

Es ist Zeit für bessere Ideen

Ein Aufruf zu mehr Partizipation in der Gestaltung sozialer Serviceroboter

Astrid Weiss und Katta Spiel

Einleitung

In den letzten Jahren hat die Vision so genannter »social co-robots« (Riek 2013), also koexistierende Roboter, die in enge Interaktion mit Menschen in deren sozialem Raum treten, durch technische Fortschritte wieder Auftrieb gewonnen und das Interesse von Forschenden und Industrie geweckt. Nach Riek muss diese Art von modernem sozialen Serviceroboter in einer bestimmten sozialen Umgebung operieren können, eine physische Verkörperung und zumindest ein gewisses Maß an Autonomie haben. Ihre Aufgabe besteht darin, mit Hilfe eines angenehmen und selbsterklärenden Interaktionserlebnisses Menschen auf nützliche Weise in Alltagsaufgaben zu unterstützen. Die technische Entwicklung derartiger Roboter geht mit einer Reihe von Herausforderungen einher: So müssen koexistierende soziale Serviceroboter beispielsweise mit sich dynamisch verändernden Umgebungen zurechtkommen, Nutzer*innen unterscheiden können und das Einhalten sozialer Normen erlernen. Die bisherige Forschung zeigt weiters, dass ein erfolgreicher Adoptionsprozess sozialer Serviceroboter voraussetzt, dass Erwartungen und Bedürfnisse von Nutzer*innen in der Gestaltung berücksichtigt werden (Neven 2010; Lee et al. 2016).

Aktuell bemühen sich immer mehr Forschungsprojekte darum, verschiedene Interessengruppen in die Entwicklung von Robotern einzubeziehen, und zwar in den sozialen Handlungsfeldern, in denen sie zum Einsatz kommen sollen. Im Bereich der sogenannten Pflegerobotik sind dies meist Senior*innen als mögliche primäre Nutzer*innen, pflegende Angehörige als mögliche sekundäre Nutzer*innen und Pflegepersonal als tertiäre Nutzer*innen und/oder Sprecher*innen für die zu pflegenden Menschen. Bisher beschäftigte sich die Einbeziehung potenzieller primärer Nutzer*innen jedoch vorrangig mit der Gestaltung des äußeren Erscheinungsbildes der Roboter (Lee et al. 2009; Sirkin et al. 2015; Weiss et al. 2015), aber nicht auf die gesamtheitliche Konzeptionierung und Entwicklung der Anwen-

dungsfälle, wie und wo soziale Roboter überhaupt zum Einsatz kommen sollen. Die bisher dominante Vorgehensweise in der Entwicklung von Robotern ermöglichte es Teilnehmenden oder Forschenden nur begrenzt, gemeinsam den Zweck eines Serviceroboters für den konkreten sozialen Kontext zu entwickeln. Die Anwendungsfälle, die wir in der Mensch-Roboter-Interaktionsforschung beobachten, sind seit den 1980er Jahren wiederkehrend dieselben: Roboter im Museum, Roboter, die in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen patrouillieren, Roboter als haustierähnliche Gefährten und Ähnliches. Die damit verbundenen Visionen und Narrative für soziale Roboter sind weitgehend »ingenieurgetrieben« und durch technische Machbarkeit motiviert (Cheon and Su 2016); sie beinhalten keine breitere Teilhabe von Nutzer*innen und anderen Interessengruppen.

In diesem Kapitel plädieren wir demgegenüber für einen neuen Ansatz zur Entwicklung sozialer Serviceroboter, bei dem eine partizipative Gestaltungskultur mit der technischen Weiterentwicklung koexistierender sozialer Serviceroboter verknüpft wird. Koexistierende soziale Serviceroboter sollen sowohl Problemlösungsfunktionen als auch einen größeren Nutzen im Vergleich zu kostengünstigeren Internet-der-Dinge-Geräten (bspw. intelligente Lautsprecher, Tablets usw.) bieten, um erfolgreich in die Alltagswelt von Nutzer*innen integriert werden zu können (de Graaf et al. 2017). Vor allem aber muss sich die Sozialität dieser Roboter aus der Interaktion heraus entwickeln können (Chang and Šabanović 2015), da eine reine Gestaltung sozialer Schlüsselreize (Breazeal 2004) für die Adoption nicht ausreichend zu sein scheint. Wir schlagen stattdessen einen Ansatz vor, in dem Forschende, Nutzer*innen und Roboter im Entwicklungsprozess miteinander lernen. Die Grundlage dafür bieten unsere Erfahrungen in der Mensch-Roboter-Interaktionsforschung aus zwei Projekten – IURO und Hobbit –, in welchen soziale Serviceroboter für zwei sehr unterschiedliche Anwendungsfälle anhand eines nutzungszentrierten Ansatzes entwickelt wurden. Anschließend skizzieren wir Ansätze für eine gestaltungsoffene, demokratische Beteiligung in der Mensch-Roboter-Interaktionsforschung, die die Gestaltung von sozialen Servicerobotern bereichern kann.

Viel Information, wenig Partizipation

Die Forschung zu Mensch-Roboter Interaktionen (MRI) hat sich in den frühen 1990er Jahren entwickelt und widmet sich dem Verständnis, der Entwicklung und der Bewertung von Robotersystemen für den Einsatz durch oder mit Menschen (Goodrich and Schultz 2008). Forschende aus unterschiedlichen Disziplinen steigen aufgrund unterschiedlicher Motivationen in diesen Forschungsbereich ein: Robotiker*innen, die Roboter für spezielle Anwendungsbereiche bauen, in denen Roboter mit Menschen in Berührung kommen, wollen diesen Interaktionsraum ge-

stalten. Psycholog*innen wollen menschliche Reaktionen auf agentenähnliche Robotersysteme verstehen. Die Motivation von Forschenden im Bereich der Kognitionswissenschaften und der künstlichen Intelligenz liegt darin, Roboterplattformen als Testumgebungen für ihre intelligenten Systeme zu verwenden (Dautenhahn 2013). Die Problemstellung, die alle Disziplinen gemeinsam bearbeiten, beschreiben Goodrich und Schultz (2008: 216) folgendermaßen: »The HRI problem is to understand and shape the interactions between one or more humans and one or more robots«.

Roboter und ihre Interaktionsmuster sind somit sowohl ein Ausdruck des aktuellen Stands der Technik als auch eine technologische Antwort auf kontextuelle Fragen. Ein Beispiel für ein typisches MRI-Projekt ist die Entwicklung eines Roboters für Tourist*innen. Nach sorgfältiger Abwägung von Anforderungen verschiedener Interessengruppen und vorgesehener Nutzungskontexte (z.B. eines Museums oder einer Innenstadt) sowie potenzieller Aufgaben (z.B. Kunstwerke erläutern oder Besucher*innen von A nach B führen), bei denen ein Roboter hilfreich sein könnte, werden viele Gestaltungsentscheidungen getroffen (wenn auch häufig nur von Designer*innen und Entwickler*innen), um Tourist*innen und Reiseführer*innen bestmöglich zu unterstützen. Sobald eine prototypische Lösung vorhanden ist, wird diese in Studien mit Vertreter*innen der Zielgruppen untersucht. Relevant ist hierbei zu verstehen, dass der Prototyp nicht als richtig oder falsch bewertet werden kann, sondern lediglich als mehr oder weniger geeignet für die bestimmte Problemstellung und den definierten Anwendungskontext. Ein prototypisches Roboterdesign ist demnach immer von seinem spezifischen Problemkontext, dem Reifegrad der integrierten Technologien, dem Design und den, in die Entwicklung beteiligten Menschen, einschließlich der Forschenden, abhängig. So sind beispielsweise SPENCER (Triebel et al. 2016), FROG (Karreman et al. 2015) und IURO (Weiss et al. 2015) allesamt Servicerobotermodelle für den öffentlichen Raum, die nach einem nutzungszentrierten Gestaltungsansatz entwickelt wurden. Abbildung 1 veranschaulicht jedoch, dass sich, unabhängig davon, diese Roboter sowohl in ihrem äußeren Erscheinungsbild als auch in den Interaktionsparadigmen weitgehend unterscheiden, je nachdem wie es ihr spezifischer Anwendungskontext und die darin involvierten Akteur*innen verlangen.

Nutzer*innen als Informant*innen

In jüngerer Zeit wird die Roboterentwicklung häufig durch nutzungszentrierte Methoden unterstützt (z.B. Weiss et al. 2015; Karreman et al. 2015; Triebel et al. 2016; Lee et al. 2009). Dazu werden Studien (einschließlich Umfragen, Interviews, Fokusgruppen usw.) durchgeführt, um spezifische Nutzungsgruppen und ihre konkreten Nutzungskontexte zu verstehen. Ein häufig verwendeter Ansatz, der als »human-translated« bezeichnet wird, besteht darin, potenzielle Interaktionsparadig-

*Abbildung 1: Drei Service Roboter gestaltet für den öffentlichen Raum:
 Spencer (© 2016 KLM), FROG (© frogrobot.eu), IURO (© TU München)
 (vlnr.)*



men durch Mensch-Mensch-Beobachtungsstudien zu erforschen und die Erkenntnisse auf das Verhalten des Roboters zu übertragen (Weiss et al. 2011b; Karreman et al. 2012). Gründe für diesen Ansatz sind, dass wir mit zwischenmenschlichen Verhaltensstrategien bereits vertraut sind (Breazeal 2004) und uns darauf intuitiv beziehen können (Okuno et al. 2009). In diesen Studien sind die potenziellen Nutzer*innen jedoch reine Informant*innen ohne direkte und explizite Beteiligung am Gestaltungsprozess. Zudem bezieht dieser Ansatz keine nicht menschen-ähnlichen Verhaltensweisen ein. Immer häufiger werden auch ethnographische Ansätze eingesetzt, die sich auf die Identifikation interaktions-relevanter, kontextueller Parameter konzentrieren (z.B. Fink 2014; Šabanović et al. 2014; Yamazaki et al. 2012). Aber auch die ethnographische Forschung betrachtet Nutzer*innen ausschließlich aus der Perspektive der Forschenden (Forsythe 1999) und gibt Nutzer*innen keine aktive Stimme im Gestaltungsprozess.

Eine der beliebtesten Möglichkeiten, Menschen in die Entwicklung von Service-robotern einzubinden, sind Laborexperimente zur Evaluierung einzelner Funktionalitäten (z.B. Mirnig et al. 2012a). In den letzten Jahren wurde es mehr und mehr üblich, Vertreter*innen angenommener Nutzergruppen an diesen Experimenten zu beteiligen (siehe als Beispiel Lammer et al. 2014). Zuvor wurden meist Studierende als Teilnehmende eingeladen. In einem Experiment können die Teilnehmenden jedoch nur bestimmte, bereits entwickelte und von den MRI-Forschenden ausgewählte Merkmale bewerten. Auch in diesem Studenumfeld gibt es keine Möglichkeit für Nicht-Forschende, neue Ideen zu entwickeln und einzubringen.

Vor allem in den Forschungsfeldern der MRI und der Sozialen Robotik wurde das Wissen darüber, wie man Roboter für Menschen entwerfen soll, bislang im akademischen Feld generiert, statt Methoden für eine verstärkte Beteiligung von

Menschen zu entwickeln, die diese Roboter später tatsächlich nutzen sollen. Lee et al. (2017) diskutieren daher, ob die Expertise von Forschenden auf Kosten der Einbeziehung der Perspektiven potenzieller Nutzer*innen und weiterer Interessengruppen überbetont wurde. Forschende und Entwickler*innen lassen ihre eigenen Wertvorstellungen und Annahmen zu »guter« Mensch-Roboter-Interaktion in die Gestaltung der Systeme miteinfließen, allerdings ebenso in die empirische Evaluierung dieser Systeme durch potenzielle Nutzer*innen (Cheon and Su 2016). Beispielsweise führten tief verwurzelte, stereotype Bilder von älteren Erwachsenen in der Entwicklung von Assistenzrobotern dazu, dass Senior*innen Roboter trotz des von Entwickler*innen angenommenen potenziellen Nutzens ablehnten (Neven 2010). So wurden ältere Menschen von Forschenden als einsam und hilfsbedürftig definiert und die Funktionalitäten der Roboter danach entwickelt. Senior*innen, die an Studien teilnahmen, wollten diesen Stereotypen gezielt nicht entsprechen und bewerteten den Roboter dementsprechend als »nicht für mich geeignet«.

