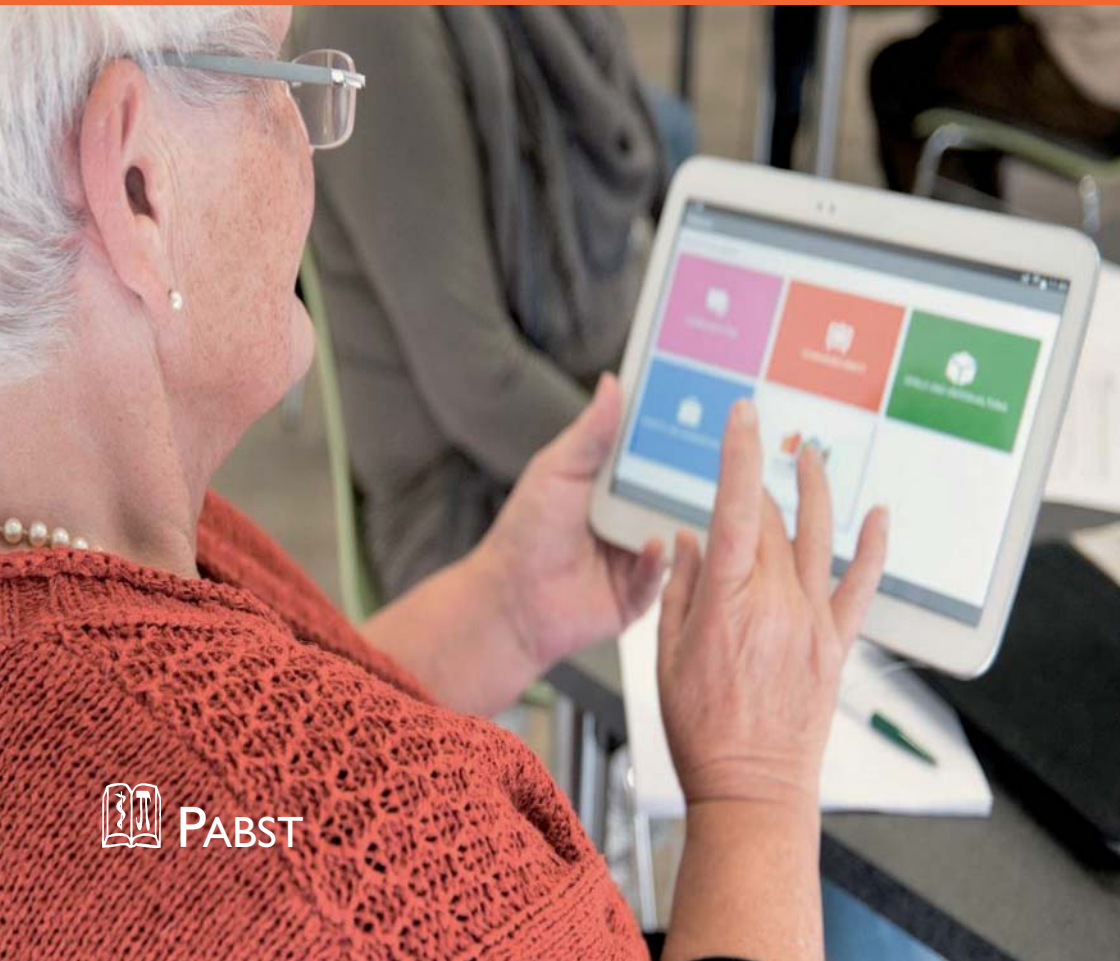


Christophe Kunze / Cornelia Kricheldorf (Hrsg.)

