

# Universität Duisburg – Essen mit autonomem medizinischem Assistenzrobotersystem auf der MEDICA 2011

---

(Dander, H.\*; Feldmann, S.\*\*; Haak, S.\*; Hoth, J.\*\*\*; Jungk, D.\*; Kowalczyk, W.\*\*\*; Langer, K.\*\*\*\*; Langhammer, M.\*\*\*\*; Schramm, D.\*\*; Thon, A.\*\*\*\*; Witt, G.\*). Der demografische Wandel in Deutschland und dessen Folgen werden seit einigen Jahren von Politik und Gesellschaft stark diskutiert. Dabei stehen zwei Entwicklungstendenzen oftmals im Fokus der Betrachtungen. Gepaart mit der Erhöhung der allgemeinen Lebenserwartung zum Einen und dem anteiligen Rückgang von Geburten zum Anderen ist von einer Alterung der Bevölkerung auszugehen. In diesem Zusammenhang wird häufig der Altenquotient als Maßzahl verwendet, der die Bevölkerungsgruppe ab dem 65. Lebensjahr mit der erwerbsfähigen Altersgruppe in ein Verhältnis setzt. Die Kommission zur Nachhaltigkeit in der Finanzierung der sozialen Sicherungssysteme beziffert diesen Faktor für das Jahr 2000 mit 24,2% und auf das Jahr 2040 auf 52,6%. Statistiken belegen, dass heute fast jede zweite Frau und jeder vierte Mann das 85. Lebensjahr erreicht, vor 100 Jahren waren es nur fünf bzw. drei Prozent.

Um die Herausforderungen des demographischen Wandels meistern zu können, muss möglichst vielen Menschen bis ins hohe Alter ein Leben in ihrem vertrauten Umfeld ermöglicht werden. So betonte es NRW-Ministerin Barbara Steffens in Gelsenkirchen bei der Fachtagung „Hier bin ich zu Hause! – Konzepte der Quartiersentwicklung für individuelle Lebensformen im Alter“ im Oktober 2011. Das wünscht sich ebenfalls die große Mehrheit der Deutschen, die im Alter selbständig in den eigenen vier Wänden leben möchte. Die repräsentative Studie des F.A.Z.-Instituts, die im Auftrag der Deutschen Telekom durchgeführt wurde, belegt die Aussage. Danach wollen acht von zehn Befragten über 45 zuhause alt werden. In der Altersgruppe ab 70 Jahren ist dieser Anteil mit 90 Prozent sogar noch höher.

Dieses Wunschdenken stellt Politik und Gesellschaft vor neuen Herausforderungen, da bereits heute etwa 30.000 Pflegekräfte fehlen und demnach die Qualität der Altenpflege sehr massiv bedroht ist. Die Zahl der Pflegebedürftigen soll sich bis zum Jahr 2050 fast verdoppeln. Neben der Zuwanderung von Pflegekräften gibt es eine Vielzahl von Vorschlägen und Initiativen, die bereits heute den Pflegenotstand der Zukunft kompensieren sollen. Eine Maßnahme kann darin bestehen, eine neue Technologie so anzuwenden, dass sie im Pflegebereich dauerhaft und vermehrt Einzug hält. Assistenzsysteme sind beispielsweise technologische Neuerungen, die intelligente Kommunikationstechnologien im Alltag so platzieren, dass sowohl eine intuitive Unterstützung ermöglicht wird, als auch aktiv auf Hilfsbedürftigkeit agiert wird.

Die Universität Duisburg – Essen hat in einem Kooperationsprojekt der Lehrstühle Mechanik und Robotik, Mechatronik und Fertigungstechnik für diesen Zweck einen Assistenzroboter entwickelt, der im alltäglichen Umfeld betagter Menschen zum Einsatz kommt. Der omnidirektionale Roboter FACE DETECTION ROBOT FOR OMNIDIRECTIONAL MOTION IN REALISTIC ENVIRONMENT (FAROMIR) ist mit Lithium-Polymer-Akkumulatoren ausgestattet und funktioniert daher autonom und unabhängig von Tageszeiten.