Wann und wie kommen Nutzer*innen zu Wort?

Die Beteiligung von potenziellen Nutzer*innen an der Entwicklung sozialer Roboter kann in verschiedenen Phasen erfolgen: (1) bei der Konzeptualisierung eines neuen Roboters für soziale Dienste, (2) bei der Anpassung einer bestehenden Roboterplattform oder dem Bau einer neuen für einen bestimmten Anwendungsfall, (3) bei der Nutzung des Roboters im vorgesehenen Kontext.

In der Phase der Konzeptualisierung ist die Beteiligung von Nutzer*innen am häufigsten anzutreffen. Potenzielle Nutzer*innen und weitere Interessengruppen erhalten die Gelegenheit, ihre Gedanken und Meinungen zu äußern, um geeignete Entwürfe und Verwendungen zukünftiger Roboter zu identifizieren. Um den »idealen« Haushaltsroboter für ältere Erwachsene zu erforschen, führten Caleb-Solly et al. (2014) z.B. Szenarien-basierte Workshops mit Einbindung von Nutzer*innen durch. Ein ähnlicher Ansatz wurde von Lee et al. (2012) gewählt, um Gestaltungskonzepte für Haushaltsroboter zu entwickeln. Stollnberger et al. (2016) beschreiben die Konzeptentwicklung eines Medizinrobotersystems im Projekt Re-MeDi, bei der sie mit Ärzt*innen, Patient*innen und Assistent*innen zusammenarbeiteten. In der Konzeptualisierungsphase ist der Designraum am weitesten geöffnet und wird lediglich von der Projektvision und weiteren Vorannahmen der Forschenden begrenzt, daher ist die Beteiligung von Nicht-Forschenden hier am einfachsten umsetzbar.

Wenn der Projektplan bereits eine bestehende Roboterplattform für die Verwendung vorsieht, wie bspw. Care-O-Bot oder Pepper, besteht die Beteiligung von Nichtforschenden meist darin, kontextuell angemessene Verhaltensweisen mitzugestalten. Zum Beispiel führten Belpaeme et al. (2018) eine Reihe von Studien mit Lehrer*innen und Kindern durch, um Interaktionsszenarien für Roboter-unter-

stützten Unterricht mit dem Nao-Roboter zu entwickeln. Azenkot et al. (2016) arbeiteten mit sehbehinderten und blinden Menschen zusammen, um zu untersuchen, wie Roboter diese in Innenräumen führen können. Der Designraum ist in dieser Phase somit sowohl durch die bestehende, im Voraus gewählte Roboterplattform als auch durch die Projektvision der Forschenden begrenzt. Wenn neue Roboter konstruiert werden, wird meist nach einer ersten Konzeptualisierungsphase mit potenziellen Nutzer*innen und weiteren Interessengruppen ein erster Prototyp gebaut und dann mit repräsentativen Nutzer*innen im Labor auf bestimmte Forschungsfragen hin untersucht. Alternativ werden nur einige Roboterteile gebaut oder funktionelle Szenarien implementiert und im Labor untersucht. Nach einer Reihe von Laborstudien werden die daraus resultierenden Erkenntnisse iterativ auf den Roboterentwurf übertragen und in die Konstruktion eines finalen Prototypen integriert.

Eine weitere große Herausforderung für den Gestaltungsprozess stellt die tatsächliche Nutzung und Evaluierung der entwickelten Systeme in ihrem Anwendungskontext dar. In dieser Phase fehlen uns noch die Methoden und Herangehensweisen dafür, Nutzer*innen ohne großes Vorwissen in die Anpassung, Programmierung und das Training von Robotern einzubeziehen. In dieser Phase werden daher vorrangig Feldstudien zur Nutzbarkeit oder Akzeptanz durchgeführt (Weiss et al. 2015; Bajones et al. 2019). Im Folgenden dienen uns die Projekte IURO und Hobbit als Fallbeispiele, um die speziellen Herausforderungen für partizipative Gestaltung von sozialen Robotern aufzuzeigen.

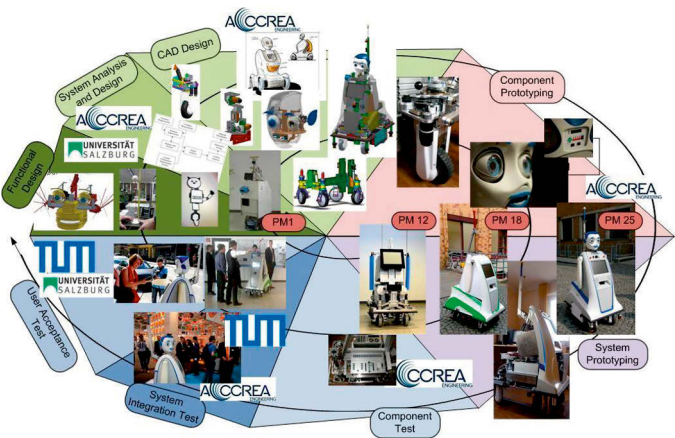
IURO und Hobbit: Zwei Roboter mit unterschiedlicher Mission

IURO steht für Interactive Urban Robot (Interaktiver Stadtroboter). Dieser Roboter wurde nach einem nutzungszentrierten Gestaltungsansatz im Rahmen eines von der EU geförderten Projekts von 2010 bis 2013 entwickelt (Weiss et al. 2015). Der Hauptanspruch des IURO-Projekts war die Entwicklung eines Roboters, der selbständig von einem Startpunkt zu einem bestimmten Ort in einer öffentlichen städtischen Umgebung navigieren kann, indem er Fußgänger*innen bittet, ihm den Weg zu erklären. Der Roboter wird also in einer öffentlichen Umgebung ohne vorherige topologische Information platziert und kann mit den Informationen, die er ausschließlich aus der Interaktion mit Menschen erhält, zu einem Ziel navigieren. Die Beteiligung von Nutzer*innen erfolgte in allen Phasen des Entwicklungsprozesses (siehe Tabelle 1) und es wurde versucht, die jeweiligen Erkenntnisse im Spiralmodell der Soft- und Hardwareentwicklung zu berücksichtigen (siehe Abbildung 2).

Tabelle 1: Nutzer*innen-Beteiligung im IURO Projekt

Phase	Design-Aspekt	Methode
Konzeptualisierung	Kontextverständnis	Beobachtungsstudien (Weiss et al. 2011b; Buchner et al. 2011)
Konzeptualisierung	Erscheinungsbild	Design-Workshop (Förster et al. 2011)
Konzeptualisierung	Kommunikation	Analyse menschlicher Dialoge (Gonsior et al. 2011; Mirnig et al. 2011)
Implementierung	Dialogmodell und Feedbackmodalitäten	Laborexperiment (Mirnig et al. 2012a)
Implementierung	Gesichtsausdrücke	Laborexperiment (Gonsior et al. 2011b)
Implementierung	Soziale Navigation	videobasierte Studien und Experimente (Carton et al. 2013)
Nutzung	Technologieakzeptanz	Feldversuch inkl. Umfragen, Interview, Verhaltensbeobachtung (Weiss et al. 2015)

Abbildung 2: Das Spiralmodell der Entwicklung des IURO Roboters (Weiss et al. 2015)



Hobbit ist der Name eines Pflegeroboters, der wie ein Hobbit in Tolkiens »Herr der Ringe Welt« im Verhältnis zu Menschen »halbhoch « sein sollte. Die Grundidee des von der EU geförderten Projekts Hobbit (2011-2015) bestand darin, einen Serviceroboter zu entwickeln, der es älteren Menschen ermöglicht, möglichst lange in ihrem eigenen Zuhause leben zu können und sich dort sicher zu fühlen. Auch dieses Projekt folgte einem nutzungszentrierten Gestaltungsansatz. Die Hauptauf-

gabe des Roboters (siehe Abbildung 3 für die verschiedenen Entwicklungsstadien) lag in der Vermittlung eines »Gefühls der Sicherheit und Unterstützung« und eines Gefühls der Selbstwirksamkeit (Glaube an die Fähigkeit, unabhängig vom Roboter noch selbst Aufgaben erledigen zu können). Folglich konzentrierten sich die Funktionen des Roboters auf die Notfallerkennung (mobiles Navigieren und Erkennen einer Unfallsituation), die Handhabung von Notfällen (beruhigende Dialoge, Kommunikation mit Angehörigen usw.) sowie auf Maßnahmen zur Sturzprophylaxe (Objekte vom Boden aufheben, Transport von Kleinteilen, Suchen und Bringen von Gegenständen und Erinnerungen an Arzttermine u.Ä.) (Bajones et al. 2018). Darüber hinaus wurden eine hohe Nutzbarkeit und Technologieakzeptanz sowie ein angemessenes Maß an Erschwinglichkeit als Schlüsselkriterien für einen breiten Erfolg des Roboters angesehen (Vincze et al. 2014).

Abbildung 3: Hobbit Roboter in verschiedenen Entwicklungsphasen: Konzeptentwürfe, erster Prototyp für Laborstudie, zweiter Prototyp wie er in Privathaushalten zum Einsatz kam (vlnr. © TU Wien)



Wie bei IURO fand auch beim Hobbit-Projekt eine Einbeziehung potenzieller Nutzer*innen in allen Phasen der Entwicklung statt (siehe Tabelle 2).

In beiden Projekten hatten potenzielle Nutzer*innen die Möglichkeit, ihre Gedanken über mobile Roboter auf der Straße oder einen Pflegeroboter für ältere Menschen zu äußern. Allerdings war der Gestaltungsrahmen durch einige Projektvorgaben bereits deutlich eingeschränkt, was die Entwicklung neuer Ideen betraf; z.B. die Vorgabe, dass die Interaktion mit dem IURO-Roboter sprachbasiert erfolgen soll oder der Hobbit-Roboter zur Sturzprävention Gegenstände vom Boden aufheben können soll. Auch hatten die Nutzer*innen nur wenig Gelegenheiten, andere für sie wichtige Themen anzusprechen. Somit fungierten sie in erster Linie als Informant*innen für das Forschungsteam und nicht als Mitarbeiter*innen, die sich aktiv am Festlegen von Zielen oder am Entscheidungsfindungsprozess beteiligten

konnten. Im Hobbit-Projekt wurde dies auch von einigen der Personen, die an verschiedenen Aktivitäten teilnahmen, kritisch angemerkt. Unter anderem erwähnte eine Teilnehmerin nach dem Laborexperiment, dass sie in einem der Workshops angeregt hatte, dass der Roboter Fensterputzen und Blumen gießen können solle, und fragte, warum dies offensichtlich niemand in der Entwicklung berücksichtigt hat. Wichtig zu erwähnen ist, dass die Beteiligung nicht vorsätzlich beschränkt wurde, sondern vielmehr aufgrund von methodischen Herausforderungen, wie wir im nächsten Abschnitt darlegen.

Tabelle 2: Nutzer*innen-Beteiligung in Hobbit

Phase	Design-Aspekt	Methode
Konzeptualisierung	Nutzungsanforderungen und Erscheinungsbild	Designworkshops in Österreich (implizite Assoziation und Fragebögen) (Körtner et al. 2012) und Schweden (Interviews) (Frennert et al. 2012)
Implementierung	Interaktionsparadigma und grundlegende Funktionalitäten	Laborexperiment mit Zielpopulation (Fischinger et al. 2014 Lammer et al. 2014)
Nutzung	Nutzungsfreundlichkeit, Nutzungsakzeptanz	Feldversuch inkl. Umfragen, Interviews und Loggingdaten (Bajones et al. 2019)

Partizipative Gestaltung in der Roboterentwicklung – Die Herausforderungen

Partizipative Methoden in der Entwicklung sozialer Roboter findet man bisher vorrangig in der Konzeptualisierungsphase und weniger, wenn es darum geht, diese Konzepte tatsächlich umzusetzen. Daher fragen wir uns: Warum ist es so schwierig, Nichtforschende an der Entwicklung sozialer Serviceroboter zu beteiligen? Im Folgenden benennen wir die besonderen Herausforderungen, die auch wir in den Projekten IURO und Hobbit erlebt haben, und reflektieren, weshalb eher ein »Nutzer*innen als Informant*innen-Paradigma« als ein gestaltungsoffenes »Beteiligungs-Paradigma« vorherrscht.