# Assistive Systeme und Technologien zur Förderung der Teilhabe für Menschen mit Hilfebedarf

Ergebnisse aus dem Projektverbund ZAFH-AAL





*Christophe Kunze, Cornelia Kricheldorf (Hrsg.)*

# Assistive Systeme und Technologien zur Förderung der Teilhabe für Menschen mit Hilfebedarf

Ergebnisse aus dem Projektverbund ZAFH-AAL



PABST SCIENCE PUBLISHERS  
Lengerich

Korrespondenzadressen:

*Prof. Dr. Ing. Christophe Kunze*  
Hochschule Furtwangen  
Fakultät Gesundheit, Sicherheit, Gesellschaft  
Robert-Gerwig-Platz 1  
78120 Furtwangen im Schwarzwald  
E-Mail: [kuc@hs-furtwangen.de](mailto:kuc@hs-furtwangen.de)

*Prof. Dr. Cornelia Kricheldorf*  
Katholische Hochschule Freiburg  
Institut für Angewandte Forschung, Entwicklung und Weiterbildung  
Karlstraße 63  
79104 Freiburg  
E-Mail: [cornelia.kricheldorf@kh-freiburg.de](mailto:cornelia.kricheldorf@kh-freiburg.de)

Titelbild: © Hochschule Furtwangen

*Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek*

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden nicht besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2017 Pabst Science Publishers, 49525 Lengerich, Germany

Formatierung: Susanne Kemmer  
Druck: KM-Druck, D-64823 Groß-Umstadt

Print: ISBN 978-3-95853-362-2  
eBook: ISBN 978-3-95853-363-9 ([www.ciando.com](http://www.ciando.com))

# Inhaltsverzeichnis

Einführung .....	7
TEIL I .....	9
<b>Intelligente Navigationsunterstützung für wahrnehmungs- eingeschränkte Menschen</b>	
<i>Andreas Wachaja, Miguel Reyes Adame, Johannes Steinle, Maik H.-J. Winter, Wolfram Burgard, Knut Möller .....</i>	11
<b>Unterstützung von sozialer Partizipation inkontinenter Personen durch miniaturisierte Geruchssensorik</b>	
<i>Vera Kallfaß .....</i>	27
TEIL II .....	49
<b>Mikrosystemtechnische Geruchssensorik und ihre Anwendungen in AAL</b>	
<i>Dirk Benyoucef, Vera Kallfaß, Andras Kovacs, Ulrich Mescheder, Stefan Palzer .....</i>	51
<b>Architektur zum Schutz der Privatsphäre in AAL-Systemen</b>	
<i>Christoph Reich, Hendrik Kuijs, Kevin Wallis, Timo Bayer .....</i>	67
TEIL III .....	85
<b>IDA in Dialogwerkstätten – Interdisziplinäre Schnittstellen zwischen strukturellen Anforderungen und technischer Innovation</b>	
<i>Cornelia Kricheldorf, Lucia Tonello, Stefanie Schmidt .....</i>	87

<b>Technikgestaltung und interdisziplinäre Entwicklungsprozesse im AAL-Kontext</b>	
<i>Christophe Kunze, Jennifer Müller</i> .....	101
<b>AAL in der Qualifizierungspraxis von Pflege und Medizin</b>	
<i>Johannes Steinle, Dorothea Weber, Teresa Klobucnik, Peter König, Maik H.-J. Winter</i> .....	115
<b>Bedeutung technischer Assistenzsysteme in der Pflegeberatung und ambulanten Versorgung</b>	
<i>Teresa Klobucnik, Dorothea Weber, Johannes Steinle, Maik H.-J. Winter, Peter König</i> .....	133

# Einführung

*Christophe Kunze<sup>a</sup>*

*Cornelia Kricheldorf<sup>b</sup>*

<sup>a</sup> Hochschule Furtwangen

<sup>b</sup> Katholische Hochschule Freiburg

Im Projektverbund ZAFH-AAL (Zentrum für Angewandte Forschung – Assistive Systeme und Technologien zur Sicherung sozialer Beziehungen und Teilhabe für Menschen mit Hilfebedarf) werden seit 2013 innovative Systeme und Technologien zur Unterstützung eines selbstständigen Lebens bis ins hohe Alter sowie zur Sicherung sozialer Beziehungen und Teilhabe für Menschen mit Hilfebedarf entwickelt und untersucht. Derartige Ansätze gewinnen mit Blick auf die demographische Entwicklung und auf Grund des Bedürfnisses einer immer größer werdenden Gruppe hochbetagter Bürgerinnen und Bürger, möglichst lang selbstbestimmt im gewohnten Umfeld zu leben, zunehmend an Bedeutung. Dabei steht die Förderung und Ermöglichung sozialer Teilhabe im Mittelpunkt und es geht um die Ermöglichung eines möglichst langen Verbleibs im gewohnten Umfeld, auch bei wachsendem Hilfe- und Pflegebedarf. Der vorliegende Band stellt ausgewählte Ergebnisse des Projektverbundes dar.

