

# Abschlussbericht



© FitForAge Forschungsverbund der Bayerischen Forschungsstiftung.  
Erlangen-Nürnberg, München, Regensburg, Würzburg 2010  
Alle Rechte vorbehalten. Insbesondere die Überführung in maschinenlesbare Form sowie das Speichern  
in Informationssysteme auch auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung von FitForAge.

Version 1. Februar 2011

Abschlussbericht FitForAge

# FitForAge\* Abschlussbericht

\* gefördert durch die



<b>1 Vorwort</b> . . . . .	<b>06</b>	<b>3.4 Intelligente integrierte Technologien und Dienstleistungen für eine selbständige Lebensführung im Alter</b> . . . . .	<b>36</b>
<b>2 Allgemeine Angaben</b> . . . . .	<b>08</b>	3.4.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	36
<b>2.1 Kurzbeschreibung des Projekts</b> . . . . .	<b>08</b>	3.4.2 Ergebnisse . . . . .	36
2.2 Antragsteller . . . . .	08	3.4.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	44
2.2.1 Sprecher . . . . .	08	3.4.4 Ausblick . . . . .	46
2.2.2 Beteiligte Unternehmen . . . . .	08	3.4.5 Literatur . . . . .	46
2.2.3 Gutachter des Bayerischen Forschungsverbunds FitForAge . . . . .	10	3.4.6 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	47
2.2.4 Ärztlicher Beirat . . . . .	10	<b>4 Fit4Mobility – Menschen bleiben länger mobil</b> . . . . .	<b>48</b>
<b>3 Fit4Life – Menschen leben länger selbstbestimmt</b> . . . . .	<b>12</b>	<b>4.1 Fitnessbegleiter</b> . . . . .	<b>48</b>
<b>3.1 Intelligentes seniorenangepasstes Haus</b> . . . . .	<b>12</b>	4.1.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	48
3.1.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	12	4.1.2 Ergebnisse . . . . .	50
3.1.2 Ergebnisse . . . . .	12	4.1.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	57
3.1.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	18	4.1.4 Ausblick . . . . .	58
3.1.4 Ausblick . . . . .	18	4.1.5 Literatur . . . . .	58
3.1.5 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	19	4.1.6 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	60
<b>3.2 informARTik</b> . . . . .	<b>20</b>	<b>4.2 Orientierungsassistent</b> . . . . .	<b>62</b>
3.2.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	20	4.2.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	62
3.2.2 Ergebnisse . . . . .	20	4.2.2 Ergebnisse . . . . .	63
3.2.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	25	4.2.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	69
3.2.4 Ausblick . . . . .	25	4.2.4 Ausblick . . . . .	70
3.2.5 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	27	4.2.5 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	71
<b>3.3 Intelligente Inhouse-Infrastruktur und -dienste</b> . . . . .	<b>28</b>	<b>4.3 Fußgängerassistenzfahrzeug</b> . . . . .	<b>72</b>
3.3.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	28	4.3.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	72
3.3.2 Ergebnisse . . . . .	28	4.3.2 Ergebnisse . . . . .	72
3.3.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	34	4.3.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	76
3.3.4 Ausblick . . . . .	34	4.3.4 Ausblick . . . . .	77
3.3.5 Literatur . . . . .	34	4.3.5 Literatur . . . . .	77
3.3.6 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	35	4.3.6 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	78

<b>4.4 Fahrzeugmobilität . . . . .</b>	<b>80</b>	<b>6 Querschnittsprojekte . . . . .</b>	<b>120</b>
4.4.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	80	<b>6.1 Fit4Use und Fit4Product – Akzeptanz und Nutzung altersgerechter Technologien . . . . .</b>	<b>120</b>
4.4.2 Ergebnisse . . . . .	80	6.1.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	120
4.4.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	86	6.1.2 Ergebnisse . . . . .	121
4.4.4 Ausblick . . . . .	86	6.1.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	127
4.4.5 Literatur . . . . .	87	6.1.4 Ausblick . . . . .	128
4.4.6 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	88	6.1.5 Literatur . . . . .	129
<b>5 Fit4Work – Menschen bleiben länger im Arbeitsleben . . . . .</b>	<b>90</b>	6.1.6 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	130
<b>5.1 Montagesysteme und –strukturen . . . . .</b>	<b>90</b>	<b>6.2 Fit4Product – Berücksichtigung von typischen altersbedingten Leistungsein- schränkungen in der Produktentwicklung . . . . .</b>	<b>132</b>
5.1.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	90	6.2.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	132
5.1.2 Ergebnisse . . . . .	91	6.2.2 Ergebnisse . . . . .	132
5.1.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	96	6.2.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	138
5.1.4 Ausblick . . . . .	97	6.2.4 Ausblick . . . . .	138
5.1.5 Literatur . . . . .	97	6.2.5 Literatur . . . . .	139
5.1.6 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	99	6.2.6 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	140
<b>5.2 Logistiksysteme und Organisation . . . . .</b>	<b>100</b>	<b>7 Veröffentlichungen . . . . .</b>	<b>142</b>
5.2.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	100	<b>7.1 Veröffentlichungen des Forschungsverbunds</b>	<b>142</b>
5.2.2 Ergebnisse . . . . .	100	<b>7.2 Veröffentlichungen der Themenfelder . . . . .</b>	<b>146</b>
5.2.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	106		
5.2.4 Ausblick . . . . .	106		
5.2.5 Literatur . . . . .	107		
5.2.6 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	108		
<b>5.3 Roboterunterstützung an Montagearbeitsplätzen . . . . .</b>	<b>110</b>		
5.3.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung . . . . .	110		
5.3.2 Ergebnisse . . . . .	110		
5.3.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern . . . . .	117		
5.3.4 Ausblick . . . . .	117		
5.3.5 Literatur . . . . .	117		
5.3.6 Arbeits- und Zeitplan . . . . .	118		

## 1 Vorwort

*Meine sehr verehrten Herren Gutachter,  
liebe Leserinnen und Leser,*

Mit dem vorliegenden Abschlussbericht endet nach drei Jahren die gemeinsame Arbeit des Bayerischen Forschungsverbunds FitForAge. 13 Projektteams haben sich der Entwicklung technologiebasierter Produkte und Dienstleistungen gewidmet, die den Herausforderungen der älter werdenden Gesellschaft begegnen sollen. Vier bayerische Universitäten, das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS sowie zahlreiche Unternehmen arbeiteten gemeinsam an den Zielsetzungen des Verbundprojekts. Mit einem Zusammenspiel von Wissenschaft und Industrie und einem engagierten Miteinander der einzelnen Teilprojekte ist uns ein erfolgreiches Arbeiten gelungen. Dabei waren durch die Begrenzung der Laufzeit auf drei Jahre der hohen Anzahl beteiligter Partner und der feststehenden Fördersumme klare Grenzen gesetzt. Bereits bei der Bewilligung wurde eine Fokussierung auf die „Entwicklung von Assistenzsystemen“ festgelegt.

Es war von Anfang an deutlich, dass die isolierte Lösung einzelner technischer Probleme einer alternden Gesellschaft nicht ausreichend sein wird. Querschnittsprojekte sollten daher übergreifend Leitlinien für anwendungs- und nutzerorientierte Lösungen bieten. Insbesondere die Akzeptanz technischer Lösungen und die Evaluierung der entstehenden Systeme durch die Zielgruppe, sprich die potenziellen Nutzer, erschienen notwendig. So gründete das Institut für Psychogerontologie Ende 2008 im Rahmen des Querschnittsprojekts Fit4Use den Erlanger Seniorenbeirat für die Produktentwicklung (SEN-PRO). Die Entwicklungen der einzelnen Themenfelder wurden von 140 Seniorinnen und Senioren, die in verschiedenen zusammengesetzte Gruppen von Nutzern aufgeteilt wurden, getestet und evaluiert. Die Entwicklungsschritte in Teilprojekten von Fit4Life, Fit4Mobility und Fit4Work konnten auf Ergebnissen der Tests des Seniorenbeirats

aufbauen, entsprechend modifiziert und in die Praxis umgesetzt werden.

Die Arbeit des Seniorenbeirats wurde um die Hilfestellungen eines Ärztlichen Beirats ergänzt:

Aufgrund der Anregungen, die bei der ersten Zwischenbegutachtung durch die Gutachter gegeben wurden, wurde im September 2009 in Erlangen ein Ärztlicher Beirat, bestehend aus acht Mitgliedern, gegründet. Dadurch wurde verstärkt ärztlicher Sachverstand in den Forschungsverbund eingebracht. Die einzelnen Projektbearbeiter hatten dadurch die Möglichkeit, sich medizinische Anregungen und Hilfestellung bei der Entwicklung zu holen.

Im dritten Projektjahr wurde der Rat der Gutachter aus der zweiten Zwischenbegutachtung befolgt und die Publikationslage verbessert. Die Projektbearbeiter waren auf zahlreichen Konferenzen vertreten. Im Rahmen des Themenfelds Fit4Work wurde in Kooperation mit dem Querschnittsprojekt Fit4Use und den Industriepartnern die Studie „Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik“ veröffentlicht und im Rahmen des FitForAge-Kongresses im November 2010 vorgestellt. Exemplarisch sei hier auch auf die Publikation des Methodenkatalogs zum Ende der Verbundlaufzeit verwiesen, der in Kooperation mit den Querschnittsprojekten Fit4Use und Fit4Product und mithilfe des Themenfelds Fit4Mobility geschrieben wurde. Er wird mit dem Abschlussbericht vorgelegt.

Im letzten Projektjahr veranstalteten der Forschungsverbund FitForAge sowie die bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeberverbände bayme vbm bereits zum zweiten Mal den FitForAge-Kongress, der im November 2010 stattfand. Für das Thema „Produktionsstrategie 2020 – Arbeitsplätze der Zukunft vor dem Hintergrund des demographischen Wandels“ konnten hochkarätige Redner und zahlreiche Industrieunternehmen gewonnen werden, die gemeinsam Produktionsstrategien der Zukunft aufzeigten und diskutierten. Über 150 Teilnehmer – vor

allem aus verschiedenen Industriezweigen – informierten sich, wie der Handlungsbedarf im eigenen Betrieb identifiziert werden kann. Es wurden Anregungen für eine dem demographischen Wandel angepasste Organisation gegeben und aufgezeigt, was in der Zukunft aus technologischer Sicht an Hilfestellungen erwartet werden kann und muss. Begleitet wurde der Kongress mit einer Fachausstellung der FitForAge-Projekte.

Im Januar 2010 wurde im Rahmen einer Strategietagung, zu welcher der FitForAge-Verbund in Veilbronn zusammenkam, der Veilbronner Kreis ins Leben gerufen. Er wurde gegründet, da eine Verlängerung des Verbunds FitForAge in der bestehenden Konstellation aufgrund der Bestimmungen der Bayerischen Forschungstiftung nicht möglich ist. Innerhalb des Veilbronner Kreises sollen sich die Partner aus der Wissenschaft und die Mitglieder des Ärztlichen Beirats auch in Zukunft austauschen, um die Ergebnisse des Verbunds FitForAge zu sichern und Kontinuität in der notwendigen Bearbeitung von Themen des demographischen Wandels zu wahren. Es ist ein Anliegen des Veilbronner Kreises, nicht nur weiterhin die Herausforderungen des demographischen Wandels zu bearbeiten, sondern dabei auch übergreifende Themen aufzunehmen, die im Antrag FitForAge nicht berücksichtigt werden konnten. Ziel ist es, den Kreis als Plattform zu nutzen, um Themenfelder, Projektideen und entsprechende Akquisitionen auszutauschen. Es sollen Projektverbände entstehen, und der Veilbronner Kreis soll – neben FitForAge – als Marke dienen, um die erarbeiteten Lösungen publizieren und vertreten zu können. Die Arbeit findet in jährlichen Arbeitstreffen, aber auch in wissenschaftlichen Symposien und Workshops statt.

Dieser Bericht gibt mir die Gelegenheit, mich bei allen Beteiligten des Bayerischen Forschungsverbunds FitForAge ganz herzlich für ihre engagierte Mitarbeit zu bedanken. Hervorheben möchte ich die großzügige Unterstützung der Bayerischen Forschungstiftung, ohne deren Hilfe diese Ergebnisse nicht zustande gekommen wären.

Mein herzlicher Dank geht auch an unsere Gutachter, die uns mit ihren Ratschlägen über die drei Projektjahre hinweg tatkräftig zur Seite standen. Durch ihre Anregungen bekam der Forschungsverbund neue Impulse, die die Ergebnisse entscheidend beeinflussten.

Des Weiteren möchte ich an dieser Stelle für die engagierte Unterstützung des Seniorenbeirats und die Hilfestellungen durch den Ärztlichen Beirat danken. Ihre Verbesserungsvorschläge finden sich heute in unseren Ergebnissen wieder.

Bei der Leitung des Projekts haben mich Frau Heppner, Frau Hopfengärtner und Herr Dr. Wiese begleitet. Ihnen gebührt mein besonderer Dank für ihr Engagement.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei all unseren Industriepartnern für ihr Interesse und ihre Unterstützung unseres Projekts bedanken. Dank dieser Hilfe haben unsere Produkte und Entwicklungen den Bezug zur Praxis gewinnen und vertiefen können.



Prof. Dr.-Ing. Heinz Gerhäuser  
Sprecher des Bayerischen Forschungsverbunds FitForAge

## 2 Allgemeine Angaben

*Bayerischer Forschungsverbund „Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen (FitForAge)“  
Aktenzeichen: 780/07*

### 2.1 Kurzbeschreibung

Ziel des Forschungsverbunds ist es, technische Lösungsansätze zu finden, die den alternden Menschen in Wohnung und Haus, im Arbeitsleben wie in der Kommunikation mit der Umwelt und im Verkehr ein aktives Leben erhalten. Es gibt im Forschungsverbund drei Themenfelder: „Fit4Life – Menschen leben länger selbstbestimmt“, „Fit4Mobility – Menschen bleiben länger mobil“ und „Fit4Work – Menschen bleiben länger im Arbeitsleben“, die sich konkreten technischen Lösungen zuwenden, sowie zwei übergreifende Querschnittsprojekte „Fit4Use“ und „Fit4Product“.

### 2.2 Antragsteller

#### 2.2.1 Sprecher

##### **Verbundsprecher**

Prof. Dr.-Ing. Heinz Gerhäuser  
Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS  
Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen

##### **Stellvertretender Verbundsprecher**

Prof. Dr. Klaus Schilling  
Lehrstuhl für Informatik VII: Robotik und Telematik (LRT)  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
Am Hubland, 97074 Würzburg

##### **Themenfeldsprecher**

Prof. Dr.-Ing. Joachim Hornegger  
Prof. Dr. Frieder R. Lang  
Prof. Dr. Tim C. Lüth  
Prof. Dr.-Ing. Harald Meerkamm  
Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart

#### 2.2.2 Beteiligte Unternehmen

ABF Apotheke, Fürth  
bayme vbm - Die bayerischen Metall- und Elektro-  
Arbeitgeber, München  
BIJO-DATA Informationssysteme GmbH, Holzkirchen/Ufr.  
Biosigna GmbH, München  
BMW AG, München  
BMW Group Forschung und Technik, München  
BMW M GmbH, Garching  
BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH, Dillingen/  
Donau  
Chimaera GmbH, Effeltrich  
Colorfoto Redaktion, München  
Corscience GmbH & Co. KG, Erlangen  
Diakonie, Neuendettelsau  
Dr. Hein GmbH, Nürnberg  
EURO-LOG AG, München  
Geis Industrie-Service GmbH, Nürnberg  
Geromed GmbH, Herzogenaurach  
GEV Grundstücksgesellschaft Herzogenaurach mbH &  
Co. KG, Herzogenaurach  
Handicare GmbH, Geiselbullach  
Metabowerke GmbH, Nürtingen  
MTM-Institut, Zeuthen  
Navigon AG, Würzburg  
nuinno, Erlangen  
Pearson Assessment & Information GmbH, Frankfurt/  
Main  
Praxisnetz Nürnberg Süd e. V., Nürnberg  
Reis Robotics GmbH & Co. KG, Obernburg  
Softgate GmbH, Erlangen  
Sympalog Voice Solutions GmbH, Erlangen  
szenaris GmbH, Bremen  
TRIKON Engineering GmbH, Stammham  
trilogIQa, München  
ZELENKA GmbH, Gilching  
xmedio GmbH, München



Global Logistics



### 2.2.3 Gutachter des Bayerischen Forschungsverbunds FitForAge

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele  
Institut für Produktionsmanagement, Technologie und  
Werkzeugmaschinen  
Technische Universität Darmstadt  
Petersenstraße 30, 64287 Darmstadt

Prof. Dr. med. Michael Habs  
Dr. Willmar Schwabe GmbH & Co. KG  
Willmar-Schwabe-Straße 4, 76227 Karlsruhe

Prof. Dr.-Ing. Andreas Hein  
Department für Informatik  
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg  
26111 Oldenburg

Prof. Dr. med. Dipl.-Psych. Ralf Ihl  
Alexianer-Krankenhaus Krefeld  
Dießemer Bruch 81, 47805 Krefeld

Dr. Michael Mesterharm  
AutoUni  
Volkswagen Aktiengesellschaft  
Brieffach 1231, 38436 Wolfsburg

Prof. Dr. med. Hans Georg Nehen  
Klinik für Geriatrie  
Elisabeth-Krankenhaus  
Germaniastraße 3, 45356 Essen

