

SERROGA: Funktions- und Nutzertests Herangehensweise und Ergebnisse

A. Scheidig, K. Debes, S. Müller, Ch. Schröter, M. Volkhardt, H.-M. Gross
Fachgebiet Neuroinformatik und Kognitive Robotik, TU Ilmenau, Deutschland
K. Richter, N. Döring
Fachgebiet für Medienpsychologie und Medienkonzeption, TU Ilmenau, Deutschland
www.serroga.de

Kurzfassung

In diesem Beitrag wird die Herangehensweise der Forschergruppe SERROGA an die Durchführung von Ganztagsnutzertests in Seniorenwohnungen zu robotergestützter Gesundheitsassistenz mit alltagstauglich realisierten Demonstratoren vorgestellt. Diese Nutzertests erfolgten durchgehend ohne die Anwesenheit von Robotikexperten vor Ort. Dazu wurde zunächst die Möglichkeit der Nutzung von Laborumgebungen für realistische Funktionstests untersucht und Wohnumgebungen vergleichende Kennzahlen festgelegt. Anschließend erfolgten Funktions- und Nutzertests direkt in unterschiedlichen Wohnungen, wobei die dabei erhaltenen Ergebnisse in diesem Beitrag vorgestellt werden.

Abstract

This paper will present the research team SERROGA's approach to the performance of full-day user trials of robot-supported health assistance using demonstrators for everyday use in homes for the elderly. These user trials were performed without the presence of robotic experts at all. Therefore, at first the possibility of using laboratory environments for realistic functional tests, has been examined and comparative indicators for living environments have been defined. Functional tests and user trials have been performed in different homes directly afterwards. Their results are presented in this paper, too.

1 Problemstellung

Die Service- und Assistenzrobotik bietet umfangreiche Möglichkeiten zur Verbesserung der Lebenssituation älterer Menschen, insbesondere zur Unterstützung einer auch im Alter selbstbestimmten Lebensweise. Voraussetzung dafür ist die Bereitstellung und zielgruppenspezifische Aufbereitung bedarfsgerechter Dienstleistungen. So wird in einer Studie im Auftrag des VDE zu den von älteren Menschen gewünschten alltäglichen Einsatzgebieten von Servicerobotik dem Konzept eines „Gesundheitsroboters“, der „das gesundheitliche Monitoring übernimmt, an Medikamente, Geburtstage und Termine erinnert, zur gesundheitlichen Prävention animiert, den Kontakt zu Freunden und Verwandten erleichtert, Zeitungsberichte oder Gedichte vorliest, Notizen und Einkaufslisten verwaltet und auch als Fitness-Animator einsetzbar ist“ besonders hohe Akzeptanz bescheinigt [1].

Die Entwicklung einer solchen robotergestützten Gesundheitsassistenz bildet den Rahmen für das Projekt SERROGA (SERvice-RObotik für die GesundheitsAssistenz) [2, 3]. Endnutzer dieser robotischen Assistenz sind dabei unterstützungsbedürftige ältere Menschen, ihre Angehörigen und die Beschäftigten in der ambulanten und stationären Pflege. Die aus der Sicht der Endnutzer für eine häusliche Gesundheitsassistenz als besonders wünschenswert eingestuft Szenarien Kommunikationsassistenz, Erinnerungsfunktion, Informationsvermittlung, Bewegungsprogramme und Gesundheitsmonitoring werden im Rahmen von zwei Demonstratoren *Sekretär* und *Bewegungsmotivator* in eine robotische Plattform integriert und all-

tagstauglich umgesetzt. Eine solche vor allem alltagstaugliche Umsetzung der Demonstratoren, verbunden mit Funktionstests und Ganztagsnutzertests in realen Wohnungen zusammen mit den Endnutzern bildet einen wesentlichen Schwerpunkt des SERROGA-Projektes.

Zielstellung dieses Beitrags ist es, aufbauend auf den in [3] bereits diskutierten und realistisch bewerteten methodisch-technischen Demonstratoren die Herangehensweise an die Durchführung der Ganztagsnutzertests, die in den Wohnungen von Senioren ohne Anwesenheit von Robotikexperten stattfinden, darzulegen. Nach einer Diskussion des State of the Art in Abschnitt 2 werden in Abschnitt 3 die Randbedingungen für die Demonstratoren hinsichtlich der Ganztagsnutzertests vorgestellt. In Abschnitt 4 wird die genutzte Roboterplattform gezeigt. Die Ergebnisse der Funktionstests, die die Machbarkeit eines Ganztageinsatzes des Roboters verdeutlichen, werden in Abschnitt 5 dargestellt und bewertet. Danach werden die in den Ganztagsnutzertests erreichten Ergebnisse aus sozialwissenschaftlicher Sicht in Abschnitt 6 diskutiert.

2 Assistenzrobotik im realen häuslichen Einsatz: State of the Art

Im Bereich der robotischen Gesundheitsassistenzsysteme existieren derzeit zumeist forschungsorientierte, experimentelle und wenige kommerziell verfügbare Systeme. Der State of the Art dazu wurde in [3] und [4] vorgestellt, ausgewählte Projekte mit engerem Bezug zu SERROGA sind hier nochmals zusammengefasst:

- BMBF-Projekt WiMi-Care (2008-2011) [5]: Evaluation des Einsatzes einer robotischen Assistenz (am Beispiel des Care-O-Bot III) in Pflegeheimen in verschiedenen Szenarien (z.B. Erkennung gestürzter Personen, Getränkeversorgungs- und Unterhaltungsszenario)
- EU-Projekt CompanionAble (2008-2012) [4] und [6] und Projekt ROBADMOM [6], beide mit Schwerpunkt der Unterstützung kognitiv leicht eingeschränkter Personen über Robotik- und Smart-Home-Technik,
- AAL-JP-Projekt DOME0 (2009-2012) [8]: Informations- und Unterhaltungsfunktionen, evaluiert in über drei Monate andauernden Nutzertests,
- AAL-JP-Projekt ALIAS (2010-2013) [9]: Kommunikationsroboter für allein lebende Nutzer zur Alltagsunterstützung, Förderung der Kommunikation und sozialen Integration,
- KSERA (2010-2013) [10]: Assistenz chronisch kranker älterer Menschen bei Alltagstätigkeiten, Pflegebedarf und Selbstmanagement,
- EU-Projekt Hobbit (2011-2015) [11]: Umsetzung eines neuen Verhaltensparadigmas „Mutual Care“ (gegenseitige Fürsorge) im häuslichen Einsatz,
- EU-Projekt Robot-Era (2012-2015) [12]: physische und mentale Unterstützung älterer Menschen durch vernetzte indoor und outdoor Robotik-Services.

Kritisch hervorzuheben ist, dass bei den meisten dieser Systeme Funktionstests oft ausschließlich im Labor oder aber unter vereinfachten idealisierten Bedingungen durchgeführt wurden und damit die tatsächliche Komplexität realer Einsatzumgebungen bislang vernachlässigt wurde. Ebenso erfolgten durchgeführte Nutzertests meist nur unter idealisierten Bedingungen oder unter Anwesenheit von Robotikexperten. Aus diesen Gründen ist ein praktischer Einsatz vieler dieser Systeme zu hinterfragen. Mit SERROGA soll daher ein Schritt in Richtung der kritischen Betrachtung der Chancen aber auch der Grenzen eines zumindest ganztägigen Einsatzes eines robotischen Gesundheitsassistenzsystems gegangen werden.