Der Projektverbund ZAFH-AAL wird von der Hochschule Furtwangen koordiniert, weitere Projektpartner sind die Hochschule Ravensburg-Weingarten, die Katholische Hochschule Freiburg, die Universität Freiburg und das Steinbeis Innovationszentrum SIZ. Die Forschungsarbeiten im Projektverbund wurden von 2013-2017 vom Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg gefördert.

Das Themenfeld des ZAFH-AAL, die technische Unterstützung der Selbstständigkeit und der sozialen Teilhabe älterer Menschen, stellt ein stark interdisziplinäres Forschungsfeld an der Schnittstelle zwischen Technik- und Sozialwissenschaften sowie der Sozialen Gerontologie dar, welches damit nicht einer Fachdisziplin zugeordnet werden kann. Zudem sind aufgrund der hohen gesellschaftlichen Bedeutung des Themas und der damit verbundenen notwendigen gesellschaftlichen und ethischen Positionierungen

auch die Schnittstellen Wissenschaft-Praxis und Wissenschaft-Gesellschaft prägend für das Forschungsfeld.

Kennzeichnend für die überwiegende Mehrheit anderer Forschungsaktivitäten in diesem Umfeld ist, dass diese als fokussierte Einzelprojekte im Allgemeinen ein einzelnes Anwendungs- oder Technologiefeld adressieren. Eine Besonderheit des ZAFH-AAL ist in diesem Kontext, dass integriert im Projektverbund auch übergreifende Fragestellungen und methodische Aspekte bearbeitet werden. Dazu kombiniert der Projektverbund Teilprojekte, in denen konkrete technische Systeme für einzelne Anwendungsfelder entwickelt werden, gezielt mit Teilprojekten, in denen ausgewählte Querschnittsaspekte praxisnah bearbeitet werden.

In dieser Publikation werden wesentliche Ergebnisse aus dem Projektverbund dargestellt. Die Publikation gliedert sich in drei Teile:

- In Teil 1 werden Erfahrungen aus zwei exemplarischen Anwendungsfeldern technischer Assistenz vorgestellt, zu denen im Projektverbund unter Einbindung von Nutzenden und weiteren Stakeholdergruppen Bedarfserhebungen, Testungen von Systemen oder Evaluationen durchgeführt wurden. Die dabei untersuchten Anwendungsfelder sind zum einen die Umfeldwahrnehmung und Navigationsunterstützung mobilitätseingeschränkter Menschen mit Sehbehinderung, zum anderen die Unterstützung von Inklusion und sozialer Teilhabe bei Inkontinenz mit Hilfe einer Geruchssensorik.
- Teil 2 stellt ausgewählte Forschungsergebnisse zu technischen Aspekten und technischen Grundlagen für Assistenzsysteme vor. Die Beiträge beschreiben mikrosystemtechnische Ansätze für eine Geruchssensorik und eine IT-Architektur zum Schutz der Privatsphäre in vernetzten Heimumgebungen im AAL-Kontext.
- Teil 3 greift übergreifende und interdisziplinäre Aspekte der technischen Assistenz für Menschen mit Hilfebedarf auf. Dabei werden ein Dialoginstrument zur Aushandlung ethischer und sozialgerontologischer Fragestellungen in AAL-Projekten, Erfahrungen zur interdisziplinären Kooperation in AAL-Projekten, und Ergebnisse zur Bedeutung von Technik in der Qualifizierungspraxis von Medizin und Pflege sowie in der pflegerischen Beratung dargestellt.