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis  
Institut für Fabrikanlagen und Logistik  
Universität Hannover  
An der Universität 2, 30823 Garbsen

Prof. Dr. med. Jörg Schulz  
Protealmmun GmbH  
Robert-Rössle-Straße 10, Campus Berlin Buch,  
13125 Berlin

### 2.2.4 Ärztlicher Beirat

Prof. Dr. med. Hans Drexler  
Lehrstuhl für Arbeits- und Sozialmedizin, Friedrich-  
Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Prof. Dr. med. Raimund Forst  
Direktor der Orthopädischen Universitätsklinik im  
Waldkrankenhaus St. Marien, Erlangen

Prof. Dr. med. Matthias Lochmann (Sprecher)  
Lehrstuhl für Sportwissenschaft mit dem Schwerpunkt  
Bewegung und Gesundheit, Friedrich-Alexander-  
Universität Erlangen-Nürnberg

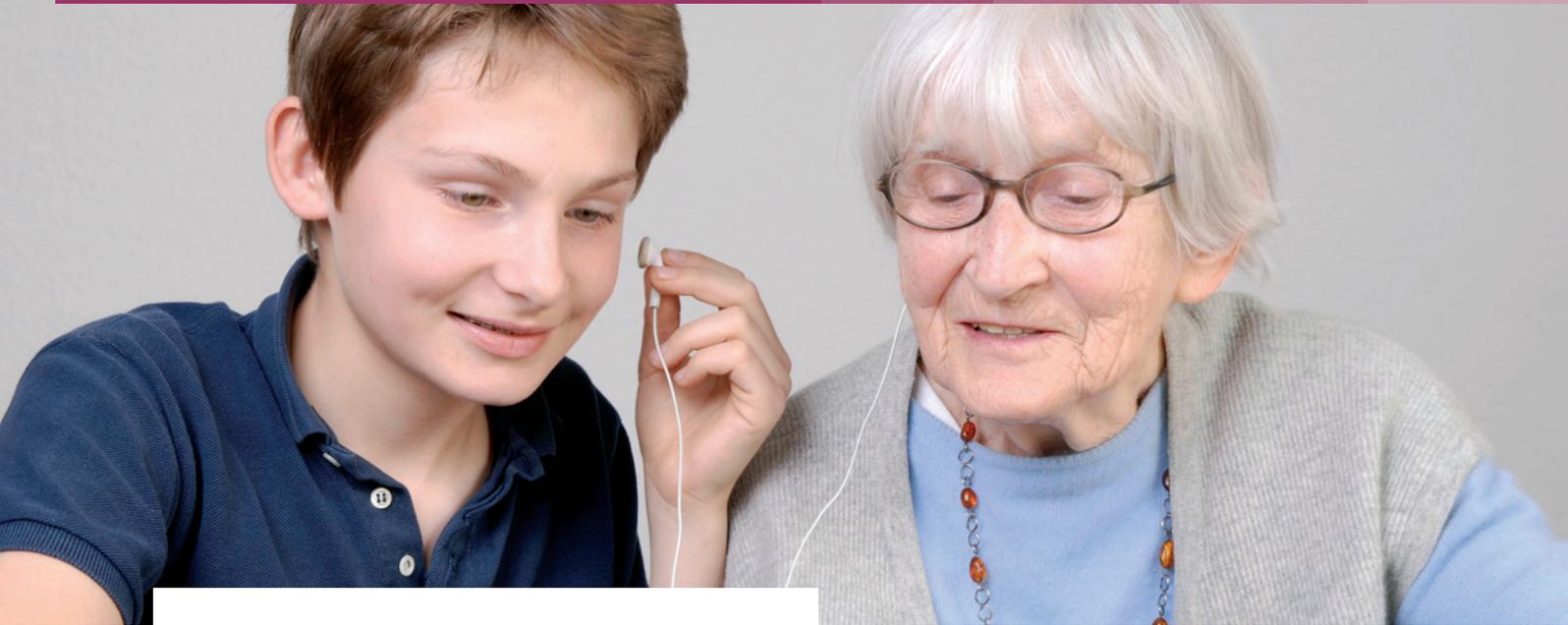
Dr. Dr. Günter Niklewski  
Chefarzt der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie,  
Klinikum Nürnberg-Nord

Prof. Dr. med. Matthias Schieker  
Leiter der Experimentellen Chirurgie und Regenerativen  
Medizin an der Chirurgischen Klinik der Ludwig-  
Maximilians-Universität München

Prof. Dr. med. Dr. h. c. Jürgen Schüttler  
Direktor der Klinik für Anästhesiologie, Erlangen

Dr. med. Michael Schwab  
Bürgerspital Würzburg

Prof. Dr. med. Cornel Sieber  
Lehrstuhl für Innere Medizin (Geriatrie),  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



### Projektlogos



Bayerischer Forschungsverbund FitForAge

Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen

### Themenfelder



### Querschnittsprojekte



## THEMENFELD I

# 3 Fit4Life – Menschen leben länger selbstbestimmt

*Die Arbeiten im Themenfeld Fit4Life sollen es Menschen mithilfe altersgerechter technischer Systeme ermöglichen, länger ein selbstbestimmtes Leben in den eigenen vier Wänden zu führen. Dabei wird durch die Integration von Informationstechnologien im häuslichen Umfeld die Wohnsituation verbessert. Beispiele hierfür sind altersgerechte Mensch-Maschine-Schnittstellen, eine angepasste und intuitive Vermittlung von Wissen und Information, integrierte, intelligente Systeme sowie die Entwicklung notwendiger neuer Dienstleistungen zur kosteneffizienten Erschließung der neu entwickelten Technologie. Fit4Life ging es hierbei aber nicht nur um die Erarbeitung von Konzepten und Methoden, sondern auch um die Entwicklung von Anwendungen. Während der Projektlaufzeit entstand so eine Reihe von Demonstratoren, die ihre praktische Nutzbarkeit in mehreren Studien mit der Zielgruppe unter Beweis stellten. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse und der Zusammenarbeit der Teilprojekte im Themenfeld Fit4Life folgt auf den nächsten Seiten. Darüber hinaus werden im Ausblick der einzelnen Projekte weiterführende Ideen zur Forschung und Entwicklung angeregt.*

---

### 3.1 Intelligentes seniorenangepasstes Haus (ISA-Haus)

Lehrstuhl für Mustererkennung, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Joachim Hornegger

**Mitarbeiter:** Dipl.-Inf. Werner Spiegl

**Industriepartner:** GEV Grundstücksgesellschaft Herzogenaurach mbH & Co. KG, Herzogenaurach; nuinno, Erlangen; Sympalog Voice Solutions GmbH, Erlangen

---

#### 3.1.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Ziel des Teilprojekts ISA-Haus ist die Entwicklung eines sprachgesteuerten Wohnraum-Assistenz-Systems (WAS), das an die Situation und die Bedürfnisse älterer Menschen angepasst ist.

Ankerpunkte bei der Entwicklung des ISA-Hauses sind dabei die Möglichkeit der kosteneffizienten Integration des WAS in eine bestehende Wohnumgebung, die leichte Anpassung und Erweiterung des Systems an die Bedürfnisse des jeweiligen Bewohners und eine hohe Benutzerakzeptanz durch die intuitive und robuste Steuerung mittels natürlicher Sprache.

#### 3.1.2 Ergebnisse

Das fertige Produkt am Ende der Projektlaufzeit entspricht der Zielsetzung, wie sie eingangs erwähnt wurde. Als anschauliches und begehbares Objekt wurde am Lehrstuhl für Mustererkennung ein reales ISA-Haus in einer realen Wohnumgebung aufgebaut. Besonderes Merkmal ist die Sprachsteuerung aller integrierten Komponenten durch natürliche Sprache. Dabei kommt es vor allem darauf an, dem System verständlich zu machen, was die sprechende Person tatsächlich erreichen will. Es muss erkennen, ob es angesprochen ist

und entsprechend reagieren. Die erfolgreich identifizierten Anfragen leitet es dann an die Systemmodule weiter, die mittels universeller Schnittstelle in das WAS integriert sind.

Nach Beschreibung des ISA-Hauses folgt die Analyse der Forschungsergebnisse bezüglich Nutzerakzeptanz, die Auflistung der integrierten Demonstratoren anderer Teilprojekte, die Untersuchung zur automatischen Aufmerksamkeitserkennung und die Beschreibung der Entwicklung eines angepassten ISA-Hauses zur Langzeitevaluation beim Probanden.

### *Das intelligente, seniorenangepasste Haus am Lehrstuhl für Mustererkennung*

Ein 3-D-Modell der existierenden ISA-Haus-Wohnumgebung findet sich in Abbildung 1. Das integrierte Basissystem, das bereits im ersten Projektjahr fertiggestellt und in der Projektlaufzeit immer weiter ausgebaut wurde, besteht aus einem Dialogsystem, das Licht, Radio, Telefon etc. mittels natürlicher Spontansprache steuern kann.



Um jetzt das WAS optimal an die Situation und an die Bedürfnisse von Senioren anzupassen, wurde die Schnittstellentechnologie des Systems so ausgebaut, dass neue Komponenten leicht in das System zu integrieren sind. Die Wahl fiel dabei auf den Standard UPnP (Universal Plug and Play), wie er bereits heute in zahlreichen, kom-

merziell verfügbaren Systemen implementiert ist (TV-Systeme, Internetradios etc.). Das bedeutet, Standard-Hardware lässt sich ohne Umwege und mit minimalen Anpassungen in das Assistenzsystem eingliedern. Folgende Geräte, zusammengefasst nach den jeweiligen Aufgabengebieten, sind von Anfang an mittels UPnP in das WAS integriert:

- Home-Server: Hauselektronik mit Steckdosen, Licht, Rollläden und Heizung
- Medien-Server: Radiogeräte, Fernseher
- Kommunikations-Server: Telefon, SMS

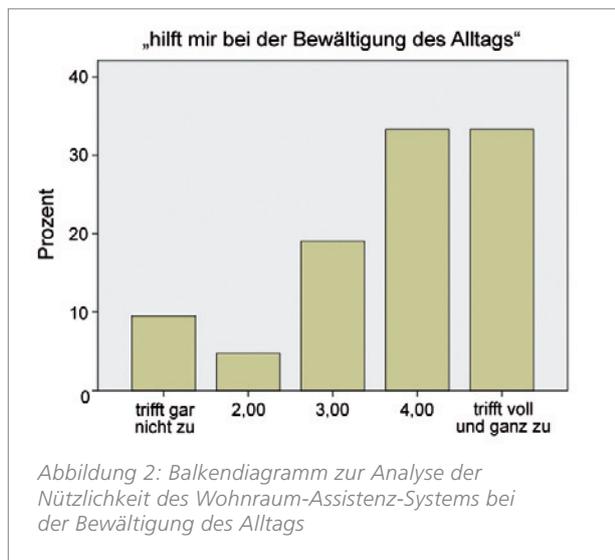
Neben der Integration von Standard-Hardware sind in gleicher Weise Software-Komponenten realisiert, die das System um eine entsprechende Funktionalität erweitern (z. B. Wecker, Wettervorhersage, TV-Programmansage usw.).

Um weitere Anwendungen und Szenarien zu finden, wie sie von der entsprechenden Zielgruppe der Senioren gewünscht werden, wurden Benutzerstudien in Zusammenarbeit mit Fit4Use durchgeführt. Diese Studien gliederten sich in zwei Einzelstudien, Fokusgruppen und Wizard-of-Oz-Experimente, die im Folgenden kurz beschrieben werden:

- a) Fokusgruppen: Zunächst wurden die Senioren in Fokusgruppen mit dem Thema Sprachverarbeitung und dem Einsatz im Bereich Wohnraum-Assistenz-System vertraut gemacht. Hauptziel der Gruppenarbeit war dabei die Diskussion möglicher Anwendungsfälle für ein intelligentes, seniorenangepasstes Haus.
- b) Wizard-of-Oz-Experimente (WOZ): Im Anschluss an die Fokusgruppen wurden die Teilnehmer eingeladen, das Live-System, wie es zur Demonstration am Lehrstuhl für Mustererkennung aufgebaut ist, zu testen. Dabei wurden Sprachdaten aufgezeichnet. Da das System zum Zeitpunkt der Studie nicht vollständig sein konnte, wurden die fehlenden Module durch einen Menschen simuliert. Um die natürliche Interaktion mit dem System nicht zu beeinflussen, wussten die Probanden davon nichts.

### Analyse der Nutzerakzeptanz

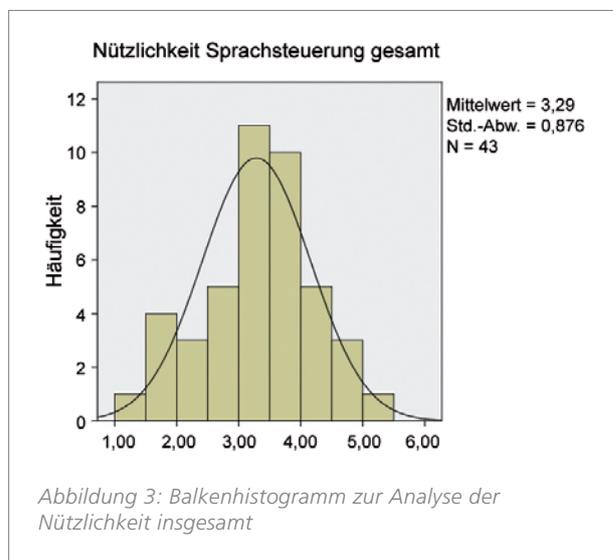
Im Anschluss an die Fokusgruppen und Wizard-of-Oz-Experimente wurde von Fit4Use eine objektive Nutzerakzeptanzstudie durchgeführt. Diese erfolgte über eine Briefumfrage mit insgesamt zwölf Fragen, die die Bereiche Produktivität, Gesellschaftsleben, Umwelt, Alltagsbewältigung, Entscheidungsfindung und generelles Interesse am Thema Wohnraumassistenz mittels natürlicher Sprachsteuerung beinhalteten. Die Antwortskala umfasste die Werte 1 (trifft nicht zu) bis 5 (trifft voll und ganz zu). Insgesamt beteiligten sich an der Studie 46 Probanden mit einer Aufteilung von männlichen und weiblichen Teilnehmern im Verhältnis 65 zu 35 %.



Eine Kernfrage bei der Entwicklung des ISA-Hauses ist die Einschätzung der Probanden, inwieweit das vorgestellte sprachgesteuerte System sie bei der Bewältigung des Alltags unterstützen würde. Abbildung 2 zeigt die Auswertung hierzu. Es ist deutlich zu sehen, dass die Nützlichkeit von einem Großteil der Befragten bestätigt wird. Weit über 50 % beantworteten die Frage mit „trifft zu“ und „trifft voll und ganz zu“.

Zusammengefasst unter dem Begriff der Nützlichkeit des sprachgesteuerten Hausassistenzsystems kann die Akzep-

tion mit einem Mittelwert von 3,3 als positiv bewertet werden, mit Verbesserungspotenzial (siehe Abbildung 3). Die Anregungen der Probanden flossen dann weitestgehend in die Entwicklung des ISA-Hauses ein.



### Integration der Demonstratoren aus anderen Teilprojekten

Das Projekt ISA-Haus und seine Realisation am Lehrstuhl für Mustererkennung stellen die zentrale Integrationsplattform für alle Teilprojekte aus dem Themenfeld Fit4Life dar. Zur Verdeutlichung werden einige der Teilprojekt-Demonstratoren dargestellt, mit dem Fokus auf deren Integration in das ISA-Haus-System. Zur detaillierten Beschreibung der einzelnen Systeme sei hier auf die Berichte der Teilprojekte verwiesen.

Teilprojekt I-2 hat den Ergo-Feeder entwickelt. Dabei handelt es sich um ein intelligentes Trainingssystem, das dem Trainierenden auf intuitive Weise den optimalen Trainingsbereich aufzeigt. Das System regelt mittels gemessener Herzfrequenz die Abspielgeschwindigkeit von TV- und Videoprogrammen und pendelt somit den Benutzer intuitiv auf seinen idealen Trainingslevel ein. Mittels UPnP-Schnittstelle wurde das System an das ISA-Haus gekoppelt und kann komfortabel über natürliche Sprache

gestartet werden, beispielsweise durch eine Äußerung wie: „Ich bin jetzt bereit für mein tägliches Training, könntest du bitte den Ergo-Feeder starten!“

Ein weiterer Demonstrator von Teilprojekt I-2 ist der intelligente Bilderrahmen, der eine Erweiterung zu heute üblichen digitalen Bilderrahmen darstellt. Mittels Emotionserkennung erkennt das System, welche Bilder dem Betrachter gefallen. Anhand dieser Information wird automatisch eine Bildauswahl getroffen. Zur Integration in das ISA-Haus haben die Entwickler des intelligenten Bilderrahmens dessen Schnittstelle an den verwendeten ISA-Haus-Standard angepasst. Somit dient der Bilderrahmen dem WAS in zweierlei Hinsicht:

- a) als Sensor: Befindet sich der Bewohner gerade vor dem Bilderrahmen und betrachtet Bilder, so wird dies dem ISA-Haus mitgeteilt. Damit ist die Position des Bewohners bekannt. Das ISA-Haus kann diese Information für die Aufmerksamkeitserkennung nutzen.
- b) als Akteur: Ist dem Haussystem die Position des Bewohners vor dem Bilderrahmen bekannt, kann es die Darstellungsmöglichkeiten des Bilderrahmens nutzen und subtil Informationen anzeigen, wie z. B. das Trinken nicht zu vergessen.