Die grundlegende Herausforderung für die partizipative Gestaltung in der Technologieentwicklung besteht darin, allen Teilnehmenden ein ausreichendes technisches Grundverständnis zu vermitteln, damit sie sich aktiv am Ausgestaltungsprozess beteiligen können. Frühere Arbeiten (z.B. Weiss et al. 2011a) haben gezeigt, dass die Bewertung der erlebten Mensch-Roboter-Interaktion durch den Grad der Beteiligung am Entwicklungsprozess beeinflusst wird. Die

Bewertungen sozialer Serviceroboter durch Nichtforschende mit mangelndem Technologieverständnis unterscheiden sich von jener durch Forscher*innen und Entwickler*innen, deren Bewertungen von ihren wissenschaftlichen Paradigmen und impliziten Roboter-Narrativen gefärbt sind.

Die Funktionsweisen von Technologien, die künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen beinhalten, sind oftmals besonders schwer nachzuvollziehen. Selbst erfahrene Forschende in diesen Bereichen können nicht vorhersehen, wie eine bestimmte algorithmische Lösung das Roboterverhalten beeinflussen wird. Aus KI und maschinellem Lernen erfolgt immer, dass eine Technologie sich im Zuge ihrer Nutzung verändert und an Umgebungsfaktoren anpasst; z.B. selbstfahrende Autos, die Objekte und die angemessene Reaktion auf diese im Straßenverkehr erst erlernen müssen. Ein und derselbe Staubsaugerroboter wird beispielsweise in zwei unterschiedlichen Haushalten unterschiedliche Bewegungsmuster erlernen. Teilnehmende eines Entwicklungsprojektes können Konzepte und deren Umsetzung allerdings nur während des Projektzeitrahmens bewerten. Evaluierungen stellen in diesem Sinne nie eine finale Bewertung eines sozialen Serviceroboters dar. Eine gestaltungsoffene Teilhabe an der Entwicklung muss dementsprechend Möglichkeiten bieten, Zukunftsszenarien zu diskutieren und zu bewerten, um auf deren Grundlage zu Lösungen zu gelangen, die möglichst wenig unerwünschte und unvorhersehbare Nebeneffekte mit sich bringen. Technologien auf der Basis von maschinellem Lernen und KI müssen darüber hinaus trainiert werden, d.h. den Robotern müssen immer wieder Umgebungen, Gegenstände, Situationen gezeigt werden, damit sie dadurch lernen. Hierbei ist es schwer die Grenze zu ziehen, wann Nutzer*innen das System aktiv trainieren oder lediglich damit passiv interagieren.

Um eine gestaltungsoffene, demokratische Beteiligung in der Mensch-Roboter-Interaktionsforschung zu diskutieren, setzen wir uns im Weiteren mit drei spezifisch sozio-technischen Herausforderungen auseinander:

- (1) Das Narrativ des Serviceroboters bringt sehr viel »Gepäck« mit sich, sowohl für potenzielle Nutzer*innen als auch für Forschende und Entwickler*innen.
- (2) Ein Machtgleichgewicht zwischen Interessengruppen erfordert nicht nur, ein breiteres Spektrum an Akteur*innen einzubinden, sondern auch Methoden zu entwickeln, die alle befähigt Gestaltungsentscheidungen mitzutreffen.
- (3) Der Roboter als autonomer, lernender Agent im sozio-technischen Netzwerk muss stärkere Berücksichtigung finden. Da sein Verhalten sich mit der Zeit verändert, ist es nicht vollständig vorhersehbar und kann nicht bis ins letzte Detail geplant und gestaltet werden.

Wir argumentieren, dass die erste Herausforderung mit den derzeitigen Methoden der partizipativen Gestaltung schon sehr gut adressiert werden kann. Die zweite und dritte Herausforderung bedarf unserer Meinung nach neuer Methoden und gesamtheitlicherer Ansätze, um eine aktive Teilhabe zu ermöglichen.

Das Roboter-Narrativ

Damit Nutzer*innen sich konstruktiv am Entwurfsprozess sozialer Serviceroboter beteiligen können, müssen sie ausreichend über die technologischen Möglichkeiten und Limitierungen Bescheid wissen. Die erste Hürde stellt bereits der Begriff Roboter an sich dar. Selbst Robotiker*innen sind sich nicht darüber einig, was einen Roboter ausmacht. Unter Forschenden und Entwickler*innen hört man oft die Aussage »Ich erkenne einen Roboter, wenn ich einen sehe«. Dennoch haben Forschende aus den Bereichen Robotik, KI und Mensch-Roboter-Interaktion in Entwicklungsprojekten einen ähnlichen Kenntnisstand über die einem interaktiven/autonomen System zugrunde liegenden Technologien, wie z.B. maschinelles Sehen, Verhaltenskoordination, Lokalisierung und Kartierung etc., der anderen Interessengruppen fehlt.

Science-Fiction prägt Erwartungshaltungen

Für potenzielle Nutzer*innen hingegen dienen oft mediale Darstellungen in der Populärkultur als Ausgangsbasis (Feil-Seifer and Mataric 2009; Kriz et al. 2010; Bruckenberger et al. 2013), um Erwartungen an Roboter zu formulieren. Generell sind Science-Fiction-Filme oft von der realen Wissenschaft inspiriert und haben wiederum Wissenschaftler*innen dazu inspiriert, mit den fiktionalen Erfindungen Schritt halten zu wollen (Lorencik et al. 2013). Dennoch sind sie kein Abbild des aktuellen Stands der Technik und können somit unrealistische Erwartungshaltungen für Entwicklungsprojekte erzeugen.

Im Rahmen des IURO-Projekts (Bruckenberger et al. 2013), zeigten drei verschiedene Studien, dass die mediale Darstellung fiktiver Roboter nicht nur die Erwartungen an den realen IURO-Roboter erhöhten, sondern dass die Teilnehmenden aufgrund dieser Darstellungen fraglos von einer zukünftigen Gesellschaft mit Robotern ausgingen. Science-Fiction erschwerte also einerseits die Akzeptanz des konkreten IURO-Roboters aufgrund von übersteigerten Erwartungshaltungen, ebnete aber andererseits auch den Weg für eine grundsätzliche Akzeptanz für den zukünftigen Einsatz derartiger Serviceroboter. Diese Studien verdeutlichen somit, dass es wichtig ist, potenzielle Nutzer*innen zu Beginn des Entwicklungsprozesses mit moderner Robotertechnologie vertraut zu machen, um die Science-Fiction-Voreingenommenheit zu reduzieren. Feldstudien mit dem IURO-Roboter konnten

darüber hinaus zeigen, dass die direkte Interaktion mit dem Roboter zu einer positiveren Gesamteinstellung gegenüber Robotern beitragen konnte (Mirnig et al. 2012b). Ähnliche Erkenntnisse wurden auch mit dem Roboter-Hund AIBO generiert (Bartneck et al. 2007).

Nicht nur Science-Fiction, sondern auch der unbewusste Vergleich mit Menschen kann zu unrealistischen Erwartungen an soziale Serviceroboter führen. Im Gegensatz zu Robotern, können Menschen komplexere Fähigkeiten nur auf Basis von bereits erworbenen Fähigkeiten erlernen. Ein Roboter hingegen kann eine für den Menschen sehr anspruchsvolle Tätigkeit autonom ausführen, ohne vorab alle für Menschen notwendigen Grundfähigkeiten erworben zu haben (Fischer 2006), wie z.B. einen Dialog führen zu können, ohne die Grundlagen des Spracherwerbs gelernt zu haben. Im IURO-Projekt konnten wir Anmerkungen von Teilnehmer*innen der Feldstudien identifizieren, die ein ähnliches Unverständnis über das Fähigkeitsspektrum des Roboters zum Ausdruck brachten, wie z.B.: »Wenn der Roboter autonom von A nach B navigieren kann, wie kann es dann sein, dass er nicht weiß, wohin er fahren soll?« In der Vorstellung der Teilnehmenden war die autonome Navigation die komplexere Fähigkeit, als das Navigationsziel zu erkennen. In ähnlicher Weise war es für die Teilnehmer*innen der Haushaltsstudie im Hobbit-Projekt schwer nachzuvollziehen, warum der Roboter potenziell jedes beliebige Objekt vom Boden aufheben kann, aber nur zuvor gelernte Objekte autonom finden und greifen kann.

Der Begriff Roboter

Die Beteiligung an der Entwicklung von Gestaltungsideen für »Technologien der Zukunft« setzt auch eine gewisse Kompetenz aller Teilnehmenden voraus, sich technisch machbare Zukunftsszenarien vorzustellen und die Vorschläge anderer Teilnehmenden zu verstehen und zu würdigen. Klassische Methoden der partizipativen Gestaltung wie Exkursionen (z.B. zu Robotikunternehmen), Szenarientwicklung und Zukunftswerkstätten können dazu eingesetzt werden. Wenn das Ziel jedoch ist, Zukunftsszenarien für Roboter zu entwickeln, bringt schon der Begriff einige Schwierigkeiten mit sich. Im Hobbit-Projekt wurde daher ganz bewusst der Begriff »Roboter« in den Konzeptualisierungsworkshops vermieden (Huber et al. 2014). Wir wollten Ideen für das Konzept des Roboters durch Assoziationsverfahren generieren, die nur den Begriff »Helfer*in« verwendeten, um technologisch gefärbte Assoziationen (z.B. durch Science-Fiction) zu vermeiden und den Gestaltungsspielraum zu Beginn möglichst offen zu halten. Handlungsleitend war die Annahme, dass es Senior*innen leichter fallen würde, Überlegungen anzustellen, sich eine*n perfekte*n Helfer*in für das Zuhause vorzustellen als einen Roboter, da so Fragen der technologischen Machbarkeit zunächst ausgeklammert waren. Allerdings eröffneten wir mit diesem Ansatz auch einen technologisch unrealistischen

Gestaltungsraum für das Projekt, der dann wiederum in technologische Machbarkeit hätte übersetzt bzw. reduziert werden müssen. So sagte eine Teilnehmerin im bereits zitierten Beispiel in der Konzeptualisierungsphase: »Dieser Helfer wird meine Fenster putzen und meine Blumen gießen müssen«. Diese Fähigkeiten sind technisch allerdings in einem dreijährigen Entwicklungsprozess kaum umzusetzen. Als die Teilnehmerin schließlich an einer Laborstudie mit dem ersten Prototypen teilnahm, war ihre Enttäuschung über die tatsächlichen Fähigkeiten des Roboters groß.

Situationen wie diese, die sich auch negativ auf die wahrgenommenen Teilhabe der Nichtforschenden in einem Entwicklungsprozess auswirken, können vermieden werden, wenn alle Teilnehmenden ein grundlegendes Verständnis von den technischen Möglichkeiten aktueller Serviceroboter haben. Ein typischer Ansatz, um das zu erreichen, ist es, Bilder oder Videos von Robotern als Diskussionsanstoß zu zeigen. Im IURO-Projekt wurde dieser Ansatz gewählt, um den Teilnehmenden eines Workshops zur optischen Gestaltung des Roboters eine Vorstellung davon zu vermitteln, wie Roboter mit ähnlichen Funktionalitäten aktuell aussehen (Förster et al. 2011). In ähnlicher Art haben auch Lee et al. (2017) in Workshops mit Senior*innen Videos von existierenden Robotersystemen für die Altenpflege gezeigt, um zu lernen, wie ältere Erwachsene diese Systeme interpretieren und bewerten.

