

Entwicklung einer nahtlosen Mobilitätskette in der Wohnumgebung

Development of a seamless mobility chain in the home environment

M. Eng. Jörg Güttler, TU München, München, Deutschland, joerg.guettler@br2.ar.tum.de

Dr.-Ing. Thomas Linner, TU München, München, Deutschland, thomas.linner@bri.ar.tum.de

Dr.-Ing. Christos Georgoulas, TU München, München, Deutschland, christos.georgoulas@br2.ar.tum.de

Prof. Dr.-Ing./Univ. Tokio Thomas Bock, TU München, München, Deutschland, thomas.bock@bri.arch.tu-muenchen.de

Kurzfassung

Es gibt eine Vielzahl an Mobilitätsunterstützungen, die den Betroffenen das Gefühl von Sicherheit geben sollen, wie z. B. Rollatoren, Elektro-Rollstühle, Skooter, Aufstehsysteme usw. Dennoch existieren Mobilitätslücken, d. h. Hürden die trotz oder gerade durch die Mobilitätsunterstützung auftreten, z. B. verhindert der Rollator das Benutzen von Treppen und erschwert das Öffnen von Türen.

Für ältere Menschen mit Immobilitätsproblemen existiert eine Vielzahl von solchen Hindernissen, trotz des Einsatzes diverser Hilfsmittel. Eine nahtlose Mobilitätskette in der Wohnumgebung wurde entwickelt, die es immobilen und körperlich gebrechlichen ermöglicht ohne Hilfe von Dritten sich zu bewegen und die Wohnung zu verlassen. Durch Beseitigung verschiedener Mobilitätslücken, ist es möglich eine potentielle „Selbsteinkerkerung“ in der eigenen Wohnung zu beenden und dadurch nachhaltig die Lebensqualität der Betroffenen Personen zu erhöhen. Durch den modularen Aufbau dieser Mobilitätskette, kann sich diese den Bedürfnissen und der finanziellen Lage des Nutzers anpassen und in Zukunft weiterentwickelt werden.

Abstract

Numerous mobility supports exist which can offer affected individuals groups the feeling of security, e.g. rollators, electric wheelchairs, electric scooters, functional transfers support etc. However, there are mobility gaps, i.e. obstacles that occur despite or especially by mobility support, e.g. a rollator is disturbing the use of stairs and opening doors.

For elderly people with immobility issues an adequate number of such obstacles exists, despite the use of such mobility supports. A seamless mobility chain in the home environment has been proposed and developed in this paper, which enables immobile and physically disabled individuals to remain active and able to get in and out their home environment without requiring immediate and explicit assistance via a third person. By eliminating various mobility gaps, it is possible to minimize potential "self imprisonment" in the own home environment, and thereby to increase the quality of living of the affected target group. Due to the proposed modular development of the mobility chain, it is possible to adapt and efficiently address the needs and financial concerns of the aforementioned target group, enabling a novel mobility system solution, which can be scaled, adapted and customized to the required individual needs.

1 Die Problematik der Immobilität

Immobilität ist ein Problem, was hauptsächlich ältere, aber auch junge Menschen, z. B. nach einem Unfall, betrifft. Die Angst vor Stürzen, ausgelöst durch die Immobilität, führt gerade bei Senioren zu einer reduzierten Lebensqualität [1]. Dies kann sich z. B. durch das nicht verlassen der eigenen Wohnung, d. h. durch eine „Selbsteinkerkerung“, bemerkbar machen.

Gerade Krankheiten wie z. B. Osteoporose steigern die Angst vor stürzen, da diese für die betroffenen häufig eine längere Therapie mit sich bringt. Durch die dadurch verursachte Inaktivität, fördert die betroffene Person die Anfälligkeit an Stürzen und Brüchen [2]. Um die Anfälligkeit hier effektiv reduzieren zu können, ist es wichtig, dass die Betroffenen aktiv und mobil bleiben, da andernfalls Muskel und Knochengewebe atrophieren [3].

Der demografische Wandel erschwert hierbei die Situation, da die Anzahl an Hilfsbedürftigen stetig steigt. Laut [4] wird die ältere Bevölkerung von ca. 7 % (im Jahre 2000) bis 2050 auf bis zu 16 % steigen. Gleichzeitig nimmt die Anzahl an Pflegekräften ab. Auch die Angehörigen und Kinder, sind meist mit dem eigenen Berufsleben zu ausgelastet, um sich ausreichend um Ihre Angehörigen zu kümmern. Dadurch findet eine soziale Isolierung statt, die die Entwicklung von Depressionen fördern kann.