Mit der HomeCare-Unit (HCU) hat das Teilprojekt I-3 die optimale Ergänzung zum ISA-Haus entworfen und realisiert. Es handelt sich dabei um eine zentrale Einheit, die unter anderem Vitalparameter messen und erfassen sowie ermittelte Bewegungs- und Aktivitätsanalysen visualisieren kann. Zur verbesserten Darstellung kann die HCU die grafische Ausgabe auf einen externen Monitor (z. B. TV) umleiten. In Verbindung mit der implementierten ISA-Haus-Schnittstelle an der HCU sind unterschiedliche Szenarien entwickelt worden, die eine komfortable Sprachsteuerung der HCU erlauben. In der gleichen Weise, wie der Bewohner das Licht mittels Sprache einschalten kann, kann er das ISA-Haus folgendermaßen anweisen: „Könntest du bitte meine Trainingsdaten von gestern auf dem Monitor zeigen?“ Daraufhin kann entsprechend die

grafische Darstellung mit einem akustischen Feedback folgen: „Sie haben sich gestern 47 Minuten aktiv bewegt. Das ist sehr gut.“ Zur zentralen Auswertung kann der Bewohner dann darum bitten, diese Daten direkt an den Arzt zu schicken.

In Zusammenarbeit mit Teilprojekt I-4 wurde eine Dienstleistung erarbeitet, die vollständig an die Möglichkeiten des ISA-Hauses angepasst ist: das sprachgesteuerte Schmerz-Monitoring. Der Bewohner wird vom ISA-Haus-System, in regelmäßigen Abständen über den Tag verteilt, nach seinem subjektiven Schmerzbefinden befragt. Dies beantwortet er mit Zahlen aus einer vorher definierten Skala, die den Grad des Schmerzempfindens angibt. Die Antworten werden gespeichert, bei Bedarf an einen entsprechenden Dienstleistungs-Server übermittelt und können dort beispielsweise vom Arzt abgerufen und ausgewertet werden. Der Aufwand und die Kosten zur Integration dieser Dienstleistung wurden bereits vollständig von I-4 beziffert. Von Vorteil war dabei, dass bereits eine Hardware-Version des Schmerz-Monitorings von I-4 entwickelt wurde. Die Befragung des Benutzers erfolgt dabei über einen PDA. Aufbauend auf dieser Version veranschaulicht das sprachgesteuerte Schmerz-Monitoring, wie auf die fertige Infrastruktur des ISA-Hauses ohne großen Kosten- und Materialaufwand neue Dienstleistungen aufgesetzt bzw. vorhandene angepasst werden können. Unter diesem Gesichtspunkt stellt sich das ISA-Haus als Mehrwertplattform dar. Im Ausblick unter dem Punkt „Das intelligente Haus als Content-Plattform“ wird die Integration von Anwendungen und Dienstleistungen aus Marketingsicht weiter vertieft.

Wie bereits mit dem Ergo-Feeder gezeigt wurde, lassen sich in das ISA-Haus sinnvolle und von Senioren im Seniorenbeirat für die Produktentwicklung (SEN-PRO) gewünschte Fitnessgeräte installieren. Mit dem mobilen Fitnessbegleiter unseres Partners aus Teilprojekt II-1 lässt sich zudem zeigen, dass Geräte, die ursprünglich für den mobilen Einsatz entwickelt wurden, auch in der Infrastruktur des ISA-Haus-Systems ihren Platz finden. Das PDA-basierte

System zur Übungs- und Trainingsunterstützung wurde durch Anpassung der entsprechenden Schnittstelle fähig, mit dem Haussystem zu kommunizieren. Der Bewohner kann zum Beispiel mittels Sprache eine Trainingseinheit auswählen, die dann auf dem TV-Gerät anstelle des PDA dargestellt wird. Rückmeldungen können ebenfalls über die Sprachausgabe des ISA-Hauses erfolgen.

#### *Automatische Aufmerksamkeitserkennung*

Die Aufmerksamkeitserkennung in der natürlich-sprachlichen Kommunikation unter Menschen ist ein Schlüssel zum erfolgreichen Informationsaustausch. Derjenige, der etwas zu sagen hat, muss dies dem Adressaten seiner Botschaft signalisieren. Der Adressat muss dies erkennen, d. h., die gerichtete Aufmerksamkeit des Gegenübers als Interaktionswunsch deuten. Viel wichtiger dabei ist allerdings, dass diejenigen Gegenüber, die eben nicht angesprochen sind und nicht den Aufmerksamkeitsfokus haben, dies ebenfalls zuverlässig erkennen und wissen, dass sie nicht reagieren müssen. Im Fall eines sprachgesteuerten Assistenzsystems geht dies noch einen Schritt weiter: Wenn das System nicht angesprochen ist, darf es nicht reagieren. Unterhalten sich zwei Personen über das Fernsehprogramm, darf das Haussystem nicht auf die Idee kommen, das erwähnte Programm am TV-Gerät einzuschalten. Zur automatisierten Aufmerksamkeitserkennung ähnlich der zwischenmenschlichen Kommunikation wurde ein Verfahren entwickelt, das unterschiedliche Bereiche und Ebenen in der natürlich-sprachlichen Kommunikation untersucht. Die beiden untersuchten Bereiche sind zum einen der linguistische, also der Inhalt des Gesagten, und zum anderen der paralinguistische, die intonatorische Form des Gesagten. Die unterschiedlichen Ebenen, die dabei in beiden Bereichen untersucht werden, sind die Phonem-, Wort-, Satz- und Dialogebene. Der Kerngedanke hierbei ist die Einbeziehung des Kontextes auf unterschiedlichen Ebenen. Befindet sich der Dialog beispielsweise im Kontext einer Rückfrage des Haussystems (z. B. „Welchen Sender möchten Sie sehen?“) ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass eine Antwort des Bewohners folgt, die an das Haussystem gerichtet

ist. Diese Heuristiken bezüglich des Kontextes finden sich auf jeder untersuchten Ebene. Erste Experimente mit den gewonnenen Daten aus den WOZ-Studien waren paralinguistische Untersuchungen auf Satzebene. Hier konnte bereits eine Erkennungsrate von 75 % erreicht werden. Das heißt, ohne den Inhalt des Gesagten zu kennen, würde ein System, das mit diesem Modul ausgestattet ist, bereits drei Viertel aller Anfragen und Nichtanfragen richtig interpretieren als gerichtete bzw. ungerichtete Aufmerksamkeit des Bewohners. Untersucht man die Merkmale, die am zuverlässigsten in diesem Modul arbeiten, stellt sich heraus, dass eine starke Korrelation zwischen gerichteter Aufmerksamkeit und Energie der eingesetzten Stimme besteht. Sätze, die an das System gerichtet sind, werden mit deutlich erhöhter Energie („Könntest du bitte das Licht anmachen!“) gesprochen als z. B. Small Talk („Und dann habe ich ihm gestern gesagt, er soll das Licht anmachen.“).

Bis zum Einreichungsschluss des Abschlussberichts konnten allerdings nicht alle Ebenen analysiert werden. Die Ergebnisse der vollständigen Studie werden zur Begutachtung vorliegen und mit einem eigenen Demonstrator präsentiert.

#### *Entwicklung eines angepassten ISA-Hauses zur Langzeitevaluation beim Probanden*

Für die geplanten Studien zur Langzeitevaluation am Ende der Projektlaufzeit konnte ein Proband gewonnen werden, der der Projektzielgruppe genau entspricht. Herr B. ist etwa 60 Jahre alt, sitzt aufgrund einer Kinderlähmung im Rollstuhl und hat infolge des sich verschlechternden Krankheitsverlaufs motorische Einschränkungen zu kompensieren. Dazu gehört unter anderem die verminderte Bewegungsfreiheit seiner Arme und auch Finger. Einfache Handgriffe wie das Steuern seines Elektrobettes mittels Fernbedienung sind ihm mittlerweile nur noch schwer möglich. Durch den modularen Aufbau des ISA-Hauses konnte eine speziell an die Bedürfnisse des Probanden angepasste ISA-Haus-Version entwickelt werden, in der z. B. die erwähnte Fernbedienung des Bettes durch eine

Stimmsteuerung ersetzt und in das ISA-Haus integriert ist. Bei der Entwicklung des Systems zur Bettsteuerung mussten zwei Herausforderungen bewältigt werden:

Zum einen musste eine Hardware-Schnittstelle entwickelt werden, die eine Verbindung zwischen Bett und ISA-Haus zulässt, damit der ISA-Haus-Rechner als Steuerung fungieren kann. Da die Schaltpläne der Fernbedienung nicht offen lagen, wurde die komplette Fernbedienung „reverse engineered“ (auf Funktionsweise untersucht und nachgebaut) und um eine PC-übliche USB-Schnittstelle erweitert (siehe dazu Abbildung 4). Es sind somit keine Eingriffe in das vor Ort aufgestellte Bett notwendig: die Bett-Rechner-Steuerung kann parallel neben der Originalfernbedienung angesteckt werden.

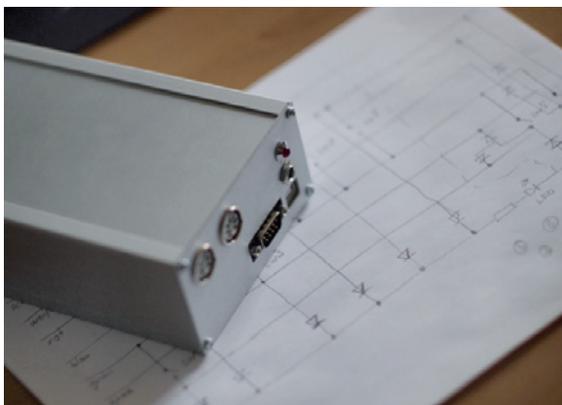


Abbildung 4: Hardware-Schnittstelle zwischen Bett und ISA-Haus-Rechner

Zum anderen musste bei der Steuerung des Bettes durch das ISA-Haus die Funktionsweise der ursprünglichen Fernbedienung nachgeahmt werden. Diese arbeitet folgendermaßen: Solange ein Knopf an der Fernbedienung gedrückt wird, bewegt sich der entsprechende Motor im Bett. Im Gegensatz dazu arbeitet eine Sprachsteuerung nach dem Aus-/Einschalt-Prinzip: „Bitte das Bett hochfahren!“, „Stop!“, „Weiter!“, „Zurück!“, „Weiter!“ etc. Übertragen auf die reale Situation ist dies weder komfortabel noch sicher. Ist der Motor in Fahrt, stoppt er nur

durch ein entsprechendes Kommando oder wenn er am Anschlag ist. Die entwickelte Lösung für das ISA-Haus ist nun keine übliche Sprachsteuerung für das Bett, sondern eine Stimmsteuerung: der Bettmotor bewegt sich solange, wie ein bestimmter Vokal artikuliert wird (z. B. „o“). Dies entspricht dem gleichen Aktivierungsprinzip wie bei der Originalfernbedienung. Lediglich die Auswahl der entsprechenden Bettfunktion wird noch mittels Sprache ausgewählt:

**Bewohner:** „Bitte die Kopfstütze hochfahren!“

**ISA-Haus:** „Das Hochfahren der Kopfstütze ist jetzt aktiv. Bitte artikulieren Sie ‚o‘!“

**Bewohner:** „oooooooooooooooo“

**Bewohner:** „Bitte die Fußstütze herunterfahren!“

**ISA-Haus:** „Solange Sie den Vokal ‚o‘ artikulieren, wird die Fußstütze heruntergefahren!“

Diese Bettsteuerung wurde neben weiteren Anwendungen in eine angepasste Version des ISA-Hauses für den Probanden integriert.

Bei der aktuell stattfindenden Langzeitevaluation des Systems handelt es sich vor allem um einen langwierigen Iterationsschritt in der Produktentwicklung: Das ISA-Haus muss seine Einsatzfähigkeit unter realen Bedingungen unter Beweis stellen, d. h., es muss im Alltag robust und mit minimalen Fehlertoleranzen funktionieren. Da diese Evaluation zum Redaktionsschluss des Abschlussberichts noch nicht abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse hierzu bei der Endbegutachtung präsentiert. Zum jetzigen Zeitpunkt lässt sich bereits sagen, dass das ISA-Haus, speziell an die Bedürfnisse von Herrn B. angepasst, eine Erhöhung seiner Lebensqualität und seines Lebenskomforts darstellt.

### 3.1.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

In regelmäßigen Abständen erfolgten innerhalb der einzelnen Teilprojekte des Themenfelds Fit4Life Sitzungen zur gemeinsamen Ideenfindung und deren Umsetzung im ISA-Haus-Umfeld. Der Erfolg zeigt sich deutlich in der nahtlosen Integration der Demonstratoren in das ISA-Haus, wie bereits oben beschrieben.

Weiterhin führte der zusätzliche intensive Austausch mit Partnern aus den Themenfeldern Fit4Work und Fit4-Mobility zum Ausbau der Integrationsfähigkeit des ISA-Hauses. Durch die modulare Infrastruktur ist es jetzt möglich, komfortabel neue Geräte aus beliebigen Anwendungsbereichen in das Haussystem einzufügen. Beispielhaft hierfür steht der bereits erwähnte Fitnessbegleiter aus dem Themenfeld Fit4Mobility.

Besondere Bedeutung bei der Entwicklung des gesamten ISA-Hauses kommt den beiden Querschnittsprojekten Fit4Use und Fit4Product zu.

Wie bereits in einem der vorherigen Abschnitte beschrieben, fanden im Sommer 2010 unter Leitung von Fit4Use über mehrere Wochen hinweg Benutzerstudien statt. Diese Studien (Fokusgruppen und Wizard-of-Oz) wurden sowohl im Institut für Psychogerontologie als auch im ISA-Haus durchgeführt. Mit der zielgerichteten Durchführung der Studien mit Vertretern der Benutzergruppe, repräsentiert durch den Seniorenbeirat SEN-PRO, konnte ein System entwickelt werden, das in erster Linie auf die Bedürfnisse und die Situation der zukünftigen Anwender zugeschnitten ist, d. h. „fit for use“ ist.

In gleicher Weise wie aufseiten der Anwender die Benutzbarkeit des Systems wichtig ist, so ist vonseiten der Projektplaner eine kosteneffiziente und reproduzierbare Systementwicklung ein tragendes Element. Mit dem Querschnittsprojekt Fit4Product stand den Entwicklern des ISA-Hauses ein kompetenter und aufgeschlossener

Partner zur Seite, der von Anfang an die Richtung bei der Produktentwicklung des ISA-Hauses vorgab.

Neben den Forschungspartnern trugen vor allem die Industriepartner wesentlich zum Gelingen des ISA-Hausprojekts bei:

Sympalog Voice Solutions GmbH, als Anbieter von intelligenten Lösungen in den Bereichen Voice Self Services und Speech Analytics, lieferte bereits zu Beginn des Projekts das Basismodul des ISA-Hauses: den Dialogmanager. Darauf aufbauend und mit der kompetenten Beratungstätigkeit von Sympalog konnte ein Dialogsystem aufgesetzt werden, das den Kern des ISA-Hauses als natürlich-sprachliches WAS bildet.

Maßgeblich bei der Entwicklung der Hardware-Schnittstelle zur Bettsteuerung für unseren Probanden der Langzeitstudie erwiesen sich das Know-how und die Personalkraft von nuinno. Zusätzlich konnten durch die beratende Tätigkeit von nuinno weitere Geräte aus dem Embedded-Bereich erfolgreich in das Haussystem integriert werden.

Zuverlässig in Rat und Tat stand jederzeit die GEV Grundstücksgesellschaft Herzogenaurach mbH & Co. KG dem Entwickler-Team des ISA-Hauses zur Seite. Durch die professionelle Unterstützung gelang es, das ISA-Haus weiter in Richtung Marktreife zu entwickeln.

### 3.1.4 Ausblick

Innerhalb der Projektlaufzeit konnte zusammen mit den Partnern ein umfassendes ISA-Haus-System entwickelt werden. Mit der Anpassung des ISA-Hauses beim Probanden und der intensiven Zusammenarbeit im dritten Jahr bezüglich der Demonstrator-Integration der einzelnen Teilprojekte ergaben sich zahlreiche neue Ideen. Zum Abschluss des Projektberichts werden zwei Themen angerissen, die Inhalte für neue Projekte liefern können; aufbauend auf den Vorarbeiten durch das Projekt ISA-Haus.

### Vom Wohnraum-Assistenz-System zum autonomen Hausassistenten

Das ISA-Haus stellt ein Hausassistentensystem dar, das in seinem Anwendungsgebiet beschränkt ist auf die vorgegebenen Domänen (z. B. TV, Radio, Heizung, Licht etc.). Der Bewohner drückt seinen Wunsch aus, und das Haus erfüllt diesen Wunsch soweit wie möglich. Dies kommt einer Gastkellner-Situation im Restaurant gleich. Geht man nun einen Schritt weiter, so soll das Haus – als Experte in bestimmten Bereichen – die Wünsche und Bedürfnisse des Bewohners erahnen und sensibel darauf eingehen. Dazu ist ein umfassendes Screening und Monitoring nötig (s. o. Schmerz-Monitoring). Das Haus begleitet als Assistent den Bewohner im Alltag und schätzt fortwährend seine Situation ein. Wenn beispielsweise klar ist, dass der Bewohner bereits seit sechs Stunden nichts mehr getrunken hat, ergibt eine Meldung mit dem Hinweis darauf, etwas zu trinken, Sinn. Das Haus-system ist damit auf dem besten Weg zu einem autonomen Hausassistenten, ähnlich einem Butler.