Wizard-of-Oz – Von der bewussten Täuschung in Laborstudien

Prototypische Technologien werden in Laborstudien häufig mit dem sogenannten Wizard-of-Oz-Verfahren (WoZ, nach dem gleichnamigen Film ›Der Zauberer von Oz‹ 1939) getestet. In diesem Verfahren sitzt ein ›Wizard‹ in einem separaten Raum, während Proband*innen mit dem Roboter interagieren. Der ›Wizard‹ startet und beendet Interaktionssequenzen, die zwischen Roboter und Mensch ausgeführt werden. Proband*innen bleiben dabei in dem Glauben, das System sei voll autonom. Ursprünglich wurde diese Art von Setting für Studien zu sprachgesteuerten Systemen entwickelt, als diese noch vorrangig prototypisch ohne KI umgesetzt wurden. Für Laborstudien zur Mensch-Roboter-Interaktion bietet WoZ den Vorteil, dass Studien durchgeführt werden können bevor alle Bestandteile technisch funktionsfähig sind, die für eine autonome Interaktion notwendig wären. Des Weiteren ist es möglich, Aspekte zu testen, die eventuell technisch noch gar nicht autonom realisierbar sind. Vor allem aber kann eine standardisierte Laborsituation erzeugt werden, in der ein Roboter immer dieselben Aktionen ferngesteuert ausführt. Der Anteil des Roboterhaltens, der während der Studie gesteuert wird und nicht autonom läuft, kann dabei stark variieren (Riek 2012). Unter MRI- Forschenden gibt es ein Bewusstsein dafür, dass diese Steuerung eine Illusion von Roboterintelligenz bedeutet, die auch ethische Risiken birgt. Unter anderem kann WoZ unangemessene Erwartungen an Roboter bei Studienteilnehmen-

den noch weiter verstärken (Riek and Howard 2014). Außerdem sind Ergebnisse aus WoZ-Studien nicht immer direkt übertragbar in Situationen außerhalb des Labors. Im IURO-Projekt wurde z.B. in einer WoZ-Laborstudie festgestellt, dass die Teilnehmenden die Information des »Pointers« am Kopf des Roboters (siehe Abbildung 6) als hilfreich für Wegbeschreibungen empfanden (Mirnig et al. 2012a). Im späteren Feldversuch konnte jedoch kein einziger Blick von Teilnehmenden auf den »Pointer« festgestellt werden und niemand erwähnte den »Pointer« in den Interviews nach der Interaktion (Weiss et al. 2015). Die Entscheidung, den »Pointer« im finalen Roboterdesign beizubehalten, wurde demnach durch eine falsche Erwartungshaltung, generiert durch eine WoZ-Studie, motiviert.

Machtausgleich zwischen Interessengruppen – Ein Balanceakt

Die traditionelle Form der Beteiligung potenzieller Nutzer*innen an der Entwicklung sozialer Serviceroboter als Informant*innen gibt diesen nicht die Möglichkeit, ihren Wissensstand während der Projektlaufzeit an den der Forschenden anzupassen (und vice versa). Dagegen werden Forschende im Zuge der Interaktion mit dem Roboter immer kompetenter und fühlen sich in der Folge eher dazu befähigt, Gestaltungsentscheidungen zu treffen. Jedoch fehlen ihnen die Perspektiven potenzieller Nutzer*innen z.B. im Hinblick auf die Alltagstauglichkeit eines Roboters; nichtsdestotrotz betrachten sie ihr Wissen als überlegen. Dies wirkt sich meist auf Entscheidungen aus, insbesondere wenn Erkenntnisse aus der Konzeptualisierungs- und Prototyping-Phase auf die Systemintegration übertragen werden.

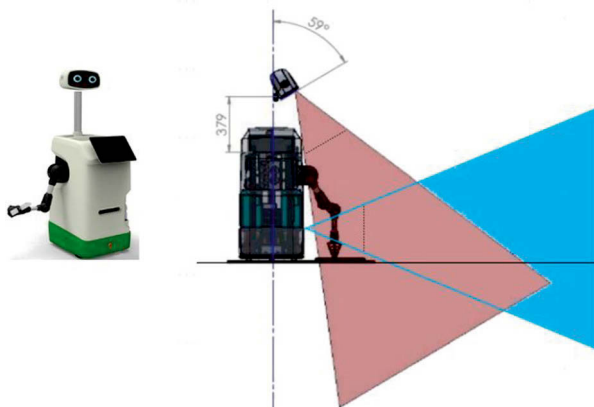
Die Dominanz von Hardware-Entscheidungen

Das persönliche Roboter-Narrativ von Forschenden und Entwickler*innen und ihre Interpretationen der Beiträge anderer Interessengruppen im Gestaltungsprozess haben einen starken Einfluss auf die tatsächliche Entwicklung eines Roboters. Bei dessen Konstruktion müssen fundamentale Entscheidungen getroffen werden, die den weiteren Gestaltungsraum stark einschränken, z.B. mit welcher Sensorik der Roboter ausgestattet wird. Da Nutzer*innen kaum in diese Entscheidungen involviert werden, fehlt ihnen später bei der Teilnahme an Studien das Verständnis für die Funktionsweise des Roboters. Des Weiteren ist anzumerken, dass alle Konsequenzen, die diese Entscheidungen für die Mensch-Roboter-Interaktion mit sich bringen, auch nicht von den Forschenden und Entwickler*innen vorhergesagt werden können, sondern vieles auf wiederholten Versuchsverfahren basiert und während der Entwicklung ausgetestet wird. Der Prozess, wann und wie Entscheidungen getroffen werden, wird selten in den wissenschaftlichen Publikationen the-

matisiert und dokumentiert; im Rahmen der hier diskutierten Fallbeispiele wurden sie aber immer von Forschenden und Entwickler*innen und ohne Beteiligung anderer Interessengruppen getroffen. Das Phänomen, dass Designentscheidungen oftmals nicht bewusst getroffen werden, sondern aus dem Prozess heraus entstehen, ist nicht neu in der Technologieentwicklung: »much of the value of prototypes as carriers of knowledge can be implicit or hidden. They embody solutions, but the problems they solve may not be recognized« (Stappers 2007: 77).

Im Hobbit-Projekt wurde beispielsweise eine Vielzahl von Entscheidungen für die prototypische Umsetzung des Roboters von zwei Prämissen geleitet: (1) die Gesamtkosten des Roboters sollten niedrig bleiben; somit kamen nur bestimmte Sensoren in Frage, die Limitierungen mit sich brachten, (2) die Höhe des Roboters sollte so gestaltet sein, dass eine Interaktion via Touchscreen sowohl im Stehen als auch im Sitzen komfortabel möglich ist. Die Gestaltungsideen, die zu Beginn des Projekts in partizipativen Designworkshops von potenziellen Nutzer*innen generiert wurden, gerieten während des Prozesses immer mehr in Vergessenheit und wurden als »nicht vereinbar mit der technischen Machbarkeit« eingestuft und daher nicht weiter berücksichtigt (siehe Abbildung 4).

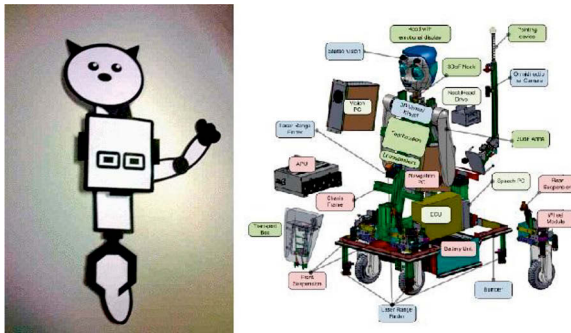
Abbildung 4: Hobbit Sensoren Set-up: Die Höhe des Kopfes und der Neigungswinkel, sowie die Breite des Torsos wurden maßgeblich durch die Sensorabdeckung bestimmt. (de la Puente et al. 2014)



Auch im IURO-Projekt wurden die Gestaltungsideen, die mit potenziellen Nutzer*innen generiert worden waren (Förster et al. 2011), kaum auf den Prototypenbau angewendet. In einem Designworkshop zu Beginn des Projekts wurde von den Teilnehmenden vor allem hinterfragt, ob der Roboter eine funktionale oder men-

schenähnliche Gestalt aufweisen sollte. Es zeigte sich eine Tendenz zur Bevorzugung eines nicht-anthropomorphen Designs. Die Teilnehmenden wünschten sich einen Roboter mit einem tierähnlichen Kopf und nur einem Arm zur Objektmanipulation (siehe Abbildung 5). Die Design-Entscheidungen für den humanoiden Kopf, die vierrädrige Plattform und die beiden gummiartigen »Dummyarme« wurden jedoch ausschließlich von Forschenden und Entwickler*innen getroffen, oftmals mit dem Argument, diese Entscheidungen seien notwendig, um die Funktionalität des Roboters zu gewährleisten (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Links: Ergebnis des IURO Designworkshops (Förster et al. 2011); rechts: IURO Hardware Set-up (Weiss et al. 2015)

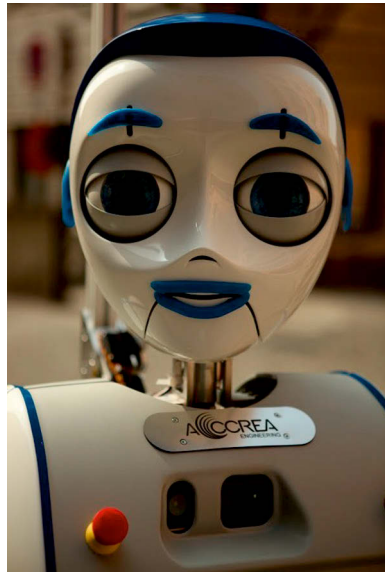
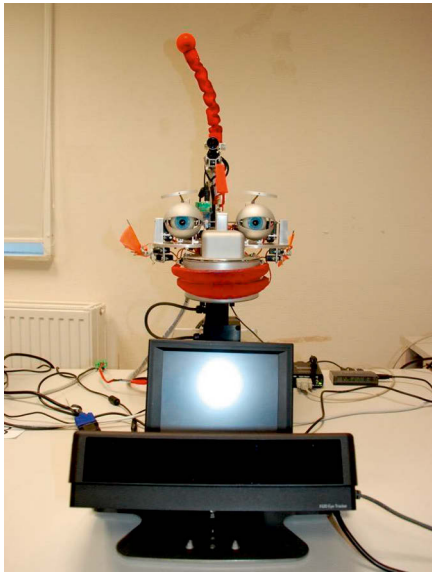


Die fehlende Beteiligung von potenziellen Nutzer*innen in der Umsetzungsphase führte auch in diesem Projekt dazu, dass manche Detailspekte, wie der Wunsch nach einem tierähnlichen Kopf verloren gingen. So wurde zum Beispiel zu Beginn der Kopf des IURO-Roboters ohne weitere kritische Hinterfragung auf Basis eines schon existierenden prototypischen Kopfes mit tierähnlichen Merkmalen entwickelt (EDDIE, siehe Abbildung 6, links). Als jedoch die Entscheidung getroffen wurde, für den finalen Prototypen eine schönere Hülle zu schaffen, ging diese frühere Designentscheidung verloren – vielleicht aufgrund der impliziten Vorstellung der Entwickler*innen, dass Serviceroboter humanoide Gestaltungsmerkmale aufweisen – und ein anthropomorpher Kopf wurde gestaltet (IURO, siehe Abbildung 6, rechts). In ähnlicher Weise wurden auch andere Entscheidungen bei der Konstruktion der Roboterplattform letztlich ausschließlich von den Forschenden und Entwickler*innen getroffen, wie es von den Forschenden auch implizit in einer Publikation dargestellt wurde:

»As the robot did not need to be able to grasp or manipulate anything we decided against equipping it with an arm with a pointing hand. Thereby, we wanted to avoid wrong expectations if the robot had a hand, but would not be able to grasp

with it. Instead, we used a pointer, mounted on the head of the robot, for indicating directions.» (Weiss et al. 2015: 45f.)

Abbildung 6: links: EDDIE Kopf mit »Pointer« (Mirnig et al. 2012a), rechts: IURO Kopf des finalen Prototypen © 2013 Accrea.