Man sollte meinen, dass es verschiedene Geräte, bzw. Systeme oder Dienstleistungen gibt, die den Betroffenen Abhilfe verschaffen. In der Tat gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, wie z. B. Rollatoren, Rollstühle, Elektro-Skooter, Aufstehsysteme, Anziehhilfen usw., allerdings wird das Problem der Immobilität dadurch nur teilweise gelöst.

Dies liegt daran, dass hierbei häufig nicht an die Übergänge, bzw. an den Schnittstellen zwischen den existierenden

Lösungen gedacht wird. Z. B. der Rollator erlaubt zwar den Betroffenen sich abzustützen, aber Treppensteigen kann er mit dieser Hilfe nicht. Ist kein Aufzug in der Nähe, hat der Betroffene keine Möglichkeit den Rollator ohne fremde Hilfe die Treppe herauf zu bringen.

Auch kann ein Rollator keine Hilfeleistung geben, wenn die betroffenen Probleme haben vom Bett oder der Toilette aufzustehen. Auch hier gibt es Lösungen, wie z. B. Betten, die den Nutzer in eine sitzende Position bringen (siehe Abbildung 1). Doch auch solche Geräte sind nur beschränkt von Nutzen, z. B. wenn der Rollator oder Rollstuhl außer Reichweite ist.



Abbildung 1: Bett RotoFlex von Physionova [5], welches sich in ein Sitz transformieren kann um beim Aufstehen zu helfen.

Im Rahmen des vom BMBF finanzierten Projekts PASSAGE, werden verschiedene Assistenzsysteme, die es auf dem Markt gibt, hinsichtlich solcher Mobilitätslücken untersucht, um hier spezifische Lösungen zu entwickeln [6].

Die Autoren haben in diesem Zusammenhang als Teilprojekt eine nahtlose Mobilitätskette in der häuslichen Umgebung entwickelt. Hierfür wurde eine Versuchswohnung im Labor des Lehrstuhls für Baurealisierung und Baurobotik entsprechend ausgestattet, in der die verschiedenen Module, integriert und hinsichtlich ihrer Mobilitätslücken untersucht wurden (näheres hierzu findet man in [7]).

2 Glieder der nahtlose Mobilitätskette

Im Folgenden wird darauf eingegangen, aus welchen Modulen die nahtlose Mobilitätskette für den Heimbereich besteht und wie diese, in der Versuchswohnung, integriert wurden.

2.1 Die Treppengehilfe

Wie bereits erwähnt ist der Aspekt des Trainings, als Prävention vor einer beschleunigten Atrophie der verbliebenen Mobilität ein wichtiger Faktor. Daher wurde im Projekt auf den Einsatz von einem Treppenlift verzichtet. Anstelle dessen wurde der StairWalker (siehe Abbildung 2) [8] verwendet, welcher es dem Nutzer erlaubt, das Sicher-

heitsgefühl von einem Sessellift zu haben und gleichzeitig die Stufen selbst steigen lässt.

Dadurch trainiert die betroffene Person die verbliebene Mobilität, wodurch einer körperlichen Verschlechterung vorgebeugt wird. Auch ist die Installation in ein bestehendes Gebäude, d. h. das Nachrüsten in einer bestehenden Infrastruktur, im Gegensatz zu einem Lift, möglich.



Abbildung 2: Der StairWalker, der Unterstützung beim Treppensteigen gibt, aber den Nutzer erlaubt, selber die Stufen zu steigen und dadurch auch einen Trainingseffekt hat.

Jedoch erlaubt der StairWalker nicht, dass der Betroffene z. B. seine Einkäufe die Treppe herauftragen kann. Auch der Rollator kann mit dem StairWalker (wie in Abbildung 2 dargestellt) nicht transportiert werden. Um dieses Problem zu lösen, ist ein prototypischer Anbau vorgenommen worden (siehe Abbildung 3).