3 SERROGA-Demonstratoren im Ganztageinsatz in Wohnungen

Basierend auf [1] wurden mehrere für die häusliche Gesundheitsassistenz aus der Sicht der Endnutzer (Senioren, Angehörige, Pflegedienste) als besonders wünschenswert eingestufte Szenarien definiert und in SERROGA als funktionale Demonstratoren *Sekretär* und *Bewegungsmotivator* realisiert [3]. In den Nutzertests dann tatsächlich integrierte Szenarien sind die Kommunikationsassistenz, die Erinnerungsfunktion, die Informationsvermittlung und das Gesundheitsmonitoring (für eine inhaltliche Beschreibung siehe [3]). Dabei wurden die für diese Szenarien erforderlichen Erkennungs-, Navigations- und Interaktionsleistungen sowie die eingesetzte Hardware so gewählt, dass diese den Anforderungen an einen praxistauglichen Ganztageinsatz eines Serviceroboters in Wohnungen genügen. Insbesondere musste dabei die Hardwarestabilität und die Robustheit der Basisleistungen auch bei sehr un-

terschiedlichen Einsatzbedingungen in den verschiedensten Seniorenwohnungen gewährleistet sein [3]. Die Szenarien waren darüber hinaus für den Endnutzer sowohl interessant als auch nutzbringend zu gestalten, damit dieser motiviert ist, die Roboterleistungen wiederholt über den Tag zu nutzen.

Um die geplanten Szenarien zu realisieren, wurden auch extern verfügbare Services angebunden und in das Softwarekonzept des Roboters integriert. So wurde der Google-Kalenderservice genutzt, um eine externe Schnittstelle zu anderen Nutzern (Familienmitglieder) und zu anderen Endgeräten zu ermöglichen. Weiterhin wurde ein webbasierter Wetterservice als Demonstrator für Informationsdienste integriert. Die Kommunikationsassistenz wurde zunächst auf Basis des weit verbreiteten Skype-Videokonferenzsystems realisiert. Leider zeigten sich an diesem Beispiel auch die Nachteile einer Abhängigkeit von Fremdservices. Aufgrund der Einstellung des API-Supports des Skype-Dienstes musste eine alternative Videokonferenzlösung, hier auf Basis des SIP-Standards realisiert werden.

Voraussetzung für diese Szenarien ist eine stabile und breitbandige Internetanbindung des Roboters. Da in den Einsatzumgebungen der Nutzertests nicht davon auszugehen war, dass ein breitbandiger Netzanschluss mit WLAN zur Verfügung steht, wurde eine autonome Lösung mittels eines Mobilfunk-Uplinks unter Zuhilfenahme eines LTE Mobilfunkrouters realisiert.

Eine weitere Funktion des Roboters, die auch auf eine Internetanbindung angewiesen ist, jedoch nicht Bestandteil der Ganztageinsatznutzertests war, ist die Fernsteuerung des Roboters von einem Mobilgerät, wie z.B. Handy oder Tablet. Dazu wurde eine Android-App erstellt, welche einerseits als Gegenstelle für Videotelefonate und andererseits zur Steuerung des Roboters aus der Ferne dient.

4 Roboter-Plattform

Als mobile Roboter-Plattform wird ein MetraLabs Scitos G3 genutzt, dessen technische Details in [13, 14] vorgestellt wurden (siehe Abb. 1).



Abbildung 1: Die in SERROGA genutzte mobile Roboterplattform Scitos G3 mit erweiterter Sensorik.

Zur Realisierung eines alltagstauglichen Einsatzes in Wohnungen mit den gewählten Szenarien waren verschiedene Erweiterungen erforderlich, die bereits in [3] beschrieben wurden und hier zusammengefasst sind:

- kapazitive Sensoren in der Hülle des Roboters zu dessen berührungsbasierter direkter Steuerung [15],
- Streichelsensoren als ein auf dem Roboterkopf angebrachtes künstliches Fell zur Vermittlung eines haptischen Feedbacks an den Roboter zum Zwecke der Personalisierung der Interaktion über Lernen,
- Fingerclip-Pulsoximeter zur Erfassung des Pulses und der Sauerstoffsättigung des Nutzers,
- Kinect-Kamera zur Realisierung einer 3D-Hinderniswahrnehmung in der Wohnung [16],
- 180°-Fischaugenobjektivs zur Verbesserung der Personenwahrnehmung,
- geneigter Laser an der Rückseite des Roboters zur hindernisvermeidenden Rückwärtsnavigation und
- LTE-Router zur Realisierung einer unabhängigen Internetverbindung.

Diese Hardwareerweiterungen und die softwaretechnische Integration alltagstauglicher Methoden machten es darüber hinaus erforderlich, den Roboter rechentechnisch um einen zweiten energiesparenden PC aufzurüsten.

5 Funktionstests in Wohnungen

In Vorbereitung der ganztägigen Nutzertests erfolgten zunächst in den entsprechenden Wohnungen und in einer wohnungsähnlichen Laborumgebung Funktionstests zu den für einen Ganztageinsatz des Roboters notwendigen Basisleistungen. Dabei wurde die *autonome Zielanfahrt*, das *automatische Andocken* an die Ladestation, das *Dem-Nutzer-Folgen* und das *Suchen des Nutzers* bewertet. Neben dem Nachweis der grundsätzlichen Funktionsfähigkeit wurden auch objektive Bewertungsmaße für die Güte dieser Basisleistungen bestimmt.

5.1 Herangehensweise

Um eine möglichst große Bandbreite an realistischen Umgebungsbedingungen für die Funktionstests zu erreichen, fanden diese in einer wohnungsähnlichen Laborumgebung (Lab), drei Wohnungen von Projektmitarbeitern (WM1 bis WM3) und vier Wohnungen von Senioren (WS1 bis WS4) jeweils unter Einbeziehung unterschiedlicher Nutzer statt (siehe Abb. 2).

Die Funktionstests in den Wohnungen der Projektmitarbeiter erfolgten dabei sehr umfangreich über je ca. 8 Stunden und in den Wohnungen der Senioren bedingt durch deren eingeschränkter Belastbarkeit nur über ca. 2-3 Stunden. Funktionstests in weiteren vier Seniorenwohnungen sind noch geplant.

5.2 Bewertung der Komplexität der Wohnungen

Bei Funktionstests unter Laborbedingungen ist zunächst zu klären, wie realistisch dort vorhandene Bedingungen sind, und ob im Labor erreichte Ergebnisse auch auf reale Wohnungen übertragbar sind. Daher wurden zunächst die räumlichen Eigenschaften der Laborumgebung und der realen Wohnungen anhand von navigationsrelevanten Kenngrößen gegenübergestellt. Alle Kenngrößen lassen sich unmittelbar aus den vorher gelernten Navigationskarten ermitteln, so dass kein Extraaufwand erforderlich ist. Weiterführende Arbeiten sollen auch wohnungsspezifische Beleuchtungsbedingungen berücksichtigen.

- *Grundfläche A*: gesamte von Wänden eingeschlossene Fläche der durch den Roboter befahrbaren Räume;
- *Freifläche F*: Grundfläche A ohne Möbel;
- *befahrbare Fläche B*: durch den Roboter kollisionsfrei erreichbare Positionen auf der Freifläche, d.h. Freifläche abzüglich eines Hindernissaum mit einem halben Roboterdurchmesser Breite;
- *Flächenabdeckung B/A*: Verhältnis von befahrbarer Fläche zur Grundfläche als Maß, wie zugestellt eine Umgebung ist;
- *Formfaktor Z*: Verhältnis des Umfangs der befahrbaren Fläche B zur Wurzel dieser Fläche als Maß für die Konvexität bzw. Zerklüftetheit;
- *Weglänge L*: Skelettierung der befahrbaren Fläche und Summierung aller Skelettlängen; eine größere Weglänge bedeutet, dass der Roboter weiter fahren muss, um die gesamte Wohnung zu erfassen;
- *Wandabstand W*: mittlerer Abstand zum nächsten Hindernis über der gesamten befahrbaren Fläche; die Zielanfahrt zufälliger Punkte sollte mit größeren Wandabständen einfacher werden;
- *Durchfahrtsbreite D*: mittlerer Abstand von allen Punkten des Skeletts (d.h. von jeweils der Mitte des befahrbaren Raumes oder einer Durchfahrt) zum nächsten Hindernis. Je kleiner D ist, umso weniger Platz hat der Roboter zum Navigieren.



