013) favorisiert mit dem Hinweis darauf, technische Arrangements so zu gestalten, dass bspw. Vereinsamung möglichst ausgeschlossen werden kann.

Ein gewichtiger Einwand hinsichtlich des Einsatzes autonomer Assistenzsysteme lautet, dass sie letztlich als Mittel der Rationalisierung eingesetzt werden.³ Unter ethischen Gesichtspunkten z. B. der Steigerung von Wohlbefinden wären solche Rationalisierungen gerechtfertigt und sogar erwünscht, wenn damit beispielsweise größere Zeitreserven des Pflegepersonals für besonders versorgungsbedürftige ältere Menschen oder Patienten gewonnen werden könnten. Auch die durch den Einsatz von Servicerobotern (Heben, Lagern) zu erzielenden physischen Entlastungen sind erwünscht. Ethisch relevante Probleme ergeben sich dann, wenn Pflegebeziehungen in ganz elementaren Bereichen (körperliche Nähe, subtile, differenzierte Wahrnehmung, therapeutisch bedeutsame Berührung) technisch substituiert werden sollen:

(...) It clearly can be argued that peaceful, even loving, interaction among humans is a moral good in itself. (...), we should probably distrust the motives of those who wish to introduce technology in a way that tends to substitute for interaction between humans. (...) for a social mammal such as a human, companionship and social interaction are of crucial psychological importance (Whitby 2012, S. 238).

Neueren Studien zufolge können telematische Assistenzsysteme zu einer Reduzierung menschlicher Kontakte führen und damit zu einer sozialen Isolation älterer Menschen (Sharkey und Sharkey 2012a; Sparrow und Sparrow 2006; Sparrow 2002). Familienmitglieder fühlen sich von gewissen Verpflichtungen entlastet, was gewiss auch als ein legitimer Wunsch gelten kann (Sharkey und Sharkey 2012b). Dadurch hervorgerufene Vereinzelungen machen auf der anderen Seite wiederum stärkere Kontrollen notwendig (Sorell und Draper 2014). Durch den Einsatz bspw. von AAL-Technologien muss soziale Isolation zwangsläufig nicht ansteigen. Immer kommt es auf die Einzelfallbeurteilung an (vgl. Sorell und Draper 2012; Murray et al. 2011; Pols 2010).

Auch ist in jedem Einzelfall zu prüfen, ob durch eine Substitution menschlicher Hilfe durch das technische Assistenzsystem der moralisch (teils rechtlich) begründete Anspruch eines jeden Menschen auf Anerkennung und Zuwendung verletzt wird (vgl. etwa Borenstein und Pearson 2012). Zumindest bei telematischer Überwachung werden Tendenzen einer Ent-Individualisierung beklagt (Sävenstedt et al. 2006).

³Im Folgenden stützen wir uns auf ein unlängst verabschiedetes Gutachten: Hülsken-Giesler und Remmers (2017).

Ernst zu nehmen sind kritische Hinweise, dass mit der Einführung von Assistenztechnologien ein Einstellungswandel verbunden sein kann. Dies betrifft zum einen bestimmte Erwartungen älterer Personen gegenüber ihren Mitmenschen, zum anderen gesellschaftliche Vorstellungen von Verantwortung (vgl. Hinman 2009; Sparrow und Sparrow 2006). Bei der Diskussion dieser ethischen Bedenken sollten allerdings der seit etlichen Jahrzehnten sich vollziehende Wandel von Familienstrukturen und die damit zusammenhängenden Veränderungen affektiver Bindungen sowie subjektiv zugeschriebener Verantwortlichkeiten erwachsener Kinder gegenüber ihren Eltern bedacht werden.

Bei der ethischen Bewertung, welche Folgen der Einsatz von Robotern für soziale Interaktionen älterer Menschen hat, sollten Studien von Berkman und Syme (1979) zur Kenntnis genommen werden. Ihre Ergebnisse besagen, dass Personen, denen soziale Beziehungen fehlen, ein höheres Risiko vorzeitigen Versterbens haben. Auch sind wenige soziale Beziehungen, seltene Teilnahme an sozialen Aktivitäten und sozialer Rückzug Risikofaktoren für die Abnahme kognitiver Fähigkeiten älterer Personen (Zunzunegui et al. 2003). Demgegenüber gibt es Hinweise darauf, dass soziale Interaktion das Risiko, an Demenz zu erkranken, reduziert (Saczynski et al. 2006).

Aus der Perspektive eines ethischen Konsequentialismus sowie vor dem Hintergrund einer Ethics of Care lässt sich sagen, dass der Einsatz assistiver Technologien bis hin zu Robotern daran zu bemessen ist, inwieweit soziale Beziehungen, die erwiesenermaßen zur Steigerung subjektiven Wohlbefindens beitragen, gestärkt oder geschwächt werden (Palm 2014; Fine und Spencer 2009; Szebehely und Trydegard 2012). Darüber hinaus ist der intrinsische Wert sozialer Interaktionen zu würdigen:

Social networks are said to imply (1) appreciation, recognition and a feeling of belonging, (2) intimacy and friendship and (3) emotional and practical support (...) (Palm 2014, mit Verweis auf Fine und Spencer 2009).

Schließlich ist mit Blick auf ethisch bedeutsame Implikationen des Capability Approach zu fragen, inwieweit gegenwärtige Entwicklungen autonomer Assistenztechnologien eine altersgerechte Unterstützung sozialer Vernetzungsprozesse erwarten lassen, und zwar als Grundlage für soziales Lernen, welches zugleich der Entfaltung kreativer Potenziale zu dienen vermag (Remmers und Hülsken-Giesler 2012).

9.3.7 Besonderheiten bei Demenzpatienten

Bei ethischen Fragen des Einsatzes von Therapierobotern (Beispiel: PARO-Robbe) in der Pflege demenziell Erkrankter liegen einer Ethics of Care verschwisterte Perspektiven der Advokation nahe. Nun gibt es überzeugende empirische Studien, die zeigen, dass Demenzkranke auch im fortgeschrittenen Stadium der Erkrankung über Fähigkeiten verfügen, sich emotional mitzuteilen, Wünsche und Bedürfnisse ebenso wie Aversionen und Ablehnungen auf nonverbale Wege (Blick, Gestik, Mimik) zu signalisieren (Becker et al. 2010a, b). Erfahrene Pflegekräfte wiederum verfügen über ein multisensorisches

„Deutungsrepertoire“, das heißt über explorative Verfahren wie bspw. das der faszialen Ausdrucksanalyse, durch welches biografisch essenzielle Anliegen dieser Menschen erschlossen werden können. Inwieweit dieses in einer leiblich-sozialen Existenzweise des Menschen (u. a. Becker 2003) verankerte intuitive Vermögen auf epistemischer Ebene künstlicher Intelligenz in robotischen Systemen ersetzt werden kann, ist eine offene Frage.

Wie verhält es sich mit „Lebensqualität“ als ethischem Bewertungskriterium nicht nur von pflegerischen Interventionen, sondern auch von installierten technischen Artefakten? Gemäß Lawton et al. (1996) beinhaltet das Lebensqualitätsmodell bei Demenzkranken folgende Bewertungsdimensionen: a) räumliche Umwelt, b) soziale Umwelt, c) Betreuungsqualität, d) subjektives Erleben und emotionale Befindlichkeit. In dieser vierten Dimension sind Ansatzpunkte für einen legitimen Einsatz von Emotionsrobotern zu prüfen. Sie treten gewissermaßen in eine Konkurrenz mit originär pflegerischen Interventionen. Dazu gehören: auf verbalsprachlicher Ebene gezielte Ansprache und Kommunikation; auf nonverbaler Ebene visuelle, auditive und gustatorische Anregungen zur Förderung subjektiver Erlebnisfähigkeit und zur Vermeidung von Einsamkeit und Isolation. Ob hier von einer echten Konkurrenz gesprochen werden kann, könnte allein schon aus technologischen Gründen problematisiert werden.

Von welchen Voraussetzungen ist beim Einsatz von Emotionsrobotern bei demenziell Erkrankten auszugehen? Ihren algorithmischen Basisfunktionen nach sind Emotionsroboter wie PARO auf reproduzierbare Verhaltensschemata orientiert und programmiert. Es ist ihnen nicht möglich, durch situative Bewertungen eine differenzierte Antwort im Sinne eines auf die persönlichen Gefühlslagen ausgerichteten Verhaltensangebots zu generieren. Sie sind nach rein behavioristischen Mustern und Oberflächenphänomenen menschlichen Orientierungs- und Aktionsvermögens konstruiert. Dies mag sich im Zuge eines zukünftigen Zuwachses an Lernfähigkeit künstlicher Intelligenzen, d. h. der kontinuierlichen Anpassung z. B. robotischer Systeme an ihre Umgebungen, ändern.⁴

Abgesehen von diesen aus einer technischen Bewertungsperspektive zu erörternden Fragen ergeben sich weitere Fragen aus einer empirisch-sozialwissenschaftlichen Perspektive. Zwar gibt es – als Messergebnis auf rein behavioraler Ebene und mit methodischen Einschränkungen (häufig sehr kleine Fallzahlen) – Hinweise auf vermehrtes kommunikatives Verhalten, Entspannung, verminderte Einsamkeitsgefühle, vermehrte neuronale Aktivität, verminderten Stress beim Einsatz von PARO bei Betroffenen sowie auf Entlastungseffekte beim Pflegepersonal (Robinson et al. 2015; Sung et al. 2015;

⁴Hochbedeutsam wäre dies, wenn PARO durch einen humanoiden Roboter ersetzt würde. Die Lernalgorithmen solcher Roboter würden verlangen, „dass Menschen mit ihm ‚wie mit Menschen‘ umgehen“ (Decker 2010, S. 51). Das wäre im Falle von Demenzkranken deswegen aber verheerend, weil damit alle Maßstäbe eines professionellen Umgangs verletzt würden, welcher auf Fähigkeiten der Reflexion und der dadurch erst möglichen situativen Abstimmung des Verhaltens beruht.

Wada et al. 2008; Saito et al. 2003). Diese Effekte sind jedoch zeitlich oft sehr begrenzt (Baisch et al. 2018). Im Vergleich des Einsatzes von PARO mit dem des humanoiden Systems NAO und dem eines lebenden Hundes konnten durch PARO und NAO positive Einflüsse auf apathisches Verhalten von Probanden erzielt werden, wobei die kognitive Leistungsfähigkeit der Probanden aus dem NAO-Experiment signifikant absank (Valenti Soler et al. 2015).

Geht man davon aus, dass demenziell Erkrankte auf elementare Formen emotionaler, leiblicher Zuwendung angewiesen sind, so erheben sich prinzipielle ethische Einwände hinsichtlich der artifiziellen Substitution auf struktureller Ebene. Bei PARO wird leibliche Präsenz nur mehr vorgetäuscht, sie bleibt auf reaktive Oberflächenphänomene beschränkt. Analogien mit dem Gebrauch von Stofftieren bei Kindern sind psychologisch deswegen völlig abwegig, weil sie für die kognitiv-emotionale Entwicklung des Kindes wichtige „transitional objects“ (Winnicott 1953) darstellen mit einer spezifischen Intentionalität (als erste fantasiereiche Akte der Kreativität). Der künstlichen, persönlich indifferenten Erzeugung sozial erwünschter Gefühlszustände wohnt insofern ein Täuschungscharakter inne, der als eine Entwürdigung bewertet werden kann. Damit ergeben sich ethische Fragen von Wahrheit und Wahrhaftigkeit, die mit dem Hinweis darauf, dass Hilfeempfänger und helfende Person in zwei verschiedenen Welten des Bewusstseins leben, nicht entkräftet werden können (Hertogh et al. 2004; vgl. auch Remmers 2016). Stattdessen sollte bedacht werden, dass Pflegefachkräfte in ihrer Unterstützung und Hilfe bei Menschen mit kognitiven Einbußen mit moralischen Dilemmata konfrontiert sein können. Es empfiehlt sich deshalb, den Einsatz autonomer Assistenztechnologien wie in diesem Falle der PARO-Robbe möglichst zu begrenzen. Dies umso mehr, als ein zeitlicher Entlastungseffekt für Pflegefachkräfte kaum zu erkennen ist (Baisch et al. 2018). Nicht von der Hand zu weisen sind Gefahren, dass Roboter ein menschlich fürsorgliches Umfeld in beträchtlichem Umfang ersetzen.

9.4 Fazit

Die gegenwärtige Diskussion zeigt, dass ethische Bewertungen autonomer Assistenzsysteme in der Pflege abhängig sind von den jeweils eingenommenen Beurteilungsperspektiven. Auch wenn normative Ansprüche im Wesentlichen die Respektierung personaler Selbstbestimmung sowie individuell artikulierten Wohlbefindens verlangen, so zeigt die Anwendung dieser Prinzipien, dass vor allem bei inkongruenten Perspektiven widersprüchliche Deutungen einer als entscheidungsbedürftig empfundenen Situation in den Vordergrund treten. Der Umgang mit dabei auftretenden Ambivalenzen ist ohnehin ein Charakteristikum pflegerischen (wie auch ärztlichen) Handelns in Ungewissheit. Genau dieser Tatbestand verlangt ein hohes Maß ethischer Sensibilität bei der Beurteilung technischer Systeme, denen der Anspruch der Erleichterung pflegerischen Handelns bzw. der Verbesserung der Lebensqualität pflegebedürftiger Menschen quasi funktional eingeschrieben ist. Fragen, was der Einsatz robotischer Systeme „mit Menschen

macht“, denen er auf verschiedenen Ebenen des Daseinsvollzugs zugute kommen soll, sind ebenso wenig von der Hand zu weisen wie Fragen, mit welchem Recht Gefühlszustände stark vulnerabler Patienten bzw. Bewohner künstlich manipuliert werden dürfen, einzig um einen ohnehin flüchtigen Beruhigungszustand zu erreichen. In welchem Ausmaße dürfen überhaupt robotische Systeme die persönliche Präsenz und lebendige Interaktion von Pflegefachkräften substituieren? Wenn die persönliche Begegnung mit Menschen in Bedrängnis eine elementare Voraussetzung professionellen Handelns ist (wodurch Ansätze von Telehealth oder Telenursing auf ihren menschengemäßen Radius zurückgeschraubt würden), so stellt sich die bis dato viel zu wenig beachtete Frage, unter welchen Voraussetzungen der technischen Entwicklung robotischer Systeme genau diese Sphäre zwischenmenschlicher Begegnung praktisch aufgewertet und verbessert werden könnte (Demand-Pull-Orientierung). Die kontinuierliche Einbindung von möglichen Leistungsempfängern (einschließlich pflegenden Angehörigen) sowie professionellen Akteuren in die Technikentwicklung ist allein schon aus ethischen Gründen geboten.

Literatur

- Baisch, S., Kolling, T., Rühl, S., Klein, B., Pantel, J., Oswald, F., & Knopf, M. (2018). Emotionale Roboter im Pflegekontext. Empirische Analyse des bisherigen Einsatzes und der Wirkungen von Paro und Pleo. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, *51*, 16–24.
- Becker, B. (2003). Zwischen Autonomie und Heteronomie. Zur Schwellensituation leiblicher Individualität. In T. Christaller & J. Wehner (Hrsg.), *Autonome Maschinen* (S. 56–68). Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Becker, G., Kaspar, R., & Kruse, A. (2010a). *Heidelberger Instrument zur Erfassung der Lebensqualität demenzkranker Menschen (H.I.L.DE)*. Bern.
- Becker, G., Kaspar, R., & Kruse, A. (2010b). Heidelberger Instrument zur Erfassung der Lebensqualität demenzkranker Menschen (H.I.L.DE) – das Instrument in seinen konzeptionellen Grundlagen und in seiner praktischen Anwendung. In A. Kruse (Hrsg.), *Lebensqualität bei Demenz? Zum gesellschaftlichen und individuellen Umgang mit einer Grenzsituation im Alter* (S. 137–156). Heidelberg.
- Beimborn, M., Kadi, S., Köberer, N., Mühleck, M., & Spindler, M. (2016). Focusing on the human: Interdisciplinary reflections on ageing and technology. In E. Domínguez-Rué & L. Nierling (Hrsg.), *Ageing and technology: Perspectives from the social sciences* (S. 311–333). Transcript.
- Belan, D., & Schiller, C. (2016). *Helfen ohne zu heilen: Berufsbedingte Belastungen und Bewältigungsstrategien von Palliativpflegekräften. Bd. 23 der Schriftenreihe Arbeit und Leben im Umbruch*. München: Hampp.
- Berkman, L. F., & Syme, L. F. (1979). Social networks, host resistance, and mortality: A nine-year follow-up study of Alameda country residents. *American Journal of Epidemiology*, *109*(2), 186–204.
- Borenstein, J., & Pearson, Y. (2012). Robot caregivers: Ethical issues across the human lifespan. In P. Lin, K. Abney, & G. A. Bekey (Hrsg.), *Robot ethics. The ethical and social implications of robotics* (S. 251–265). Cambridge.
- Conradi, E. (2010). Ethik und Politik. Wie eine Ethik der Achtsamkeit mit politischer Verantwortung verbunden werden kann. In R. Hartmut & K. Helen (Hrsg.), *Bioethics, Care and*

- Gender – Herausforderungen für Medizin, Pflege und Politik. Bd. 4 der Schriftenreihe: Pflegewissenschaft und Pflegebildung. Vandenhoeck & Ruprecht unipress, Universitätsverlag Osnabrück* (S. 91–117). Göttingen.
- Darbyshire, P. (2004). ‘Rage against the machine?’: Nurses’ and midwives’ experiences of using computerized patient information systems for clinical information. *Journal of Clinical Nursing, 13*, 17–25.
- Decker, M. (2010). Ein Abbild des Menschen: Humanoide Roboter. In M. Bölker (Hrsg.), *Information und Menschenbild* (S. 41–62). Berlin: Springer.
- Domínguez-Rué, E., & Nierling, L. (Hrsg.). (2016). *Ageing and technology: Perspectives from the social sciences*. transcript.
- Dunkel, W., & Wehrich, M. (2010). Arbeit als Interaktion. In F. Böhle, G. G. Voß, & G. Wachtler (Hrsg.), *Handbuch Arbeitssoziologie* (S. 177–200). Wiesbaden.
- Ehrentraut, O., Hackmann, T., Krämer, L., & Schmutz, S. (2015). Zukunft der Pflegepolitik-Perspektiven, Handlungsoptionen und Politikempfehlungen. Friedrich-Ebert-Stiftung (Hrsg.) Bonn. <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/12140.pdf>. Zugegriffen: 23. Mai 2016.
- Fine, M., & Spencer, R. (2009). Social isolation development of an assessment tool for HACC services. A literature review conducted for the New South Wales Department of Disability, Ageing and Home Care (DADHC).
- Glaser, J., Lampert, B., & Weigl, M. (2008). *Arbeit in der stationären Altenpflege – Analyse und Förderung von Arbeitsbedingungen, Interaktion, Gesundheit und Qualität*. Dortmund.
- Grunwald, A. (2005). Zur Rolle von Akzeptanz und Akzeptabilität von Technik bei der Bewältigung von Technikkonflikten. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, 14*(3), 54–60.
- Grunwald, A. (2013). Technik. In A. Grunwald (Hrsg.), *Handbuch Technikethik*, Metzler’sche Verlagsbuchhandlung. (S. 13–17). Stuttgart.
- Held, V. (2005). *The ethics of care. Personal, political and global*. Oxford University Press.
- Hertogh, C. M. P. M., Mei The, B. A., Miesen, B. M. L., & Eefsting, J. A. (2004). Truth telling and truthfulness in the care for patients with advanced dementia: An ethnographic study in Dutch nursing homes. *Social Science & Medicine, 59*(8), 1685–1693.
- Hinman, L. (2009). Robotic companions: Some ethical questions to consider. <http://ethicsmatters.net/Presentations/Popular/ICRA2009/Hinman,%20Robotic%20Companions--Ethical%20Considerations.pdf>.
- Hülsken-Giesler, M., & Remmers, H. (2017). Autonome Assistenzsysteme in der Pflege: Potenziale und Grenzen aus pflegewissenschaftlicher Sicht (PflegeRobot). Gutachten für den Deutschen Bundestag – vorgelegt dem Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB).
- Kamphof, I. (2016). Seeing again. Dementia, personhood and technology. In E. Domínguez-Rué & L. Nierling (Hrsg.), *Ageing and technology: Perspectives from the social sciences* (S. 163–181). transcript.
- Krings, B. J., Böhle, K., Decker, M., Nierling, L., & Schneider, C. (2014). *Serviceroboter in Pflegearrangements. Zukünftige Themen der Innovations-und Technikanalyse: Lessons learned und ausgewählte Ergebnisse* (S. 63–121). Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.
- Kruse, A. (2003). Lebensqualität im Alter. Befunde und Interventionsansätze. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie, 36*(6), 419–420.
- Kruse, A., Rentsch, Th., & Zimmermann, H.-P. (Hrsg.). (2012). *Gutes Leben im hohen Alter: Das Altern in seinen Entwicklungsmöglichkeiten und Entwicklungsgrenzen verstehen*. Heidelberg: Akademische Verlagsgesellschaft.
- Lawton, M. P., Haitmsa, K. van, & Klapper, J. (1996). Observed affect in nursing home residents with Alzheimer’s disease. *Journal of Gerontology 51*(B), 3–14.

- Mantovani, E., & Turnheim, B. (2016). Navigating the European landscape of ageing and ICT: Policy, governance, and the role of ethics. In E. Domínguez-Rué & L. Nierling (Hrsg.), *Ageing and technology: Perspectives from the social sciences* (S. 227–255). transcript.
- Murray, E., Burns, J., May, C., Finch, T., O'Donnell, C., Wallace, P., & Mair, F. (2011). Why is it difficult to implement e-health initiatives? A qualitative study. *Implementation Science*, 6(6), 1–11.
- Nagel, S. K., & Remmers, H. (2012). Self-perception and self-determination in surveillance conditions. *The American Journal of Bioethics*, 12(9), 53–55.
- Nussbaum, M. (2011). *Creating capabilities. The human development approach*. Cambridge: Harvard University Press.
- Oleson, F. (2006). Technological mediation and embodied health-care practices. In E. Selinger (Hrsg.), *Postphenomenology: A critical companion to ihde* (S. 231–247). Albany: State University of New York Press.
- Palm, E. (2014). A declaration of healthy dependence: The case of home care. *Health Care Analysis*, 22(4), 385–404.
- Peek, S., Wouters, E., Hoof, J. van, Luikx, K., Boeije, H., & Vrijhoef, H. (2014). Factors influencing acceptance of technology for aging in place: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 2014(83), 235–248.
- Pols, J. (2010). The heart of the matter: About good nursing and telecare. *Health Care Analysis*, 18(4), 374–388.
- Pols, J. (2012). *Care at a distance. On the closeness of technology*. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Rammert, W. (2003). Technik in Aktion: Verteiltes Handeln in soziotechnischen Konstellationen. In T. Christaller & J. Wehner (Hrsg.), *Autonome Maschinen* (S. 289–315). Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Remmers, H., & Hülsken-Giesler, M. (2011). e-Health Technologies in home care nursing: Recent survey results and subsequent ethical issues. In M. Ziefle & C. Röcker (Hrsg.), *Human-centered design of e-health technologies. Concepts, methods and applications* (S. 154–178). Hershey: Medical Information Science Reference (IGI Global).
- Remmers, H., & Hülsken-Giesler, M. (2012). Kreativität im Alter und die Bedeutung assistiver Technologien – Eine rehabilitationswissenschaftliche Perspektive. In A. Kruse (Hrsg.), *Kreativität und Medien im Alter* (S. 127–153). Heidelberg: Universitätsverlag Winter.
- Remmers, H. (2010). Environments for ageing, assistive technology and self-determination: Ethical perspectives. *Informatics for Health and Social Care (IHSC). Special Issue „Ageing and Technology“*. December 2010, 35(4), 236–246.
- Remmers, H. (2015). Natürlichkeit und Künstlichkeit. Zur Analyse und Bewertung von Technik in der Pflege des Menschen. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis. Hrsg. v. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse*, 24(2), 11–20.
- Remmers, H. (2016). Ethische Implikationen der Nutzung altersgerechter technischer Assistenzsysteme. Expertise zum Siebten Altenbericht der Bundesregierung. https://www.siebter-altenbericht.de/expertisen-zum-siebten-altenbericht/index.php?eID=tx_securedownloads&p=36&u=0&g=0&t=1518476604&hash=746bea4e1e023cdf06ea811d2e729cd5ce97767&file=/file-admin/altenbericht/pdf/Expertise_Remmers.pdf. Zugegriffen: 11. Febr. 2018.
- Robinson, H., MacDonald, B., & Broadbent, E. (2015). Physiological effects of a companion robot on blood pressure of older people in residential care facility: A pilot study. *Australasian Journal on Ageing*, 34(1), 27–32.
- Saczynski, J. S., Pfeifer, L. A., Masaki, K., Korf, E. S. C., Laurin, D., White, L., & Launer, L. J. (2006). The effect of social engagement on incident dementia: The Honolulu-Asia aging study. *American Journal of Epidemiology*, 163(5), 433–440.

- Saito, T., Shibata, T., Wada, K., & Tanie, K. (2003). *Relationship between interaction with the mental commit robot and change of stress reaction of the elderly*. Proceedings of the IEEE. International symposium on computational intelligence in robotics and automation. Kobe, S. 119–124.
- Sandel, M. J. (1998). *Liberalism and the limits of justice* (2. Aufl.). Cambridge University Press.
- Sävenstedt, S., Sandman, S. O., & Zingmark, K. (2006). The duality in using information and communication technology in elder care. *Journal of Advanced Nursing*, 56(1), 17–25.
- Sharkey, N., & Sharkey, A. (2012a). The eldercare factory. *Gerontology*, 58(3), 282–288.
- Sharkey, A., & Sharkey, N. (2012b). Granny and the robots. Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics and Information Technology*, 14(1), 27–40.
- Siep, L. (2004). *Konkrete Ethik. Grundlagen der Natur- und Kulturethik*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Simon R., Garthaus M., Koppenburger A., & Remmers H. (2018). Dorfgemeinschaft 2.0 – Altern und Digitalisierung im ländlichen Raum. Zur Entwicklung eines Instruments zur ethischen Fallbesprechung in der ambulanten Gesundheitsversorgung. In M. Pfannstiel, S. Krammer, & W. Swoboda (Hrsg.) (2018), *Digitalisierung von Dienstleistungen im Gesundheitswesen* (S. 293–315). Wiesbaden: Springer.
- Simon, A., & Nauck, F. (2013). Patientenautonomie in der klinischen Praxis. In C. Wiesemann & A. Simon (Hrsg.), *Patientenautonomie. Theoretische Grundlagen, praktische Anwendungen* (S. 167–179). Münster: Mentis.
- Sorell, T., & Draper, H. (2014). Robot carers, ethics, and older people. *Ethics and Information Technology*, 16(3), 183–195.
- Sorell, T., & Draper, H. (2012). Telecare, surveillance and the welfare state. *The American Journal of Bioethics*, 12(9), 36–44.
- Sparrow, R., & Sparrow, L. (2006). In the hands of machines? The future of aged care. *Minds and Machines*, 16, 141–161.
- Sparrow, R. (2002). The march of the robot dogs. *Ethics and Information Technology*, 4(4), 305–318.
- Strauss, A., Fagerhaugh, S., Suczek, B., & Wiener, C. (1980). Gefühlsarbeit. Ein Beitrag zur Arbeits- und Berufssoziologie. In *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* (Bd. 32, S. 629–665).
- Sung, H. C., Chang, S. M., Chin, M. Y., & Lee, W. L. (2015). Robot-assisted therapy for improving social interactions and activity participation among institutionalized older adults: A pilot study. *Asia-Pacific Psychiatry: Official Journal of the Pacific Rim College of Psychiatrists*, 7(1), 1–6.
- Szebehely, M., & Trydegard, G.-B. (2012). Home care for older people in Sweden: A universal model in transition. *Health and Social Care in the Community*, 20(3), 300–309.
- Valenti Soler, M., Aguera-Ortiz, L., Olazarán Rodríguez, J., Mendoza Rebolledo, C., Pérez Muñoz, A., Rodríguez Pérez, I., Osa Ruiz, E., Barrios Sánchez, A., Herrero Cano, V., Carrasco Chillon, L., Felipe Ruiz, S., López Álvarez, J., León Salas, B., Canas Plaza, J. M., Martín Rico, F., Abella Dago, G., & Martínez Martín, P. (2015). Social robots in advanced dementia. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7, 133.
- Dyk, S. van (2009). ‘Junge Alte’ im Spannungsfeld von liberaler Aktivierung, Ageism und Anti-Aging-Strategien. In Dyk, S. van & S. Lessenich (Hrsg.), *Die jungen Alten. Analysen einer neuen Sozialfigur* (S. 316–339). Frankfurt a. M.: Campus.
- Wada, K., Shibata, T., Musha, T., & Kimura, S. (2008). Robot therapy for elders affected by dementia. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 27(4), 53–60.
- Waldenfels, B. (1994). *Antwort-Register*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Weishaupt, S. (2006). Subjektivierendes Arbeitshandeln in der Altenpflege – Die Interaktion mit dem Körper. In F. Böhle & J. Glaser (Hrsg.), *Arbeit in der Interaktion – Interaktion als Arbeit. Arbeitsorganisation und Interaktionsarbeit in der Dienstleistung* (S. 85–106). Wiesbaden.

- Whitby, B. (2012). Do you want a robot lover? The ethics of caring technologies. In P. Lin, K. Abney, & G. A. Bekey (Hrsg.), *Robot ethics. The ethical and social implications of robotics* (S. 233–248). Cambridge.
- Winnicott, D. W. (1953). Transitional objects and transitional phenomena. *International Journal of Psycho-Analysis*, 34, 88–97.
- Zunzunegui, M.-V., Alvarado, B. E., Del Ser, T., & Otero, A. (2003). Social networks, social integration, and social engagement determine cognitive decline in community-dwelling Spanish older adults. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 58(2), 93–100.

Hartmut Remmers, Prof. Dr. phil. habil., Universität Osnabrück, Fachbereich Humanwissenschaften, Institut für Gesundheitsforschung und Bildung, Leiter der Abteilung Pflegewissenschaft.

Prof. Remmers war nach einem Studium der Philosophie, Geschichte, Soziologie, Sozialpsychologie und Germanistik (Göttingen und Hannover) sowie Promotion in den Instituten für Soziologie und Politikwissenschaft sowie im Forschungszentrum Zeitgeschichte von Bildung und Wissenschaft der Leibniz-Universität Hannover tätig. An der Universität Bremen hat er als wissenschaftlicher Assistent den ersten berufsbildenden Lehramtsstudiengang Pflegewissenschaft in Deutschland mit aufgebaut. Nach seiner dortigen Habilitation wechselte er an die Universität Osnabrück und leitet dort als Professor die Arbeitsgruppe Pflegewissenschaft. Zu seinen Arbeits- und Forschungsschwerpunkten gehören: Onkologische Pflege, Palliative Care, Alter und Technik, theoretische Grundlagen pflegerischen Handelns, Ethik im Gesundheitswesen.

Das Interesse an Fragen moderner Technologien durchzieht seinen gesamten wissenschaftlichen Werdegang. Bereits in seiner Dissertation über den Soziologen Hans Freyer spielten Fragen der Technik als prägender Faktor moderner Industriegesellschaften (Technokratie-These) eine zentrale Rolle. In den letzten beiden Jahrzehnten führte die Engführung von gerontologischer Pflegeforschung und Entwicklung technischer Assistenzsysteme zu Fragestellungen, die wiederum ins Zentrum philosophischer Grundlagenforschung führen: der theoretischen Explikation und ethisch-normativen Bewertung und Regulation künstlicher Lebensformen.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.





Implementing Responsible Research and Innovation for Care Robots through BS 8611

10

Bernd Carsten Stahl

Abstract

The concept of responsible research and innovation (RRI) has gained prominence in European research. It has been integrated into the EU's Horizon 2020 research framework as well as a number of individual Member States' research strategies. Elsewhere we have discussed how the idea of RRI can be applied to healthcare robots (Stahl and Coeckelbergh 2016) and we have speculated what such an implementation might look like in social reality (Stahl et al. 2014). In this paper I will explore how parallel developments reflect the reasoning in RRI. The focus of the paper will therefore be on the recently published standard on "Robots and robotic devices: Guide to the ethical design and application of robots and robotic systems" (BSI 2016). I will analyse the standard and discuss how it can be applied to care robots. The key question to be discussed is whether and to what degree this can be seen as an implementation of RRI in the area of care robotics.

10.1 Introduction

The concept of responsible research and innovation (RRI) has gained significant currency in recent years. It has been used to discuss how societies can influence their research and innovation activities in a way that will render these more likely to be socially acceptable, desirable and sustainable. The discourse around RRI has covered a broad number of fields of science and technology research. A current high profile area of

B. C. Stahl (✉)

Department of Informatics, Centre for Computing and Social Responsibility,
De Montfort University, Leicester, United Kingdom
E-Mail: bstahl@dmu.ac.uk

© Der/die Autor(en) 2018

O. Bendel (Hrsg.), *Pflegeroboter*; https://doi.org/10.1007/978-3-658-22698-5_10

181

concern is the combination of artificial intelligence (AI), big data analytics and robotics which promises imminent disruptive changes. One particular application area in this field is the area of care robotics.

At present much research is undertaken to find ways of implementing and realising the principles of RRI in research and innovation practices. RRI raises some fundamental questions of research governance, such as the intractable problem of how the future can be forecast with sufficient accuracy to allow for meaningful interventions in the present. It also raises numerous practical questions concerning the integration of RRI thoughts into current research and innovation ecosystems. In addition RRI will have to be applied in a way that is sensitive to the local environment and research field, if it is to be successful.

This paper asks the question how RRI can be implemented in research and innovation activities concerning care robots. More specifically, it will investigate a recent development in the area of standardisation, the BS 8611 “Robots and robotic devices: Guide to the ethical design and application of robots and robotic systems” (BSI 2016). The question discussed in this paper is whether and to what degree this new standard can be understood as a way of implementing RRI in care robotics.

In order to answer this question I will first introduce RRI in more detail and discuss the limitations of the current RRI discourse. Following this I will introduce the characteristics and ethical concerns raised by care robots. The subsequent section will outline the BS 8611 standard. Having thus provided the full background, I will discuss how BS 8611 can be applied to care robots and review whether this can be seen as an implementation of RRI. The paper concludes with recommendations for both theory and practice that should help promote RRI in the field of care robots.

10.2 Responsible Research and Innovation

RRI has gained prominence since approximately 2010 as a key term that is used to describe open and participative approaches to research and innovation governance. Von Schomberg’s (2011, p. 9) widely cited definition displays many of RRI’s key characteristics:

Responsible Research and Innovation is a transparent, interactive process by which societal actors and innovators become mutually responsive to each other with a view on the (ethical) acceptability, sustainability and societal desirability of the innovation process and its marketable products (in order to allow a proper embedding of scientific and technological advances in our society).

This chapter does not offer the space for a comprehensive review of the quickly growing discourse on RRI. Suffice it to say that it is now the subject of edited books (Hankins 2012; Owen et al. 2013), conferences (Bogner et al. 2015; Hoven et al. 2014) and there is a dedicated journal, the journal of Responsible Innovation.

One of the reasons why RRI has been a highly successful term is that it has been adopted by research funders in attempts to steer research in certain directions. This started out

with the Dutch MVI programme and was taken up by other research funding organisations, notably the European Commission (EC). The EC has adopted RRI as a cross-cutting activity in its Horizon 2020 research framework programme. Given the significant financial value of H2020 of about € 80 billion and the leadership function that this programme has across Europe in inspiring other funders, this has been a key driver for the wider adoption of RRI. It is important to note that the EC has developed a conception of RRI that focuses on six keys: public engagement, gender equality, ethics, science education, open access and governance (European Commission 2013). This European conception of RRI highlights a number of important aspects of RRI but is arguably somewhat narrower than the academic RRI discourse calls for. It is therefore important to note that there are alternative conceptualisations of RRI. For the purposes of this paper, I will use the concept of RRI as put developed by Stilgoe et al. (2013) and subsequently adopted by the UK Engineering and Physical Sciences Research Council (Owen 2014). This concept represents RRI using the acronym AREA, which stands for anticipation, reflection, engagement and action. A piece of research or innovation activity, in order to count as having been undertaken responsibly, would need to incorporate anticipation about possible consequences, integrate mechanisms of reflection about the work, its aims and purposes, engage with relevant stakeholders and guide action of researchers accordingly.