### Das intelligente Haus als Content-Plattform

Im Laufe der Entwicklung des ISA-Hauses hat sich gezeigt, dass eine standardisierte Schnittstelle (UPnP) zur Integra-

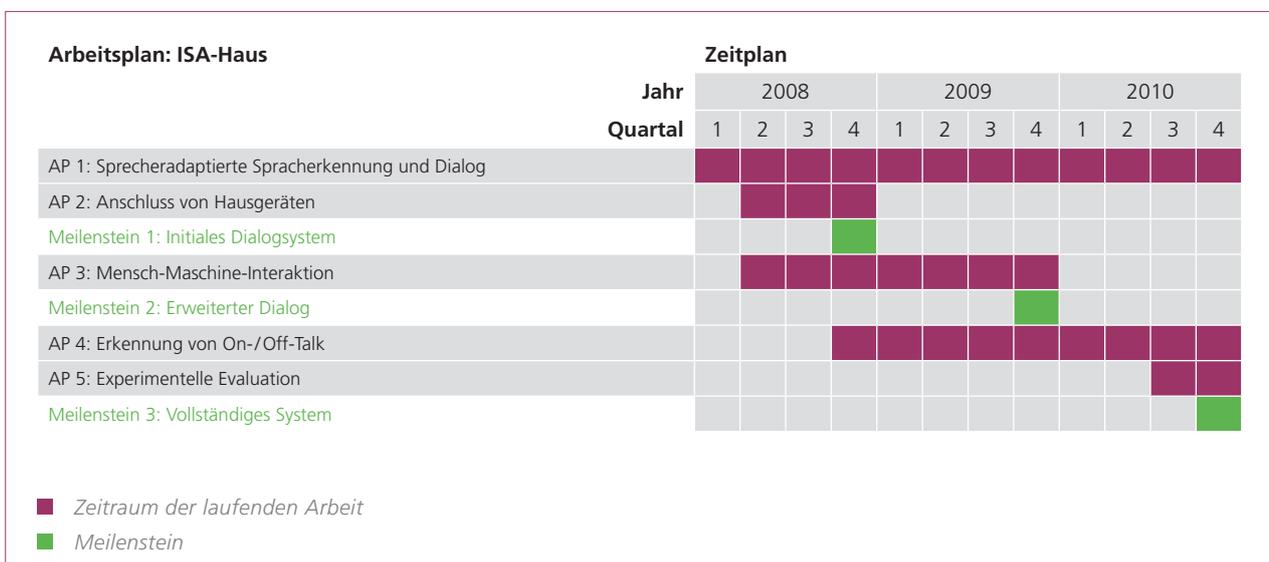
tion neuer Anwendungen ein Faktor für den Erfolg des Projekts ist. Für das ISA-Haus bedeutet dies: Hat eine entsprechende Anwendung ebenfalls diesen Standard implementiert, so kann das Basissystem auf Anhieb mit dieser Anwendung auf Software-Ebene kommunizieren. Ein einfaches Beispiel hierfür ist eine Wetteranwendung von einem Drittanbieter. Lassen sich die Wetterdaten z. B. mittels UPnP abrufen, reicht ein einfacher Dialog, in dem der Benutzer dem ISA-Haus Ort und Zeit mitteilt, und das Haus antwortet mit der entsprechenden Information.

**Bewohner:** „Wie ist das Wetter morgen in Erlangen?“

**ISA-Haus:** „Das Wetter für Erlangen ist morgen ...“

Wird der Schritt zur vollständigen Integration neuer Anwendungen in kommenden Versionen des ISA-Hauses komplett automatisiert, können unterschiedliche Entwickler auf unterschiedlichen Systemen frei Anwendungen oder Dienste auf der ISA-Haus-Plattform anbieten. Dies geht von Wetterdiensten über Programmvorschauen bis hin zu Informationsdiensten für Öffnungszeiten von Geschäften, Ämtern und Restaurants. Aus Marketingsicht ist das ISA-Haus somit eine Content-Plattform.

### 3.1.5 Arbeits- und Zeitplan



## 3.2 informARTik

Psychiatrische und Psychotherapeutische Klinik, Erlangen

**Projektleitung:** Prof. Dr. med. Johannes Kornhuber

**Mitarbeiter:** M. Sc. Stefan Soutschek

**Industriepartner:** Geromed GmbH, Herzogenaurach;  
Chimaera GmbH, Effeltrich; Softgate GmbH, Erlangen;  
bis 2009: Dr. Hein GmbH, Nürnberg; Colorfoto Redaktion,  
München

### 3.2.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Im Teilprojekt informARTik soll durch die Verbindung von Technik, Informatik und Kunst ein erleichterter Zugang zu technischen Geräten hergestellt werden. Altersbedingte Hemmschwellen sollen durch altersangepasste Vermittlung von Wissen einerseits überwunden und durch die Bereitstellung von Screening- und Diagnoseverfahren andererseits abgebaut werden. Hierzu werden verschiedene Demonstratoren entwickelt und evaluiert, die es dem Nutzer durch intuitive Schnittstellengestaltung auf spielerische Art und Weise ermöglichen sollen, verschiedene telemedizinische Anwendungen durchzuführen, ohne deren Bedienung lange erlernen zu müssen.

### 3.2.2 Ergebnisse

Im Folgenden werden die einzelnen Demonstratoren vorgestellt, die im Rahmen dieses Projekts entwickelt und in das ISA-Haus integriert wurden. Alle Demonstratoren wurden in eine modulare Software-Umgebung eingebettet. Jeder Demonstrator kann also je nach Bedarf bereitgestellt werden, da bei der Implementierung konsequent darauf geachtet wurde, dass jede einzelne Anwendung als Modul in dieser Umgebung zur Verfügung steht. Diese Modularität ermöglicht eine individuelle Zusammensetzung und spätere Anpassung des Gesamtsystems auf aktuelle oder zukünftige Bedürfnisse des Bewohners.

Die körperliche Fitness spielt eine entscheidende Rolle im Leben älterer Menschen. Nicht nur um sich Unabhängigkeit durch Mobilität zu erhalten, sondern auch um die Wahrscheinlichkeit von Stürzen im Alter zu senken. Der Ergo-Feeder (Abbildung 1) soll daher als Trainingssystem dienen, das auf eine einfach verständliche und attraktive Art vermittelt, ob durchgeführte Übungen den gewünschten Trainingseffekt erzielen. Das System soll nicht nur notwendige Informationen anzeigen, wie es bei einer Herzfrequenz zu hoch oder zu niedrig wäre, sondern darüber hinaus den Spaß an der Durchführung der Übung wecken sowie richtiges Training belohnen.

**Ergo-Feeder**



Abbildung 1: Der Ergo-Feeder im ISA-Haus

Zunächst wird bei diesem Demonstrator ein Elektrokardiogramm (EKG) aufgezeichnet, während der Nutzer mit dem Fahrradergometer trainiert. Die aus dem EKG berechnete Herzschlagfrequenz lässt Rückschlüsse auf die aktuelle physische Belastung zu. Diese Information sowie jene über den optimalen Trainingsbereich, welcher durch die Vorabbestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit vom Hausarzt festgelegt wird, bilden die Eingangswerte für dieses audiovisuelle Feedback-System. Das System informiert kontinuierlich darüber, ob der Nutzer im optimalen Trainingsbereich trainiert, oder in welche Richtung die Trainingsintensität geändert werden muss, um wieder dorthin zu gelangen.

Um das System zu starten, kann der Nutzer zwischen verschiedenen Medien wählen. Dazu gehört neben dem Abspielen von Musik oder Videos auch das aktuelle Fern-

sehprogramm, das während der Anwendung wenige Sekunden zeitverzögert abläuft. Die verschiedenen Medien werden aber nur dann in der richtigen Geschwindigkeit abgespielt, wenn sich der Trainierende in seinem optimalen Trainingsbereich befindet. Sollte sich der Nutzer zu stark belasten, erhöht sich die Abspielgeschwindigkeit und es wird der Hinweis gegeben, weniger intensiv zu trainieren. Im umgekehrten Fall wird die Geschwindigkeit gesenkt und der Trainierende wird aufgefordert, sich stärker zu belasten. Zusätzlich werden während der Übung permanent die Herzschlagrate und der optimale Trainingsbereich eingeblendet. Um eine komplizierte und unnötige Ausrüstung zu vermeiden, werden diese Informationen sowie die ausgewählten Medien auf einem heute in nahezu jeder Wohnung vorhandenen Fernsehgerät dargestellt. Durch eine Universal Plug-and-Play (UPnP)-Anbindung an das ISA-Haus ist es außerdem möglich, den Ergo-Feeder per Sprachschnittstelle zu starten.

Das System selbst besteht aus drei Teilen: Einem Fernsehgerät, einem Gerät zur Aufnahme der Biosignale sowie einem Trainingsgerät. In unserem Fall ist das Trainingsgerät ein Fahrradergometer. Dieses Fahrradergometer ist lediglich eine Beispielanwendung und kann auch durch andere Trainingsgeräte, etwa einen Stepper, ersetzt werden. Hier kann in Absprache, etwa mit dem Hausarzt, eine Trainingseinheit erstellt werden, die auch Vorerkrankungen berücksichtigt.

Das Gerät zur Aufnahme der Biosignale wird lediglich zu Testzwecken in unserer Forschungsumgebung verwendet. Da die Entwicklung von Sensoren zur Erfassung von Biosignalen nicht Forschungsschwerpunkt von informARTik ist, wurde hier auf ein bereits vorhandenes Gerät zurückgegriffen. Heute existieren bereits eine Reihe von Neuentwicklungen, die es ermöglichen, Vitalparameter beispielsweise durch intelligente Kleidung zu messen.

Da die Aufnahme der Vitalparameter unabhängig von der eigentlichen Übung stattfindet, ist dieses System sehr flexibel einsetzbar.

In einer Studie wurde der Ergo-Feeder von zwölf Personen mit einem Durchschnittsalter von etwa 30 Jahren auf seine Funktionalität sowie Motivationsfähigkeit untersucht. Dazu wurden die Testpersonen gebeten, drei unterschiedliche Trainingseinheiten von je fünf Minuten zu absolvieren. Die Reihenfolge der Trainingseinheiten wurde unter den Probanden geändert.

**a. Training ohne Überwachung und ohne Visualisierung**

Hier wurden die Probanden gebeten, ohne jegliche Information zu trainieren und dabei nur durch Selbsteinschätzung ihren Trainingspuls zu halten.

**b. Training mit Überwachung, aber ohne Visualisierung**

Hier wurden den Probanden lediglich ihr aktueller und ihr optimaler Puls angezeigt.

**c. Training mit Überwachung und Visualisierung**

Hier wurde den Probanden das komplette System zur Verfügung gestellt, also Visualisierung des aktuellen und optimalen Pulses sowie das ausgewählte Medium.

Die Auswertung der Testdaten in Tabelle 1 zeigt, dass der Ergo-Feeder die Probanden dazu bewegt, länger im optimalen Bereich zu trainieren. Während bei nicht überwachtem Training die Probanden im Durchschnitt nur 62,0 % der Zeit im optimalen Bereich trainierten, lag der Durchschnitt bei den überwachten Einheiten deutlich höher (87,7 % bzw. 88,3 %).

Trainingseinheit	Im Bereich
Freies Training ohne Überwachung	62,0 % ± 29,5 %
Überwachtes Training ohne Visualisierung	87,7 % ± 15,3 %
Überwachtes Training mit Visualisierung	88,3 % ± 15,0 %

Tabelle 1: Ergebnisse der Ergo-Feeder-Studie

Nach dem eigentlichen Training wurden die Probanden gebeten, die Einheiten nach dem Spaßfaktor einzuteilen.

Alle Teilnehmer nannten die Trainingseinheit mit dem Ergo-Feeder als am meisten motivierend. Diese ersten Versuche mit dem Ergo-Feeder zeigen deutlich, dass der Informationsgehalt unseres Systems vergleichbar ist mit herkömmlichen Trainingsgeräten, es dabei aber den Nutzer stärker motiviert.



Das emotionale Zeichnen (Abbildung 2) stellt eine Plattform dar, die es dem Benutzer auf spielerische und künstlerische Weise ermöglicht, seine Vitalparameter kennenzulernen, sie zu manipulieren und schließlich durch Körperbeherrschung eigene Kunstwerke zu erschaffen. Dazu kann zwischen zwei Arten der Erzeugung von Kunst gewählt werden: aktives Zeichnen und Änderung von vorgegebenen Strukturen. Bei beiden Varianten dienen die aktuellen Vitalparameter als Grundlage. Die Erfassung der Vitalparameter wird durch ein mobiles Gerät zur Erfassung verschiedener Biosignale umgesetzt, das via Bluetooth mit einem Rechner kommuniziert. Durch die Analyse der vorhandenen Parameter ist es möglich zu erkennen, ob sich ein Benutzer gerade in einem Zustand der Entspannung oder Anspannung befindet. Beim aktiven Zeichnen wird zusätzlich der Bereich des Bildschirms, der gerade vom Benutzer fokussiert wird, benötigt. Als Visualisierungsplattform dient hier, wie auch schon beim Ergo-Feeder, der Fernseher, um zusätzliche Geräte auf ein Minimum zu reduzieren.

Beim aktiven Zeichnen wird in unserem System der

Bereich, dessen Farbe geändert werden soll, durch das Zeigen darauf mittels Nintendo Wii Remote bestimmt. In dieser Variante ist die Tendenz, ob sich ein Benutzer gerade entspannt oder anspannt, zuständig für die Änderung der Farben auf dem Bildschirm. Bei einer Tendenz zur Beruhigung färbt sich der Pinsel blau, während der Pinsel bei Anspannung fließend in einen Rotton übergeht. Mit der so gewonnenen Pinselfarbe kann der Punkt, der gerade fokussiert wird, eingefärbt werden. Auf diese Weise entsteht nach und nach ein durch Körpersteuerung erschaffenes Kunstwerk.

In der zweiten Variante kann der Benutzer zunächst aus zwei verschiedenartigen Fraktalen wählen. Hier können Art, Form und Farbe vom Benutzer frei gewählt werden. Diese zwei Fraktale bilden die Begrenzung der möglichen Veränderung der Strukturen. Der Übergang zwischen den Fraktalen findet wieder in Abhängigkeit des Stresslevels statt, also der Tendenz, ob sich ein Benutzer gerade entspannt oder anspannt. Unabhängig von der Art des Zeichnens ist es dem Benutzer mit diesem Demonstrator möglich, direkt oder indirekt durch bewusste Manipulation des Körpers Kunstwerke zu erschaffen und zu verändern.



Dieser Demonstrator erweitert die Funktionalität heutzutage üblicher digitaler Bilderrahmen. Mit neuen, integrierten Interaktionsquellen, wie einer Kamera und einem Touchscreen, können der Blickfokus sowie auffällige Emotionen des Betrachters analysiert werden. Bei Bildern

eines vorher gespeicherten Albums, die beim Betrachter ein Lächeln hervorrufen, wird bei diesem digitalen Bilderrahmen die Anzeigewahrscheinlichkeit automatisch erhöht. Bei Bildern, die vorzeitig weggedrückt oder nicht angesehen werden, wird die Wahrscheinlichkeit für ein erneutes Anzeigen gesenkt. Alle Bilder können zusätzlich in Gruppen eingeteilt werden. Lacht ein Benutzer bei einem Bild einer Gruppe, steigt auch die Anzeigewahrscheinlichkeit anderer Bilder innerhalb dieser Gruppe. Ebenso wie der Ergo-Feeder ist auch dieser Bilderrahmen mit dem ISA-Haus über eine UPnP-Schnittstelle verbunden. Durch diese Schnittstelle wird die Funktionalität des intelligenten Bilderrahmens weiter erhöht. Der Bilderrahmen liefert dem ISA-Haus kontinuierlich Informationen darüber, ob der Bewohner gerade den Fokus auf den Bilderrahmen legt oder nicht. Dies kann vom ISA-Haus dazu genutzt werden, verschiedenste Informationen, z. B. die Erinnerung an die Einnahme von Medikamenten, zusätzlich zur Spracherinnerung auch auf der Anzeige des Bilderrahmens darzustellen. Erste Funktionstests und Studien haben die Robustheit des Systems gezeigt, sowohl beim Langzeiteinsatz als auch bei der Erkennungsrate von Gesichtern und Lachen.



Das langfristige Ziel bei der Computerisierung des Syndrom-Kurztests (SKT), einem Test zur Erfassung der Leistung von Gedächtnis und Aufmerksamkeit, ist der Einsatz des Tests in der heimischen Wohnumgebung. Die Bewohner zukünftiger intelligenter, seniorenangepasster

Wohnungen sollen die Möglichkeit bekommen, psychometrische Testverfahren wie den SKT auf spielerische Art und Weise bequem von zu Hause aus durchzuführen. Dieses Ziel soll exemplarisch mit der Umsetzung des SKT als telemedizinische Anwendung gezeigt werden. Die Testergebnisse sowie zusätzliche, bislang unberücksichtigte Merkmale sollen dem Arzt online zur Verfügung gestellt werden, ohne dass der Patient für jeden Test dessen Arztpraxis aufsuchen muss. So entsteht die Möglichkeit, neben der eigentlichen telemedizinischen Anbindung ein kontinuierliches Screening für den Bereich vordementieller Erkrankungen aufzubauen. Dabei kann gleichzeitig die Validität des ursprünglichen Tests durch zusätzlich verfügbare Sensoren erhöht werden.

