

Creating multi-modal interfaces for assistive robots

Martina Uhlig, Martin Gmür, Peter Klein

User Interface Design GmbH

UID

Berlin, Deutschland

martina.uhlig@uid.com, martin.gmuere@uid.com, peter.klein@uid.com

Abstract—Dieses Paper stellt einen Human-Centered-Design-Ansatz zur Gestaltung multimodaler Schnittstellen für Assistenzroboter innerhalb des Projektes „SINA“ vor. Wir erforschen den Prozess der Übergabe von Objekten vom Roboter an den Menschen und umgekehrt sowie verschiedene Interaktionsmodalitäten. Ziel ist es, Szenarien für die Mensch-Roboter-Interaktion zu entwickeln, die es Menschen mit Behinderungen ermöglichen ein unabhängigeres Leben zu Hause zu führen.

Keywords—Assistenzroboter; Mensch-Roboter-Interaktion; Gesundheitswesen; Menschen mit Behinderung; technische Akzeptanz; szenariobasiertes Design

I. EINLEITUNG

Assistenzroboter können Menschen mit körperlichen Behinderungen (dauerhaft oder vorübergehend) in ihrem täglichen Leben unterstützen und ihnen ermöglichen, unabhängiger zu leben und in ihrem Zuhause zu bleiben. Der Mangel an professionellen Pflegekräften in Deutschland [1] wird die Nachfrage nach Assistenzsystemen in den kommenden Jahren erhöhen.

II. ZIELSETZUNG

Das Projekt "SINA", das von einem Konsortium aus verschiedenen KMUs und Universitäten durchgeführt wird, untersucht, wie Assistenzroboter sicher, zuverlässig und transparent mit Menschen interagieren können. Schwerpunkt des Projektes ist die Übergabe von Objekten von Assistenzrobotern an Menschen und umgekehrt.

Im Rahmen dieses Projektes untersuchen die Autoren, wie multimodale Schnittstellen für die Mensch-Roboter-Interaktion gestaltet werden können, die eine situationsgerechte Interaktion und Kommunikation zwischen Mensch und Roboter ermöglichen. Auf Grund dessen werden wir verschiedene Modalitäten der Interaktion untersuchen: Stimme, Gestik, Nähe und Berührung. Darüber hinaus werden greifbare Schnittstellen erforscht, um einen Assistenzroboter direkt durch physische Objekte zu steuern. Wir wollen eine Grundlage für die sichere, transparente und vertrauensvolle Übergabe von Objekten zwischen Menschen und Assistenzrobotern schaffen.

III. HINTERGRUND

Lohse [2] definiert verschiedene Kriterien für die Gestaltung der Mensch-Roboter-Interaktion für persönliche

Assistenzroboter, wobei der Schwerpunkt auf benutzerfreundlicher, intuitiver und natürlicher Interaktion liegt. Das Zusammenspiel mit Assistenzrobotern muss so gestaltet sein, dass sich die Menschen wohlfühlen, selbst wenn sie keine Experten solcher Systeme sind.

Mollaret et al. [3] entwickeln ein multimodales Interface für einen Assistenzroboter im Haushalt. Der Roboter erkennt menschliche Anwesenheit und die Absicht zur Interaktion durch Kameratracking und Sprachsteuerung. Er verfolgt den Blick des Nutzers, die Position im Raum und die Position verschiedener Körperteile. Die Interaktion selbst erfolgt dann durch verbale Kommunikation wie z.B. Sprachbefehle.

Xiao et al. [4] schlagen eine Mensch-Roboter-Interaktion durch die natürliche Körpersprache des Oberkörpers vor. Ein menschenähnlicher Roboter kann ein Set von 12 Oberkörpergesten durch Kameratracking und Wearables, die von der Person getragen werden, erkennen. Der Roboter kann sich auch durch Körpergesten ausdrücken.

Fujii und Lee [5] definieren und testen eine Reihe von Gesten zur Interaktion mit einem Assistenzroboter. Das System setzt auf Kameratracking, um vordefinierte Gesten zu erkennen. Mit diesen Gesten kann die Person dem Roboter Aufgaben zuweisen. Der Roboter wiederum antwortet mittels Sprachausgabe oder zeigt seine Reaktion auf einem Bildschirm.

Mayer und Panek [6] untersuchen, ob Assistenzroboter Persönlichkeitsmerkmale aufweisen sollten. Sie fanden heraus, dass die Akzeptanz von Assistenzrobotern höher ist, wenn der Roboter eine extrovertierte und lebendige Persönlichkeit gegenüber neutralem und funktionalem Handeln zeigt. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass die Akzeptanz noch höher sein kann, wenn es verschiedene Persönlichkeiten zur Auswahl stehen, so dass der Nutzer den Roboter an seine individuellen Vorlieben anpassen kann.

