

# CompanionAble – ein robotischer Assistent und Begleiter für Menschen mit leichter kognitiver Beeinträchtigung \*

Christof Schröter, Steffen Müller, Michael Volkhardt, Erik Einhorn, Horst-Michael Gross  
Fachgebiet Neuroinformatik und Kognitive Robotik, Technische Universität Ilmenau, 98684 Ilmenau, Germany

Claire Huijnen, Herjan van den Heuvel, Ad van Berlo  
Stichting Smart Homes, P.O. Box 8825, 5605 LV Eindhoven, Niederlande

Andreas Bley  
MetraLabs GmbH, Am Vogelherd 22 98693 Ilmenau

## Kurzfassung

Dieses Paper präsentiert die Ergebnisse von Nutzertests mit einem sozialen Assistenzroboter für ältere Menschen mit leichter kognitiver Beeinträchtigung, welche aber noch in der Lage sind, selbständig in ihrer eigenen Wohnung zu leben. Im EU-geförderten Projekt *CompanionAble* (2008-2012) wurde eine Assistenztechnologie entwickelt, die auf der Kombination eines mobilen Roboters und einer Smart Home Umgebung basiert und diese Nutzer in ihrer eigenen Wohnung unterstützen soll. Für eine abschließende Evaluation konnten 11 Teilnehmer (5 Paare und eine Einzelperson) das CompanionAble-System in einer Testumgebung für jeweils 2 Tage frei nutzen. Dienste, die in diesem Test zur Verfügung standen, waren u.a. Verwaltung und Erinnerung an Termine (vordefiniert oder von den Nutzern oder deren Partnern selbst eingetragen) sowie auch regelmäßige Vorschläge für bestimmte Aktivitäten, Video-Telefonie mit Angehörigen/Freunden, ein kognitives Trainingsprogramm, sowie die Möglichkeit zur Verwahrung persönlicher Gegenstände wie Schlüssel, Brille etc. durch den Roboter. Die detaillierte Darstellung der implementierten Assistenzfunktionen und der Ergebnisse der Nutzerstudie, welche im Mai und Juni 2012 durchgeführt wurden, setzt die bisherigen Arbeiten [2] fort und bildet den Abschluss des CompanionAble-Projektes.

## Abstract

This paper presents results of user evaluations with a socially assistive robot companion for older people suffering from mild cognitive impairment (MCI) and living at home. Within the European FP7 project *CompanionAble* (2008-2012) [1], we developed assistive technologies combining a mobile robot and smart home environment with the aim to support these people and assist them living in their familiar home environment for as long as possible. For a final evaluation, user experience studies were conducted with 11 volunteer users (5 couples plus one single user) who were invited to a test home where they lived and freely used the robot and integrated system over a period of two days. Services provided by the companion robot include reminders of appointments (predefined or added by the users themselves or their informal carer) as well as frequent recommendations to specific activities, which were listed e.g. by their family carers. Furthermore, video contact with relatives and friends, a cognitive stimulation game designed especially to counter the progress of cognitive impairments, and the possibility to store personal items with the robot are offered. Continuing our previous work published in [2], this paper presents a detailed description of the implemented assistive functions and results of user studies conducted during April and May 2012.

## 1 Einführung

Soziale Assistenzroboter für den Einsatz im häuslichen Umfeld stellen ein gegenwärtig stark wachsendes Forschungsfeld dar. Im Gegensatz zu anderen Geräten wie automatischen Reinigungsrobotern, Rasenmähern oder reinen Überwachungsrobotern sind soziale Roboter darauf ausgelegt, Dienstleistungen durch direkte Interaktion mit dem Menschen zu erbringen, wie z.B. Vermittlung von Informationen, Unterstützung der Kommunikation mit anderen Menschen oder einfach Unterhaltung.

\* gefördert durch das 7. Forschungsrahmenprogramm der EU unter Fördernummer 216487 (Projekt CompanionAble) sowie durch den Freistaat Thüringen und den Europäischen Sozialfond unter Fördernummer N501/2009 (Projekt SERROGA, Projektnummer 2011FGR0107)



Abbildung 1 CompanionAble Roboter und Tablet-PC in Benutzung während der Nutzer-Tests

*CompanionAble* war ein *Integrated Project* im Rahmen des 7. Forschungsrahmenprogramms der EU, welches im Zeitraum 2008 bis 2012 bearbeitet wurde. Ziel des Projekts war die Entwicklung einer integrierten *Ambient Assisted Living* (AAL)-Technologie, bestehend aus einer Kombination eines Assistenzroboters und einer *Smart Home*-Umgebung, vorrangig zur Unterstützung von Nutzern mit leichten kognitiven Beeinträchtigungen (engl. *Mild Cognitive Impairments*, MCI).

Wesentliche Entwicklungsziele waren dabei der Entwurf und die Realisierung einer neuen Roboter-Plattform für Anwendungen im häuslichen Einsatzfeld, die Bereitstellung von Dienstleistungsfunktionen (Termin- und Erinnerungsfunktion, Videotelefon, kognitive Trainingsprogramme, Aufbewahrung persönlicher Gegenstände) sowie die (Weiter-)Entwicklung der benötigten Grundagentechnologien für die Nutzerwahrnehmung und -interaktion (Nutzerdetektion und -tracking, Ton- und Spracherkennung, Sturzerkennung und Erfassung von Vitaldaten mit geeigneten Sensoren).

Um eine praxis- und nutzergerechte Umsetzung zu gewährleisten, wurden für die gesamte Projektlaufzeit regelmäßige Nutzertest-Phasen geplant. Im Ergebnis sollte ein Prototyp eines integrierten Assistenzsystems, bestehend aus mobilem Roboter, statischen Smart Home-Komponenten und der Anbindung zu einer *Telecare*-Zentrale, entstehen.

In Anbetracht der Bedürfnisse der Zielgruppe wurde der sozialen und kognitiven Unterstützung Vorrang gegeben vor physischer Manipulation (Hol- und Bringendienste etc.), da Nutzer mit kognitiven Einschränkungen eher von Erinnerungsfunktionen und Unterstützung der sozialen Interaktion profitieren als von physischer Unterstützung.