Der digitale SKT (Abbildung 4) verfügt in seiner aktuellen Entwicklungsstufe über eine Testleiteransicht und eine Patientenansicht. In der Testleiteransicht werden die Instruktionen angezeigt, die dem Probanden vor der Übung erklärt werden sollen. Während der Tests wird ein Feedback über die aktuellen Antworten des Probanden gegeben. Die Patientenansicht dient der Durchführung der Übung und dem Bestätigen der Antworten.

Über die Computerisierung und die damit verbundene automatische Testauswertung sowie die Übertragung der Testergebnisse hinaus verfügt der aktuelle SKT über verschiedene, integrierte Sensoren. Diese Sensoren dienen der Erfassung von Vitalparametern, des Blickfokus und der Sprache. Ziel ist es, die Validität einer zukünftigen Version durch die Auswertung dieser Sensordaten zusätzlich zu steigern und Testergebnisse weiter zu differenzieren.

Mit den erfassten Sprachdaten soll zukünftig ein Spracherkennungssystem so robust trainiert werden können, dass die Sprache als weitere Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden kann. Dies soll langfristig den Einsatz des SKT am Fernsehgerät ermöglichen.

Gründe für ein schlechtes Testergebnis können Müdigkeit oder Prüfungsangst sein. Durch die Erfassung von Vital-

parametern soll der aktuelle Stresslevel des Probanden bestimmt werden, um so die Aussagekraft des Testergebnisses besser einschätzen zu können.

Ziel der Erfassung des Blickfokus ist eine genauere Differenzierung zwischen Aufmerksamkeitsleistung und Gedächtnisleistung. Bislang wurden Gegenstände, an die man sich nicht erinnern konnte, immer der Gedächtnisleistung angerechnet. Dies ist aber nur dann der Fall, wenn der Proband die Gegenstände auch wirklich aufmerksam lernt und während der Einprägungsphase nicht abgelenkt ist. Mit der Erfassung des Blickfokus und der Verweildauer bei einzelnen Bildern soll deshalb überprüft werden, ob der Proband wirklich aufmerksam lernt oder nicht.

Der digitale SKT ist in das am Lehrstuhl für Mustererkennung entwickelte Online-Framework PEAKS integriert. Die Integration des Tests in dieses Framework ermöglicht es, parallel zur Evaluation des digitalen SKT, das Testergebnis, die Sprachdaten und die Vitalparameter des Probanden aufzuzeichnen und verschlüsselt auf einen Server zu übertragen. Die Daten werden dann auf diesem Server, für spätere Analysen durch einen sehr eingeschränkten Personenkreis wie etwa dem Hausarzt, in einer Datenbank gespeichert und in einem Online-Portal zur Verfügung gestellt. Der Test kann so prinzipiell auf jedem Rechner durchgeführt werden, der mit dem Internet verbunden ist. Bislang sind dazu allerdings immer eine Maus und ein anwesender Testleiter vonnöten.

Mit dieser aktuellen Version des digitalen SKT wurden bereits mehrere Studien durchgeführt, die im Folgenden kurz dargestellt werden.

#### *Erste klinische Evaluation – Usability:*

30 Patienten am Universitätsklinikum Erlangen absolvierten den digitalen SKT. Ziel der Studie war es, die Akzeptanz des SKT zu evaluieren und die Funktionalität des elektronischen Tests sowie der automatischen Auswertung zu überprüfen. Mit Ausnahme kleinerer Änderungswünsche, vor allem in Bezug auf Farbe und Größe von

Bildern, ergab der Test ein durchweg positives Ergebnis bezüglich Nutzerfreundlichkeit und Akzeptanz. Die gewonnenen Informationen wurden in der aktuellen Version umgesetzt, die in allen Folgestudien eingesetzt wurde.

#### *Evaluation im ISA-Haus:*

An dieser Studie haben 30 Personen teilgenommen. Während der Studie wurden sowohl die Sprache des Probanden als auch verschiedene Biosignale (EKG, Blutvolumenpuls, Hautleitwert, Hauttemperatur) aufgezeichnet. Vor Beginn der Studie wurde der Proband gebeten, einen Fragebogen bezüglich Stresssensitivität sowie einen Fragenbogen bezüglich des aktuellen Stresslevels auszufüllen. Dieser Fragebogen musste zusätzlich während und nach der Testphase ausgefüllt werden, um das subjektive Stressempfinden des Probanden während der Studie zu erfassen.

Die eigentliche Testphase bestand darin, den computerisierten SKT insgesamt zweimal zu absolvieren. Dabei wurde abwechselnd bei einem der beiden Durchläufe ein störendes Geräusch auf die Kopfhörer gelegt, die der Proband für die Sprachaufnahmen trug. Um Trainingseffekte zu reduzieren, wurden unterschiedliche Formen des SKT für die unterschiedlichen Testphasen verwendet. Die durch diese Studie gesammelten Daten werden aktuell ausgewertet. Um auch die Tauglichkeit des SKT als telemedizinische Applikation zu zeigen, wurden bereits bei dieser Studie, wie auch bei allen folgenden, alle Daten, die während der Studie aufgezeichnet wurden, über eine sichere Internetverbindung fehlerfrei zur PEAKS-Datenbank übertragen und dort gespeichert.

#### *Differenzierung von Aufmerksamkeits- und Gedächtnisleistung:*

Zur besseren Differenzierung zwischen Aufmerksamkeits- und Gedächtnisleistung wurden in zwei Studien (Studie 1: 140 Probanden, 15 Sekunden; Studie 2: 22 Probanden, 60 Sekunden) kontinuierlich der Blickfokus und die Verweildauer jeder Person bei jedem Bild aufgenommen. Währenddessen sollte sich der Proband in einem ersten Untertest Alltagsgegenstände einprägen. Die Studien

unterschieden sich dabei lediglich in der Zeit, die der Proband hatte, sich die Gegenstände einzuprägen. Der Aufbau war bei beiden Studien identisch. Im Anschluss daran wurden die Probanden gefragt, an welche der Gegenstände sie sich noch erinnern konnten. Aktuell wird untersucht, inwieweit das Lernmuster und der Blickfokus Einfluss auf die Anzahl und Reihenfolge der genannten Gegenstände haben.

#### *Vergleich der Paper-Pencil-Version mit dem computerisierten SKT:*

Der digitale SKT wurde durch eine gemeinsame Studie mit 44 Teilnehmern (Alter: 67,0 Jahre  $\pm$  4,9) aus dem Seniorenbeirat für die Produktentwicklung (SEN-PRO) und dem Querschnittsprojekt Fit4Use evaluiert. Bei dieser Studie wurde vor allem der Vergleich der Papierversion zur digitalen Version untersucht. Aus diesem Grund absolvierten alle Teilnehmer beide Testversionen. Um Lerneffekte zu vermeiden, wurden auch hier jeweils unterschiedliche Formen des SKT verwendet. Zusätzlich wurde die Reihenfolge der Bearbeitung unter den Probanden vertauscht. Bei Interviews im Anschluss an die eigentliche Testphase wurden beide Tests als sehr angenehm und kurzweilig bewertet. Die Bearbeitung des digitalen Tests wurde dabei, mit kleineren Anpassungswünschen, als problemlos bewertet. Die während der Testphase zusätzlich gesammelten Datensätze (Sprache, Vitalparameter) werden ebenfalls aufbereitet und im Anschluss daran untersucht.

#### *Vergleich der Paper-Pencil-Version mit dem computerisierten SKT im klinischen Umfeld:*

Zusätzlich zur Studie mit SEN-PRO wird aktuell eine weitere Studie am Universitätsklinikum Erlangen durchgeführt. Die Studie ist genauso aufgebaut wie die SEN-PRO-Studie. Der Unterschied besteht darin, dass bei dieser Studie gezielt Probanden mit leichten bis mittleren kognitiven Einschränkungen teilnehmen. Bis zum Einreichungsschluss dieses Abschlussberichts konnten nicht alle Daten analysiert werden. Die Ergebnisse der Studien werden jedoch zur Begutachtung vorliegen und präsentiert.

### 3.2.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

Das Teilprojekt informARTik hat während der dreijährigen Projektphase mit verschiedenen Teilprojekten aus unterschiedlichen Themenfeldern zusammengearbeitet. Ein wichtiges Teilprojekt ist das Projekt Interaktion im ISA-Haus. Das dort implementierte ISA-Haus ist die Plattform für nahezu alle vorgestellten Demonstratoren. Diese wurden mittels UPnP-Schnittstelle in das Haus integriert und stehen somit bei Bedarf als einzelne Module zur Verfügung. Die Geromed GmbH um Prof. Hellmut Erzigkeit war als wichtiger Ideen- und Ratgeber kontinuierlich bei der Umsetzung des digitalen SKT sowie der Planungsphase der Studien beteiligt.

Daneben wurde mit Fit4Use und dem dort ins Leben gerufenen Seniorenbeirat für die Produktentwicklung (SEN-PRO) zusammengearbeitet. Durch Studien mit SEN-PRO konnte der digitale SKT weiter in seiner Nutzerfreundlichkeit verbessert sowie die telematische Datenübertragung der Ergebnisse und der Daten des SKT überprüft werden. Die hier gesammelten Daten dienen zusätzlich der Verifizierung der beschriebenen Erweiterungen.

Fit4Product stand beratend bei der Umsetzung und prototypischen Konstruktion von Demonstratoren wie beispielsweise dem intelligenten Bilderrahmen zur Seite. Während der Entwicklung des Ergo-Feeders wurde gemeinsam mit dem Projekt Fitnessbegleiter darauf geachtet, dass beide Systeme für zukünftige Projekte schnell zusammengeführt werden können.

### 3.2.4 Ausblick

Mithilfe verschiedener Demonstratoren konnte das Projekt informARTik zeigen, dass durch die Verbindung von Kunst und Informatik die Möglichkeit geschaffen wurde, eine völlig neue Dimension intuitiv gestalteter Anwendungen zu entwickeln. Speziell hervorzuheben ist dabei der Bereich Telemedizin im Heimbereich. informARTik soll als

Basis für die weitere Entwicklung von Demonstratoren sowie zur Verbesserung der Attraktivität und des Bedienkomforts von Technik im häuslichen Umfeld dienen.

Jeder Demonstrator aus diesem Projekt bietet das Potenzial für eigene, weiterführende Projekte. Leider konnte aus Mangel an Zeit und dem Verlust mehrerer Industriepartner nicht jede Idee bei der Entwicklung der Demonstratoren umgesetzt und jede Aussage durch Studien vollständig überprüft und verifiziert werden. Mögliche Erweiterungen und notwendige zukünftige Schritte werden daher im Folgenden dargestellt.

#### *Ergo-Feeder*

Hier ist zur Bestätigung der bisherigen Ergebnisse eine große Studie mit Teilnehmern der zukünftigen Zielgruppe nötig. Zur exakten Bestimmung des optimalen Leistungsbereichs muss bei Probanden vorab eine Laktatleistungskurve erstellt werden. Eine Untersuchung des Trainingseffekts und der damit verbundenen Steigerung des optimalen Leistungsbereichs müssen bei dieser Studie ebenfalls mit einbezogen werden. Denkbar ist auch ein zukünftiges Projekt, das die Ergebnisse von informARTik mit den Ergebnissen des mobilen Fitnessbegleiters vereint, z. B. bei der Übertragung und intuitiven Darstellung des Fitnessbegleiters auf einem Fernsehgerät im ISA-Haus.

#### *Emotionales Zeichnen*

Über die Freude an der Kunst und an der bewussten Manipulation des Körpers hinaus eröffnen sich durch diesen Demonstrator neben den schon beschriebenen Untersuchungsoptionen noch einige weitere. Eine Möglichkeit kann sein, das Kunstwerk unsichtbar für den Nutzer zu erstellen, während er ein Bild oder eine Sequenz von Bildern betrachtet. Die so entstandenen Kunstwerke können im Anschluss an die Betrachtung analysiert werden. So kann zum Beispiel untersucht werden, ob der Nutzer eine emotionale Bindung zu Gegenständen, Orten oder Personen auf den gezeigten Bildern aufbaut. Das kann mittels Methoden der Mustererkennung bestimmt werden. Auch eine Erweiterung durch zusätzliche Strukturen

neben Fraktalen ist um die modulare Programmierung möglich.

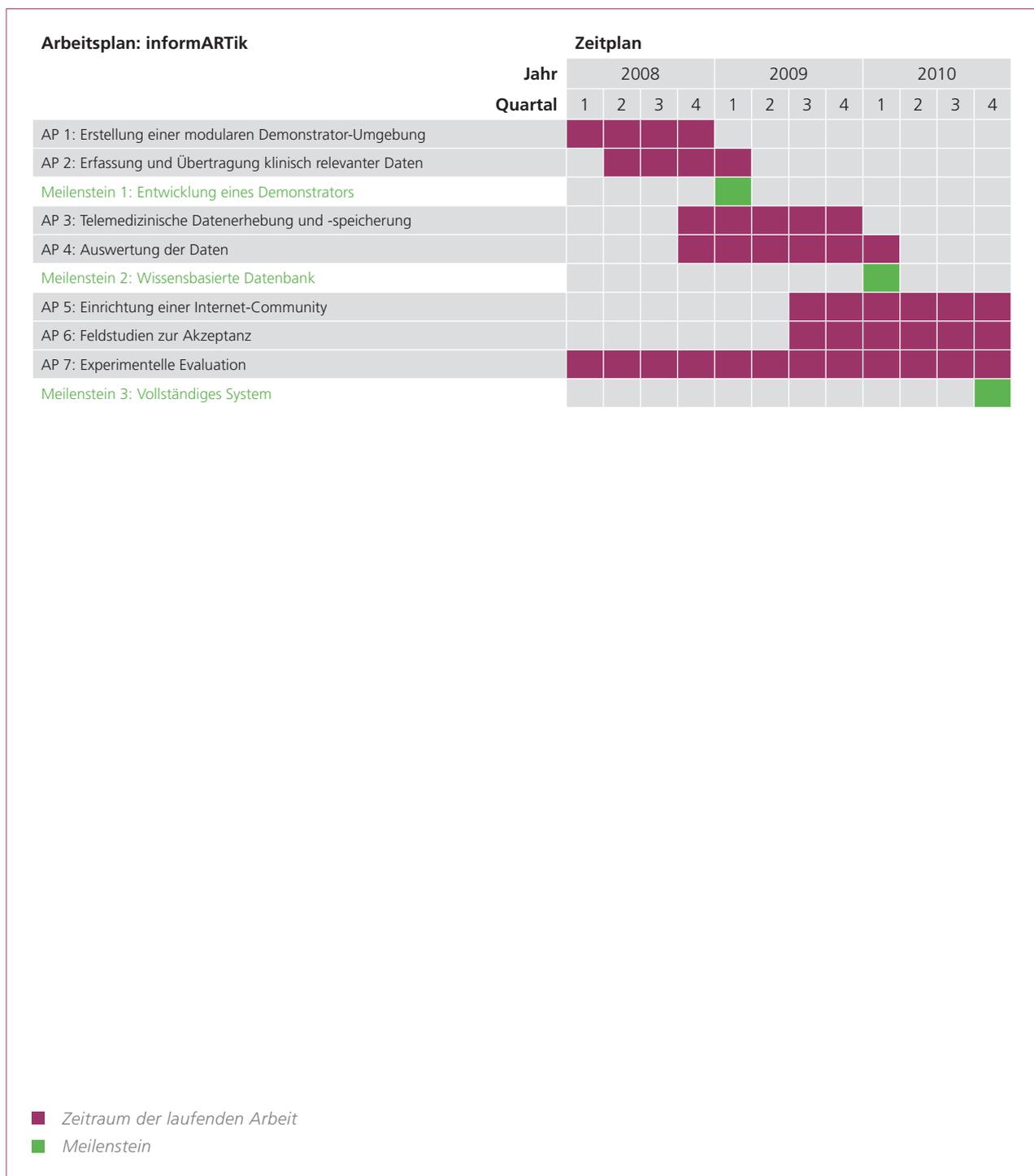
#### *Intelligenter Bilderrahmen*

Bislang ist das vorgestellte System in der Lage, Gesichter allgemein und ein Lächeln zu erkennen. Für einen Haushalt mit mehr als einem Bewohner wäre es sinnvoll, die Gesichtserkennung um eine Nutzeridentifikation zu erweitern. Auch eine Erweiterung der Erkennung von emotionalen Zuständen, die über die Freude hinausgehen, wie etwa Trauer oder Wut, kann zu einer zusätzlich verbesserten Auswahl der angezeigten Bilder führen. Eine weitere Herausforderung ist die automatische Einteilung von Bildern in Gruppen durch eine automatische Erkennung von Bildinhalten.