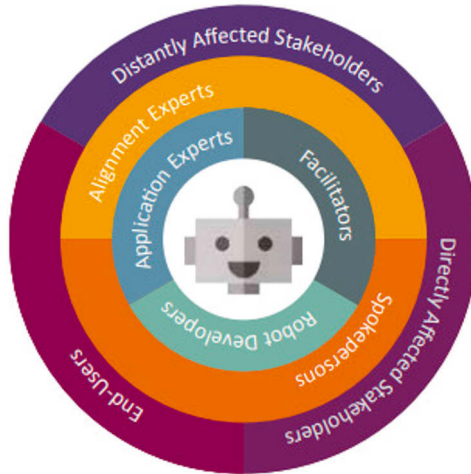


Technische Perspektiven allein machen keinen Serviceroboter

Die Entwicklung sozialer Serviceroboter, die erfolgreich eingesetzt werden können sollen, braucht mehr Blickwinkel als nur den technischen. In einem nutzungszentrierten Prozess werden typischerweise primäre Nutzer*innen einbezogen (Payr et al. 2015). Daneben gibt es jedoch sehr viel mehr relevante Interessengruppen, die einen wertvollen Beitrag zur Entwicklung sozialer Serviceroboter leisten könnten. Im kürzlich abgeschlossenen EU-Projekt Responsible Ethical Learning With Robotics (REELER) wurde das sogenannte *Human-Proximity-Model* erarbeitet. Dieses Modell basiert auf ethnografischen Studien (Hasse et al. 2018) und listet drei relevante Interessengruppen auf, die aktiv an der Entwicklung von Servicerobotern beteiligt werden sollten (siehe Abbildung 7).

Das Zentrum bilden hier die Entwickler*innen der Roboter. Diese setzen sich zusammen aus Personen mit technischem Fachwissen, deren Aufgabe es ist, Roboter ganz oder teilweise zu entwickeln (z.B. Maschinenbauer*innen, Informa-

Abbildung 7: Das Human-Robot-Proximity-Model entwickelt im REELER Projekt (<https://reeler.eu>, 16.12.20)



tiker*innen, Industriedesigner*innen), sowie Entscheidungsträger*innen, deren Rolle darin besteht, den Rahmen für die Entwicklung festzulegen (z.B. Förderinstitutionen, Regulierungsbehörden), aber auch Personen, die auf andere Weise die Finanzierung und den Marktzugang erleichtern (z.B. Anwalt*innen, Investor*innen, Marketing- oder Public-Relations-Personen), und schließlich Personen mit Expertise im Anwendungsbereich (z.B. ein Bauunternehmen oder Bauträger für einen Industrieroboter oder ein*e Molkereibesitzer*in für einen Melkroboter).

Der mittlere Kreis besteht aus Vermittler*innen zwischen Entwickler*innen und (direkten und indirekten) Anwender*innen von Robotern. Hier wird weiter unterschieden zwischen Vermittler*innen, die im Namen von Anwender*innen sprechen (z.B. das Pflegepersonal, das im Namen der Patient*innen spricht) und Vermittler*innen, die im Namen von Entwickler*innen sprechen und meist einen interdisziplinären, sozialwissenschaftlich geprägten Hintergrund in Mensch-Roboter-Interaktionsforschung haben.

Den äußersten Kreis des Modells bilden direkt oder indirekt betroffene Anwender*innen, also Personen, die den Roboter direkt nutzen (bedienen oder mit ihm interagieren) werden (z.B. Patient*innen, die einen Rehabilitationsroboter benutzen) oder die mit dem Roboter indirekt in Berührung kommen und von ihm betroffen sind (z.B. Familienmitglieder, die Patient*innen bei der Benutzung eines Rehabilitationsroboters helfen, oder Pflegepersonal, das mit einem Reinigungsroboter interagiert). Indirekt betroffen können auch Personen sein, die den Roboter

wahrscheinlich nie direkt bedienen, benutzen oder mit ihm interagieren werden, aber dennoch von ihm betroffen sein können (z.B. Physiotherapeuten, deren Tätigkeitsprofil sich durch den Roboter ändert).

Eine derart breit angelegte Beteiligung ist jedoch selten in Entwicklungsprojekten. Im IURO-Projekt wurden Interessengruppen über direkte Anwender*innen hinaus gar nicht in Betracht gezogen. Die grundlegende Herausforderung bestand schon in der Definition der direkten Anwender*innen, da der Projektanspruch darin bestand, einen Roboter für »potenziell jede*n Passant*in auf der Straße« (Weiss et al. 2015) zu entwickeln. Diese Definition ist eine immer wiederkehrende Herausforderung für die Entwicklung von Servicerobotern, die als Führer*in von Besucher*innen (Triebel et al. 2016) oder Tourist*innen (Karreman et al. 2012) oder als Empfangs- und Informationsschalterroboter (Lee et al. 2010) gedacht sind. Im IURO-Projekt führte dies zu der Entscheidung, dass alle Proband*innen ohne Vorerfahrung in Robotik für eine Einbindung als Nutzer*innen geeignet sind. Workshops und andere Anforderungsstudien können jedoch, realistisch betrachtet, diese Bandbreite an Vielfalt nicht abbilden. Vielmehr wurde aus der Not eine Tugend gemacht und eine willkürliche Stichprobe in der Münchener Fußgängerzone (wo der Roboter final evaluiert wurde) als angemessen betrachtet. Um die Schwierigkeit der Definition von direkten Anwender*innen abzufedern, wurde früh im Projekt entschieden, mit Personas (Nutzermodelle, die Personen einer Zielgruppe in ihren Merkmalen charakterisieren) und Szenarien zu arbeiten (Zlotowski et al. 2011), die basierend auf vorherigen Studiendaten entwickelt wurden, aber von den Annahmen und Interpretationen der Forschenden geprägt und nicht gemeinsam mit den Nutzer*innen entworfen wurden.

Im Hobbit-Projekt wurde bereits eine größere Bandbreite an Interessengruppen involviert. Es wurden sowohl direkte und indirekte Anwender*innen beteiligt als auch Anwendungsvermittler*innen aus der Gerontologie. Es wurden ebenso Entscheidungen durch Standardisierungs- und Zertifizierungsaspekte beeinflusst, wie z.B. der Verzicht auf die Integration einer Gehhilfe (wie eine Rollatorfunktion oder einen intelligenten Spazierstock), da dies den Roboter zu einem Medizinprodukt gemacht hätte, das höhere Standardisierungsanforderungen hätte erfüllen müssen.

Ein Akteur, der unserer Meinung nach noch viel zu wenig Beachtung in partizipativen Methoden der Mensch-Roboter-Interaktionsforschung erfährt, obwohl er einen maßgeblichen Teil des sozio-technischen Gefüges darstellt, ist der Roboter selbst als nichtmenschlicher, lernender Agent. In der Forschungsgemeinschaft des partizipativen Design wird KI bereits als eine neue Art von Design-Material angesehen, das gestaltet werden kann (Holmquist 2017). Ähnlich wie Holz, das verarbeitet wird, kann sich auch KI nach »Fertigstellung« eines Artefakts weiter verändern. Da wir davon ausgehen, dass Roboter ihre soziale Nützlichkeit aus der Interaktion mit Nutzer*innen und deren sozialem Kontext generieren, sollten sie unserem Ver-

ständnis nach als nichtmenschliche Akteure in einem wechselseitigen Lernprozess intensiver mitgedacht werden, wie wir später noch ausführen werden.

Der adaptive Roboter – Das sich immer weiter entwickelnde System

Viele Probleme und Anwendungen von Servicerobotern sind zum Zeitpunkt ihrer Konstruktion nicht vollständig vorhersehbar und ergeben sich auch durch die Interaktion mit Nutzer*innen. Ein adaptives System kann demnach nie vollständig ausgestaltet sein; es bleibt variabel. In der Forschungsgemeinschaft des partizipativen Designs spricht man in diesem Zusammenhang von der Notwendigkeit von Meta-Design (Fischer und Giaccardi 2006). Dazu versucht man in interdisziplinären Teams ein ganzheitliches sozio-technisches Umfeld zu entwickeln, in dem Menschen Systeme während ihrer Nutzung weiter gestalten können, anstatt kontextlose Technologien zu konzeptionieren.

Soziale Serviceroboter müssen als offene Systeme gedacht werden, die von ihren Nutzer*innen modifiziert werden können, da sie sich an den jeweiligen Interaktionskontext anpassen müssen. Dafür müssen zwei unterschiedliche Zeitachsen berücksichtigt werden: der Lebenszyklus eines einzelnen Roboters (ontogenetisch) und die aufeinander folgenden Lebenszyklen verschiedener Generationen von Robotermodellen/-prototypen (phylogenetisch) (McGinn 2019). Ontogenetische Veränderungen der Interaktion (aufgrund von maschinellem Lernen, Verbesserung der Software, Hinzufügen von Hardwaremodulen usw.) sind eine Herausforderung, die bisher kaum in Roboterprojekten bedacht wurde. Bisher konzentrierte sich die Beteiligung von Nutzer*innen hauptsächlich auf die Erforschung der Rollen, die Roboter in Zukunft spielen könnten (Huber et al. 2014) und aus dieser Perspektive auf Aspekte des Erscheinungsbildes (Förster et al. 2011), der multimodalen Kommunikation (Mirnig et al. 2011) oder sozialer Navigationsstrategien (Carton et al. 2013), ohne die Adaptivität eines lernenden Roboters zu diskutieren oder in der Gestaltung zu berücksichtigen. In Zukunft wird es jedoch notwendig sein sicherzustellen, dass das Erscheinungsbild dem Verhaltensrepertoire und den Funktionalitäten des Roboters entspricht und die Zeitachsen der weiteren Entwicklung zu berücksichtigen, damit sich die kognitiven und interaktiven Fähigkeiten von Robotern im Laufe der Zeit für die Nutzer*innen nachvollziehbar anpassen (Tapus et al. 2007).

Roboter lernen, wenn sie genutzt werden

Im IURO-Projekt wurde der Aspekt des Lernens von Forschenden nur im Hinblick darauf berücksichtigt, dass der Roboter von Fußgänger*innen »lernt«, wie er im öffentlichen Raum navigieren kann, und dass für den Algorithmus wertvolle und wertlose menschliche Angaben (z.B. widersprüchliche Wegbeschreibungen) iden-

tifiziert werden. Nichts davon wurde jedoch mit Anwender*innen diskutiert, die sich dieser Aspekte höchstwahrscheinlich nicht bewusst waren. Die Nutzer*innen wurden während der Integration der ersten Prototypen sogar eher als ›Sensorrauschen‹ und damit nicht als Partner*innen in der Interaktion, sondern als ambivalente Eingabequelle betrachtet.

Im Hobbit-Projekt haben Forschende und Entwickler*innen die notwendige Adaptivität des Roboters durch Parameter definiert: Je nach Einstellung dieser Parameter war Hobbit eher passiv oder proaktiv, indem er Nutzer*innen z.B. nach längeren Pausen aufforderte, wieder in Interaktion zu treten. Diese Parameter wurden allerdings nicht gelernt, sondern von Entwickler*innen vorab definiert. So sollte der Roboter sich z.B. nach einer Untätigkeit von »x« Stunden proaktiv nähern und eine der Unterhaltungsfunktionen vorschlagen (Bajones et al. 2018). Technisch gesehen war es bereits eine Herausforderung, diese Parameter in das autonome Roboterverhalten zu integrieren. Wie sich diese Parametrisierung auf das tatsächliche Roboterverhalten in den Haushaltsstudien auswirken würde, war auch für die Entwickler*innen nicht vorhersehbar. Doch auch dieser Parameter-Ansatz hätte mit Nutzer*innen gemeinschaftlich definiert werden können, um das Roboterverhalten schon vor der Durchführung von Haushaltsstudien transparenter zu machen.

Autonomes Roboterverhalten als »Blackbox«

Die Unvorhersagbarkeit des tatsächlichen Verhaltens eines autonomen Serviceroboters stellt eine der größten Herausforderungen dar. Selbst für Entwickler*innen ist es aufgrund der steigenden Komplexität nicht mehr möglich, genau zu erklären, warum und wie eine KI das tut, was sie gerade tut. Daher ist es umso relevanter, Nutzer*innen die Möglichkeit zur Kontrolle über das System zu geben (Holmquist 2017). Um aktive Teilhabe im Entwicklungsprozess überhaupt möglich zu machen, müssen Nutzer*innen verstehen, wie die Maschine lernt, wie sie trainiert wird und welche Auswirkungen dieses Training auf die Interaktion hat. Ein Interaktionsparadigma in der Mensch-Roboter-Interaktion ist das *Learning-by-demonstration* (Weiss et al. 2009) oder *Learning-by-imitation* (Alissandrakis et al. 2011). Dabei leitet der Roboter eine Strategie ab, die auf einer oder mehreren Demonstrationen von Nutzer*innen basiert (Argall et al. 2009). Dieser Ansatz wird von Robotiker*innen als sehr geeignet angesehen, um der Notwendigkeit Rechnung zu tragen, dass zukünftige Serviceroboter ständig von ihrer (sozialen) Umgebung lernen und sich anpassen müssen.