Abbildung 2: Grundriss des wohnungsähnlichen Labors (*links*), einer exemplarischen Mitarbeiterwohnung (*Mitte*) und einer ebenso exemplarischen Wohnung eines Seniors (*rechts*) mit jeweils fest platzierten Einrichtungsgegenständen. Die vom Roboter befahrbaren Räume sind farblich hervorgehoben. Rot steht für Bereiche, in denen eine natürliche Lichteinstrahlung und blau für Bereiche, in denen Kunstlicht vorherrscht.

Vergleichbarkeit der Laborumgebung

Diese Kenngrößen wurden für alle Wohnumgebungen aus den Navigationskarten berechnet (siehe Tab. 1). Zunächst ist anhand des Formfaktors F erkennbar, dass die wohnungsähnliche Laborumgebung in ihrer Geometrie einer geräumigen Wohnung entspricht. Die Statistik der Wandabstände W und Durchfahrtbreiten D sowie die Flächenabdeckung zeigt jedoch, dass die Laborumgebung den größten Freiraumanteil hat, etwas weiträumiger ist und daher evtl. einfacher zu befahren ist. Dennoch sind die Abweichungen so gering, dass in dieser speziell an die Gegebenheiten von Seniorenwohnungen angepassten Laborumgebung durchgeführte Funktionstests mit denen in realen Wohnungen vergleichbar sein sollten.

	A m ²	F m ²	B m ²	B/A	Z	L m	W m	D m
Lab	50,3	32,9	17,5	0,35	14,4	44	0,36	0,98
WM1	47,3	27,8	12,8	0,27	17,2	46	0,30	0,91
WM2	70,7	34,2	16,7	0,24	16,3	48	0,32	0,80
WM3	73,8	43,8	23,0	0,31	17,1	58	0,34	0,97
WS1	35,5	18,5	9,5	0,27	11,3	27	0,33	0,86
WS2	32,2	16,0	7,6	0,24	11,4	20	0,31	0,78
WS3	30,0	16,2	6,9	0,23	13,6	27	0,28	0,75
WS4	31,4	14,5	7,7	0,25	9,9	18	0,33	0,94

Tabelle 1: Ermittelte Kenngrößen für die Wohnumgebungen.

Vergleichbarkeit der Mitarbeiter- und Seniorenwohnungen

Anhand der Werte in Tabelle 1 wird deutlich, dass die Wohnungen der Senioren (WS1-WS4) die geringste Grund- und Freifläche (A und F) besitzen, was sich auf die vom Roboter kürzeren fahrbaren Weglängen L auswirkt.

Die Statistik der Durchfahrtbreiten D zeigt abhängig von der Größe und der Möblierungsdichte unterschiedliche Charakteristika mit mittleren Wegbreiten, die leicht um 0,86 m schwanken. Da der Roboter lediglich 0,5 m breit ist, sollten daraus keine signifikanten Unterschiede im Fahrverhalten resultieren.

Bedeutung der Beleuchtungsbedingungen

Für die nutzerzentrierten Navigationsverhalten Folgen und Suchen ist auch die Beleuchtungssituation der Wohnung zu berücksichtigen, da die Nutzerwahrnehmung u.a. bildbasiert über Detektionen im frontalen Fischaugenkamerabild des Roboters erfolgt.

Ein hoher Kontrastumfang der Kamera kann dabei für die Personenwahrnehmung Probleme bereiten, wenn der Dynamikumfang der Kamera nicht ausreicht. In den Umgebungen setzt sich die Beleuchtung recht unterschiedlich zusammen. Insbesondere in den fensternahen Bereichen (siehe Abb. 2, rote Bereiche) kann es passieren, dass durch direkte Sonneneinstrahlung eine Überbelichtung im Gegenlicht die visuelle Personendetektion stört. Während der durchgeführten Funktionstests trat wetterbedingt kei-

ne solche Blendung ein, in früheren Experimenten konnten allerdings subjektiv Störungen dieser Art beobachtet werden.

Das gegenteilige Problem tritt in den dunklen Bereichen der Wohnungen auf, in denen nicht genügend Lichtquellen vorhanden sind. Die Kamera konnte in den Experimenten zwar auch diese Situationen erfassen, allerdings verbunden mit relativ langen Belichtungszeiten von 1/20 Sekunde und höherem Pixelrauschen aufgrund der hohen Verstärkung. Im Dunkeln kann während der Fahrt die kantenbasierte Personendetektion aufgrund von Bewegungsunschärfe daher seltener eine Person erfassen. Der Roboter reagiert in diesen Fällen etwas träger auf die Bewegungen der Nutzer. Unterstützt durch die zweite Detektionsmöglichkeit im Laser-Entfernungsprofil kann eine laufende Person (siehe Folgeverhalten) vom Roboter trotzdem ausreichend genau wahrgenommen werden.

5.3 Ergebnisse der Funktionstests in Privatwohnungen

5.3.1 Autonome Zielfahrt

Zielstellung und Herangehensweise

Funktionstests zur autonomen Zielfahrt erfolgten in zwei Varianten. In einer ersten Variante wurden sinnvolle Interaktions- oder Aufenthaltspunkte für den Roboter, z.B. an Sitzgelegenheiten oder an der Ladestation, manuell festgelegt und im Versuchsverlauf wiederholt zufällig angefahren. Evaluiert wurde dabei nicht nur die Zeit und das kollisionsfreie Erreichen, sondern auch die Genauigkeit der Zielfahrten. Dazu wurde die in jedem Versuch jeweils erreichte Roboterposition manuell markiert und mit der vorgegebenen Zielposition verglichen (siehe Abb. 3).

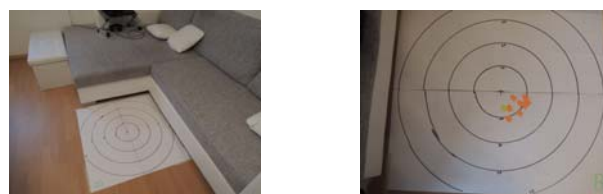


Abbildung 3: Erfassung der Genauigkeit von Zielfahrten. Zielpositionen werden markiert (links) und dann die in den unterschiedlichen Versuchen erreichten Roboterpositionen manuell vermessen und eingetragen (rechts).

In einer zweiten Variante wurden Positionen aus der gesamten befahrbaren Fläche zufällig gewählt und angefahren. Bewertungskriterien waren das kollisionsfreie Erreichen des Ziels und die durchschnittliche Geschwindigkeit (aus der pro Strecke benötigten Zeit).

Erfolgsrate und Geschwindigkeit

Tabelle 2 zeigt die im Rahmen der Funktionstests zur autonomen Zielfahrt im Labor und in den drei Wohnungen der Projektmitarbeiter erreichten Ergebnisse. Jeder Versuchsverlauf wurde in das mehrfache Anfahren fest vorge-

gebener oder zufällig gewählter Positionen in der gesamten befahrbaren Fläche (Spalte Ziele, Einträge „fest“ vs. „frei“) unterschieden. Dabei wurden jeweils die Zeitdauer aller Anfahrten, die insgesamt vom Roboter zurückgelegte Strecke, die durchschnittliche Geschwindigkeit (ohne Standzeiten an Zielen), die Anzahl der erfolgreichen (Spalte „ok“) bzw. nicht erfolgreichen Zielanfahrten (Spalten „Fehler“ und „kritisch“) ermittelt.