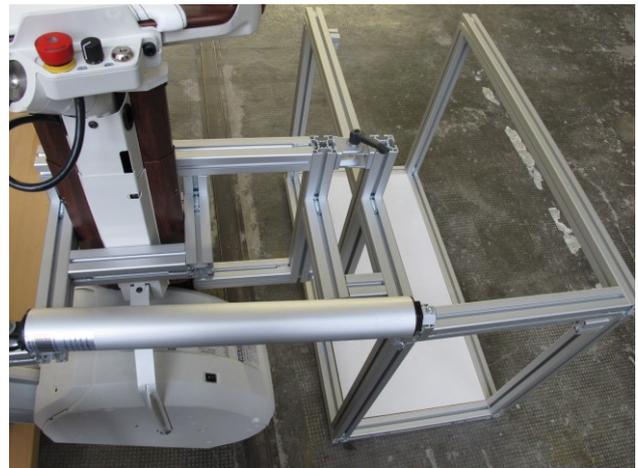


Abbildung 3: StairWalker mit prototypischem Anbau, welcher als Rollator-Transporter dient.

Der Anbau erlaubt den Nutzer Objekte wie Rollstühle, Rollatoren, aber auch Gepäck oder Einkäufe zu verstauen, während die normale Funktion des StairWalkers erhalten bleibt.

Das Problem welches in dieser Form zunächst bestehen bleibt, ist, dass der StairWalker die Treppe für weitere

Nutzer blockiert. Daher muss der StairWalker nach jeder Anwendung die Treppe herunter (zum Ausgangspunkt) fahren. Auch der Platz der das Treppengelände zulässt limitiert hier die Dimensionen des Anbaus. Damit der zur Verfügung stehende Platz der Treppe optimal verwendet wird, damit auch mobile Menschen die Treppe ohne den StairWalker verwenden können, aber auch damit ein Nutzer des StairWalkers seinen Rollator transportieren kann, während dieser den StairWalker verwendet, wurde die Rollatorbox mit einem Gelenk ausgestattet, welches am Kopf der Treppe die Transportbox um 90° schwenkt. Hierdurch kann der Nutzer seinen Rollator am Kopf der Treppe wieder herausziehen und direkt verwenden (siehe Abbildung 4).

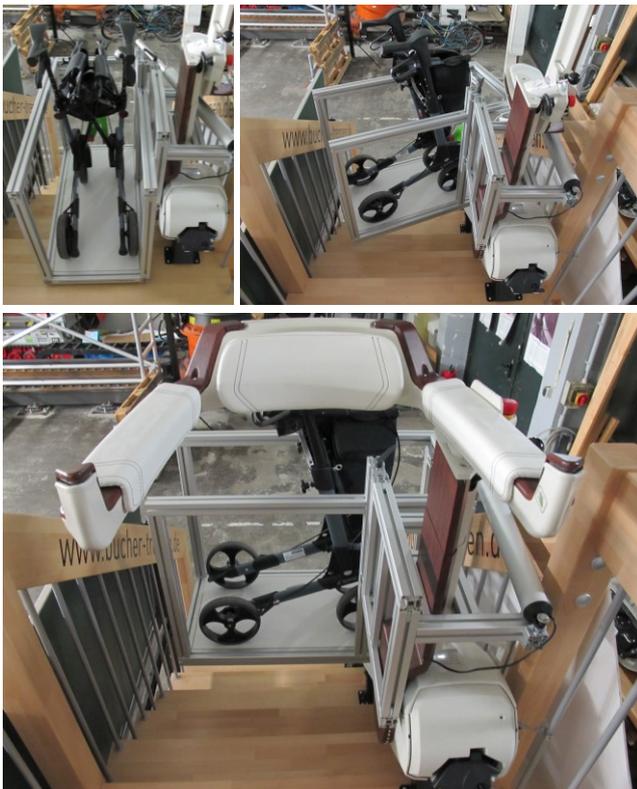


Abbildung 4: Transportfunktion des StairWalkers, *oben links* in ein bzw. Ausladestellung am Kopf der Treppe, *oben rechts*, wird die Transportbox automatisch in die Transportstellung gefahren, wodurch die Herunterfahrfunktion des StairWalkers durch einen Schalter freigegeben wird. *Unten* StairWalker so vorbereitet, dass der Nutzer diesen verwenden kann um die Treppe herunter zu steigen und gleichzeitig den Rollator zu transportieren.

2.2 Die Eingangstür

In der Versuchswohnung wurden mit Absicht zwei verschiedene Türen eingebaut. Eine normale Schwingtür, wie sie in den meisten Wohnungen anzufinden ist, sowie eine Schiebetür, die eher seltener vorkommt. Sobald der Nutzer mit dem StairWalker oben ankommt, wird dieser geringfügige Probleme haben die Tür nach innen zu öffnen. Auch die Schiebetür wird einen Rollator Nutzer nur geringfügig behindern.

