

**INTELLIGENTE**

**ALLIANZEN**

INTELLIGENTE ALLIANZEN

# ASSISTENZROBOTER FÜR MEHR LEBENSQUALITÄT IM ALTER

KATJA MOMBAUR, ALEXANDER SCHUBERT & HANS-WERNER WAHL

**Roboter können älteren Menschen helfen, möglichst lange ihre Mobilität und Unabhängigkeit zu bewahren. Auf diese Weise tragen die Maschinen entscheidend zum Erhalt der Lebensqualität im Alter bei. In Heidelberg arbeiten Wissenschaftler der unterschiedlichsten Disziplinen im Forschungsprojekt HeiAge gemeinsam an intelligenten Mobilitätssystemen, die speziell auf die Bedürfnisse der älteren Bevölkerung zugeschnitten sind.**

# D

Die Lebensqualität älterer und alter Menschen sicherzustellen, ist angesichts der demographischen Entwicklung eine der großen Herausforderungen unserer Zeit. Ein wichtiges Ziel dabei ist es, die Mobilität der Menschen zu erhalten und damit ihre Unabhängigkeit und Lebensqualität bis ins hohe Alter zu stärken. Noch hat die „analoge Welt“ das Alter voll im Griff: Mobilitätshilfen, die derzeit eingesetzt werden, um ältere Menschen etwa beim Gehen oder Aufstehen zu unterstützen, sind in der Regel denkbar simpel und ohne jede moderne Technik. Typische



**PROF. DR. KATJA MOMBAUR** hat Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart und in Toulouse (Frankreich) studiert und wurde im Jahr 2001 im Fach Mathematik promoviert. Ihre wissenschaftliche Laufbahn führte sie unter anderem an die Seoul National University (Südkorea) und das Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS-CNRS) in Toulouse. Von 2010 und 2020 war sie Professorin an der Universität Heidelberg und forschte zunächst am Interdisziplinären Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (IWR) und anschließend am Institut für Technische Informatik (ZITI). Zum 1. März 2020 nahm Katja Mombaur einen Ruf an die University of Waterloo (Kanada) auf den Canada Excellence Research Chair (CERC) in Human-Centred Robotics and Machine Intelligence an. Der Fokus ihrer Forschungen liegt auf menschlichen Bewegungsstudien und dem Design und der Regelung von humanoiden Robotern, Exoskeletten und Assistenzsystemen mithilfe von mathematischen Modellen und Algorithmen.

Kontakt: [katja.mombaur@ziti.uni-heidelberg.de](mailto:katja.mombaur@ziti.uni-heidelberg.de),  
[katja.mombaur@uwaterloo.ca](mailto:katja.mombaur@uwaterloo.ca)

Beispiele sind Rollatoren, Stöcke, Haltegriffe oder Gehgestelle – passive Hilfen, die Bewegungen nicht aktiv unterstützen können. Eine deutliche Verbesserung versprechen hier neue Ansätze aus der Robotik.

Robotische Assistenzsysteme sind derzeit Gegenstand zahlreicher Forschungsprojekte: Intelligente Mobilitätshilfen sind mit einer speziellen Sensorik ausgestattet, die den Zustand, die Absichten und die Umgebung eines Nutzers erfassen können. Integrierte Motoren erlauben es den Systemen zudem, sich mit dem Nutzer mitzubewegen, ihm Kraft bereitzustellen und ihn darin zu unterstützen, eine beabsichtigte Bewegung auszuführen. Im Idealfall können die Systeme sogar lernen: Sie passen sich den schwindenden motorischen Fähigkeiten älterer Menschen an und bieten Hilfe dort, wo sie auch tatsächlich notwendig ist.

Bislang werden solche Assistenzsysteme überwiegend im klinischen Bereich oder in der Rehabilitation eingesetzt. Langfristig soll sich die Assistenzrobotik jedoch auch ins private Umfeld ausweiten – immer da, wo sie von älteren Menschen genutzt werden kann, die nur leichte Bewegungseinschränkungen haben. Vorab muss dazu sichergestellt werden, dass die Interaktion zwischen Mobilitätsassistentenroboter und Mensch im Alltag selbstverständlicher wird und dass Nutzer der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Technik ein ausreichend großes Maß an Vertrauen entgegenbringen. Diesen beiden Zielen will das Heidelberger Projekt „Assistenzsysteme und digitale Technologien zur Verbesserung der Mobilität im Alter“, kurz HeiAge, ein bedeutendes Stück näherkommen. Dem im Jahr 2019 begründeten und von der Carl-Zeiss-Stiftung geförderten Konsortium der Universität Heidelberg gehören Wissenschaftler vieler Disziplinen an, von der Mathematik und (Technischen) Informatik (Katja Mombaur, Lorenzo Masia, Alexander Schubert) über die Psychologie (Hans-Werner Wahl, Joachim Funke, Laura Schmidt), Gerontologie (Andreas Kruse) und Sportwissenschaft (Klaus Hauer) bis hin zu den Rechtswissenschaften (Jan C. Schuhr).