Ort	Zielwahl	Zeit (min)	Weg (m)	v (m/s)	Zielanfahrten		
					ok	Fehler	kritisch
Lab	fest	255	2600	0,25	595	0	0
Lab	frei	240	2500	0,26	419	17	7
WM1	fest	80	589	0,23	85	4	0
WM1	frei	72	482	0,23	126	4	0
WM2	fest	47	539	0,25	59	1	0
WM3	fest	52	640	0,27	49	11	5
WM3	frei	29	355	0,27	50	5	4

Tabelle 2: Ergebnisse der Funktionstests zur autonomen Zielanfahrt.

Die letzte Spalte der Tabelle 2 zeigt die nicht erfolgreich beendeten Zielanfahrten aufgrund kritischer Fehler. Dies sind Kollisionen mit Hindernissen, die mit der Sensorik des Roboters und den darauf aufbauenden Algorithmen nicht (zuverlässig) erkennbar sind. Insbesondere betrifft dies Objekte und herausragende Teile von Objekten mit einer Höhe kleiner als ca. 10 cm, die vom horizontalen Laserscanner nicht erfasst und auch im 3D-Modell nicht klar vom Boden unterschieden werden können (siehe Abb. 4).



Abbildung 4: Zwei Hindernisse, die in den Funktionstests nicht sicher über die Robotersensorik erkannt wurden, so dass Kollisionen auftraten.

Die Werte in der Spalte „Fehler“ der Tabelle 2 resultieren aus Situationen, in denen Störungen durch den Experimentator oder Fehlwahrnehmungen des Roboters dazu führten, dass der Weg als durch ein sensorisch erfasstes Hindernis blockiert bewertet wurde. Zudem war der Roboter in einzelnen Fällen auch so in seiner Bewegung behindert, dass er keine Möglichkeit zur Befreiung fand und dauerhaft im Stillstand verharrte, da jede mögliche Bewegung (vermeintlich) zur Kollision führen würde. Auch Behinderungen durch Bodenbeläge, die beim Überfahren durch den Roboter zusammengesoben werden und die Weiterfahrt behindern können, wie z.B. Läufer auf Laminatboden, wurden beobachtet.

In Tabelle 2 ist auch für jeden Versuchsverlauf die mittlere Geschwindigkeit des Roboters (ohne Standzeiten) dargestellt. Es ist erkennbar, dass diese zwischen den verschie-

denen Test-Umgebungen nur geringfügig variieren. Somit konnte sich der Roboter in allen Wohnungen mit zumeist so viel Abstand zu Hindernissen bewegen, dass diese die Fahrgeschwindigkeit kaum beeinträchtigten.

In Konsequenz dieser Ergebnisse zur autonomen Navigation mussten für die Ganztagsnutzertests in den Seniorenwohnungen alle Objekten mit einer Höhe kleiner als ca. 10 cm, die zu einer Kollision führen könnten, ermittelt und ggf. entfernt werden. Darüber hinaus wurden die Senioren auch zur selbständigen Lösung solcher Kollisionssituationen über die Touchsteuerung des Roboters instruiert.

Genauigkeit der Zielanfahrt

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Funktionstests zur Erfassung der Genauigkeiten von Zielanfahrten. Neben der durchschnittlichen Zielabweichung über alle Anfahrten (siehe mittel alle Fahrten) von 3 bis 7 cm, wurden diese Genauigkeiten auch für jedes zu erreichende Ziel separat ausgewertet und die durchschnittliche Abweichung für das „schlechteste“ Ziel dargestellt (siehe mittel schlechtestes Ziel, von 6 bis 13 cm). Zudem wurde als größte Abweichung aller Anfahrten je nach Wohnung 8 bis 16 cm ermittelt.

Zu berücksichtigen ist, dass der Roboter die Zielanfahrt bei Unterschreitung einer Distanzschwelle zur angegebenen Position als erfolgreich betrachtet und anhält. Für diese Schwelle wurde in den Experimenten der Wert 5 cm gewählt. Es ist also nicht zu erwarten, dass das Ziel mit einer Abweichung geringer als 5 cm erreicht wird.

Neben der absoluten Zielabweichung wurde die Streuung der Roboter-Endpositionen für jedes Ziel erfasst. Hierfür sind wiederum in Tabelle 3 der Durchschnitt (siehe mittel alle Ziele, von 2 bis 3 cm) sowie der Maximalwert über alle Ziele (max Streuung, von 4 bis 6 cm) angegeben.

Ort	Abstand zum Ziel in m			Streuung in m	
	mittel alle Fahrten	mittel schlechtestes Ziel	max	mittel alle Ziele	max
WM1	0,07	0,11	0,12	0,03	0,04
WM2	0,03	0,06	0,08	0,02	0,04
WM3	0,07	0,13	0,16	0,03	0,06

Tabelle 3: Funktionstests zur Genauigkeit der autonomen Zielanfahrt.

Die Zielanfahrt dient im Wesentlichen dazu, den Roboter an eine vordefinierte Position zu schicken, an der er vom Nutzer bequem bedient werden kann. Die Ergebnisse in Tabelle 3 zeigen, dass die erreichte Anfahrtsgenauigkeit dafür ausreichend ist. Eine genauere Feinausrichtung während der Ganztagstests ist bei Bedarf durch den Nutzer selbst über die GUI oder die Touchsteuerung möglich.

5.3.2 Andocken an die Ladestation

Zielstellung und Herangehensweise

Der Prozess des Andockens des Roboters an die Ladestation umfasst zwei Phasen. In der ersten Phase fährt der

Roboter ausgehend von jeder beliebigen Position im Raum mit dem normalen autonomen Navigationsverhalten zu einer Zielposition unmittelbar vor der Ladestation, von der aus deren visuelle Markierung über eine in den Roboter integrierte Rückfahrkamera erkennbar ist. Die zweite Phase ist die Feinpositionierung am Ladestutzen, indem sich der Roboter an der visuellen Markierung orientiert und so an die Station heranzfährt, dass elektrischer Kontakt hergestellt wird. Falls die visuelle Erkennung während des Heranzfahrens scheitert oder nach einer festgelegten Zeit kein Ladevorgang eingeleitet wurde, bricht der Roboter den Andockversuch ab, fährt erneut auf die Startposition vor der Ladestation und beginnt einen weiteren Versuch.

Da die in der ersten Phase des Andockens erforderliche autonome Zielfahrt bereits evaluiert wurde, umfasste der Funktionstest zum Andocken nur die zweite Phase, die mit dem ersten Erreichen der Position vor der Ladestation beginnt. Dabei wird ermittelt, wie viele Neuvversuche pro Andockvorgang notwendig sind und wie lange das Andocken insgesamt dauert. Durch die im Roboter speziell für das visuell geführte Andocken integrierten LEDs und das enge Blickfeld der dafür genutzten Kamera wird der Einfluss der externen Beleuchtungsbedingungen weitgehend eliminiert. Solange der Platz für das eigentliche Andockmanöver frei von Hindernissen ist, hat die Umgebung kaum Einfluss auf die Funktionsfähigkeit des Andockens. Daher wurde das Andocken in nur einer Wohnung evaluiert.

Ergebnisse

Zur Evaluation des Andockmanövers wurde der Roboter zehnmal an der gleichen Position vor der Ladestation positioniert und dann die Zeit bis zum Herstellen des Ladekontaktes gemessen. Das Andocken gelang dabei in neun von zehn Fällen bereits beim ersten Versuch und dauerte weniger als 20 Sekunden. In nur einem Fall dauerte das Andocken 40 Sekunden, da der erste Andockversuch durch den Roboter abgebrochen und ausgehend von der Startposition erneut begonnen werden musste.