Die Herausforderung für partizipative Entwicklungsprojekte im Hinblick auf die Adaptivität des Roboters besteht daher darin, dass das Erscheinungsbild und das Verhalten des Roboters im Entwicklungsprozess zwar nur für die aktuelle Version ausgestaltet werden kann, aber dabei der gesamte Lebenszyklus mitge-

dacht werden muss, um eine langfristige Nutzung überhaupt zu ermöglichen. Eine gestaltungsoffene und -sensible Technologieentwicklung, in der Menschen, Sozialsysteme und technologische Entwicklung als zusammenhängend und sich wechselseitig bedingend betrachtet werden, wird in der Mensch-Roboter-Interaktionsforschung schon länger gefordert (Šabanović 2010), allerdings ist ihre Umsetzung immer noch sehr anspruchsvoll und auch ressourcenintensiv. Im Folgenden stellen wir unsere Ideen für mehr aktive Beteiligung und gegenseitiges Lernen aller Teilnehmenden in Roboterprojekten dar und geben Handlungsempfehlungen, wie diese zukünftig zur Anwendung kommen können.

Mehr partizipative Teilhabe in der Roboterentwicklung – Nur wie?

Den Kern einer gestaltungsoffenen Beteiligung von potenziellen Nutzer*innen und weiteren Interessengruppen an der Technologieentwicklung bildet das gemeinsame Lernen sowie der Abbau sozialer Hierarchien zwischen den beteiligten Gruppen (Bannon and Ehn 2012). Die Idee ist eine Verschiebung vom Modell der Nutzer*innen als Informant*innen, zu einer aktiven und maßgeblichen Beteiligung. In jüngster Zeit finden wir vermehrt partizipatorische Ansätze auch in der Roboterentwicklung (Lee et al. 2017); die Schwierigkeit dabei stellt allerdings die gleichberechtigte Beteiligung in allen Entwicklungsphasen dar, wie wir es auch in unseren eigenen Projekten feststellen konnten.

In der Konzeptualisierungsphase des Hobbit-Projekts wurde versucht, in Designworkshops mit älteren Erwachsenen zu lernen, was sinnvolle Nutzungsmöglichkeiten für den Roboter sein könnten (Körtner et al. 2012; Frennert et al. 2012). Allerdings ging die aktive Beteiligung der Senior*innen in den späteren Entwicklungsphasen immer weiter zurück bis sie nur noch Proband*innen in Labor- und Feldstudien waren. Wir gehen wie Lee et al. (2017) davon aus, dass die aktive Mitgestaltungsmöglichkeit die Chancen für einen erfolgreichen Adoptionsprozess sozialer Serviceroboter in unserem Alltag erhöht, da die entwickelten Lösungen eher als sinnvoll und nützlich wahrgenommen werden. Forschungsprojekte, die komplexe soziale Serviceroboter hervorbrachten, wie IURO, Hobbit, SPENCER und FROG konzentrierten sich in erster Linie darauf, technische Anforderungen zu erfüllen, damit diese Roboter in menschlichen Umgebungen autonom funktionieren können. Nutzer*innen werden dabei als wertvolle Informant*innen betrachtet, um dies zu ermöglichen. Dennoch kommt keiner dieser Roboter (oder ähnliche kommerzielle Abwandlungen davon) bisher tatsächlich zum Einsatz. Das liegt unseres Erachtens nicht nur daran, dass diese Roboter noch zu kostspielig für den Alltag oder technisch nicht robust genug sind, sondern auch daran, dass es ihnen an wahrgenommener Nützlichkeit fehlt.

Mit welchen Beteiligungsmethoden kann es also besser gelingen, als nützlich bewertete soziale Serviceroboter zu entwickeln? Unserer Analyse nach müssen da-

zu drei Kernkriterien erfüllt sein: (1) ein ausbalanciertes Kräfteverhältnis zwischen Forschenden, Nutzer*innen und weiteren Interessengruppen, (2) die stärkere Berücksichtigung von Robotern als nichtmenschliche lernende Agenten im Gestaltungsprozess, (3) die Betrachtung der Sozialität eines Roboters als Ergebnis von Interaktion, die nicht durch Schlüsselreize determiniert werden. Basierend darauf geben wir im Folgenden Handlungsempfehlungen für (1) aktuelle Entwicklungsprojekte und (2) für Projekte, die in Zukunft mit fortgeschrittener technischer Realisierbarkeit konzeptualisiert werden könnten.

Was wir jetzt gleich tun können ...

Wie wir gesehen haben, sind Diskrepanzen zwischen erwarteten und tatsächlichen Fähigkeiten von Robotern oft im populär geprägten Roboter-Narrativ begründet. Abhilfe schaffen könnte hier eine Methode des *inkrementellen, partizipativen Roboterdesigns*. Hierbei würden nicht erst integrierte Prototypen mit Nutzer*innen evaluiert, sondern einzelne Funktionalitäten. Dabei könnten in Studien mit repräsentativen Nutzer*innen auch gleichzeitig Trainingsdaten für den Roboter gesammelt werden. Durch diesen engeren Bezug würden Nutzer*innen auch besser nachvollziehen können, wie sich die Komplexität und Funktionalität des Roboters entwickelt und wie unterschiedliche technische Designentscheidungen einander beeinflussen. Im Hobbit-Projekt hätten wir das beispielhaft folgendermaßen umsetzen können: Wenn man den Roboter gerufen hat, musste er zu Nutzer*innen hinfahren und in angemessener Distanz stehen bleiben. Um das robust zu entwickeln, wurden viele Stunden lang im Labor Tests gemacht, in denen Forschende Nutzer*innen nachstellten und diese Situation wieder und wieder wiederholten, um die autonome Navigation zu optimieren, z.B. für verschiedene Lichtverhältnisse, unterschiedlich große Personen, in Rücken oder Hosen etc. Nutzer*innen könnten in diese Testphasen eingebunden werden und dadurch viel über das Verhalten des Roboters lernen. Zugleich würde der Roboter Trainingsdaten durch repräsentative Nutzer*innen erhalten. Wie auch Lee et al. (2017) festhalten, kann eine aktive Beteiligung nur dann erzielt werden, wenn sich der Wissensstand zwischen Forschenden und Nutzer*innen über mehrere Sitzungen hinweg allmählich etwas angleicht. Diese Art des inkrementellen, partizipativen Designs kann auch das Vertrauen der Nutzer*innen in ihren Beitrag zur Entwicklung des Serviceroboters erhöhen. Forschende haben zudem mehr Möglichkeiten, die Vorschläge anderer Interessengruppen einzubeziehen.

Ein inkrementeller, partizipativer Prozess ermöglicht darüber hinaus, dass Nutzer*innen lernen, das Roboterverhalten vor allem im Fehlerfall besser zu verstehen. Um bei dem Beispiel zu bleiben, würden Nutzer*innen lernen, welche technischen Ursachen bestimmten Fehlern zugrunde liegen und weshalb der

Roboter z.B. gar nicht erst los fährt, auf halbem Weg stehen bleibt, Nutzer*innen nicht findet etc. Ebenso würden sie lernen, welche Möglichkeiten der Korrektur es im Fehlerfall gäbe (z.B. den Vorhang zuziehen, wenn es zu hell ist; den Roboter wieder in die Ladestation schieben, damit er sich neu orientieren kann etc.). Studien haben gezeigt, dass Erklärungen und Problemlösungsvorschläge in solchen Situationen dazu beitragen können, das Vertrauen in den Roboter und die Interaktion aufrechtzuerhalten (Bajones et al. 2016; Tolmeijer et al. 2020). Ebenso kann ein inkrementeller, partizipativer Gestaltungsprozess genutzt werden, um kontextspezifische Darstellungsweisen zu finden, wie ein Roboter seinen Systemzustand im Falle eines Fehlers selbst erklären kann, damit dieser von Nutzer*innen behoben werden kann. Es liegt auf der Hand, dass nicht für alle potenziellen Fehler geeignete Erklärungen mit Nutzer*innen entwickelt werden können, da autonomes Verhalten immer Unvorhersehbares hervorbringt, aber dennoch könnte dieser Ansatz Interaktionsstörungen und -abbrüche zwischen Robotern und Nutzer*innen reduzieren und das Vertrauen in die Technologie erhalten (Tolmeijer et al. 2020).

Nutzer*innen sollten jedoch nicht nur in die Testung der Roboterfunktionalitäten einbezogen werden, sondern auch in das Programmieren und Einlernen neuer Fähigkeiten für spätere Nutzungsphasen. So wurde z.B. das iCustomProgramme (Chung et al. 2016) als ein System zur Programmierung sozial interaktiver Verhaltensweisen für Serviceroboter entwickelt. Mit einer Reihe von Studien konnten Chung et al. (2016) die Nützlichkeit ihres Systems in der Praxis zeigen. In ähnlicher Weise entwickelten Saunders et al. (2015) eine Schnittstelle, die das Einlernen neuer Fähigkeiten eines Serviceroboters für technische Laien ermöglichen sollte. Solche Schnittstellen könnten es verschiedenen Interessengruppen ermöglichen, sich aktiv an der Gestaltung des Robotersystems zu beteiligen, sowohl in der Implementierungs- als auch in der Nutzungsphase. Derartige Ansätze werden auch als »co-learning« und »reablement« (Saunders et al. 2015) bezeichnet; Nutzer*innen sollen die Möglichkeit haben, die Interaktion durch die eigene Nutzung eines Roboters zu gestalten. Die Auseinandersetzung mit einem Roboter dient dabei auch einer Verstärkung der vermehrten Nutzung im Alltag:

»Thus, rather than passively accepting imposed solutions to a particular need, the user actively participates in formulating with the robot their own solutions and thus remains dominant of the technology and is empowered, physically, cognitively, and socially.« (Saunders et al. 2015: 27)

Wie Projekte der Zukunft aussehen könnten ...

Wie in der Einleitung erwähnt, rückte die Vision koexistierender Roboter erst kürzlich wieder stärker in den Fokus der wissenschaftlichen Aufmerksamkeit (Riek 2013). Das Konzept an sich ist in der Robotikforschung nicht neu, jedoch wird die damit verbundene Komplexität für das Interaktionsdesign immer deutlicher. Dabei stellt sich die Frage, wie wir die Interaktion mit einer Technologie, die sich über die Zeit durch ihre Nutzung verändert und einen hohen Grad an Personalisierung für unterschiedliche Nutzer*innen verlangt, vorausplanen können. Gerade das dafür notwendige wechselseitige Lernen zwischen Nutzer*innen und Forschenden, aber auch das Lernen der Roboter stellt eine der größten Herausforderungen dar, da sich die Art und Weise, wie Menschen lernen, grundlegend von den derzeitigen Techniken der KI und des maschinellen Lernens unterscheidet. Bereits 2004 stellte Dautenhahn (2004) dazu die Vision von »heranwachsenden Robotern« vor. Sie argumentierte, dass längerfristig nützliche multifunktionale Serviceroboter nicht auf einem eingebauten festen Repertoire an Verhaltensweisen beruhen können, sondern die persönlichen Präferenzen von Nutzer*innen erlernen müssen, mit denen sie interagieren. Dautenhahn plädiert für einen »Entwicklungspfad«, auf dem Roboter wie in Mensch-Hund-Beziehungen sozialisiert werden, sodass gewissermaßen der Serviceroboter wie ein Hundewelpen durch seine Beziehung zu einem Menschen zu einem wertvollen Haushaltsmitglied wird. Um dies zu erreichen, schlägt sie einen 3-Phasen-Plan vor, der sich unserer Meinung nach mit einer zukünftigen Methodik für aktive Teilhabe in der Roboterentwicklung verbinden ließe:

Phase I: Aneignung von Hintergrundwissen – Diese Phase kann mit der Konzeptualisierungsphase verbunden werden. Hier geht es darum, Anforderungen an den Roboter zu identifizieren und auf der Forschung zu erfolgreicher Mensch-Roboter-Interaktion aufzubauen, wobei Dautenhahn (2004) anerkennt, dass die Erforschung des Designraums wahrscheinlich nie abgeschlossen sein wird. Im Sinne eines gestaltungsoffenen Designprozesses sollte in dieser Phase besonderes Augenmerk auf die unterschiedlichen Erwartungshaltungen aller Interessengruppen gelegt werden.