Im Gegensatz zu anderen Robotik-Projekten wurde insbesondere bei der Entwicklung der Roboterplattform auch auf ökonomische Randbedingungen geachtet, die die Chancen in einem potentiellen Endnutzer-Markt stark mitbestimmen. Andere Service-Roboter wie z.B. Care-O-Bot [3] oder PR2 [4] legen den Fokus stärkerer auf die bestmögliche Hardware und Sensorik, sind damit aber auch von vornherein eher auf die Rolle von Forschungs- und Demonstrationsplattformen festgelegt. Der in *CompanionAble* entwickelte Roboter sollte hingegen eine sinnvolle Balance zwischen den technischen Möglichkeiten, den Anforderungen der Anwendung im häuslichen Umfeld und einem niedrigen Preis als wesentlichem Kriterium für eine spätere Vermarktung darstellen.

Am anderen Ende des Spektrums stehen eine ganze Reihe kleinerer und vergleichsweise preisgünstiger Roboter, die in den letzten Jahren die Marktreife erreicht haben oder dies in Kürze tun sollen. Viele dieser verfügbaren Roboter bieten allerdings nur geringe autonome Fähigkeiten. Ein großer Teil der kürzlich vorgestellten Roboter stellen Telepräsenz-Systeme dar, d.h. sie dienen im Wesentlichen der Überwachung oder der Kommunikation mit einem Partner an einem entfernten Ort, wobei die grundlegende

Steuerung der Roboteraktivität dem Nutzer obliegt. Typische Vertreter sind Giraff [5] und das darauf bezogene Projekt ExCITE [6][7], VGo [8], QB [9], Gostai Jazz [10], Texai [11] oder Double [12].

Manche Roboter stellen sich alternativ oder zusätzlich als offenes System dar, auf dem unabhängige Entwickler ähnlich wie auf einem PC- oder Smartphone-System eigene Anwendungen unter Nutzung der spezifischen Roboterfunktionalität (z.B. Sensorik, Mobilität) realisieren können, z.B. Luna [13], [14] und AVA [15].

Zwischen diesen beiden Enden existieren viele hauptsächlich forschungsorientierte Projekte, die soziale Assistenzroboter ähnlich zu *CompanionAble* entwickeln, viele davon mit nur geringfügig variierendem Fokus. Einige davon sind ALIAS [16], HealthBot [17], Mobiserv [18], FLORENCE [19], KSERA [20], DOME0 [21], EmotiRob [22] und Robo M.D. [23].

Im Unterschied zu vielen ähnlichen Arbeiten war das Ziel von *CompanionAble* vor allem die Analyse des Zusatznutzens eines mobilen Roboter-Begleiters in einer Smart Home Umgebung, bezogen auf die Unterstützung kognitiv eingeschränkter Nutzer, und die Evaluation der tatsächlichen Nutzererfahrung. Letztendlich sollte gezeigt werden, dass ein Roboter, der auch mit Blick auf die kommerzielle Verwendung entwickelt wurde, autonom agieren kann, um nützliche Dienste zu vollbringen und dessen Benutzung gleichzeitig Spaß macht.

## 2 Überblick über das *CompanionAble*-System

### 2.1 Mobile Roboter-Plattform

Der *CompanionAble*-Roboter ist ein Scitos G3 der Firma MetraLabs (siehe Abb.2). Dieses Robotermodell wurde im Rahmen des Projektes spezifisch für die geplante Anwendung entwickelt. Wichtige Eigenschaften sind dabei:

- eine kleine Grundfläche von ca. 50cm Radius sowie eine relativ geringe Höhe von 120cm.
- Differential-Antrieb mit 2 angetriebenen Rädern sowie einem Stützrad hinten und der Fähigkeit, Schwellen bis 1,5cm Höhe zu überwinden
- LiFePO4 Batterie mit Ladekapazität für ca. 10h ununterbrochenen Betrieb
- ein kippbares berührungssensitives Display, das motorgetrieben verstellt werden kann und dadurch die richtige Stellung für Bedienung durch einen sitzenden oder stehenden Nutzer einnehmen kann
- 2 Ablageflächen für kleinere Gegenstände, die mit RFID-Antennen ausgerüstet sind und dadurch entsprechend markierte Objekte auch erkennen können

Für autonome Funktionen wie kollisionsfreie Navigation, Nutzerwahrnehmung und Umgebungsüberwachung ist der Roboter mit verschiedenen Sensoren ausgestattet: Neben einem Laserscanner und einem Ring von Ultraschallsenso-



**Abbildung 2** links: Scitos G3, entwickelt als Assistenzroboter für CompanionAble. rechts: der Roboter angedockt an der Ladestation sowie Großaufnahme der Ladestation

ren als Entfernungsmesser sind eine *Kinect*-Tiefenkamera sowie eine hochauflösende Kamera mit 180° Sichtfeld sowie ein CMT-Mehrkanal-Mikrofon [24] integriert.

Um die Batterie während längerer autonomer Einsatzzeiten selbständig nachladen zu können, wird der Roboter durch eine Ladestation ergänzt. Die Ladestation nutzt die gleiche Steckverbindung, die auch z.B. für kabellose Wasserkocher eingesetzt wird. Da dieses System keine offenliegenden Kontakte enthält, kann ohne Sicherheitsrisiko eine hohe Ladespannung benutzt werden und damit eine schnelle Aufladung erreicht werden. Das entsprechende Anschluss-Gegenstück ist auf der Rückseite des Roboters verbaut, so dass dieser rückwärts an die Ladestation heranfahren und andocken kann. Für die benötigte genaue Positionierung werden visuelle Markierungen auf der Ladestation genutzt, die durch eine zusätzliche rückwärtige Kamera erfasst werden, so dass während des Andockmanövers die relative Position verfolgt werden kann (siehe Abb.2).

Ausführlichere Beschreibungen der Hardware- und Softwarekomponenten für Navigation, Wahrnehmung und Interaktion können z.B. den Publikationen [25] und [26] entnommen werden.

## 2.2 Statische Smart Home-Umgebung

Der Roboter ist eingebettet in ein Smart Home, welches Funktionen bereitstellt, die nicht vom mobilen Gerät selbst geleistet werden, wie z.B. Netzwerk-Infrastruktur, zusätzliche Sensorik, statische Interaktionsgeräte (Touchscreens) und Steuermöglichkeiten für Licht, Vorhänge etc.