IV. BODY STORMING MENSCH-ROBOTER-INTERAKTION

Um grundlegende Szenarien der Mensch-Roboter-Interaktion zu erforschen, verwendeten wir Body Storming [7]. Durch das Nachstellen von Übergabevorgängen zwischen Menschen konnte ein grundlegendes Verständnis dafür gewonnen werden, wie Übergabevorgänge funktionieren.

In welchen Situationen entsteht Kommunikationsbedarf

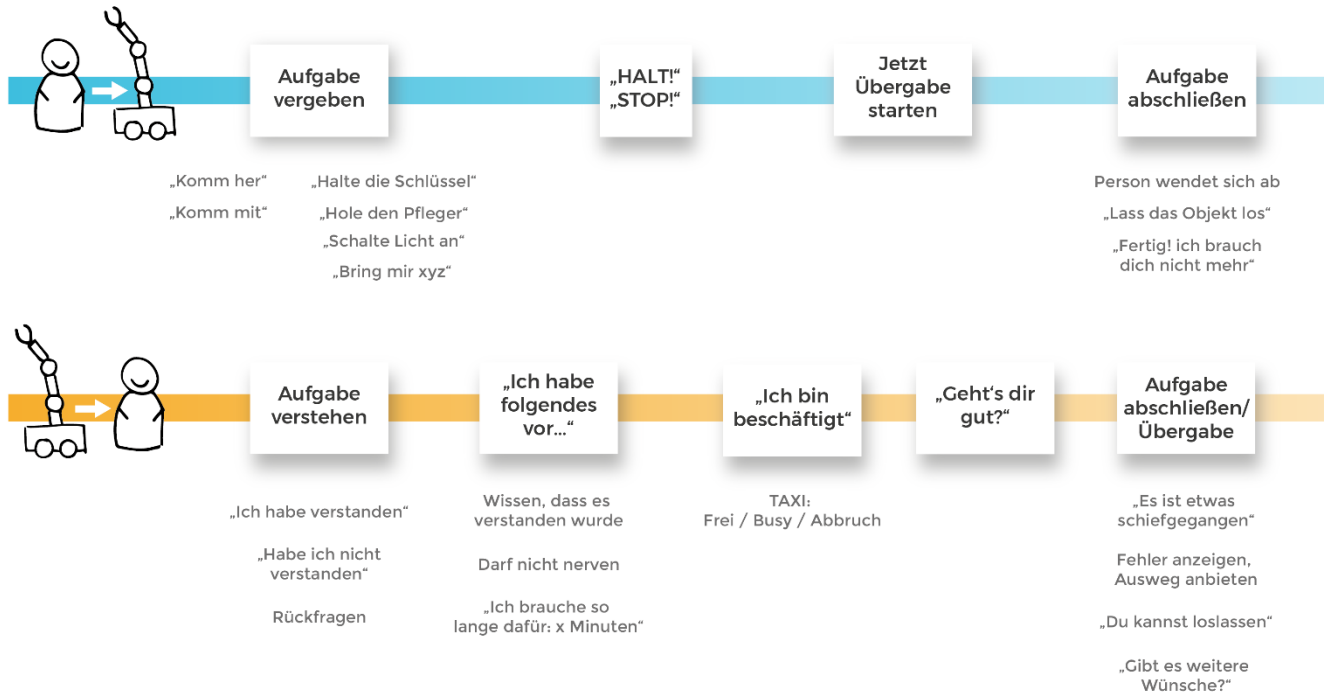


Abb. 1. Kommunikationsfluss zwischen Mensch und Roboter

Durch die Art und Weise, wie Menschen Objekte übergeben, konnten Schlussfolgerungen gezogen werden, wie diese Interaktionen zwischen Assistenzroboter und Mensch gestaltet sein sollten, damit sich eine Person sicher und wohl fühlt.

Das Ergebnis des Body Storming ist ein Grundmodell, wie der Übergabeprozess zwischen Mensch und Roboter funktionieren kann (Abb. 1). Die verschiedenen Interaktionsformen sind zwar als natürliche Sprache formuliert, aber sie sind nicht zwangsläufig als solche gedacht. Ton, Licht, Gestik oder Berührung können einzeln oder in Verbindung verwendet werden, um die entsprechende Bedeutung zu vermitteln.