Elsewhere (Jirotko et al. 2017) we have developed this AREA framework further by adding what we called the 4 Ps: Process, Product, Purpose and People. This represents an attempt to render the AREA framework more accessible and practical by guiding users to reflect on the process of undertaking the work, guiding their attention to the products or outcomes of the research, explicitly highlighting the importance of considering the purpose of the research and continuously focusing on the people who are involved and likely to be affected in the research and innovation. We have presented this AREA-4P framework as a matrix with each cell in the matrix containing some guiding questions that will help users to consider important parts and aspects of their work. This matrix looks as follows (Table 10.1):

I will use this view of RRI to explore whether and to what degree the BS 8611 standard represents an implementation of RRI in care robots. To do so, I now briefly discuss care robots and the ethical concerns that are typically associated with these.

10.3 Characteristics of Care Robots and Ethical Concerns

Robots as embodied information and communication technology (ICT) that can directly interact with their external environments have been a source of fascination and anxiety ever since they were first proposed. These mixed emotions are most strongly triggered by anthropomorphic robots, but they can be observed in the case of most other robots as well. Positions on robots range from the widely optimistic that see robots as integral part to the solution to most human problems (Brooks 2002) to dystopian visions of robots as

Table 10.1 AREA-4P view or RRI, adapted from (Jirotko et al. 2017)

	Process	Product	Purpose	People
Anticipate	Is the planned research methodology acceptable?	Will the products be socially desirable? How sustainable are the outcomes?	Why should this research be undertaken?	Have we included the right stakeholders?
Reflect	Which mechanisms are used to reflect on process? How could you do it differently?	How do you know what the consequences might be? What might be the potential use? What don't we know about? How can we ensure societal desirability? How could you do it differently?	Is the research controversial? How could you do it differently?	Who is affected? How could you do it differently?
Engage	How to engage a wide group of stakeholders?	What are viewpoints of a wide group of stakeholders?	Is the research agenda acceptable?	Who prioritises research? For whom is the research done?
Act	How can your research structure become flexible? What training is required? What infrastructure is required?	What needs to be done to ensure social desirability? What training is required? What infrastructure is required?	How do we ensure that the implied future is desirable? What training is required? What infrastructure is required?	Who matters? What training is required? What infrastructure is required?

AREA-4P matrix of RRI in ICT (www.orbit-rrri.org/framework/)

the end of human civilisation or maybe even humanity, as represented in much popular culture and science fiction output.

In this paper the focus is on care robots, i. e. robotic devices that provide or support the human provision of care or aspects thereof. There is significant overlap with medical robots as well as social robots, such as artificial companions. The exact delineation of care robots is less important here than the concerns that one can find in the literature.

Elsewhere we have described these concerns in more detail (Stahl and Coeckelbergh 2016). In this paper I only briefly recapitulate what these concerns are, to provide the background of the ethical problems that RRI needs to address and that BS 8611 should be sensitive to. We distinguish between three types of ethical concerns, each with a set of individual problems.

The first set of issues arises from a critical evaluation of the vision that drives health-care technology and their implications for society. These include the replacement of human beings and the implications that such replacement has for labour. For instance, in research concerning the development of robots for the elderly, robots are often presented as a response to demographic challenges (Fischinger et al. 2015). But it is not clear that such technological solutions can or should be the solution to the problem. It is similarly not clear to what degree this really constitutes an economic problem and a threat to employment and what the consequences for human care work would be. A second example is the replacement of humans and its implications for the quality of care; the dehumanization of care. An important fear in discussions about robots in healthcare is that robots may replace human care givers, and that this may not only put these people out of job, but also remove the capacity for “warm”, “human” care from the care process. It is highly doubtful, for instance, if robots could ever be truly empathic (Stahl et al. 2014) or have emotions (Coeckelbergh 2010). There is the concern that elderly people are abandoned, handed over to robots (Sparrow and Sparrow 2006) devoid of human contact (Sharkey and Sharkey 2010). Concerns arise both with regards to the potential objectification of care givers and care receivers.

A second set of issues has less to do with the idea of replacement and more with human-robot interaction in healthcare. A key issue discussed in this respect is autonomy. While autonomy comes in degrees and not all healthcare robots are autonomous, the concept of machine autonomy is often seen as problematic. In addition to the question of human replacement, it raises fundamental questions about the appropriateness of autonomous machines and the degree to which autonomy would be acceptable. In practical terms this raises questions about liability and responsibility. It is open to debate which roles and tasks should be undertaken by robots and to what degree it is legitimate to provide them with autonomy. On one extreme end of the spectrum of possible answers to this one can find fully autonomous robots that interact with care receivers without human input. In this case one could argue that robots should be endowed with a capacity to undertake ethical reasoning (Anderson and Anderson 2015; Wallach and Allen 2008). However, the very possibility of constructing such ethical reasoning in machines is contested. Increased use of robots in care and the possibility of robots acting increasingly

autonomously raise broad questions about responsibility and liability. The attribution of responsibility to designers, vendors and users of such robots and maybe even the robots themselves is not clear. If something goes wrong, who is to blame and who will be held legally liable? Further concerns include that using robots as social companions, in particular for vulnerable individuals may amount to deception, as the care receivers may not understand the way in which the technology works (Coeckelbergh 2012; Sparrow and Sparrow 2006). Finally, there are issues concerning trust that are raised because the transfer of human activities to robots may invite the transfer of trust originally vested in human carers. However, it is not clear that such a transfer of trust would be appropriate.

In addition to these specific issues related to robots and their role in healthcare and general human interaction, some concerns relate to ICT and its social impact in general. Many of these are applicable to robots in care situation as well. The most prominent among these are privacy and data protection. Robotics research and use of robots in healthcare can raise questions about which data are collected, how they are stored, who has access to them, who owns them, what happens to them, and so on. Furthermore there are questions of safety and avoidance of harm. Robots should not harm people and be safe to work with. This point is especially important in healthcare and related domains, since it often involves vulnerable people such as ill people, elderly people, and children.

This quick overview does not aim to be comprehensive but lists the key issues that can be taken as a first step to determine whether attempts to address ethical issues of care robots have been addressed. Previously we have suggested that RRI provides mechanisms to identify and address these issues (Stahl and Coeckelbergh 2016). In this paper the question is whether BS 8611 provides practical tools to realise this promise and thereby implement RRI for care robots.

10.4 BS 8611—Robots and Robotic Devices: Guide to the Ethical Design and Application of Robots and Robotic Systems

This section starts by giving a short overview of the ethical hazards described in BS 8611. This is followed by a discussion of how ethical risk assessment and management is to be undertaken according to BS 8611.

10.4.1 BS 8611 and Ethical Hazards

BS (British Standard) 8611 (BSI 2016) was published by BSI, the British Standards Institution in 2016. Its scope (section 1) clearly locates the document in the context of existing standardisation around robotics. The main aim is to identify “potential ethical harm” and provide “guidelines on safe design, protective measures and information for the design and application of robots” (p. 1). The overall document is framed in terms of risk identification

and risk management. Physical risks posed by robots are well documented and standards exist to help industry and developers to deal with these. BS 8611 therefore cites as “normative references” (section 2 of the standard) a set of existing standards in this area: BS EN ISO 12100:2010, Safety of machinery—General principles for design—Risk assessment and risk reduction (ISO 12100:2010); BS ISO 8373, Robots and robotic devices—Vocabulary; BS ISO 31000, Risk management—Principles and guidelines.

Unlike the existing body of standardisation, the focus of BS 8611 is on “ethical harm”. This is defined in section 3 (terms and definition) of the standard as “anything likely to compromise psychological and/or societal and environmental well-being”. An explanatory note elaborates that “Examples of ethical harm include stress, embarrassment, anxiety, addiction, discomfort, deception, humiliation, being disregarded. This might be experienced in relation to a person’s gender, race, religion, age, disability, poverty or many other factors.” Ethical hazards are defined as sources of ethical harms and ethical risks are said to be “probability of ethical harm occurring from the frequency and severity of exposure to a hazard”. It is interesting to note that RRI is also defined in the document as the “process that seeks to promote creativity and opportunities for science and innovation that are socially desirable and undertaken in the public interest”.

The subsequent substantive sections of BS 8611 then follow the order of “ethical risk assessment” (section 4), ethical guidelines and measures (section 5), ethics-related system design recommendations (section 6), verification and validation (section 7) and information for use (section 8).

The ethical risk assessment in section 4 starts with a table that lists ethical issues, ethical hazards and ethical risks. For each of these there is a suggested mitigation, space for comments and a validation mechanism. The ethical issues are the top level concerns. They are broken down into societal, application, commercial/financial and environmental. The largest group is that of societal issues. It includes the ethical issues of loss of trust, intentional or unintentional deception, anthropomorphisation, privacy and confidentiality, lack of respect for cultural diversity and pluralism, robot addiction, and employment. Application issues listed are misuse, unsuitable divergent use, dehumanisation of humans in the relationship with robots, inappropriate “trust” of a human by a robot and self-learning systems exceeding its remit. Under commercial/financial issues the BS document lists the appropriation of legal responsibility and authority, employment issues, equality of access, learning by robots that have some degree of behavioural autonomy, and informed consent. The environmental issues section, finally lists the hazards of environmental awareness (robots and appliances) and environmental awareness (operations and applications).

The ethical risk column spells out how these hazards translate into ethical risks. In each case this is followed by a suggested mitigation, comments and validation mechanisms.

10.4.2 Ethical Risk Assessment and Management in BS 8611

The practice and implementation of ethical risk management for robots is described in the text following overview table. Section 4.2 then spells out how ethical hazard identification should be put in practice. This starts with a reminder that the hazards need to be reviewed with the people and animals potentially affected by them. It is also pointed out that new developments in robotics may lead to new ethical hazards and risks.

The next steps of the risk management process are then discussed and related to existing risk management approaches that are described in other standards. It is suggested that ethical hazards can be treated in a similar way to ergonomic hazards. In line with BS EN ISO 14971 it is made clear that ethical hazards and risks for medical technologies will always have to be balanced with the benefits for users or beneficiaries.

Ethical risk assessment, as described in section 4.3 should be undertaken with regards to various human-robot interaction scenarios. This includes unauthorised use, reasonably foreseeable misuse, the uncertainty of situations to be dealt with, psychological effects of failure in the control system, possible reconfiguration of the system and ethical hazards associated with specific robot applications. As a rule of thumb, it is suggested that the risk of a robot performing an operation should not be higher than the risk of a human performing the same operation.

The final subsection of section 4 focuses on learning robots. It offers a categorisation of learning, depending on the degree of autonomy of the robot that covers three stages: environmental, performance enhancement and strategy. Learning robots, it is pointed out, raise additional ethical hazards because they can perform differently from otherwise identical robots.

Section 5 of the standard covers ethical guidelines and measures. Starting with general societal ethical guidelines, the document lists a number of norms that robots need to be taken into account when designing and building robots. These include that robots should not be designed solely or primarily to kill or harm humans, that humans and not robots are responsible agents, that they should be secure and not deceptive. The section refers to other norms, such as the precautionary principle and privacy by design. Roboticians are recommended to work responsibly by engaging with the public, addressing public concerns, demonstrate commitment to best practice, working with experts from other disciplines and the media and providing clear instructions. The document provides a list of groups that can help with engagement with various stakeholders. This is followed by a number of sections that spell out in more detail some of the high level ethical topics of concern, including privacy and confidentiality, respect for human dignity, human rights, cultural diversity and pluralism, dehumanisation of humans, legal issues, the balancing of risks and benefits, individual, organisational and social responsibility, informed consent, informed command, robot addiction and dependence on robots, anthropomorphization of robots and robots and employment. Section 5 concludes by pointing to a number of application areas and specific issues these may raise. The areas include rehabilitation, medical use, military use, commercial and financial guidelines and a reference to environmental and sustainability issues.

Section 6 covers ethics-related system design recommendations which promote the use of inherently ethical design or, where this is not possible, the use of safeguards and protective measures to protect robot users from harm. It also points to the protection against the perception of harm. Such perceptions, e.g. a close encounter or near collision with a self-driven vehicle, can itself count as harm and should be avoided.

Section 7 covers verification and validation. These are defined as follows: “‘verification’ checks that a system does what its specification requires it to do, whereas “validation” checks that a system does what its users expect. Precise specifications are needed in order to carry out verification, while user engagement is needed in order to carry out validation” (p. 14). Various methods for both verification and validation are then discussed.

The final section of BS 8611 covers information for use of robots. This covers general points such as the language in which usage information should be provided and which potential users need to be able to interact with robots and thus be capable of understanding use information. More detail is given in separate sections on markings or indications as well as the user manual and the service manual.

10.5 BS 8611 as Implementation of RRI in Care Robots

Having now introduced the concept of RRI, the ethical concerns about care robots and BS 8611 this section discusses how and to which degree BS 8611 can help realise or implement RRI.

It is probably not surprising that BS 8611 is closely aligned to RRI and offers a way of implementing or realising RRI in robotics. The standard quotes Rome Declaration on RRI (2014) as an inspiration. It subsequently touches on many of the aspects and components of RRI. From the perspective of RRI it is important that the standard signals to the robotics research community that issues of ethics and social responsibility are to be taken seriously. By having gone through the consultation process that is associated with standardisation and having the official seal of approval from the British Standards Institute, BS 8611 represents an important statement underlining the relevance of these issues.

In addition to the general political support that BS 8611 lends to the principle and idea of RRI, it provides important practical advice to roboticists. Most technicians and robotics researchers and developers are familiar with various ethical and social questions related to robots. The current debate surrounding artificial intelligence, big data analytics and robotics is difficult to ignore and researchers are generally happy to engage in it. There is a big difference, however, between generally engaging in a debate and practically changing one’s work to address such issues. BS 8611 represents a tool that helps roboticists to do just that. Technology researchers and developers are used to working with standards and are very likely to be able to implement this standard in practice.

The list of ethical hazards that BS 8611 covers is significant and broadly covers the issues that the general discussion of robot ethics covers. The standard states that the list is not comprehensive, however, which leaves open the question of how the list will be

maintained and updated. And, like all such lists of issues, it carries the risk that researchers who have worked through all of the issues will assume that they have done all there is to do and subsequently overlook issues that are not covered. In light of the extensive coverage of the list this risk is probably low, but it should not be discounted altogether.

A further positive aspect of BS 8611 is that it explicitly includes a focus on misuse and non-intended use. In our research on RRI in ICT (Jirotko et al. 2017) we have found that this is a topic that researchers and developers are not always comfortable with. A typical position is that research is a valuable good in itself because it contributes to knowledge, which is a value per se. Researchers are often reluctant to engage in the question of what the social consequences of their work will be, frequently and rightly citing the uncertainty of prediction of future use. They are even more reluctant to engage with the question of misuse, tending to see this as a social and policy problem that is beyond their remit. This position is not entirely unreasonable. However, in present research funding environments researchers are typically required to elaborate on the practical impact of their work. The higher the technology readiness level of the work, the closer to market it is, the more specific such views of the impact are expected to be. By the same token, it would seem to be appropriate to reflect on the non-intended practical consequences of research and development. These will not be possible to comprehensively predict, but they are not completely unknowable either. By highlighting the question of misuse, BS 8611 makes an important contribution in raising awareness of this important aspect of robot development.

A further strength of BS 8611 is its emphasis on validation and verification. Again, these are activities that are more prevalent at higher technology readiness levels and less obvious in more fundamental and basic research. Requiring reflection on validation and verification puts pressure on the individuals and organisations involved in work on care robots to develop useful metrics that can be applied to RRI.

While BS 8611 is thus a positive contribution to RRI and most likely applicable and relevant to work on care robots, it raises a number of further questions that will need debate. Firstly, the linked nature of the standard and its reliance on a set of other standards mean that it is not a stand-alone document but requires users to have access to various other standards and the ability to work through and implement those.

There are some questions about the provenance and justification of the content. Section 5 of the standard explicates a number of norms. All of these are perfectly reasonable and reflect the norms that modern democratic societies are trying to uphold. What is not clear, however, is how this list of norms was generated and what its status is meant to be. Presumably it is not a comprehensive list, which leads to the same problem observed earlier with regards to the list of ethical risks. It may lead to an assumption of comprehensive coverage where this is not given and maybe not even possible.

Another observation with regards to the norms in section 5 is that it does not discuss the question of conflicting norms. It is easy to imagine cases where different norms conflict in care robotics, where for example the requirement to protect private data may collide with the social responsibility of care for a patient. Quality of service delivery may

similarly collide with the norm of employment, where a human may be made redundant, if a robot can perform a particular task better than a human. Such value conflicts often arise and are subject of discussion in ethics and RRI (Fleischmann and Wallace 2010; Hedström et al. 2011). BS 8611 could be clearer on how individuals encountering such value conflicts are expected to deal with them.

One reason why value conflicts arise is that there are numerous different values held by members of society and they often do not agree on these or their priorities. This is one of the reasons why public engagement plays an increasing role in research and innovation governance and plays a central role in RRI. BS 8611 recognises this and makes explicit reference to such public engagement. Where the standard could go further is in the description of what such public engagement could look like or how stakeholders could be engaged. There is a rich literature on this topic which is not referenced (Arnstein 1969; Est 2011; European Commission 2014). Moreover, there are various traditions of public engagement. The traditional one sees public engagement as an activity that educates the public to ensure that technologies are met with acceptance. The other position sees public engagement as a mechanism of co-creation technologies in collaboration between researchers or experts and affected stakeholders (Jasanoff 2003). It is important to realise that RRI very much aims at the latter model, sometimes referred to as mode 2 of knowledge creation (Nowotny et al. 2003). While the standard cannot reasonably be expected to cover this complex topic in any depth, it could provide more pointers to existing debates.

Similar to the uncertainty that BS 8611 leaves with regards to public engagement, it also fails to give sufficient guidance on another aspect that is of crucial importance in developing robots responsibly, namely cost-benefit analysis. The standard rightly points out that in many cases different values and aims may need to be considered and decisions have to be made that lead to the overall best outcome. Risk-benefit analysis is thus presumably part of the answer to the question raised earlier, namely how value conflicts can be managed. However, the standard says very little about the practical challenges this raises and how these can be overcome. Similarly to the case of public engagement, at least some more references and pointers would have helped the practical applicability.

And, finally, there are questions to be asked concerning the overall positioning of the standard in the RRI discourse. On the one hand the standard cites the highly aspirational vision of RRI that describes RRI as an attempt to promote creativity and opportunities for science and innovation that are socially desirable and undertaken in the public interest. While this large, and difficult to achieve, aspiration informs the standard, the way it is developed focuses much more on immediate concerns in terms of risk assessment and mitigation. The potential for RRI to be a source of creativity is not developed in depth. Furthermore, the focus on risk assessment limits the type of issue to be discussed. In the case of care robots this means that some of the foundational questions, such as the question how we conceptualise care in the first instance, or which resources our societies are willing to invest in care of older people or people with particular diseases or conditions, cannot be addressed.

This shortcoming is not confined to BS 8611 but it is a general issue of RRI. On the one hand it tends to be advertised with great gestures of better societal embedding of science and research. On the other hand practical implementations tend to be more focused on the delivery of science and research in practice. As this happens in particular organisations, the concerns of these organisations take centre stage which includes a focus on specific risks. One can thus not fault the standard for using a language that its users are likely to understand and respond to. The consequence of this language and the focus it sets is nevertheless a possible impoverishment of RRI in practice.

10.6 Conclusion

This paper has discussed the question whether BS 8611 can help or even implement RRI with a particular emphasis on the application area of care robots. The answer is fundamentally positive and the analysis of the standard in light of the RRI discourse on care robots has demonstrated that BS 8611 can provide important support for researchers and developers working on care robots and wishing to take ethical and social considerations seriously.

The standard is of course not perfect and in the discussion I pointed to several areas that could benefit from additional insights, references or work. However, as successful standards are subject to regular review, one can hope that these changes can be incorporated, if they prove to be truly relevant to the user communities.

This paper was written exclusively on the basis of a textual analysis of BS 6811. The analysis and discussion is thus not informed by empirical insights into the way the standard can be used in practice. This will be the natural next step. Understanding how actual researchers and developers make use of the standard and how this influences their work and its outcomes will be an important next step. This will not only help the individuals working in the area and—ideally—the quality of the outcomes of their work, but it can make an important contribution to the development of RRI. BS 6811 is the first standard that has its roots at least partially in the RRI debate. Other standards are currently in preparation, such as the IEEE family of standards on ethics in ICT. If BS 6811 proves to be successful and can help individuals and organisations to do their work responsibly, then the next wave of standardisation may help promote RRI more broadly and with it its aim to ensure that science and technical developments contribute to a better world.

References

- Anderson, S. L., Anderson, M. (2015). Towards a Principle-Based Healthcare Agent. In S. P. van Rysewyk, M. Pontier (Hrsg.), *Machine Medical Ethics* (S. 67–78). Cham: Springer.
- Arnstein, S.R. (1969). A Ladder Of Citizen Participation. *Journal of the American Institute of Planners*, 35, 216–224. <https://doi.org/10.1080/01944366908977225>.
- Bogner, A., Decker, M., Sotoudeh, M. (Hrsg.). (2015). *Responsible Innovation – Neue Impluse fuer die Technikfolgenabschaetzung, Gesellschaft – Technik – Umwelt*. Baden-Baden: Nomos.

- Brooks, R.A. (2002). *Flesh and Machines: How Robots will change us*. New York: Pantheon Books.
- BSI, 2016. BS 8611 – Robots and robotic devices: Guide to the ethical design and application of robots and robotic systems (No. BS 8611:2016). BSI Standards Publication.
- Coeckelbergh, M. (2010). Health Care, Capabilities, and AI Assistive Technologies. *Ethical Theory and Moral Practice*, 13, 181–190.
- Coeckelbergh, M. (2012). Are emotional robots deceptive? *IEEE Transactions on Affective Computing*, 3, 388–393. <https://doi.org/10.1109/t-affc.2011.29>.
- Est, R. van, (2011). The broad challenge of public engagement in science. *Science and engineering ethics*, 17, 639–648. <https://doi.org/10.1007/s11948-011-9296-9>.
- European Commission. (2014). Vademecum on Public Engagement in Horizon 2020 (Inofficial working document).
- European Commission. (2013). Options for Strengthening Responsible Research and Innovation (Report of the Expert Group on the State of Art in Europe on Responsible Research and Innovation). Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Fischinger, D., Einramhof, P., Papoutsakis, K., Wohlking, W., Mayer, P., Panek, P., Hofmann, S., Koertner, T., Weiss, A., Argyros, A., Vincze, M. (2015). Hobbit, a care robot supporting independent living at home: First prototype and lessons learned. *Robotics and Autonomous Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2014.09.029>.
- Fleischmann, K., Wallace, W. (2010). Value conflicts in computational modeling. *Computer*, 43, 57–63.
- Hanks, J. (2012). A handbook for responsible innovation, 1st ed. Fondazione Giannino Bassetti.
- Hedström, K., Kolkowska, E., Karlsson, F., Allen, J.P. (2011). Value conflicts for information security management. *The Journal of Strategic Information Systems*, 20, 373–384. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2011.06.001>.
- Jasanoff, S. (2003). Technologies of humility: Citizen participation in governing science. *Minerva*, 41, 223–244. <https://doi.org/10.1023/a:1025557512320>.
- Jirotko, M., Grimpe, B., Stahl, B., Hartswood, M., Eden, G. (2017). Responsible research and innovation in the digital age. *Communications of the ACM*, 60, 62–68. <https://doi.org/10.1145/3064940>.
- Nowotny, H., Scott, P., Gibbons, M. (2003). Introduction: ‘Mode 2’ Revisited: The New Production of Knowledge. *Minerva*, 41, 179–194. <https://doi.org/10.1023/a:1025505528250>.
- Owen, R. (2014). The UK Engineering and Physical Sciences Research Council’s commitment to a framework for responsible innovation. *Journal of Responsible Innovation*, 1, 113–117. <https://doi.org/10.1080/23299460.2014.882065>.
- Owen, R., Heintz, M., Bessant, J. (Hrsg.). (2013). *Responsible innovation*. Hoboken: Wiley.
- Rome Declaration. (2014). Rome declaration on responsible research and innovation in Europe.
- Sharkey, A., Sharkey, N. (2010). Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics and information technology*. <https://doi.org/10.1007/s10676-010-9234-6>.
- Sparrow, R., Sparrow, L. (2006). In the hands of machines? The future of aged care. *Minds and Machines*, 16, 141–161.
- Stahl, B.C., Coeckelbergh, M. (2016). Ethics of healthcare robotics: Towards responsible research and innovation. *Robotics and Autonomous Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2016.08.018>.
- Stahl, B.C., McBride, N., Wakunuma, K., Flick, C. (2014). The empathic care robot: A prototype of responsible research and innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 84, 74–85. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.001>.
- Stilgoe, J., Owen, R., Macnaghten, P. (2013). Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy*, 42, 1568–1580. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.05.008>.
- Van den Hoven, J., Doorn, N., Swierstra, T. (Hrsg.). (2014). *Responsible innovation 1: Innovative solutions for global issues*. New York: Springer.

- Von Schomberg, R. (Hrsg.). (2011). *Towards responsible research and innovation in the information and communication technologies and security technologies fields*. Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- Wallach, W., Allen, C. (2008). *Moral machines: Teaching robots right from wrong*. New York: Oxford University Press.

Bernd Carsten Stahl is Professor of Critical Research in Technology and Director of the Centre for Computing and Social Responsibility at De Montfort University, Leicester, UK. His interests cover philosophical issues arising from the intersections of business, technology, and information. This includes ethical questions of current and emerging of ICTs, critical approaches to information systems and issues related to responsible research and innovation.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Operations-, Therapie- und Pflegeroboter aus ethischer Sicht

Oliver Bendel

Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag geht auf unterschiedliche Roboter im Gesundheitsbereich ein, auf Operations-, Therapie- und Pflegeroboter. Es werden die Ziele, Aufgaben und Merkmale geklärt, und es findet eine Diskussion aus ethischer Sicht statt, wobei teilweise im doppelten Sinne vergleichbare Fragen gestellt (und teilweise unterschiedliche Antworten gegeben) werden. Am Ende soll deutlich werden, wie sich das Gesundheitswesen durch den Einsatz der neuen Assistenten und Akteure verändert, welche Implikationen und Konsequenzen dieser hat, für den Einzelnen, für die Gesellschaft und für einschlägige Einrichtungen, und welche Möglichkeiten für einen Betroffenen bestehen, sich für die eine oder andere Option zu entscheiden.

11.1 Einleitung

Seit tausenden Jahren stellen wir uns künstliche Kreaturen vor, seit hundertern bauen wir sie. Bei Homer und Ovid finden sich Menschmaschinen und Tierartefakte, bei Pieter Brueghel geschmiedete Dämonen und groteske Automaten, im Zyklus „Bizzarie di varie figure“ von Giovanni Battista Braccelli humanoide Quasiroboter. Dicht- und Malerei wurden durch die Ingenieurskunst und durch die Kunstfertigkeit der Uhrmacher ergänzt. 1738 erblickte die mechanische Ente das Licht der Welt, die anscheinend flattern und schnattern konnte, ein Werk von Jacques de Vaucanson aus Grenoble. Seit 1774

O. Bendel (✉)

Hochschule für Wirtschaft, Institut für Wirtschaftsinformatik, Fachhochschule
Nordwestschweiz, Windisch, Schweiz
E-Mail: oliver.bendel@fhnw.ch

erstaunen und verzaubern uns die berühmten Androiden der Gebrüder Jaquet-Droz aus La Chaux-de-Fonds, die Musikerin, der Zeichner und der Schreiber.

Schon in der Ideengeschichte kommen künstliche Figuren vor, die Menschen und Göttern helfen, die Sehnsucht der Liebenden stillen und die Ohnmacht der Leidenden lindern. Der menschliche Pygmalion erschuf mithilfe der übermenschlichen Aphrodite die lebendige, fruchtbare Galatea, Hephaistos, der Gemahl der Göttin der Liebe und der Schönheit, die goldenen Dienerinnen, die ihn, den Hinkenden, stützten, und vielleicht weitere seiner Bedürfnisse befriedigten; jedenfalls schreibt Homer in seiner „Ilias“, sie hätten eine „jugendlich reizende Bildung“, was im Sinne von Lob und Leidenschaft verstanden werden kann. Man darf sie als frühe Pflegeroboter deuten, als erste Vorboten einer Entwicklungsgeschichte, die im 21. Jahrhundert einen Höhepunkt erlebt, und vermutlich sogar, wie Galatea, als erste (eben vorgestellte) Liebesmaschinen.

Um Pflegeroboter geht es im vorliegenden Beitrag, zudem um Therapie- und Operationsroboter, insgesamt also um Roboter im Gesundheitsbereich, wobei der Fokus auf eigenständigen (ferngesteuerten oder selbsttätigen) Maschinen liegt, nicht etwa auf Exoskeletten und Rollstühlen (wobei auch schon autonome Rollstühle getestet wurden). Es werden die Ziele, Aufgaben und Merkmale geklärt und teils gleichartige, teils unterschiedliche Fragen aus ethischer Sicht gestellt und ansatzweise beantwortet. Am Ende soll deutlich werden, welche Robotertypen und entsprechenden Prototypen bzw. Produkte es im Gesundheitsbereich gibt, welche Zwecke sie erfüllen und welche Funktionen sie übernehmen, wie sich das Gesundheitswesen durch ihre Nutzung verändert und welche Implikationen und Konsequenzen diese hat, für den Einzelnen, für die Gesellschaft und für einschlägige Einrichtungen, wobei gerade die umfassende und vergleichende Darstellung der Assistenten und Akteure aus Metall und Plastik neuartig und gewinnbringend ist. Nicht zuletzt interessiert, welche Möglichkeiten für den Betroffenen bestehen, sich für die eine oder andere Option zu entscheiden, und es wird auf eine ergänzende Patientenverfügung eingegangen, die den Einsatz von Operations-, Therapie- und Pflegerobotern regelt (s. Abb. 11.1 für die erste Seite).

11.2 Annäherung an Roboter im Gesundheitsbereich

Roboter erobern den Gesundheitsbereich mit einer von Anwendungsgebiet zu Anwendungsgebiet unterschiedlichen Geschwindigkeit. Sie verändern, erweitern, beleben und hinterfragen die medizinische, therapeutische und pflegerische Praxis und wecken das Interesse der Beratungs- und Forschungseinrichtungen. Die amerikanische Studie „Healthcare and Medical Robotics“ (ABIresearch 2011) untersuchte den Markt von medizinischen Robotern für die Jahre 2010 bis 2016. Eine 2013 erschienene TA-SWISS-Studie mit dem Titel „Robotik in Betreuung und Gesundheitsversorgung“ stellte die Chancen und Risiken dar, auch aus ethischer Sicht (Becker et al. 2013). Diverse spezialisierte Beiträge erschienen in den darauffolgenden Jahren, etwa zu einem sozialen assistierenden Roboter für Alzheimer-Patienten und ihre Betreuer (Salichs et al. 2016) oder zur Akzeptanz

Ergänzende Patientenverfügung zum Einsatz von Robotern

Ersteller der Patientenverfügung

Name, Vorname _____
 Geburtsdatum _____
 Adresse/PLZ/Ort/Land _____

1. Anwendung der Patientenverfügung

Ich bin voll urteilsfähig und habe diese Patientenverfügung erstellt, um nach meinen Vorstellungen behandelt zu werden, selbst wenn diese Nachteile für mich bedeuten. Ich bin über die Potenziale von Operations-, Pflege- und Therapierobotern informiert. Die Verfügung soll zur Anwendung kommen:

- in allen Situationen, in denen ich urteilsunfähig bin und medizinische, pflegerische und therapeutische Behandlungsentscheide getroffen werden müssen;

oder

- _____

2. Spezifische Erklärungen zu Operation, Pflege und Therapie

Ich möchte mich spezifisch zu den nachfolgenden Situationen äußern:

I Operation (z.B. Herz, Prostata)

Ein Operationsroboter kann kleine Schnitte mit einer hohen Präzision vornehmen. Er ist ein Teleroboter, wird also von der behandelnden Person gesteuert. Es sind weltweit Operationsroboter im Einsatz, etwa das Da-Vinci-System. Wenn ich im Vorfeld einer notwendigen Operation urteilsunfähig bin, so lehne ich einen Eingriff durch einen Operationsroboter ab.

ja nein

II Pflege (z.B. bei Bettlägerigkeit)

Ein teilautonomer Pflegeroboter kann Patienten umbetten und aufrichten sowie weitere Aufgaben übernehmen. Er arbeitet mit einem Pfleger im Tandem. Es liegen unterschiedliche Prototypen vor, etwa Robear. Wenn ich als zu pflegende Person urteilsunfähig bin, so lehne ich den Einsatz eines Pflegeroboters ab.

ja nein

Wenn »ja« angekreuzt wurde, mache ich eine Ausnahme in folgenden Fällen:

- Der Pflegeroboter erhebt keine persönlichen Daten.
 Der Pflegeroboter wäscht mich im Intimbereich.
 Der Pflegeroboter wäscht mich nicht im Intimbereich.
 Ich muss mehr als drei Mal am Tag umgebettet oder aufgerichtet werden.
 Ich wiege mehr als 100 Kilo oder bin mehr als 2 Meter groß.
 Es werden keine Bilder von mir im Zusammensein mit dem Roboter gemacht.

Abb. 11.1 Erste Seite der ergänzenden Patientenverfügung nach Bendel (2017b)

von assistierenden Robotern für Ältere (Glende et al. 2016); einige gehen auf ethische Herausforderungen ein (Santoni und van Wynsberghe 2016), wobei sich wenige an einer umfassenden und vergleichenden Darstellung versuchen (Bendel 2015b), die für Gesamtüberblick und -einschätzung überaus wichtig scheint.

Zahlreiche Veranstaltungen haben sich in der jüngeren Zeit mit Robotern im Gesundheitsbereich beschäftigt, im deutschsprachigen Raum etwa der Ladenburger Diskurs im September 2017 (in dessen Folge dieses Buch entstanden ist), der 10. Regensburger Intensivpflorgetag im Oktober 2017, der 14. Schweizerische Kongress für Gesundheitsökonomie und Gesundheitswissenschaften am Universitätsspital Bern im November 2017 und die Landesenquête „Menschen mit Behinderung und Robotik“ in Kärnten im Dezember 2017. Die Bioethikkommission von Österreich lud 2016 ebenso Experten zum Thema ein wie die Deutschlandstiftung Integration unter Ex-Bundespräsident Christian Wulff 2017, wobei hier die Digitalisierung im Gesundheitswesen in all ihren Facetten im Vordergrund stand und die jungen Stipendiatinnen und Stipendiaten mit Migrationshintergrund eher nebenbei mit Pflege- und Therapierobotern vertraut gemacht wurden.

Mit Operations-, Therapie- und Pflegerobotern sind die wichtigsten Typen im Gesundheitsbereich genannt. Die Einteilung folgt bewährten Begriffen und zeigt auf bekannte Anwendungsgebiete. Es mögen sich freilich Überlappungen und Überschneidungen ergeben, etwa bezüglich Operation und Therapie oder Therapie und Pflege, und sicherlich kann man zusätzliche Typen identifizieren, z. B. medizinisch geschulte Beratungsroboter oder Roboter als physisch vorhandene Avatare von Menschen, die wenig oder nicht mobil sind. Selbst Sexroboter in der Tradition der erwähnten vermuteten Liebesmaschinen mag man im Gesundheitswesen verwenden, zur Triebabfuhr, um es etwas salopp auszudrücken, und zu Therapiezwecken (Levy 2007; Bendel 2017a), wobei diesbezüglich kaum Erkenntnisse bestehen, obwohl dieser Robotertyp nicht nur als Prototyp, sondern auch als Produkt vorliegt, erhältlich in den Onlineshops einschlägiger Anbieter. Ferner können, wie angedeutet, Hightechprothesen und Exoskelette als Roboter angesehen werden (Bekey 2012, S. 23); letztere fungieren wiederum als Therapieroboter in einem speziellen Sinne.

Roboter im Gesundheitsbereich – die man übrigens mehrheitlich den Servicerobotern zurechnen kann (Decker 2012, 2013; Bendel 2015b; Fahlberg 2017) – können nicht nur nach ihren Zielen und Aufgaben, sondern auch nach ihrer Gestaltung unterschieden werden. Manche ähneln Geräten aus den Fertigungshallen und aus dem Fitnessbereich, andere haben tierähnliches Aussehen, wieder andere menschenähnliche Züge. Einige sind irgendwo dazwischen, etwa bestimmte Kooperations- und Kollaborationsroboter, die eng mit Menschen zusammenarbeiten respektive ihnen zur Unterstützung und als Erweiterung dienen. Die Gestaltung ist bedeutend für die Akzeptanz. Bei humanoiden Maschinen im Gesundheitsbereich können das imitierte Geschlecht und das fiktive Alter ebenso entscheidend sein wie die mimische und gestische Ausdrucksfähigkeit. Weitere Kategorien – die auf andere Roboterarten übertragen werden können – sind Entwicklungsstand, Funktionsumfang, Autonomiegrad, Mobilitätsgrad, Gewicht, Geschwindigkeit, Schnelligkeit, Nah- oder Fernsteuerung, Denkvermögen, Sprachfähigkeit, Lernfähigkeit sowie

Anschaffungs-, Betriebs- und Wartungskosten. Unterschiede bestehen ferner bei Quantität und Qualität der Sensoren und Aktoren (Hertzberg et al. 2012).