Infrarot-Sensoren werden benutzt, um den Aufenthaltsort des Nutzers in der Wohnung zu verfolgen. Obwohl diese Sensoren bei Weitem nicht die Auflösung der Roboter-eigenen Fähigkeiten zur Personendetektion erreichen, können sie fast die gesamte Wohnung gleichzeitig erfassen und damit den Roboter unterstützen, um den Nutzer zu finden wenn dieser sich außerhalb seines aktuellen Sichtbereiches befindet [27]. Weitere Sensoren an der Ein-

gangstür und im Flurbereich können erkennen, wenn der Nutzer die Wohnung von außen betritt oder diese möglicherweise in Kürze verlässt.

Zusätzlich zu den Sensoren und Netzwerk-Steuerschnittstellen enthält das Smart Home auch eigene Bediengeräte, die alternativ zu dem Roboter zur Interaktion genutzt werden können: Ein festes Touch-Display in der Küche sowie ein Tablet-PC bieten ebenfalls Zugriff auf einige der CompanionAble-Dienstleistungen. Eine einheitliche graphische Nutzeroberfläche auf diesen Geräten und dem Roboter unterstützt die Erfahrung eines gemeinsamen CompanionAble-Systems. Der folgende Abschnitt beschreibt die verschiedenen Dienstleistungen und die Zugriffsmöglichkeiten darauf.

## 2.3 Assistenzfunktionen

Auf Basis der zuvor beschriebenen Hardware werden verschiedene Dienstleistungen angeboten. Diese Dienste werden dem Nutzer mittels eines multi-modalen Dialogsystems präsentiert: der Roboter kann mittels einer Grafischen Nutzeroberfläche (*Graphical User Interface*, GUI) auf dem Touch-Display bedient werden, er kann aber auch ein beschränktes Repertoire an Spracheingaben verarbeiten und einige Ausgaben auch in Sprachform ausdrücken. Um eine ergonomische Bedienung sowohl im Sitzen als auch im Stehen zu gewährleisten, wird der Kippwinkel des Displays automatisch an die Höhe des Kopfes des Nutzers angepasst (dazu wird Gesichts- und Oberkörpererkennung genutzt). Eine manuelle Korrektur durch den Nutzer ist dabei jederzeit per Touchscreen über die GUI möglich.

Die multi-modale Interaktion wird durch einen framebasierten Dialogmanager realisiert, dieser definiert abstrakte Eingabesemantiken sowie abstrakte Ausgaben. Verschiedene Inputformen wie Klicks auf der GUI, erkannte Sprachphrasen oder Systemereignisse/-zustände wie „Nutzer gefunden“ oder „Ladezustand niedrig“ werden auf die definierten Semantiken abgebildet. Dadurch wird die Definition von Interaktionssequenzen von der konkreten Eingabemodalität entkoppelt und dieselbe Eingabe kann z.B. mittels Druck auf einen GUI-Knopf oder durch das entsprechende Sprachkommando erfolgen.

Jeder *Frame* im Dialogmanager beschreibt eine abgeschlossene Menge an Interaktionen, die zusammen typischerweise einen Dienst des Roboters realisieren. Interaktionen können nicht nur vom Nutzer initiiert werden, sondern auch vom Roboter, wenn bestimmte auslösende Ereignisse erkannt werden, z.B. ein eingehender Anruf oder das Verlassen der Wohnung durch den Nutzer. Die wichtigsten Dienste werden im Anschluss detailliert erklärt.

Manche dieser Dienste sind nicht nur auf dem Roboter, sondern zusätzlich auch auf den zuvor genannten Displays des Smart Home verfügbar. Dort ist allerdings keine multi-modale und systeminitiierte Interaktion möglich, sondern ausschließlich konventionelle Bildschirm-Bedienung. Dies ist auch der Erkenntnis aus früheren Tests geschuldet, dass

„sprechende Wände“ den Nutzer eher verwirren [28][18]. Der Roboter mit seiner Körperlichkeit wird eher als echter Interaktionspartner angenommen und war im final realisierten System daher der einzige Teil, der aktiv handelte und auch Sprachausgaben benutzte. Um trotzdem die Frage zu beantworten, welche Vor- und Nachteile die Nutzer in der Integration des mobilen Roboters gegenüber einer rein statischen Smart Home-Umgebung sehen, wurden zu Referenzzwecken die Smart Home Displays als alternative Interaktionsmöglichkeiten beibehalten.

### 2.3.1 Kalender mit Terminerinnerung

Ein Kalendersystem speichert Termine, Verabredungen und To-Do-Listen für den Nutzer. Die Kalender-Einträge können mittels GUI sowohl auf dem Roboter als auch auf den Smart Home-Geräten angelegt, angezeigt und geändert werden. Eine Spracheingabe ist möglich, aber nur zum Öffnen/Schließen des Kalenders und zum Wechseln zwischen verschiedenen Ansichten. Die Eingabe von Kalender-Einträgen erfolgt nur über die GUI. Dadurch kann das Repertoire an zu erkennenden Sprachkommandos klein gehalten werden, was der Robustheit zu Gute kommt. Da die eigentliche Kalender-Datenbank auf einem Server gespeichert wird, der per Netzzugriff angebunden ist, kann auch anderen Zugriff darauf gewährt werden, z.B. Familienangehörigen oder Pflegepersonal.

Im Unterschied zu einem passiven Kalender liefert der Roboter aktiv Erinnerungen aus: wenn ein Termin für ein Ereignis oder eine eingetragene Erinnerung ansteht, sucht der Roboter nach dem Nutzer und präsentiert die Erinnerung, wenn er ihn gefunden hat. Wenn der Nutzer nicht gefunden wird, bleibt die Erinnerung aktiv, und es wird in festen Abständen erneut versucht, sie auszuliefern, bis der Nutzer bestätigt, dass er davon Kenntnis genommen hat.

### 2.3.2 Vorschläge/Anregungen

Ebenso wie Termine kann der Roboter auch Anregungen für Beschäftigungen ausliefern, z.B. „Hast du heute schon die Zeitung gelesen?“, „Jetzt wäre ein guter Zeitpunkt, um ein Glas Wasser zu trinken“. Diese Vorschläge werden nicht automatisch generiert, können aber für bestimmte Zeitpunkte zum Beispiel von Angehörigen eingetragen werden. Gerade für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen sind solche Anregungen sehr nützlich.