Allerdings ist das Öffnen einer Schwingtür mit einem Rollator, besonders für Leute mit Gleichgewichtstörungen, durchaus eine Herausforderung. Eine automatische Türöffnung, ähnlich wie man sie in verschiedenen Läden findet, ist eine Lösung, die für den Heimbereich angepasst werden muss (z. B. hinsichtlich der Sicherheit). Dennoch ist dieser Punkt ein wichtiges Glied in der Mobilitätskette, welches in der Versuchswohnung an der Eingangstür integriert wurde.

2.3 Die Robotik als Personenschnittstelle im AAL-Bereich

Im europäischen, spezielle deutschen Raum, ist der Einsatz von Robotern eher in der Industrie vorzufinden. Im Heimbereich gibt es bisher nur wenige Einsatzmöglichkeiten für Roboter, z. B. als Reinigungsunterstützung. Das solche Geräte wie in [9] beschrieben durch Spracherkennung älteren verschiedene Aktionen durchführen können, fällt besonders den eher Technik abgeneigten Senioren von heute eher schwer.

Hinzu kommt die Frage, wie man solche Roboter steuert. Eine Sprachsteuerung erfordert eine deutliche und saubere Aussprache. Eine Steuerung über Computer, wird technikabgeneigten Senioren noch weniger behagen.

Der Einsatz von Smartphones oder Tablet-PCs ist daher eine Alternative, da durch die Touchscreen-Technologie, die diese Geräte mit sich bringen, die Dienstleistungen des Systems, auf eine intuitive Weise den Senioren, herangebracht wird [10].



Abbildung 5: *Oben* verwendet der TurtleBot den Rollator-Roboter-Konnektor um den Rollator zu transportieren, *unten* ist dargestellt, dass der Rollator-Roboter-Konnektor so konzipiert ist, dass die normalen Funktionen des Rollators nicht eingeschränkt werden.

Um eine wirklich nahtlose Mobilitätskette zu erstellen, wird über den Tablet-PC, nicht nur der Roboter gesteuert, sondern ebenfalls der StairWalker, sowie die Tür. Dies erlaubt dem Nutzer zum einen, das Rufen des StairWalkers, bevor er diesen benutzen möchte (zwecks Vorbereitung), sowie die Steuerung des Roboters. Durch die Synchronisierung mit dem StairWalker und der automatisierten Tür, ist es dem Nutzer leicht möglich die Wohnung auch mit dem Rollator zu verlassen. Das Problem des deplatzierten Rollators, lässt sich durch einen Roboter lösen. Der in der Versuchswohnung eingesetzte Roboter, es handelt sich hierbei um den TurtleBot [11], wurde mit einer Vorrichtung ausgestattet, ebenso wie der Rollator, die es dem Roboter ermöglicht sich mit dem Rollator zu verbinden. Dadurch ist dieser in der Lage den Rollator zu seinem Nutzer zu fahren. Dieser Rollator-Roboter-Konnektor (dargestellt in Abbildung 5) wurde durch ein 3D-Drucker aus PLA hergestellt, wodurch die Produktionskosten dieser Lösung recht niedrig sind. Auch der TurtleBot gehört zu den preiswerten Robotern, weshalb diese Lösung in Zukunft sich auch finanziell schwächere Senioren anschaffen können.

3 Systemkommunikation zur Erzeugung der Mobilitätskette

Damit diese verschiedenen Module tatsächlich eine nahtlose Mobilitätskette bilden, müssen sie miteinander interagieren. Die dafür entwickelte Systemkommunikation ist in Abbildung 6 dargestellt.

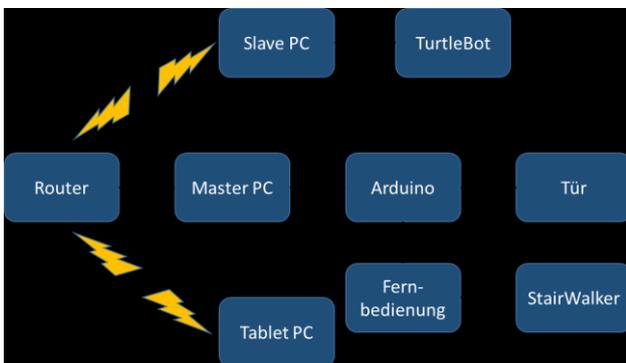


Abbildung 6: Systemkommunikation der Module.

Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, ist der Master PC die zentrale Einheit, der die gesamten Befehle verwaltet und ausführt. Über eine Remote Access Software (wie z. B. VNC), kann von einem Tablet-PC auf den Master PC (z. B. per Wi-Fi) zugegriffen werden, wodurch der Nutzer eine Mobile Schnittstelle zur Steuerung der Mobilitätskette hat.

Der TurtleBot kommuniziert nach einem Master-Slave Prinzip, d. h. der Nutzer wählt die Aktion über die GUI aus (siehe Abbildung 7), die dann an den Slave PC versendet wird. Dieser PC kalkuliert dann den Pfad und steuert den Roboter zu seinem Zielort.

Der Nutzer hat die Möglichkeit über die Karte den Ort anzusteuern, an den der Roboter hinfahren soll. Die vorprogrammierten Positionen, können auch über die Schaltfläche rechts oben in der GUI (siehe Abbildung 7) ausgewählt werden.

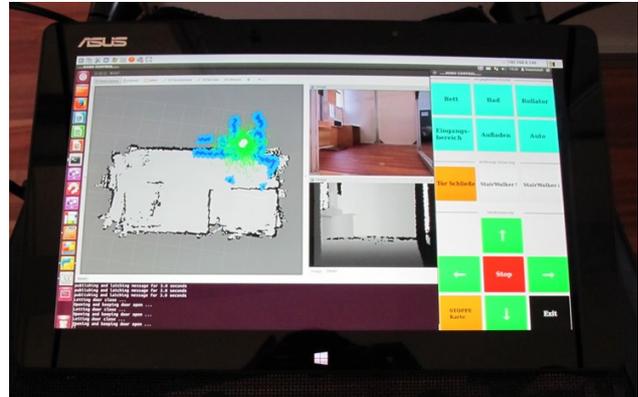


Abbildung 7: Die grafische Benutzeroberfläche zur Steuerung der Module der nahtlosen Mobilitätskette im Nahbereich.

Da der Rollator-Roboter-Konnektor auf einem mechanischen Konzept beruht, reicht es aus, dass der TurtleBot zu seiner Zielposition fährt, sich 180° dreht und Rückwärts fährt, bis dieser mit dem Rollator verbunden ist.

Der TurtleBot verfügt über eine Kinect, was ein Tiefensensor darstellt, welcher dem Roboter erlaubt Hindernissen, die nicht auf der Karte verzeichnet sind (z. B. verschobene Möbelstücke oder sich im Raum befindende Personen) auszuweichen [12]. Dadurch ist die Sturzgefahr reduziert, die von diesem Roboter ausgeht.

Die Tür ist direkt mit dem PC per Arduino [13] verbunden. Dies ermöglicht eine direkte Ansteuerung der Tür. Auch über Arduino verbunden ist die Fernbedienung des StairWalkers, bzw. die Platine der Fernbedienung, wie in Abbildung 8 zu sehen ist.

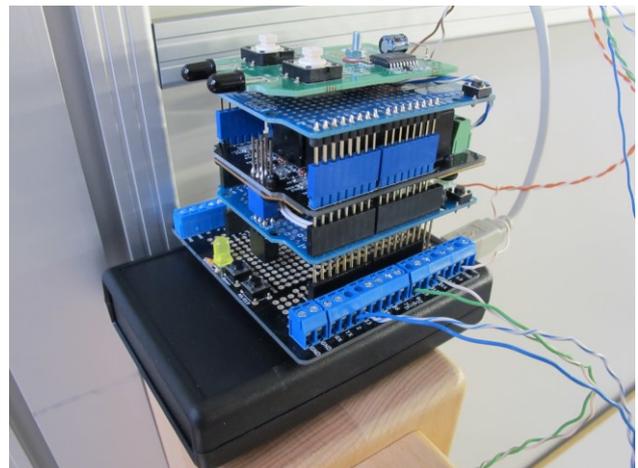


Abbildung 8: Fernsteuerung des StairWalkers, die über

Arduino an den Master-PC verbunden ist.

Damit die Tür sich Synchronisiert öffnen bzw. schließen kann, sobald der StairWalker am Kopf der Treppe angeht, wurden entsprechende Schalter am Treppengelände integriert (siehe Abbildung 9).