Phase II: Sozialisierung im Labor – In dieser Phase wird ein erster Prototyp entwickelt, um die Standardeinstellungen für sein Verhaltensrepertoire festzulegen (Dautenhahn 2004). Dautenhahn schlägt für diese Phase vor, dass Roboter durch »Robotertrainer*innen« sozialisiert werden können, d.h. dass in einem Training dem Roboter grundlegende Verhaltensweisen beigebracht werden. In unserem Verständnis von aktiver Teilhabe sind diese Trainer*innen Forschende und Entwickler*innen, die den eigentlichen Nutzer*innen zur Seite stehen, Robotern neue Funktionalitäten einzulernen. Dieses Training kann als eine technologische Erweiterung des inkrementellen, partizipativen Designs verstanden werden. Tech-

nologisch vielversprechende Ansätze hierfür sind wie bereits erwähnt »learning-by-demonstration« oder »learning-by-imitation« (Argall et al. 2009).

Phase III: Personalisierung – In dieser Phase wird der Roboter für seinen Zielkontext personalisiert, z.B. eine Familie, ein Pflegeheim, eine Schule usw. Der Roboter muss die verschiedenen Personen, ihre Routinen usw. erlernen. Das Ergebnis dieses Prozesses ist laut Dautenhahn:

»...even two robots of the same ›breed‹ that leave the laboratory with identical behavioral default settings, will over time develop into individualized machines, machines with a unique personality« (Dautenhahn 2004: 21).

In dieser Phase sollten Nutzer*innen schon viel über die grundlegende Roboterfunktionalität erlernt haben, um den Roboter eigenständig personalisieren zu können. Gerade für diese Phase werden Meta-Design-Richtlinien (Fischer und Giccardi 2006) in der Methodik für die aktive Teilhabe relevant sein. Diese Richtlinien beschäftigen sich damit, wie lernende und sich verändernde Technologien gestaltet werden können, damit Nutzer*innen sie langfristig nutzen können. Die Sozialität und Nützlichkeit eines Roboters sollten sich schließlich in dieser Phase durch die eigentliche Nutzung entwickeln und nicht durch vordefinierte, vom Menschen implementierte, soziale Schlüsselreize (siehe auch Chang und Šabanović 2015).

Unsere Handlungsempfehlungen für eine gestaltungsoffene aktive Beteiligung in aktuellen und zukünftigen Entwicklungsprojekten können nicht alle Schwierigkeiten lösen. Allerdings wird eine gestaltungssensible Stärkung der Beteiligungsprozesse (1) das Wissen von Nutzer*innen über die Technologie erhöhen, (2) das Kräfteverhältnis zwischen Nutzer*innen und Forschenden und weiteren Interessengruppen ausgleichen, sowie (3) Robotik für Nutzer*innen transparenter machen und ihnen eher ein Gefühl von Kontrolle über ein System geben, wenn sie in die Gestaltung der Lernalgorithmen und die Personalisierung des Roboters involviert sind.

Fazit

In den letzten Jahren wurden Nutzer*innen und weitere Interessengruppen immer stärker in den Entwicklungsprozess sozialer Serviceroboter eingebunden, dennoch ist meist zu beobachten, dass Forschende und Entwickler*innen Nutzer*innen eher in einer passiven Rolle als Informant*innen sahen und die Einstellung hatten, dass diese zuerst »kluge Nutzer*innen« werden müssten, um mit den entwickelten Systemen erfolgreich zu interagieren. Mit der rasanten technischen Weiterentwicklung in der Robotik und KI-Forschung entstehen jedoch neue Chancen für eine konstruktivere Partizipation in der Entwicklung sozialer Serviceroboter (Lee et al. 2017). Daher plädieren wir für eine enge Zusammenarbeit und ein wechselseitiges

Lernen aller Interessengruppen, um nützliche Serviceroboter zu entwickeln, die tatsächlich in sozialen Kontexten funktionieren. Unsere skizzierten Anforderungen für eine Neuausrichtung dieser Beteiligung sowie die Handlungsempfehlungen, wie diese in aktuellen und zukünftigen Forschungsprojekten erreicht werden könnte, können dabei als Basis für inter- und transdisziplinäre Entwicklungsprojekte dienen.

Literatur

- Alissandrakis, A., Syrdal, D. S. and Miyake, Y. (2011). Helping robots imitate: Acknowledgment of, and adaptation to, the robot's feedback to a human task demonstration. In *New Frontiers in Human-Robot Interaction*, eds. K. Dautenhahn and J. Saunders, 2-9. Amsterdam: John Benjamins.
- Argall, B. D., Chernova, S., Veloso, M. and Browning, B. (2009). A survey of robot learning from demonstration. *Robotics and autonomous systems* 57(5): 469-483.
- Azenkot, S., Feng, C. and Cakmak, M. (2016). Enabling Building Service Robots to Guide Blind People: A Participatory Design Approach. In *Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2016)*, ed. IEEE, 3-10. Piscataway, NJ.
- Bajones, M., Weiss, A. and Vincze, M. (2016). Help, anyone? A user study for modeling robotic behavior to mitigate malfunctions with the help of the user. In *Proceedings of the 5th International Symposium on New Frontiers in Human-Robot Interaction*, ed. AISB 2016, Sheffield, UK.
- Bajones, M., Fischinger, D., Weiss, A., Wolf, D., Vincze, M., de la Puente, P. et al. (2018). Hobbit: providing fall detection and prevention for the elderly in the real world. *Journal of Robotics* 2018: 1-20.
- Bajones, M., Fischinger, D., Weiss, A., Puente, P. D. L., Wolf, D., Vincze, M., Körtner, T., Weninger, M., Papoutsakis, K., Michel, D., Qammaz, A., Panteleris, P., Foukarakis, M., Adami, I., Ioannidi, D., Leonidis, A., Antona, M., Argyros, A., Mayer, P., Panek, P., Efring, H. and Frennert, S. (2019). Results of field trials with a mobile service robot for older adults in 16 private households. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction (THRI)* 9(2): 1-27.
- Bannon, L. J. and Ehn, P. (2012). Design: Design matters in Participatory Design. In *Routledge International Handbook of Participatory Design*, eds. J. Simonsen and T. Robertson, 57-83. London, UK.: Routledge.
- Bartneck, C., Suzuki, T., Kanda, T. and Nomura, T. (2007). The influence of people's culture and prior experiences with AIBO on their attitude towards robots. *AI and Society* 21(1-2): 217-230.

- Belpaeme, T., Vogt, P., Van den Berghe, R., Bergmann, K., Göksun, T., De Haas, M. et al. (2018). Guidelines for designing social robots as second language tutors. *International Journal of Social Robotics* 10(3): 325-341.
- Breazeal, C. L. (2004). *Designing Sociable Robots*. London: MIT Press.
- Brucknerberger, U., Weiss, A., Mirnig, N., Strasser, E., Stadler, S. and Tscheligi, M. (2013). The Good, The Bad, The Weird: Audience Evaluation of a »Real« Robot in Relation to Science Fiction and Mass Media. In *Social Robotics. ICSR 2013. Lecture Notes in Computer Science*, vol 8239, eds. G. Herrmann, M. J. Pearson, A. Lenz, P. Bremner, A. Spiers and U. Leonards, 301-310. Cham: Springer International Publishing.
- Buchner, R., Weiss, A. and Tscheligi, M. (2011). Development of a Context Model Based on Video Analysis. In *Proceedings of the 6th International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2011)*, ed. ACM, 117-118. New York, NY.
- Caleb-Solly, P., Dogramadzi, S., Ellender, D., Fear, T. and Heuvel, H. v. d. (2014). A Mixed-Method Approach to Evoke Creative and Holistic Thinking about Robots in a Home Environment. In *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2014)*, ed. ACM, 374-381. New York, NY.
- Carton, D., Turnwald, A., Wollherr, D. and Buss, M. (2013). Proactively Approaching Pedestrians with an Autonomous Mobile Robot in Urban Environments. In *Experimental Robotics: The 13th International Symposium on Experimental Robotics*, eds. J. P. Desai, G. Dudek, O. Khatib and V. Kumar, 199-214. Cham: Springer International Publishing.
- Chang, W.-L. and Šabanović, S. (2015). Interaction Expands Function: Social Shaping of the Therapeutic Robot PARO in a Nursing Home. In *Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2015)*, ed. ACM, 343-350. New York, NY.
- Cheon, E. and Su, N. M. (2016). Integrating Robotistic Values into a Design Framework for Humanoid Robots, In *Proceedings of the 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2016)*, ed. IEEE, 375-382. Piscataway, NJ.
- Chung, M. J.-Y., Huang, J., Takayama, L., Lau, T. and Cakmak, M. (2016). Iterative Design of a System for Programming Socially Interactive Service Robots. In *Social Robotics. ICSR 2013. Lecture Notes in Computer Science*, eds. A. Agah, J.-J. Cabibihan, A. M. Howard, M. A. Salichs and H. He, 919-929. Cham: Springer International Publishing.
- Dautenhahn, K. (2004). Robots we like to live with?! – A developmental perspective on a personalized, life-long robot companion. In *Proceedings of the 13th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2004)*, ed. IEEE, 919-929. Piscataway, NJ.
- Dautenhahn, K., Woods, S., Kaouri, C., Walters, M., Koay, K. L. and Werry, I. (2005). What is a robot companion – friend, assistant or butler? In *Proceedings of*

- the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2005), ed. IEEE, 1192-1197. Piscataway, NJ.
- Dautenhahn, K. (2013). Human-Robot Interaction. In *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction: 2nd. Edition*, eds. The Interaction Design Foundation, Chapter 38. Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/human-robot-interaction>. Zugegriffen: 04.07.2021.
- de Graaf, M., Ben Allouch, S. and van Dijk, J. (2017). Why Do They Refuse to Use My Robot? Reasons for Non-Use Derived from a Long-Term Home Study. In *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2017)*, ed. ACM, 224-233. New York, NY.
- Feil-Seifer, D. and Mataric, M. J. (2009). Human-Robot Interaction (HRI). In *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, eds. R. A. Meyers, 4643-4659. New York, NY: Springer.
- Fink, J. (2014). *Dynamics of human-robot interaction in domestic environments*. EFPL Infoscience. <https://doi.org/10.5075/epfl-thesis-6329>. Zugegriffen: 04.07.2021.
- Fischer, G. and Giaccardi, E. (2006). Meta-design: A Framework for the Future of End-User Development. In *End User Development*, eds. H. Lieberman, F. Paterno and V. Wulf, 427-457. Dodrecht: Springer.
- Fischer, K. (2006). *What Computer Talk Is and Isn't: Human-Computer Conversation as Intercultural Communication*. Saarbrücken: AQ-Verlag.
- Fischinger, D., Weiss, A. and Vincze, M. (2015). Learning grasps with topographic features. *The International Journal of Robotics Research* 34(9): 1167-1194.
- Fischinger, D., Einramhof, P., Papoutsakis, K., Wohlkinger, W., Mayer, P., Panek, P., Hofmann, S., Körtner, T., Weiss, A., Argyros, A. and Vincze, M. (2014) Hobbit, a care robot supporting independent living at home: First prototype and lessons learned. *Robotics and Autonomous Systems* 75: 60-78.
- Förster, F., Weiss, A. and Tscheligi, M. (2011). Anthropomorphic Design for an Interactive Urban Robot: The Right Design Approach. In *Proceedings of the 6th International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2011)*, ed. ACM, 137-138. New York, NY.
- Forsythe, D. E. (1999). »It's just a matter of common sense«: Ethnography as invisible work. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)* 8(1-2): 127-145.
- Frennert, S., Ostlund, B. and Efring, H. (2012). Would Granny Let an Assistive Robot into Her Home? In *Social Robotics. ICSR 2012. Lecture Notes in Computer Science*, vol 7621, eds. S. S. Ge, O. Khatib, J.-J. Cabibihan, R. Simmons and M.-A. Williams, 128-137. Berlin; Heidelberg: Springer.
- Gonsior, B., Landsiedel, C., Glaser, A., Wollherr, D. and Buss, M. (2011). Dialog strategies for handling miscommunication in task-related HRI. In *Proceedings of the 20th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2011)*, ed. IEEE, 369-375. Piscataway, NJ.