Ein zentraler Bestandteil des Assistenzsystems ist das eingebaute Kamerasystem. Eine Tiefenkamera liefert entsprechende Informationen pro Pixel in Echtzeit, zeichnet sich durch Unempfindlichkeit gegenüber Schatten aus und beinhaltet dank Tiefenschwellwerten keine Störungen durch bewegte Hintergründe. Im Gegensatz zu Time of Flight (ToF)-Kameras wird die Tiefeninformation jedoch nicht anhand der Laufzeit des ausgesendeten Signals ermittelt, sondern mit Hilfe eines projizierten Punktmusters. Gepaart mit einer Farbkamera, welche nahezu dasselbe Sichtfeld wie die Tiefenkamera besitzt, lassen sich so jedem Punkt der Kameraszene Farb- und Tiefeninformationen zuweisen. Die Auflösung von Infrarot- und Farbkamera mit 640 x 480 Pixel und einer maximalen Framerate von 30 fps ermöglichen die Verarbeitung visueller Informationen auf hohem Niveau.

Genutzt werden diese Informationen zur berührungslosen gestenbasierten Interaktion auf Basis der Eigenschaften von Körperhaltungen. Das Kamerasystem des Assistenzroboters ermöglicht die Visualisierung und Parametrierung der Skelettstruktur des Hilfsbedürftigen. Dafür notwendige Bodytracking-Algorithmen sehen bis heute eine Kalibrierungspose vor, welche das Pattern des Körpers mit einem einfachen Algorithmus erfasst. Das in diesem Roboter verwendete und von Microsoft Research entwickelte *Body Recognition System* lokalisiert einzelne Körperteile auf Basis der lokalen Analyse einzelner Pixel. Als Ergebnis erfasst das Kamerasystem ohne vorherige Kalibrierungsposen Skelettstrukturen von bis zu drei Personen zeitgleich, die sich im Sichtfeld des Objektivs befinden. Zur Detektion der zu betreuenden Person werden die Algorithmen heute mit einer Mustererkennung ausgestattet und zukünftig mit einem RFID-System gekoppelt, welches zu einer eindeutigen Identifizierung der Person führt. Technisch realisiert wird dieser Vorgang durch speziell entwickelte RFID-Technik, dessen Sender als Armband an der hilfsbedürftigen Person zu finden ist. Polarisierte, gesondert abgeschirmte Empfänger geben dabei Ortungsinformationen in Echtzeit an die zentrale Steuerungseinheit weiter.

Die Darstellung der Skelettstrukturen hilfsbedürftiger Personen ist jedoch nur Basis des Assistenzsystems. Die zentrale Funktionalität des Roboters ist in der Auswertung und Echtzeitüberwachung der Körpersilhouetten zu sehen. Speziell für diese Anwendung wird dem Roboter ein Algorithmus mitgegeben, der anhand von Winkel- und Positionszuordnungen von 20 vordefinierten Körperstellen eine beeinträchtigende Haltung identifizieren und darauf reagieren kann. So wird das Liegen auf einer Couch ebenso als solches erkannt, wie die Bewegung in den eigenen vier Wänden. Eine spezielle Reaktion auf die Auswertung der Skelettstruktur erfolgt dann, wenn Winkelstellungen einzelner Körperregionen der natürlichen Anatomie des menschlichen Körpers widersprechen. In solchen Fällen kann von einer Hilfsbedürftigkeit ausgegangen werden, beispielsweise ein Sturz im eigenen Zuhause. Dauert der Zustand an, wird die wesentliche Funktionalität des Assistenzsystems gestartet: Via WLAN oder UMTS wird die Position des Roboters zusammen, ggfs. mit einem Farbbild, an eine zentrale Notfallstation übermittelt. Ausgebildetes Personal oder Familienangehörige erhalten SSH-2-verschlüsselte Informationen und können zeitnah reagieren.