#### *Digitaler SKT*

Um den digitalen SKT als medizinische Anwendung nutzbar zu machen, ist zunächst eine groß angelegte Studie zur Validierung nötig, um geeignete Normwerte für die einzelnen Tests zu bestimmen. Für eine Erweiterung als telematische Anwendung für den Heimbereich, speziell auf dem Fernsehgerät, muss der SKT in verschiedenen Bereichen weiterentwickelt werden. Zunächst muss eine geeignete Möglichkeit gefunden werden, dem Benutzer die einzelnen Übungen zu erklären, ohne dass ein Testleiter anwesend sein muss. Weiterhin muss der Touchscreen als Schnittstelle von einer Spracherkennung abgelöst werden. Die Version für den Heimbereich muss im Anschluss an die Integration erneut validiert und mittels Studien getestet werden.

### 3.2.5 Arbeits- und Zeitplan



### 3.3 Intelligente Inhouse-Infrastruktur und -dienste

Zentralinstitut für Medizintechnik (IMETUM), Technische Universität München

**Projektleitung:** Prof. Dr. Tim C. Lüth

**Mitarbeiter:** Dipl.-Ing. Axel Czabke

**Industriepartner:** Biosigna GmbH, München

#### 3.3.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Viele ältere und hilfsbedürftige Menschen sind mit modernen Kommunikationsmedien überfordert. Daher meiden sie häufig den Gebrauch dieser Medien und Geräte, obwohl diese bereits heute in einer Vielzahl für den häuslichen Gebrauch zur Verfügung stehen. Eine intelligente Inhouse-Infrastruktur soll die Verwendung moderner Medien und Geräte vereinfachen und automatisieren. So soll älteren Menschen ein selbstbestimmtes Leben zu Hause ermöglicht werden. Ziel dieses Teilprojekts ist es, eine zentrale Steuerung (HomeCare-Unit) zu realisieren, mit der moderne Technologien in den täglichen Ablauf integriert werden und auch von älteren Menschen genutzt werden können. Dazu gehören Systeme zur Messung und Auswertung von Vitalparametern (wie etwa Puls oder Blutdruck), deren Daten automatisch an die HomeCare-Unit gesendet und dort abgespeichert und ausgewertet werden können. Die Steuerung des Systems erfolgt über Fernbedienung oder Sprachsteuerung (wie sie z. B. im ISA-Haus, Teilprojekt I-1, vorhanden ist). Mit den gesammelten Daten aus unterschiedlichen Messsystemen sollen Bewertungs- und Analyseverfahren realisiert werden. Durch die kontinuierliche Datenaufnahme können Veränderungen in bestimmten Parametern frühzeitig erkannt und behandelt werden. Da die HomeCare-Unit an den Fernseher angeschlossen ist, kann die Bewegungs- bzw. Aktivitätsanalyse vor Ort dargestellt werden und dient so etwa dem Hausarzt bei seinem Besuch als Unterstützung.

#### 3.3.2 Ergebnisse

Im Arbeitspaket 1.1 „Entwicklung eines Mote-Systems“ sollten tragbare Messsysteme entwickelt und so aufgebaut werden, dass sie im Alltag leicht zu benutzen sind. Neben der einfachen Handhabung waren weitere zu erfüllende Anforderungen eine autonome Stromversorgung, die Einpassung in eine Ladestation sowie der Datentransfer. Zusätzlich sollte eine Programmierumgebung für die Motes (tragbare Messsysteme) und deren Basisstationen aufgebaut werden.

Zunächst wurde eine Mote-Plattform, basierend auf Modulen der Firma Crossbow, aufgebaut. Da deren Produktion Ende 2008 eingestellt wurde, musste das System auf eine andere Hardware-Plattform umgestellt und mit Mote-Modulen der Firma Nanotron neu aufgebaut werden. Als Ergebnis wurde das tragbare System „Motionlogger“ zur Analyse von Aktivitätszuständen entwickelt (siehe Abbildung 1). Trägt ein Nutzer den Motionlogger, so kann dieser erkennen, ob der Nutzer ruht, geht oder rennt. Der ermittelte Zustand wird zusammen mit einer Zeitinformation gespeichert und kann später ausgegeben und weiter analysiert werden [1].



Abbildung 1: Das Mote-System Motionlogger

Um Geräte des alltäglichen Gebrauchs und deren Benutzung durch den Anwender in das System integrieren zu können, sollten diese im Arbeitspaket „Integration von RFID-Technologien“ mit RFID-Tags markiert werden. Ziel war, dass die getragenen Motes die Signale der RFID-Tags empfangen und speichern können, bei entsprechender Einrichtung und Programmierung. Die gespeicherten Beziehungen (wann hat der Benutzer welches Gerät benutzt

bzw. bewegt) sollten an eine Basisstation übertragen, dort ausgewertet und analysiert werden.

Da sich die Reichweite von passiver RFID mit Werten  $< 13$  cm als zu gering herausstellte, wurde für die Interaktionserkennung eine neue Systemarchitektur geschaffen, basierend auf Nanotron-Funkmodulen. Das Ergebnis ist das Gerät „Actionlogger“, mit dem eine ortsunabhängige Interaktionserkennung realisiert werden konnte. Es erkennt das Zusammentreffen zweier Objekte und interpretiert aus diesen „Kontakten“ die entsprechenden Interaktionen. Die hierfür verwendeten Funkmodule können untereinander kommunizieren und den „Kontakt“ mit anderen Modulen speichern. Werden Objekte und/oder Personen mit diesen Funkmodulen ausgestattet, können Aussagen über unterschiedliche Interaktionen zwischen den Objekten und/oder Personen getroffen werden. Der innovative Ansatz besteht darin, dass bei den Funkmodulen im Gegensatz zu RFID die für jeden Anwendungsfall ideale Reichweite eingestellt werden kann. Am Lehrstuhl wurden mehrere Versuche durchgeführt, welche die Funktionalität des Systems belegen und die auf der IEEE-Konferenz Pervasive Health publiziert wurden [2]. Die nachfolgenden Grafiken veranschaulichen die Einstellmöglichkeiten für verschiedene Interaktionsradien mit dem entwickelten Reichweiteneinstellungsgerät.



Abbildung 2: Abdeckung verschiedener Bereiche durch das einstellbare Interaktionssystem (links), Gerät zur Reichweiteneinstellung (rechts)

Im Arbeitspaket 1.3 „Entwicklung einer HomeCare-Unit“ sollte ein zentrales System entwickelt werden, das alle Daten aus unterschiedlichen Messsystemen aufnimmt und abspeichert. Die Bedienung war speziell auf die Bedürfnisse

von Menschen anzupassen, die in ihrem Alltag kaum mit moderner Technik in Berührung kommen. Das beinhaltet eine einfache und intuitive Bedienung sowie ein automatisches Übertragen von Daten der übrigen Messsysteme.

Da die HomeCare-Unit als zentrale Schnittstelle zum Nutzer zu sehen ist, war es bei deren Entwicklung von entscheidender Bedeutung, die speziellen Anforderungen der Zielgruppe zu berücksichtigen. Aus diesem Grund erfolgt die Bedienung der HomeCare-Unit intuitiv über einen berührungsempfindlichen Bildschirm. Zusätzlich kann das Gerät auch an einen Fernseher angeschlossen werden: Auch dann kann die Bedienung weiterhin über das Touch-Display oder ein zusätzliches Infrarot-Eingabegerät erfolgen. Dieses erkennt, auf welche Stelle des Fernsehers gerade gezeigt wird, und ermöglicht so das Auswählen von Schaltflächen direkt am Fernseher. Das Menü, die Gestaltung der Bedienelemente sowie des Gehäuses wurden in Zusammenarbeit mit dem Erlanger Seniorenbeirat für die Produktentwicklung (SEN-PRO) und dem Querschnittsprojekt Fit4Use evaluiert und in mehreren Iterationsschritten an die Bedürfnisse der Senioren angepasst.

Das Herzstück der HomeCare-Unit ist ein Embedded-PC, der aufgrund seiner Rechenleistung, seiner geringen Größe (100 x 72 mm) und der vorhandenen Schnittstellen ausgewählt wurde. Die PC-Plattform wurde noch um einige Komponenten erweitert, damit die HomeCare-Unit über alle benötigten Schnittstellen verfügt, um mit den Geräten aus diesem und anderen Teilprojekten kommunizieren zu können. Beispielsweise wurde ein Stecker als Schnittstelle zum Motionlogger und zur Mobility Unit integriert. Ein Nanotron-Funkmodul sowie ein Bluetooth-Modul erlauben eine kabellose Kommunikation mit dem Actionlogger oder dem Fitnessbegleiter aus dem Teilprojekt II-1. Die Software ist modular implementiert. Es können also verschiedene Funktionsmodule ohne großen Aufwand hinzugefügt oder entfernt werden. Somit kann die HomeCare-Unit immer an die Bedürfnisse des Nutzers angepasst werden, indem nur die gewünschten Module eingebunden werden.

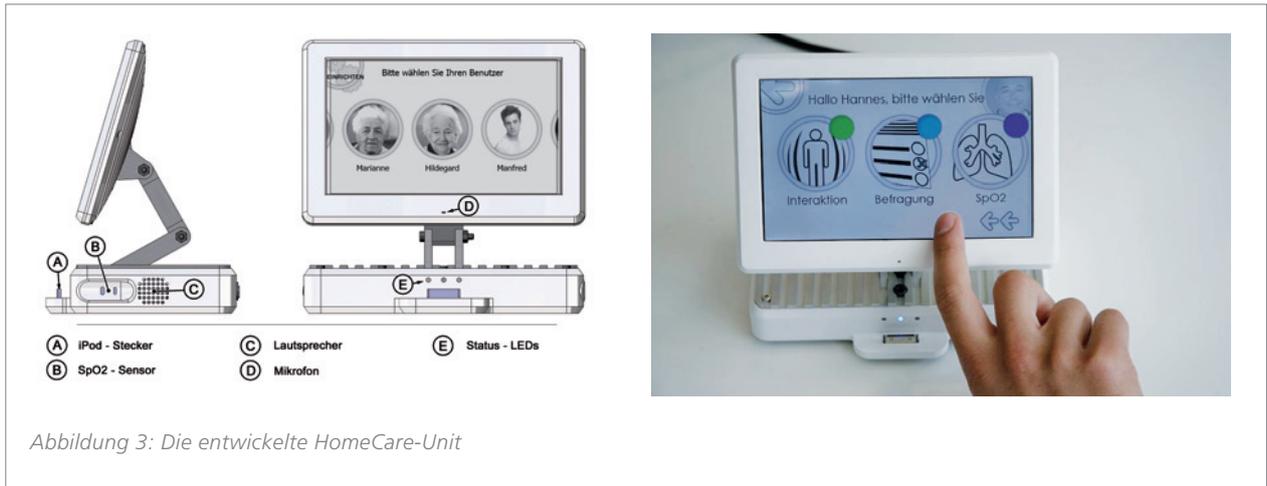


Abbildung 3: Die entwickelte HomeCare-Unit

Im Arbeitspaket 2.1 „Aktivitäts- und Bewegungsanalyse“ sollten Algorithmen entwickelt und implementiert werden, die zur Auswertung der unterschiedlichen Messsysteme genutzt werden können. Sie ermöglichen es dem Anwender und dem Arzt, Tätigkeits- und Bewegungsmuster eines Tages zu analysieren und zu bewerten.

Um für den unter Arbeitspaket 1.1 vorgestellten Motionlogger eine Nutzerschnittstelle zu schaffen, wurde die in Abbildung 4 dargestellte Dockingstation für den Motionlogger entwickelt. Diese ermöglicht ein automatisiertes Auslesen des Motionloggers und gibt nach jedem Datentransfer automatisch ein Feedback über die Bewegungs-

häufigkeit. Auf Wunsch lassen sich die Aktivitätsphasen des Tages auch im Detail betrachten. Neben der Darstellung der Daten dient die Dockingstation auch zum Laden des Motionloggers. Die HomeCare-Unit verfügt ebenfalls über eine Andock-Möglichkeit für den Motionlogger zum automatischen Aufladen und Daten-Auslesen. Das Motionlogger-Software-Modul bietet sowohl die einfache Rückmeldung (wie Lob oder Aufforderung zu mehr Bewegung – siehe Abbildung 4) als auch die Möglichkeit, sich Bewegungsinformationen detailliert für einzelne Tage, Wochen oder auch als Verlauf über die letzten Monate anzeigen zu lassen.

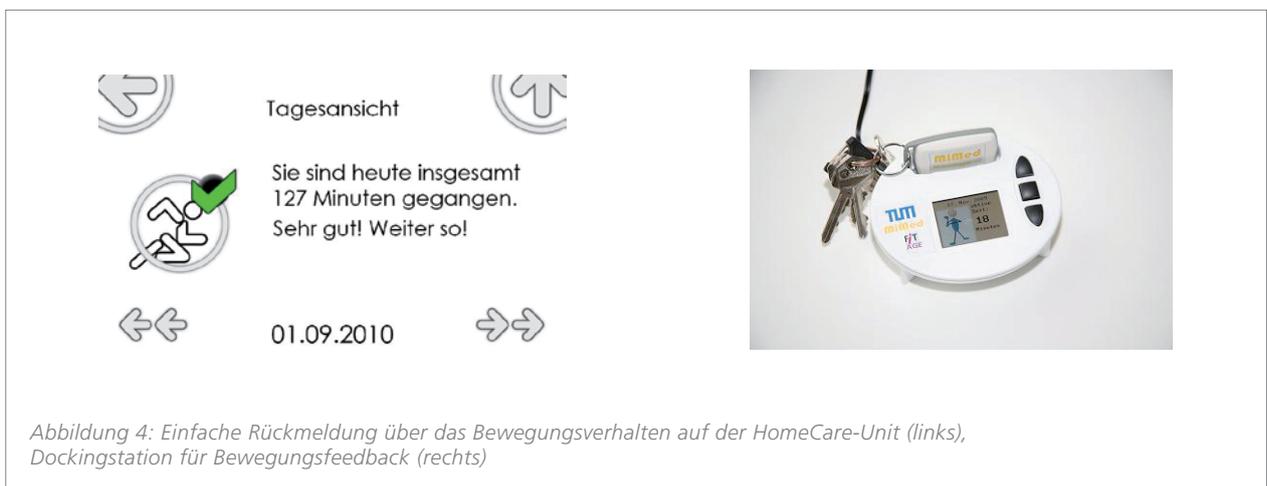


Abbildung 4: Einfache Rückmeldung über das Bewegungsverhalten auf der HomeCare-Unit (links), Dockingstation für Bewegungsfeedback (rechts)

Auch das in Arbeitspaket 1.2 entwickelte System zur Interaktionserkennung konnte in Arbeitspaket 2.1 erfolgreich in die HomeCare-Unit integriert werden. Hierfür wurde ein Software-Modul implementiert, das automatisch erkennt, wenn sich ein Actionlogger mit neuen Daten in der Nähe der HomeCare-Unit befindet, diesen daraufhin ausliest und die Daten speichert. Der Nutzer kann, wenn er möchte, sich für jeden Tag eine grafische Darstellung der registrierten Kontakte sowie deren Dauer anzeigen lassen. Des Weiteren wurde in diesem Arbeitspaket ein intelligentes Textil zur Messung von Bewegungen entwickelt [3]. Dieses soll im Gegensatz zur Entwicklung aus dem Teilprojekt „Fitnessbegleiter“ aus dem Teilprojekt II-1 nicht zur Durchführung von Fitnessübungen verwendet werden, sondern eine weitere Möglichkeit (neben dem Motionlogger) für eine kontinuierliche Bewegungsüberwachung bieten. Der Fokus liegt zum einen auf der Erkennung von Notfallsituationen und zum anderen auf der Veränderung von Bewegungen über einen längeren Zeitraum. Zu diesem Zweck wurden Beschleunigungssensoren in einen Pullover integriert, die mittels eines Mikrocontrollers ausgelesen werden. Der Integrationsgrad wurde mehrfach verbessert, weshalb das Textil nun bei 30 °C und 900 U/min in der Waschmaschine gewaschen werden kann. Der Pullover wurde mit einer SD-Karte ausgestattet, die das Aufzeichnen von Bewegungen über einen Zeitraum von zwei Stunden erlaubt. Alternativ können die Bewegungsdaten auch per Funk an einen PC gesendet werden. Hierfür wurde ein Programm geschrieben, das die Bewegungen des Textils grafisch darstellt. Darüber hinaus ist es möglich, Bewegungen verschiedener Nutzer aufzuzeichnen und zu einem späteren Zeitpunkt abzuspielen. Außerdem wurde ein Algorithmus zur Sturzerkennung implementiert. Bei ersten Tests unter Laborbedingungen mit zehn Testpersonen wurde eine Erkennungsrate von über 90 % erreicht [4]. Die Bedienoberfläche des Programms ist in der nachfolgenden Abbildung 5 dargestellt.

Schließlich wurde in diesem Arbeitspaket ein Gerät zur vereinfachten Bedienung einer Nintendo-Spielkonsole entwickelt. Die Nintendo Wii bietet eine Vielzahl an Spie-



len (z.B. Wii Sports) an, die vom Benutzer durch aktive Bewegung gesteuert werden.