### 2.3.3 Video-Telefon

Eine Videotelefonie-Anwendung ist integriert, die auf dem SIP-Protokoll aufbaut und Kommunikation z.B. mit Angehörigen oder Pflegepersonal ermöglicht. Während der Nutzertests wurden die Kontakte für jeden Teilnehmer individuell konfiguriert.

Der Nutzer kann von sich aus einen Anruf zu einem der eingetragenen Kontakte beginnen, indem er diesen aus einer Liste auswählt oder ein entsprechendes Sprachkommando äußert. Während des Anrufs ist der Roboter in der Lage, dem Nutzer zu folgen, so dass er sich frei bewegen

und sogar dem Gesprächspartner Plätze oder Objekte in der Wohnung zeigen kann.

Im umgekehrten Fall eines eingehenden Anrufes beginnt der Roboter den Nutzer aktiv zu suchen, während ein Klingelton zu hören ist und der Anrufer benannt wird. Der Roboternutzen hat die Wahl, den Anruf anzunehmen oder abzulehnen. Wenn ein Gespräch zustande kommt, folgt der Roboter wiederum dem Nutzer währenddessen.

Falls der Nutzer bei einem Anruf nicht gefunden wird, dann wird die Nummer bzw. der Name des Anrufers gespeichert und bei der nächsten Gelegenheit informiert der Roboter über den verpassten Anruf.

### 2.3.4 Kognitives Training

Zur Unterstützung und Stimulation der kognitiven Fähigkeiten wurde eine Trainingsanwendung entwickelt. Diese enthält eine Vielzahl von Übungen verschiedener kognitiver Kategorien, welche von professionellen Therapeuten entwickelt und individuell nach dem Gesundheitszustand des Nutzers zusammengestellt werden. Die Ergebnisse können ebenfalls an die medizinischen Betreuer übermittelt werden, so dass Veränderungen beobachtet und die Trainingsprogramme gegebenenfalls angepasst werden können. Diese Applikation kann sowohl auf dem Roboter als auch auf dem Tablet-PC genutzt werden.

### 2.3.5 Aufbewahrung von kleinen Gegenständen

Wie bereits beschrieben, ist der Roboter in der Lage, RFID-Tags zu erkennen, die in eines seiner Ablagefächer gelegt werden, welche sich hinter und unter dem Display befinden. Indem solche Tags an persönlichen Gegenständen wie Schlüsselbund, Brieftasche oder Mobiltelefon angebracht werden, kann der Roboter diese für den Nutzer aufbewahren. Er erkennt und bestätigt, wenn Gegenstände eingelegt oder entnommen werden, das Vorhandensein einzelner Gegenstände kann abgefragt werden und wenn vorhanden kann der Roboter zum Nutzer fahren, um den entsprechenden Gegenstand zu bringen.

### 2.3.6 Heimsteuerung

Durch die Anbindung der vorhandenen Smart Home-Technologien und –Schnittstellen ist es möglich, bestimmte Geräte im Haus zu steuern. Über die GUI können z.B. Beleuchtung und Vorhänge gesteuert werden, sowohl vom Roboter als auch von den Smart Home-Displays aus.

### 2.3.7 Robotersteuerung

Mit dem Robotersteuerungs-Menü kann der Roboter zu bestimmten vordefinierten Positionen oder zur Ladestation geschickt werden. Der Roboter kann ebenfalls angewiesen werden, dem Nutzer zu folgen, und kann so zu beliebigen Positionen geführt werden.

Die Robotersteuerung ist auch auf den Smart Home-Displays verfügbar, damit kann z.B. der Roboter vom Küchendisplays aus in die Küche gerufen werden.

### 2.3.8 Begrüßung und Verabschiedung

Wenn der Nutzer sich zur Wohnungstür begibt, wird dies durch Sensoren registriert und angenommen, dass er die Wohnung verlassen will. Der Roboter folgt dem Nutzer zur Tür und fragt nach der voraussichtlichen Rückkehr. Für die Abwesenheitszeit werden die anstehenden Termine präsentiert. Außerdem erinnert der Roboter an die persönlichen Gegenstände, die er noch in Verwahrung hält, und bietet an, automatisch die Beleuchtung auszuschalten und evtl. Vorhänge zu schließen.

Beim Heimkommen wird der Nutzer vom Roboter im Eingangsbereich begrüßt, zurückliegende und noch offene Termine sowie verpasste Anrufe (mit Rückrufmöglichkeit) werden präsentiert. Außerdem bietet der Roboter an, Schlüssel oder Brieftasche wieder entgegen zu nehmen.

Wenn der Roboter gerade nicht mit dem Nutzer interagiert oder diesen zur Interaktionsaufnahme sucht, fährt er nach kurzer Zeit an die Ladestation, um Energie zu sparen. Bei einem Ereignis, das eine Nutzerinteraktion erfordert (z.B. eine Terminerinnerung steht an) beginnt er wieder, nach dem Nutzer zu suchen.

Nachts oder zu anderen Zeiten wenn der Nutzer ungestört bleiben will, kann er den Roboter in einen Passiv-Modus schalten, in dem der Roboter nur auf der Ladestation verharrt, dort zwar noch über die GUI bedient werden kann, aber Erinnerungen, Anrufe etc. unterdrückt.

Ein Vorstellungs-Video mit einem Überblick des CompanionAble-Systems und der Dienstleistungen ist unter <http://youtu.be/yOFFO2FvjUY> zu sehen.

## 3 Ablauf der Nutzertests

Die Nutzertests fanden im 2. Quartal 2012 in zwei Smart Home-Demonstrations-Installationen in Eindhoven (Niederlande) und Gits (Belgien) statt. Insgesamt wurden 6 Test-Läufe mit 11 Nutzern (5 Paare, 1 Einzelperson) durchgeführt. Jeder Testlauf bestand aus 2 aufeinanderfolgenden Tagen, die die Testnutzer im Test-Haus mit dem Roboter verbrachten. Jeweils einer der Nutzer war von einer ärztlich diagnostizierten Form kognitiver Erkrankungen in unterschiedlicher Schwere betroffen. Dieser wurde in 5 von 6 Fällen vom Lebenspartner bzw. der engsten Bezugsperson begleitet (4 mal Ehefrau, einmal Tochter). Tabelle 1 zeigt weitere Details der Test-Teilnehmer.