11.3 Die Ethik und die Bereichsethiken

Man kann von mehreren Wissenschaften und Disziplinen aus auf die Entwicklung und den Einsatz von Operations-, Therapie- und Pflegerobotern schauen. Wenn es um Folgen aller Art geht, um technische, wirtschaftliche, medizinische, gesellschaftliche, moralische, ist die Technikfolgenabschätzung gefragt (Kollek 2013), wenn es sich speziell um moralische Fragen dreht, die Ethik. Diese ist eine jahrtausendealte Disziplin der Philosophie. Als Moralphilosophie ist sie von der Moralthologie zu unterscheiden, die anders als sie keinen wissenschaftlichen Anspruch erheben kann, als Moralphilosophie westlicher Prägung von der einen oder anderen östlichen Ausrichtung. Sie verlässt sich weder auf politische oder religiöse Autoritäten noch auf Konventionen und Traditionen (Höffe 2008). Ihre Erkenntnisse gewinnt sie aus der Vernunft, die auf Mitleid und Gefühl rekurrieren kann, ihre Begründungen mithilfe der logischen, diskursiven, dialektischen, analogen oder transzendentalen Methode, ihre Beschreibungen mit einem analytischen oder hermeneutischen Ansatz (Pieper 2007).

Die Bereichsethiken beziehen sich auf mehr oder weniger klar abgrenzbare Anwendungsgebiete. Sie sind sozusagen die Konkretisierungen und Operationalisierungen der angewandten Ethik. Gemeinhin ist man auf wenige zusammenhängende Bereichsethiken spezialisiert, etwa auf Medizin- und Bioethik. Alle betreffenden Komposita werden gleich gebildet; auf den Teil, der auf den Anwendungsbereich (z. B. die Medizin) zielt, folgt der Begriff der Ethik (sodass man „Medizinethik“ erhält, um das Beispiel fortzuführen). Insofern ist „Digitale Ethik“ ein Sammelbegriff für verschiedene Bereichsethiken und Teilbereichsethiken oder einfach ein Marketingbegriff, der neben den etablierten und klassisch komponierten Begriff der Informationsethik tritt. Alle Bereichsethiken haben spezifische Termini *technici* und Schwerpunkte bei den Methoden; was sie unter dem Dach der Moralphilosophie verbindet, ist wiederum die Verpflichtung zur Wissenschaftlichkeit und zur Wahrheit.

Die Informationsethik hat die Moral (in) der Informationsgesellschaft zum Gegenstand (Kuhlen 2014; Bendel 2012c, 2016). Sie untersucht, wie wir uns, Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und neue Medien anbietend und nutzend, in moralischer Hinsicht verhalten bzw. verhalten sollen. In gewisser Hinsicht ist sie im Zentrum der Bereichsethiken, und Informationsethiker sind gehalten, sich mehr als ihre Kolleginnen und Kollegen mit anderen Bereichsethiken zu beschäftigen, so wie deren Vertreterinnen und Vertreter sich mit ihr verständigen müssen (Bendel 2012a). Die Technikethik behandelt moralische Fragen des Technik- und Technologieeinsatzes (Bendel 2013b). Es kann um die Technik von Gebäudeanlagen, Fahr- und Flugzeugen oder Waffensystemen ebenso gehen wie um die Atomenergie und Nanotechnologie.

Die Medizinethik widmet sich der Moral in der Medizin (Schöne-Seifert 2007; Bendel 2012a, 2013c). Sie untersucht das moralische Denken und Verhalten in Bezug auf die Behandlung menschlicher Krankheit und die Förderung menschlicher Gesundheit und fragt nach dem moralisch Gewünschten und Gesollten im Umgang mit menschlicher Krankheit und Gesundheit. Die Wirtschaftsethik hat die Moral (in) der Wirtschaft zum Gegenstand (Bendel 2016; Göbel 2010). Dabei ist der Mensch im Blick, der wirtschaftliche Interessen hat, der produziert, handelt, führt und ausführt (verschiedene Formen der Individualethik) sowie konsumiert (Konsumentenethik), und das Unternehmen, das Verantwortung gegenüber Mitarbeitern, Kunden und Umwelt trägt (Unternehmensethik). Damit sind die im vorliegenden Kontext wichtigsten Bereichsethiken genannt. Eine Roboterethik wird nicht definiert, da sie Informations- und Technikethik zugeordnet oder aber, wenn sie die Moral von Maschinen untersucht, als Teilgebiet der Maschinenethik aufgefasst werden kann. Die Maschinenethik wird noch thematisiert.

11.4 Robotertypen und ihre Anwendungsbereiche aus ethischer Sicht

Im Folgenden werden diejenigen Robotertypen, die im Gesundheitsbereich, den obigen Ausführungen folgend, besonders relevant sind, näher beschrieben und in Beziehung zu bereichsethischen Fragestellungen gebracht. Es wird jeweils kurz das Anwendungsfeld umrissen, dann der Typ erklärt. Die Beispiele erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es findet eine kurze ethische Diskussion statt, indem Fragen gestellt und ansatzweise beantwortet werden. Die Darstellungen und Fragen folgen im Wesentlichen Bendel (2015b).

11.4.1 Operationsroboter

Eine Operation ist ein mithilfe von Instrumenten und Geräten vorgenommener Eingriff am oder im Körper eines menschlichen bzw. tierischen Patienten zum Zweck der Behandlung, der Erkennung oder der Veränderung, vor allem der Verschönerung (Bendel 2015b), wobei letzteres Ziel mit Blick auf das Berufsethos umstritten ist. In der Regel erfolgt sie unter örtlicher Betäubung oder unter Vollnarkose, damit Schmerzen und ungewollte Reaktionen wie Schockzustände und Abwehrhandlungen vermieden werden. Die die Operation durchführende Person – meist ein spezialisierter Arzt bzw. eine spezialisierte Ärztin – wird Operateur respektive Operateurin genannt. Der Vorgang findet mitsamt den Vorbereitungen, wenn irgend möglich, in einem Krankenhaus oder in einer Praxis mit entsprechenden Rahmenbedingungen statt, aus personellen, räumlichen, technischen und hygienischen Gründen.

Mit dem Operationsroboter lassen sich Maßnahmen innerhalb einer Operation oder gar eine ganze Operation durchführen (Bendel 2015b). Er ist in der Lage, sehr kleine und

sehr exakte Schnitte zu setzen und präzise zu fräsen und zu bohren. Er wird entweder – das ist die Regel – durch einen Arzt gesteuert, der vor Ort oder an einem anderen Ort ist (i. d. R. nicht erlaubt), oder er arbeitet – in einem engen zeitlichen und räumlichen Rahmen – mehr oder weniger autonom. Zu den Vorteilen gehört, dass die Operation meist schonender ist und damit vom Patienten besser vertragen wird. Der Arzt kann das Operationsfeld bei vielen Apparaturen optimal einsehen – es ist z. B. ausgeleuchtet und vergrößert – und beherrschen. Zu den Nachteilen gehört, dass künstliche Operationsassistenten sehr teuer sind und nach einer zusätzlichen gründlichen Einarbeitung der bedienenden und betreuenden Personen verlangen.

Es sind verschiedene Produkte und Prototypen auf dem Markt. Der DaVinci-Operationsroboter von Intuitive Surgical (www.davincisurgery.com) ist weit verbreitet und in Kliniken für die radikale Prostatektomie und die Hysterektomie zuständig. Er ist ein Teleroboter und als solcher nicht autonom oder auch nur teilautonom, kann aber z. B. das Zittern der Hände ausgleichen (Bekey 2012, S. 23; Bendel 2015a). Das Amigo Remote Catheter System (www.catheterrobotics.com) wird bei Herzoperationen eingesetzt, das CyberKnife® Robotic Radiosurgery System (www.cyberknife.com) zur Krebsbehandlung, das Magellan™ Robotic System (www.hansenmedical.com) für Eingriffe in Blutgefäße. Der Smart Tissue Autonomous Robot (Star) des Sheikh Zayed Institute, ein autonomer Operationsroboter, kann Wunden mit großer Sorgfalt und Gleichmäßigkeit zunähen, ist aber noch zu langsam für den regulären Einsatz (Pluta 2016). MIRO ist ein nach Angaben des DLR „vielseitig einsetzbarer Roboterarm für chirurgische Anwendungen“ (www.dlr.de). Er ist verwandt mit Kooperations- und Kollaborationsrobotern in der Industrie und kann dem Chirurgen assistieren und sich mit ihm bei Tätigkeiten so abwechseln, dass beide ihre Stärken auszuspielen vermögen und ihre Schwächen ausgeglichen werden.

Aus den Bereichsethiken heraus können Fragen dieser Art gestellt werden (Bendel 2013a; 2015b):

- Wer trägt die Verantwortung bei einer fehlerhaften Operation durch die Maschine (Bekey 2012, S. 24)?
- Wie geht man mit Verunsicherung und Angst um, die durch den Roboter verursacht werden?
- Ist der Operationsroboter ein Konkurrent für Ärzte und ihre Assistenten (Bekey 2012, S. 25)?

Die Frage nach der Verantwortung wird bei manchen Modellen einfach zu beantworten sein, da sie lediglich Werkzeuge des Arztes sind. Allerdings gibt es zuweilen die Option, eine definierte (Teil-)Aufgabe autonom ausführen zu lassen, und es wird eben mit autonomen Systemen experimentiert. Bei ihrem Gebrauch wäre nicht nur der Mediziner (wenn überhaupt), sondern auch der Hersteller bzw. der Entwickler in die Verantwortung zu nehmen, mithin das Krankenhaus. Der Patient ist frühzeitig zu instruieren, damit ihm Angst genommen werden und er den Vorgang zugleich realistisch beurteilen kann.

Zudem sind die Ärzte zu informieren, was die weiteren Schritte in der medizinischen Robotik angeht, damit sie zum einen die neuesten und besten Produkte berücksichtigen bzw. einfordern können, zum anderen eine drohende Gefahr für sich selbst erkennen – je mehr Autonomie die Maschine hat, desto mehr Autonomie und Relevanz verliert die Fachperson –, wobei unklar ist, wie sie im Zweifelsfall verfahren sollen, zumal sie den medizinischen Fortschritt in der Regel nicht aufhalten, sondern für sich und die Patienten nutzen wollen.

11.4.2 Therapieroboter

Als Therapie bezeichnet man Maßnahmen zur Behandlung von Verletzungen, Krankheiten sowie Fehlstellungen und -entwicklungen (Bendel 2015b). Ziele sind die Ermöglichung oder Beschleunigung einer Heilung, die Beseitigung oder Linderung von Symptomen und die (Wieder-)Herstellung der gewöhnlichen bzw. gewünschten physischen oder psychischen Funktion. Therapieoptionen sind u. a. Operation, Medikation, Krankengymnastik und psychologische Beratung und Betreuung. In einem engeren respektive umgangssprachlichen Sinn ist eine Therapie etwas, das auf einen Eingriff wie eine folgenreiche Operation oder eine ernsthafte Erkrankung folgt.

Therapieroboter unterstützen therapeutische Maßnahmen oder wenden selbst, häufig als autonome Maschinen, solche an (Bendel 2015b). Sie sind mit ihrem Aussehen und in ihrer Körperlichkeit wie traditionelle Therapiegeräte präsent, machen aber darüber hinaus selbst Übungen mit Gelähmten, unterhalten Betagte und fordern Demente und Autisten mit Fragen und Spielen heraus. Manche verfügen über mimische, gestische und sprachliche Fähigkeiten und sind in einem bestimmten Umfang denk- und lernfähig (wenn man diese Begriffe auf Computersysteme anwenden will). Vorteile sind Einsparmöglichkeiten und Wiederverwendbarkeit, Nachteile eventuell unerwünschte Effekte bei der Therapie und mangelnde Akzeptanz bei Angehörigen.

Es existieren in der (Teil-)Automation der Therapie zahlreiche Produkte und Prototypen (Bendel 2015b). Wohlbekannt auch bei nicht betroffenen Personen und Gruppen ist die Kunstrobbe Paro (www.parorobots.com), die seit Jahren im Einsatz ist, in Japan, wo sie das Licht der Welt erblickte, wie in Europa. Sie hat u. a. deshalb eine hohe Akzeptanz bei den Patienten (etwa bei Dementen) und Angehörigen, weil sie durch ihr Äußeres – anders als gewisse humanoide Roboter – keine hohen Erwartungen weckt und dadurch den Uncanny-Valley-Effekt vermeidet, also z. B. nicht unheimlich und unglaubwürdig erscheint. Sie versteht ihren Namen (bzw. den Namen, den man ihr gibt), erinnert sich daran, wie gut oder schlecht sie behandelt und wie oft sie gestreichelt wurde, und drückt ihre Gefühle (die sie in Wirklichkeit natürlich nicht hat) durch Geräusche und Bewegungen aus. So kann sie fiepen, sich auf die Flossen stützen und den Kopf heben. Ebenfalls bekannt ist Keepon (beatbots.net/my-keepon), ein kleiner, gelber Roboter, der die soziale Interaktion von autistischen Kindern beobachten und verbessern soll und inzwischen – wohl weil er lustig aussieht, sich gerne kitzeln

lässt und tanzen kann – auf dem Massenmarkt erhältlich ist. Kaspar von der Universität Hertfordshire (www.herts.ac.uk/kaspar), mit vollem Namen Kaspar the social robot, soll autistischen Heranwachsenden helfen. Er ist als „social companion“ konzipiert, soll also ein Begleiter und Freund sein, dank des marionettenhaften Äußeren aber nicht mit einem Menschen verwechselt werden können. Der humanoide Milo (robots4autism.com/milo/) als Variante von Zeno richtet sich ebenfalls an autistische Kinder. Er kann gehen und sprechen und hat mimische und gestische Fähigkeiten. In seiner Brust sitzen ein Touchscreen und eine Kamera. Zora, die auf Nao von Aldebaran bzw. SoftBank basiert und von Zora Robotics (ZoraBots) softwareseitig angepasst wurde (www.zorarobot.be), soll junge Menschen zu Fitnessübungen anregen. Automaten, die Patienten massieren und stimulieren, existieren schon seit geraumer Zeit und werden nun mithilfe der Robotik optimiert und im Sinne des Patienten individualisiert. Ein Beispiel ist P-Rob, an der Tagesklinik Glarus als automatisierte Lösung für die sogenannte therapeutische Impulsgebung eingesetzt. Ansonsten soll der Roboter, der an einen Co-Robot aus der Industrie erinnert, vor allem als Pflegeroboter genutzt werden.

Aus den Bereichsethiken heraus können folgende Fragen gestellt werden (Bendel 2013a; 2015b):

- Wer trägt die Verantwortung bei einer fehlerhaften oder lückenhaften Therapie durch die Maschine?
- Wird der Patient durch den Einsatz in nicht adäquater Weise behandelt, etwa wie ein Kind oder wie ein Tier?
- Wie verfährt man mit persönlichen Daten, die der Roboter sammelt und auswertet?
- Ist der Roboter ein Konkurrent für Therapeuten und Psychologen?

Bei Therapierobotern ist die Frage nach der Verantwortung schwieriger als bei gängigen Modellen von Operationsrobotern zu beantworten. Der Hersteller (respektive der Entwickler) muss, zusammen mit dem Heim oder der Anstalt bzw. einer sonstigen Einrichtung, die Verantwortung tragen und die Haftung übernehmen. Allerdings kann er sich darauf berufen, dass die Effekte insgesamt positiv sein mögen, und darauf beharren, dass Einzelfälle mit negativen Implikationen in Kauf zu nehmen und zu verkraften seien. Nicht von der Hand zu weisen ist, dass Therapieroboter wie Paro bei mündigen Personen zuweilen Abwehrreflexe hervorrufen. Offenbar wird Patienten etwas vorgegaukelt, wird durch die Äußerlichkeit und die Lernfähigkeit der Maschine suggeriert, dass diese wie ein Mensch oder wie ein Tier reagiert, und unter Ausnutzung der eingeschränkten Fähigkeiten der Probanden werden diese zufrieden- bzw. ruhigstellenden Scheinwelten errichtet und Emotionen erzeugt und gelenkt. Dass Serviceroboter aller Art Datensauger sein können, ist bekannt und in der Literatur hinlänglich behandelt (Bendel 2014). Sie haben oft mehrere Sensoren (wie Kameras) und manchmal natürlichsprachliche Fähigkeiten. Die persönlichen Daten, die generiert und analysiert werden bzw. werden können, sind gerade bei Kranken missbrauchsgefährdet und schützenswert. In einer (Ergänzung zu einer) Patientenverfügung sollte man regeln, wie man eines Tages, wenn man nicht

mehr voll urteilsfähig ist, behandelt werden will. Ein Formular, das u. a. auf Therapie-roboter eingeht, wurde 2017 auf www.informationsethik.net vorgestellt (Bendel 2017b). Es handelt sich um einen ersten Vorschlag, der unter Aufnahme von Feedback weiterentwickelt werden soll (s. Abb. 11.2). In der entsprechenden Rubrik heißt es: „Ein teilautonomer oder autonomer Therapieroboter kann bei Patienten positive Effekte hervorrufen. Es sind weltweit solche Roboter im Gebrauch, z. B. Paro, der die Form einer Babysattelrobbe hat. Wenn ich als zu therapeutierende Person urteilsunfähig bin, so lehne ich eine Therapie mithilfe eines Therapieroboters ab“ (Bendel 2017b). Man kann – wenn man „ja“ angekreuzt hat – für mehrere vorgegebene Fälle eine Ausnahme machen.¹ Die Frage nach der Konkurrenz ist in manchen Bereichen klar zu beantworten; sie ist ohne Zweifel vorhanden, und Therapeuten und Psychologen müssen sich einerseits die Vorteile der Roboter verdeutlichen, sich andererseits gegen einen unbedachten und rein auf wirtschaftlichen Erwägungen basierenden Einsatz wehren. In vielen Einrichtungen ist es selbstverständlich, dass Patienten mit Therapierobotern nicht alleine gelassen werden.

11.4.3 Pflegeroboter

Die Pflege kann in Gesundheits- und Krankenpflege sowie Behindertenbetreuung und Altenpflege unterschieden werden (Bendel 2015b). Sie umfasst entsprechend die Versorgung und Betreuung von kranken, behinderten, alten und sterbenden Menschen durch Gesundheits- und Krankenpfleger, Behindertenbetreuer oder Altenpfleger. Zentral sind die Herstellung von Abwechslung, die Förderung von Wohlbefinden und Gesundheit, die Verhütung und Bekämpfung von Krankheit und Leid sowie, nach der Vorstellung einiger Parteien und Patienten, die Hinauszögerung des Tods. Dabei sollen die Interessen der Pflegebedürftigen ernst- und wahrgenommen werden. Die Tierpflege ist ein spezieller Bereich mit teilweise abweichenden Zielen und Verfahren; eine bemerkenswerte Ausprägung sind Gnadenhöfe als langfristige und endgültige Auffangstationen.

¹Auf diversen Veranstaltungen, bei denen der Verfasser die Patientenverfügung vorgestellt hat, wurde diese kontrovers diskutiert. So war ein Einwand, dass man zwar eine Unterschrift geleistet hat, dann aber als Betroffener ein Verhalten zeigen kann, das dieser widerspricht. Beispielsweise hat man verfügt, dass man nicht mit Paro in Berührung kommen will, streckt dann aber in einer Einrichtung, in der der Roboter eingesetzt wird, als Dementer immer wieder die Arme nach ihm aus und zeigt offensichtliches Verlangen, ihn zu halten und zu streicheln. Allerdings ist nicht nur das gegenwärtige Wohlbefinden hoch zu bewerten, sondern auch die grundsätzliche Freiheit, über sich selbst zu entscheiden, solange dies möglich ist. Zudem kann man grundsätzlich nicht jegliches Verlangen eines Patienten stillen, etwa wenn dieses sitten- oder rechtswidrig oder aber finanziell nicht bewältigbare Konsequenzen hätte. Ferner kann die ständige Weiterentwicklung der Therapie-roboter (mithin die Änderung der Geschäftsmodelle und Einsatzfelder) oder auch der Pflegeroboter als Problem angesehen werden. So könnte die Patientenverfügung schon nach kurzer Zeit nicht mehr auf die Realität passen und müsste aktualisiert werden. Dies trifft wiederum sicherlich auch auf andere Bereiche der allgemeinen Erklärung zu.

Weitere:

III Therapie (z.B. bei Dementen)

Ein teilautonomer oder autonomer Therapieroboter kann bei Patienten positive Effekte hervorrufen. Es sind weltweit solche Roboter im Einsatz, z.B. Paro, der die Form einer Babysattelrobbe hat. Wenn ich als zu therapierende Person urteilsunfähig bin, so lehne ich eine Therapie mit Hilfe eines Therapieroboters ab.

ja nein

Wenn »ja« angekreuzt wurde, mache ich eine Ausnahme in folgenden Fällen:

- Der Therapieroboter erhebt keine persönlichen Daten.
- Der Therapieroboter täuscht nicht vor, ein bestimmtes Lebewesen zu sein.
- Der Therapieroboter ist lernfähig, passt sich also z.B. an mein Verhalten an.
- Der Therapieroboter ist nicht lernfähig, passt sich also z.B. nicht an mein Verhalten an.
- Es werden keine Aufnahmen von mir im Zusammensein mit dem Roboter gemacht.
- Es steht stets eine menschliche Bezugsperson zur Verfügung.

Weitere:

3. Vertretungsperson in medizinischen Angelegenheiten

- Ich setze die nachfolgend genannte Vertretungsperson ein, welche ich hiermit ermächtige, meinen Willen gegenüber den behandelnden Personen geltend zu machen und meine Krankenakte einzusehen.

Name, Vorname _____

Adresse _____

PLZ/Ort/Land _____

Telefon/E-Mail _____

- Ich habe die ergänzende Patientenverfügung mit der genannten Vertretungsperson besprochen.

Gültigkeit, Reichweite und Bestätigung

Ich weiß, dass das Verfassen einer Patientenverfügung freiwillig ist und dass ich diese jederzeit widerrufen oder ändern kann, solange ich voll urteilsfähig bin.

Zu dieser Ergänzungsverfügung liegt eine Hauptverfügung vor:

nein ja, nämlich _____

Ort/Datum _____ Unterschrift _____

Abb. 11.2 Zweite Seite der ergänzenden Patientenverfügung nach (Bendel 2017b)

Pflegeroboter komplementieren oder substituieren menschliche Pflegekräfte (Bendel 2015b). Sie bringen den Pflegebedürftigen benötigte Medikamente und Nahrungsmittel und helfen ihnen beim Hinlegen und Aufrichten und bei ihrem Umbetten. Sie unterhalten Patienten und stellen auditive und visuelle Schnittstellen zu menschlichen Pflegekräften bereit. Manche verfügen über natürlichsprachliche Fähigkeiten, wobei prinzipiell mehrere Sprachen beherrscht werden können, was in diesem Kontext relevant sein mag, und sind in einem bestimmten Umfang merk- oder lernfähig und intelligent. Vorteile sind durchgehende Einsetzbarkeit und gleichbleibende Qualität der Dienstleistung. Nachteile sind Kostenintensität und Ersatz zwischenmenschlicher Kontakte. Zudem sind in der Praxis sehr viele unterschiedliche Aufgaben vorhanden, sodass eine Spezialisierung notwendig ist – oder aber eine hohe Komplexität, die zu einer Generalisierung führt.

Pflegeroboter sind mehrheitlich Prototypen und derzeit vor allem in Testumgebungen sowie auf Messen und Konferenzen und bei Ausstellungen zu finden (Bendel 2015b). Frühe Entwicklungen sind der „nurse’s assistant“ HelpMate und der „nurse-bot“ Pearl, die Pflegekräfte unterstützen (Bekey 2012, S. 22). HelpMate transportiert Dinge, Pearl liefert nützliche Informationen und macht Patientenbesuche. JACO² 6 DOF von Kinova Robotics (kinovarobotics.com), unter dem Kurznamen JACO bekannt, kann Personen mit eingeschränkten Arm- und Handfunktionen helfen. Er besteht aus einem Arm und einer Hand mit drei Fingern, durch die er sich von üblichen Kooperations- und Kollaborationsrobotern unterscheidet, die meist zwei Finger haben (wobei in experimentellen Küchen auch solche mit fünf Fingern ihre Arbeit verrichten); gleichwohl steht er diesen sehr nahe, etwa was die Zahl der Achsen angeht. Care-O-bot 4 vom Fraunhofer IPA (www.care-o-bot.de) kann Dinge holen und wegbringen und bewegt sich sicher unter Menschen und durch den Raum. Ganz ähnlich der TUG von Aethon (www.aethon.com): Er ist in der Lage, Medikamente und Materialien zu transportieren und selbstständig mit dem Lift zu fahren; zudem hat er natürlichsprachliche Fähigkeiten. Der als wandelndes Infoterminale mit freundlichem Gesicht gestaltete HOBBIT aus einem EU-Projekt soll Seniorinnen und Senioren helfen (hobbit.acin.tuwien.ac.at). Er soll das Sicherheitsgefühl stärken und vermag Gegenstände vom Boden aufzuheben. Cody aus dem Georgia Institute of Technology (College of Engineering, coe.gatech.edu) kann bettlägerige Patienten wenden und waschen. Robear (Vorgängerversionen RIBA und RIBA-II) von Riken (www.riken.jp), so bärenhaft im Äußeren, wie es die Bezeichnung verspricht, arbeitet im Tandem mit der Pflegerin oder dem Pfleger und assistiert beim Umbetten und Aufrichten. TWENDY-ONE, ein humanoider Roboter mit zwei Händen mit jeweils vier Fingern vom Sugano Laboratory der WASEDA University unterstützt Patienten beim Sichaufrichten und bei Haushaltsarbeiten (twendyone.com). F&P Robotics (www.fp-robotics.com) mit Hauptsitz in Glattbrugg hat den bereits erwähnten Serviceroboter P-Rob entwickelt. Er ähnelt JACO, hat aber lediglich zwei Finger. Er kann sowohl in der Pflege als auch in der Therapie seine Funktion erfüllen.

Aus den Bereichsethiken heraus können folgende Fragen gestellt werden (Bendel 2013a, 2015b):

- Wer trägt die Verantwortung bei einer fehlerhaften Betreuung und Versorgung durch die Maschine?
- Kann der Roboter helfen, eine Scham zu verhindern, die man gegenüber Menschen hätte, oder kann er auch eine Scham auslösen, die man ansonsten nicht hätte?
- Wie verfährt man mit Daten, die der Roboter sammelt und auswertet?
- Ist der Roboter ein Konkurrent für Pflegekräfte und Krankenschwestern?

Die erste Frage kann zum Teil ähnlich wie bei Therapierobotern beantwortet werden. Bei Pflegerobotern gesellen sich zu den psychischen Konsequenzen häufig physische. Robear bettet Patienten im Tandem mit der Pflegekraft um, wodurch Verletzungen weitgehend ausgeschlossen werden; dennoch kann es zu solchen kommen, sei es durch technisches, sei es durch menschliches Versagen. Entsprechend wird auch die Fachkraft zur Verantwortung zu ziehen sein, und sie muss sorgfältig auf die Kooperation mit der Maschine vorbereitet werden. Zudem sollte ein technischer Support vor Ort oder in der Nähe sein, der Hilfestellung bietet und Verantwortung übernimmt. Zu ergänzen ist, dass immer wieder Übergriffe von überforderten Pflegekräften auf ältere Personen auftreten – sie können durch die Verwendung von Robotern vermieden werden, die selbst regelkonform sind oder auf ein solches Verhalten im Tandem achten. Was die Scham anbelangt, wurden in verschiedenen Untersuchungen erste Hinweise darauf gefunden, dass Roboter jene zu verringern imstande sind, etwa wenn es um Waschungen im Intimbereich geht (Fahlberg und Wenger 2015; Fahlberg 2017). Die Scham könnte aber ebenso zunehmen, wenn der Roboter als beobachtende und (fälschlicherweise) begreifende Einheit aufgefasst wird, oder wenn sich die Patienten im Klaren darüber werden, dass persönliche bzw. personenbezogene Daten erhoben und sie womöglich sogar über die Kameras der Roboter von Menschen beobachtet werden, was aus Gründen der Sicherheit oder in missbräuchlicher Form geschehen mag. Insofern hängen diese beiden Fragen zusammen. Grundsätzlich können Pflegeroboter meist mehr Daten sammeln und auswerten als Therapieroboter, weil sie oft mobiler sind, über mehr Sensoren und eine höhere Intelligenz verfügen, wobei Paro als ambitioniertes Projekt gegen diese Einschätzung zu sprechen scheint und in Zukunft die Therapieroboter weiterentwickelt werden dürften, zumal sie weltweit im praktischen Einsatz sind (Bendel 2014). Wieder gilt, dass eine ergänzende Patientenverfügung erstellt werden könnte oder sollte (wie übrigens auch bei Operationsrobotern, insbesondere mit Blick auf Eingriffe, über die der Patient in der Situation nicht entscheiden kann, etwa weil es sich um einen Notfall handelt). In der entsprechenden Rubrik des genannten Dokuments ist zu lesen: „Ein teilautonomer Pflegeroboter kann Patienten umbetten und aufrichten sowie weitere Aufgaben übernehmen. Er arbeitet mit einem Pfleger im Tandem. Es liegen unterschiedliche Prototypen vor, etwa Robear. Wenn ich als zu pflegende Person urteilsunfähig bin, so lehne ich den Einsatz eines Pflegeroboters ab.“ (Bendel 2017b). Man kann wiederum für mehrere Fälle eine

Ausnahme machen (s. Abb. 11.1).² Die Frage nach der Konkurrenz muss differenziert betrachtet werden. Transport- und Greifroboter können Menschen teilweise ersetzen, Pflegeroboter im engeren Sinne arbeiten dagegen, wie angedeutet, meist im Team, unterstützen und ergänzen Pflegekräfte und verdrängen sie kaum.

11.5 Weitere Fragen der Ethik

Es können weitere Fragen bei allen Robotertypen im Gesundheitsbereich aufgeworfen werden, etwa danach, wer sich die Roboter leisten kann und wer nicht und was daraus folgt, ob man eine Robotisierung in einem Bereich fördern sollte, wo hohe soziale Kompetenzen benötigt werden, Menschen an ihre Grenzen kommen, sie Menschen sehen, die leiden und sterben, bzw. selbst leiden und sterben. Die Moralphilosophie wird zu anderen Antworten gelangen als die Moraltheologie; während jene, zumindest in der Theorie, voraussetzungslos und ergebnisoffen über die Dinge nachdenkt (wenn sie nicht voraussetzungslos ist, kann sie dies immerhin reflektieren und kritisieren), ist diese an antike und mehr oder weniger statische, zumindest von einem festen Kanon ausgehende Vorstellungen gebunden, die sie freilich auf moderne Phänomene zu übertragen versucht. Die Moralphilosophie kann sich, teilweise zusammen mit der Religionswissenschaft, weltanschaulichen und religiösen Bedürfnissen von Patienten zuwenden; es ist ihr aber selbstverständlich, keine religiösen und esoterischen Elemente in ihren Prämissen und Methoden zuzulassen. Dies ist sehr wichtig im vorliegenden Kontext, will man doch allgemeingültige und nachhaltige Ergebnisse erzielen, was natürlich auch auf manch anderem Gebiet nicht unwichtig ist. Es ist demnach nicht nur der moderne Gegenstand, weswegen sich die Einmischung der Moraltheologie verbietet; diese kann aus erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Erwägungen grundsätzlich aufgefordert werden, sich nicht in die Bereichsethiken einzubringen und überhaupt Abstand von der philosophischen Ethik zu nehmen.

Man kann im Übrigen neben den Bereichsethiken die Maschinenethik bemühen (Anderson und Anderson 2011; Bendel 2012b). Während jene im Kern Reflexionsdisziplinen sind, Anwendungsfelder in moralischer Hinsicht evaluierend und Chancen und Risiken diskutierend, ist diese eine Gestaltungsdisziplin im engeren Sinne. Zwar kann man sie durchaus Informations- und Technikethik zuordnen, aber es spricht einiges dafür, sie als Pendant zur Menschenethik anzusehen, womit sie eine neue Ethik neben der alten wäre (Bendel 2012b). In ihr werden moralische Maschinen nicht nur erdacht, sondern auch gebaut, was ihre Nähe zu Robotik und Künstlicher Intelligenz (KI) deutlich macht.

²Die Frage ist, im Anschluss an die zuvor geführte Diskussion um Patientenverfügungen, ob der persönliche Wille immer durchgesetzt werden kann – es mag betriebliche und wirtschaftliche Notwendigkeiten geben, die dies im Einzelfall verhindern. Zudem sind auch hier, wie bei den Therapierobotern, Dilemmata möglich.

Sie fragt z. B. danach, ob Therapie- und Pflegeroboter über moralische Fähigkeiten verfügen sollen, und wenn ja, über welche, ob sie nur vorgegebenen Regeln gehorchen (Pflicht- oder Pflichtenethik) oder die Folgen ihres Handelns (Folgenethik) abschätzen und ihre Entscheidungen abwägen können sollen, und ob weitere Modelle normativer Ethik infrage kommen, etwa ein materialistischer Ansatz. Speziellere Fragen aus der Maschinenethik heraus sind, ob sich Operations-, Therapie- und Pflegeroboter unter bestimmten Voraussetzungen weigern können sollen, eine Maßnahme durchzuführen oder eine Begleitung anzubieten, ob sie die Bedürfnisse und Parameter der Patienten berücksichtigen und wie sie äußerlich und stimmlich gestaltet sein sollen, um vertrauensvoll und verlässlich zu wirken und letztlich akzeptiert zu werden. Die bereits angesprochene Gestaltung kann also auch aus der Maschinenethik heraus betrachtet und betrieben werden, und es kann beispielsweise ein Anliegen sein, allgemeine Akzeptanz herzustellen und zugleich aus gängigen Stereotypen auszubrechen.

11.6 Zusammenfassung und Ausblick

Es ist in Bezug auf Roboter im Gesundheitsbereich offensichtlich einfach, bereichsethische Fragen zu formulieren, und es finden sich in der Literatur weitere Probleme, die hier nicht behandelt wurden (Bendel 2015b). Im Einzelfall dürfte es schwer sein, sie einer einzigen Bereichsethik klar zuzuordnen. Die Autonomie des Patienten beispielsweise, ein klassischer Gegenstand der Medizinethik, wird in manchen Fällen zur informationellen Autonomie, was wiederum ein typischer Gegenstand der Informationsethik ist. Die sexuelle Selbstbestimmung, die von der Sexualethik betrachtet wird, ist ebenfalls neu zu diskutieren angesichts der Datensammlung und -auswertung durch Pflegeroboter. Das Recht auf eine abwechslungsreiche und befriedigende Arbeit, ein Thema und Anliegen der Wirtschaftsethik, kann auch aus der Perspektive der Informations- und Technikethik diskutiert werden, denn der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und Anwendungssystemen und speziell von Robotern dient häufig der Prozessoptimierung und Arbeitserleichterung.

Die meisten thematisierten Aspekte der angewandten Ethik dürften sich Informations- und Technikethik zuweisen lassen, was nicht weiter verwundert, kann man doch gerade die Informationsethik, wie bereits angedeutet, im Zentrum der Bereichsethiken verorten. Wenn IKT und Anwendungssysteme in die medizinischen Bereiche diffundieren, bleibt dies nicht ohne Auswirkungen auf die Medizinethik und weitere Bereichsethiken. Diese müssen sich zudem mit der Maschinenethik ins Benehmen setzen, welche die „Moralisierung“ von Operations-, Therapie- und Pflegerobotern in Angriff nimmt, falls möglich und sinnvoll. Nicht angesprochen wurden die Fragen, ob Pflegeroboter bei Patienten Prioritäten oder Präferenzen haben oder ob sie lebenserhaltende Systeme selbstständig ausschalten dürfen – einfach, weil sie noch zu weit in die Zukunft weisen und es gerade hier geboten ist, Science-Fiction und Realität zu unterscheiden, um nicht unnötig Ängste zu wecken und Abwehr hervorzurufen.