# Teil I

In Teil 1 werden Erfahrungen aus zwei exemplarischen Anwendungsfeldern technischer Assistenz vorgestellt, zu denen im Projektverbund unter Einbindung von Nutzenden und weiteren Stakeholdergruppen Bedarfserhebungen, Testungen von Systemen oder Evaluationen durchgeführt wurden. Die dabei untersuchten Anwendungsfelder sind zum einen die Umfeldwahrnehmung und Navigationsunterstützung mobilitätseingeschränkter Menschen mit Sehbehinderung, zum anderen die Unterstützung von Inklusion und sozialer Teilhabe bei Inkontinenz mit Hilfe einer Geruchssensorik.



# Intelligente Navigationsunterstützung für wahrnehmungseingeschränkte Menschen<sup>1</sup>

*Andreas Wachaja<sup>a</sup>, Miguel Reyes Adame<sup>b</sup>, Johannes Steinle<sup>c</sup>,  
Maik H.-J. Winter<sup>c</sup>, Wolfram Burgard<sup>a</sup> & Knut Möller<sup>b</sup>*

<sup>a</sup> Institut für Informatik, Universität Freiburg

<sup>b</sup> Institut für Technische Medizin, Hochschule Furtwangen

<sup>c</sup> Institut für Angewandte Forschung – Angewandte Sozial- und Gesundheitsforschung, Hochschule Ravensburg-Weingarten

Mit zunehmendem Alter steigt das Risiko, an einer Sehstörung zu erkranken. Konventionelle Blindenhilfsmittel wie der Langstock oder der Blindenhund können die Mobilität von betroffenen Personen verbessern, sind jedoch nicht für den Einsatz bei einer zusätzlichen Gehbehinderung geeignet. Dieser Beitrag stellt einen intelligenten Rollator für sehbehinderte Menschen vor. Durch den Einsatz leistungsfähiger Lasersensoren und Algorithmen zur Umgebungserfassung und Navigation unterstützt der Rollator blinde Menschen bei Navigationsaufgaben im Alltag. Dabei führt er die Nutzenden durch Signale von Vibrationsmotoren zu gewünschten Zielpositionen und signalisiert Objekte und potenzielle Hindernisse in seiner Umgebung. Die Validierung des Gesamtsystems erfolgte im Rahmen von zwei Experimenten. Die Resultate zeigen, dass der intelligente Rollator zur sicheren Navigation in unbekanntem Umgebungen genutzt werden kann.

---

<sup>1</sup> Diese Arbeit wurde unterstützt vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (Az. 32-7545.24-9-1-1) im Rahmen des Projekts ZAFH-AAL und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter Vertragsnummer 13EZ1129B-iVIEW.

## 1 Einführung

Laut einer Studie der Weltgesundheitsorganisation sind 81,9 % aller blinden Menschen weltweit älter als 50 Jahre (Pascolini und Mariotti 2012). Speziell Menschen dieser Bevölkerungsgruppe unterliegen einem höheren Risiko, zusätzlich zu ihrer Sehbehinderung an einer Gehbehinderung zu erkranken. Herausforderungen stellen auch Erkrankungen wie das Usher-Syndrom dar, bei denen in Kombination mit einer Hörsehbehinderung häufig auch Störungen des Gleichgewichtssinnes auftreten. Konventionelle Blindenhilfsmittel wie der Langstock oder der Blindenhund können nicht oder nur sehr eingeschränkt eingesetzt werden, wenn eine zusätzliche Gehbehinderung oder Gleichgewichtsstörung vorliegt. Darüber hinaus können diese klassischen Hilfsmittel ausschließlich zur Navigation im Nahbereich eingesetzt werden und ermöglichen so bspw. keine zielsichere Navigation in weitläufigen, unbekanntem Umgebungen.