Obwohl das CompanionAble-Projekt ursprünglich eher allein lebende ältere Menschen als Roboter-Nutzer anvisierte, lebten fast alle Test-Teilnehmer zusammen mit einem Partner, der auch in die Pflege der Erkrankten eingebunden war. Im Verlauf des Projektes war offenbar geworden, dass ein Assistenzsystem nicht nur für die kognitiv Beeinträchtigten selbst, sondern auch für deren Angehörige und Pfleger eine deutliche Unterstützung darstellen kann. Aus diesem Grund wurden für die abschließenden

Tests Paare als Testpersonen rekrutiert. Außerdem stellen die Partner eine wertvolle Informationsquelle dar, die sowohl über die Gewohnheiten und Erwartungen der primären Nutzer als auch über die Erfahrungen während der Testsitzungen Auskunft geben konnten.

Test	Kategorie	Geschlecht	Alter	Diagnose
1	Nutzer	M	77	Alzheimer
	Ehefrau	F	80	
2	Nutzer	M	57	Alzheimer
	Ehefrau	F	55	
3	Nutzer	M	74	Morbus Pick/FTD
	Ehefrau	F	71	
4	Nutzer	M	63	Alzheimer
5	Nutzer	M	80	MCI
	Ehefrau	F	75	
6	Nutzer	F	77	MCI
	Tochter	F	49	

**Tabelle 1** Überblick über die Testteilnehmer (FTD = Frontotemporale Demenz, MCI = Mild Cognitive Impairment = Leichte kognitive Beeinträchtigung)

Von den sechs teilnehmenden Paaren hatten zwei bereits aus früheren Testphasen Erfahrung mit Komponenten von CompanionAble, während den vier anderen das System noch völlig unbekannt war. Die meisten Teilnehmer waren allerdings relativ vertraut mit Technologie und modernen Medien (z.T. auch durch früheren beruflichen Hintergrund), und hatten eine positive Einstellung zur Nutzung von Technologien zur Unterstützung des täglichen Lebens. Regelmäßig genutzt wurden von der Mehrzahl Fernseher (alle) und Mobiltelefone (9 von 11), aber auch eine relativ hohe Computeraffinität war zu verzeichnen: je 9 von 11 Teilnehmern nutzten einen eigenen PC sowie E-Mail, ein Paar nutzte Skype und ein weiteres Heimautomation.

In Vorbereitung der Tests wurden die Nutzer über ihren typischen Tagesablauf befragt, und sie konnten angeben, an welche Termine, Aufgaben oder Aktivitäten sie während der Testtage erinnert werden möchten, welche Gegenstände der Roboter für sie aufbewahren sollte und welche Art von Vorschlägen und Anregungen sie als sinnvoll betrachten würden. Da das Ziel war, die Nützlichkeit des CompanionAble-Systems im täglichen Leben der Nutzer zu bewerten, sollten die Testtage nach Möglichkeit ähnlich zum „normalen“ Leben der Nutzer verlaufen. Diese wurden daher gebeten, ihrem normalen Tagesablauf zu folgen und bestehende Verabredungen oder Termine nicht zu verlegen, sowie Dinge mitzubringen, mit denen sie sich typischerweise auch zu Hause beschäftigen würden, wie z.B. Bücher/Zeitschriften, Spiele oder Bastel-Utensilien bzw. Handarbeit. Obwohl alle notwendige Ausstattung und Verpflegung in der Testwohnung vorhanden war, wurden die Nutzer dazu ermuntert, auszugehen, um Einkäufe zu erledigen oder Freunde zu treffen.

Einen Überblick über den Ablauf eines einzelnen Tests zeigt Abb. 3. Die Nutzer-Erfahrungen wurden mittels se-

mi-strukturierten Interviews, einem Nutzer-Tagebuch, Beobachtungsprotokollen und Fragebögen erfasst. Sowohl der primäre Nutzer als auch dessen Partner wurden vor, während und nach der Nutzung des Roboters befragt und die Antworten unter anderem bezüglich Usability und Akzeptanz ausgewertet. Aufgrund der Neuheit der vorgestellten Technologie sowie der begrenzten Größe und der Charakteristik der Testgruppe wurde ein exploratives Forschungsdesign gewählt und die Datenerhebung auf qualitatives Feedback ausgerichtet.

Am Morgen des ersten Tages wurden die Testpersonen empfangen und das CompanionAble-System wurde ihnen

vorge stellt. Durch die Testbetreuer wurden bereits einige Vorschläge konfiguriert (in Absprache mit den Nutzern), die später während des Tages durch den Roboter ausgeliefert wurden. Außerdem wurde eine Verabredung zu einem Videotelefonat für eine bestimmte Zeit festgelegt. Darüber hinaus wurden die Nutzer ermutigt, während des Tages die Funktionen des Roboters und des Smart Homes nach Belieben zu nutzen. Zur Erfassung ihrer Erfahrungen wurden ihnen ein Tagebuch (für den primären Nutzer) und Beobachtungsprotokolle (für den Partner) zur Verfügung gestellt, die möglichst unmittelbar nach jeder Interaktion direkt ausgefüllt werden sollten. Die Testbetreuer waren jederzeit per Videotelefonat zu erreichen. Am Abend wurden die Journale und Protokolle in einer gemeinsamen Interview-Sitzung sowohl anhand eines vorgegebenen Fragen-Leitfadens als auch mit Zeit für offene Diskussion ausgewertet, dies bot Gelegenheit, die Erlebnisse zu diskutieren und Details nachzufragen.

Aus Gründen der Sicherheit und der Zweckmäßigkeit wurde davon abgesehen, die Nutzer in dem Test-Haus übernachten zu lassen. Der Test wurde daher am Abend unterbrochen und die Nutzer übernachteten in ihrem eigenen Heim, bevor sie am nächsten Morgen für einen zweiten Testtag eintrafen. Am zweiten Abend, welcher jeweils das Testende darstellte, wurden die Eindrücke der Nutzer final durch ein semi-strukturiertes Interview und einen UX (*User eXperience*, Nutzerfahrung) Fragebogen erfasst.