Es konnten vorläufige Antworten auf die gestellten Fragen angeboten werden, ohne dass schon abgestimmte Lösungen und anwendbare Modelle vorhanden wären. Die Bereichsethiken, die an vielen Hochschulen ein stiefmütterliches Dasein fristen, müssen gestärkt und ausgebaut werden, um die vielfältigen Herausforderungen, die sich in der Informationsgesellschaft und speziell aus Digitalisierung und Robotisierung heraus ergeben, angehen zu können. Die Moralphilosophie muss in wissenschaftlichen Einrichtungen die Leitdisziplin mit Blick auf moralische Fragen sein (ohne moralische Positionen beziehen zu müssen), zudem in Ethikkommissionen, wo sie paradoxerweise häufig eine Randposition hat, was an der Dominanz der Fachdisziplinen und der Moralthologie (hervorgerufen nicht zuletzt durch einseitige politische und wirtschaftliche Förderung und Unterstützung) liegt. Es wird nicht einfach sein, patientenfreundliche und gesellschaftsverträgliche Lösungen zu erzielen. Wichtig scheint zu sein, dass jeder Mensch selbst darüber bestimmen kann, solange er es kann, welche Zukunft im Gesundheitsbereich ihn erwartet. Er ist über die Grundlagen und Ausprägungen zu informieren, über die Chancen und Risiken sowie über die Kosten aufzuklären – aber am Ende sollte er im Einklang mit sich selbst, mit seinen Werten und Vorstellungen, frei entscheiden, was zu tun ist. Eine Patientenverfügung könnte hierbei ein Baustein sein, mit der Gefahr, dass man sich nicht in allen Fällen etwas Gutes mit ihr tut. Aber immerhin urteilt man über sich selbst, aus der Freiheit und aus der Vernunft heraus. Und diese Möglichkeit gilt es mehr denn je zu verteidigen.

Literatur

- Anderson, M., & Anderson, S. L. (Hrsg.). (2011). *Machine ethics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Becker, H., Scheermesser, M., Früh, M., et al. (2013). *Robotik in Betreuung und Gesundheitsversorgung*. TA-SWISS 58/2013. Zürich: vdf Hochschulverlag.
- Bekey, G. A. (2012). Current trends in robotics: Technology and ethics. In P. Lin, K. Abney, & G. A. Bekey (Hrsg.), *Robot ethics. The ethical and social implications of robotics* (S. 17–34). Cambridge: MIT Press.
- Bendel, O. (November 2012a). Die Medizinethik in der Informationsgesellschaft: Überlegungen zur Stellung der Informationsethik. *Informatik-Spektrum* („Online-First“-Article on Springer-Link).
- Bendel, O. (2012b). *Maschinenethik. Beitrag für das Gabler Wirtschaftslexikon*. Wiesbaden: Springer Gabler. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/maschinenethik.html>.
- Bendel, O. (2012c). *Informationsethik. Beitrag für das Gabler Wirtschaftslexikon*. Wiesbaden: Springer Gabler. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/informationsethik.html>.
- Bendel, O. (2013a). Dr. Robot entdeckt die Moral: Maschinen- und Menschenethik im Gesundheitsbereich. *IT for Health*, 2, 2–4.
- Bendel, O. (2013b). *Technikethik. Beitrag für das Gabler Wirtschaftslexikon*. Wiesbaden: Springer Gabler. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/technikethik.html>.
- Bendel, O. (2013c). *Medizinethik. Beitrag für das Gabler Wirtschaftslexikon*. Wiesbaden: Springer Gabler. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/medizinethik.html>.
- Bendel, O. (2014). Die Roboter sind unter uns. *Netzwoche*, 22, 28.

- Bendel, O. (27. Juni 2015a). *Medizinische Roboter mit Nebenwirkungen*. SenLine. <http://www.senline.ch/medizinische-roboter-mit-nebenwirkungen-id1093>.
- Bendel, O. (2015b). Surgical, therapeutic, nursing and sex robots in machine and information ethics. In S. P. van Rysewyk & M. Pontier (Hrsg.), *Machine medical ethics*. Series: *Intelligent systems, control and automation: Science and engineering* (S. 17–32). Berlin: Springer.
- Bendel, O. (2016). *300 Keywords Informationsethik: Grundwissen aus Computer-, Netz- und Neue-Medien-Ethik sowie Maschinenethik*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Bendel, O. (2017a). Sex robots from the perspective of machine ethics. In Proceedings of the conference „love and sex with robots“, 19.–20. Dezember 2016, London, Springer, Berlin und New York.
- Bendel, O. (2. März 2017b). Ergänzende Patientenverfügung zum Einsatz von Robotern. [informationsethik.net](http://www.informationsethik.net).
- Decker, M. (2012). Technology assessment of service robotics. In M. Decker & M. Gutmann (Hrsg.), *Robo- and informationethics: Some fundamentals* (S. 53–88). Münster: LIT.
- Decker, M. (2013). Mein Roboter handelt moralischer als ich? Ethische Aspekte einer Technikfolgenabschätzung der Servicerobotik. In A. Bogner (Hrsg.), *Ethisierung der Technik – Technisierung der Ethik: Der Ethik-Boom im Lichte der Wissenschafts- und Technikforschung* (S. 215–231). Baden-Baden.
- Fahlberg, C. (2017). *Use cases for care robots: A list of use cases for the nursing sector*. Master Thesis, School of Business FHNW.
- Fahlberg, C., & Wenger, D. (2015). *Healthcare and medical robots*. Research Project, School of Business FHNW.
- Glende, S., Conrad, I., Krezdorn, L., et al. (2016). Increasing the acceptance of assistive robots for older people through marketing strategies based on stakeholder needs. *International Journal of Social Robotics*, 8, 355.
- Göbel, E. (2010). *Unternehmensethik: Grundlagen und praktische Umsetzung*. Stuttgart: Lucius & Lucius.
- Hertzberg, J., Lingemann, K., & Nüchter, K. (2012). *Mobile Roboter: Eine Einführung aus Sicht der Informatik*. Berlin: Springer.
- Höffe, O. (2008). *Lexikon der Ethik* (7. Aufl.). München: Beck.
- Kollek, R. (2013). Ethik der Technikfolgenabschätzung in Medizin und Gesundheitswesen: Herausforderungen für Theorie und Praxis. In A. Bogner (Hrsg.), *Ethisierung der Technik – Technisierung der Ethik: Der Ethik-Boom im Lichte der Wissenschafts- und Technikforschung* (S. 199–214). Baden-Baden.
- Kuhlen, R. (2004). *Informationsethik: Umgang mit Wissen und Informationen in elektronischen Räumen*. Konstanz: UVK.
- Levy, D. (2007). *Love and sex with robots: The evolution of human-robot relationships*. New York: Harper Perennial.
- Pieper, A. (2007). *Einführung in die Ethik* (6. Aufl.). Tübingen: A. Francke.
- Pluta, W. (9. Mai 2016). Operationsroboter übertrifft menschliche Kollegen. [golem.de. https://www.golem.de/news/robotik-operationsroboter-uebertrifft-menschliche-kollegen-1605-120779.html](https://www.golem.de/news/robotik-operationsroboter-uebertrifft-menschliche-kollegen-1605-120779.html).
- Salichs, M. A., Encinar, I. P., Salichs, E., et al. (2016). Study of scenarios and technical requirements of a social assistive robot for Alzheimer’s disease patients and their caregivers. *International Journal of Social Robotics*, 8, 85.
- Santoni de Sio, F., & Wynsberghe, A. van. (December 2016). When should we use care robots? The nature-of-activities approach. *Science and Engineering Ethics*, 22(6), 1745–1760.
- Schöne-Seifert, B. (2007). *Grundlagen der Medizinethik*. Stuttgart: Kröner.

Oliver Bendel wurde 1968 in Ulm geboren. Nach dem Studium der Philosophie und Germanistik sowie der Informationswissenschaft an der Universität Konstanz und ersten beruflichen Stationen erfolgte die Promotion im Bereich der Wirtschaftsinformatik an der Universität St. Gallen. Bendel arbeitete in Deutschland und in der Schweiz als Projektleiter und stand technischen und wissenschaftlichen Einrichtungen vor. Im April 2009 wurde er von der Hochschule für Wirtschaft FHNW (Basel, Olten und Brugg-Windisch) zum Professor ernannt und am Institut für Wirtschaftsinformatik angestellt. Prof. Dr. Oliver Bendel ist Experte in den Bereichen E-Learning, Wissensmanagement, Social Media, Mobile Business, Informationsethik sowie Maschinenethik. Seine Forschung in der Maschinenethik wird weltweit mit großem Interesse aufgenommen und in den internationalen Medien behandelt. Seit 1998 sind über 250 Fachpublikationen entstanden, darunter verschiedene Bücher und Buchbeiträge sowie Artikel in Praktiker- und Fachzeitschriften. Mehrere Beiträge hatten Pflege- und Therapieroboter zum Gegenstand. Weitere Informationen über www.oliverbendel.net, www.informationsethik.net und www.maschinenethik.net.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Umsorgen, überwachen, unterhalten – sind Pflegeroboter ethisch vertretbar?

12

Jeanne Kreis

Zusammenfassung

Von einer Maschine hochgehoben, gewaschen, bedient, überwacht und unterhalten werden? Ein Roboter, der Menschen daran erinnert, Tabletten zu schlucken, genügend Flüssigkeit aufzunehmen oder mit ihnen über einen Monitor Gedächtnisspiele spielt? Der Gedanke, im Alter von einem Pflegeroboter betreut zu werden oder Nahestehende maschinell umsorgen zu lassen, ist für viele befremdlich. Dennoch ist die Entwicklung von Pflegerobotern in vollem Gange. Der vorliegende Beitrag behandelt den Einsatz von Pflegerobotern aus ethischer Perspektive und weist dabei anhand konkreter Robotertypen auf Hürden der Pflegerobotik hin. Neben Einwänden wie dem Kontaktverlust thematisiert das Papier unter anderem den Einsatz von Pflegerobotern hinsichtlich der bewussten Täuschung älterer pflegebedürftiger Personen sowie der Menschenwürde. Anhand der vorgebrachten Argumente wird dargelegt, welchen moralischen Ansprüchen Pflegeroboter gerecht werden müssen und wie der Einsatz künstlicher Systeme in einem menschenzentrierten Bereich wie der Pflege trotz ethischer Bedenken legitimiert werden kann.

12.1 Einleitung

Wir schreiben das Jahr 2100. In der Schweiz leben mehr als 11 Mio. Menschen, die Lebenserwartung steigt stetig. Um dem Mangel an Pflegefachkräften entgegenzuwirken und Personalkosten einzusparen, wurden Pflegefachpersonen längst durch humanoide Roboter ersetzt, welche pflegebedürftige Menschen in entsprechenden Institutionen rund

J. Kreis (✉)
Swisstransplant, Wabern, Schweiz
E-Mail: jeanne.kreis@sui.ch

um die Uhr vollautonom versorgen. Während Serviceroboter mit Getränken patrouillieren, werden die geschippten Bewohner des Pflegeheims von Chatbots über das Wetter der kommenden Tage informiert, bevor Assistenzsysteme sie zur allmorgendlichen Körperpflege abholen. Algorithmen bestimmen unser Leben, menschliche Kontakte sind scheinbar überflüssig geworden.

Werden Pflege und Robotik gegenübergestellt, resultieren nicht selten bizarre Zukunftsszenarien, welche stark von den heute vorherrschenden Werten einer gegenwartsnahen Gesellschaft abweichen. Tatsächlich hat die Robotik in der Pflege aber ein ganz anderes Gesicht. Mit dem Ziel, Lebensqualität zu verbessern, setzt sie in erster Linie auf die Entwicklung von Helferinstanzen, die Pflegebedürftige, deren Angehörige, aber auch Pflegefachkräfte im Alltag unterstützen sollen. Noch sind es neben Familienangehörigen vor allem Fachpersonen wie Ärzte, Pflegende und Therapeuten, welche Pflegebedürftige umsorgen. Ein Roboter, der daran erinnert, Tabletten zu schlucken, genügend Flüssigkeit aufzunehmen, Pflegebedürftige aufrichtet oder mit ihnen über einen Monitor Gedächtnisspiele spielt, dürfte aber bald Standard sein. Der Gedanke, dass auf Hilfe angewiesene Menschen künftig von einem Pflegeroboter betreut werden könnten, ist für viele befremdlich. Doch die Grenzen des technisch Machbaren verschieben sich stetig und die Entwicklung von Robotern für Medizin und Pflege ist in vollem Gange.

Mit den menschenzentrierten Disziplinen rücken unweigerlich auch ethische Fragen in den Fokus der Robotik. Entsprechend fragt die Maschinenethik nach dem moralischen Status von Maschinen und deren Rolle als moralisches Subjekt (Bendel 2013). Welche Werte und welche Modelle normativer Ethik verfolgt der Roboter? Was darf er mit Menschen tun und was dürfen sie mit ihm tun? Sollen künstliche Systeme vollautonom agieren können oder nur nach strikter menschlicher Anordnung befähigt sein, Aktionen auszuführen? Darf sich der Roboter moralisch bedenklichen menschlichen Anweisungen widersetzen? Darf er gar selbst moralisch relevante Entscheidungen treffen (Bendel 2014, S. 22–24, 2016a, S. 129–131)?

Kaum jemand wird sich daran stören, wenn ein Robotersystem in einem Pflegezentrum schmutzige Bettlaken in den Waschraum befördert. Doch wie stehen wir zu einem Gerät, das Menschen wäscht, wie Roboter Cody, oder sie tröstet und unterhält wie Kuschelrobbe Paro? Welche Aufgaben sollen Roboter übernehmen dürfen und welchen Herausforderungen sind sie aufgrund ihrer maschinellen Beschaffenheit gar nicht erst gewachsen? Um den Wirkungs- und Aufgabenbereich von Robotern genauer zu definieren, bedarf es bereits vor der Etablierung künstlicher Systeme einer ethischen Auseinandersetzung mit möglichen Auswirkungen der Robotik. Vor diesem Hintergrund legt der vorliegende Beitrag Argumente für wie auch gegen den Einsatz von Pflegerobotern dar und prüft deren Stichhaltigkeit am Beispiel bestehender Geräte. Dabei liegt der Schwerpunkt der ethischen Diskussion nicht auf Entwicklung, Produktion oder Entsorgung der Maschinen, sondern vielmehr auf der eigentlichen Anwendung der Pflegeroboter in einer Pflegeinstitution. Im Folgenden werden Einwände aus den Bereichen Privatsphäre, Datenschutz und Verantwortung sowie das Argument der durch Roboter bedingten Kontaktverminderung dargelegt. Anschließend thematisiert der

vorliegende Beitrag das Argument der menschlichen Täuschung wie auch das Argument der Zwischenschaltung künstlicher Systeme und den Einwand nicht geachteter Würde. Vor der ethischen Auseinandersetzung mit Pflegerobotern erfolgt jedoch eine dazu notwendige begriffliche Definition sowie ein demografischer Überblick, der die Notwendigkeit einer Auseinandersetzung mit Robotersystemen in der Pflege zusätzlich unterstreicht.

12.2 Begriffsdefinition: „Pflegeroboter“ und „Roboter in der Pflege“

Nicht jedes maschinelle System wirft signifikante ethische Fragen auf. Um die in Zusammenhang mit der Robotik auftretenden ethischen Probleme genauer zu umreißen, ist eine begriffliche Klärung der Bezeichnungen „Roboter in der Pflege“ und „Pflegeroboter“ vorzunehmen.

Der vorliegende Beitrag legt den Fokus auf Pflegeroboter. Mit dem Begriff „Pflegeroboter“ werden im Folgenden Robotersysteme bezeichnet, welche menschliche Pflegekräfte unterstützen oder ersetzen. Sie versorgen Pflegebedürftige mit Medikamenten, bringen und reichen Nahrungsmittel, helfen beim Hinlegen und Aufrichten von Personen und alarmieren, wenn nötig, den Notdienst (Bendel 2016b). Es können grob die drei Kategorien Service-, Assistenz- und Unterhaltungsroboter unterschieden werden. Während Serviceroboter wie Care-O-bot kleinere Bring- und Holddienste übernehmen, leisten Assistenzroboter wie Hebesystem Robear Hilfe beim Umlagern und Aufrichten von Patienten. Unterhaltungsrobotern kommt hingegen die Aufgabe zu, Menschen geistig oder körperlich zu animieren. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Funktionen können Pflegeroboter oft mehr als einer Kategorie zugeordnet werden.

Im Unterschied zum engeren Begriff „Pflegeroboter“ referiert die weitreichendere Bezeichnung „Roboter in der Pflege“ im Rahmen dieses Beitrags zusätzlich auf Systeme, welche nicht im Austausch mit Pflegekräften oder Pflegebedürftigen stehen und auch außerhalb der Pflege eingesetzt werden. So kann beispielsweise ein autonomer Fensterreinigungsroboter sowohl in Pflegeinstitutionen als auch in Privathaushalten von nicht Pflegebedürftigen zum Einsatz kommen. Bei einem im Pflegeheim eingesetzten Fensterreinigungsroboter handelt es sich demnach zwar um einen Roboter in der Pflege, jedoch nicht um einen Pflegeroboter.

Dieser Beitrag konzentriert sich auf die Pflege älterer, pflegebedürftiger Menschen in Institutionen der Langzeitpflege. Dabei handelt es sich um Menschen jenseits des 65. Lebensjahres, welche auf Hilfe oder Unterstützung in grundlegenden Aktivitäten des täglichen Lebens, wie etwa Körperpflege oder Nahrungszufuhr, angewiesen sind (SAMW 2013, S. 7). Bevor die ethische Auseinandersetzung mit Pflegerobotern erfolgt, zeigt der nachfolgende demografische Überblick, inwiefern Pflegeroboter für diese älteren, technisch weniger versierten Generationen von Belang sind.

12.3 Demografischer Überblick

Bislang funktionierten Schweizer Pflegeinstitutionen ohne etablierte Unterstützung von Pflegerobotern. Der vorherrschende demografische Trend einer immer älter werdenden Bevölkerung dürfte Entwicklung und Einsatz von künstlichen Systemen in der Pflege aber begünstigen. Denn mit dem Erreichen eines hohen Lebensalters sind Menschen über eine erweiterte Zeitspanne unterstützungs- oder pflegebedürftig.

Gemäß Weltgesundheitsorganisation WHO wird sich der Anteil der Weltbevölkerung von über 60-Jährigen zwischen 2015 und 2050 nahezu verdoppeln und von 12 % auf 22 % ansteigen (World Health Organization 2017). Dieser Trend dürfte sich auch in der Schweiz abzeichnen. Gemäß dem schweizerischen Bundesamt für Statistik BFS ist zu erwarten, dass die Bevölkerungsgruppe der ab 65-Jährigen von 1,5 Mio. im Jahr 2015 auf 2,7 Mio. im Jahr 2045 anwachsen wird (Kohli et al. 2015, S. 5). Mit der steigenden Zahl älterer und hochbetagter Menschen nimmt auch die Gruppe pflegebedürftiger Personen stark zu. Der Bedarf an personellen Ressourcen in Pflege- und Betreuungsberufen dürfte bis 2025 entsprechend um gut 20 % steigen. Demgegenüber wurden laut dem im September 2016 veröffentlichten Versorgungsbericht der Gesundheitsdirektorenkonferenz und OdASanté in den letzten Jahren schweizweit nur 56 % des jährlich gefragten Pflegepersonals ausgebildet (Dolder und Grünig 2016, S. 47). Die hohe Berufsaussteigerquote verschärft den Mangel an Pflegefachpersonen zusätzlich.

Eine Demenzerkrankung ist der derzeit häufigste Grund für Pflegebedürftigkeit im Alter. Mit dem erhöhten Anteil älterer Menschen wächst auch die Zahl demenziell erkrankter Personen. Schätzungen zufolge sind in der Schweiz bereits heute 9 % der über 65-Jährigen und mehr als 40 % der über 90-Jährigen von der Alzheimerkrankheit oder einer anderen Demenzform betroffen (Schweizerische Alzheimervereinigung 2017). Gemäß Weltgesundheitsorganisation WHO erhöht sich die Gesamtzahl der Erkrankten weltweit bis 2030 auf 65,7 Mio. und bis 2050 auf 115,4 Mio. (WHO 2012, S. 2).

In Anbetracht dieser Entwicklung kann der Einsatz von Pflegerobotern, welche Pflegefachkräfte im Berufsalltag entlasten oder Pflegebedürftigen Autonomie und Mobilität gewährleisten, gangbare Lösungswege darstellen. Die älteste noch lebende Generation von Menschen künftig mit neuesten Generationen der Technik zu konfrontieren, erfährt aber nicht nur Zuspruch. Insbesondere von Pflegeethikern werden derzeitige technische Entwicklungen im Bereich der Pflegerobotik auch kritisch beurteilt. Selbst wenn Roboter Zielscheibe moralischer Bedenken sind, kann es gelingen, ihren Einsatz ethisch zu rechtfertigen. Im Folgenden werden Einwände aus den Bereichen Privatsphäre, Datenschutz und Verantwortung umrissen, bevor umfassender auf das Kontaktargument, das Argument der menschlichen Täuschung und der Zwischenschaltung künstlicher Systeme wie auch auf den Einwand nicht geachteter Würde eingegangen wird.

12.4 Privatsphäre, Datenschutz und Verantwortung

Die Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften SAMW weist in der Richtlinie „Behandlung und Betreuung von älteren pflegebedürftigen Menschen“ explizit auf die Verschwiegenheitspflicht von Ärzten, Pflegepersonal und Therapeuten hin (2013, S. 7). Als besonders schützenswerte Daten sind Pflegedokumentationen und Krankengeschichten so zu handhaben und aufzubewahren, dass nur berechtigte Personen Einblick nehmen können.

Nicht nur Pflegekräfte, auch Roboter bewegen sich eng am Menschen. Mithilfe der Robotik personelle Aktivität zu dokumentieren, wäre ohne weiteres möglich. Entsprechend programmiert, verfolgt ein Gerät, wie sich der Zustand einer Person verbessert oder verschlechtert und was in der Umgebung überwachter Patienten geschieht. Der Roboter zeichnet beispielsweise auf, wer kommt und geht, was geredet und was gekocht wird (Bendel 2014, S. 24). Wenn mit Kamera, Sensoren und Mikrofon ausgestattete Roboter im Wohnpflegezentrum zirkulieren und Aufzeichnungen machen, stellt sich die Frage, wie umfassender Datenschutz und Privatsphäre zu gewährleisten sind. Wie kann verhindert werden, dass persönliche Daten an unbefugte Dritte, wie etwa Roboterhersteller oder Krankenkassen, weitergeleitet werden? Kann trotz permanenter Überwachung überhaupt Privatsphäre entstehen? Eng damit verknüpft stellt sich die Frage, ob und wenn ja, inwiefern ständige Überwachung zugunsten besserer Versorgung überhaupt zu rechtfertigen ist.

Neben den genannten Problemen bezüglich Datenschutz und Privatsphäre ergeben sich Fragen hinsichtlich der Verantwortung von Robotern und für Roboter. Wer übernimmt die Verantwortung, wenn ein System Trinkprotokolle verfälscht oder mit einer pflegebedürftigen Person kollidiert? Wer haftet, wenn bei einem Sturz eines 140 kg schweren Assistenzroboters eine Pflegekraft eingeklemmt wird oder dem Gerät im falschen Moment die elektrische Energie ausgeht?

Die Implementierung von Pflegerobotern wirft viele bislang ungeklärte Fragen unterschiedlicher Kategorien auf. Darunter fallen nicht nur die oben umrissenen Problemfelder der Bereiche Privatsphäre, Datenschutz und Verantwortung, die unter anderem auch juristischer Klärung bedürfen. Der Einsatz künstlicher Systeme in einer menschenzentrierten Disziplin wie der Pflege zieht neben pflegerischen und technischen auch typisch ethische Fragen mit sich. Im folgenden Abschnitt wird der gewichtige ethische Einwand eines drohenden Kontaktverlusts diskutiert.

12.5 Kontaktverlust und Isolation

Am deutschen Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung beschäftigen sich Wissenschaftler seit Jahren mit der Konstruktion des Serviceroboters Care-O-bot, der nebst Bring- und Holddiensten auch Überwachungsfunktionen übernimmt.

Bereits die dritte Generation des Roboters, Care-O-bot III, war in der Lage, sich selbstständig und kollisionsfrei zwischen Menschen fortzubewegen und sie unter anderem mit Haushaltsgegenständen oder Getränken ihrer Wahl zu versorgen. Um die Interaktion zwischen Gerät und Pflegepersonal sowie Patienten zu gewährleisten, war Care-O-bot III im Besitz von Serviertablett, Touchscreen-Monitor und 3-Finger-Hand, die dem Roboter beispielsweise das Öffnen von Türen ermöglichte. Per Touchscreen konnten Gesellschaftsspiele oder Programme zum Gedächtnistraining sowie Musik oder Gedichte abgerufen werden. Neben diversen Serviceaufgaben erfüllte Care-O-bot III auch Überwachungsfunktionen. So war er beispielsweise in der Lage, Trinkprotokolle zu führen, Trinkverhalten zu kontrollieren und Personen daraufhin gezielt zur Flüssigkeitsaufnahme einzuladen (Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA 2008). Die mittlerweile vierte Generation des Roboters, Roboterassistent Care-O-bot 4, ist mit Touchscreen, Mikrofonen und Kameras zur Sprach- und Personenerkennung versehen, kann mit Armen ausgestattet werden und eignet sich unter anderem zur aktiven Unterstützung im häuslichen Umfeld. Auch Care-O-bot 4 ist mithilfe seiner Sensorik in der Lage, typische Haushaltsgegenstände zu erkennen und zu greifen und eignet sich wie bereits sein Vorgänger ebenfalls dazu, Hol- und Bringdienste in Heimen zu leisten (Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA 2015).

Im hohen Alter verliert der Mensch zunehmend an Mobilität. Werden Pflegebedürftige in einer Institution der Langzeitpflege betreut, konzentriert sich auch das soziale Umfeld der Zentrumsbewohner verstärkt auf Pflegenden und andere pflegebedürftige Personen. Gemäß den medizinethischen Richtlinien der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften ist persönlicher Kontakt, wie etwa zwischen Arzt und älteren pflegebedürftigen Personen, für eine adäquate Betreuung unabdingbar (2004, aktualisiert 2013, S. 7). Pflege- und insbesondere Serviceroboter wie Care-O-bot stehen jedoch in der Kritik, Isolation und Ausgrenzung pflegebedürftiger Personen stark zu begünstigen. Gemäß Amanda und Noel Sharkey unterbinden Pflegeroboter Kontaktmöglichkeiten zwischen Menschen und ihrem näheren Umfeld, was eine tatsächliche Reduktion sozialer Kontakte impliziert (Sharkey und Sharkey 2010). Bringt Care-O-bot hochbetagten Heimbewohnern ein Getränk, werden diese zwar mit Flüssigkeit versorgt, eine soziale Interaktion bleibt jedoch aus. Unterhaltungsfunktionen, wie etwa Monitorspiele oder Gedichtrezitationen, animieren zwar zur Selbstbeschäftigung, befördern aber auch Rückzug und Isolation älterer Menschen.

Die Ethik stellt den Anspruch, den Einsatz von Pflegerobotern hinsichtlich der Interessen aller Beteiligten zu untersuchen. Um zu beurteilen, ob Pflegeroboter ethisch vertretbar sind, müssen demnach nicht nur die Interessen der Gepflegten, sondern auch diejenige der Pflegefachkräfte berücksichtigt werden. Der Nutzen des Serviceroboters liegt nicht allein in der Unterstützung von Pflegebedürftigen, sondern auch in der Funktion, Pflegefachkräfte im Alltag zu entlasten (Becker et al. 2013). Kann das Pflegepersonal zeitraubende Aufgaben wie die Versorgung mit Getränken delegieren, bleibt mehr Zeit, tiefer gehenden Kontakt zu den Menschen zu pflegen. Doch wie wird die durch Pflegeroboter gewonnene Zeit reinvestiert? Robert und Linda Sparrow

zufolge kann der Einsatz von Robotern in der Pflege zwar zu einem Zeitgewinn führen, es besteht jedoch die akute Gefahr, dass die gewonnenen Minuten aus ökonomischen Gründen nicht dem einzelnen Zentrumsbewohner zugutekommen. Vielmehr dürfte der Robotereinsatz dazu führen, dass eine höhere Anzahl an Patienten von der gleichen Anzahl an Pflegekräften oder dieselbe Anzahl an Patienten von einer geringeren Anzahl an Pflegekräften betreut wird (Sparrow und Sparrow 2006, S. 143). Kommt die durch Pflegeroboter gewonnene Zeit nicht der einzelnen pflegebedürftigen Person zugute, wird eine Kontaktreduktion zwischen betreuungsbedürftigen Menschen und Pflegekräften entschieden begünstigt.

Erst wenn die erlangte Zeit auch tatsächlich darauf verwendet wird, häufigeren, tiefer gehenden Kontakt zu derselben Anzahl an Betreuungsbedürftigen zu pflegen, kann das Problem eines drohenden Kontaktverlusts aus ethischer Sicht umgangen werden. Es ist einzuräumen, dass die Übertragung von Dienstleistungen vom Menschen auf den Roboter primär einen Kontaktverlust bedeutet. Interagiert eine pflegebedürftige Person aber in angepasster Dauer und Frequenz mit dem Unterhaltungsroboter, während die Pflegefachperson andere Hochbetagte betreut, werden Zeitfenster geschaffen, die sowohl im Interesse der Pflegefachkräfte als auch im Interesse der Pflegebedürftigen liegen. Unter der Voraussetzung, dass Pflegeroboter so eingesetzt werden, dass sie Phasen zwischenmenschlichen Austauschs verlängern, verfügen sie über das Potenzial, Aufrechterhaltung und Vertiefung sozialer Kontakte zu befördern und so den Interessen pflegebedürftiger Menschen wie auch denjenigen der Pflegenden gleichermaßen gerecht zu werden.

12.6 Zwischenschaltung künstlicher Instanzen und verdeckte Adressaten

Jede Interaktion zwischen Mensch und Serviceroboter kann den Verlust direkten Kontakts zwischen Mensch und Mensch begünstigen. Das Zwischenschalten von Robotern birgt jedoch noch weitere ethische Schwierigkeiten.

Der von dem Hersteller SoftBank und der belgischen Firma ZoraBots entwickelte soziale Roboter Zora gilt als der am weitesten verbreitete humanoide Roboter im Gesundheitsbereich (Bellinger und Göring 2017, S. 77). Die 58 cm große Maschine wird unter anderem in Kliniken und Pflegeheimen eingesetzt, wo sie zur Mobilisation, Rehabilitation und Unterhaltung älterer Menschen beitragen soll. Zora singt und tanzt, motiviert bei Fitnessübungen, erinnert daran, genügend Flüssigkeit aufzunehmen, Medikamente zu schlucken oder informiert Zentrumsbewohner über anstehende Ereignisse (HCS Computertechnologie 2017). Die mit Kamera und Mikrofon ausgestattete Zora funktioniert jedoch nicht vollautonom, sondern wird von einer Pflegefachperson mittels Tablet ferngesteuert. Aus ethischer Sicht ist ebendiese Handhabung aus zweierlei Gründen problematisch. Der Austausch zwischen Pflegekraft und -bedürftigen erfolgt über den Umweg künstlich zwischengeschalteter Roboter. Wie bei dem Einsatz autonomer Serviceroboter wird auch durch die Zuschaltung des sozialen Roboters eine

direkte Kontaktmöglichkeit zwischen betreuungsbedürftigen Personen und Pflegefachkräften unterbunden. Wird der Kontaktverlust nicht kompensiert, ergibt sich ein signifikantes Isolationsproblem. Der Einsatz von Robotern wie Zora weist jedoch neben der Unterbindung direkten menschlichen Kontakts noch eine weitere ethische Hürde auf: Während die demenziell erkrankte Greta am Tisch sitzt, erkundigt sich die Pflegekraft vom Nebenraum aus mittels Zora nach dem Wohlbefinden der hochbetagten Bewohnerin des Wohnpflegezentrums. Dabei zieht sich die Pflegekraft physisch aus der Unterhaltung zurück und stellt ihre Fragen über den sympathischen humanoiden Roboter, der zum Adressaten von Gretas Äußerungen wird. Dass die Unterhaltung ferngesteuert ist, erkennt Greta nicht. Sie gibt Auskunft darüber, ob sie ihre Tabletten regelmäßig schluckt oder genügend Flüssigkeit aufnimmt. Wie erste Erfahrungen zeigen, wird mit der vermeintlichen Absenz der Pflegefachperson aber auch eine Gelegenheit geschaffen, in der Betreuungsbedürftige persönliche Geschichten und Zuständen schildern, die sie den Pflegekräften im direkten Austausch möglicherweise nicht anvertraut hätten (Bellinger und Göring 2017, S. 81). Es ist unwahrscheinlich, dass Roboter dazu eingesetzt würden, den Pflegekräften vorenthaltene Informationen zu erschleichen. Werden die an Roboter gerichteten Äußerungen an Pflegefachkräfte übermittelt, ergibt sich jedoch ein Problem verdeckter Adressaten.

Mit dem Gedankenexperiment „Experience Machine“ entwirft Robert Nozick ein gedankliches Konstrukt, welches darlegt, dass Menschen nicht getäuscht werden wollen. Selbst dann nicht, wenn die vorgetäuschte Welt die Realität erlebnisqualitativ überträte (Nozick 1974, S. 42–43). Angenommen, es bestünde die Möglichkeit, sich einer Erlebnismaschine anzuschließen, welche es erlaubt, in einer virtuellen Realität ein glückliches Leben zu führen und dabei nur gewünschte Erfahrungen zu machen. Gemäß Nozick wären nur die Wenigsten dazu bereit, ihr aktuelles Leben mit einer Existenz in der Erfahrungsmaschine auszutauschen. Ableitend definiert Nozick unter anderem den Kontakt zur Wirklichkeit als zentrales menschliches Anliegen. Mit dem Einsatz eines Roboters wie Zora erfolgt jedoch eine technische Verschleierung der eigentlichen Adressaten von Gretas Äußerungen. Während Greta überzeugt ist, mit Zora zu plaudern, unterhält sie sich eigentlich mit der latent agierenden Pflegefachkraft und wird somit hinsichtlich Gesprächspartner und Empfänger ihrer Aussagen getäuscht. Überträgt man Nozicks Gedankenexperiment auf die Robotik, ist die Täuschung Gretas auch dann nicht haltbar, wenn sich diese bei der Unterhaltung mit Zora bestens amüsiert.

Die unter Bezugnahme von Nozicks Erlebnismaschine dargelegte Argumentation folgt im Wesentlichen Robert und Linda Sparrows Aussagen zur Pflegerobotik: „Soweit Roboter die Menschen nur dann glücklicher machen können, wenn sie über die wahre Natur des Roboters getäuscht werden, bieten Roboter keine wirklichen Verbesserungen für das Wohlbefinden der Menschen“, so Sparrow/Sparrow aus dem Englischen. „Tatsächlich kann man sagen, dass der Einsatz von Robotern ihnen schaden kann. Der Wunsch, Roboter in Pflegerollen zu platzieren, ist daher töricht, schlimmer noch, es ist eigentlich unmoralisch“ (2006, S. 155).

Tatsächlich ist nicht auszuschließen, dass insbesondere demenziell erkrankte Menschen, welche unter dem fortgeschrittenen Verlust geistiger Leistungsfähigkeit leiden, über die Natur der Roboter getäuscht werden. Grundsätzlich kann auch – wie das Gedankenexperiment Nozicks zeigt – davon ausgegangen werden, dass Menschen ihre bestehende Realität einer perfekten fiktiven Welt vorziehen würden. Kurzfristig aus der Alltagsrealität auszusteigen, um sich täuschen zu lassen, kann aber reizvoll sein. Nicht selten genießen wir mit Virtual-Reality-Brillen oder im 4D-Kino die Abwechslung fiktiver Parallelwelten und kehren anschließend wieder in unser gewohntes Leben zurück. Analog dazu bedeutet auch die Interaktion mit einem Roboter nicht einen permanenten Ausstieg aus der realen Welt zugunsten einer bevorzugten Scheinexistenz. Unter Berücksichtigung der starken Intuition, dass die meisten Menschen nicht in einer fiktiven, wenn auch perfekten Welt verharren möchten, muss sich auch der Austausch zwischen Mensch und Maschine auf regulierte und frequentierte Zeitfenster beschränken. Unter dieser Voraussetzung sind Roboter entgegen der Aussage von Kritikern wie Sparrow/Sparrow sehr wohl in der Lage, das Interesse der pflegebedürftigen Person aufrechtzuerhalten und die Lebensqualität der Betroffenen zu verbessern. Pflege vollständig und rund um die Uhr Service-, Assistenz- und Unterhaltungsrobotern zu überlassen, wie es der Vergleich mit einer permanenten fiktiven Welt suggeriert, ist nicht nur aus pflegeethischer, sondern derzeit auch aus technischer Sicht nicht umsetzbar. Pflegebedürftige jedoch kurzfristig einer Interaktion mit einem Roboter zu überlassen, kann gewinnbringend sein. Lädt der Roboter zu einer anregenden Unterhaltung ein, ist er in der Lage, willkommene Abwechslung zu bieten. Auch dann, wenn es sich dabei um eine kurzfristige Täuschung handelt, vergleichbar mit einer Unterhaltungsform, die die meisten Menschen tolerieren oder gar begrüßen würden. Dennoch bleibt das Problem verdeckter Adressaten bei Robotern wie Zora, welche aus dem Nebenzimmer ferngesteuert werden, bestehen. Es lässt sich nur dann umgehen, wenn die Präsenz der Pflegefachkraft für die Pflegebedürftigen klar erkennbar ist. Erst wenn sich die mit dem Roboter interagierende Person darüber bewusst ist, dass die Pflegefachperson die Aussagen ebenfalls mitbekommt, sind alle Adressaten ihrer Äußerungen offengelegt. Diese Situation wird beispielsweise dann erreicht, wenn sich die Pflegefachkraft gemeinsam mit Greta und Zora an den Tisch setzt.