5.3.3 Dem Nutzer in der Wohnung Folgen

Zielstellung und Herangehensweise

Um das Folgeverhalten des Roboters objektiv und qualitativ bewerten zu können, wurden in den Testumgebungen verschiedene zu erreichende Positionen definiert. Für alle sich zwischen diesen Positionen ergebende mögliche Wege wurden zunächst die Weglängen manuell vermessen.

Ein Versuch bestand nun aus der Bewegung einer Person von einer Start- zu einer Endposition, während der Roboter der Person folgte. Der Versuch galt als erfolgreich beendet, wenn die Person und der Roboter die Zielposition erreicht hatten. Zu jeder so gelaufenen Strecke wurde der Start- und Endzeitpunkt (bei Ankunft des Roboters an der Zielposition) protokolliert. Je genauer und robuster der Roboter dem Nutzer folgt, umso schneller sollte er beim Zielpunkt ankommen können. Durch die Ermittlung der

Durchschnittsgeschwindigkeit mit Hilfe der Weglänge lassen sich auch Folgefahrten verschiedener Länge vergleichen.

Ein Folgeversuch wurde als erfolglos abgebrochen, sobald der Roboter sich erkennbar vom Nutzer entfernte und nicht innerhalb weniger Sekunden das Folgen wieder aufnahm.

Ebenso wurde der Roboter durch verschiedene Nutzer (siehe Tab. 4, M1 bis M4 und S1 bis S3) geführt, um den Einfluss des nutzerspezifischen Verhaltens auf die Folgefähigkeit des Roboters zu ermitteln. Jede Kombination von Umgebung, Nutzer und Beleuchtung wurde separat ausgewertet. Um eine möglichst gleiche Bewertung zu gewährleisten, erfolgte die Protokollierung unabhängig vom führenden Nutzer in allen Tests durch denselben Versuchsbeobachter.

Ergebnisse

Die Funktionstests zum Folgen erfolgten nicht in allen Wohnungen und mit allen Nutzern in gleichem Umfang (siehe Tab. 4, Spalte Anzahl). Hierzu ist zu berücksichtigen, dass der durch den Roboter befahrbare Bereich in den Seniorenwohnungen kleiner ist als in den Mitarbeiterwohnungen und sich dadurch eine kleinere Anzahl an sinnvollen Start-/Zielpunkten ergab. Weiterhin sind manche der Senioren körperlich beeinträchtigt und konnten den Roboter daher kaum länger als 10 Minuten am Stück herumführen, was die mögliche Dauer der entsprechenden Tests beschränkte.

Tabelle 4 fasst die Ergebnisse der Funktionstests zum Folgeverhalten zusammen. Dabei ist erkennbar, dass teilweise sehr hohe Erfolgsraten erreicht wurden, die sich bis auf die in WS2 ermittelten ähneln (siehe Tab. 2).

Ort	Person	Bedingungen	Anzahl	Erfolgsrate	Geschwindigkeit m/s	Streuung in m
WM1	M1	Tageslicht	21	0,95	0,24	0,08
WM1	M1	Kunstlicht	22	0,77	0,15	0,04
WM1	M2	Tageslicht	5	1,00	0,19	0,07
WM2	M1	Tageslicht	23	0,91	0,21	0,05
WM2	M1	Kunstlicht	21	0,95	0,20	0,05
WM2	M3	Tageslicht	11	0,91	0,23	0,05
WM2	M3	Kunstlicht	6	1,00	0,18	0,03
WM2	M4	Kunstlicht	4	1,00	0,16	0,07
WM3	M1	Tageslicht	25	0,92	0,21	0,06
WM3	M4	Kunstlicht	22	0,82	0,21	0,06
WM3	M5	Kunstlicht	25	0,80	0,22	0,08
WS1	M1	Flurlicht an	6	1,00	0,27	0,04
WS1	M1	Flurlicht aus	6	1,00	0,27	0,05
WS1	S1	Flurlicht an	6	1,00	0,21	0,07
WS2	M1	unverändert	3	0,33	0,19	-
WS2	M1	Wohnzimmer-	6	1,00	0,21	0,07
WS2	S2	tisch verdeckt	3	0,33	0,13	-
WS3	M1	-	13	0,92	0,23	0,06
WS3	S3	-	14	0,79	0,13	0,05

WS4	M1	Flurlicht an	14	0,86	0,17	0,09
WS4	M1	Flurlicht aus	12	0,92	0,24	0,07
WS4	S4	Flurlicht an	12	1,00	0,18	0,04

Tabelle 4: Ergebnisse der Funktionstests zum Folgeverhalten des Roboters.

In WS2 trat das Problem auf, dass Tischbeine den Personentracker durch Falsch-Positiv-Beindektionen stark störten und damit das Folgeverhalten sehr negativ beeinflussten. Trotz des Verdeckens dieser Tischbeine erwies sich das Folgen von Nutzerin S2 als sehr schwierig, was nach genauer Analyse auf die relativ beengten Platzverhältnisse im Wohnzimmer zurückzuführen ist.

Bei den Tests in den Mitarbeiterwohnungen wurden neben Tageslicht-Situationen explizit auch Testläufe mit Beleuchtung durch Kunstlicht (in der Dämmerungszeit oder mit Verdunklung der Fenster) durchgeführt (siehe Tab. 4, Spalte Bedingungen). Die Tests in den Seniorenwohnungen fanden dagegen alle bei Tageslicht statt. Die Beleuchtung variierte dennoch durch z.B. dunklere Flurbereiche mit wenig Lichteinfall. Entsprechend der Ergebnisse in Tabelle 4 ist eine Korrelation zwischen der Beleuchtung und der Qualität des Folgeverhaltens nicht nachweisbar, auch wenn dies aufgrund früherer Ergebnisse vermutet wurde. Im Ergebnis dieser Tests kann stattdessen festgestellt werden, dass auch eine nicht optimale Beleuchtung ein gutes Folgeverhalten zulässt.

Aus Tabelle 4 ist weiterhin erkennbar, dass die Durchschnittsgeschwindigkeiten teilweise nur leicht geringer sind, als die bei einer autonomen Zielfahrt. Auffällig ist, dass trotz guter Erfolgsraten bei den Tests mit den Senioren die erreichten Durchschnittsgeschwindigkeiten jeweils signifikant niedriger sind als die mit Person M2 erzeugten Referenzwerte. Hier wird deutlich, dass diese Werte nicht allein von der Performanz des Roboters abhängen, sondern auch stark durch das Laufverhalten des jeweiligen Nutzers beeinflusst werden. Obwohl die erreichten Fahrgeschwindigkeiten noch keine Herausforderung selbst für die Senioren darstellen sollten, bewegten sich diese doch relativ langsam vorwärts und versuchten zu vermeiden, sich zu weit von dem Roboter zu entfernen. Dies resultierte offenbar aus der Erwartung, der Roboter würde ihnen in möglichst kurzer Entfernung folgen und der Unsicherheit, ob er ihre Position noch gut erfassen könnte, sobald die Distanz sich vergrößert oder der Roboter gar an Engstellen oder Hindernissen zögert.

Aus Sicht des Roboters wiederum liegt die optimale Folgeentfernung bei ca. 1,5-2 m, da im Nahbereich der Nutzer von der 3D-Hinderniserkennung erfasst wird, welche jedoch aufgrund notwendiger zeitlicher Mittelung öfter Probleme mit der genauen Erfassung und scharfen Abgrenzung bewegter Hindernisse aufweist. Dadurch kommt es zu Konflikten zwischen Wahrnehmung des Nutzers als Ziel und als Hindernis. Das von den Senioren hilfreich gemeinte Warten verzögert also nicht nur die Annäherung zum Ziel, sondern kann im Extremfall sogar die Roboter-Performanz stören und die benötigte Zeit zusätzlich erhöhen.