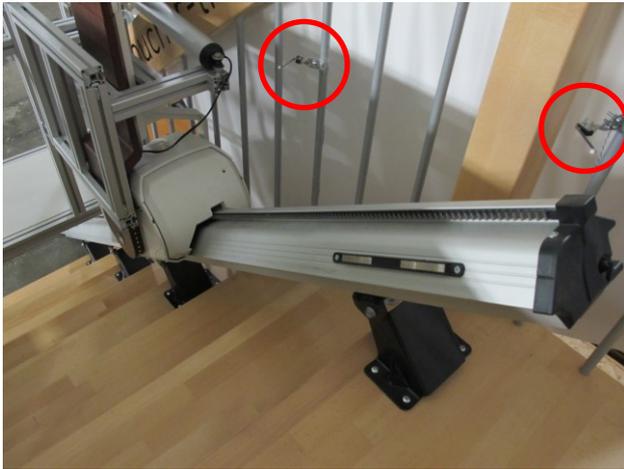


Abbildung 9: Integrierte Sicherheitsschalter (rot markiert, zwei von insgesamt drei integrierten Schalter), die eine Fehlansteuerung des StairWalkers, die der Person, oder der Umgebung schaden könnten, verhindern.

Die Auswertung der Schalter erfolgt über die Arduino-Schnittstelle, direkt am Master PC. Durch das Verwenden von drei Schalter (einer am Fuß der Treppe, zwei am Kopf der Treppe), weiß das System, ob der StairWalker am Fuß der Treppe, bzw. am Kopf der Treppe wartet und ob der Rollator-Transporter derzeit um 90° zur Eingangstür hin gekippt ist (siehe Abbildung 4).

Zu Entwicklungszwecken wurde hierfür ein Ubuntu 12.04 Operationssystem verwendet. Die grafische Nutzeroberfläche wurde über Python entwickelt, während die Kommunikation mit dem TurtleBot über ROS [14] Code erfolgt. Die Karte, die der Nutzer verwenden kann um den Roboter zu navigieren, bzw. den Standort des Roboters festzustellen, wird durch GAZEBO zur Verfügung gestellt [15].

Wie in Abbildung 5 dargestellt, wird neben der Umgebungskarte wiedergegeben, was der Roboter derzeit durch die Kinect ansieht. Diese beiden Kameraeinstellungen wurden implementiert, damit der Nutzer die Position des Roboters auch dann findet, wenn sich dieser außerhalb der Sichtweite des Nutzers (z. B. in einem anderen Raum) befindet. Beim unteren Bild handelt es sich um die Aufnahme der Infrarotkamera, die auch in Dunkelheit Bilder liefert, die dem Nutzer erlaubt die Position des TurtleBots abzuschätzen. Die normale Bildaufnahme hingegen erleichtert die Orientierung in gut bis normal ausgeleuchteten Räumen.

4 Diskussion und Ausblick

Die nahtlose Mobilitätskette, sowie hier beschrieben, erlaubt es einer Person, welche sich z. B. im Bad erfrischt, oder im Bett liegt den Rollator, durch den Roboter, zu sich

zu rufen. Sobald der Rollator bei der Person angekommen ist und diese die Wohnung verlassen möchte, kann auf Knopfdruck der StairWalker die Treppe herauf gerufen, sowie der Rollator-Transporter automatisch ausgerichtet werden. Sobald die Tür offen ist, ist der Nutzer trotz seiner eventuellen Immobilität in der Lage die Wohnung sicher und selbstbestimmt mit dem StairWalker zu verlassen, ohne dabei auf seinen Rollator verzichten zu müssen.

Die Autoren haben durch die Umsetzung dieser Mobilitätskette gezeigt, dass trotz dieser vielen Mobilitätshilfen für kranke und vor allem Senioren, es immer noch Entwicklungsbedarf gibt, um die Mobilitätslücken, die häufig von Entwicklern übersehen werden, zu schließen. Bei dieser Umsetzung handelt es sich um eine prototypische Implementierung, die in dieser Form noch nicht Umsatzfähig in einem normalen Haushalt ist. Jedoch ist es möglich, bei entsprechender Weiterentwicklung des Quellcodes, speziell den Roboter betreffend, das System so robust zu gestalten, dass dieser in einer beliebigen Wohnung funktionieren kann.