In unserer Arbeit entwickeln wir ein neuartiges technisches Hilfsmittel, das speziell für blinde Menschen mit Gehbehinderung geeignet ist. Das System basiert auf einem handelsüblichen Rollator, der mit Lasersensoren zur Erfassung seiner Umgebung, einem Kleinstrechner zur Datenverarbeitung und Komponenten zur Stromversorgung ausgestattet ist. Der intelligente Rollator ist in der Lage, ein dreidimensionales Modell seiner Umgebung zu erfassen und darauf aufbauend blinde Menschen bei Navigationsaufgaben zu unterstützen. Der Aufbau ist modular, sodass das Navigationssystem auf verschiedenen Rollatoren mit geringem Aufwand angebracht werden kann. Die Kommunikation mit den Nutzenden erfolgt über vibrotaktilen Feedback. Dabei kann entweder auf Vibrationsmotoren zurückgegriffen werden, die in die Handgriffe des Rollators integriert wurden, oder aber auf einen Vibrationsgürtel, der um den Bauch getragen wird. So ist sichergestellt, dass der Gehörsinn der blinden Personen für andere wichtige Aufgaben wie z.B. Kommunikation und Orientierung zur Verfügung steht. Der Rollator kann sowohl zum Erkennen und Vermeiden von Hindernissen in der lokalen Umgebung eingesetzt werden, als auch zur Navigation zu gewünschten Zielpositionen.

Dieser Beitrag ist in fünf Abschnitte gegliedert. Im nächsten Abschnitt werden zunächst bestehende elektronische Hilfsmittel für Menschen mit Seh- und Gehbehinderungen analysiert. Anschließend wird der Systemaufbau des intelligenten Rollators im Hinblick auf die Software- und Hardware-

architektur erläutert. Dabei wird auch auf die beiden verschiedenen Navigationsmodi und die verschiedenen Möglichkeiten zur Informationsübermittlung eingegangen. Der vierte Abschnitt berichtet über Ergebnisse der experimentellen Evaluierung. Anschließend werden die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengefasst und ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen gegeben. Diese Publikation ist eine ergänzte Zusammenfassung unserer Forschungsergebnisse (Adame et al. 2013, Wachaja et al. 2015, Wachaja et al. 2017).

## **2 Stand der Forschung**

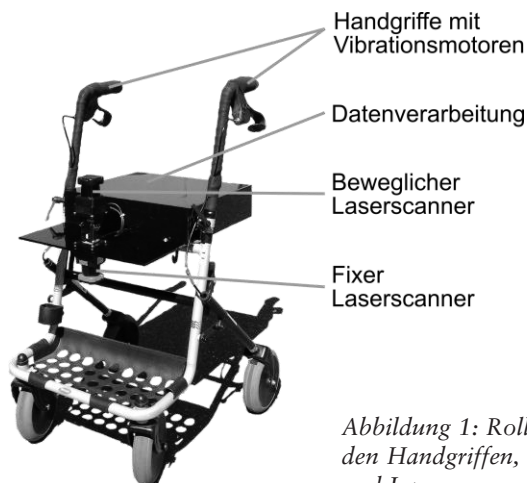
Es existieren bereits Forschungsarbeiten zu intelligenten Rollatoren für ältere Menschen. Bestehende Systeme sind jedoch in der Regel nicht für den Einsatz bei einer Sehbehinderung geeignet. Häufig sind diese Rollatoren motorisiert, sodass die Autonomie der Benutzenden stark eingeschränkt wird (MacNamara und Lacey 2000, Yu et al. 2003). Darüber hinaus basiert eine große Anzahl der Navigationshilfen auf Algorithmen, welche typische Eigenschaften der Mensch-Maschine-Interaktion wie große Verzögerungszeiten, individuelles Verhalten verschiedener Benutzender und hohe Unsicherheiten nicht berücksichtigen. Diese Systeme sind gewöhnlich nicht in der Lage, detaillierte Umgebungsinformationen zu übermitteln. Dementgegen ist unser Ziel die Entwicklung eines intelligenten Rollators, der die Bewegungsautonomie nicht einschränkt und der in der Lage ist, typische Bewegungsparameter von Menschen zu berücksichtigen.