12.7 Argument der unethischen Täuschung

Ihre oftmals humanoide, aber nicht naturalistische Erscheinung macht Roboter zu Sympathieträgern. Kulleraugen, Stupsnasen und freundliche Stimmen oder Laute befördern die Akzeptanz gegenüber technischen Apparaturen und ebnen so den Weg für Interaktionen zwischen Mensch und Maschine. Der Einsatz entzückender Roboter zur Beförderung von Emotionen wird jedoch auch kritisch diskutiert. Anstatt eine interpersonale Vertrauensbasis zu schaffen, welche es pflegebedürftigen Menschen erlauben würde, sich gegenüber Pflegefachkräften zu öffnen, werden emotionsstimulierende

Roboter zwischengeschaltet, die den Zugang zu in sich gekehrten Menschen gewährleisten sollen.

Bereits 1993 begann das japanische National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) mit der Entwicklung des einem Sattelrobbybaby nachempfundenen Zuwendungsroboters Paro, der mittlerweile Eingang findet in Pflegezentren weltweit. Angelehnt an eine Tiertherapie besteht die Aufgabe Paros darin, insbesondere mit Demenzerkrankten, Wachkomapatienten, autistischen Kindern oder Menschen mit Behinderungen zu interagieren, Emotionen zu wecken und dadurch die Lebensqualität der Betroffenen zu verbessern.

Um Interaktionen mit Paro anzuregen, wurde bei seiner Entwicklung auf eine naturähnliche Erscheinung wie auch auf natürliche Verhaltensweisen geachtet. Paro ist in der Lage, Vorder- und Hinterflossen zu bewegen und auf Berührungen, Geräusche, visuelle Reize sowie auf Temperatur und Licht zu reagieren. Der 57 cm lange und 2,7 kg schwere Roboter verfügt zudem über ein synthetisches Fell sowie über verschiedene Sensoren, die es ihm erlauben, Menschen wahrzunehmen und sich ihnen mittels Kopfbewegung zuzuwenden. Feinste Technik ermöglicht ihm die Unterscheidung von Stimmen verschiedener Menschen und Reaktionen auf den eigenen Namen. Wird Paro gestreichelt oder geschlagen, gibt er Wohlbefinden oder Unbehagen mit der Stimme eines Sattelrobbybabys sowie mithilfe von Körperbewegungen zu erkennen (PARO Robots USA 2014). Im Gegensatz zum ferngesteuerten Roboter Zora agiert Kuschelroboter Paro autonom. Dabei richtet sich der Roboter nach erlernten Verhaltensmustern, die zuvor bei Patienten positive Reaktionen ausgelöst haben. Da die Roboterrobbe mit Menschen eigenständig interagiert, kann die bei ferngesteuerten Robotern auftretende Problematik verdeckter Adressaten umgangen werden. Dennoch handelt es sich bei Paro und anderen Zuwendungsrobotern dieser Art um ethisch umstrittene Geräte.

Im Gegensatz zu Robotern, die sich in ihrer Erscheinung klar von natürlichen Wesen unterscheiden, wird bei Paro die naturähnliche Wiedergabe von Erscheinungsbild und Verhaltensmuster echter Tiere angestrebt, um die Gunst der Patienten zu gewinnen. Analog der Kritik an ferngesteuerten Geräten sieht sich auch der Einsatz Paros mit dem Vorwurf konfrontiert, eine Täuschung des mit dem System interagierenden Menschen in Kauf zu nehmen. Dabei handelt es sich jedoch nicht um die Täuschung bezüglich Präsenz verdeckter Adressaten, sondern um eine Irreführung hinsichtlich der Natur des Roboters.

Paro wird hauptsächlich in Wohnpflegezentren bei hochbetagten, dementen Menschen eingesetzt. Aufgrund ihrer Erkrankung leiden die Betroffenen unter anderem unter dem Verlust des Denkvermögens wie auch unter verminderter Wahrnehmungsleistung (Schweizerische Alzheimervereinigung 2015). Während geistig unversehrte Menschen einen Roboter mühelos als solchen begreifen, dürften Demenzerkrankte oft nicht erkennen, dass es sich bei einem Gerät wie Paro um kein reales Lebewesen, sondern um eine bloße Tierimitation handelt. Laut Ethiker Robert Sparrow werden Menschen somit durch den Einsatz des Roboters zu einer ethisch nicht vertretbaren Selbsttäuschung ermuntert (Sparrow 2002, S. 23).

Ob und inwiefern demenziell erkrankte Menschen in der Lage sind, Roboter von Lebewesen zu unterscheiden, ist nicht Gegenstand dieses Beitrags. Unabhängig davon, ob sich Menschen über die Natur des Kunsttiers bewusst sind, stehen Zuwendungsroboter jedoch hauptsächlich aufgrund ihrer Interaktionsfähigkeit und der damit verbundenen vorgetäuschten Emotionen in der Kritik. Halten Menschen Roboter für empfindsame, emotionsfähige Wesen, werden den Geräten Aufgaben emotionaler Zuwendung übertragen, denen ein Roboter naturgemäß in keiner Weise gerecht werden kann. Fragt man Menschen nach ihren Ansprüchen an eine kompetente Pflegekraft, nennen sie nicht selten gefühlsbetonte Schlagworte wie Mitgefühl, Zärtlichkeit oder Achtsamkeit. Auch Trost in schwierigen Momenten wird gewünscht. Allesamt Anforderungen, denen künstliche Systeme mangels Empfindungsfähigkeit nicht gewachsen sind. Denn Computer und Roboter können keine Gefühle empfinden (Rojas 2016, S. 51). Zwar sind sie in der Lage, Emotionen auszudrücken – etwa durch niedliches Quietschen –, authentische Gefühle setzen jedoch Leben voraus. Demgegenüber möchten Menschen echte Zuwendung erfahren und nicht nur das bloße Gefühl von Zuwendung erleben. Ebenso wenig wie wir von Zora über die Adressaten unserer Äußerungen getäuscht werden wollen, wollen wir von Paro bezüglich des Adressaten unserer Gefühle oder hinsichtlich der Qualität erfahrener Emotionen betrogen werden. Unabhängig von ihrer körperlichen und geistigen Verfassung sollten Menschen demnach authentische Empfindungen zeigen wie auch erfahren dürfen.

Sympathische Roboter laden zur Interaktion ein. Um die ethische Debatte um Pflegeroboter unvoreingenommen zu führen, ist das ansprechende Design der Roboter jedoch auszublenden. Im Unterschied zu Kindern, die Stofftieren im fantasievollen Spiel Empfindungen andichten, werden im Falle Paros künstliche Gefühlsausdrücke mittels technischer Apparaturen als real existierende Empfindungen vermittelt. Werden pflegebedürftige Menschen mit dem Kuschelroboter sich selbst überlassen, besteht nicht nur eine Isolationsgefahr, sondern auch das Risiko, dass Menschen über die Natur der Robbe getäuscht und menschliche Gefühle und deren Ausdruck unter falschen Annahmen befördert werden. Diese Problematik kann aber umgangen werden, wenn Roboter wie Paro explizit als Gefühlsmittler zwischen Pflegefachkraft und Pflegebedürftigen, jedoch nie als eigenständige Sender künstlicher Emotionen oder Empfänger menschlicher Gefühlsäußerungen fungieren. Der Einsatz eines Therapieroboters ist somit an menschliche Begleitung, beispielsweise durch eine Pflegefachkraft, zu knüpfen. Erst wenn Pflegekräfte oder Angehörige die durch Therapieroboter erweckten Gefühle rezipieren und entsprechend reagieren, verschiebt sich die Rolle des Roboters vom ungeeigneten Absender und Empfänger vermeintlicher Gefühle zum Vermittler authentischer Emotionen der Beteiligten. Erzählt eine betagte Person aufgrund der Interaktion mit Paro vom Hund aus der Kindheit, wird wechselseitiger Zugang zu Gefühlswelten geschaffen, auf die sich Pflegefachkräfte im alltäglichen Umgang mit der betreffenden Person weiterhin beziehen und so deren geistige Animation gewährleisten können.

12.8 Argument der verletzten Würde: Gleichsetzung von Mensch und Objekt

Während Therapieroboter wie *Paro* primär Zugang zu in sich gekehrten Menschen erschließen sollen, besteht die Aufgabe von Assistenzsystemen wie *Cody* und *Robear* darin, Autonomie und Selbstbestimmung der Pflegebedürftigen zu befördern oder Pflegekräfte bei körperlich anstrengenden Tätigkeiten zu unterstützen. Der am Georgia Institute of Technology entwickelte Roboter *Cody* ist darauf spezialisiert, bettlägerige Patienten zu drehen und zu waschen. *Robear*, ein 140 kg schwerer, freundlich gestalteter Bär auf Rollen, assistiert Pflegenden beim Aufrichten, Umlagern und Tragen von Patienten (Riken 2015). Um die Gefährdung von Menschen auszuschließen, müssen Assistenzroboter hohen Sicherheitsansprüchen genügen, bevor sie implementiert werden können. Zwar liegt die Entwicklung technischer Apparaturen, welche Menschen waschen oder umbetten, aufgrund der nötigen Interaktion mit der physischen Welt hinter der Entwicklung von Service- und Unterhaltungsrobotern zurück, dennoch setzt sich der ethische Diskurs gegenwärtig mit Assistenzsystemen dieser Art auseinander. Trotz ihrer Funktion, Pflegende vor berufsbedingten Rückenschäden zu bewahren oder die Eigenständigkeit der Pflegebedürftigen zu befördern, stehen auch Assistenzroboter in der Kritik. Wie anderen Robotertypen wird ihnen vorgeworfen, Isolation und Vereinsamung der Pflegebedürftigen zu begünstigen. Während ein Roboter wie *Cody* bettlägerige Patienten wäscht, entgeht Pflegefachkräften die Gelegenheit, über die Berührung mit den Pflegebedürftigen in Kontakt zu treten und zugleich deren physische und psychische Verfassung zu überprüfen. Hebt ein Roboter eine Person aus dem Bett, werden weniger Helfer benötigt, um Patienten umzulagern. Der zwischenmenschliche Kontakt verringert sich.

Neben dem Einwand reduzierter Kontaktmöglichkeiten wird weitere Kritik laut. Denn während sich Roboter vielfach auf das physische Wohl einer Person konzentrieren, ist Pflege nicht als rein körperlicher Vorgang zu verstehen. Die deutsche Pflegeexpertin Adelheid von Stösser warnt daher vor der Degradierung des Menschen zum bloßen Sachgegenstand, der objektgleich „gewaschen, gewindelt und angezogen“ werden muss (Von Stösser 2011, S. 4). Aus ethischer Sicht ist die Gleichsetzung von Mensch und Objekt vor allem dahin gehend problematisch, dass Sachgegenständen im Gegensatz zu Menschen keine Würde inhäriert. Werden Menschen wie Objekte behandelt, wird auch ihre Würde geringer geachtet. Mit der Reduktion des Menschen auf dessen rein körperliche Existenz rücken Gemütszustände in den Hintergrund. Aggressionen, Ängste und Unruhen werden von dem körperfokussierten Roboter außer Acht gelassen. Von Stösser befindet es daher als realistisch, dass Menschen mit Demenz medikamentös in ihren Empfindungsfähigkeiten so weit gedämpft würden, dass sie sich problemlos von einem Roboter waschen und versorgen ließen (2011, S. 5).

Wie ist dieser Einwand der durch Roboter beförderten Gleichsetzung von Mensch und Objekt ethisch zu beurteilen? Die Gefahr, Menschen in der Pflege Sachgegenständen gleichzusetzen, mag bestehen. Sie ist jedoch nicht gezwungenermaßen an den Einsatz eines Roboters geknüpft. Gebrechliche Menschen sind in vielen Fällen auf die Hilfe

anderer angewiesen. Von welcher Qualität diese Hilfeleistung ist, steht im Zusammenhang mit dem vorherrschenden Verhältnis zwischen Pflegekraft und pflegebedürftiger Person. Dabei handelt es sich um eine Beziehung, die auch in Verzicht auf den Roboter-einsatz scheitern oder unter Einbezug eines Roboters gelingen kann. Ein sinnvoller Einsatz von Robotern kann geradezu verhindern statt fördern, dass sich Menschen Objekten gleichgesetzt fühlen. Führt eine auf Pflege angewiesene Person dank dem steuerbaren Roboter die eigene Körperpflege zum gewünschten Zeitpunkt selbstständig durch, erweitert der Einsatz des Systems deren Autonomie erheblich. Dadurch dürfte auch die Gefahr, dass Pflegebedürftige sich als Objekt fühlen, verringert werden. Zudem kann die der Würde inhärente Achtung der Intimsphäre zumindest bei agileren Patienten dank des Roboters gewährleistet und ein gegebenenfalls auftretendes Schamgefühl umgangen werden. Erste Untersuchungen deuten darauf hin, dass insbesondere bei Waschungen im Intimbereich Scham verringert werden kann. Auch beim Bewegtwerden und bei Routineaktivitäten bevorzugen manche Patienten Roboter gegenüber Menschen, um auf diese Weise ihre moralischen, sittlichen und sozialen Werte wie Autonomie, Intimität, Sicherheit oder Vertrauen zu schützen (Bendel 2015, S. 29).

Je mehr Aufgaben Robotern zukommen, desto mehr Eigenständigkeit erlangen sie. Es ist daher einzuräumen, dass ein Autonomiegewinn der Maschine auch einen Autonomieverlust auf Seite der Pflegebedürftigen bedeuten kann. Reicht der Roboter einer Person frische Hemden aus dem Schrank, wird Selbstständigkeit erlangt, da keine zusätzliche menschliche Unterstützung angefordert werden muss. Mit dem Ergreifen eines beliebigen Hemds trifft der Roboter jedoch stellvertretend für die physisch eingeschränkte Person eine Wahl und verhindert so eine autonome Entscheidung des Menschen. Dennoch verhilft der Roboter dadurch, dass er überhaupt in der Lage ist, Hemden zu reichen, zu erhöhter Eigenständigkeit. Können Menschen selbstzentrierte Aufgaben dank intelligenter künstlicher Systeme selbstständig angehen, erlangen sie Fähigkeiten, welche entgegen der vorgebrachten Kritik verhindern statt begünstigen, dass sich die Betroffenen Sachgegenständen gleichgesetzt fühlen.

12.9 Fazit

Nicht alles, was technisch machbar ist, ist ethisch unbedenklich. Ein in Spitälern und Heimen tauglicher Roboter muss daher neben technischen und klinischen Ansprüchen auch hohen ethischen Anforderungen genügen. Bevor Pflegeroboter in Pflegezentren implementiert werden können, gilt es, moralische Fragen aus den Bereichen Datenschutz, Privatsphäre und Verantwortung zu ermitteln und weitgehend zu beantworten. Auch ethisch relevante Aspekte wie die dargelegten Überlegungen zu Kontaktverlust, Täuschung und Würde sind zu behandeln, um die ethische Vertretbarkeit von Pflegerobotern zu gewährleisten. Roboter verfügen über großes Potenzial. Um das Leistungsvermögen der Robotik unbedenklich auszuschöpfen, sind jedoch Richtlinien

erforderlich, welche positive Folgen gewährleisten und negative Auswirkungen ausschließen. Denn im besten Fall tragen Serviceroboter wie Care-O-bot dazu bei, die Autonomie pflegebedürftiger Menschen zu befördern und überdies Zeitfenster zu schaffen, in welchen sich Pflegekräfte auf die intensiviertere Umsorgung pflegebedürftiger Menschen konzentrieren können. Bleibt dabei die Anzahl an gepflegten Personen stabil, ermöglicht der Roboter indirekt vertiefte Interaktionen zwischen Pflegefachkräften und Pflegebedürftigen. Werden jedoch mehr Menschen von derselben Anzahl Pflegepersonen betreut, trägt der Roboter zum Verlust zwischenmenschlicher Kontakte bei. Im schlechtesten Fall befördern Serviceroboter wie Care-O-bot so Isolation und Ausgrenzung einer Generation, deren soziales Umfeld sich durch den lebensdenn bedingten Verlust gleichaltriger Bezugspersonen bereits ohne Robotereinsätze markant verringert. Nicht nur Serviceroboter, auch Therapie- und Unterhaltungsroboter sind mit ethischen Herausforderungen konfrontiert. Wird der Roboter als Emotionsvermittler eingesetzt, kann er Zugang zu in sich gekehrten Menschen ermöglichen. Bleiben hochbetagte pflegebedürftige Menschen mit Robotern wie Paro oder Zora sich selbst überlassen, wird eine unethische Täuschung über die Natur des Geräts, dessen vermeintliche Gefühle oder bezüglich verdeckter Adressaten in Kauf genommen. Auch der Einsatz von Assistenzsystemen, die Menschen hochheben oder umlagern, kann sowohl positive als auch negative Auswirkungen haben. Angemessen eingesetzt, kann es dank Assistenzrobotern gelingen, menschliche Autonomie und Mobilität zu befördern. Falsch eingesetzt besteht jedoch das Risiko, Menschen auf ihre körperliche Existenz zu reduzieren und Geisteszustände wie etwa Angst oder Unruhe außer Acht zu lassen.

Pflegeroboter sind nicht per se als ethisch legitim oder illegitim zu beurteilen. Erst der Einsatz der Geräte bestimmt über ihre ethische Legitimität. Dauer, Frequenz, Akzeptanz und Art des Einsatzes sind den individuellen Bedürfnissen von Pflegebedürftigen und Pflegefachkräften gegenüberzustellen. Nur auf diese Weise kann vermieden werden, dass der Einsatz von Robotik in der Pflege aufseiten der Patienten zu den genannten viel kritisierten Folgen führt. Letztendlich sind Roboter von Menschen für Menschen entwickelte Werkzeuge, welche unter Berücksichtigung von individuell auf Pflegebedürftige abgestimmten Leitlinien Lebensqualität und Wohl aller Beteiligten erhöhen können, aber auch müssen, um ethische Legitimation zu erfahren.

Literatur

- Becker, H., Scheermesser, M., Früh, M., Treusch, Y., Auerbach, H., Hüppi, R., & Meier, F. (2013). *RoboCare Gesundheitsversorgung im Zeitalter der Automaten – Kurzfassung der Studie von TA-SWISS Robotik in Betreuung und Gesundheitsversorgung*. Zürich: Hochschulverlag AG der ETH Zürich. 4. https://www.ta-swiss.ch/2012_KF_Robocare_de.pdf. Zugegriffen: 17. Jan. 2018.
- Bellinger, I., & Göring, M. (September 2017). Die neuen Arzthelfer. *National Geographic*, 70–81, Gruner + Jahr.
- Bendel, O. (2013). Roboterethik. In *Gabler Wirtschaftslexikon*. Wiesbaden: Springer Gabler. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/roboterethik.html>. Zugegriffen: 15. Jan. 2018.

- Bendel, O. (Januar 2014). Der Spion im eigenen Haus. *IT for Health*, 22–24.
- Bendel, O. (Januar 2015). Sollen uns Roboter pflegen? *IT for Health*, 29.
- Bendel, O. (2016a). Maschinenethik. In *300 Keywords Informationsethik – Grundwissen aus Computer-, Netz- und Neue-Medien-Ethik sowie Maschinenethik* (S. 129–131). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Bendel, O. (2016b). Pflegeroboter. In *Gabler Wirtschaftslexikon*. Wiesbaden: Springer Gabler. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/pflegeroboter.html>. Zugegriffen: 3. Dez. 2017.
- Dolder, P., & Grünig, A. (2016). Nationaler Versorgungsbericht für die Gesundheitsberufe 2016 – Nachwuchsbedarf und Massnahmen zur Personalsicherung auf nationaler Ebene. (Hrsg.) Bundesamt für Gesundheit (BAG), Schweizerische Konferenz der kantonalen Gesundheitsdirektorinnen und -direktoren (GDK) und Nationale Dachorganisation der Arbeitswelt Gesundheit (OdASanté) 47. https://www.gdk-cds.ch/fileadmin/docs/public/gdk/themen/gesundheitsberufe/nichtun_gesundheitsberufe/versorgungsbericht/versorgungsbericht_2016-de-v2.2-web.pdf. Zugegriffen: 15. Dez. 2017.
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. (2008). Care-O-bot 3 Produktion eines interaktiven Haushaltsassistenten. https://www.care-o-bot.de/content/dam/careobot/de/documents/Produktblaetter/Produktblatt_Care-O-bot_3.pdf. Zugegriffen: 10. Nov. 2017.
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. (2015). Presseinformation Roboter als vielseitiger Gentleman. https://www.care-o-bot.de/content/dam/careobot/de/documents/Pressemitteilungen/2015_01_13_Care-O-bot_4_final.pdf. Zugegriffen: 10. Nov. 2017.
- HCS Computertechnologie. (2017). Zora. <http://www.hcs-ct.de/robotik/zora/>. Zugegriffen: 18. Nov. 2017.
- Kohli, R., Bläuer Herrmann, A., Perrenoud, S., Babel, J. (2015). *Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 2015–2045* (S. 5). Neuchâtel. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/publikationen.assetdetail.350324.html>. Zugegriffen: 3. Dez. 2017.
- Nozick, R. (1974). *Anarchy, state, and utopia* (S. 42–43). New York: Basic Books.
- PARO Robots USA. (2014). PARO therapeutic robot. <http://www.parorobots.com/>. Zugegriffen: 19. Nov. 2017.
- Riken. (2015). Press release the strong robot with the gentle touch. http://www.riken.jp/en/pr/press/2015/20150223_2/. Zugegriffen: 5. Dez. 2017.
- Rojas, R., (2016). Brauchen Roboter Emotionen? – Auf lange Sicht werden wir keine mitfühlenden Roboter haben. In *Programmierte Ethik. Brauchen Roboter Regeln oder Moral?* (S. 46–52). Hannover: Heiser Medien.
- Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften SAMW. (2013). *Medizin-ethische Richtlinien und Empfehlungen – Behandlung und Betreuung von älteren pflegebedürftigen Menschen* (7. Aufl., S. 7–8). Basel (Erstveröffentlichung 2004).
- Schweizerische Alzheimervereinigung. (2015). Demenzkrankheiten. <http://www.alz.ch/index.php/demenzkrankheiten.html>. Zugegriffen: 19. Nov. 2017.
- Schweizerische Alzheimervereinigung. (2017). Zahlen und Fakten zur Demenz. <http://www.alz.ch/index.php/zahlen-zur-demenz.html>. Zugegriffen: 19. Nov. 2017.
- Sharkey, A., & Sharkey, N. (2010). Granny and the robots: Ethical issues in robot care for the elderly. *Ethics and Information Technology*, Springer Science+Business Media B. <https://doi.org/10.1007/s10676-010-9234-6>.
- Sparrow, R. (2002). *The march of the robot dogs* (Working Paper Nr. 2002/7). Melbourne: Centre for Applied Philosophy and Public Ethics, 1–29.
- Sparrow, R., & Sparrow, L. (2006). In the hands of machines? The future of aged care. *Mind and Machine*, 16, 141–161.

- Von Stösser, A. (2011). Roboter als Lösung für den Pflegenotstand? Ethische Fragen. *Archiv für Wissenschaft und Praxis der sozialen Arbeit* 3, 1–9. https://www.pflege-shv.de/uploads/pflege-shv/Buch-Artikelempfehlungen/Roboter-in-der-pflege_Artikel_AvS_072011.pdf. Zugegriffen: 6. Dez. 2017.
- World Health Organization. (2012). Dementia: A public health priority. 2. http://www.who.int/mental_health/publications/dementia_report_2012/en/. Zugegriffen: 9. Nov. 2017.
- World Health Organization. (2017). Mental health of older adults. <http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-of-older-adults>. Zugegriffen: 12. Dez. 2017.

Jeanne Kreis, geboren am 3. April 1989, hat an der Universität Bern und der Humboldt-Universität zu Berlin Philosophie sowie Deutsche Sprach- und Literaturwissenschaft studiert. Im Rahmen einer universitären Arbeit beschäftigte sich die heute ausgebildete Gymnasiallehrkraft 2012 erstmals mit ethischen Auswirkungen von Pflegerobotern wie Paro, Care-O-bot und RIBA. Im Zentrum ihrer Interessen stehen neue ethische Fragen, welche sich aus Koexistenz und Kollaboration von Mensch und Maschine in den Bereichen Medizin und Pflege ergeben. Jeanne Kreis arbeitet als wissenschaftliche Mitarbeiterin der Schweizerischen Nationalen Stiftung für Organspende und Transplantation Swisstransplant und lebt in Bern.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Robotik in der Gesundheitsversorgung: Hoffnungen, Befürchtungen und Akzeptanz aus Sicht der Nutzerinnen und Nutzer

13

Heidrun Becker

Zusammenfassung

Um den steigenden Versorgungsbedarf im Gesundheitsbereich bei gleichzeitigem Mangel an Fachkräften zu sichern, wird zunehmend auch auf den Einsatz von Robotik gesetzt. Eine breite Vielfalt an Geräten wird dabei für verschiedene Nutzergruppen und Anwendungssituationen entwickelt. Die Geräte wecken einerseits Hoffnungen, aber auch Befürchtungen bei nichtprofessionellen und professionellen Nutzergruppen. Ob ein Roboter von Nutzenden tatsächlich akzeptiert wird, hängt von zahlreichen Faktoren ab. Die Aussagen in diesem Beitrag beruhen auf Literatur, eigenen Befragungen im Rahmen der Studie zur Technologiefolgenabschätzung für TA-SWISS in 2011–2012 (Becker et al., Robotik in Betreuung und Gesundheitsversorgung, vdf Hochschulverlag, Zürich, 2013) und verschiedenen Diskussionen mit Gesundheitspersonal, Expertinnen und Experten und Betroffenen im Rahmen von Vorträgen und Podiumsdiskussionen.

13.1 Einleitung

Um den steigenden Versorgungsbedarf im Gesundheitsbereich bei gleichzeitigem Mangel an Fachkräften zu sichern, wird zunehmend auch auf den Einsatz von Robotik gesetzt. Eine breite Vielfalt an Geräten wird dabei für verschiedene Nutzergruppen und Anwendungssituationen entwickelt. In diesem Kapitel werden die Geräte nach ihrer Funktion in Gruppen zusammengefasst und Anwendungsbeispiele aufgezeigt. Es werden nichtprofessionelle und professionelle Nutzergruppen unterschieden und ihre

H. Becker (✉)
Zürich, Schweiz
E-Mail: heidrun.becker@zhaw.ch

jeweiligen Hoffnungen, aber auch Befürchtungen vorgestellt. Anhand von Technikakzeptanzmodellen wird erläutert, welche Faktoren die Akzeptanz und Anwendung neuer Technologien beeinflussen. Die Aussagen beruhen auf Literatur, eigenen Befragungen im Rahmen der Studie zur Technologiefolgenabschätzung für TA-SWISS in 2011–2012 (Becker et al. 2013) und verschiedenen Diskussionen mit Gesundheitspersonal, Expertinnen und Experten und Betroffenen im Rahmen von Vorträgen und Podiumsdiskussionen.

13.2 Robotik und autonome Systeme in der Gesundheitsversorgung

Roboter und autonome Systeme unterscheiden sich hinsichtlich:

- **Grad der Autonomie:** von ohne Autonomie über halba autonom bis vollautonom
- **Komplexität:** von einfach (z. B. nur in einer festgelegten Umgebung agierend) über mittlere Komplexität (z. B. sich an eine definierte Umgebung anpassend) bis zu hoch komplexen, selbstständig lernenden und entscheidenden Systemen
- **Anwendungsbereichen** in der Gesundheitsversorgung: z. B. in der Pflege, der Therapie, Diagnostik, in Institutionen oder im häuslichen Einsatz
- **Zielgruppen:** professionelle und semiprofessionelle Nutzende und nicht-professionelle Nutzende, verschiedene Altersgruppen, verschiedene Krankheitsbilder und Einschränkungen
- **Entwicklungsstand des Produkts:** von Prototypen über erste Praxiseinsätze bis zum vermarkteten Produkt
- **Interaktion mit den Nutzenden:** von einfachem Interface bis hin zur sozialen Interaktion, bei der das Gerät als Akteur agiert

Es ist deshalb nicht möglich, Aussagen zu machen, die gleichermaßen auf alle Gerätetypen zutreffen. In der von der TA-SWISS in Auftrag gegebenen Technologiefolgenabschätzungsstudie (Becker et al. 2013) wurde deshalb zunächst eine Einteilung in Gruppen vorgenommen. Kriterien für die Zuordnung waren einerseits die Anwendungsbereiche und andererseits der Interaktionsgrad mit dem Nutzenden. Je höher die soziale Interaktion mit Nutzerinnen und Nutzern und die Autonomie der Geräte ist, umso riskanter wird das Gerät eingeschätzt und umso größer sind die ethischen Bedenken (Butter et al. 2008).

Demnach wird folgende Gruppeneinteilung vorgeschlagen:

- Gruppe 1: Trainingsgeräte und Hilfsmittel
- Gruppe 2: Telepräsenzrobotik und Assistenzgeräte
- Gruppe 3: Sozial-interaktive Robotik

Die Einteilung ist für die weitere Betrachtung von Nutzersicht und -akzeptanz hilfreich. Allerdings ist eine trennscharfe Zuordnung nicht immer möglich, da Geräte häufig mehrere Anwendungsbereiche abdecken.

13.2.1 Trainingsgeräte und Hilfsmittel

Zielgruppen für Trainingsgeräte und Hilfsmittel sind Menschen jeden Alters, die vor allem körperliche Einschränkungen und Behinderungen haben.

Trainingsgeräte werden vor allem in der Rehabilitation z. B. nach Schlaganfall oder bei anderen Erkrankungen mit motorischen Einschränkungen in der Physiotherapie und Ergotherapie verwendet. Sie erlauben eine hohe Anzahl an Wiederholungen einer Bewegung und erhöhen so den Therapieeffekt, z. B. in Bezug auf die Gehfunktion bei Querschnittlähmung (Nam et al. 2017). Die Geräte sind bereits gut etabliert auf dem Markt und gehören zur Standardausstattung von Rehakliniken.

Sie werden häufig mit virtuellen Spielen verknüpft, sammeln während der Übung Daten und ermöglichen eine kontinuierliche Auswertung. Durch den Spielcharakter wird die Motivation gesteigert. Während die Geräte für Institutionen meist sehr groß und schwer sind und einer therapeutischen Begleitung bedürfen, gibt es inzwischen auch Geräte für den häuslichen Einsatz, die selbstständiges Üben und Kommunikation mit dem Therapeuten und der Therapeutin über das Internet erlauben.

Die Geräte geben Feedback über den Erfolg im virtuellen Spiel, sie passen sich an den Leistungsgrad innerhalb eines Spiels an, zum Teil auch automatisch an den Unterstützungsbedarf des Patienten oder der Patientin (siehe Abb. 13.1, Armeo). So reagiert der Roboter auf die Bewegung des Nutzenden, man kann aber nicht von einer sozialen Interaktion sprechen.

Hilfsmittel werden von einer Person benutzt, um körperliche Einschränkungen zu kompensieren und Aktivitäten des täglichen Lebens ausführen zu können wie z. B. Fortbewegung, Gegenstände greifen und handhaben, Essen und Trinken, An- und Ausziehen etc. Rollatoren und Rollstühle sind häufig verwendete Hilfsmittel, die in einigen Prototypen durch „smarte“ Zusatzfunktionen erweitert wurden. So gibt es z. B. den autonom fahrenden Rollstuhl und den navigierenden und die Fortbewegung am Berg unterstützenden Rollator. Eine Haarwaschmaschine wäscht vollkommen selbstständig die Haare und merkt sich, welchen Druck eine Person als angenehm empfunden hat. Greifarme am Rollstuhl mit Sprachsteuerung unterstützen das Essen, Zähneputzen etc. Zu den

Abb. 13.1 Armeo. (Quelle: Hocoma AG)



Hilfsmitteln gehören auch Prothesen, die sich aktiv bewegen und durch Muskelimpulse gesteuert werden können. Die Geräte sind unterschiedlich in Komplexität und Autonomie. Der autonom fahrende Rollstuhl muss sehr komplexe Leistungen in einer sich ständig verändernden Umwelt erbringen und autonom Entscheidungen treffen, während die Haarwaschmaschine ein festgelegtes Programm absolviert, das sich an die Wünsche der Person anpassen lässt. Die Interaktion mit dem Nutzenden beschränkt sich auf die Ausführung von Befehlen durch verschiedene Arten von Interfaces, abgestimmt auf die Behinderung der Nutzerinnen und Nutzer. Während die einfachen Geräte wie die Haarwaschmaschine auf dem Markt erhältlich sind, ist der autonome Rollstuhl nur ein Prototyp, der zwar bereits in der Praxis getestet wurde, aber noch keine Zulassung hat. Es sind – ähnlich wie bei autonom fahrenden Autos – noch Fragen der Haftung und Sicherheit zu klären.

13.2.2 Telepräsenzrobotik und Assistenzgeräte

Zielgruppen für Telepräsenz und Assistenzgeräte sind vor allem professionelle Nutzerinnen und Nutzer, d. h. Gesundheitspersonal. Assistenzgeräte können auch von Angehörigen oder semiprofessionellem Pflegepersonal bei häuslichem Einsatz genutzt werden. Telepräsenz wird auch von Personen mit Pflegebedarf eingesetzt.

Telepräsenzroboter sind relativ einfache Geräte, die über das Internet gesteuert werden und es ermöglichen, aus der Distanz zu kommunizieren, sich innerhalb einer Umgebung fortzubewegen und z. T. Gegenstände zu manipulieren. Sie können z. B. im Krankenhaus genutzt werden, um Experten bei einer Untersuchung hinzuzuziehen, Gesundheitsdaten zu erfassen und zu übermitteln und so Patientinnen und Patienten zu überwachen.

Telepräsenzgeräte werden auch von Patientinnen und Patienten genutzt, z. B. von chronisch oder schwer kranken Kindern, um den sozialen Kontakt mit der Schule zu erhalten. Ein Roboter ist anstelle des Kindes in der Klasse anwesend und das Kind kann über das Gerät am Unterricht teilhaben (Saurenmann und Casada 2017). Die Geräte sind bereits auf dem Markt und z. B. in den USA verbreitet, um in manchen Regionen den Mangel an Fachärzten auszugleichen. Die Geräte ermöglichen Interaktion, sind aber selbst weder autonom noch sozial-interaktiv.

Assistenzgeräte unterstützen die Ausführung von Handlungen, die für die Diagnose, Pflege, Therapie oder sonstige Gesundheitsversorgung wichtig sind. Sie können sehr verschiedene Funktionen haben, z. B. Transport von Speisen, Medikamenten, Pflegematerial oder Personen, Erinnerung an Medikamenteneinnahme, Ausgabe von Getränken (Abb. 13.2, Care-O-bot). Medikamentenroboter bewähren sich seit Jahren vor allem in den USA. Sie übernehmen die Bestellung, Dosierung und Herausgabe von Medikamenten und sind dabei sicherer und preiswerter als Menschen bei den gleichen Tätigkeiten.

Abb. 13.2 Care-O-bot.
(Quelle: Phoenix Design)



13.2.3 Sozial-interaktive Roboter

Zielgruppen für sozial-interaktive Roboter in der Gesundheitsversorgung sind vor allem ältere Menschen, Personen mit Demenz und Kinder mit Autismus.