#### Intelligente Rollatoren und Exoskelette

Im Bereich der Grundlagenforschung gilt es zunächst besser zu verstehen, wie sich der Mensch bewegt und wie seine Gangstabilität gewährleistet wird. Es gibt bisher nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen zu Laufbewegungen in verschiedenen Altersstufen, zu destabilisierenden und stabilisierenden Kräften bei älteren Menschen oder zum Einfluss von Laufgeschwindigkeit, Körperkraft und Bewegungsumfang auf die Stabilität des Gangs. Ein vollständiges Bild von Bewegung und Stabilität und der Art und Weise, wie sich die Mobilität im Alter verändert, existiert aber bei Weitem nicht. Zudem fehlen berechenbare Kriterien zur Voraussage von Stabilität und Fallrisiko. Ein wichtiges Teilprojekt von HeiAge umfasst daher experimentelle

#### Mobilität im Alter: Neue Allianzen an der Universität Heidelberg

Das 2019 gestartete Forschungsprojekt „Assistenzsysteme und digitale Technologien zur Verbesserung der Mobilität im Alter“ (HeiAge) will die bereits in Heidelberg vorhandene Kompetenz zum Thema Altern nutzen, um digitale Technologien für ältere Menschen zu entwickeln und für sie nutzbar zu machen. Auf diese Weise sollen Digitalisierung und Robotikassistenzsysteme ein fester Bestandteil der Heidelberger Altersforschung werden.

Im Netzwerk AltersfoRschung (NAR) arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Disziplinen schon länger intensiv am Thema Psychomotorik und intelligente Assistenzsysteme für ältere Menschen. Die Forschungsarbeiten des 2007 gegründeten NAR umfassen die Bereiche Biologische Grundlagenforschung und Medizinische Altersforschung, Verhaltens-, Geistes- und Sozialwissenschaftliche Altersforschung sowie Medizinisch-Geriatrie und Sportwissenschaftliche Interventionsforschung. Mit dem Institut für Technische Informatik (ZITI), das das Projekt HeiAge koordiniert, und dem Interdisziplinären Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (IWR) verfügt die Universität zudem über Institutionen mit langer Erfahrung in Robotik, Medizintechnik und autonomen Systemen sowie der Entwicklung effizienter Methoden zur Simulation und Optimierung komplexer Systeme.

Weitere an HeiAge beteiligte Einrichtungen sind das Institut für Gerontologie, das Psychologische Institut, das Juristische Seminar und das Krankenhaus Bethanien als Geriatriisches Zentrum der Universität Heidelberg. Die inneruniversitäre Kooperation der Partner wird durch das Marsilius-Kolleg unterstützt. Das Projekt wird ebenso von der Carl-Zeiss-Stiftung gefördert wie das Heidelberg Center for Motion Research (HCMR), ein Zentrum für interdisziplinäre Bewegungsforschung, das seit dem Jahr 2017 besteht und die Basis für quantitative wie qualitative Bewegungsstudien bietet.

<https://orb.iwr.uni-heidelberg.de/heiage>  
[www.nar.uni-heidelberg.de](http://www.nar.uni-heidelberg.de)

Studien, die zu einem besseren Verständnis der Veränderung von Bewegung und Stabilität im Alter beitragen sollen. Unsere Erkenntnisse sollen in Modelle integriert werden, die Kriterien für Stabilität beziehungsweise Instabilität formulieren. Auf dieser Basis wollen wir effiziente Algorithmen zur Stabilisierung der Menschen entwickeln.