Dakopoulos und Bourbakis (2010) untersuchen in ihrer Arbeit mehrere elektronische Navigationshilfen für Blinde. Bestehende Systeme können anhand ihres Autonomiegrades klassifiziert werden. Hochgradig autonome Systeme können ihre eigene Position im Raum ermitteln und Pfade planen, auf denen die Benutzenden zur gewünschten Zielposition geführt werden (Kulyukin et al. 2006, Rodriguez-Losada et al. 2005). Die Gefahr dieser Systeme besteht darin, dass sie die Autonomie der Personen einschränken, indem sie sie nicht ausreichend in den Navigationsprozess einbinden. Systeme mit einem mittleren Autonomiegrad sind ähnlich wie ein Blindenhund in der Lage, Hindernisse in der Nähe zu vermeiden. Sie können jedoch keine Wege über längere Distanzen planen (Ulrich und Borenstein 2001, MacNamara und Lacey 2000). Systeme mit einem geringen Grad an Autonomie erkennen Hindernisse in der Umgebung und signalisieren diese dem Be-

nutzenden (Rodríguez et al. 2012). Unser intelligenter Rollator ist modular aufgebaut und so ausgestattet, dass der Autonomiegrad je nach Bedarf und Umgebung frei gewählt werden kann. Es bestehen verschiedene Möglichkeiten, Hindernisse oder Navigationshinweise zu signalisieren. Diese reichen von einer Audioausgabe (Rodríguez et al. 2012) über *Force Feedback* (Ulrich und Borenstein 2001) bis hin zu Vibrationssignalen (Möller et al. 2009, Cosgun et al. 2014). Unser System verwendet vibrierende Handgriffe oder einen Gürtel mit fünf integrierten Vibrationsmotoren. Dadurch wird eine Überlagerung von Umgebungsgeräuschen durch zusätzliche Audiosignale vermieden und maximale Bewegungsfreiheit ermöglicht.

### 3 Der intelligente Rollator

Abbildung 1 zeigt den Aufbau des intelligenten Rollators. Er basiert auf einem handelsüblichen Rollatorgestell, das mit einer Einheit zur Datenerfassung, Datenverarbeitung und Energieversorgung ergänzt wurde. Zusätzlich sind Vibrationsmotoren in die Handgriffe des Rollators integriert, die zur Kommunikation verwendet werden. Um dem Benutzenden stets die Wahl der Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit zu überlassen, ist der intelligente Rollator unmotorisiert. Je nach Navigationsmodus werden Hindernisse oder Bewegungsempfehlungen entweder über die beiden Vibrati-



*Abbildung 1: Rollator mit Vibrationsmotoren in den Handgriffen, Einheit zur Datenverarbeitung und Lasersensoren.*

onsmotoren in den Handgriffen des Rollators kommuniziert, oder über einen Vibrationsgürtel. Der Gürtel wird um den Bauch getragen und enthält fünf Vibrationsmotoren, einen auf der Vorderseite, einen auf jeder Seite und je einen Motor vorne rechts und links. Dadurch können Richtungen im Vergleich zu den Vibrationsmotoren in den Handgriffen mit einer besseren räumlichen Auflösung vermittelt werden. Der Gürtel kommuniziert mit dem Rollator drahtlos über eine Bluetooth-Verbindung.

Abbildung 2 zeigt den Aufbau der Softwarearchitektur. Unsere Software basiert auf dem Robot Operating System (Quigley et al. 2009). Wir verwenden zwei 2D-Laserscanner zur Lokalisierung und Kartierung der Umgebung. Der erste Laserscanner vom Typ Hokuyo UTM-30LX ist fix auf dem Erweiterungsmodul montiert. Er dient zur Schätzung der Eigenbewegung des Rollators durch Laser Scan Matching (Censi 2008) und kann bei Bedarf zur Lokalisierung des Rollators in einer Karte verwendet werden. Der zweite Laserscanner, ein Hokuyo UTM-X002S, wird von einem Ser-