Die Identifizierung von Notfällen wird dabei jedoch nicht nur von der Auswertung der Skelettstruktur abhängig gemacht. FAROMIR reagiert ebenso auf Handzeichen, wertet diese aus und stellt bei Bedarf eine Kommunikation zwischen Hilfsbedürftigen und Pflegepersonal her. Eine zukünftig integrierte Spracherkennung via Richtmikrofon trägt zusätzlich dazu bei, dass Notfälle als solche erkannt werden.

Zur Orientierung ist dem Assistenzsystem eine statische und dynamische Wegplanung mitgegeben. Nach dem Einlesen eines Wohnungsgrundrisses, welches intuitiv mit Hilfe einer technischen Zeichnung und interner Umrechnung in Bitfolgen realisiert wird, zerlegt das Programm sein Umfeld in ein Raster mit  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  Flächen. Wände werden dabei ebenso als statische Objekte erkannt, wie örtlich fixierte Einrichtungsgegenstände. Mit Hilfe der Potentialfeldmethode, bei der Objekte und Robotersystem im Gegensatz zum Zielobjekt negative, virtuelle Potentiale erhalten, stößt sich der Assistent von Hindernissen ab und ist bestrebt das Ziel ohne Umwege zu erreichen. Erreicht wird dieses Bestreben durch die Vermeidung lokaler Minima, da jeder Fläche des Rasters, ausgehend vom Zielobjekt, einen aufsteigenden Wert zugewiesen wird. Der kürzeste Weg zum Ziel ist damit für den Roboter vorgegeben. Überwacht werden die Verfahrwege zusätzlich mit einem Beschleunigungssensor, der aktuelle Lage- und Positionsdaten an das System übermittelt. Die dynamische Komponente der Wegplanung befasst sich mit Objekten, die während der Bewegung als Hindernis erkannt werden. Gekoppelt mit den Informationen aus der statischen Kartierung berechnen Algorithmen in Echtzeit den korrekten Weg. Sechs Ultraschallsensoren sind im Rumpf des Assistenzsystems dabei auf einer Kreisbahn mit  $60^\circ$  Versatz so angeordnet, dass Objekte in einer Entfernung von bis zu sechs Metern erkannt werden können. Die daraus folgenden Informationen werden jedoch nicht nur zur Wegplanung genutzt. Entsprechende Rückschlüsse auf geografische Richtigkeit des statischen Kartenmaterials werden von Algorithmen ebenso verarbeitet, wie das erneute Erkennen von Objekten in Form einer künstlichen Intelligenz. Erfassen die Ultraschallsensoren dynamische Objekte auch nach dem hundertsten Male an derselben Position, so wird das Objekt zukünftig als statisch angesehen.

Ausgestattet ist FAROMIR mit ausgereiften Lithium-Polymer-Akkumulatoren, die im Viererpack für die Versorgung der Elektronik sorgen. Elektronische Komponenten sind dabei so ausgelegt, dass ein Minimum an Stromverbrauch vorherrscht, was zu einer lang anhaltenden Autonomie des Assistenzsystems führt. Jeder Akku muss jedoch auch aufgeladen werden. FAROMIR macht das selbstständig, indem Überwachungsmechanismen den aktuellen Verbrauchsstand auswerten und er bei Bedarf zu einer eigens entwickelten Aufladestation fährt. Hinterlegt in der statischen Kartierung findet das System seine Bezugsquelle autonom und ist selbst im Ladezustand fähig, Informationen im Sichtbereich zu verarbeiten.

Weitere Features sind in dem Design des Assistenzsystems zu sehen, welches eigens von der InnovationsFabrik der Universität Duisburg – Essen konzipiert wurde. Die InnovationsFabrik der Universität hat dabei weitere Konzepte entwickelt, die sukzessiv eingebracht werden. So existiert beispielsweise eine variantenreiche Auswahl von Designkonzepten, die in Abhängigkeit des Einsatzortes adaptiert werden oder das eigenständige Aufrichten nach einem Umfallen.