# „Anders als rein passive Hilfen, etwa Rollatoren oder Gehstöcke, sind intelligente Mobilitätshilfen imstande, sich an die Bedürfnisse der Nutzer anzupassen und Bewegungen aktiv zu unterstützen.“

Konkret einfließen können die Erkenntnisse beispielsweise in bewegungsunterstützende Robotersysteme für ältere Menschen mit mittlerer bis hoher Gebrechlichkeit. Zwei der HeiAge-Projektpartner waren bereits an einem EU-Projekt zur Entwicklung von zwei Prototypen derartiger Robotersysteme beteiligt: Der erste Prototyp besaß die grundlegende Form eines Rollators; der zweite Prototyp imitierte das Verhalten eines menschlichen Pflegers, indem der Roboter den Patienten mithilfe einer Haltevorrichtung festhielt, so dass ein höherer Grad an Unterstützung möglich war. Beide Prototypen hatten eine Reihe technischer Fähigkeiten – allerdings waren sie dadurch auch hochgradig komplex, sehr schwer und teuer. Dagegen verfolgt der Mobilitätsroboter in Form eines intelligenten Rollators, den wir gerade in HeiAge entwickeln, das Ziel, mit bewusst einfachen mechanischen Konzepten und effizienter Designauslegung ein leichtes, kostengünstigeres und einfach zu steuerndes System anzubieten. Damit wollen wir einen optimalen Kompromiss zwischen Benutzerakzeptanz und technischen Fähigkeiten finden.

Eine weitere Aufgabe ist die Entwicklung von „Exoskeletten“ und „Exosuits“ speziell für ältere Menschen mit geringer bis mittlerer Gebrechlichkeit. Exoskelette und Exosuits sind Assistenzsysteme „zum Anziehen“, die Menschen teilweise oder vollständig beim Gehen oder bei anderen

körperlichen Tätigkeiten unterstützen können. Es gibt verschiedene Arten von Exoskeletten, beispielsweise für die untere und obere Extremität oder für den Bereich Rumpf und Wirbelsäule. Exoskelette, mit denen sich etwa ein querschnittgelähmter oder ein sehr gebrechlicher Mensch dauerhaft, unabhängig und ohne zusätzliche Hilfen im Alltag fortbewegen könnte, existieren nicht. Im Rahmen von HeiAge arbeiten wir unter anderem daran, eines der bereits verfügbaren Exoskelette gezielt an die Bedürfnisse älterer Menschen anzupassen.

Exosuits, die aufgrund der verwendeten Materialien auch als „weiche Exoskelette“ bezeichnet werden, können den Nutzern in der Regel nur eine geringe Unterstützung geben. Ihr Tragekomfort aber und ihr geringer Energieverbrauch machen sie zu idealen Kandidaten, um Menschen mit geringen körperlichen Problemen bei leichten Tätigkeiten wie Laufen oder Greifen zu unterstützen oder einzelne schwache Gelenke zu stärken. Ein weiteres Ziel von HeiAge ist daher die Entwicklung eines Exosuits, der älteren Menschen mit leichten körperlichen Problemen die notwendige Unterstützung beim Sport bietet soll.

## „Exergames“ und Alterssimulationsanzüge

Mithilfe eines kognitiv-motorischen Trainings wollen sogenannte Exergames die Mobilität steigern. Es handelt

# „Es ist unser großes Anliegen, praxisrelevante Ergebnisse zu erarbeiten, die älteren Menschen bereits in naher Zukunft unmittelbar zugutekommen können.“

sich dabei um eine neue Trainingsform, die Spielcharakter hat, aber dennoch auf den Erkenntnissen der Sport- und Rehabilitationswissenschaft zur Trainingssteuerung basiert. Die bisherigen Studien zeigen, dass Exergames von Nutzern als spielerisch und unterhaltsam wahrgenommen werden - und dass dies einhergeht mit positiven Anreizen, ein Training zu beginnen und es nachhaltig zu betreiben. Auf diese Weise lassen sich mit Exergames nicht nur Alltagsleistungen verbessern, sondern auch gezielt klinisch relevante Altersrisiken minimieren. Eine unserer Neuentwicklungen besteht darin, den internen Datenstrom zu nutzen, der zur Spielsteuerung in allen Exergames vorhanden ist, um die Bewegungen zu analysieren und den Trainingsfortschritt abzubilden. In einer weiteren Phase wollen wir individuelle Fehler, Fehlercluster, Fehlerketten und schließlich Fehlerhierarchien identifizieren. Diese Daten ermöglichen es, für den Nutzer eine individuelle Trainingsteuerung ohne externe Supervision zu entwickeln - eine solch konsequente Weiterentwicklung von Exergames fehlt bislang.