Auch sollte erwähnt werden, dass die Autoren lediglich den Heimbereich in der Mobilitätskette berücksichtigt haben. Allerdings gehen die Mobilitätsprobleme älterer Menschen über die eigenen vier Wände hinaus. Besonders in ländlichen Regionen, in denen die Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs deutlich schwächer ausgebaut ist, im Vergleich zur Stadt, können eine Vielzahl an Mobilitätsproblemen entdeckt werden.

Bis dieses bzw. ein ähnliches System eine ausgereifte Marktreife besitzt, kann davon ausgegangen werden, dass die nächste Generation an Senioren als Kundschaft in Betracht gezogen wird. Hier ist der Vorteil, dass diese Generation eine höhere Technikaffinität besitzt, weswegen der Einsatz der Robotik, wie in diesem Artikel beschrieben, bzw. die Steuerung über Tablets oder Smartphone kein Problem darstellen sollte. Daher kann davon ausgegangen werden, dass dieses, bzw. ein ähnliches, System früher oder später in den Haushalten der Senioren Einzug finden wird.

5 Literatur

- [1] Stenhagen, M.; Ekström, H.; Nordell, E.; Elmstahl, S.: Accidental falls, health-related quality of life and life satisfaction: A prospective study of the general elderly population. Archives of gerontology and geriatrics. Vol. 58, No. 1, 2014, pp. 95-100
- [2] Werle, J.; Zimmer, A: Sturzprophylaxe durch Bewegungssicherheit im Alter: Konzeption und Effektivitätsprüfung eines sensumotorischen Interventionsprogramms bei Osteoporose-Patientinnen. Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie. Vol. 32, No. 5, 1999, pp. 348-357
- [3] Perschon, V.: Auswirkungen von Inaktivität auf Muskulatur und Knochen sowie Einfluss trainings-spezifischer Maßnahmen zur Vermeidung deadapti-

- ver Veränderungen in Schwereelosigkeit. Doktorarbeit, uniwiien, 2008
- [4] Cohen J.E: Human Population: The Next Half Century. Science. Vol. 302, No. 5648, 2003, pp. 1172-1175
- [5] RotoFlex Funktionen und Daten, Website: http://physionova.de/?page_id=187, zuletzt besucht am 27.02.2014
- [6] Bähr, M.; Klein, S.; Diewald, S.; Haag, C.; Hofstetter, G.; Khoury, M.; Kurz, D.; Winkler, A.; König, A.; Holzer, N.; Siegrist, M.; Pressler, A.; Roalter, L.; Linner, T.; Heuberger, M.; Wessig, K.; Kranz, M.; Bock, T.: PASSAge-Personalized Mobility, Assistance and Service Systems in Ageing Society. Lebensqualität im Wandel von Demografie und Technik: 6. Deutschen AAL-Kongress: VDE-VERLAG, 2013.
- [7] Geilhof, B.; Güttler, J.; Heuberger, M.; Diewald, S.; & Kurz, D.: Weiterentwicklung existierender Assistenz- und Mobilitätshilfen für Senioren–Nutzen, Akzeptanz und Potenziale. uDay XII-Assistenztechnik für betreutes Wohnen, 2013
- [8] StairWalker – Fit und aktiv im Alltag Web: <http://www.tk-encasa.de/treppenlift/aktives-treppensteigen/stairwalker/uebersicht.html>, zuletzt besucht am 19.02.2015.
- [9] Georgoulas, C.; Raza, A.; Güttler, J.; Linner, T.; Bock, T.: Home Environment Interaction via Service Robots and the Leap Motion Controller. 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC), 2014
- [10] Burkhard, M.; Michael, K.: Evaluating Touchscreen Interfaces of Tablet Computers for Elderly People. Mensch & Computer Workshopband, 2012.
- [11] TurtleBot, <http://turtlebot.com/> zuletzt besucht am 19.02.2015.
- [12] Biswas, K. K.; Saurav K. B.: Gesture Recognition using Microsoft Kinect®. Automation, Robotics and Applications (ICARA), 5th International Conference on, IEEE, 2011
- [13] Arduino, Website: <http://www.arduino.cc/> zuletzt besucht am 19.02.2015.
- [14] Robot Operating System (ROS), Website: <http://wiki.ros.org/> zuletzt besucht am 19.02.2015.
- [15] GAZEBO, Website: <http://gazebo.org> zuletzt besucht am 19.02.2014