Mit FAROMIR ist damit ein Assistenzsystem geschaffen, welches weniger Pflegepersonal ablösen kann, als vielmehr die Lücke der alltäglichen Begleitung betagter Menschen zu schließen. Zwar soll der Roboter kein Ersatz für ausgebildete, qualifizierte Pflege darstellen, von einer Entlastung des Personals kann hingegen sehr wohl ausgegangen werden. In Verbindung steht dabei die Begleitung hilfsbedürftiger Menschen im eigenen Zuhause. Von Experten kritisch bedacht und von Angehörigen mit Sorge gesehen entfällt damit die Ungewissheit über den aktuellen Gesundheitszustand alleinlebender, betagter Menschen.

Zukünftig werden in Kooperation mit weiteren Lehrstühlen und der Innovationsfabrik zusätzliche Anwendungsfelder aufgetan, in denen sich der Roboter etablieren soll. So beispielsweise in der Überwachungs- und Sicherheitstechnik oder bei Arbeiten in gefahrvollen Räumlichkeiten.

Erstmalig wird FAROMIR auf der MEDICA 2011 in Düsseldorf präsentiert. Besuchen Sie uns vom 16.-18.11.2011 in Halle 3, Stand C80-C90 oder nehmen Sie direkt Kontakt mit uns auf.

Weitere Informationen: [www.faromir.de](http://www.faromir.de)

Autor  
Dipl.-Ing. Holger Dander

\*Universität Duisburg – Essen, Lehrstuhl Fertigungstechnik | \*\*Universität Duisburg – Essen, Lehrstuhl Mechatronik | \*\*\*Universität Duisburg – Essen, Lehrstuhl Mechanik und Robotik | \*\*\*\*Universität Duisburg – Essen, InnovationsFabrik

#### Presseinformationen

Prof. Dr.-Ing. Wojciech Kowalczyk  
Universität Duisburg – Essen  
Lotharstr. 1  
D – 47057 Duisburg  
Tel.: 0203 – 379 3342  
Mail: [wojciech.kowalczyk@uni-due.de](mailto:wojciech.kowalczyk@uni-due.de)

#### Literaturnachweise

Deutsche Telekom AG; Repräsentative Studie des F.A.Z-Instituts: Die Deutschen wollen im Alter zuhause sein; (<http://www.telekom.com/dtag/cms/content/dt/de/51236?archivArticleID=1089076>); 04.10.2011

Verein für soziales Leben e.V.; 30.000 Pflegekräfte fehlen zur Beseitigung des Pflegenotstandes; (<http://www.pflege-deutschland.de/news/80/30-000-pflegekraefte-fehlen-zur-beseitigung-des-pflegenotstandes/>); 05.10.2011

Rostocker Zentrum für Demografischen Wandel; Zahlen und Fakten zum Demografischen Wandel in Deutschland auf einen Blick; ([www.zdwa.de/zdwa/artikel/broschuere/broschuere\\_kap09.pdf](http://www.zdwa.de/zdwa/artikel/broschuere/broschuere_kap09.pdf)); 06.10.2011

Kremer-Preis U., Stolarz H.; Neue Wohnkonzepte für das Alter und praktische Erfahrungen bei der Umsetzung – eine Bestandsanalyse-; Kuratorium Deutsche Altershilfe; Köln 2003

Land Nordrhein-Westfalen; Ministerin Steffens: Zu Hause fühlen sich die meisten Menschen am wohlsten – auch bei Krankheit und Pflegebedürftigkeit; (<http://www.nrw.de/landesregierung/ministerin-steffens-zu-hause-fuehlen-sich-die-meisten-menschen-am-wohlsten-auch-bei-krankheit-und-pflegebeduerftigkeit-11656/>); 06.10.2011