Von einer gänzlich anderen Seite nähern wir uns dem Thema Mobilität im Alter unter dem Stichwort „Instant Ageing“, also „sofortiges Altern“: Einige Hersteller bieten sogenannte Alterssimulationsanzüge an, die junge und gesunde Menschen unmittelbar in die Situation eines

alten gebrechlichen Menschen versetzen. Diese Anzüge werden zu verschiedenen Zwecken eingesetzt, beispielsweise für Pfleger und andere Betreuungspersonen - die Validität solcher Simulationen sowie wechselseitige Einflüsse von Instant Aging und subjektivem Alternserleben sind bislang jedoch kaum erforscht. Wir wollen die technische Informatik, die Biomechanik und die psychologische Altersforschung miteinander vernetzen, um auf diese Weise neue Erkenntnisse zu gewinnen, die längerfristig zu einer kritischen Evaluierung des Instant Aging aus biomechanischer und psychologischer Perspektive führen.

## Praxisrelevante Forschung

Es ist unser großes Anliegen, im Rahmen des HeiAge-Projektes praxisrelevante Ergebnisse zu erarbeiten, die älteren Menschen bereits in naher Zukunft unmittelbar zugutekommen können. Der Transfer unserer Ergebnisse in die Wirtschaft und die Gesellschaft - und damit direkt zum älteren Individuum - ist ein zentraler Bestandteil des Forschungsprojekts. Um neue Technologien für ältere Menschen zu entwickeln und bereitzustellen, gilt es, nicht allein die technische Seite zu betrachten, also die biomechanische, mathematische und algorithmische Grundlagenforschung. Auch psychologische, ethische, rechtliche und soziale, pflegerische und juristische Fragen



**PROF. DR. HANS-WERNER WAHL** ist Psychologe, Seniorprofessor und Direktor des Netzwerks Altersforschung (NAR) an der Universität Heidelberg. Er wurde im Jahr 1989 an der Freien Universität Berlin promoviert und habilitierte sich 1995 an der Universität Heidelberg. Von 2006 bis 2017 leitete er die Abteilung für Psychologische Altersforschung am Psychologischen Institut der Universität Heidelberg. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen die Untersuchung der Rolle des subjektiven Alternserlebens, psychische Adaptationsprozesse im späten Leben, speziell im Umgang mit chronischen Funktionsverlusten, sowie die Rolle von Technologien für ältere Menschen. Hans-Werner Wahl war 2013/14 Fellow des Marsilius-Kollegs der Universität Heidelberg.

Kontakt: wahl@nar.uni-heidelberg.de

# ROBOT ASSISTANTS FOR BETTER QUALITY OF LIFE IN OLD AGE

KATJA MOMBAUR, ALEXANDER SCHUBERT & HANS-WERNER WAHL

One of the great challenges for ageing societies is ensuring that older adults can enjoy a good quality of life for as long as possible. For many older people, autonomous motor behaviour is a major aspect of such quality of life. However, compensatory aids that are able to help with impaired motor behaviour – sit-to-stand and walking in particular – are mostly “analogue” devices, many of them quite inflexible and unable to meet the highly heterogeneous needs of older users.

While research on motor-enhancing robotic systems and the related biomechanical evidence is well established, there are still large gaps in our knowledge, and established insights require constant updating because of continuous improvements in assessment procedures and in robot software and hardware. Against this background, our interdisciplinary HeiAge project, which targets “Assistive Systems and Digital Technologies to Improve Mobility in Old Age” with generous support from the Carl Zeiss Foundation, is spearheading a synergetic mix of convergent approaches.

We want to understand the complexity of human biomechanics and decision-making in older people and develop innovative algorithms for controlling the stability of motion. This includes the development of new robotic systems such as an intelligent rollator and exoskeletons that may help with various mobility impairments. HeiAge also deals with a number of technology-related issues that require input from behavioural and social scientists and legal experts. For example, we will be the first to provide a biomechanical characterisation of instant-ageing suits, while also exploring the psychological impact of wearing such a device. We will also investigate legal challenges related to robot assistants, such as issues of liability in case of system failures.