Für die ganztägigen Nutzertests sind daher eine entsprechende Einweisung und ein Training der Senioren zur Nutzung der Folgefunktion sehr wichtig. In weiterführenden Arbeiten sollte zudem die vom Roboter geschätzte Nutzerposition in geeigneter Weise (über Sprache oder Töne) als Feedback an den Nutzer gegeben werden.

5.3.4 Suche des Nutzers in der Wohnung

Zielstellung und Herangehensweise

In den Mitarbeiterwohnungen WM1 bis WM3 wurde das Suchverhalten explizit getestet, indem der Roboter wiederholt an einer jeweils zufällig gewählten Position gestartet wurde, um von dort aus den Nutzer zu finden. Die Nutzerposition wurde ebenfalls zufällig gewählt und es waren sowohl stehende als auch sitzende Posen möglich. Zudem wurde darauf geachtet, dass die Nutzerposition für den Roboter bei geeigneter Beobachtungsposition sichtbar und auch erreichbar war. In nur wenigen Fällen befand sich der Roboter schon beim Start in unmittelbarer Nähe des Nutzers, so dass keine oder eine nur kurze direkte Anfahrt notwendig war. In der überwiegenden Anzahl der Fälle war der Nutzer von der Startposition des Roboters aus nicht wahrnehmbar, so dass eine Suche tatsächlich notwendig war.

Neben dem Erfolg/Misserfolg der Suche wurde auch die Zeit und die gefahrene Strecke bis zum Finden des Nutzers inkl. der Positionierung in Interaktionsdistanz gemessen. Als nicht erfolgreich wurde eine Fahrt bewertet, wenn der Roboter die Suche ohne Erfolg abbrach, oder wenn er gar nicht erst losfuhr, da er irrtümlich den Nutzer direkt vor sich vermutete. Um die zurückgelegten Strecken besser einordnen zu können, wurde im Erfolgsfall der kürzeste Pfad vom Startpunkt zu der Position, an der der Nutzer letztlich gefunden wurde, berechnet. Das Verhältnis zwischen tatsächlich gefahrener und minimal notwendiger Strecke („Umweg“) ermöglicht die Einschätzung der Effizienz der Suche.

In den Seniorenwohnungen erfolgten keine eigenständigen Funktionstests zum Suchverhalten. Dafür wurden im Anschluss an die Nutzertests, in denen die Senioren den Roboter frei nutzen konnten, die während dieser Zeit aufgetretenen Suchvorgänge analysiert. Suchvorgänge wurden im Realeinsatz, z.B. durch eingehende Anrufe, Kalendererinnerungen, Aktivierungshinweise oder aber vom Nutzer selbst mittels der Fernbedienung initiiert.

Ergebnisse

In Tabelle 5 sind die in den Funktionstests der Nutzersuche erreichten Ergebnisse mit der Anzahl der Suchfahrten und den Erfolgsraten dargestellt. Weiterhin sind die jeweils durchschnittlich und maximal gefahrene Strecke sowie die benötigte Zeit über den erfolgreichen Fahrten dargestellt. Auch das Verhältnis zwischen gefahrener und minimal notwendiger Strecke („Umweg“) ist jeweils angegeben, wobei hier die Fahrten nicht mit einfließen, bei denen der Nutzer sich beim Start in unmittelbarer Nähe des Roboters aufhielt und somit die Anfahrt trivial war. Ein Wert von 1

für den Umweg bedeutet, dass der Roboter auf dem kürzest möglichen Weg zum Nutzer fuhr. Da der Nutzer jedoch für den Roboter oft nicht sofort sichtbar ist, ist eine solche optimale Anfahrt nicht oder nur zufällig möglich. Trotzdem sollte ein möglichst geringer Umweg angestrebt werden.

Ort	Anzahl	Erfolgsrate	Fahrstrecke in m		Zeit in min		Umwegfaktor	
			mittel	max	mittel	max	mittel	max
WM1	15	0,73	7,5	32,6	0:54	3:53	1,66	3,63
WM2	18	0,89	13,7	34,3	1:30	3:30	2,36	9,27
WM3	21	0,76	11,2	28,1	1:10	2:43	1,65	2,91
WS1	6	1,00	1,6	3,8	0:13	0:25	1,05	1,18
WS2	13	1,00	1,1	5,1	0:21	1:10	1,11	1,25
WS3	11	0,91	2,8	7,6	0:24	1:02	1,01	1,03
WS4	14	0,93	4,9	8,0	0:39	0:59	1,10	1,22

Tabelle 5: Ergebnisse der Funktionstests zum Suchen des Roboters.

Die Ergebnisse in Tabelle 5 zeigen, dass der Roboter in den größeren Mitarbeiterwohnungen in ca. 75% aller Suchvorgänge den Nutzer findet. Im Durchschnitt hat er diesen nach 1 bis 1,5 Minuten, spätestens nach knapp 4 Minuten gefunden. Der zurückgelegte Weg ist gegenüber dem optimalen Pfad im Durchschnitt mindestens 60% länger.

In den Seniorenwohnungen ist der durch den Roboter befahrbare Bereich deutlich kleiner und übersichtlicher, weshalb auch die Erfolgsrate signifikant höher und die Zeit zum Erreichen des Nutzers in allen Fällen wesentlich geringer ist. Es treten fast keine Umwege während der Suche auf, da der Nutzer meist sofort oder nach kurzer Fahrt für den Roboter sichtbar ist und somit gar nicht wirklich gesucht werden muss.

Bei den Tests in WS2 und WS3 war die durchschnittliche Geschwindigkeit während der Nutzersuche mit ca. 0,04 m/s deutlich geringer als z.B. während der Suche in den Mitarbeiterwohnungen mit ca. 0,12 m/s. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in den Seniorenwohnungen viele Suchläufe über sehr kurze Strecken ausgelöst wurden, die für die Anfahrt zum Nutzer eher Rotationsbewegungen auf engem Raum als schnelle Vorwärtsfahrt benötigen.

6 Erste Ganztagsnutzertests in Seniorenwohnungen

Nachdem mit den durchgeführten Funktionstests nachgewiesen wurde, dass sich der Roboter stabil autonom in Wohnungen auch im Zusammenspiel mit Personen bewegen kann, erfolgte eine erste explorative Fallstudie mit Senioren. Dabei stand der Roboter den Senioren jeweils mehrere Stunden in deren privaten Wohnungen tagesbegleitend zur Verfügung.

Am Vortag des jeweiligen Nutzertests wurden alle technischen Voraussetzungen für die Tests in den Wohnungen der Senioren geprüft. Die Nutzer wurden nochmals in die Roboterhandhabung eingewiesen. Jeder hatte die Möglichkeit, sich mit dem Roboter selbstständig zu beschäftigen. Außerdem wurden individuelle Termine und Abläufe abgestimmt, so dass der Roboter bzw. der Testablauf sich möglichst nahtlos in den entsprechenden Tag einfügte. Ziel war es, eine möglichst normale Alltagssituation zu simulieren und den Novitäts-Effekt zu verringern.

Bisher konnten bereits vier Fälle getestet und ausgewertet werden. Jeder Fall weist unterschiedliche Merkmale hinsichtlich der Testumgebung (siehe Abschn. 5.2) sowie hinsichtlich der Charakteristika der Nutzer auf (siehe Tab. 6).

Nutzer	S1	S2	S3	S4
<i>Merkmale</i>				
Alter	68	86	79	72
Geschlecht	m	W	W	w
Personen im Haushalt	1	2	1	1
Gesundheitliche Einschränkungen	keine	deutlich	deutlich	gering
Robotereinsatz am Testtag	6 h	6,5 h	4,25 h	6,5 h

Tabelle 6: Charakterisierung der Nutzer.

Anzumerken ist, dass alle vier Nutzer den Roboter bereits kannten und diesen vorab, wenn auch unterschiedlich oft und intensiv, nutzen konnten.