Aus [5] geht hervor, dass auch ältere Menschen an dem Konzept der virtuellen Sportstunden großen Gefallen finden, sie haben allerdings Schwierigkeiten, sich durch die Menüführung zu klicken, bis das eigentliche Spiel gestartet werden kann. Deshalb wurde ein Gerät mit dem Namen Simple Use Wii entwickelt, das dem Nutzer alle Bedienschritte bis zum Start des Spiels abnimmt. So wurde zum einen untersucht, wie man Bedienkonzepte vereinfachen kann, um vorhandene Geräte auch für ältere Menschen tatsächlich nutzbar zu machen, und zum anderen, ob sich Spielkonsolen eignen, um die Bewegungshäufigkeit zu be-

einflussen und objektiv zu dokumentieren. Das Gerät verfügt in der ersten Version über vier Knöpfe, die mit vier verschiedenen Spielmöglichkeiten hinterlegt sind. Durch einmaliges Drücken eines Knopfes wird das entsprechende Spiel gestartet. Das Spielen selbst erfolgt wie gehabt mit der intuitiven Fernbedienung der Nintendo Wii [6].

Die Folgeversion der Simple Use Wii verfügt über ein Touch-Display, über das die gewünschten Spiele aufgerufen werden. Das Display gibt dem Nutzer eine Rückmeldung über den Ladevorgang („Spiel wird geladen“) und verwirklicht über Rückfragen („Was wollen Sie als Nächstes tun?“) ein einfaches und verständliches Bedienkonzept. Informationen über Häufigkeit, Dauer und Art der gewählten Spiele werden auf einer SD-Karte gespeichert. Dies erlaubt die Analyse des Spielverhaltens über einen längeren Zeitraum.



Abbildung 6: Die Simple Use Wii zur einfachen Bedienung der Spielkonsole Nintendo Wii. Erste Version mit Knöpfen (links), zweite Version mit Touch-Display (rechts)

Im Arbeitspaket 2.2 „Integration von Kommunikationsmedien“ sollte auch Menschen, die mit moderner Kommunikationstechnik nicht vertraut sind, die Kommunikation mit anderen Menschen ermöglicht werden. Medien wie Telefon und Internet waren in das Gesamtsystem HomeCare-Unit zu integrieren. Dabei spielte vor allem die intuitive Bedienung eine wichtige Rolle.

Die HomeCare-Unit verfügt über verschiedene Schnittstellen, die eine Verbindung zum Internet ermöglichen. Die

Ansteuerung dieser Komponenten erfolgt automatisch. Startet der Nutzer eine Übertragung an eine Datenbank im Internet, so wird automatisch geprüft, welche Schnittstelle genutzt werden kann. Ist die Unit mit dem analogen Telefonnetz verbunden, wird das 56k-Modem verwendet, bei einer kabelgebundenen Verbindung kommt die LAN-Karte zum Einsatz, bei kabellosen Netzwerken das WLAN-Modul. Steht keine der genannten Möglichkeiten zur Verfügung, baut die HomeCareUnit die Verbindung über UMTS auf. Das GSM-Modem wird auch verwendet, um dem Nutzer eine Telefonfunktion zur Verfügung zu stellen. Der Vorteil liegt hier in der einfachen Einrichtung: Man muss nur eine SIM-Karte in den entsprechenden Steckplatz einführen und schon können alle Kommunikationsfunktionen genutzt werden.

Zusätzlich wurde eine Software entwickelt, die beispielsweise einem Arzt oder Pfleger den Einblick auf die in der Web-Datenbank gespeicherten Werte ermöglicht. Über die Software können auch Fragen an den Nutzer der HomeCare-Unit formuliert und zusammen mit möglichen Antworten auf dem Web-Server gespeichert werden. Der Nutzer beantwortet die Fragen an der HomeCare-Unit, welche die Ergebnisse zur Einsicht durch den Arzt wieder an den Server übermittelt.

In Arbeitspaket 2.3 „Integration von Medical-HomeCare-Produkten“ sollten

verschiedene Übertragungsprotokolle und Schnittstellen in die Systemsoftware integriert werden, um bereits verfügbare Geräte zur Messung von Vitalparametern an die HomeCare-Unit anschließen zu können.

Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurde mit der Firma Biosigna eine Software zur einfachen Aufnahme und Übertragung von EKGs von zu Hause aus entwickelt (siehe Abbildung 7). Die Software wurde zunächst zur Anwendung auf einem Standard-PC geschrieben und in einer späteren

Projektphase als Funktionsmodul für die HomeCare-Unit implementiert. Unter Verwendung der Software und eines Bluetooth-EKG-Geräts ist es möglich, kabellos Kurzzeit-EKGs zu übertragen und auf Knopfdruck an die Online-Plattform der Firma Biosigna zu übermitteln. Für die Online-Plattform wurde ein Algorithmus zur automatischen Sortierung der eingegangenen EKGs nach Dringlichkeit entwickelt und implementiert. Dadurch wird sichergestellt, dass übermittelte kritische EKGs von Kardiologen als Erstes ausgewertet werden und bei Bedarf eine entsprechende Meldung an den Hausarzt geschickt werden kann [7].

Darüber hinaus wurde ein SpO<sub>2</sub>-Modul in die HomeCare-Unit integriert. Dieses ermöglicht eine einfache Messung von Puls und Sauerstoffsättigung im Blut. Die Messung wird durch Auflegen eines Fingers auf die Sensorfläche gestartet, die HomeCare-Unit wechselt dann automatisch zur Darstellung der gemessenen Werte (siehe Abbildung 7). Ist die Messung abgeschlossen, kann diese einem Nutzer zugeordnet werden und wird dann automatisch zusammen mit der Uhrzeit und dem Datum auf der HomeCare-Unit gespeichert.

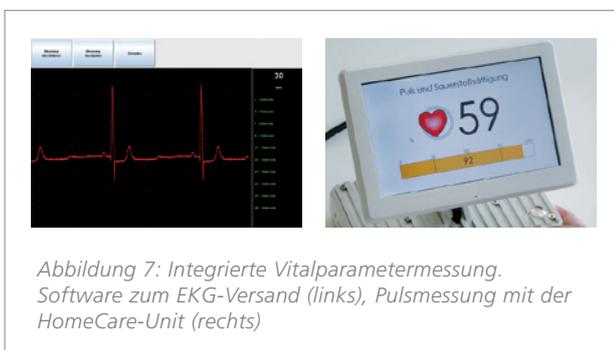


Abbildung 7: Integrierte Vitalparametermessung. Software zum EKG-Versand (links), Pulsmessung mit der HomeCare-Unit (rechts)

In Arbeitspaket 3.1 „Integration des Fitnessbegleiters aus TP II-1“ sollte mithilfe einer offenen Schnittstelle der entwickelte Fitnessbegleiter und die Bewegungsanalyse aus dem TP II-1 in das System integriert werden. Dazu sollten die Daten von diesem System auf die HomeCare-Unit übertragen und dort gespeichert werden. Es war gefordert, dass die Daten am angeschlossenen Fernseher visualisiert werden können.

Zur Integration des Fitnessbegleiters wurde ein entsprechendes Programm-Modul implementiert, das per Knopfdruck eine Bluetooth-Verbindung aufbaut und eine Übermittlung der gespeicherten Trainingsdaten veranlasst. Diese beinhalten Informationen über Datum, Dauer, Art der Übung und Qualität der Übungsausführung. Nach der Übertragung werden die Informationen auf der HomeCare-Unit automatisch gespeichert und können anschließend in einer Tages-, Wochen- oder Monatsansicht betrachtet werden.

In Arbeitspaket 3.2 „Integration der Sprachsteuerung aus TP I-1“ sollte die intuitive Bedienung des intelligenten Haussystems um die Sprachsteuerung des Teilprojekts ISA-Haus erweitert werden. Damit steht dem Benutzer neben der Bedienung über das Touch-Display oder die Fernbedienung eine weitere Möglichkeit zur Verfügung, das System zu steuern.

Da die HomeCare-Unit über die benötigten Schnittstellen (LAN- und WLAN-Karte) verfügt, kann sie mit dem Netzwerk des ISA-Hauses verbunden werden. Um die Sprachsteuerung zu integrieren, musste eine Software-schnittstelle zur HomeCare-Unit implementiert werden. Dies wurde durch das im ISA-Haus verwendete UPnP (Universal Plug and Play)-Protokoll erreicht. UPnP dient zur herstellerübergreifenden Ansteuerung von Geräten (Stereoanlagen, Router, Drucker, Haussteuerungen usw.) über ein IP-basiertes Netzwerk und verfügt über eine Reihe von standardisierten Netzwerkprotokollen und Datenformaten. Durch ein Programm-Modul wurde die HomeCare-Unit zur Verwendung als UPnP-Gerät in einem Netzwerk ermöglicht. So kann die HomeCare-Unit auch durch das ISA-Haus gesteuert werden, sobald sie mit dessen Netzwerk verbunden ist.

Im Rahmen von Arbeitspaket 3.3 „Integration des Fahrzeugs aus TP II-4“ sollte ermöglicht werden, die während der Fahrt aufgezeichneten Daten der Sensoren im Fahrzeug an die zentrale HomeCare-Unit im Haus zu senden und dort auszuwerten. Diese Anforderung wurde über

den an der HomeCare-Unit vorhandenen Stecker und ein zusätzliches Software-Modul erfüllt. Der Stecker wurde so ausgelegt, dass daran nicht nur die Motionlogger, sondern auch die Mobility Unit aufgesteckt werden können. Das Software-Modul erkennt die angesteckte Mobility Unit automatisch und initialisiert die Datenübertragung zur HomeCare-Unit. Hier werden die Informationen über gemessene Vitaldaten zusammen mit der entsprechenden Zeitinformation gespeichert und können dem Nutzer dargestellt werden.

Im Rahmen des Arbeitspakets 3.4 „Evaluierung“ wurden verschiedene Projektergebnisse, wie etwa die Simple Use Wii und der intelligente Pullover durch das Querschnittsprojekt Fit4Use evaluiert. Des Weiteren wurden verschiedene Bedienkonzepte für die HomeCare-Unit verglichen und bewertet. Hierbei konnten viele wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, die direkt in die darauf folgenden Entwicklungsschritte der Geräte eingeflossen sind.

Der geplante Aufbau einer Demonstrator-Umgebung in mehreren Räumen des IMETUM (Meilenstein 1) konnte nicht umgesetzt werden. Der Grund hierfür liegt in unvorhersehbaren Entscheidungen der Hochschulleitung. Alle übrigen Arbeitspakete und Meilensteine konnten erfolgreich abgeschlossen werden.

### 3.3.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

Die Zusammenarbeit mit anderen Teilprojekten erfolgte am intensivsten im letzten Projektjahr und spiegelt sich in der erfolgreichen Integration von Fitnessbegleiter, ISA-Haus und Mobility Unit (in den Arbeitspaketen 3.1, 3.2 und 3.3) wider. Die Möglichkeit, Zwischenergebnisse und Prototypen durch Fit4Use und den Seniorenbeirat evaluieren zu lassen (Arbeitspaket 3.4) brachte wichtige Erkenntnisse und hat geholfen, die Qualität der erzielten Ergebnisse noch zu erhöhen. Während der gesamten Projektlaufzeit konnte von der guten Zusammenarbeit mit der Biosigna GmbH in verschiedenen Bereichen des Projekts profitiert werden.

### 3.3.4 Ausblick

In diesem Teilprojekt wurde eine zentrale Steuerung (HomeCare-Unit) realisiert, die moderne Technologien in den täglichen Ablauf integriert und auch von älteren Menschen genutzt werden kann. Dazu wurden Systeme zur Messung und Auswertung von Vitalparametern und Aktivitäts- und Bewegungsdaten integriert. Daten werden automatisch an die HomeCare-Unit gesendet, dort abgespeichert und dargestellt. Die Steuerung des Systems erfolgt über ein berührungsempfindliches Display, eine intuitive Fernbedienung oder die Sprachsteuerung aus dem ISA-Haus. Die HomeCare-Unit kann dabei auch an den Fernseher angeschlossen werden.

Somit wurden die in diesem Teilprojekt angestrebten Ergebnisse erreicht und technisch umgesetzt. Wünschenswert wäre es nun, das funktionierende System zu vielfältigen und unter realen Bedingungen über einen längeren Zeitraum einzusetzen. Nur so kann gezeigt werden, dass die zentrale Verarbeitung der Daten aus verschiedenen Messsystemen einen Mehrwert an Information bringt und letztendlich für alle Beteiligten (Nutzer, Pflegedienst, Arzt und Angehörige) von Vorteil ist.

### 3.3.5 Literatur

- [1] Czabke, A.; D’Angelo, L.; Niazmand, K.; Lüth, T. C.: Ein kompaktes System zur Erfassung und Dokumentation von Bewegungsgewohnheiten, Tagungsband, 2. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 27.1.–28.1.2009, S. 424–428
- [2] Czabke, A.; Neuhaeuser, J.; Lueth, T. C.: Detection of Interactions with Objects Based on Radio Modules, IEEE Conference on Pervasive Health 2010, München, 22.3.–25.3.2010
- [3] Niazmand, K.; Lüth, T. C.: Ein alltagstauglicher Pullover für die Aufzeichnung von Bewegungen, DGBMT Health Technologies, Frankfurt, 3/2010, S. 2–3
- [4] Niazmand, K.; Jehle, C.; D’Angelo, L. T.; Lüth, T. C.: A

New Washable Low-Cost Garment for Everyday Fall Detection, In: 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Buenos Aires, Argentina, 31.8.–4.9.2010, S. 6377–6380

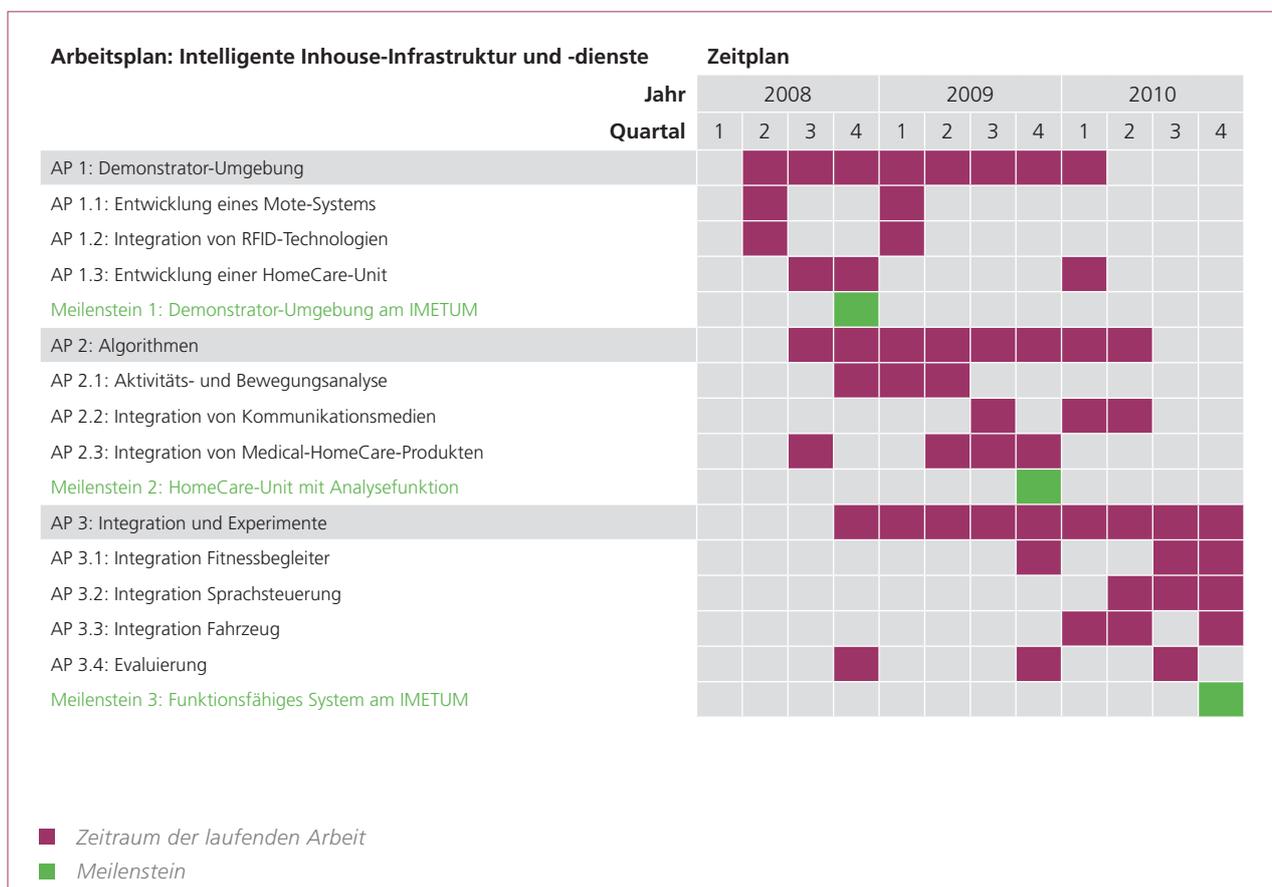
[5] John, M.; Häusler, B.; Frenzel, M.; Klose, S.; Ernst, T., Bücher, J.; Seewald, B.; Liebach, J.; Wolschke, M.; Klinkmüller, B.: Rehabilitation im häuslichen Umfeld mit der Wii Fit – Eine empirische Studie. AAL Berlin, 2009

[6] Somlai, I.; Czabke, A.; Lüth, T. C.: Ein altersgerechtes System zur Vereinfachung der Bedienung bewegungsgesteuerter Spielkonsolen, Tagungsband, 4. Deutscher AAL-

Kongress, Berlin, 25.1.–26.1.2011, S. 1–6

[7] D’Angelo, L. T.; Tarita, E.; Zywiets, T. K.; Lüth, T. C.: A System for Intelligent Home Care ECG Upload and Priorisation, in: 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Medline, U.S. National Library of Medicine, 2010, S. 2188–2191

### 3.3.6 Arbeits- und Zeitplan



## 3.4 Intelligente integrierte Technologien und Dienstleistungen für eine selbständige Lebensführung im Alter

---

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Logistik,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

**Projektleitung:** Prof. Dr. Evi Hartmann, Dr. Alexander Pflaum

**Mitarbeiter:** Stephanie Schmitt-Rüth

**Industriepartner:** ABF Apotheke, Fürth; EURO-LOG AG, München; Praxisnetz Nürnberg Süd e. V., Nürnberg; bis 2009: Dr. Hein GmbH, Nürnberg; Corscience GmbH & Co. KG, Erlangen

---

### 3.4.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Das Teilprojekt I-4 ist darauf ausgerichtet, Dienstleistungen in der ambulanten Patient-Arzt-Interaktion zu entwickeln, die es älteren Menschen durch den Einsatz innovativer Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) ermöglicht, trotz eventueller Einschränkungen länger selbstbestimmt zu Hause zu wohnen. Als theoretischer Bezugsrahmen werden in diesem Teilprojekt Konzepte und Ideen des „Service Engineering“ herangezogen. Hierunter versteht man das planvolle und systematische Vorgehen beim Entwurf neuer Dienstleistungen. Die Herausforderung liegt darin, den Service-Entwicklungsprozess möglichst effektiv und effizient zu durchlaufen und dabei die enge Verknüpfung zwischen Dienstleistungs- und Technologie-Entwicklungsprozess zu berücksichtigen. Primäres Ziel des Teilprojekts I-4 „Intelligente und integrierte Dienstleistungen“ ist es somit, eine systematisierte Vorgehensweise zur Entwicklung und Realisierung von Dienstleistungen im Gesundheitsumfeld zu entwickeln, die auf IuK-Technologien basieren. Es gilt, eine erste generische Entwicklungsplattform zu konzipieren, die anschließend für Design und Realisierung anderer Dienstleistungen im gleichen Umfeld herangezogen werden kann. Dieser theoretische Ansatz sowie die praktische Einsetzbarkeit der

Service-Engineering-Plattform soll parallel durch ein praktisches Umsetzungsbeispiel demonstriert werden.