V. MODALITÄTEN DER MENSCH-ROBOTER-INTERAKTION

Um einen genaueren Blick darauf zu werfen, wie ein multimodales Interface für die Mensch-Roboter-Übergabe von Objekten gestaltet werden kann, wurden alle erdenklichen Möglichkeiten der Interaktion zusammengetragen.

Die folgende Tabelle enthält verschiedene mögliche Interaktionsmodalitäten zwischen Mensch und Roboter und umgekehrt. Diese Interaktionen können an verschiedenen

Stellen des Übergabeprozesses stattfinden und wurden im Rahmen einer User Journey zusammengestellt.

Modalität	Mensch	Roboter
Stimme	Befehle in natürlicher Sprache, z.B. "Bring mir ein Glas Wasser"	Kurze Wiederholung des Sprachbefehls, um die Person wissen zu lassen, was er verstanden hat
Ton	Geräusche erzeugen, um die Aufmerksamkeit des Roboters zu erregen, z.B. Klatschen, Pfeifen oder Klopfen	Wiedergabe von Tönen, um der Person seinen Status zu kommunizieren
Gesten	Verwendung begrenzter Anzahl von Gesten, z.B. auf Objekte zeigen, um Bedürfnisse zu signalisieren, auf eine Position zeigen, um dem Roboter zu zeigen, wohin er gehen soll, oder Andeuten, ein Objekt zu nehmen	Der Person durch Gesten das Anbieten von Gegenständen oder die Absicht, Gegenstände zu fassen, signalisieren
Bewegung	• Bewegung des Roboters, um ihn z.B. aus dem Weg zu räumen	

	<ul style="list-style-type: none"> Durch Bewegen des Armes oder Greifers dem Roboter einer Aufgabe vermitteln 	
Fernsteuerung	Den Roboter über Wearables, Gehirn-Computer-Schnittstellen, greifbare Repräsentationen von Objekten oder andere greifbare Interfaces fernsteuern	
Greifbare Benutzerschnittstellen	Direkte Steuerung des Roboters über Touchscreen oder physikalische Schaltflächen	Manipulation von Objekten in der Umgebung, z.B. Türen öffnen oder einen Rollstuhl bewegen
Berührung	Durch Berührung des Greifers dem Roboter signalisieren anzuhalten	<ul style="list-style-type: none"> Durch Berührung eine Person aufwecken oder beim Aufstehen helfen Durch Berührung einer Person Aufmerksamkeit zeigen oder signalisieren, dass Roboter bereit ist ein Objekt zu überreichen
Licht	<ul style="list-style-type: none"> Durch Ausschalten des Lichtes, dem Roboter signalisieren in den Schlafmodus zu wechseln Durch Einschalten des Lichtes, den Roboter aus dem Schlafmodus wecken 	<ul style="list-style-type: none"> Status durch Farb-/Lichtwechsel anzeigen Warme oder kalte Objekte im Greifer durch Farbe anzeigen Farbwechsel, um anzuzeigen, dass der Roboter bereit ist, ein Objekt loszulassen oder entgegenzunehmen
Projektion		Verwendung von Projektion, um z.B. zu zeigen, wohin der Roboter navigieren will, wer an der Tür klingelt oder wer am Telefon ist
Nähe	<ul style="list-style-type: none"> Ein Objekt zum Roboter bewegen, um die Übergabe zu initiieren Durch Näherkommen die Aufmerksamkeit des Roboters erregen 	<ul style="list-style-type: none"> Ein Objekt auf die Person zu bewegen, um die Übergabebereitschaft anzuzeigen. Annähern an eine Person, um ihre Aufmerksamkeit zu erhalten, oder Entfernen, um ihr mehr Privatsphäre zu geben. Motivierung einer Person zum Gehen oder zur körperlichen Betätigung durch Bewegung des Roboters vor der Person Anpassen der Kommunikation in Abhängigkeit von der Entfernung zur Person, z.B. Einstellen der Lautstärke oder der Helligkeit von Licht / Farbe

Die verschiedenen Interaktionsmodalitäten wurden in einer User Journey Map [8] zusammengefasst, um einzugrenzen, welche Modalitäten in welchem Kontext gut zusammenarbeiten könnten, und anschließend in den Szenarien im folgenden Abschnitt zusammengefasst.