## 4 Testergebnisse

Vor den Tests hatten insbesondere die Teilnehmer, welche zuvor keinen Kontakt mit dem CompanionAble-Projekt gehabt hatten, eine eher skeptische Einstellung bezüglich des Roboters. Dies lag hauptsächlich darin begründet, dass ihre Vorstellungen von einem Roboter eher unrealistischen Stereotypen entsprachen.

Nachdem sie CompanionAble selbst genutzt und erlebt hatten, zeigten alle von ihnen deutlich gesteigertes Interesse und Anerkennung, und begannen sogar eigene Ideen für weitere Möglichkeiten der Nutzung zu entwickeln (Zitat: „Ich war doch recht skeptisch bezüglich eines Roboters für ältere Menschen, aber nun da ich es selbst gesehen habe, denke ich selbst darüber nach wie er noch mehr Unterstützung leisten kann, mehr Erinnerungen und Vorschläge“).

Alle Teilnehmer beschrieben die Tests als eine insgesamt angenehme Erfahrung, ein Paar fragte sogar, ob es möglich wäre, die Zeit auszudehnen oder am zweiten Tag eher zu beginnen, um den Roboter noch länger ausprobieren zu können. Zitate belegen diese positiven Eindrücke: „Je stärker der Roboter die Initiative ergreift, umso mehr gefällt er mir.“, „Ich könnte mir vorstellen dass er uns wirklich nützt, er wird unser Mitbewohner und ist rund um die Uhr für uns da. Ich fühle mich dadurch weniger unsicher.“ Auch die Partner der primären Nutzer, welche eher in einer beobachtenden Rolle teilnahmen, äußerten sich positiv: „Ich war überrascht, dass ich mich selbst mehrfach bei dem Versuch ertappte, direkt mit ihm [dem Roboter, Anm.

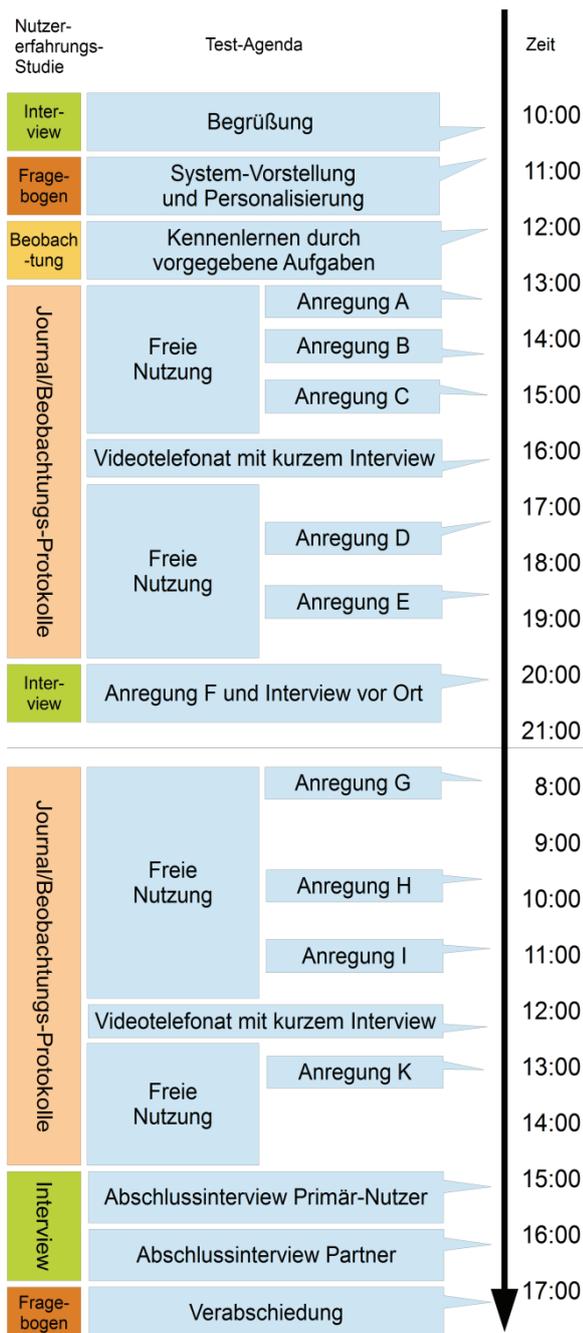


Abbildung 3 Ablaufplan für einen 2-tägigen Test (jeweils pro Teilnehmer)

d. Verf.] zu sprechen.“, „Oh ja, er glaubt wirklich daran und findet es großartig.“ (bezogen auf ihren Ehemann).

Sowohl die primären als auch die sekundären Nutzer trugen viele Verbesserungsvorschläge für das Gesamtsystem und Einzelfunktionen bei. Es war vor allem interessant zu sehen, wie sie mit Einschränkungen und unerwartetem Verhalten des Roboters umgingen. Insgesamt schienen sie eher nachsichtig gegenüber Problemen die sie beobachteten und machten dafür eher die „Launen“ des Roboters verantwortlich: „Er hat gerade keine Lust, oder?“, „Das ist aber nicht nett von dir!“.

Offensichtlich neigen Menschen dazu, dem Roboter eine eigene Persönlichkeit ähnlich einem Menschen zuzuschreiben, z.B. äußerte ein Teilnehmer bei der Begrüßung am Morgen des zweiten Tages: „Oh, wir sollten auch Hector begrüßen“ (Hector wurde vom Nutzer als Robotername gewählt). Dies stimmt überein mit der Theorie der *Media Equation* [29], wobei dem Roboter mit seinem aktiven Verhalten und intuitiven Interaktionsmöglichkeiten besonders stark soziale Eigenschaften zugeschrieben werden.