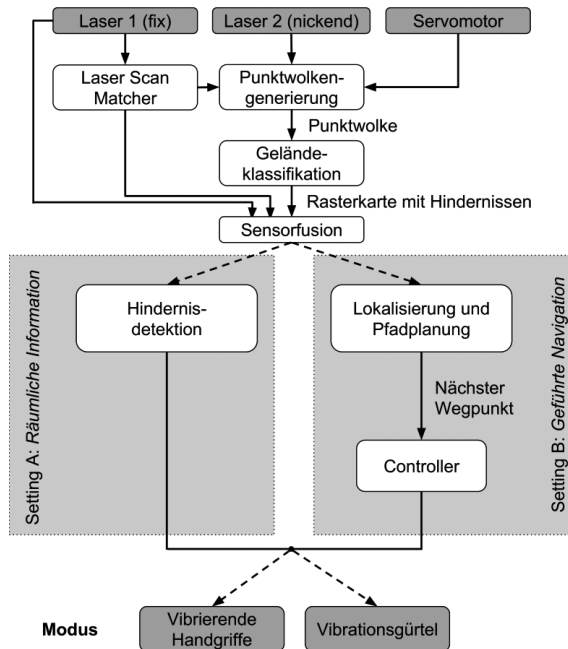


Abbildung 2: Softwarearchitektur des intelligenten Rollators im Zusammenspiel mit der Hardware.

vomotor kontinuierlich auf und ab bewegt. Hierdurch erfasst der Rollator ein dreidimensionales Modell seiner Umgebung. Basierend auf diesem Modell erkennt das System Hindernisse in der Umgebung des Rollators. Im Gegensatz zu konventionellen Blindenhilfsmitteln werden zusätzlich sowohl Hindernisse auf Kopfhöhe als auch negative Hindernisse wie abfallende Treppenstufen erkannt. Die Hinderniserkennung erfolgt mit dem Height-Length-Density Klassifikator (Morton und Olson 2011), den wir speziell für die Navigation von Menschen in engen Innenräumen optimiert haben. Es existieren zwei verschiedene Settings, in denen der intelligente Rollator betrieben werden kann, *Räumliche Information* und *Geführte Navigation*.

### **3.1 Setting A: Räumliche Information**

Im ersten Setting erkennt der Rollator Hindernisse in der Umgebung und signalisiert diese. Ähnlich wie bei der Navigation mit dem Langstock wird auf diese Art die Umgebung wahrgenommen, jedoch gibt der Rollator keine direkte Empfehlung für Bewegungsrichtungen. Erkannte Hindernisse werden entweder über die vibrierenden Handgriffe oder über den Vibrationsgürtel signalisiert. In beiden Fällen werden Hindernisse in der Umgebung dem entsprechenden Vibrationsmotor zugeordnet. Jeder Vibrationsmotor signalisiert anschließend die Distanz zu dem Hindernis, das ihm am nächsten ist. Dabei wird die Entfernung zum Hindernis, ähnlich wie bei einer Einparkhilfe im Auto, durch Pulsfrequenzmodulation enkodiert. Das heißt, jeder Vibrationsmotor gibt Pulse mit fixer Intensität, aber variierendem Impulsabstand. Der Impulsabstand verhält sich linear zur Hindernisdistanz. Die Unterschreitung einer kritischen Distanz resultiert in kontinuierlicher Vibration. Analog dazu werden keine Signale mehr gesendet, sobald die Distanz zum nächsten Hindernis größer ist als ein Grenzwert. Alle Parameter können personenspezifisch angepasst werden. Wir verwenden Pulsfrequenzmodulation anstelle von variierenden Vibrationsintensitäten, da diese Technik robuster gegenüber dämpfenden Materialien wie bspw. einer Jacke, die unter dem Vibrationsgürtel getragen werden könnte, ist. Darüber hinaus kann die Unterschreitung von kritischen Distanzen durch kontinuierliche Vibration eindeutig signalisiert werden.

### **3.2 Setting B: Geführte Navigation**

Im zweiten Setting führt der intelligente Rollator die Benutzenden mit Hilfe von Vibrationsignalen zu einer gewünschten Zielposition. In diesem Set-