Roboter, deren Zweck es ist, mit Menschen zu kommunizieren, ihre Gefühle zu erkennen, adäquat darauf zu reagieren und positiv auf sie einzuwirken, nennt man sozial-interaktiv. Die Roboter können dazu verschiedene Gestalt haben: es gibt Roboter-tiere, Fantasiefiguren, menschenähnliche Roboter.

Soziale Roboter sind nach Dautenhahn (2007):

- **sozial evokativ:** Sie rufen soziales Verhalten hervor, ausgelöst durch die Tendenz des Menschen, emotionale Bindungen einzugehen und etwas, worum sie sich kümmern, zu vermenschlichen.
- **sozial situiert:** Sie sind in eine soziale Umwelt eingebettet, nehmen diese wahr und reagieren auf sie. Sie unterscheiden zwischen Objekten und sozialen Agenten in ihrer Umwelt.
- **kontaktfähig:** Sie treten proaktiv in Kontakt mit Menschen und nutzen dazu soziale Kognition.
- **sozial intelligent:** Sie zeigen Aspekte menschenähnlicher sozialer Intelligenz, die auf Modellen menschlicher Kognition und sozialer Kompetenz beruhen.

Sie können in unterschiedlichem Maße:

- Empfindungen ausdrücken oder wahrnehmen
- kommunizieren
- andere soziale Agenten erkennen oder von ihnen lernen
- soziale Beziehungen festigen oder erhalten
- natürliche Signale wie Blick, Gesten etc. nutzen
- eine bestimmte Persönlichkeit oder Charaktereigenschaften zeigen
- soziale Kompetenzen lernen oder entwickeln

Es gibt zwei Paradigmen des Einsatzes. Zum Caretaker-Paradigma gehören Roboter, die ein Versorgungsverhalten beim Menschen auslösen. Ein bekanntes Beispiel ist die Plüschrobbe *Paro*, die für den Einsatz von Menschen mit Demenz entwickelt wurde. Die Robbe wurde in Japan entwickelt und wird auch in europäischen Heimen eingesetzt. Sie reagiert auf Ansprache und Berührung, macht Geräusche und bewegt sich, wendet sich zum Beispiel der Person zu, wenn sie angesprochen wird.

Das Begleiter-Paradigma stellt höhere Ansprüche an ein Gerät. Der Roboter soll dem Menschen eine Art „Freund“ sein, seine Bedürfnisse und Stimmungen erkennen und ihm dienen. Ein Beispiel dafür zeigt der Dokumentarfilm „Ik ben Alice“, über eine in den Niederlanden entwickelte Puppe mit sozialer Intelligenz, die vor allem gegen die Vereinsamung wirken soll (Burger 2014).

13.3 Hoffnungen und Erwartungen von Nutzerinnen und Nutzern

Die verschiedenen Nutzergruppen haben unterschiedliche Erwartungen und Hoffnungen in Bezug auf den Einsatz von Robotik. Es werden hier deshalb folgende Gruppen unterschieden:

1. Nichtprofessionelle Nutzende:
 - a. Personen mit Unterstützungs- und Pflegebedarf (Kinder und Erwachsene mit körperlichen Einschränkungen, ältere Menschen, besonders vulnerable Gruppen wie demenzkranke Personen)
 - b. Angehörige u. a. Laienpflegende und semiprofessionelle Betreuung
2. Professionelle Nutzende: Ärzte und Ärztinnen, Pflegepersonal, Therapeuten und Therapeutinnen, weiteres Gesundheitspersonal

13.3.1 Nichtprofessionelle Nutzende

Menschen mit körperlichen Einschränkungen sind es gewohnt, auf **Hilfsmittel** angewiesen zu sein, und erleben diese als eine Chance für größere Autonomie, Mobilität und Lebensqualität im Alltag. Sie erwarten, dass mit der technischen Entwicklung auch die Hilfsmittel ständig verbessert werden. So zeigte sich in Fokusgruppen-Interviews der TA-SWISS-Studie, dass gerade jüngere Menschen mit einer Behinderung von der Zukunft eine stärkere Kompensation ihrer Einschränkungen im Alltag und in der Umwelt erwarten. Geräte wie z. B. der *ReWalker*, ein Exoskelett, das Paraplegikern das Laufen ermöglicht (Abb. 13.3), werden überwiegend positiv aufgenommen.

Kinder nehmen Roboter offen und neugierig an. Sie können mit ihrer Hilfe neue Fähigkeiten erlernen, z. B. um Gegenstände zu manipulieren (Cook et al. 2011). Aber auch ältere Menschen zeigten sich in den Fokusgruppen interessiert an Robotik, wenn

Abb. 13.3 ReWalker.
(Quelle: ReWalk Robotics)



sie mehr Selbstbestimmung und Unabhängigkeit und einen Verbleib in der eigenen Wohnung erlaubt. Vor allem die **Assistenz** bei der Ausführung von Aktivitäten des täglichen Lebens wie Waschen, An- und Ausziehen, Essen zubereiten, Gegenstände heben, transportieren oder vom Boden aufheben, Reinigungsarbeiten im Haushalt wird gewünscht, wenn dadurch Abhängigkeit reduziert werden kann. Angehörige erhoffen sich eine Erleichterung der Versorgung, Unterstützung bei der Kommunikation und Organisation des Alltags.

Erwartet werden einwandfreies, wartungsarmes Funktionieren, Praktikabilität und ein ansprechendes Aussehen der Geräte. Zentral ist die Wahrung der Privatsphäre (Tiwari 2010).

Für die **Telepräsenzrobotik und Drohnen** wurden in der Fokusgruppe fantasievolle Einsatzmöglichkeiten entwickelt, z. B. ein Besuch im Museum, Theater oder Kino, ein Flug über das Wohnquartier oder die Teilhabe an Festen und Besuch bei Freunden. Von Angehörigen nachgefragt werden vor allem Monitoringsysteme, die das Sicherheitsgefühl verbessern und damit Ängste reduzieren wie z. B. durch Alarmierung und Erinnerung (Faucounau et al. 2009). Aber auch der Aspekt einer intensiveren Kommunikation und sozialen Interaktion durch Telepräsenzrobotik wird begrüßt, um der Vereinsamung

entgegenzuwirken. Frennert et al. (2013) stellten in einer Studie mit dem Telehealthcare-System GiraffPlus fest, dass schwedische Seniorinnen und Senioren Face-to-face-Kommunikation mit Familie und Freunden bevorzugen, sich aber vorstellen konnten, mit Gesundheitsfachpersonal mithilfe eines Telepräsenzroboters zu kommunizieren. Die Kontrolle durch Sensoren wurde ambivalent aufgenommen und nicht als tägliche Praxis gewünscht (siehe Abschn. 13.4). In einer Studie von Beer und Takayama (2011) mit einem Telepräsenzsystem war es den Seniorinnen und Senioren wichtig, selbst die Kontrolle über das System zu haben. Sie gaben an, sie könnten sich eine Anwendung vor allem mit der Familie und Freunden vorstellen. Gesundheitspersonal wurde nur wenig genannt. Die Autoren erklären dies mit der noch guten Gesundheit der Befragten. Als Vorteile des Systems wurden in der Studie genannt: den Gesprächspartner sehen können, Reisezeiten reduzieren, Reduktion von Isolation, Bequemlichkeit und das Stellen von Gesundheitsdiagnosen.

Von **Trainingsgeräten** in der Rehabilitation erwarten die Nutzenden eine effektivere Therapie und sind deshalb motiviert, diese anzuwenden. In einer Studie zum Yougrabber konnte gezeigt werden, dass die Aktivitätsrate pro Therapiesitzung höher war als bei herkömmlicher Therapie (Brunner et al. 2016). Die Anwendung geschieht überwiegend unter Supervision und Anleitung durch Gesundheitspersonal, sodass die Handhabung überwiegend von den professionellen Nutzenden beurteilt wird (s. u.). Virtuelle Spiele, die zur Motivationssteigerung verwendet werden, entsprechen häufig, aber nicht immer den Erwartungen der Nutzenden. Sie kennen attraktiv und hochwertig designte, technisch komplexe Videospiele. Im Vergleich dazu sind die Trainingsspiele meist relativ einfach und optisch weniger ansprechend, da aufwendiges Design sehr kostenintensiv ist. Ein Prototyp eines Roboter-Companions für das selbstständige Gangtraining wurde im Projekt ROREAS von potenziellen Nutzenden als Bereicherung empfunden und als Motivation zum Eigentraining angesehen (Meyer und Fricke 2016).

Über die Erwartungen, Hoffnungen und Wahrnehmungen von vulnerablen Gruppen lässt sich leider kaum etwas aussagen. In der Regel werden Angehörige, Pflegekräfte oder andere Betreuungspersonen gefragt, wie sie die Reaktion auf ein **sozial-interaktives Gerät** wahrnehmen. In einer ethnografischen Studie versuchten Beer et al. (2015) das Erleben von Personen mit Demenz in der Interaktion mit verschiedenen Robotern zu ergründen. Sie stellten fest, dass die Personen situativ adäquat auf die Geräte reagierten. Sie erkannten und akzeptierten diese als Geräte und reagierten je nach Erscheinen und Funktion unterschiedlich. Es bleibt die Frage offen, ob umgekehrt ein Fortschreiten der Demenz erkannt werden kann, wenn diese Differenzierung nicht mehr möglich ist (Beer et al. 2015, S. 33). Weitere Studien dieses Ansatzes wären hilfreich.

Grundsätzlich kann man sagen, dass Erwachsene erwarten, dass das **Aussehen des Roboters** mit seiner Funktion und seinen Fähigkeiten übereinstimmt (Nejat et al. 2009). Besonders die Erwartungen an Androide sind umso höher, je ähnlicher das Gerät einem Menschen sieht. Science-Fiction-Filme und -Literatur haben hier sicher einen Einfluss. Gruselig wirken Geräte, wenn sie dem Menschen sehr ähnlich sehen, aber nicht wie diese agieren können. Man nennt diese Diskrepanz zwischen Erscheinen und Kompetenz das „uncanny valley“. Es werden deshalb eher Roboter eingesetzt, die klein, niedlich und puppen- oder kinderähnlich wirken. Sie sind als Roboter erkennbar und lösen meist

Neugierde und Interesse aus. Sprachfähigkeit, menschliche Gesichtszüge und Interaktivität werden auch von älteren Menschen positiv erlebt (Zhang et al. 2010). Auch bei Robotertieren vermeidet man eine zu große Übereinstimmung mit dem Original. So hat man nach einigen Tests mit Demenzkranken anstelle einer Roboterkatze die Robbe Paro entwickelt. Sie löst Neugierde aus, wirkt durch die großen Augen und das weiche Fell harmlos und niedlich und weckt eher Assoziationen zu einem Plüschtier als einer realen Robbe. Der Kontakt mit dem Roboter wirkte sich in einigen Studien positiv auf die Stimmung der Heimbewohner mit Demenz aus (z. B. Wada et al. 2009; Birks et al. 2016).

Werden ältere Menschen prospektiv gefragt, ob sie sich im Bedarfsfall den Einsatz von Robotern zur Unterstützung der Pflege vorstellen können, wird besonders die Wahrung der Würde als ein wichtiger Wert angegeben, besonders dann, wenn die Selbstbestimmung eingeschränkt sein würde (Harrefors et al. 2010). Auch den Angehörigen ist die Wahrung der Würde häufig sehr wichtig. Sie sehen diese verletzt, wenn z. B. ihre Mutter mit einer Puppe oder einem Plüschtier spielt und nicht mehr unterscheiden kann, ob sie mit einem Lebewesen oder einem Gegenstand spricht. Gleichzeitig beobachtet man, dass der Kontakt mit z. B. der Robbe Paro oder dem Roboter Zora in Altenheimen eine positive und belebende Wirkung zeigt, wenn diese in einer gemeinsamen Aktivität mit Betreuungspersonen eingesetzt werden. Dieser Widerspruch erfordert eine ethische Auseinandersetzung mit den Werten „Wohlbefinden“ versus „Würde“ und einer Entscheidung im Einzelfall, falls die betroffene Person nicht mehr selbst entscheiden, äußern oder zeigen kann, was ihr wichtig ist.

13.3.2 Professionelle Nutzerinnen und Nutzer

Gesundheitsfachpersonen stehen Robotik meist kritischer gegenüber als nichtprofessionell Nutzende (siehe Abschn. 13.4). Pflegekräfte erhoffen sich vor allem eine Entlastung bei den folgenden Aktivitäten:

- Zeitaufwendigen Routinearbeiten wie Dokumentation, Materialbestellung und -verteilung, Medikamentenportionierung
- Transport von Material und Personen innerhalb einer Institution
- Körperlich anstrengenden Arbeiten wie Heben und Tragen
- Kognitiv fordernden Arbeiten wie dem Merken und Organisieren vieler verschiedener, meist ungeplant auftretender Aufgaben

Zudem werden Entlastung in Situationen von Personalknappheit wie Nachtdienst, Urlaub oder Krankheit von Personal und mehr Autonomie und eine bessere Lebensqualität für Betroffene und Angehörige gewünscht.

Trainingsroboter gehören bereits zur alltäglichen Arbeit von Ergo- und Physiotherapeuten und -therapeutinnen in der Rehabilitation. Sie werden als ein Mittel akzeptiert, repetitive Übungsphasen zu intensivieren. Körperfunktionen wie Hand- und Armbewegungen, Arm- und Handkraft sowie Aktivitäten des täglichen Lebens werden

verbessert: allerdings war in den Studien die Evidenz eher niedrig bis sehr niedrig einzustufen (Mehrholz et al. 2015). Vor allem der Transfer wiedergewonnener Bewegungsmöglichkeiten in Alltagsaktivitäten geschieht nicht automatisch, sodass vor allem Ergotherapeutinnen und -therapeuten die Grenzen des Einsatzes diskutieren. In den Fokusgruppen berichteten die Therapeutinnen und Therapeuten ferner, dass die funktionalen Möglichkeiten der Roboter noch begrenzt seien und nicht alle notwendigen Bewegungen abdecken, ferner sei die Handhabung zum Teil noch sehr aufwendig und wenig benutzerfreundlich. Auch in den Befragungen von Swinnen et al. (2017) sehen die Therapeutinnen und Therapeuten noch Raum für Verbesserung von Nützlichkeit und Usability des roboterunterstützten Gangtrainings.

Telepräsenzroboter werden besonders in den USA von Fachärzten genutzt und sind dort etabliert. Man erwartet vor allem eine Kompensation des Facharztmangels in unterversorgten Gebieten. Aber auch für den direkten fachlichen Austausch ist Telepräsenzrobotik akzeptiert. Durch Telemedizin könnte die Effizienz der häuslichen Pflege verbessert werden. Der Einsatz wird von Pflegekräften grundsätzlich positiv gesehen, vor allem im ländlichen Raum. Man kann davon ausgehen, dass dies auch auf Telepräsenzrobotik zutrifft. Allerdings wurde der fehlende persönliche Kontakt als Nachteil angesehen. Es besteht das Risiko, dass die Situation nicht vollständig erfasst werden kann, Informationen fehlen und vertrauliche Gespräche nicht stattfinden (Hielscher et al. 2015). Damit die Qualität der Pflege erhalten bleibt, wird deshalb eine Kombination von Präsenz und Telepräsenz bevorzugt (Harrefors et al. 2010).

Von **Assistenzgeräten** werden vor allem Nützlichkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit und Entlastung z. B. durch Zeit- oder Kraftersparnis erwartet. Erfüllen sie diese Erwartungen, steigt die Zufriedenheit z. B. für Medikamentenroboter (Summerfield et al. 2011). Insgesamt ist die Haltung Assistenzgeräten gegenüber positiv (Tiwari 2010), solange die Geräte nicht zu autonom agieren und keine fürsorglichen Aktivitäten übernehmen (Goransson et al. 2008).

Sozial-interaktive Roboter wie die Robbe Paro werden inzwischen auch in deutschen oder Schweizer Heimen eher positiv gesehen. Die ethische Diskussion um Fragen der Würde sind jedoch weiterhin aktuell. Erwartet wird vom Einsatz der Geräte mit dem Caretaker-Paradigma, dass sie Bewohner zufriedener machen, das Wohlbefinden fördern, soziale Interaktion und Kommunikation anregen und damit auch die Belastung der Pflegenden reduzieren und die Burnout-Rate senken (z. B. Liang et al. 2017; Wada et al. 2009). In den Niederlanden und Belgien wird der Roboter Zora in Altenheimen eingesetzt; er entspricht dem Begleiter-Paradigma. Der menschenähnliche Roboter dient der Animation und Aktivierung in Gruppen, unterstützt Tätigkeiten wie das Zeitunglesen, begleitet oder sucht Personen und reagiert bei Stürzen (Kort und Hulsman 2017; Furniere 2018).

13.4 Befürchtungen von Nutzenden

13.4.1 Nichtprofessionelle Nutzerinnen und Nutzer

Nichtprofessionelle Nutzerinnen und Nutzer fürchten eine Abhängigkeit von **Hilfsmitteln** und **Assistenzgeräten** und dadurch einen Verlust von eigenen Kompetenzen. Sie haben Sorge, dass ein Gerät nicht zuverlässig und sicher genug sein könnte, technische Probleme auftreten oder z. B. bei einem Stromausfall nicht zur Verfügung steht. Fragen von technischem Support sind ihnen sehr wichtig. Angehörige und Betroffene fürchten auch, dass es zu einer Fremdbestimmung durch die Logik der Geräte kommen kann und sie gewohnte Abläufe im Alltag ändern oder die Wohnung an ein Gerät anpassen müssen. Da die Finanzierung von Robotik z. B. für Hilfsmittel und Assistenzrobotik im häuslichen Einsatz bislang noch weitgehend ungeklärt ist, stellen sich Betroffene und Angehörige die Frage, ob sie sich Geräte überhaupt leisten können oder welche Zugangswege es geben wird, damit keine soziale Ungerechtigkeit entsteht.

Betroffene stehen der dauerhaften Kontrolle durch Sensoren kritisch gegenüber und fürchten den Verlust von Privatsphäre sowie Stress und Unsicherheit, wenn sie Messergebnisse nicht interpretieren können und keinen direkten Kontakt zu Fachpersonal herstellen können (Frennert et al. 2013). In der Studie von Beer und Takayama (2011) wurden als Befürchtungen in der Anwendung von **Telepräsenzrobotik** genannt: Unsicherheit im Umgang mit der sozialen Etikette und Regeln für Telepräsenz, Verletzung der Privatsphäre und übermäßiger Gebrauch des Systems.

Die Hauptsorge betrifft jedoch die Angst vor dem Verlust an zwischenmenschlichen Kontakten, wenn Robotik Menschen ersetzt. Vereinsamung ist bereits jetzt ein Thema für viele ältere allein lebende Menschen und könnte durch Robotik noch verstärkt werden.

Von den Betroffenen und ihren Angehörigen werden auch Bedenken geäußert, die den Verlust an Würde betreffen (siehe Abschn. 13.3.1), und die Angst vor Stigmatisierung und Diskriminierung, wenn Robotik Behinderung und Hilflosigkeit sichtbar macht.

Besondere Bedenken lösen **sozial-interaktive Geräte** aus. Sie sind dem Menschen am ähnlichsten, täuschen menschliches Verhalten vor und wecken dadurch besonders die Angst, dass sie Menschen ersetzen könnten und man in einer hilflosen Situation von einer Maschine abhängig wäre. Die Ängste umfassen auch kriminelle Taten, z. B. durch das Hacken von Geräten. Es könnte der Datenschutz verletzt, eingebrochen oder die Versorgung fehlerhaft werden, z. B. durch falsche Medikamentendosierung. Die dänische Fernsehserie „Real Humans“ verarbeitet diese Ängste in Krimiform. Betroffene konnten sich in der Studie von Frennert et al. (2013) nicht vorstellen, eine „freundschaftliche“ Beziehung zu einem Roboter aufzubauen, Angehörige trauten ihnen nicht zu, die Handhabung mit einem Gerät zu lernen, und nahmen an, dass Geräte ihre Eltern oder Angehörigen ängstigen würden (Frennert et al. 2013).

13.4.2 Professionelle Nutzerinnen und Nutzer

Professionelle Nutzerinnen und Nutzer äußern ebenfalls sehr stark die Befürchtung, dass zwischenmenschliche Kontakte verloren gehen könnten. Diese Sorge wird vor allem von Pflegepersonal artikuliert. Pflegehandlungen sind komplexe Situationen, in denen situationsbezogen und individuell auf den Patienten eingegangen werden muss. Eine Fachperson benötigt neben der Ausbildung, in der sie Regeln und Prinzipien lernt, einige Jahre an praktischer Erfahrung, um zu wissen, wann und wie sie diese Regeln abwandeln oder gar ignorieren muss. Als erfahrene Kraft ist sie dazu in der Lage, auch komplexe Situationen schnell zu erfassen und Entscheidungen zu treffen. Es ist schwer vorstellbar, dass ein auf Algorithmen basierendes System diese Flexibilität angemessen lernen kann.

Ferner spielt die persönliche Beziehung in Pflegehandlungen eine wesentliche Rolle. Die Versorgung geht über die rein praktische Handlung hinaus, sie hilft dem Patienten oder der Patientin und ihren Familien, mit Erkrankungen und Behinderung umzugehen und emotional herausfordernde Situationen zu überstehen (z. B. Schmerzen, Kontrollverlust etc.). Auf ärztliche oder therapeutische Handlungen treffen die hier geschilderten Argumente ebenfalls zu. Allerdings sind diese Kontakte in der Regel seltener und zeitlich begrenzter als eine kontinuierliche Pflege und Betreuung. Eine Veränderung der psychosozialen Komponente der Arbeit wird von allen Gesundheitsberufen befürchtet. Telepräsenz oder Telemedizin wird oft als weniger attraktive Arbeit angesehen, da der direkte Kontakt zu Menschen reduziert ist.

Ein Qualitätsverlust wird befürchtet, wenn Roboter fürsorgliche Versorgungsleistungen wie Körperpflege, Essen reichen etc. übernehmen. Es wird aber anerkannt, dass die Fehlerquote bei Routinearbeiten, die hohe Konzentration erfordern, wie z. B. das Vorbereiten von Medikamenten oder Dokumentation, durch Roboter reduziert werden könnte.

Kontrovers diskutiert wird der Umgang mit ethischen Fragestellungen. Das systematische Review von Vandemeulebroucke et al. (2017) gibt einen guten Überblick über die Debatte.

Wird Robotik als Assistenz ergänzend zum Gesundheitspersonal eingesetzt, geht damit eine Veränderung von Arbeitsabläufen einher (Hielscher et al. 2015). Es werden deshalb Befürchtungen geäußert, dass die Abläufe gestört werden, durch die Logik der Geräte eine Fremdbestimmung entsteht und zusätzliche Belastungen damit einhergehen könnten.

Veränderungen des Berufsbildes und des Selbstverständnisses der Berufe könnten die Folge einer zunehmenden Technisierung sein. Das erfordert Anpassungen in der Aus- und Weiterbildung. Da die Attraktivität der Berufe aktuell relativ gering ist und bereits Fachkräftemangel besteht, wird dieser Aspekt in zwei Richtungen diskutiert. Einerseits wäre es möglich, dass die Attraktivität der Berufe verbessert wird, da Technik zu Entlastung führt und das Berufsbild aufgewertet werden könnte (Hielscher et al. 2015). Andererseits könnte es zur Entfremdung von Patientinnen und Patienten kommen und dies die Attraktivität verringern.

Trotz Fachkräftemangel äußern befragte Gesundheitspersonen die Sorge um Ersetzbarkeit und Angst vor Arbeitsplatzverlust. So fürchteten z. B. Physiotherapeutinnen und -therapeuten in unseren Befragungen, dass durch Trainingsroboter oder Massageroboter Stellen abgebaut werden. Dass dies nicht zwingend geschehen muss, zeigt die Berufsentwicklung der Apothekerinnen und Apotheker in den USA. Für die direkte Versorgung der Patientinnen und Patienten mit Medikamenten im Spital werden sie kaum mehr benötigt, da Roboter ihre Arbeit besser und preiswerter ausführen können. Dies hat aber nicht zu einem gravierenden Stellenabbau geführt. Vielmehr war die Balance zwischen Berufsangehörigen und Nachfrage 2015 weiterhin ausgeglichen, obwohl mehr Apothekerinnen und Apotheker ausgebildet wurden. Jedoch hat sich das Berufsbild verändert und Apothekerinnen und Apotheker nehmen andere Aufgaben wahr, z. B. umfassendes Medikamenten-Therapie-Management oder Impfungen (Sederstrom 2015). Damit tragen sie zur Entlastung der Ärztinnen und Ärzte bei.

13.5 Zwischenfazit: Was allen Nutzergruppen wichtig ist

Zusammenfassend kann man sagen, dass an Robotik in der Gesundheitsversorgung verschiedene Erwartungen gerichtet werden. Roboter sollen vor allem die Versorgung unterstützen, Pflegepersonal entlasten sowie Personen mit Pflegebedarf mehr Autonomie und Unabhängigkeit geben. Allen Nutzergruppen ist es besonders wichtig, dass Robotik zwischenmenschliche Kontakte nicht reduziert, sondern fördert.

Als Voraussetzung für eine Anwendung werden Wahrung von ethischen Werten, Sicherheit und Zuverlässigkeit der Geräte, Wirksamkeitsnachweise, klare Finanzierungsregeln und Zugangsgerechtigkeit gefordert. Ferner ist professionellen Nutzenden wichtig, dass die langfristigen Folgen für Individuen, Familien, Berufsgruppen und die Gesellschaft untersucht werden und unabhängige ethische Kontrolle und Beratung den Einsatz von Robotern begleiten.

13.6 Akzeptanzfaktoren

13.6.1 Definition von Technikakzeptanz

Technikakzeptanz wird unterschiedlich definiert. Wesentlich ist in der Literatur die Unterscheidung von zwei Dimensionen: der Einstellungs- und der Handlungsdimension. Die Einstellungsdimension umfasst die affektive und kognitive Haltung gegenüber einer Technologie. Akzeptanz bedeutet in einem rein einstellungsbezogenen Verständnis eine positive Haltung und Einschätzung der neuen Technologie und kann auch eine Handlungsintention oder Bereitschaft, die Technologie zu nutzen, umfassen. Sie beinhaltet aber nicht das tatsächliche Handeln. Die handlungsorientierte Auffassung schließt auch das tatsächlich beobachtbare Verhalten der Anwendung einer Technologie ein (siehe ausführlich dazu Schäfer und Kepler 2013).

Je nachdem, welches Akzeptanzverständnis zugrunde liegt, wird Akzeptanz entweder als Befürwortung oder aktives Engagement für bzw. Nutzung einer Technik angesehen. Ein enges Verständnis postuliert z. B. Lucke (1995, S. 106, zitiert nach Schäfer und Keppler 2013, S. 14). Demnach sind akzeptierte Technologien nur „diejenigen, mit denen der Umgang so selbstverständlich und für relevante gesellschaftliche Gruppierungen gleichsam ‚natürlich‘ geworden ist, sodass ihre Nutzung nicht mehr eigens begründet zu werden braucht und stattdessen die Nicht-Nutzung Befremden auslöst“. Andere Autoren sehen Akzeptanz bereits gegeben, wenn eine positive Bewertung einer Technik vorliegt (z. B. Huijts et al. 2012, zitiert nach Schäfer und Keppler 2013, S. 14).

Eine weitere Dimension, die auch als Teil der Einstellungsdimension angesehen werden kann, ist die normative oder Wertedimension. Demnach kann die Technologie entweder akzeptiert werden, weil sie den Normen und Werten einer Person entspricht oder obwohl sie dieser zuwiderläuft.

Je nachdem, von welcher Akzeptanzdefinition Forschende ausgehen, werden Studien unterschiedlich durchgeführt. Häufig sind Studien zu finden, die Einstellungen bestimmter Gruppen, z. B. älterer Menschen oder Gesundheitsfachpersonen, gegenüber einer hypothetischen Nutzung von Robotik durch Befragungen untersuchen. Diese Studien sagen jedoch nichts darüber aus, ob die befragten Personen einen Roboter tatsächlich kaufen oder nutzen werden. Studien, die die Handlungsdimension im Zusammenhang mit Robotik in der Gesundheitsversorgung untersuchen, sind seltener.

13.6.2 Einflussfaktoren

In Studien wurde mehrfach untersucht, welche Faktoren die Akzeptanz von Robotik in der Gesundheitsversorgung beeinflussen. Dabei werden häufig einzelne Faktoren oder eine Kombination von Faktoren untersucht.

Grundsätzlich kann man die Faktoren in verschiedene Gruppen einteilen (Broadbent et al. 2010; Schäfer und Keppler 2013):

- Faktoren der Nutzenden (Individuen oder Gruppen)
- Kontextfaktoren
- Faktoren des Roboters und seiner Funktion

Als Faktoren, die die Nutzenden betreffen, werden allgemein genannt (Schäfer und Keppler 2013, S. 26):

- Einstellungen und Haltungen
- Persönliche Normen und Wertvorstellungen
- Emotionen
- Soziodemografische Faktoren wie Alter, Geschlecht, soziale Klassen, Bildung und Beruf
- Erfahrungen

Der Kontext, in dem eine Technologie angewendet werden soll, beeinflusst die Akzeptanz:

- die Art der Aufgaben, die durch die Technikanwendung verrichtet oder erleichtert werden sollen
- soziale Prozesse in Gruppen oder Organisationen, in denen Robotik angewandt werden soll
- soziale Normen und Routinen
- kulturelle, soziale und wirtschaftliche Bedingungen
- gesamtgesellschaftliche Normen und Werte, rechtliche Rahmenbedingungen, politisches Klima und Diskussionen
- die Art und Weise, in der die technische Innovation eingeführt wird (z. B. Schulung, Kommunikationsverhalten der Einführenden, Mitgestaltungsmöglichkeiten) (nach Schäfer und Keppler 2013, S. 27)

Faktoren des Roboters und seiner Funktion sind:

- Kosten und Nutzen des Gerätes
- Risiken und Zuverlässigkeit
- Bedienfreundlichkeit oder Benutzbarkeit
- Eignung der Technik zur Bewältigung der zu erfüllenden Aufgaben
- Ästhetische Aspekte (nach Schäfer und Keppler 2013)

13.6.3 Akzeptanzmodelle

Es existieren verschiedene Akzeptanzmodelle. Sie listen entweder nur die Faktoren für Akzeptanz auf, versuchen aufzeigen, wie die Faktoren zusammenwirken, damit es zur Technikakzeptanz kommt, oder sie erklären den Prozess, der zur Technikakzeptanz führt (siehe Schäfer und Keppler 2013). Hilfreich für den Bereich der Robotik sind das Technologie-Akzeptanz-Modell (TAM) von Davis (1989), das Modell der „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)“ und das Almere-Modell von Heerink et al. (2010).

Das TAM wurde für IT-Technologien entwickelt und in den letzten 30 Jahren weiterentwickelt und verfeinert. Unter Akzeptanz wird im Rahmen des Modells die tatsächliche Anwendung der Technologie durch die Nutzenden verstanden. Vereinfacht ausgedrückt sind der wahrgenommene Nutzen (percieved usefulness) und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (percieved ease of use) die Hauptfaktoren, die zur Anwendung einer Technologie führen. Sie werden beeinflusst von verschiedenen weiteren Faktoren, z. B. Erfahrung und Geschlecht (Venkatesh und Morris 2000), subjektive Normen, Freiwilligkeit der Anwendung, Image, das mit dem Gebrauch verbunden ist, Bedeutung für die Arbeit, Ergebnisqualität (Venkatesh und Davis 1996).

Das UTAUT-Modell (Venkatesh et al. 2003) sieht vier Faktoren als bestimmend für die Absicht und den Gebrauch von Technologie an (Olushola und Abiola 2017): erwartete Performanz des Gerätes, erwarteter Aufwand für die Anwendung, sozialer Einfluss und unterstützende Bedingungen. Alter, Geschlecht, Erfahrung und Freiwilligkeit der Anwendung moderieren auch nach diesem Modell die Schlüsselfaktoren.

Im Almere-Modell übertragen und erweitern Heerink et al. (2010) TAM und UTAUT, um sie für die Akzeptanz von sozial-interaktiven Robotern durch ältere Menschen nutzbar zu machen. Dabei beziehen sie sich auf Roboter als Begleiter und auf Assistenzroboter. Sie unterscheiden ferner zwei Bereiche der Akzeptanzforschung:

- funktionale Akzeptanz, d. h. die Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit wie im TAM und
- soziale Akzeptanz, d. h. die Akzeptanz eines Roboters als Kommunikationspartner, mit dem eine Beziehung möglich ist, die der mit Menschen oder Tieren ähnelt.

Je nach Gerät, das untersucht wurde, stand die soziale (Paro) oder funktionale (Assistenzroboter Pearl) Akzeptanz im Vordergrund der Studien. Eine umfassende Methode sollte nach Auffassung der Autoren beide Aspekte beinhalten.

Für das Almere-Modell testeten die Forschenden den Einfluss von sieben Faktoren auf die Technikakzeptanz in Experimenten. In das Modell konnten folgende Faktoren als wirksam aufgenommen werden:

- **Wahrgenommene Freude** (Perceived Enjoyment) bei der Anwendung, **Einstellung** (positive oder negative Gefühle gegenüber der Anwendung der Technologie) und **Vertrauen** in die Technik ergänzen Perceived Usefulness und Perceived Ease of Use als Kernfaktoren. **Soziale** Einflüsse wirken dabei auf die Einstellung.
- Ferner wirken wahrgenommene **Anpassungsfähigkeit des Gerätes** an sich verändernde Bedürfnisse (Perceived Adaptivity), **Ängstlichkeit** (Wecken von Ängsten oder emotionalen Reaktionen, wenn das Gerät genutzt wird) und **soziale Präsenz** des Roboters (Gefühl, mit einem sozialen Objekt zu interagieren, wenn man das Gerät nutzt) auf die Kernfaktoren ein.
- Wie der Roboter als sozial präsent wahrgenommen wird, hängt wiederum von der Perceived Sociability ab. Damit ist die wahrgenommene Fähigkeit des Systems gemeint, soziales Verhalten zu zeigen.

Diese Faktoren ergänzen die bereits erwähnten modulierenden individuellen Faktoren wie Alter, Geschlecht, Erfahrung etc. Die Ergebnisse zeigten, dass die Einstellung einen entscheidenden Einfluss hat, der weiter untersucht werden sollte.

Wie weit die modulierenden Faktoren Alter und Geschlecht tatsächlich eine Rolle für die Akzeptanz eines Gerätes spielen, ist schwer vorherzusagen. Beide Faktoren werden häufig untersucht, jedoch sind die Studienergebnisse nicht immer einheitlich. So nennen z. B. Broadbent et al. (2010) das **Alter** als einen möglichen Einflussfaktor. Personen über 75 nähmen demnach eher Einschränkungen hin und könnten sich weniger vorstellen,

diese durch Robotik zu kompensieren, als jüngere Personen. Sie seien mit Computertechnik weniger vertraut, misstrauischer und ängstlicher gegenüber neuen Technologien und vertrauten weniger auf die Fähigkeiten von Robotern. In einer Studie zu einem sozial-interaktiven Roboter, der den Blutdruck misst, war jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen unter und über 65 feststellbar (Kuo et al. 2009).

Einen Einfluss des **Geschlechts** sehen Broadbent et al. (2010) im Interesse an Robotern. Frauen waren interessierter an der Interaktion und Verhaltensaspekten von Paro, während Männer sich mehr für die technischen Aspekte interessierten. Diese Unterschiede im Interesse konnten wir in Fokusgruppen ebenfalls feststellen. Beide Geschlechter sind Robotik gegenüber nicht grundsätzlich negativ eingestellt. Männer interessieren sich aber mehr für die technischen Fähigkeiten der Geräte und sind neugierig, diese zu erfahren. Frauen neigten dazu, eher nach dem praktischen Nutzen zu fragen. Bei Rekrutierungen, die wir in verschiedenen Projekten zu neuen Technologien durchgeführt haben, war es meist einfacher, Männer für die Gruppen zu finden als Frauen. In der oben erwähnten Studie von Kuo et al. (2009) waren Männer dem Blutdruck messenden Roboter gegenüber signifikant positiver eingestellt als die Frauen.

Letztendlich stellt sich die Frage, ob die in Befragungen festgestellten Akzeptanzunterschiede von Alter als auch Geschlecht nicht eher erfahrungsbedingt sind. Vorerfahrung mit Technik als auch die spezielle **Erfahrung** mit der neuen Technologie wirken sich stark auf die Akzeptanz aus.