Es hat sich gezeigt, dass die primären Nutzer vor allem den Spaß an der Nutzung des Roboters als positiv bewerteten, während deren Partner eher den Nutzen sahen. Eine Erklärung dafür findet sich in den Auswirkungen, die kognitive Beeinträchtigungen auf den Erkrankten und dessen Partner haben: die Partner übernehmen auch pflegerische Aufgaben und tragen dadurch die Hauptlast der gesundheitlichen Einschränkungen. Zum Beispiel müssen sie mit zunehmender Vergesslichkeit häufig an selbstverständliche Dinge erinnern, und können ihre Angehörigen manchmal kaum noch alleine lassen. Infolgedessen leiden sie oft selbst stark unter Einschränkungen der persönlichen Freiheit und reduzierter Zeit für eigene Aktivitäten. In diesem Kontext überwiegt die Hoffnung, dass ein technisches System, welches mit Erinnerungen und Anregungen zur Gestaltung des Tagesablaufs unterstützt und idealerweise sogar die Ausführung kontrolliert, ihnen diese Last zum Teil abnimmt und damit beiden Partnern das Leben erleichtert.

Abgesehen von diesen Nutzeraussagen wurden auch während dieser Testphase durch die Beobachtungsprotokolle noch einmal Erkenntnisse zur Funktion technischer Komponenten im realen Einsatz gewonnen.

So zeigt sich zum Beispiel, dass robuste Spracherkennung in einem solchen Szenario immer noch ein großes Problem darstellt. Kritische Aspekte sind vor allem die wechselnden Sprecher, potentiell großer Abstand zwischen Sprecher und Mikrofon (Roboter), und die kontinuierliche Überwachung des Audiosignals bei gleichzeitigem Wechsel von Sprachkommandos zum Roboter und Gesprächen zwischen den Personen, die der Roboter nicht als an ihn gerichtete Eingabe interpretieren sollte. Es wurde versucht, diesen Herausforderungen durch Reduktion auf wenige erkannte Kommandoworte und eine kurze Trainings-/Adaptationsphase für jeden Nutzer vor dem eigentlichen Test zu begegnen, letztlich war die Spracheingabe jedoch

nur eingeschränkt nutzbar und die GUI wurde hauptsächlich zur Eingabe genutzt.

Aspekt (Skala -3 bis +3)	gesamt	Primär-Nutzer	Sekundär-Nutzer (Partner)
Nutzer-Einstellung	0.8	0.9	0.8
Nutz-Absicht	0.7	0.9	0.6
Nützlichkeit	0.8	0.9	0.6
Bedienkomfort	0.9	0.8	1.1
Nutzspaß	1.0	1.4	0.6
Attraktivität	1.2	1.1	1.4
Anthropomorpher Eindruck	0.7	0.7	0.5
Gefühl der Freundschaft	-0.3	-0.2	-0.5
Zusatznutzen eines mobilen Roboters	1.2	0.8	1.6

**Tabelle 2** Nutzerbewertung verschiedener Aspekte des CompanionAble-Systems, getrennt für primäre und sekundäre Nutzer sowie gemittelt über alle 11 befragten Testteilnehmer

Bei der bewusst sehr einfach gehaltenen GUI selbst zeigten sich Unterschiede bezüglich der Vorlieben der Nutzer und deren individueller Vertrautheit mit Computersystemen. So wünschten sich einige Nutzer mehr Möglichkeiten und komplexere Oberflächen, während andere wiederholt Probleme hatten, den richtigen Button für die gewünschte Eingabeoption zu finden. Hier zeigt sich, dass es wichtig ist, personalisierte Gestaltung nicht nur von Inhalten sondern auch von Oberflächen zu ermöglichen.

Trotz dieser technischen Mängel konnten wir die Eignung des Assistenzroboters für den Einsatz im häuslichen Umfeld in sechs jeweils zweitägigen Testläufen mit insgesamt 11 Testnutzern demonstrieren. Insgesamt konnten ca. 120h Laufzeit des Roboters ohne Eingriff von Entwicklern oder technischem Servicepersonal erreicht werden.

## 5 Fazit

Die Untersuchung ist eine der ersten mehrtägigen Nutzerstudien mit einem autonomen sozialen Assistenzroboter und Menschen mit leichten kognitiven Einschränkungen außerhalb einer kontrollierten Labor-Umgebung und liefert somit einen wertvollen Beitrag zur (Weiter-)Entwicklung.

Nach insgesamt 12 Tagen Nutzertests können wir bestätigen, dass die Nutzer im Umgang mit dem CompanionAble-System sowohl Spaß empfinden als auch einen Nutzen für sich selbst darin sehen. Die anfängliche Skepsis wich der Überzeugung, dass ein kombiniertes System aus passivem Smart Home und aktivem mobilem Roboter einen Beitrag zur Unterstützung entsprechend beeinträchtigter Menschen in ihrem Alltag anbieten kann.

Gerade diese Menschen profitieren besonders stark von den nicht-physischen Unterstützungsleistungen des Com-

panionAble-Systems in Form von aktiven Erinnerungen und Anregungen zu Aktivitäten. Der Roboter wurde vor allem dafür geschätzt, dass er selbst situationsgetrieben die Initiative ergreift, dass er physisch zum Nutzer hin fährt, statt diesen zu sich zu rufen, und dass er mit sprachlichem Ausdruck interagiert und dabei eine eigene Persönlichkeit offenbart. Diese Fähigkeiten können nicht von einem statischen PC oder Bildschirm oder von einem tragbaren Gerät wie einem Smartphone adäquat ersetzt werden. Allerdings wurde für manche Funktionen auch die Nutzung eines Computers (hier Tablet PC) bevorzugt. Dies war zum Beispiel der Fall für Texteingabe im Kalendersystem und für länger dauernde Sitzungen mit der Kognitiven Trainingsapplikation.

Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass die Partner und Pfleger der kognitiv eingeschränkten Nutzer einen starken Beitrag bei der Konfiguration und individuellen Anpassung des Roboters zwecks Personalisierung für den jeweiligen Nutzer leisten können. Umgekehrt kann dadurch der Roboter ein sehr nützliches Hilfsmittel auch für diese Partner darstellen. Ein Partner brachte dies auf den Punkt: „Ich bin es, die den Roboter einstellen muss, denn niemand kennt ihn [ihren Ehemann, Anm. d. Verf.] besser als ich.“ Um Einflüsse auf das Nutzer-Verhalten und langfristige Auswirkungen auf deren Wohlbefinden sowie die Bedeutung unterschiedlicher Hintergründe und Fähigkeiten der Nutzer zu untersuchen, sind natürlich deutlich längere Tests notwendig. In nachfolgenden Projekten [30] wird es darum gehen, potentielle Nutzer von Anfang an in die (Weiter-)Entwicklung von Unterstützungsfunktionen einzubinden und Akzeptanz, Nutzbarkeit und Nützlichkeit direkt in deren realen Wohnungen zu untersuchen.