- Gonsior, B., Sosnowski, S., Mayer, C., Blume, J., Radig, B., Wollherr, D. et al. (2011). Improving aspects of empathy and subjective performance for HRI through mirroring facial expressions. In *Proceedings of the 20th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2011)*, ed. IEEE, 350-356. Piscataway, N.
- Goodrich, M. A. and Schultz, A. C. (2008). Human-Robot Interaction: A survey. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction* 1(3): 203-275.
- Hasse, C., Trentemøller, S. and Sorenson, J. (2018). The Use of Ethnography to Identify and Address Ethical, Legal, and Societal (ELS) Issues. In *Companion of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Proceedings (HRI2018)*, ed. ACM, 393-394. New York, NY.
- Holmquist, L. E. (2017). Intelligence on tap: artificial intelligence as a new design material. *Interactions* 24(4): 28-33.
- Huber, A., Lammer, L., Weiss, A. and Vincze, M. (2014). Designing adaptive roles for socially assistive robots: a new method to reduce technological determinism and role stereotypes. *Journal of Human-Robot Interaction* 3(2): 100-115.
- Karreman, D. E., van Dijk, E. M. A. G. and Evers, V. (2012). Contextual Analysis of Human Non-verbal Guide Behaviors to Inform the Development of FROG, the Fun Robotic Outdoor Guide. In *Human Behavior Understanding. HBU 2012. Lecture Notes in Computer Science*, vol 7559, eds. A. A. Salah, J. Ruiz-del-Solar, C. Meriçli and P.-Y. Oudeyer, 113-124, Berlin; Heidelberg: Springer.
- Karreman, D., Ludden, G. and Evers, V. (2015). Visiting Cultural Heritage with a Tour Guide Robot: A User Evaluation Study in-the-Wild. In *Social Robotics. ICSR 2015. Lecture Notes in Computer Science* 9388, eds. A. Tapus, E. Andre, J.-C. Martin, F. Ferland and M. Ammi, 317-326. Zürich: Springer International Publishing.
- Körtner, T., Schmid, A., Batko-Klein, D., Gisinger, C., Huber, A., Lammer, L. et al. (2012). How Social Robots Make Older Users Really Feel Well – A Method to Assess Users' Concepts of a Social Robotic Assistant. In *ICSR 2012. Lecture Notes in Computer Science* 7621, eds. S. S. Ge, O. Khatib, J.-J. Cabibihan, R. Simmons and M.-A. Williams, 138-147. Berlin; Heidelberg: Springer.
- Kriz, S., Ferro, T. D., Damera, P. and Porter, J. R. (2010). Fictional robots as a data source in HRI research: Exploring the link between science fiction and interactional expectations. In *Proceedings of the 19th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2010)*, ed. IEEE, 458-463. Piscataway, NJ.
- Lammer, L., Huber, A., Weiss, A., und Vincze, M. (2014). Mutual care: How older adults react when they should help their care robot. In *Proceedings of the 3rd international symposium on new frontiers in human-robot interaction*, ed. AISB2014, 1-4. London: Routledge.
- Lee, H. R., Šabanović, S., Chang, W.-L., Nagata, S., Piatt, J., Bennett, C. et al. (2017). Steps Toward Participatory Design of Social Robots: Mutual Learning

- with Older Adults with Depression. In *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2017)*, ed. ACM, 244-253. New York, NY.
- Lee, H. R., Sung, J., Šabanović, S. and Han, J. (2012). Cultural design of domestic robots: A study of user expectations in Korea and the United States. In *Proceedings of the 21st International Symposium in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2012)*, ed. IEEE, 803-808. Piscataway, NJ.
- Lee, H. R., Tan, H., & Šabanović, S. (2016). That robot is not for me: Addressing stereotypes of aging in assistive robot design. In *Proceedings of the 25th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2016)*, ed IEEE, 312-317. New York City, New York, USA.
- Lee, M. K., Forlizzi, J., Rybski, P. E., Crabbe, F., Chung, W., Finkle, J. et al. (2009). The Snackbot: Documenting the Design of a Robot for Long-Term Human-Robot Interaction. In *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2009)*, ed. ACM, 7-14. New York, NY.
- Lee, M. K., Kiesler, S. and Forlizzi, J. (2010). Receptionist or Information Kiosk: How Do People Talk with a Robot? In *Proceedings of the 2010 ACM Conference on Computer Supported Co-operative Work (CSCW2010)*, ed. ACM, 31-40. New York, NY.
- Lorencik, D., Tarhanicova, M. and Sincak, P. (2013). Influence of sci-fi films on artificial intelligence and vice-versa. In *Proceedings of the 11th international symposium on applied machine intelligence and informatics (SAMi2013)*, ed. IEEE, 27-31. Piscataway, NJ.
- McGinn, C. (2020). Why Do Robots Need a Head? The Role of Social Interfaces on Service Robots. *International Journal of Social Robotics* 12(1): 281– 295.
- Mirnig, N., Gonsior, B., Sosnowski, S., Landsiedel, C., Wollherr, D., Weiss, A. et al. (2012a). Feedback guidelines for multimodal human-robot interaction: How should a robot give feedback when asking for directions? In *Proceedings of the 21st International Symposium in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2012)*, ed. IEEE, 533-538. Piscataway, NJ.
- Mirnig, N., Strasser, E., Weiss, A. and Tscheligi, M. (2012b). Studies in Public Places as a Means to Positively Influence People's Attitude towards Robots. In *Social Robotics. ICSR 2012. Lecture Notes in Computer Science 7621*, eds. S. S. Ge, O. Khatib, J.-J. Cabibihan, R. Simmons and M.-A. Williams, 209-218. Berlin; Heidelberg: Springer.
- Mirnig, N., Weiss, A. and Tscheligi, M. (2011). A Communication Structure for Human-Robot Itinerary Requests. In *Proceedings of the 6th International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2011)*, ed. ACM, 205-206. New York, NY.
- Neven, L. (2010). »But obviously not for me«: robots, laboratories and the defiant identity of elder test users. *Sociology of health and illness* 32(2): 335-347.

- Okuno, Y., Kanda, T., Imai, M., Ishiguro, H. and Hagita, N. (2009). Providing Route Directions: Design of Robot's Utterance, Gesture, and Timing. In *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2009)*, ed. ACM, 53-60. New York, NY.
- Payr, S., Werner, F. and Werner, K. (2015). *Potential of robotics for ambient assisted living*. Vienna: FFG benefit.
- Riek, L. D. (2012). Wizard of oz studies in HRI: A systematic review and new reporting guidelines. *Journal of Human-Robot Interaction* 1(1): 119– 136.
- Riek, L. D. (2013). *The social co-robotics problem space: Six key challenges*. Semantic scholar. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Social-Co-Robotics-Problem-Space-%3A-Six-Key-Riek/39dcfe430021d0374bb29694ef8eb5e4cfa84471>. Zugriffen: 04.07.2021.
- Riek, L. and Howard, D. (2014). *A Code of Ethics for the Human-Robot Interaction Profession*. *Proceedings of We Robot*. SSRN. <https://ssrn.com/abstract=2757805>. Zugriffen: 04.07.2021.
- Šabanović, S. (2010). Robots in society, society in robots. *International Journal of Social Robotics* 2(4): 439-450.
- Šabanović, S., Reeder, S. M. and Kechavarzi, B. (2014). Designing robots in the wild: In situ prototype evaluation for a break management robot. *Journal of Human-Robot Interaction* 3(1): 70-88.
- Saunders, J., Syrdal, D. S., Koay, K. L., Burke, N. and Dautenhahn, K. (2015). »Teach Me – Show Me« – End-User Personalization of a Smart Home and Companion Robot. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* 46(1): 27-40.
- Sirkin, D., Mok, B., Yang, S. and Ju, W. (2015). Mechanical Ottoman: How Robotic Furniture Offers and Withdraws Support. In *Proceedings of the 10th Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2015)*, ed. ACM, 11-18. New York, NY.
- Stappers, P. J. (2007). Doing Design as a Part of Doing Research. In *Design Research Now: Essays and Selected Projects*, ed. R. Michel, 81-91. Basel: Birkhäuser.
- Stollnberger, G., Moser, C., Giuliani, M., Stadler, S., Tscheligi, M., Szczesniak-Stanczyk, D. et al. (2016). User requirements for a medical robotic system: Enabling doctors to remotely conduct ultrasonography and physical examination. In *Proceedings of the 26th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2016)*, ed. IEEE, 1156-1161. Piscataway, NJ.
- Tapus, A., Mataric, M. J. and Scassellati, B. (2007). Socially assistive robotics [Grand Challenges of Robotics]. *IEEE Robotics Automation Magazine* 14(1): 35-42.
- Tolmeijer, S., Weiss, A., Hanheide, M., Lindner, F., Powers, T. M., Dixon, C. et al. (2020). Taxonomy of Trust-Relevant Failures and Mitigation Strategies. In *Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2020)*, ed. ACM, 3-12. New York, NY.

- Triebel, R., Arras, K., Alami, R., Beyer, L., Breuers, S., Chatila, R. et al. (2016). SPENCER: A Socially Aware Service Robot for Passenger Guidance and Help in Busy Airports. In *Field and Service Robotics. Springer Tracts in Advanced Robotics 113*, eds. D. S. Wettergreen and T. D. Barfoot, 607-622. Cham: Springer International Publishing.
- Vincze, M., Zagler, W., Lammer, L., Weiss, A., Huber, A., Fischinger, D. et al. (2014). Towards a robot for supporting older people to stay longer independent at home. In *Proceedings of the 41st International Symposium on Robotics (ISR/Robotik 2014)*, ed. VDE, 1-7. Frankfurt a.M.: VDE.
- Weiss, A., Igelsböck, J., Calinon, S., Billard, A. and Tscheligi, M. (2009). Teaching a humanoid: A user study on learning by demonstration with HOAP- 3. In *Proceedings of the 18th International Symposium in Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2009)*, ed. IEEE, 147-152. Piscataway, NJ: IEEE.
- Weiss, A., Igelsböck, J., Wurhofer, D. and Tscheligi, M. (2011a). Looking forward to a »robotic society«? *International Journal of Social Robotics* 3(2): 111-123.
- Weiss, A., Mirnig, N., Brucknerberger, U., Strasser, E., Tscheligi, M., Gonsior, B. K. et al. (2015). The Interactive Urban Robot: User-centered development and final field trial of a direction re- questing robot. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics* 6(1): 42-56.
- Weiss, A., Mirnig, N., Buchner, R., Förster, F. and Tscheligi, M. (2011b). Transferring Human-Human Interaction Studies to HRI Scenarios in Public Space. In *Human-Computer Interaction – INTERACT 2011. Lecture Notes in Computer Science 6947*, eds. P. Campos, N. Graham, J. Jorge, N. Nunes, P. Palanque and M. Winckler, 230-247. Berlin; Heidelberg: Springer.
- Yamazaki, A., Yamazaki, K., Ohyama, T., Kobayashi, Y. and Kuno, Y. (2012). A Techno-Sociological Solution for Designing a Museum Guide Robot: Regarding Choosing an Appropriate Visitor. In *Proceedings of the 7th Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2012)*, ed. ACM, 309-316. New York, NY: ACM.
- Zlotowski, J., Weiss, A. and Tscheligi, M. (2011). Interaction Scenarios for HRI in Public Space. In *Social Robotics. ICSR 2011. Lecture Notes in Computer Science 7072*, eds. B. Mutlu, C., Bartneck, J. Ham, V. Evers and T. Kanda, 1-10. Berlin; Heidelberg: Springer.