Above all, HeiAge’s ambition is to explore options for efficient outreach and implementation, which is why we involve stakeholders such as health insurances and policymakers throughout the project. ●

**PROF. DR HANS-WERNER WAHL** is a psychologist, senior professor and director of the Network Ageing Research (NAR) at Heidelberg University. He earned his doctorate at Freie Universität Berlin in 1989 and his teaching credentials at Heidelberg University in 1995. Between 2006 and 2017, he headed the Department of Psychological Ageing Research at Heidelberg University's Institute of Psychology. His research interests include investigations into the role of subjective ageing experience, mental adaptation processes in later life, especially in connection with chronic loss of function, and the role of technologies for older people. In 2013/14 Hans-Werner Wahl was a fellow of the Marsilius Kolleg at Heidelberg University.

Contact: wahl@nar.uni-heidelberg.de

**PROF. DR KATJA MOMBAUR** studied aerospace engineering at the University of Stuttgart and in Toulouse (France) and earned her PhD in mathematics in 2001. Her academic career led her to Seoul National University (South Korea) and the Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS-CNRS) in Toulouse. From 2010 to 2020, she was a professor at Heidelberg University, where she worked at the Interdisciplinary Center for Scientific Computing (IWR) and then at the Institute of Computer Engineering (ZITI). On 1 March 2020, Katja Mombaur transferred to the University of Waterloo (Canada), where she holds the Canada Excellence Research Chair (CERC) in Human-Centred Robotics and Machine Intelligence. Her research focuses on human motion studies and on the design and control of humanoid robots, exoskeletons and assistance systems using mathematical models and algorithms.

Contact: katja.mombaur@ziti.uni-heidelberg.de, katja.mombaur@uwaterloo.ca

**“Unlike passive devices such as rollators and canes, intelligent mobility aids are able, through technical innovation, to adapt to the needs of users and actively support human motion.”**

**DR ALEXANDER SCHUBERT** studied mathematics and physics at Heidelberg University and earned his PhD as a scholar at the Heidelberg Graduate School of Mathematical and Computational Methods for the Sciences with an interdisciplinary thesis involving mathematics, robotics, psychology and art. In 2017 he became the scientific manager of the Heidelberg Center for Motion Research (HCMR), an interdisciplinary research network that investigates human motion.

Contact: alexander.schubert@ziti.uni-heidelberg.de

# „Ein Schwerpunkt sind Assistenzroboter, die die Mobilität von älteren und alten Menschen wiederherstellen oder zumindest verbessern können.“

müssen einfließen und werden in unserem interdisziplinären Forschungskonsortium in eigenen Querschnittsprojekten berücksichtigt.

Die psychologische Altersforschung untersucht beispielsweise Entscheidungsfindungs- und Planungsaspekte menschlicher Mobilität. Denn nur ein grundlegendes Verständnis der zugehörigen kognitiven Prozesse erlaubt es, Mobilitätsassistenzsysteme mit intelligenten Regelungen auszustatten. Zu den ethischen und politischen Fragestellungen zählt etwa die Balance zwischen der erhöhten Sicherheit durch die technische Assistenz und der potenziellen Beschneidung der individuellen Autonomie der Nutzer. Nicht zuletzt treten bei der Entwicklung von Assistenzsystemen zahlreiche rechtliche Forschungsfragen auf – diese reichen beispielsweise von der Verantwortungszurechnung bei Fehlfunktionen über die Erhebung und Verarbeitung verschiedenster Daten durch das System bis hin zu sozialrechtlichen Ansprüchen.

Um alle Themen angemessen berücksichtigen zu können, ist ein konstanter Austausch zwischen den Entwicklern der technischen Innovationen, den Wissenschaftlern angrenzender Forschungsgebiete, den Repräsentanten von Krankenkassen, Ärzte- und Pflegeverbänden sowie den politischen Entscheidungsträgern bereits während der technologischen Entwicklungsphase der neuen Assistenzsysteme notwendig. Das HeiAge-Projekt der Universität Heidelberg bietet auch hierfür die besten Voraussetzungen. ●



**DR. ALEXANDER SCHUBERT** studierte Mathematik und Physik an der Universität Heidelberg, an der er als Stipendiat der „Heidelberger Graduiertenschule der mathematischen und computergestützten Methoden für die Wissenschaften“ (HGS MathComp) auch mit einem interdisziplinären Thema zwischen Mathematik, Robotik, Psychologie und Kunst promoviert wurde. Seit 2017 leitet er als Scientific Manager das Heidelberg Center for Motion Research (HCMR), einen interdisziplinären Forschungsverbund verschiedenster Fächer, die sich der Untersuchung der menschlichen Bewegung widmen.

Kontakt: [alexander.schubert@ziti.uni-heidelberg.de](mailto:alexander.schubert@ziti.uni-heidelberg.de)