Eine Kritik an den oben erläuterten Modellen ist die Vernachlässigung der **Kultur**. Sie kann dem sozialen Einfluss zugerechnet werden, prägt aber nicht nur das Image einer Technologie und die soziale Anerkennung der Nutzenden, sondern auch die Einstellung des Nutzers oder der Nutzerin. Deutlich wird dies, wenn man z. B. Japan mit Europa vergleicht. In Japan werden Roboter grundsätzlich positiv aufgenommen und als „beseelt“ wahrgenommen. In Europa begegnet man ihnen eher mit Skepsis, Angst und Abwehr und fürchtet, dass die Maschinen die Kontrolle über den Menschen gewinnen könnten (Lau et al. 2009).

13.7 Zusammenfassung

Grundsätzlich besteht in den verschiedenen Nutzergruppen ein Interesse an Robotik und eine generelle Bereitschaft für den Einsatz, wenn verschiedene Bedingungen erfüllt werden. Dabei sind die Anforderungen an die Funktionalität, Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit der Geräte und an die Rahmenbedingungen hoch. Ängste und ethische Bedenken wie der befürchtete Verlust an zwischenmenschlichem Kontakt müssen ernst genommen und Bedingungen für den Einsatz von Robotik in der Gesellschaft diskutiert werden. Über den Einsatz in einer konkreten Situation muss jeweils individuell entschieden und Alternativen müssen geboten werden. Positive Erfahrungen mit einer neuen Technologie besonders im Hinblick auf Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit sind ausschlaggebend für die Akzeptanz, die wiederum von zahlreichen anderen Faktoren beeinflusst wird.

Literatur

- Becker, H., Scheermesser, M., Früh, M., Treusch, Y., Auerbach, H., Hüppi, R. A., & Meier, F. (2013). *Robotik in Betreuung und Gesundheitsversorgung*. Zürich: vdf Hochschulverlag.
- Beer, J. M., & Takayama, L. (2011). *Mobile remote presence systems for older adults: Acceptance, benefits, and concerns*. *Proceedings of Human-Robot Interaction Conference: HRI 2011*, S. 19–26 Lausanne, Switzerland.
- Beer, T., Bleses, H., & Ziegler, S. (2015). Personen mit Demenz und robotische Assistenzsysteme. *Pflege & Gesellschaft*, 20, 20–36
- Birks, M., Bodak, M., Barlas, J., Harwood, J., & Pether, M. (2016). Robotic seals as therapeutic tools in an aged care facility: A qualitative study. *Journal of Aging Research*. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/8569602>.
- Broadbent, E., Kuo, I. H., Lee, Y. I., Rabindran, J., Kerse, N., Stafford, R., & MacDonald, B. A. (2010). Attitudes and reactions to a healthcare robot. *Telemedicine Journal & E-Health*, 16, 608–613.
- Brunner, I., Skouen, J. S., Hofstad, H., Aßmuss, J., Becker, F., Pallesen, H., Thijs, L., & Verheyden, G. (2016). Is upper limb virtual reality training more intensive than conventional training for patients in the subacute phase after stroke? An analysis of treatment intensity and content. *BMC Neurology*, 16, 219. doi: <https://doi.org/10.1186/s12883-016-0740-y>.
- Burger, S. (2014). *Ik ben Alice*. Niederlande: Dokumentarfilm.
- Butter, M., Rensma, A., Boxsel, J., Kalisingh, S., Schoona, M., Leis, M., Gelderblom, G. J., Cremers, G., Wilt, M., Kortekaas, W., Thielmann, A., Cuhls, K., Sachinopoulou, A., & Korhonen, I. (2008). *Robotics for healthcare*. European Commission, DG Information Society.
- Cook, A. M., Adams, K., Volden, J., Harbottle, N., & Harbottle, C. (2011). Using Lego robots to estimate cognitive ability in children who have severe physical disabilities. *Disability & Rehabilitation: Assistive Technology*, 6, 338–346.
- Dautenhahn, K. (2007). Socially intelligent robots: Dimensions of human-robot interaction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London – Series B: Biological Sciences*, 362, 679–704.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *Management Information Systems Quarterly*, 13, 319–340
- Faucounau, V., Wu, Y.-H., Boulay, M., Maestrutti, M., & Rigaud, A. S. (2009). Caregivers' requirements for in-home robotic agent for supporting community-living elderly subjects with cognitive impairment. *Technology & Health Care*, 17, 33–40.
- Frennert, S., Efring, H., & Östlund, B. (2013). What older people expect of robots: A mixed methods approach. *Lecture Notes in Computer Science*, 8239, 19–29.
- Frennert, S., Forsberg, A., & Östlund, B. (2013). Elderly people's perceptions of a telehealthcare system: Relative advantage, compatibility, complexity and observability. *Journal of Technology in Human Services*, 31, 218–237. doi: <https://doi.org/10.1080/15228835.2013.814557>.
- Furniere, A. (20. Februar 2018). Robot Zora cares for the elderly in Flanders' rest homes. *Flanders today*. <http://www.flandertoday.eu/innovation/robot-zora-cares-elderly-flanders-rest-homes>.
- Goransson, O., Pettersson, K., Larsson, P. A., & Lennernas, B. (2008). Personal attitudes towards robot assisted health care – A pilot study in 111 respondents. *Studies in Health Technology & Informatics*, 137, 56–60.
- Harrefors, C., Axelsson, K., & Sävenstedt, S. (2010). Using assistive technology services at differing levels of care: Healthy older couples' perceptions. *Journal of Advanced Nursing*, 66, 1523–1532. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2010.05335.x>.
- Heerink, M., Kröse, B., Evers, V., & Wielinga, B. (2010). Assessing acceptance of assistive social agent technology by older adults: The Almere Model. *International Journal of Social Robotics*, 2, 361–375. doi: <https://doi.org/10.1007/s12369-010-0068-5>.

- Hielscher, V., Kirchen-Peters, S., & Sowinski, C. (2015). Technologisierung der Pflegearbeit? *Pflege & Gesellschaft*, 20, 5–19. <http://drugtopics.modernmedicine.com/drug-topics/news/changing-face-pharmacy?page=full>. Zugegriffen: 9. Febr. 2018.
- Huijts, N. M. A., Molin, E. J. E., & Steg, L. (2012). Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: A review-based comprehensive framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2012), 525–531.
- Klein, B., Gaedt, L., & Cook, G. (2013). Emotional robots. *GeroPsych: The Journal of Gerontopsychology and Geriatric Psychiatry*, 26, 89–99.
- Kort, H., & Huisman, C. (2017). Care robot ZORA in Dutch nursing homes; An evaluation study. *Studies in Health Technology and Informatics*, 242, 527–534.
- Kuo, I. H., Rabindran, J. M., Broadbent, E., Lee, Y. I., Kerse, N., Stafford, R. M. Q., & MacDonald, B. A. (2009). Age and gender factors in user acceptance of healthcare robots. The 18th IEEE international symposium on robot and human interactive communication Toyama, Japan, Sept. 27–Oct. 2, 2009.
- Lau, Y. Y., Hof, C. van't, & Est, R. van. (2009). *Beyond the surface. An exploration in healthcare robotics in Japan*. The Hague: Rathenau Institute.
- Liang, A., Piroth, I., Robinson, H., MacDonald, B., Fisher, M., Nater, U. M., Skoluda, N., & Broadbent, E. (2017). A pilot randomized trial of a companion robot for people with Dementia living in the community. *Journal of the American Medical Directors Association*, 18, 871–878. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2017.05.019>.
- Lucke, D. (1995). Akzeptanz. Legitimität in der „Abstimmungsgesellschaft“. Opladen: Leske+Budrich.
- Mehrholz, J., Pohl, M., Platz, T., Kugler, J., & Elsner, B. (2015). Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2015(11). doi: <https://doi.org/10.1002/14651858.cd006876.pub4>.
- Meyer, S., & Fricke, C. (2016). *Roboter-Companions für die Schlaganfall-Therapie – Akzeptanzuntersuchungen mit 80 Patienten in der neurologischen Rehabilitation. Zukunft Lebensräume Kongress 2016* (S. 16–24). Frankfurt: Kongressband VDE, Berlin: Offenbach.
- Nam, K. Y., Kim, H. J., Kwon, B. S., Park, J.-W., Lee, H. J., & Yoo, A. (2017). Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: A systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14, 24. doi: <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0232-3>.
- Nejat, G., Sun, Y., & Nies, M. (2009). Assistive robots in health care settings. *Home Health Care Management & Practice*, 21, 177–187.
- Olushola, T., & Abiola, J. O. (2017). The efficacy of technology acceptance model: A review of applicable theoretical models in information technology researches. *Journal of Research in Business and Management*, 4, 70–83.
- Saurenmann, R., & Casada, K. (2017). Using robots and an IoT solution, Avatarion helps sick children stay connected. Microsoft technical case studies. <https://microsoft.github.io/techcasestudies/iot/2017/04/04/avatarion.html>. Zugegriffen: 9. Febr. 2018.
- Schäfer, M., & Keppler, D. (2013). *Modelle der technikorientierten Akzeptanzforschung. Überblick und Reflexion am Beispiel eines Forschungsprojekts zur Implementierung innovativer technischer Energieeffizienz-Maßnahmen*. Discussion paper Nr. 34/2013, Technische Universität Berlin, Zentrum Technik und Gesellschaft, Berlin.
- Sederstrom, J. (2015). The changing face of pharmacy. Survey finds changes in demographics, responsibilities, and satisfaction levels. *Drug Topics*, 10(Juni).
- Swinen, E., Lefeber, N., Willaert, W., Neef, F. De, Bruyndonckx, L., Spooren, A., Michielsen, M., Ramon, T., & Kerckhofs, E. (2017). Motivation, expectations, and usability of a driven gait orthosis in stroke patients and their therapists. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 24, 299–308. doi: <https://doi.org/10.1080/10749357.2016.1266750>.

- Tiwari, P., Warren, J., Day, K. J., & Mac Donald, B. (2010). Some non-technology implications for wider application of robots to assist older people. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=32327D4EE78B6EBD8B5118F108B0B5FB?doi=10.1.1.611.4888&rep=rep1&type=pdf>. Zugegriffen: 9. Febr. 2018.
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (1996). A model of the antecedents of perceived ease of use: Development and test. *Decision Sciences*, 27, 451–481.
- Venkatesh, V., & Morris, M. G. (2000). Why don't men ever stop to ask For directions? Gender, social influence, and their role in technology acceptance and usage behavior. *MIS Quarterly*, 24, 115–139.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *Management Information Systems Quarterly*, 27, 425–478.
- Wada, K., Shibata, T., & Kawaguchi, Y. (2009). Long-term robot therapy in a health service facility for the aged – A case study for 5 years. Paper presented at the Rehabilitation Robotics, 2009. ICORR 2009. IEEE International Conference.
- Zhang, T., Kaber, D. B., Zhu, B., Swangnetr, M., Mosaly, P., & Hodge, L. (2010). Service robot feature design effects on user perceptions and emotional responses. *Intelligent Service Robotics*, 3, 73–88. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11370-010-0060-9>.

Heidrun Becker, Prof. Dr. phil., ist Dipl.-Medizinpädagogin und Ergotherapeutin. Sie promovierte an der Humboldt-Universität Berlin in Erziehungswissenschaften zum Thema körperbezogenes Lernen. In diesem Zusammenhang beschäftigte sie sich auch mit Kognitionstheorien, künstlicher Intelligenz und Embodiment. Seit 2010 arbeitet sie am Institut für Ergotherapie der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, bis 2015 als stellvertretende Leitung der Forschungsstelle und von 2015 bis 2018 als Leitung. Ihr Forschungsschwerpunkt sind neue Technologien in der Gesundheitsversorgung. So leitete sie z. B. zwei Projekte zur Technologiefolgenabschätzung: die interdisziplinären TA-SWISS-Projekte „Robotik und autonome Geräte in der Betreuung und Gesundheitsversorgung“ und „Quantified Self – Schnittstelle zwischen Lifestyle und Medizin“. Im Rahmen verschiedener internationaler Projekte zum Thema „Active and Assisted Living“ (AAL) wirkt sie an der nutzerbasierten Produktentwicklung und der Implementierung neuer Technologien mit. Als Expertin bringt sie ihr Wissen in Workshops, Präsentationen und Diskussionen ein, die sich mit der Digitalisierung der Gesundheitsversorgung und speziell der Robotik beschäftigen. Seit 2018 ist sie neben der Tätigkeit als Forscherin und Dozentin an der ZHAW auch Expertin für Innosuisse, die Schweizerische Agentur für Innovationsförderung.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.



Sollten Pflegeroboter auch sexuelle Assistenzfunktionen bieten?

14

Nicola Döring

Zusammenfassung

Pflege und Pflegeroboter zielen darauf ab, Menschen mit Pflegebedarf zu betreuen, Krankheiten zu verhüten und Gesundheit zu fördern. Das umfasst die ganzheitliche Sorge um das Wohlbefinden und schließt auch das sexuelle Wohlbefinden als wichtigen Gesundheitsfaktor und als Menschenrecht mit ein. Der Beitrag behandelt zunächst den Stellenwert des sexuellen Wohlbefindens und konkretisiert die sexuellen Anliegen von Menschen mit Pflegebedarf. Die bisherigen Angebote der Sexualassistenz für Menschen mit Pflegebedarf werden beschrieben. Auf dieser Grundlage plädiert der Beitrag dafür, im Sinne einer besseren Förderung sexuellen Wohlbefindens von Menschen mit Pflegebedarf in Zukunft auch Konzepte der robotischen Sexualassistenz zu entwickeln und zu evaluieren. Dabei werden drei Entwicklungspfade aufgezeigt, nämlich die Nutzung von Sexrobotern und Sexpuppen, die Ausstattung von multifunktionalen Pflegerobotern mit sexuellen Assistenzfunktionen sowie der Einsatz spezialisierter sexueller Assistenzgeräte. In allen drei Szenarien sollte robotische Sexualassistenz jeweils durch professionelle Sexualberatung begleitet werden. Angesichts der Tatsache, dass in der Allgemeinbevölkerung das Interesse an und die Nutzung von sexuellen Artefakten wie Sexspielzeugen und Sexmaschinen weit verbreitet und positiv mit sexueller Gesundheit verknüpft ist, sind Menschen mit Pflegebedarf von dieser Entwicklung nicht auszuschließen. Möglichen Gefahren robotischer Sexualassistenz gilt es im Zuge einer interdisziplinär informierten Entwicklung der Technik und ihrer Einsatzszenarien entgegenzuwirken.

N. Döring (✉)

Institute of Media and Communication Science IfMK, Ilmenau University of Technology,
Ilmenau, Deutschland

E-Mail: Nicola.Doering@tu-ilmenau.de

14.1 Einleitung

Unter Gesundheits- und Pflegerobotern (health care robots, care robots) verstehen wir jene Service- und Assistenzroboter, die der Gesundheits- und Pflegeunterstützung dienen (zur Klassifikation unterschiedlicher Roboterarten siehe Siciliano und Kathib 2016). Die Forschung und Entwicklung im Bereich der Pflegeroboter verläuft in zwei Richtungen:

- Zum einen werden Pflegeroboter zur Unterstützung des Pflegepersonals in stationären Einrichtungen entwickelt (z. B. Heberoboter RIBA II von Riken). Hier geht es darum, die Arbeitsbedingungen der Pflegekräfte zu verbessern, sie idealerweise von körperlich anstrengenden Routineaufgaben zu entlasten (z. B. Hilfe beim Heben und Umbetten von Bewohner_innen, beim Transport von Wäsche und Mahlzeiten) und ihnen damit mehr Freiräume für menschliche Zuwendung zu eröffnen (BGW 2017).
- Zum anderen werden aber auch Gesundheits- und Pflegeroboter entwickelt, die das selbstständige Leben von Menschen mit Pflege- und Assistenzbedarf im häuslichen Umfeld unterstützen (z. B. Care-O-bot vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung; Twendy-One von der Waseda University). Diese persönlichen Assistenzroboter sollen typischerweise bestimmte Aufgaben im Haushalt übernehmen, Sicherheitsfunktionen bieten, die Mobilität erleichtern sowie der sozialen, geistigen und körperlichen Aktivierung und Gesundheitspflege dienen (z. B. Hilfe beim Toilettengang, Anleitung von Reha-Gymnastik, Erinnerung an regelmäßiges Trinken, Überwachung der Medikamenteneinnahme). Oberstes Ziel ist es dabei, Menschen mit Pflege- und Assistenzbedarf mehr Selbstständigkeit zu ermöglichen und ihre Lebensqualität einschließlich Gesundheit und Wohlbefinden zu steigern oder zumindest zu erhalten (Döring et al. 2015; Vandemeulebroucke et al. 2017).

Ob und wie diese hochgesteckten Ziele in der Praxis tatsächlich erreicht werden können, inwiefern Pflegeroboter von Menschen mit Pflegebedarf, von Pflegenden, Pflegeeinrichtungen sowie deren Trägern akzeptiert werden und welche Gefahren Pflegeroboter mit sich bringen – all dies ist seit rund zehn Jahren Gegenstand empirischer Forschung und kontroverser ethischer Debatten.

Interessanterweise wurden im Kontext der Entwicklung von Gesundheits- und Pflegerobotern Fragen des sexuellen Wohlbefindens und der sexuellen Assistenz bislang noch nicht vertieft behandelt (Bendel 2015). Dabei gibt es mindestens zwei gute Gründe, um der Frage nachzugehen, ob Pflegeroboter nicht auch sexuelle Assistenzfunktionen übernehmen sollten:

1. In Forschung und Praxis wird in den letzten Jahren immer weniger ignoriert, dass Menschen mit Pflege- und Assistenzbedarf (also z. B. ältere Menschen mit wachsenden gesundheitlichen Einschränkungen, aber auch jüngere Menschen mit unterschiedlichen körperlichen, seelischen und geistigen Behinderungen) durchaus sexuelle Bedürfnisse haben und artikulieren, diese jedoch aus verschiedenen Gründen bislang

ungenügend ausleben können (Mahieu et al. 2011; Mahieu und Gastmans 2015; Palacios-Cena et al. 2016; Shakespeare et al. 1997). Das gilt für das häusliche Umfeld ebenso wie für stationäre Einrichtungen wie z. B. Wohn- und Pflegeheime. Könnten hier Pflegeroboter durch sexuelle Assistenzfunktionen – zumindest für bestimmte Zielgruppen – hilfreiche und willkommene Lösungen anbieten?

2. Parallel zur Entwicklung von Pflegerobotern wird in den letzten Jahren die Entwicklung von Sexrobotern vorangetrieben (Döring 2017b; Levy 2007; Sharkey et al. 2017). Aktuelle Prognosen gehen davon aus, dass es bereits im Jahr 2050 für Frauen wie Männer völlig normal sein wird, mit Robotern Sex zu haben, und zwar befriedigenden Sex (Levy 2007; Pearson 2016). Die ersten Sexroboter sind bereits erhältlich. Auch der Markt für Vorläuferformen dieser neuen Technik boomt: Lebensrechte Sexpuppen werden inzwischen in diversen Formen und Preisklassen vermarktet und auch bereits von nennenswert großen Bevölkerungsgruppen genutzt: In einer repräsentativen Online-Umfrage in Deutschland gaben 2 % der Frauen und 9 % der Männer Erfahrungen mit Sexpuppen an (Döring und Pöschl, 2018). Welche Potenziale Sexpuppen und Sexroboter für die altersbedingt beständig wachsende Gruppe von Menschen mit Pflege- und Assistenzbedarf bieten könnten, wurde bislang nicht systematisch betrachtet. Hier wäre dann auch zu klären, ob und wenn ja welche Menschen mit Pflegebedarf einen zusätzlichen Sexroboter, einen Pflegeroboter mit sexuellen Assistenzfunktionen oder eher spezialisierte sexuelle Assistenzgeräte bevorzugen.

Der vorliegende Beitrag befasst sich erstmals mit der Frage, ob und wie die sexuellen Anliegen von Menschen mit Pflegebedarf – zumindest zum Teil – durch robotische Assistenz bedient werden könnten und sollten. Er setzt dazu direkt beim sexuellen Wohlbefinden an und rekonstruiert dieses zunächst als empirisch nachgewiesenen Gesundheitsfaktor und als international verbrieftes Menschenrecht (Abschn. 14.2). Anschließend wird dargestellt, was wir über die sexuellen Anliegen speziell von Menschen mit Pflege- und Assistenzbedarf wissen (Abschn. 14.3). Um diesen Anliegen gerecht zu werden, wird bereits heute sexuelle Assistenz durch menschliche Fachkräfte angeboten (Abschn. 14.4). Vor dem Hintergrund dieser bisherigen Formen sexueller Assistenz behandelt der Beitrag dann die sexuelle Assistenz durch Roboter und andere Assistenzgeräte (Abschn. 14.5). Die Bestandsaufnahme endet mit einem Fazit für die zukünftige Forschung und Entwicklung (Abschn. 14.6).

14.2 Sexuelles Wohlbefinden als Gesundheitsfaktor und Menschenrecht

Wenn Pflegeroboter dazu beitragen sollen, die Lebensqualität von Menschen mit Pflegebedarf zu steigern oder zumindest zu erhalten, dann darf das sexuelle Wohlbefinden dabei nicht ausgeblendet werden. Denn nach heutigem Diskussionsstand ist sexuelles Wohlbefinden als Gesundheitsfaktor und Menschenrecht anzuerkennen.

14.2.1 Sexuelles Wohlbefinden als Gesundheitsfaktor

Die Weltgesundheitsorganisation definiert schon lange, dass Gesundheit mehr ist als die Abwesenheit von Krankheit, nämlich umfassendes physisches und psychisches Wohlbefinden beinhaltet (WHO 1946). Dasselbe gilt für sexuelle Gesundheit (sexual health). Sie ist mehr als die Abwesenheit von sexuell übertragbaren Infektionen, sexuellen Funktionsstörungen, ungeplanten Schwangerschaften und sexueller Gewalt – sie schließt das sexuelle Wohlbefinden (sexual well-being) ausdrücklich ein (WHO 2006).

Die WHO-Definitionen von Gesundheit bzw. sexueller Gesundheit haben einen normativen Charakter und geben vor, dass neben der Bekämpfung von Krankheiten eben weltweit auch eine staatliche Gesundheitsförderung stattfinden soll, die das Wohlbefinden der Bevölkerung stärkt. So gibt denn auch beispielsweise das staatliche Gesundheitsportal von Großbritannien (www.nhs.uk) ausdrücklich „good sex tips“ und propagiert offiziell sexuelle Aktivitäten zur Gesundheitsförderung, denn „sex is good for your heart“.

Tatsächlich mehren sich in der medizinischen Forschung die Evidenzen, dass sexuelles Wohlbefinden gesundheitsförderlich ist. Sexuelles Wohlbefinden im Sinne selbst gewählter und subjektiv positiv erlebter sexueller Aktivität trägt kausal über unterschiedliche Mechanismen (z. B. kardiovaskulärer Trainingseffekt, Testosteronproduktion, Stressreduktion, Schmerzreduktion, partnerschaftliche Bindung) zur psychischen und physischen Gesamtgesundheit bei. Dabei gibt es empirische Nachweise zu positiven Gesundheitseffekten sowohl von Solosexualität (Coleman 2003; Levin 2007; Robbins et al. 2011) als auch von Partnersexualität (Levin 2007; Brody 2010; Liu et al. 2016).

Sexuelle Aktivität in gesundheitlichen Kategorien zu diskutieren bringt den Vorteil, dass das ehemals tabubehaftete Feld des Sexuellen entstigmatisiert und besser besprechbar wird. Gleichzeitig können aber auch im Vokabular des Gesundheitsdiskurses weiterhin sexualmoralische Vorgaben transportiert werden. Was früher „unsittlich“ war, kann heute als „ungesund“ ausgegrenzt werden. Sexualität ist und bleibt ein Feld der Moralpolitik.

Ebenso bewegen wir uns immer in einem Spannungsverhältnis zwischen neuen Freiheiten und neuen Einschränkungen: Der moderne „Sex-ist-gesund“-Diskurs kann neuen Formen von Verunsicherung, Leistungsdruck, Selbstoptimierung und Kommerzialisierung Vorschub leisten (Döring 2017a). Die wachsende Nachfrage nach luststeigernden Präparaten für Mann und Frau mag ein Beispiel dafür sein, dass die frühere scham- und schuldbehafte Sorge, zu viel Sex zu haben oder zu wollen, mittlerweile der angstvollen Sorge gewichen ist, zu wenig oder zu wenig lustvollen Sex zu haben. Der „Sex-ist-gesund“-Diskurs ist also auch kritisch zu sehen, wenn er neue Handlungszwänge konstruiert und z. B. Menschen mit geringer sexueller Motivation oder asexueller Orientierung ausgrenzt (Gupta 2011). Gleichwohl trägt der „Sex-ist-gesund“-Diskurs dazu bei, die sexuellen Anliegen aller Menschen – einschließlich derjenigen mit Pflegebedarf – ernster zu nehmen. Ein anderer Bedeutungsrahmen, der im Pflegekontext gern verwendet wird, beschreibt Sexualität als Lebensenergie und Lebendigkeit und spricht neben der Gesundheit somit auch spirituelle Aspekte an (BTT-Gruppe 2016; Döring 2017a).

14.2.2 Sexuelles Wohlbefinden als Menschenrecht

Dass Pflegeroboter durchaus auch für sexuelle Assistenz zuständig sein könnten und sollten, ist nicht nur aus medizinischen und spirituellen Gründen („Sex ist gesund“; „Sex ist positive Lebensenergie“) bedenkenswert, sondern auch aus ethischen Erwägungen. So wird sexuelle Gesundheit einschließlich sexuellem Wohlbefinden heute international als sexuelles Menschenrecht anerkannt.

Diverse politisch agierende Institutionen wie die UN (United Nations), die WHO (World Health Organization), die IPPF (International Planned Parenthood Federation) und die WAS (World Association for Sexual Health) haben im Zuge internationaler Expertenconsultationen Deklarationen sexueller und reproduktiver Menschenrechte entwickelt und veröffentlicht. Die WAS beispielsweise hat ihre „Declaration of Sexual Rights“ (WAS 2014) in den letzten 20 Jahren bereits vier Mal überarbeitet, was auf einen anhaltend lebendigen Diskurs in diesem Feld hindeutet.

Allgemein besteht Einigkeit darüber, dass sexuelle Menschenrechte in zwei Gruppen einzuteilen sind:

- Schutzrechte (auch: negative sexuelle Menschenrechte) beziehen sich darauf, Menschen vor einer Beeinträchtigung ihrer sexuellen Gesundheit und ihres sexuellen Wohlbefindens zu schützen (z. B. Schutz vor sexueller Gewalt, Schutz vor Zwangsehe, Schutz vor sexuell übertragbaren Infektionen).
- Freiheitsrechte (auch: positive sexuelle Menschenrechte) beziehen sich darauf, Menschen den Freiraum zum Ausdrücken und Ausleben der eigenen Sexualitäten – ohne Schaden für andere – zu ermöglichen (z. B. Recht auf Sexualaufklärung, Freiheit zu eigener Partnerwahl und Familienplanung).

Empirische Forschung zielt darauf ab zu erfassen, welche sexuellen Menschenrechte in unterschiedlichen Ländern und/oder bei unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen verletzt oder geachtet werden (Glazier et al. 2006). Nach wie vor wird das Konstrukt der sexuellen Menschenrechte aber auch kritisch diskutiert, etwa hinsichtlich seiner historischen Entwicklung und ungelösten Fragen (Lottes 2013; Tiefer 2002). Wenn jeder Mensch ein Recht auf sexuelles Wohlbefinden hat und der Staat hier fördernd eingreifen soll, aber nur begrenzte Ressourcen verfügbar sind, wer erhält dann eine Förderung und wer nicht? Der junge Mann mit Muskellähmung ebenso wie der alte Mann im Frühstadium einer Demenz, der Mann mit massiven Schüchternheitsproblemen ebenso wie die Frau mit sexueller Traumatisierung, die Witwe, die körperliche Nähe vermisst, aber ihrem verstorbenen Mann treu bleiben will, ebenso wie der Witwer, den es ins Rotlichtmilieu zieht? Durch Ressourcenknappheit entsteht bei Unterstützungsbedarf nicht nur eine Konkurrenz zwischen verschiedenen Anspruchsgruppen, sondern auch zwischen verschiedenen Bedürfnissen: Wenn die angesichts Pflegenotstand ohnehin überlasteten Pflegekräfte ihre letzten verfügbaren Ressourcen in die Förderung sexuellen Wohlbefindens investieren, welche anderen Bedürfnisse der Menschen mit Pflegebedarf bleiben dafür auf der Strecke?

Jene Forschungsfelder, die sich interdisziplinär mit Behinderung (Disability Studies) und mit dem Altern (Aging Studies) befassen, behandeln sexuelle Fragen typischerweise in einem rechtbasierten Paradigma. Dabei wird kritisiert, dass Menschen mit Behinderung (Shakespeare et al. 1997; Shakespeare 2000; Foley 2018) ebenso wie ältere Menschen (Barrett und Hinchliff 2018; Brähler und Berberich 2008; Grond 2011; Van der Vight-Klußmann 2014) oft per se als asexuell angesehen werden und strukturell in ihren sexuellen Selbstbestimmungsrechten beschnitten werden, etwa wenn in der Alten- und Behindertenpflege, aber auch im häuslichen Umfeld keine passenden Möglichkeiten zum Ausleben von Solo- und Partnersexualität geschaffen werden. Daraus leitet sich die Forderung ab, das Freiheitsrecht auf sexuellen Selbstausdruck bei Menschen mit Pflegebedarf stärker anzuerkennen, Angehörige und Pflegepersonal sexualpädagogisch, sexualmedizinisch und sexualpsychologisch weiterzubilden sowie im häuslichen wie stationären Umfeld entsprechend sexualfreundliche Rahmenbedingungen zu schaffen.

Gleichzeitig wird aber auch davor gewarnt, das Recht auf sexuellen Selbstausdruck ungewollt zur neuen Pflicht zu erklären und insbesondere die Vielfalt der sexuellen Bedürfnisse zu übersehen. Ältere Menschen oder Menschen mit Behinderung an allzu engen und für sie unpassenden Normvorstellungen über „richtigen“ oder „gesunden“ Sex zu messen (z. B. „Sex ist heterosexueller Geschlechtsverkehr“), widerspricht eben genau der Vorstellung von sexueller Selbstbestimmung.

14.3 Sexuelle Anliegen von Menschen mit Pflege- und Assistenzbedarf

Wenn die bisherige Forschung sich mit dem Sexualverhalten und den sexuellen Anliegen von Menschen mit Behinderungen oder altersbedingten Einschränkungen beschäftigt hat, dann lag der Fokus oft eher auf den Schutzrechten als auf den Freiheitsrechten.

14.3.1 Schutz vor Gewalt und reproduktive Rechte

Schutz vor sexueller Gewalt ist ein zentrales sexuelles Menschenrecht, das im Pflegekontext in zweifacher Weise besonders virulent ist:

- *Schutz vor Viktimisierung durch sexuelle Gewalt.* Es ist gut belegt, dass Mädchen und Frauen mit Behinderung in besonders starkem Maße dem Risiko sexueller Viktimisierung ausgesetzt sind, und dass bei älteren Frauen sexuelle Viktimisierung häufiger übersehen wird, weshalb hier Schutzkonzepte sehr wichtig sind (Brownridge 2006; Wacker et al. 2009; Plummer und Findley 2012; Jones et al. 2012; BMFSFJ 2013).
- *Prävention von sexuell unangemessenem und grenzverletzendem Verhalten.* Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen, etwa aufgrund von Demenzerkrankungen oder

Lernbehinderungen, fallen immer wieder durch sexuell unangemessenes und grenzverletzendes Verhalten gegenüber Mitbewohner_innen und Pflegenden auf, sodass hier Präventionsmaßnahmen eine wichtige Rolle spielen (Lindsay 2002; Wilson und Burns 2011).

Im Hinblick auf das Freiheitsrecht der selbstbestimmten Familienplanung ist zu beachten, dass Menschen mit geistiger und/oder körperlicher Behinderung nicht selten einen Kinderwunsch haben. Dieser kann z. B. im Zuge begleiteter Elternschaft erfüllt werden (Tilley et al. 2012; BMFSFJ 2013).

14.3.2 Freiheit zu sexuellem Selbstausdruck

Hinsichtlich der Freiheit zu sexuellem Selbstausdruck und sexuellem Wohlbefinden bestehen bei Menschen mit Pflegebedarf große Forschungslücken (McCabe und Taleporos 2003; Tepper 2000; Shakespeare 2000). Einige der wenigen Fachbeiträge, die sich der Frage widmen, wie Menschen mit Pflege- und Assistenzbedarf erwünschte sexuelle Aktivitäten erleben können und welche Rahmenbedingungen sie dafür benötigen, seien im Folgenden herausgegriffen.

Der Ratgeber „Supporting Disabled People with their Sexual Lives“ von Tuppy Owens (2015) basiert auf der rund 40-jährigen Erfahrung der Autorin mit der Organisation von „Outsiders“, einer britischen Kontaktbörse für Menschen mit Behinderung. Ihrer Beobachtung nach haben Menschen mit Behinderung vor allem vier zentrale Anliegen bezüglich ihres Sexuallebens:

1. Sie möchten sich sexuell frei fühlen.
2. Sie wünschen sich sexuelle Aufklärung.
3. Sie erwarten Unterstützung im Falle von sexuellen Negativerfahrungen und Krisen.
4. Sie möchten sexuelle Aktivitäten genießen.

In der Fachliteratur wird erörtert, dass Angehörige und Pflegende Menschen mit Beeinträchtigungen oft vor Enttäuschungen in der Liebe und Sexualität bewahren möchten (Foley 2018), dass zu viel Schutz aber eben Entfaltungsmöglichkeiten beschneide und es auch ein „Recht auf Liebeskummer“ gebe (Sandfort 2010). Zum Genuss solo- und partnersexueller Aktivitäten sind laut Owens (2015) aus Sicht von Menschen mit Behinderung vor allem folgende sieben Punkte ausschlaggebend:

1. Nutzung von Pornografie
2. Nutzung von Sexspielzeug
3. Umarmungen
4. Zusammen in einem Bett schlafen

5. Partnersexualität
6. Nutzung von sexuellen Dienstleistungen
7. Finanzielle Mittel für Sexspielzeug und sexuelle Dienstleistungen

Die Bedürfnisse von älteren und auch sehr alten Menschen werden ähnlich beschrieben (Brähler und Berberich 2008; Grond 2011). Insbesondere ist die Vorstellung unzutreffend, dass ältere Menschen weitgehend asexuell leben. Umfragen zeigen, dass neben der Solosexualität mehr als die Hälfte der 70-Jährigen (Beckmann et al. 2008) und knapp ein Drittel der 77-Jährigen Partnersexualität praktizieren (Matthias et al. 1997). Auch Hochbetagte mit Demenzerkrankungen artikulieren sexuelle Wünsche (Sramek 2015), wobei diese bei stark fortgeschrittener Erkrankung zurücktreten (Mück 2013). Die sexuellen Selbstbestimmungsrechte der Bewohner_innen stellen Pflegeeinrichtungen vor die Herausforderung, entsprechende Rahmenbedingungen zu schaffen (Grond 2011; Van der Vight-Klußmann 2014), etwa genügend Privatsphäre durch von innen abschließbare Zimmer, die Akzeptanz von romantischen und sexuellen Paarbeziehungen zwischen Bewohner_innen oder auch die Bereitstellung von Pflegedoppelbetten.

Betrachtet man aktuelle Leitlinien zum Umgang mit Sexualität in Einrichtungen der Seniorenpflege, so zeigt sich eine wachsende Sensibilität für die sexuellen Selbstbestimmungsrechte der Menschen mit Pflegebedarf – auch in kirchlichen Einrichtungen (z. B. BTT-Gruppe 2016). Gleichzeitig werden aber auch die Grenzen deutlich, etwa wenn festgelegt ist, dass das Pflegepersonal professionelle Distanz zu wahren habe, und nicht nur keine sexuellen Kontakte zu Bewohner_innen aufnehmen darf, sondern ihnen auch keine Pornografie und Sexspielzeuge beschaffen oder sexuellen Dienstleistungen organisieren darf (BTT-Gruppe 2016). Bei der Bestimmung und Aushandlung derartiger Grenzen geht es neben den sexuellen Freiheitsrechten der pflegebedürftigen Personen gleichzeitig immer auch um die Selbstbestimmungsrechte und Grenzen der (mehrheitlich weiblichen) Pflegefachkräfte, denen nicht automatisch zugemutet werden darf, sich ständig mit den sexuellen Belangen der Bewohner und Bewohnerinnen befassen zu müssen.