## 6 Literatur

- [1] CompanionAble Projekt Website: [www.companionable.net](http://www.companionable.net)
- [2] H.-M. Gross, Ch. Schroeter, S. Mueller, M. Volkhardt, E. Einhorn, A. Bley, T. Langner, M. Merten, C. Huijnen, H. van den Heuvel, A. van Berlo, "Further Progress towards a Home Robot Companion for People with Mild Cognitive Impairment," Proc. IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE-SMC 2012), Seoul, pp. 637-644
- [3] B. Graf, H. Staab, "Service Robots and Automation for the Disabled/Limited," Springer Handbook of Automation, pp. 1485-1502, Springer (2009)
- [4] S. Cousins, "ROS on the PR2," in IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 17, Issue 3, pp.23-25, 2010
- [5] Giraff Technologies Website: [www.giraff.org](http://www.giraff.org)
- [6] ExCITE Projekt Website: [www.oru.se/ExCITE](http://www.oru.se/ExCITE)
- [7] A. Kristoffersson, S. Coradeschi, K. Severinson Eklundh, A. Loutfi, "Sense of Presence in a Robotic Telepresence Domain," in Proc. Int. Conf. on Human-Computer Interaction (HCI 2011), Orlando, Florida, USA, pp. 479-487
- [8] VGo Communications Website: [www.vgocom.com](http://www.vgocom.com)
- [9] Anybots/QB Website: [www.anybots.com](http://www.anybots.com)
- [10] Gostai Website: [www.gostai.com](http://www.gostai.com)
- [11] Willow Garage / Texai Website: [www.willowgarage.com/pages/texai](http://www.willowgarage.com/pages/texai)
- [12] Double Robotics Website: [www.doublerobotics.com](http://www.doublerobotics.com)
- [13] RoboDynamics/Luna Website: [robdynamics.com](http://robdynamics.com)
- [14] E. Ackerman, E. Guizzo, "Mystery Robot Revealed: RoboDynamics Luna Is Fully Programmable Adult-Size Personal Robot," in IEEE Spectrum, 11 May, 2011
- [15] iRobot/AVA Website: [www.irobot.com/ava](http://www.irobot.com/ava)
- [16] ALIAS Projekt Website: [www.aal-alias.eu](http://www.aal-alias.eu)
- [17] C. Jayawardena, I. H. Kuo, U. Unger, A. Igic, R. Wong, C. Watson, R.Q. Stafford, E. Broadbent, P. Tiwari, J. Warren, B. MacDonald, J. Sohn, "Deployment of a Service Robot to Help Older People," in Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2010), Taipeh, pp. 5990-95
- [18] C. Huijnen, A. Badii, H. van den Heuvel, P. Caleb-Solly, D. Thiemert. "Maybe it becomes a buddy, but do not call it a robot' – Seamless Cooperation between Companion Robotics and Smart Homes," in Proc. 2nd Intl. Joint Conf. on Ambient Intelligence (Aml 2011), Amsterdam, Springer Lecture Notes in Comp.Science LNCS7040, pp. 324-329
- [19] M. Brell, T. Frenken, J. Meyer, A. Hein, "A Mobile Robot for Selfselected Gait Velocity Assessments in Assistive Environments," in Proc. 3rd Intl. Conf. on Pervasive Techn. Rel. to Assistive Environm. (PETRA'10), Samos, Greece.
- [20] KSERA Projekt Website: [ksera.ieis.tue.nl](http://ksera.ieis.tue.nl)
- [21] DOMEO Projekt Website: [www.aal-domeo.eu](http://www.aal-domeo.eu)
- [22] S. Saint-Aime, B. Le-Pevedic, D. Duhaut, T. Shibata, "EmotiRob: Companion Robot Project," in Proc. IEEE Intl. Conf. on Robot & Human Interactive Communication (Roman 2007), Jeju, Korea, pp. 919-924
- [23] A. Ven, A. Sponselee, B. Schouten, "Robo M.D.: A Home Care Robot for Monitoring and Detection of Critical Situations," in Europ. Conf. on Cognitive Ergonomics (ECCE 2010), Delft, The Netherlands, pp. 375-376
- [24] J.E. Rougui, D. Istrate, W. Soudene, M. Opitz, M. Riemann, "Audio based surveillance for cognitive assistance using a CMT microphone within socially assistive technology," in Proc. IEEE Int. Conf. on Engin. in Medicine and Biology (EMBS 2009), Minneapolis, USA, pp. 2547-2550
- [25] H.-M. Gross, Ch. Schroeter, S. Mueller, M. Volkhardt, E. Einhorn, A. Bley, Ch. Martin, T. Langner, and M. Merten, "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, pp. 2430-37
- [26] E. Einhorn, Ch. Schroeter, H.-M. Gross, "Finding the Adequate Resolution for Grid Mapping - Cell Sizes Locally Adapting On-the-Fly," in Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA 2011), Shanghai, pp. 1843-1848
- [27] M. Volkhardt, S. Mueller, Ch. Schroeter, H.-M. Gross, "Playing Hide and Seek with a Mobile Companion Robot," in Proc. 11th IEEE/RAS Int. Conf. on Humanoid Robots 2011 (Humanoids 2011), Bled, Slovenia, pp. 40-46
- [28] A. Badii, I. Etxeberria, C. Huijnen, A. Maseda, S. Dittenberger, A. Hochgatterer, D. Thiemert, and A-S. Rigaud, "CompanionAble: Graceful integration of mobile robot companion with a smart home environment," Gerontechnology, 8 (2009) 3, 181
- [29] B. Reeves and C. Nass, "The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media like Real People and Places," Cambridge University Press, 1996
- [30] A. Scheidig, St. Mueller, M. Volkhardt, Ch. Schroeter, H.-M. Gross, K. Richter, N. Doering, "SERROGA: ServiceroBOTik für die Gesundheitsassistentz im nutzerzentrierten Entwurf," 7. AAL Kongress (AAL 2014), Berlin