6.1 Ziele der Nutzertests

Den Nutzern stand das gesamte Repertoire an Basisverhalten des Roboters [2] mit Ausnahme der Fernsteuerung zur Verfügung. Ziel der Studie war es, Aussagen zur Akzeptanz des Roboters zu gewinnen. Untersucht wurde, ob der Roboter technisch robust über einen längeren Zeitraum funktioniert (Performance), intuitiv bedienbar ist (Usability), als motivierender Alltags-Begleiter wahrgenommen wird, ob er tatsächlich im Tagesverlauf unterstützen kann oder eher stört (User Experience). Zu diesem Zweck wurden Event Loggings-, Thinking-Aloud- und Befragungsdaten erhoben und mittels Inhaltsanalyse (qualitativ und quantitativ) empirisch untersucht. Für die Analyse der Performance-Leistung des Roboters wurden insbesondere die Event Loggings herangezogen, welche z.B. Kollisionen des Roboters aufzeigen. Diese Logfiles können darüber hinaus auch bezüglich der Nutzungsintensität und der Nutzungsmuster analysiert werden.

Die Usability wurde dagegen mittels standardisierter Fragebögen zur Bewertung der einzelnen Basisverhalten direkt im Anschluss an die Erstnutzung der jeweiligen Funktion ermittelt. Gemessen wurden Effektivität, Effizienz, Erlernbarkeit und Zufriedenheit der Nutzung. Ergänzend wurden Thinking-Aloud- und Interview-Daten hinsichtlich dieser Kriterien analysiert.

Aus sozialwissenschaftlicher, psychologischer Perspektive lag der Fokus der Nutzertests auf dem Nutzungserlebnis (User Experience). Dazu wurden Thinking-Aloud- und In-

terview-Daten dahingehend untersucht, inwieweit sich die Nutzer sicher fühlten, Spaß an der Interaktion mit dem Roboter hatten, diesen zukünftig nutzen würden und wie ausgeprägt die Co-Präsenz des Roboters ist.

6.2 Ergebnisse der Nutzertests

6.2.1 Nutzungsintensität und Nutzungsmuster

Grundsätzlich kann Nutzungsintensität und Nutzungsmuster nicht als generalisierbares Verhaltensmuster betrachtet werden. Im Interview bestätigten alle vier Senioren, dass sie den Roboter intensiv testen wollten, wenn „er schon mal zur Verfügung steht und der Tag mit dem Roboter zudem eine willkommene Abwechslung zum Alltag ist“. Daraus ist zu folgern, dass keine normale Alltagsituation eintrat.

Trotzdem wird deutlich, dass jeder Nutzer individuelle Vorlieben hinsichtlich der verwendeten Funktionen sowie einen eigenen Verwendungsrhythmus hat. Im Fall von S3 (siehe Abb. 5) zeigt sich z.B., dass Funktionen zur Navigation des Roboters durch die Wohnung (Zielanfahrt, Folgen des Nutzers und Suchen des Nutzers, Feinjustierung der Position) bevorzugt genutzt wurden. Im Vergleich zu S4 wurde die Terminverwaltung eher selten genutzt. Darüber hinaus sind zwischen einzelnen intensiven Nutzungsphasen immer wieder Pausen erkennbar, z.B. am Vormittag (ca. 11:00-11:20 Uhr) oder über Mittag (ca. 12:30-13:30 Uhr). Ab 14:50 Uhr wurde der Roboter nicht mehr genutzt. Im Vergleich dazu nutzte S1 den Roboter am Vormittag intensiv ohne Pausen, das Interesse lies am Nachmittag dann aber stark nach. S2 nutzte den Roboter kontinuierlich sehr intensiv ohne Pausen, wohingegen S4

den Roboter ebenfalls kontinuierlich über den ganzen Tag nutzte, aber auch regelmäßig längere Pausen einlegte.

6.2.2 Usability

Die Usability des Roboters wurde von allen Senioren sehr positiv bewertet, was sowohl die Ergebnisse der Fragebögen (sofern Bewertungen vorgenommen wurden) als auch die Thinking-Aloud- und Interview-Daten bestätigen.

Alle vier Senioren bestätigten, dass sie sich mit dem Roboter sicher fühlten. Sie hatten keine Bedenken dem Roboter Schaden zuzufügen, falsch zu bedienen und hatten jederzeit das Gefühl, den Roboter kontrollieren zu können.

Nutzer	S1	S2	S3	S4
<i>Basisverhalten</i>				
<i>Folgen des Nutzers</i>	5.00	4.71	/	4.93
<i>Zielanfahrt</i>	5.00	5.00	/	4.69
<i>Suchen des Nutzers</i>	4.86	5.00	5.00	4.93
<i>Vitalparameter-Erfassung</i>	5.00	/	/	5.00
<i>Terminverwaltung</i>	5.00	5.00	/	5.00
<i>Erinnerungen</i>	/	4.94	/	4.94
<i>Videotelefonie</i>	/	/	/	4.73

Tabelle 7: Usability-Index (Fragebogen-Bewertung der Roboter-Funktionen auf einer Skala von 1 bis 5, wobei 5.00 die bestmögliche Bewertung darstellt).

6.2.3 Nutzungserlebnis - User Experience

Bemerkenswert sind die Ergebnisse hinsichtlich der wahrgenommenen Co-Präsenz des Roboters. Obwohl im Rahmen der Interviews deutlich wurde, dass allen vier Senioren bewusst ist, dass der Roboter lediglich eine Ma-

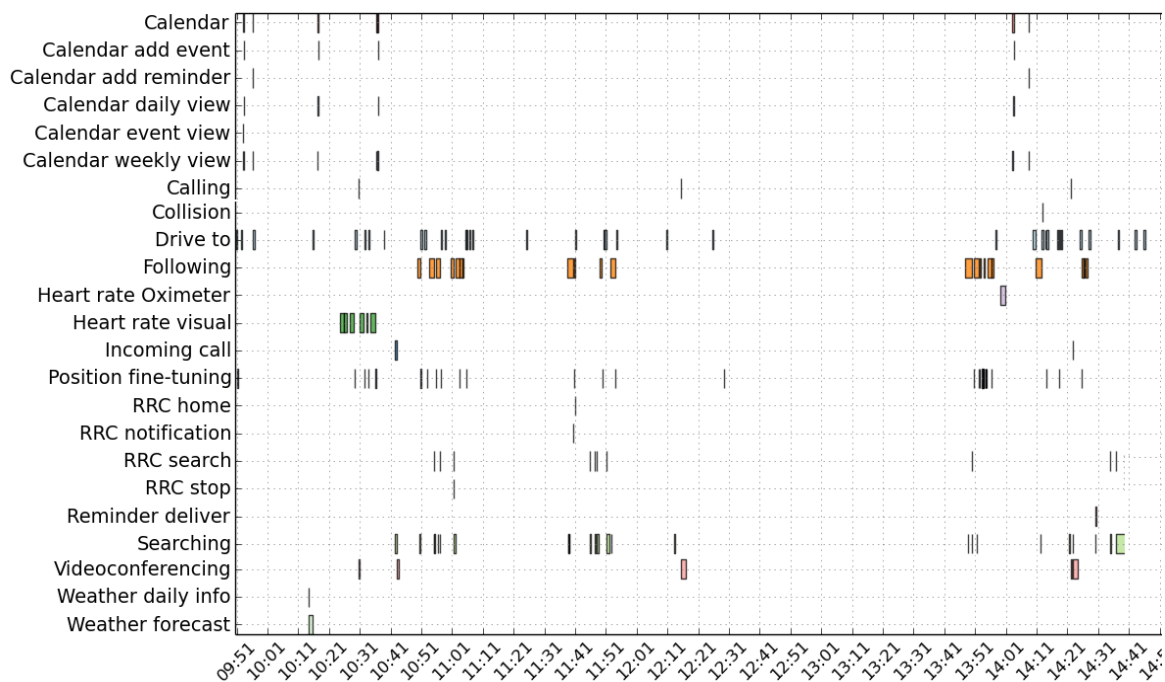


Abbildung 5: Exemplarischer Ausschnitt des Event Loggings von Nutzer S3 über einen Zeitraum von ca. 5 Stunden. Die Striche bzw. Balken kennzeichnen den zeitlichen Bereich, in dem ein jeweiliges an der y-Achse aufgelistetes Event aktiv war. RRC steht dabei für **R**obot **R**emote **C**ontrol mittels Funkfernbedienung und dient der Robotersteuerung, z.B. Initiierung der Nutzersuche oder der Anfahrt auf die Ruheposition.