VI. PERSONAS UND SZENARIEN

Aus der Nutzerforschung wurden drei Personas [9] abgeleitet, um den Designprozess zu steuern und die Bedürfnisse und Wünsche der Zielgruppe zu spezifizieren:

- Elena Kohlhaas: eine ältere, zu Hause lebende Frau, die geistig fit ist, aber altersbedingt Probleme mit der Mobilität hat.
- Anna Sonneberger: eine Pflegekraft, die Elena regelmäßig besucht und ihr in ihrem täglichen Leben mit persönlicher Hygiene und allgemeiner Hilfe im Haushalt hilft.
- Paul Ringberger: ein junger Mann, der nach einem Unfall einen Rollstuhl benötigt und weiterhin zu Hause wohnen möchte.

Durch einen szenariobasierten Designprozess [10] werden verschiedene Szenarien der Übergabe von Objekten vom Roboter an den Menschen und umgekehrt iterativ verfeinert. Diese Szenarien sind die Basis für die kommenden Prototyping-Experimente.

Nach der Analyse der anfänglichen Nutzerforschung mit Menschen mit Behinderungen und mit Pflegekräften wurden die folgenden Szenarien in Abstimmung mit den anderen Partnern des Projektes zusammengestellt:

A. Flasche oder Glas Wasser überreichen

Elena liegt auf der Couch und sieht fern. Als sie durstig wird, ruft sie den Roboter und sagt ihm, er solle eine Flasche Wasser holen, da sie Schwierigkeiten beim Aufstehen hat. Der Roboter navigiert in die Küche, um die Flasche zu holen. Dann nimmt er die Flasche in seinen Greifer und navigiert zurück zu Elena. Er bewegt die Flasche in Richtung Elena und wartet, bis Elena die Flasche sicher in die Hand genommen hat, bevor er loslässt. Nach Beendigung der Aufgabe fährt der Roboter zurück in seine Warteposition.

Anforderungen: Der Roboter muss Elena erkennen. Er kennt den Grundriss von Elenas Wohnung sowie den Standort der Wasserflaschen. Es muss auch in der Lage sein, Elenas Sprachbefehl zu verstehen. Der Greifarm muss in der Lage sein, die Last einer Flasche Wasser zu tragen. Der Roboter muss die Flasche in der richtigen Höhe übergeben, damit Elena sie von der Couch aus erreichen kann.

B. Toilettenartikel überreichen

Anna besucht Elena, um ihr bei ihrer morgendlichen Hygiene zu helfen. Nachdem sie sie gewaschen hat, will sie Elena die Lotion auf die Haut auftragen. Sie befiehlt dem Roboter, die Lotion zu holen. Während der Roboter zu der Lotion navigiert, kann sie Elenas Pflege fortsetzen. Der Roboter lokalisiert die Lotion und nimmt sie vorsichtig auf. Er navigiert

anschließend zurück zu Anna und hält die Lotion bereit, damit sie sie entgegennehmen kann. Anna nimmt die Lotion und der Roboter fährt zurück in seine Warteposition.

Anforderungen: Der Roboter muss wissen, wo er die Lotion finden kann und die richtige auswählen. Sein Greifarm sollte in der Lage sein, empfindliche Gegenstände aufzunehmen, ohne sie zu fest zu drücken. Es ist notwendig, dass er erkennen, wo Anna sich befindet und dass er die Lotion so hält, dass sie sie mühelos entgegennehmen kann.

C. Objekte vom Boden aufheben

Paul will Lebensmittel kaufen. Weil es draußen kalt ist, muss er eine Jacke, einen Schal und eine Mütze anziehen. Während er sich anzieht, fällt die Mütze auf den Boden. Da er Schwierigkeiten hat, vom Rollstuhl aus nach unten zu greifen, sagt er dem Roboter: "Bitte hebe die Mütze für mich auf". Der Roboter bewegt sich zur Mütze auf dem Boden und hebt sie mit seinem Greifer auf. Er hält dann die Mütze hoch um sie Paul zu geben. Nachdem Paul die Mütze in die Hand genommen hat, dankt er dem Roboter, der wiederum die Mütze loslässt. Paul ist damit bereit, nach draußen zu gehen.

Anforderungen: Der Roboter muss in der Lage sein, Objekte auf dem Boden zu erkennen und seinen Greifer nach unten zu bewegen, um ein weiches Objekt aufzunehmen.