Das Ausleben von Sexualität in Pflegeeinrichtungen ist nicht zuletzt auch durch die Werte und Normen der Mitbewohner_innen reglementiert, die generationsbedingt z. B. homosexuelle Beziehungen teilweise offen ablehnen. Hier ist die Pflegeeinrichtung gefragt, ein wertschätzendes Klima für sexuelle Vielfalt zu schaffen (BTT-Gruppe 2016). Es existieren inzwischen auch spezielle Einrichtungen der „Regenbogenpflege“ (Marquardt 2017). Erst vereinzelt werden im Kontext der Pflege jetzt auch Transidentität und Intergeschlechtlichkeit thematisiert. Dabei ist ein Verständnis für die Vielfalt von Geschlechtsidentitäten wichtig, damit trans* oder inter* Bewohner_innen im Sinne sexueller Menschenrechte keiner Diskriminierung durch Mitbewohner_innen und/oder Pflegepersonal ausgesetzt sind. Vor besonderen Herausforderungen stehen schließlich informell Pflegenden, etwa wenn sie mit der tabuisierten Sexualität ihrer pflegebedürftigen Eltern oder mit der veränderten Sexualität ihrer pflegebedürftigen Lebenspartner_innen konfrontiert sind (Reichert und Karrasch 2013; Mück 2013). Unwissenheit und fehlende Kommunikation erschweren hier oft einen lustvollen Umgang mit Sexualität oder verhindern ihn gänzlich.

14.4 Sexuelle Assistenz durch menschliche Fachkräfte

Wenn wir davon ausgehen, dass zumindest ein Teil der Menschen mit Pflegebedarf sexuelle Anliegen haben und ihre sexuellen Selbstbestimmungsrechte verwirklichen wollen, dafür aber sowohl in stationären Einrichtungen als auch im häuslichen Umfeld Unterstützung benötigen, stellt sich die Frage nach der sexuellen Assistenz. Unter sexueller Assistenz bzw. Sexualassistenz (sexual assistance) werden unterstützende sexuelle Dienstleistungen für Menschen zusammengefasst, die aufgrund ihrer Behinderung oder altersbedingter Einschränkungen ihre Sexualität nicht ohne Unterstützung leben können (Senf 2013). Der Fachdiskurs unterscheidet Sexualberatung als passive Sexualassistenz von Sexualbegleitung als aktiver Sexualassistenz (pro familia 2005, S. 6). Zudem nehmen Menschen mit Pflegebedarf aber auch herkömmliche sexuelle Dienstleistungen in Anspruch.

14.4.1 Sexualberatung

Sexualberatung im Sinne passiver Sexualassistenz schafft Bedingungen und Voraussetzungen für sexuelle Aktivitäten, ohne dass die Fachkraft selbst aktiv in sexuelle Handlungen involviert wird. Im Rahmen von passiver Sexualassistenz können die Klient_innen z. B. unterstützt werden, indem sie bislang fehlende Sexuaufklärung bekommen (BZgA 2015) und/oder indem sie beratende und organisatorische Hilfe bei der Beschaffung von Pornografie und Sexspielzeug, bei der Partnersuche oder beim Zugang zu sexuellen Dienstleistungen erhalten. Passive Sexualassistenz kann etwa beinhalten, zusammen mit einer Person mit geistigen oder körperlichen Einschränkungen geeignete Sexspielzeuge zu suchen und einen geschützten Raum zur ungestörten Nutzung zu schaffen, oder Zugang zu einer sexuellen Dienstleistung (Bordellbesuch, Empfang eines Escorts) zu organisieren. Das Angebotsspektrum passiver Sexualassistenz variiert – nicht zuletzt da die damit verbundenen ethischen Fragen kontrovers diskutiert werden (z. B. wird Unterstützung bei Bordellbesuchen teilweise abgelehnt). Passive Sexualassistenz wird in Deutschland beispielsweise von pro familia angeboten, etwa in Form von aufsuchender Sexualberatung in Pflegeeinrichtungen (www.profamilia.de/themen/sexualitaet-und-behinderung.html). Passive Sexualassistenz erfreut sich wachsender Akzeptanz.

14.4.2 Sexualbegleitung

Sexualbegleitung im Sinne aktiver Sexualassistenz ermöglicht sinnlich-sexuelle Nähe mit der Fachkraft, die oft als Sexualbegleiter_in bezeichnet wird und als Surrogatpartner_in fungiert. Der Kontakt zwischen Sexualbegleiter_innen und ihren Klient_innen konzentriert sich auf Umarmungen, Streicheln, Nacktheit, Massage und unterstützte Selbstbefriedigung. Oft ist Geschlechtsverkehr ausgeschlossen. Sexualassistenz grenzt

sich somit von Prostitution als kommerziellem Sex ab und betont stärker die Fürsorge für beeinträchtigte Einzelpersonen sowie die Unterstützung für beeinträchtigte Paare. Dienstleistende kommen oft aus den Bereichen Pflege, Sozialpädagogik und Tantra und müssen in Pflegeeinrichtungen Externe sein, denn aus ethischen und rechtlichen Gründen darf kein Abhängigkeitsverhältnis vorliegen. Trotzdem besteht bei aktiver Sexualassistenten ein erhöhtes Risiko sexueller Viktimisierung der pflegebedürftigen Personen. Das gilt insbesondere für Frauen mit Behinderung oder Beeinträchtigungen.

Für aktive Sexualassistenten werden Stundensätze von 100 bis 150 EUR abgerufen, was über den Preisen für herkömmliche sexuelle Dienstleistungen liegt. Hinzu kommen oft noch die Kosten für lange Anfahrtswege. Das Angebot an aktiver Sexualassistenten ist in Deutschland und auch europaweit bislang noch sehr begrenzt und in vielen Regionen gar nicht vor Ort verfügbar (pro familia 2005). In Tab. 14.1 findet sich eine Auswahl an Angeboten der aktiven Sexualassistenten, wobei die Selbstbeschreibungen der Sexualbegleiter_innen auf ihren jeweiligen Internetpräsenzen das fachliche Selbstverständnis verdeutlichen (siehe ergänzend YouTube-Videos mit Edith Arnold, Stephanie Klee oder Milka Reich). Die Angebote zielen meist auf Menschen mit Behinderungen und altersbedingten Beeinträchtigungen, zum Teil auch auf schüchterne und liebesunerfahrene Personen.

14.4.3 Sexarbeit

Nicht zuletzt aufgrund der hohen Kosten für Sexualbegleitung und des sehr begrenzten Angebots wird für Menschen mit Pflegebedarf auch herkömmliche Sexarbeit als Alternative zu den für sie oft schwer anzubahnenden privaten Sexualbeziehungen genutzt. Die Erotikbranche stellt sich auf die wachsende Zahl von älteren Menschen und Menschen mit Pflegebedarf ein: Zunehmend mehr Bordelle werben mit Barrierefreiheit, zunehmend mehr Sexarbeiter_innen spezialisieren sich auf diese Klientel. Auch wird vonseiten der Menschen mit Beeinträchtigungen teilweise ausdrücklich herkömmliche Sexarbeit der Sexualbegleitung vorgezogen, da neben Massagen eben auch Geschlechtsverkehr gewünscht wird. Ein Medienbericht begleitete den Inklusionsaktivisten Klaus Birnstiel beim Bordellbesuch, den er der aktiven Sexualassistenten vorzieht, und zitiert ihn mit der Aussage „Ich will nicht nur kuscheln“ (Mattner 2015). In seinem Inklusionsblog beschreibt der Rollstuhlfahrer „Rolliman“ seine positiven Erfahrungen im Rotlichtmilieu (www.rollimans-erfahrungen.de). Hauptsächlich nachgefragt werden sexuelle Körperkontaktleistungen in Form herkömmlicher Sexarbeit oder Sexualbegleitung bislang von heterosexuellen Männern mit Behinderung oder altersbedingten Beeinträchtigungen, wobei die Kosten in der Regel selbst getragen werden müssen und nicht von Krankenkassen oder Sozialversicherungen übernommen werden (pro familia 2005).

Tab. 14.1 Auswahl an Angeboten der Sexualbegleitung für Menschen mit Pflegebedarf in Deutschland. (In alphabetischer Reihenfolge)

Namen	Angebot	Ort	Kontakt
Deva Bhusha Glöckner	Sexualbegleitung; Öffentlichkeitsarbeit für Sexualbegleitung	München (Bayern)	www.deva-bhusha.de/sexualbegleitung/
ISBB (Institut zur Selbstbestimmung Behinderter)	Sexualassistenz, zudem Ausbildung von Sexualbegleiter_innen	Trebel (Niedersachsen)	www.isbbtrebel.de
Jutta und Thomas Weimer	Tantrische Sexualassistenz für Menschen mit Behinderung, mit sexuellen Störungen, Senioren, Pflegebedürftige	Bad Kissingen (Bayern)	www.jamunda-massagen.de
Katharina König	Sexualassistenz für Menschen mit Behinderung oder altersbedingten Beeinträchtigungen	Bochum (NRW)	www.beruehrung.org www.sexualbegleitung.org
Mara Steffens	Sexualbegleitung	NRW	www.lustaufberuehrung.de
Nessita	Vermittlung von Sexualassistenz für immobile Menschen im hohen Alter bzw. mit Behinderung	bundesweit	www.nessita.de
Nina de Vries	Sexualassistenz für Menschen mit Mehrfach-Behinderungen, Autismus-Spektrum-Störungen, Demenz; zudem Öffentlichkeitsarbeit für Sexualbegleitung	Potsdam (Brandenburg)	www.ninadevries.com
Pia Hoffmann	Tantrische Sexualassistenz für Menschen mit körperlicher, geistiger und seelischer Behinderung	Duisburg (NRW)	www.tantrawelten.de
Sexualbegleitung vernetzt	Adressliste Sexualbegleitung	bundesweit	www.deva-bhusha.de/sexualbegleitung-vernetzt
Sexualbegleitung.com	Adressliste Sexualbegleitung	bundesweit	www.sexualbegleitung.com
Thomas Aeffner	Sexualassistenz für Senioren und Menschen mit körperlicher oder geistiger Behinderung	Duisburg (NRW)	www.aeffner.com/sexualbegleitung.html
Vimala	Sexualbegleitung für Menschen mit geistiger oder körperlicher Behinderung; zudem Öffentlichkeitsarbeit für Sexualbegleitung	bundesweit	www.trotz-allem-lust.de

14.5 Sexuelle Assistenz durch Roboter und andere Assistenzgeräte

Will man für die sexuellen Anliegen von Menschen mit Pflegebedarf auch technische Lösungen in Erwägung ziehen, so sind drei Ansätze zu diskutieren, und zwar die Nutzung von Sexrobotern und Sexpuppen, der Einsatz von Pflegerobotern mit sexuellen Assistenzfunktionen sowie der Gebrauch von spezialisierten sexuellen Assistenzgeräten.

14.5.1 Sexroboter und Sexpuppen

Stellt man die heute einschlägigen Pflegeroboter (z. B. Care-O-bot oder Twendy-One) den heute verfügbaren Sexrobotern (z. B. Roxxy oder Rocky von TrueCompanion.com; Samantha von SyntheaAmatus.com) gegenüber, so fallen deutliche Unterschiede auf. Während die Pflegeroboter meist ein technisch-funktionales Aussehen haben, um Aufgaben im Haushalt und in der Pflege zu bewältigen, sind die Sexroboter so menschenähnlich wie möglich gestaltet – einschließlich funktionaler Genitalien. Dementsprechend könnte man von einer strikten Aufgabenteilung der Roboter ausgehen. Ebenso wie Menschen ohne Pflegebedarf könnten Menschen mit Pflegebedarf neben ihrem Pflegeroboter potenziell auch einen Sexroboter nutzen, sofern sie ihn denn finanzieren können. Sexroboter könnten zur Förderung des sexuellen Wohlbefindens eingesetzt werden, insbesondere, wenn aufgrund von körperlichen und/oder geistigen Beeinträchtigungen das Anknüpfen sexueller Beziehungen zu anderen Menschen erschwert und möglicherweise auch Solosexualität nicht eigenhändig möglich ist.

Um die Interaktivität und künstliche Intelligenz zukünftiger Sexroboter optimal zu nutzen, wären Modelle zu entwickeln, die sich auf bestimmte körperliche oder geistige Beeinträchtigungen spezialisieren und durchaus auch Trainingsprogramme beinhalten. Denkbar wären Sexroboter, mit denen bei sexuellen Funktionsstörungen angst- und schamfrei geübt werden kann, ebenso wie Sexroboter, mit denen bei sexueller Traumatisierung ein sicherer und kontrollierter Kontakt erlebt werden kann. Ein Ausschöpfen dieser Potenziale würde es erfordern, dass sich Roboter-, Sexual-, Alters- und Pflegeforschung interdisziplinär zusammenschließen und unter Einbeziehung der Zielgruppen Konzepte der robotischen Assistenz für sexuelles Wohlbefinden und sexuelle Gesundheit entwickeln und evaluieren (Döring 2017b). Angesichts der hohen Kosten von Sexrobotern ist individueller Besitz bis auf Weiteres für Menschen mit Pflegebedarf meist keine Option. Denkbar sind Dienstleistungsangebote, die Sexroboter stundenweise vermieten und dabei durch spezialisierte Roboter und zielgruppengerechte Beratung auch Menschen mit Behinderung und Beeinträchtigungen ansprechen.

Für bestimmte Zielgruppen, die ungedeckten Bedarf nach Nähe, Körperkontakt und Sexualität haben, mag anstelle eines technisch anspruchsvollen und kostenintensiven Sexroboters schon eine Sex- bzw. Liebespuppe ausreichen. So berichten Puppenbesitzer in öffentlichen Online-Foren über den therapeutischen Nutzen der Puppen, die Einsamkeit

reduzieren, bei der Tagesstrukturierung helfen, beim Einschlafen beruhigend und tröstend wirken und auch sexuell befriedigen können (Döring 2017b; Döring und Pöschl 2018). Liebespuppen haben bislang noch ein negatives Image, könnten aber in Zukunft stärker normalisiert werden. Wenn wir akzeptieren, dass der Umgang mit einem Robotertier (wie etwa der Roboterrobbe Paro: www.parorobots.com) emotional hilfreich auf pflegebedürftige Menschen wirkt und dort sinnvoll ist, wo keine realen Haustiere gehalten werden können, warum soll dann nicht eine sexuelle Assistenzpuppe dort genutzt werden, wo aktive Sexualassistenz mangels Angebot oder Finanzierungsmöglichkeiten nicht zur Verfügung steht? Erste Sexpuppenbordelle existieren in Deutschland bereits (z. B. www.bordoll.de in Dortmund).

Es bestehen große ethische und psychologische Bedenken, die emotionale Bindung pflegebedürftiger Menschen an Robotertiere oder Robotermenschen zu fördern – sei es, weil Pflegebedürftige den Artefaktcharakter der Roboter vielleicht nicht richtig verstehen und/oder weil der soziale Kontakt zu tierischen oder menschlichen Lebewesen eben im Sinne von Humanität und Wohlbefinden nicht durch parasoziale Kontakte zu robotischen Pseudolebewesen verdrängt werden soll. Doch von Verdrängung kann im Falle von Liebes- und Sexualpartner_innen oft keine Rede sein, da sehr viele Menschen mit Pflegebedarf solche Kontakte eben über Jahre hinweg gar nicht haben und auch kaum aufbauen können. Erklärungsbedürftig ist auch, warum wir Erwachsenen den tröstlichen Umgang mit einer Liebespuppe oder einem Liebesroboter nicht zutrauen und zugestehen wollen, während es kulturell weithin akzeptiert ist, dass Kinder ihre Puppen lieben, mit ihnen kuscheln, sprechen, einschlafen und sie als Gefährten behandeln (Döring 2017b).

14.5.2 Pflegeroboter mit sexuellen Assistenzfunktionen

Anstelle eines zusätzlichen Liebes- oder Sexroboters ist auch zu überlegen, ob und wie man einen Pflegeroboter um sexuelle Assistenzfunktionen ergänzen kann. Bei Bewegungseinschränkungen (z. B. nach einem Schlaganfall) kann ein Pflegeroboter wie der Care-O-bot oder der Twendy-One mit einem Roboterarm etwa auch dazu genutzt werden, ein Sexspielzeug anzureichen, zu positionieren und zu halten. Mit solchen robotischen Handgriffen wäre die Person mit Pflegebedarf unabhängiger im Ausleben ihrer Solosexualität und müsste nicht Angehörige oder Pflegepersonal um Hilfe bei dieser intimen Angelegenheit bitten. Der Pflegeroboter könnte auch diskret die Reinigung des Sexspielzeugs übernehmen, eine wichtige Aufgabe, für die sich im Pflegealltag bislang kaum jemand zuständig fühlt.

Bei der Konzeption von Pflegerobotern sexuelle Assistenzfunktionen von Anfang an mitzudenken und zusammen mit den Zielgruppen zu entwickeln, erfordert eine Orientierung aller Beteiligten an den Paradigmen der sexuellen Gesundheit und der sexuellen Menschenrechte. Andernfalls wird das Thema Sexualität stigmatisiert und marginalisiert bleiben.

14.5.3 Spezialisierte sexuelle Assistenzgeräte

Für bestimmte sexuelle Anliegen von Menschen mit Pflegebedarf mag es gar nicht notwendig oder sinnvoll sein, einen kompletten Roboter zu nutzen. Hier können kleinere und handlichere Assistenzgeräte im Sinne spezialisierter Sexspielzeuge sinnvoller sein. Sie sind zudem oft diskreter. Einzelgeräte werden auch in anderen Bereichen der robotischen Assistenz eingesetzt. So fungiert etwa ein robotischer Löffel als Mahlzeitenassistent („My Spoon“: www.secom.co.jp/english/myspoon/).

Weitgehend unter dem Radar der Forschung hat sich der Markt an Sextoys, die von Frauen und Männern für Solo- und Partnersexualität verwendet werden, in den letzten Jahren sehr stark diversifiziert und auch technisiert (Döring 2017b; Döring und Pöschl 2018). Kleinstbetriebe fertigen „Sexmaschinen“, die sich eigenständig bewegen, oder maßgeschneiderte „Sexmöbel“ und vermarkten sie erfolgreich online. Die Entwicklung innovativer Sexprodukte wie des bionischen Umschnalldildos Ambrosia Vibe (Orgasmatronics.com) wird über Crowdfunding-Plattformen wie Indiegogo.com finanziert. Derartige Sexprodukte können besonders hilfreich sein für Menschen mit altersbedingten Beeinträchtigungen, da sie z. B. sexuelle Funktionsstörungen ausgleichen, Mobilität unterstützen und Stimulation verstärken. Die wenigen Studien zu Gebrauch und Wirkung von Sexspielzeugen in der Allgemeinbevölkerung deuten auf positive Gesundheitseffekte hin (Döring und Pöschl 2018).

Somit sind zum einen Initiativen zu fördern, die Sexspielzeuge entwickeln, welche auf die vielfältigen Bedürfnisse von Menschen mit Pflegebedarf zugeschnitten sind (Alpraum 2015). Zum anderen sollte im Rahmen passiver Sexualassistenz für Menschen mit Pflegebedarf bei Bedarf eine zeitgemäße Beratung zu Auswahl, Beschaffung und Nutzung sexueller Assistenzgeräte stattfinden. Denn der Markt ist unübersichtlich und dynamisch. Die Erotikbranche stellt sich langsam auf die Zielgruppe der älteren Menschen ein und vertreibt zunehmend „Produkte der sexuellen Gesundheit“, die etwa sexuellen Lustgewinn und gezieltes Beckenbodentraining zur Inkontinenzprophylaxe kombinieren. Sowohl Inklusionsaktivistinnen wie Tuppy Owens (2014) als auch Sexbloggerinnen wie Erika Lynae (2016) liefern erste Hinweise darauf, welche Sextoys für Menschen mit Beeinträchtigungen besonders nützlich sind. Hier besteht anhaltender Aufklärungs- und Forschungsbedarf.

14.6 Fazit

Wenn wir sexuelles Wohlbefinden als Gesundheitsfaktor und Menschenrecht von pflegebedürftigen Personen ernst nehmen, liegt es auf der Hand, im Kontext der Entwicklung von Pflegerobotern auch über robotische Sexualassistenz nachzudenken. Dabei sind sowohl Konzepte denkbar, die sexuelle Assistenzfunktionen in multifunktionale Pflegeroboter integrieren, als auch Konzepte, die mit separaten Sexrobotern oder sexuellen Assistenzgeräten operieren. Sozio-emotional sinnvolle und das Wohlbefinden fördernde Assistenzkonzepte müssen in interdisziplinären Teams zusammen mit den möglichen zukünftigen

Nutzenden und ihren Angehörigen bzw. gesetzlichen Betreuer_innen sowie den Pflegekräften, Pflegeeinrichtungen und deren Trägern entwickelt werden. Wichtig ist es dabei im Sinne sexueller Freiheitsrechte, die Vielfalt der sexuellen Anliegen von Menschen mit Pflegebedarf zu berücksichtigen und nicht vorschnell sexualmoralisch zu begrenzen. Besonderes Augenmerk ist darauf zu legen, dass die sexuellen Anliegen von Frauen erstmals umfassend erkundet werden und dann auch Berücksichtigung finden (Döring 2017b). Denn geschlechtsrollen- und generationsbedingt sind die heutigen Frauen mit Pflegebedarf oft noch äußerst zurückhaltend darin, sexuelle Bedürfnisse zu artikulieren, und oft werden sie ihnen gesellschaftlich auch gar nicht zugestanden (Barrett und Hinchcliff 2018).

Neben Unterstützung bei der Ausübung sexueller Freiheitsrechte gilt es natürlich, die sexuellen Schutzrechte zu wahren. So muss robotische Sexualassistenz sicher sein. Das betrifft den Schutz sensibler Daten über sexuelle Präferenzen und Gewohnheiten, die bei der Nutzung robotischer Sexualassistenz anfallen, aber auch die Verhinderung von Verletzungen und Unfällen beim Technikgebrauch.

Nicht zuletzt erfordert sexuelle Teilhabe für Menschen mit Pflegebedarf angesichts zunehmender Technisierung, Medikalisierung und Kommerzialisierung des Sexuellen (Döring 2017a) entsprechende finanzielle Mittel, die im Sozialgesetzbuch nicht vorgesehen sind (Zinsmeister 2017). Die Tendenz geht auch eher dahin, die Kostenübernahme für Maßnahmen, die allein der Steigerung der Lebensqualität einschließlich sexuellen Wohlbefindens dienen, weiter abzubauen (so werden z. B. Kosten für Medikamente zur Behandlung erektiler Dysfunktion von den gesetzlichen und privaten Kassen inzwischen nicht mehr übernommen). Von der wachsenden Anerkennung von Sexualität als Gesundheitsfaktor und Menschenrecht können Menschen mit Pflegebedarf aber nur dann profitieren, wenn die notwendigen Rahmenbedingungen auch finanzierbar sind.

Abschließend ist nicht zu vergessen, neben (roboter-)technischen Lösungen weiterhin an nichttechnischen Lösungen für verbessertes sexuelles Wohlbefinden zu arbeiten, etwa durch ausreichende Sexualberatung und vermehrte zwischenmenschliche Kontaktmöglichkeiten.

Literatur

- Alptraum, L. (2015). How to design sex toys for people with disabilities. Motherboard. https://motherboard.vice.com/en_us/article/9a3987/how-to-design-sex-toys-for-people-with-disabilities. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Barrett, C., & Hinchcliff, S. (2018). *Addressing the sexual rights of older people: Theory, policy and practice*. London: Routledge.
- Beckmann, N., Waern, M., Gustafson, D., & Skoog, I. (2008). Secular trends in self-reported sexual activity and satisfaction in Swedish 70 year olds: Cross sectional survey of four populations, 1971–2001. *BMJ*, 337, a279.
- Bendel, O. (2015). Surgical, Therapeutic, Nursing and Sex Robots in Machine and Information Ethics. In S. P. van Rysewyk & M. Pontier (Hrsg.), *Machine medical ethics. Series: Intelligent systems, control and automation: Science and engineering* (S. 17–32). Berlin: Springer.

- Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege – BGW. (2017). Pflege 4.0 – Einsatz moderner Technologien aus der Sicht professionell Pflegenden. Forschungsbericht. <https://www.bgw-online.de/DE/Medien-Service/Medien-Center/Medientypen/BGW-Broschueren/BGW09-14-002-Pflege-4-0-Einsatz-moderner-Technologien.html>. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Brähler, E., & Berberich, H. J. (2008). *Sexualität und Partnerschaft im Alter*. Gießen: Psychosozial Verlag.
- Brody, S. (2010). The relative health benefits of different sexual activities. *The Journal of Sexual Medicine*, 7(4), 1336–1361. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2009.01677.x>.
- Brownridge, D. A. (2006). Partner violence against women with disabilities: Prevalence, risk, and explanations. *Violence Against Women*, 12(9), 805–822. doi: <https://doi.org/10.1177/1077801206292681>.
- BTT-Gruppe. (2016). Umgang mit Sexualität in den Einrichtungen der Seniorendienste. Leitlinie. https://www.bbtgruppe.de/media/docs/broschueren/Umgang-mit-Sexualitaet-Einrichtungen-SD_BBT-Leitlinie.pdf. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend – BMFSFJ. (2013). Lebenssituationen und Belastungen von Frauen mit Behinderungen und Beeinträchtigungen in Deutschland. Endbericht. <https://www.bmfsfj.de/blob/94206/1d3b0c4c545bfb04e28c-1378141db65a/lebenssituation-und-belastungen-von-frauen-mit-behinderungen-langfassung-ergebnisse-der-quantitativen-befragung-data.pdf>. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung – BZgA. (2015). Sexualaufklärung für Menschen mit Beeinträchtigungen. Konzept. <https://publikationen.sexualaufklaerung.de/index.php?docid=3482>. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Coleman, E. (2003). Masturbation as a means of achieving sexual health. *Journal of Psychology & Human Sexuality*, 14, 5–16. doi: https://doi.org/10.1300/J056v14n02_02.
- Döring, N. (2017a). Männliche Sexualität im Digitalzeitalter: Aktuelle Diskurse, Trends und Daten. In Stiftung Männergesundheit (Hrsg.), *Dritter Deutscher Männergesundheitsbericht* (S. 39–75). Gießen: Psychosozial Verlag.
- Döring, N. (2017b). Vom Internetsex zum Robotersex. Forschungsstand und Herausforderungen für die Sexualwissenschaft. *Zeitschrift für Sexualforschung*, 30(1), 35–57.
- Döring, N., & Pöschl, S. (2018). Sex toys, sex dolls, sex robots – Our under-researched bedfellows. *Sexologies*, 27(3), e51–e55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sexol.2018.05.009>.
- Döring, N., Richter, K., Gross, H.-M., Schröter, C., Müller, S., Volkhardt, M., Scheidig, A., & Debes, K. (2015). Robotic companions for older people: A case study in the wild. *Studies in Health Technology and Informatics*, 219, 147–152.
- Foley, S. (2018). *Intellectual disability and the right to a sexual life: A continuation of the autonomy/paternalism debate*. London: Routledge.
- Glasier, A., Gülmezoglu, A. M., Schmid, G. P., Moreno, C. G., & Look, P. F. van. (2006). Sexual and reproductive health: A matter of life and death. *Lancet*, 368(9547), 1595–1607. doi: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(06\)69478-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(06)69478-6).
- Grond, E. (2011). *Sexualität im Alter: Was Pflegekräfte wissen sollten und was sie tun können* (2. Aufl.). Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft.
- Gupta, K. (2011). “Screw Health”: Representations of sex as a health-promoting activity in medical and popular literature. *Journal of Medical Humanities*, 32(2), 127–140. doi: <https://doi.org/10.1007/s10912-010-9129-x>.
- Jones, L., Bellis, M. A., Wood, S., Hughes, K., McCoy, E., Eckley, L., Bates, G., Mikton, C., Shakespeare, T., & Officer, A. (2012). Prevalence and risk of violence against children with disabilities: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Lancet*, 380(9845), 899–907. doi: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(12\)60692-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(12)60692-8).

- Levin, R. J. (2007). Sexual activity, health and well-being – The beneficial roles of coitus and masturbation. *Sexual and Relationship Therapy*, 22, 135–148. doi: <https://doi.org/10.1080/14681990601149197>.
- Levy, D. (2007). Love and sex with robots: The evolution of human-robot relationships. New York: Harper Collins.
- Lindsay, W. R. (2002). Research and literature on sex offenders with intellectual and developmental disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 46(1), 74–85. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2788.2002.00006.x>.
- Liu, H., Waite, L. J., Shen, S., & Wang, D. H. (2016). Is sex good for your health? A national study on partnered sexuality and cardiovascular risk among older men and women. *Journal of Health and Social Behavior*, 57(3), 276–296. doi: <https://doi.org/10.1177/0022146516661597>.
- Lottes, I. L. (2013). Sexual rights: Meanings, controversies, and sexual health promotion. *Journal of Sex Research*, 50(3–4), 367–391. doi: <https://doi.org/10.1080/00224499.2013.764380>.
- Lynae, E. (2016). Sex toys & disabilities guide. <http://erikalynae.com/2016/10/21/sex-toys-disability/>. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Mahieu, L., & Gastmans, C. (2015). Older residents' perspectives on aged sexuality in institutionalized elderly care: A systematic literature review. *International Journal of Nursing Studies*, 52(12), 1891–1905. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2015.07.007>.
- Mahieu, L., Van Elssen, K., & Gastmans, C. (2011). Nurses' perceptions of sexuality in institutionalized elderly: A literature review. *International Journal of Nursing Studies*, 48(9), 1140–1154. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2011.05.013>.
- Marquardt, K. (2017). Ein Altenheim für homosexuelle Bewohner – Pflege ohne Diskriminierung. *Heilberufe*, 69(3), 40–42.
- Matthias, R. E., Lubben, J. E., Atchison, K. A., & Schweitzer, S. O. (1997). Sexual activity and satisfaction among very old adults: Results from a community-dwelling medicare population survey. *Gerontologist*, 37(1), 6–14. doi: <https://doi.org/10.1093/geront/37.1.6>.
- Mattner, U. (2015). Ich will nicht nur kuscheln. Aktion Mensch. https://www.aktion-mensch.de/leichte-sprache/magazin/gesellschaft_leichte_sprache/Rotlicht.html. Zugegriffen: 1. März 2018.
- McCabe, M. P., & Taleporos, G. (2003). Sexual esteem, sexual satisfaction, and sexual behavior among people with physical disability. *Archives of Sexual Behavior*, 32(4), 359–369.
- Mück, H. (2013). Sexuelle Bedürfnisse, Paarbeziehungen und Sexualeben demenzkranker Menschen. pro familia Magazin 4, 16–19. https://www.profamilia.de/fileadmin/publikationen/Magazin/2013/pfm_4_2013.pdf. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Owens, T. (2014). Disability and sex: Let's be frank about sex toys. Disability horizons. <http://disabilityhorizons.com/2014/07/disability-and-sex-lets-be-frank-about-sex-toys/>. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Owens, T. (2015). Supporting disabled people with their sexual lives: A clear guide for health and social care professionals. London: Jessica Kingsley Publishers.
- Palacios-Ceña, D., Martínez-Piedrola, R. M., Pérez-de-Heredia, M., Huertas-Hoyas, E., Carrasco-Garrido, P., & Fernández-de-las-Peñas, C. (2016). Expressing sexuality in nursing homes. The experience of older women: A qualitative study. *Geriatric Nursing*, 37(6), 470–477. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2016.06.020>.
- Pearson, I. (2016). The future of sex report: The rise of the robosexuals. http://graphics.bondara.com/Future_sex_report.pdf. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Plummer, S. B., & Findley, P. A. (2012). Women with disabilities' experience with physical and sexual abuse: Review of the literature and implications for the field. *Trauma, Violence, & Abuse*, 13(1), 15–29. doi: <https://doi.org/10.1177/1524838011426014>.
- Pro familia. (2005). Sexuelle Assistenz für Frauen und Männer mit Behinderungen. Expertise. https://www.profamilia.de/fileadmin/publikationen/Fachpublikationen/expertise_sexuelle_assistenz.pdf. Zugegriffen: 1. März 2018.

- Reichert, M., & Karrasch, R. M. (2013). Partnerschaftliche Pflegebeziehungen und Sexualität. *Pro familia Magazin*, 4, 10–13. https://www.profamilia.de/fileadmin/publikationen/Magazin/2013/pfm_4_2013.pdf. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Robbins, C. L., Schick, V., & Reece, M. (2011). Prevalence, frequency, and associations of masturbation with partnered sexual behaviors among US adolescents. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 165(12), 1087–1093. doi: <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2011.142>.
- Sandfort, L. (2010). *Recht auf Liebeskummer – Emanzipatorische Sexualberatung für Behinderte*. Neu-Ulm: AG SPAK Bücher.
- Senf, G. (2013). Sexuelle Assistenz – Ein kontrovers diskutiertes Konzept. *Psychother Dialog*, 14(2), 68–71. doi: <https://doi.org/10.1055/s-0033-1348370>.
- Shakespeare, T. (2000). Disabled sexuality: Toward rights and recognition. *Sexuality and Disability*, 18(3), 159–166.
- Shakespeare, T., Gillespie-Sells, K., & Davies, D. (1997). *The sexual politics of disability: Untold Desires*. London: Cassell.
- Sharkey, N., Wynsberghe, A. van, Robbins, S., & Hancock, E. (2017). Our sexual future with robots. Consultation report. Foundation for responsible robotics. <https://responsible-robotics-myxf6pn3xr.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2017/11/FRR-Consultation-Report-Our-Sexual-Future-with-robots-1-1.pdf>. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Siciliano, B., & Khatib, O. (2016). *Handbook of robotics* (2. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Sramek, G. (2015). Recht auf Sexualität. Beispiele aus der Praxis. In M. Kojer & M. Schmidl (Hrsg.), *Demenz und Palliative Geriatrie in der Praxis* (S. 183–197). Heidelberg: Springer.
- Tepper, M. S. (2000). Sexuality and disability: The missing discourse of pleasure. *Sexuality and Disability*, 18(4), 283–290.
- Tiefer, L. (2002). The emerging global discourse of sexual rights. *Journal of Sex & Marital Therapy*, 28(5), 439–444.
- Tilley, E., Walmsley, J., Earle, S., & Atkinson, D. (2012). ‚The silence is roaring‘: Sterilization, reproductive rights and women with intellectual disabilities. *Disability & Society*, 27(3), 413–426. doi: <https://doi.org/10.1080/09687599.2012.654991>.
- Vandemeulebroucke, T., Casterlé, B. D. de, & Gastmans, C. (2017). How do older adults experience and perceive socially assistive robots in aged care: A systematic review of qualitative evidence. *Aging & Mental health*, 22(2), 149–167. doi: <https://doi.org/10.1080/13607863.2017.1286455>.
- Van der Vight-Klußmann, R. (2014). *(Kein) Sex im Altenheim? Körperlichkeit und Sexualität in der Altenhilfe*. Hannover: Schlütersche Verlagsgesellschaft.
- Wacker, J., Macy, R., Barger, E., & Parish, S. (2009). Sexual assault prevention for women with intellectual disabilities: a critical review of the evidence. *Intellectual and Developmental Disabilities*, 47(4), 249–262. doi: <https://doi.org/10.1352/1934-9556-47.4.249>.
- Wilson, R. J., & Burns, M. (2011). Intellectual disability and problems in sexual behaviour: Assessment, treatment, and promotion of healthy sexuality. Massachusetts: NEARI Press.
- World Association for Sexual Health – WAS. (2014). Declaration of sexual rights. <http://www.worldsexology.org/resources/declaration-of-sexual-rights/>. Zugegriffen: DATUM.
- World Health Organization – WHO. (1946). Constitution of the world health organization. <http://www.who.int/about/mission/en/>. Zugegriffen: 1. März 2018.
- World Health Organization – WHO. (2006). Defining sexual health. Consultation Report. http://www.who.int/reproductivehealth/publications/sexual_health/defining_sh/en/. Zugegriffen: 1. März 2018.
- Zinsmeister, J. (2017). Hat der Staat den Bürger*innen Sexualität zu ermöglichen? In U. Lembke (Hrsg.), *Regulierungen des Intimen* (S. 71–93). Wiesbaden: Springer.

Prof. Dr. Nicola Döring, Diplom-Psychologin, Universitätsprofessorin für Medienpsychologie und Medienkonzeption an der Technischen Universität Ilmenau. Zu ihren Arbeitsschwerpunkten gehören psychische und soziale Aspekte der Online-, Mobil- und Mensch-Roboter-Kommunikation, Gender- und Sexualforschung sowie Forschungsmethoden und Evaluation. Sie ist Mitherausgeberin der Zeitschrift für Sexualforschung (Thieme Verlag). Web: www.nicola-doering.de.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