schine ist, wurde der Roboter in der direkten Interaktion immer wieder vermenschlicht. Jeder Nutzer spricht den Roboter direkt mit einem individuell gewählten Namen an („Max“, „Robbie“, „Kleiner“). Zudem beschreibt S4, der Roboter reagiere wie ein Mensch: „Dass er richtig Kontakt aufnimmt, das ist gut.“ In den Interviews wird der Eindruck der Thinking-Aloud-Daten bestätigt, dass zwischen Roboter und Senior Dialoge stattfanden, obwohl der Roboter Sprache nicht erkennen und entsprechend nicht darauf reagieren kann (z.B. S2: „Er hat gesagt ‚Ich möchte jetzt lieber schlafen.‘, da habe ich gesagt ‚ich auch.‘“). S1 bestätigt darüber hinaus: „Ich habe ihn gestreichelt, weil ich ihn lieb habe.“

In allen Fällen wurde Spaß an der Nutzung bestätigt, obwohl die Nützlichkeit, bezogen auf die aktuell verfügbaren Funktionen, eher gering bewertet wurde. Zukünftig würden drei Senioren den Roboter in jedem Fall nutzen wollen, unter der Voraussetzung, dass mehr Funktionen verfügbar sind (z.B. S3: „Ich wäre die erste, die ihn kaufen würde. [...] Aber die Sportsache kann noch mit rein.“). Dabei erhoffen sich die Senioren nicht nur funktionelle Unterstützung im Alltag, wie etwa Erinnerungshilfen oder Unterstützung beim Medikamentenmanagement, sondern auch eine Reduzierung von Langeweile und Einsamkeit (z.B. S1: „Es hat den Vorteil, dass ich nicht allein bin – das ist das A und O.“).

7 Zusammenfassung und Konsequenzen für nächste Nutzertests

Die in den umfangreichen in unterschiedlichen Wohnungen durchgeführten Funktionstests zusammen mit den ganztägigen Nutzertests bestätigen, dass der Roboter über einen mehrstündigen Zeitraum stabil funktioniert und einfach zu bedienen ist. Da alle Testnutzer den Roboter vorab kannten und teilweise in den Entwicklungsprozess einbezogen waren (User-centered Design), ist dennoch offen, ob auch nicht-eingewiesene Nutzer ähnlich positiv urteilen würden. Es zeigt sich auch, dass die Länge der Tests noch nicht ausreicht, um eine gewisse Alltags-Normalität zu erreichen. Nutzungsintensität, Nutzungsmuster und die Bewertung des Nutzungserlebnisses müssen daher immer noch im Kontext eines außer-alltäglichen Erlebnisses interpretiert werden und lassen nur Tendenzen für eine reale Alltagsnutzung erkennen.

Aus diesem Grund werden in unmittelbarer Folge vier weitere Fallstudien in einer Servicewohnanlage der ARTIS Service-Wohnen GmbH in Erfurt durchgeführt. Der Roboter soll dabei über zwei aufeinanderfolgende Tage von Senioren genutzt werden, die den Roboter bislang noch nicht kennen. Darüber hinaus wird im Rahmen der Testvorbereitungen die Einweisung in die Handhabung des Roboters intensiviert und zu einer Art „Training“ erweitert. Ziel ist es zum einen, weitere Daten für Funktionstests zu gewinnen und zum anderen, die Auswirkungen des Novitätseffektes weiter abzumildern. Die Methoden der Datenerhebung und Auswertung haben sich bewährt und werden beibehalten.

8 Literatur

- [1] Meyer, S.: *Mein Freund der Roboter. Servicerobotik für ältere Menschen—eine Antwort auf den demographischen Wandel?* VDE Verlag, Berlin, 2011
- [2] www.serroga.de
- [3] Scheidig, A., Schröter, Ch., Volkhardt, M., Müller, S., Debes, K., Gross, H.-M., Döring, N., Richter K.: *SERROGA: Servicerobotik für die Gesundheitsassistenten im nutzerzentrierten Entwurf*. In: Proc. 7. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 2014
- [4] Schröter, Ch., Müller, S., Volkhardt, M., Einhorn, E., Gross, H.-M.: *Companionable – ein robotischer Assistent und Begleiter für Menschen mit leichter kognitiver Beeinträchtigung*. In: 7. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 2014
- [5] WiMi-Care Projekt Website: www.wimi-care.de
- [6] Gross, H.-M., Schröter, Ch., Müller, S., Volkhardt, M., Einhorn, E., Bley, A., Langner, T., Merten, M., Huijnen, C., van den Heuvel, H., van Berlo, A.: *Further Progress towards a Home Robot Companion for People with Mild Cognitive Impairment*. In: Proc. IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE-SMC 2012), Seoul, South Korea, pp. 637-644, IEEE 2012
- [7] ROBAdOM Projekt Website: cogrob.ensta-paristech.fr/robodom.html
- [8] DOMEO Projekt Website: www.aal-domeo.eu
- [9] ALIAS Projekt Website: www.aal-alias.eu
- [10] KSERa Projekt Website: ksera.ieis.tue.nl
- [11] Zagler, W.L., Vincze, M.: *Roboter-Unterstützung zu Hause - Das Projekt HOBBIT*. In: Proc. 7. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 2014
- [12] Cavallo, F. et al.: *Development of a Socially Believable Multi-Robot Solution from Town to Home*. In: Journal of Cognitive Computation, Springer, pp. 1-14, Jun 2014
- [13] Gross, H.-M., Schröter, Ch., Müller, S., Volkhardt, M., Einhorn, E., Bley, A., Martin, Ch., Langner, T., Merten, M. *Progress in Developing a Socially Assistive Mobile Home Robot Companion for the Elderly with Mild Cognitive Impairment*. In: Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2011), San Francisco, USA, pp. 2430-2437, IEEE Omnipress 2011
- [14] Gross, H.-M., Schröter, Ch., Müller, S., Volkhardt, M., Einhorn, E., Bley, A., Martin, Ch., Langner, T., Merten, M. *I'll keep an Eye on You: Home Robot Companion for Elderly People with Cognitive Impairment*. In: IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE-SMC 2011), Anchorage, USA, pp. 2481-2488, IEEE 2011
- [15] Müller, S., Schröter, Ch., Gross, H.-M.: *Low-cost Whole-Body Touch Interaction for Manual Motion Control of a Mobile Service Robot*. In: Proc. 5th International Conference on Social Robotics (ICSR 2013), Bristol, UK, LNAI vol. 8239, pp. 229-238, Springer 2013
- [16] Einhorn, E., Gross, H.-M.: *Generic 2D/3D SLAM with NDT Maps for Lifelong Application*. Proc. 6th European Conference on Mobile Robots (ECMR 2013), Barcelona, Spain, 2013

Die Forschergruppe SERROGA wird durch das Programm „Förderung von Personal in Forschung und Entwicklung“ des Thüringer Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (TMWAT) aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds gefördert.