D. Wäschetransport

Paul hat die Wäsche gewaschen und muss die Wäsche aus der Waschmaschine nehmen. Er kann die Last der Wäsche nicht mit seinem Rollstuhl tragen, also sagt er dem Roboter: "Geh zur Waschmaschine und warte dort." Der Roboter positioniert sich neben der Waschmaschine. Paul legt einen Korb auf die Roboterplattform und fordert den Roboter auf, den Korb an seinem Platz zu halten. Der Roboter hält den Korb mit seinem Greifer. Paul kann dann die Wäsche hineinlegen. Sobald er fertig ist, sagt er: "Folge mir" und der Roboter folgt Paul, während er in den nächsten Raum geht, wo sich ein Trockengestell befindet. Er weist den Roboter an, daneben anzuhalten und hängt die Wäsche auf.

Anforderungen: Eine Plattform muss am Roboter montiert werden und Arm und Greifer müssen so gedreht werden können, dass sie Objekte auf der Plattform halten können. Er muss sich auch bewegen können, wenn sich Gegenstände auf der Plattform befinden, ohne dass sie herunterfallen.

VII. FAZIT UND AUSBLICK

Der Prozess der Übergabe eines Objekts zwischen Assistenzroboter und Mensch wurde durch Body Storming untersucht und verschiedene Input- und Output-Modalitäten für die Interaktion zwischen einer Person und einem Assistenzroboter gesammelt. Darüber hinaus wurden Personas und Basisszenarien definiert, die den Designprozess zu einer sicheren, transparenten und angemessenen Mensch-Roboter-

Interaktion zwischen Menschen und Assistenzrobotern führen sollen.

Die Szenarien werden auf Basis der Erkenntnisse aus der Nutzerforschung weiter verfeinert. Im nächsten Schritt des Projekts werden verschiedene Interaktionsmodalitäten definiert. Die daraus resultierenden Konzepte werden in Prototypen multimodaler Interfaces mit einem Roboterarm umgesetzt und im spezifischen Kontext von Menschen mit Behinderungen zu Hause getestet.

DANKSAGUNG

Das Projekt "SINA - Sichere Wahrnehmung zur flexiblen Assistenz in dynamischen und unstrukturierten Umgebungen" wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert (Förderkennzeichen 16SV7824). Die Partner des Projekts sind: C&S Computer und Software GmbH, KIT - Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab), Karlsruher Institut für Technologie (KIT) - Intelligente Prozessautomation und Robotik (IPR), MRK-Systeme GmbH, SCHUNK GmbH & Co.KG, Universität Augsburg, Institut für Software & Systems Engineering (ISSE), User Interface Design GmbH.

REFERENZEN

- [1] Bundesministerium für Gesundheit. 2018. Beschäftigte in der Pflege. Retrieved February 21, 2018 from <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/pflege/pflegekraefte/beschaeftigte.html>
- [2] Lohse, M. 2007. *Nutzerfreundliche Mensch-Roboter-Interaktion: Kriterien für die Gestaltung von Personal Service Robots*: VDM-Verlag, Müller. Available online: <https://books.google.de/books?id=RTNtGQAACAAJ>.
- [3] Mollaret, C., Mekonnen, A. A., Pinquier, J., Lerasle, F., & Ferrané, I. 2016. A multi-modal perception based architecture for a non-intrusive domestic assistant robot. In *The Eleventh ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction* (pp. 481-482). IEEE Press.
- [4] Xiao, Y., Zhang, Z., Beck, A., Yuan, J., & Thalmann, D. 2014. Human-robot interaction by understanding upper body gestures. *Presence: teleoperators and virtual environments*, 23(2), 133-154
- [5] Fujii, T., Lee, J. H., & Okamoto, S. 2014. Gesture recognition system for human-robot interaction and its application to robotic service task. In *Proc. of the International Multi-Conference of Engineers and Computer Scientists (IMECS)* (Vol. 1).
- [6] Mayer, P., & Panek, P. 2016. Sollten Assistenzroboter eine „Persönlichkeit“ haben? Should assistive robots have a "personality"? *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 49(4), 298-302.
- [7] Limbach, T., Kim, K., Köppen, J. & Klein, P. 2015. Bodystorming als Best Practice Methode für die Entwicklung von AAL-Lösungen. In: Endmann, A., Fischer, H. & Krökel, M. (Hrsg.), *Mensch und Computer 2015 – Usability Professionals*. Berlin: De Gruyter Oldenbourg. (S. 123-132).
- [8] Rosson, M. B., & Carroll, J. M. 2009. Scenario based design. *Human-computer interaction*. Boca Raton, FL, 145-162.
- [9] Cooper, A., Reimann, R., & Cronin, D. 2007. *About face 3: the essentials of interaction design*. John Wiley & Sons.
- [10] Hanington, B., & Martin, B. (2012). Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions. Rockport Publishers.