### 3.4.2 Ergebnisse

#### 3.4.2.1 Repräsentative Studie zum Stand der Technik für Dienstleistungen in der Telemedizin

Im Rahmen der im ersten Jahr der Projektlaufzeit erarbeiteten Studie zum Stand der Technik und Umsetzung bei telemedizinischen Dienstleistungen wurden zwei Fragen beantwortet:

- Wie können bestehende Produkte und Dienstleistungen zur Verbesserung der Beziehungen im ambulanten Sektor identifiziert und beschrieben werden?
- Welche erfolgversprechenden Kriterien und Stellenschrauben lassen sich für die Entwicklung betriebswirtschaftlich vielversprechender ambulanter, telemedizinischer „Homecare“-Dienstleistungen in der ambulanten Patient-Arzt-Interaktion ableiten?

Im Projekt wurden dementsprechend bereits etablierte bzw. sich gerade in der Entwicklungsphase befindliche Produkte und Dienstleistungen sowie bestehende Forschungsprojekte und neuartige Ideen zur Verbesserung der Patient-Arzt-Kommunikation und der Patient-Arzt-Beziehung im ambulanten Sektor identifiziert und beschrieben [1]. Die Studie macht deutlich, dass beim größten Teil telemedizinischer Anwendungen und Dienstleistungen nach wie vor die reine Überwachung von Patienten im Vordergrund steht. Weitere Dienstleistungen in diesem engen Bereich voranzutreiben ergab aus Sicht der Partner im Teilprojekt wenig Sinn. Es wurde daher nach neuen und bisher weniger bearbeiteten Anwendungsfeldern gesucht.

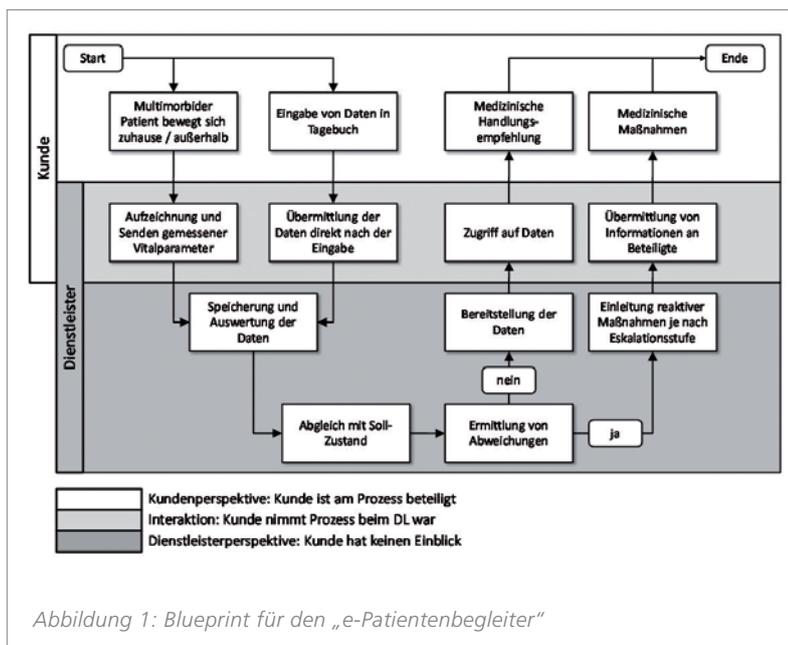
#### 3.4.2.2 Identifikation und Bewertung neuer Dienstleistungsideen

Im Rahmen von Gesprächen mit den Projektpartnern und weiteren Experten außerhalb des Konsortiums wurde schnell klar, dass Bedarf für neue und ökonomisch sinnvolle Dienste aktuell vor allem im Bereich der chronischen Er-

krankungen vorhanden ist. Zielsetzung war an dieser Stelle, innovative Dienstleistungen gemeinsam mit den Partnern zu identifizieren, zu bewerten und die für die Patienten und Leistungsträger interessantesten zu einem Gesamtangebot zu bündeln. Mithilfe unterschiedlicher Kreativitätstechniken wie „Brainstroming“ und der „6-3-5-Methode“ wurde im Rahmen von Workshops eine Reihe neuer, vielversprechender Dienstleistungsideen generiert. Mit „e-Schmerzmonitoring“, „e-Arztkontakt“, „e-Diabetesmonitoring“ für Erwachsene und Kinder, „e-Ernährungsscreening“, „e-Geriatriebegleiter“, „e-Kardiomonitring“, „e-Medikamentenmonitoring“, „e-Patientenakte“, „e-Patientenbegleiter“ und „Post-Reha-Monitoring“ sind an dieser Stelle die wichtigsten Ideen genannt. Für die anschließende Bewertung wurden die einzelnen Dienstleistungen in Form von Tabellen knapp charakterisiert. Zudem wurden sogenannte Blueprints erstellt, um den grundlegenden Prozessablauf zu verdeutlichen. In Abbildung 1 findet sich beispielhaft der Blueprint für den „e-Patientenbegleiter“.

schließende Bewertung anhand einer Portfolio-Analyse herangezogen. Ein Blick in die wissenschaftliche Literatur zeigt, dass hierfür die unterschiedlichsten Varianten existieren [2]. Allen gemein ist, dass durch zwei Dimensionen eine Ebene aufgespannt wird, in dem zu bewertende Technologien, Produkte, Dienstleistungen etc. auf Basis unterschiedlich gewichteter Bewertungskriterien positioniert werden. Üblicherweise werden für einzelne Abschnitte des aufgespannten Raums Normstrategien festgelegt, an denen sich ein Entscheidungsträger grundsätzlich orientieren kann. Die Kunst besteht darin, problemorientiert die richtigen Dimensionen, die richtigen Bewertungskriterien auf erster und zweiter Ebene sowie die richtigen Gewichte festzulegen. Im Erfolgsfall können Portfolio-Analysen eine wertvolle Hilfe beim strategischen Umgang mit Technologien, Produkten oder Dienstleistungen sein. Roadmaps für die Umsetzung einzelner Dienstleistungen lassen sich auf dieser Basis sehr einfach generieren. Nicht vergessen werden darf dabei allerdings, dass Portfolios oft auf dynamischen Informationen basieren und somit die Gefahr einer Fehleinschätzung durchaus gegeben ist. Es ist sinnvoll den Portfolio-Prozess in festen zeitlichen Abständen bzw. bei Bedarf zu wiederholen.

Um eine Portfolio-Analyse zu erstellen, sind bestimmte Schritte nötig. Zuerst muss das Analyseobjekt definiert und müssen die Dimensionen festgelegt werden. Im vorliegenden Fall sollten technologiebasierte, telemedizinische Dienstleistungen hinsichtlich der Sinnhaftigkeit einer Implementierung bewertet werden. Als Hauptdimensionen wurden die „Technische Machbarkeit“ und die „Praktische Relevanz“ gewählt (vgl. Abbildung 2). Die technologische Machbarkeit ist von der Ressourcenstärke des Konsortiums und



Die tabellenartigen Dienstleistungsbeschreibungen sowie die Blueprints wurden im Projekt als Input für die an-

vom Realisierungsaufwand der Lösung abhängig. In die Ressourcenstärke gehen Subkriterien, wie beispielsweise

technologische Beherrschbarkeit, Zeitbedarf und Know-how-Stand ein. Der Realisierungsaufwand kann zum Beispiel für Hardwarekosten, Softwareentwicklung und Schnittstellendefinition definiert werden. Für die praktische Relevanz sind der Nutzen für den Dienstleistungsanbieter und die Marktattraktivität von Bedeutung. Der Nutzen wird wiederum durch eine erhöhte Kundenbindung, durch neue Akquisemöglichkeiten, durch Wettbewerbsvorteile oder durch Umsatzsteigerungen bestimmt. Für die Marktattraktivität sind Marktgröße, Wachstumsrate, Innovationspotenzial etc. interessant. Die Gewichte für die einzelnen Kriterien und Subkriterien wurden im Projekt anhand eines Halbmatrixverfahrens pragmatisch bestimmt. Über eine einfache Punktwertung konnten die einzelnen Dienstleistungen im Portfolio verortet werden. Hierfür wurde ein leicht zu bedienendes Excel-Tool entwickelt.

hinsichtlich der technologischen Machbarkeit positiv bewertet und im Teilprojekt weiter verfolgt.

### 3.4.2.3 Entwicklung der Dienstleistung „e-Schmerzmonitoring“

Ein Dienstleistungskonzept wurde entwickelt und prototypisch gemeinsam mit Praxispartnern umgesetzt. Die Dienstleistung wurde als integriertes System zur elektronischen Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung therapierrelevanter Daten von Schmerzpatienten durch Nutzung eines mobilen Endgeräts (Personal Digital Assistant, kurz: PDA) konzipiert. Abbildung 3 zeigt das Grobkonzept im Überblick.

Die Dienstleistung soll Patient und Arzt bei der Kontrolle des Verlaufs des Schmerzepfindens und der Schmerzdokumentation unterstützen. Dabei wird der Zeitunterschied zwischen der heute üblichen

papierbasierten Dokumentation des Schmerzes durch den Patienten sowie die Reaktion auf die Veränderung des Schmerzepfindens durch den behandelnden Arzt überbrückt. Die patientenindividuellen Daten, wie etwa Zeitpunkt des Schmerzes, Schmerzintensität, Begleitscheinungen oder eingenommene Medikamente, werden in Echtzeit aufgenommen, übermittelt und von einem Service Center ausgewertet. Nach der Systemanmeldung des Patienten durch den Arzt versendet das Service Center ein mobiles Endgerät (PDA) mit vorbereiteter Software direkt an den Nutzer. Somit ist sichergestellt, dass die Systeme immer einsatzbereit sind und die medizinischen Leistungserbringer mit der technischen Infrastruktur nicht

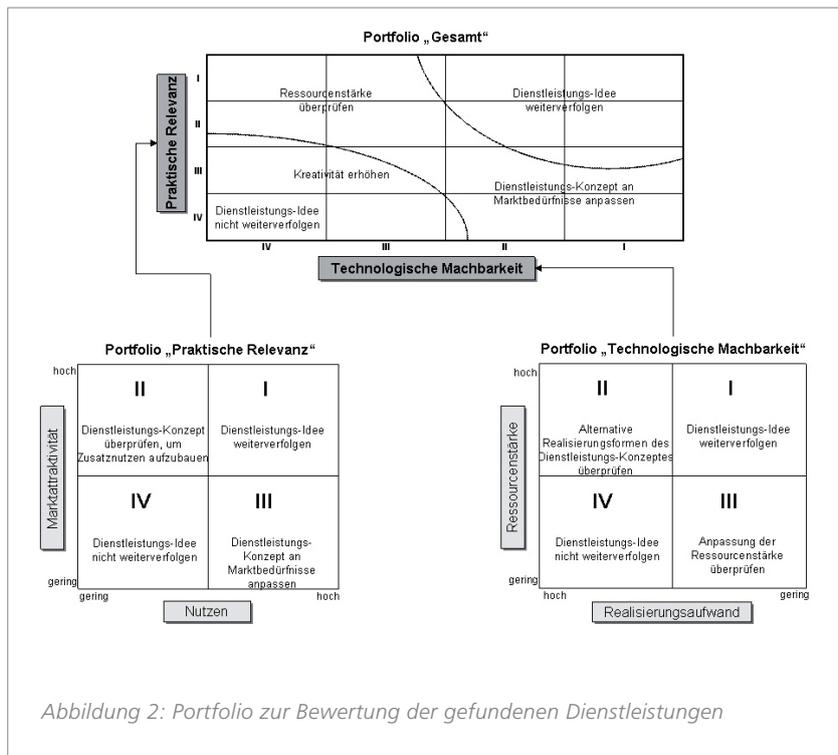


Abbildung 2: Portfolio zur Bewertung der gefundenen Dienstleistungen

Die Dienstleistungsidee „e-Schmerzmonitoring“ wurde sowohl hinsichtlich der praktischen Relevanz als auch

belastet werden. Nach Abschluss der Monitoring-Phase kann das System vom Patienten wieder beim Arzt abge-

geben werden. Von dort lässt das Service Center dieses abholen, wartet das System und stellt es direkt wieder voll einsatzbereit für den nächsten Nutzer zur Verfügung. In einem alternativen Szenario können die PDAs auch durch eine Apotheke verwaltet, ausgegeben und zurückgenommen werden.

ten gebündelt und je nach Zugriffsrecht und Anforderung des Benutzers aufbereitet und visualisiert werden. Der Arzt ist somit in der Lage, über eine gesicherte Internetverbindung auf die Auswertungen zuzugreifen und diese zur Unterstützung seiner Therapieentscheidungen zu nutzen. So ist er kontinuierlich über den Zustand seines

Patienten im Bilde und wird bei signifikanten Vorkommnissen automatisch vom Service Center informiert. Hierdurch kann er schneller reagieren und entsprechende Maßnahmen einleiten.

Für die betriebswirtschaftliche Bewertung der neuen Dienstleistung wurde ein variables Excel-Tool aufgesetzt, welches sowohl die Investitions- und Betriebskosten als auch die zu erwartenden quantifizierten Nutzenpotenziale im Rahmen einer

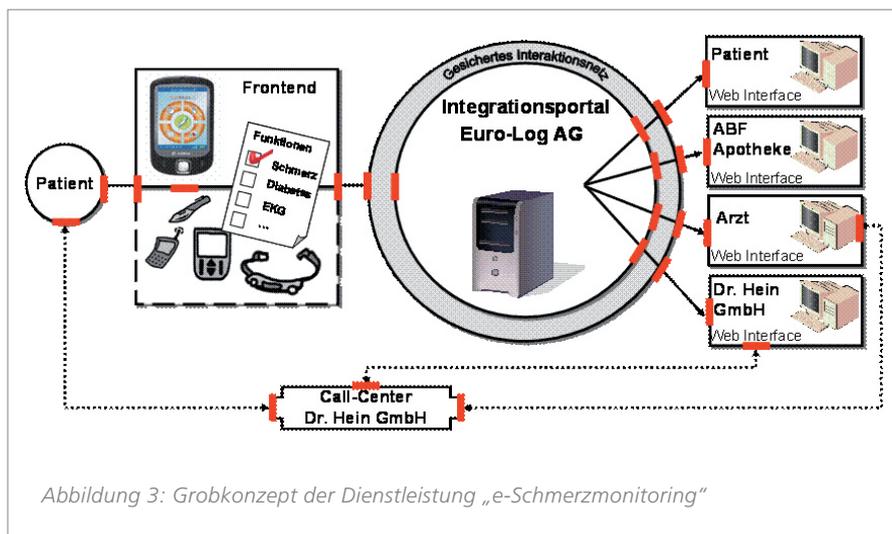


Abbildung 3: Grobkonzept der Dienstleistung „e-Schmerzmonitoring“

Die Dienstleistung konzentriert sich auf die reine Sammlung, Aufbereitung und Zusammenführung von Daten und unterstützt damit den Arzt bei seiner Tätigkeit. Die durch den Anwender eingegebenen Daten werden auf dem mobilen Endgerät zwischengespeichert. Diese Datenspeicherung erfolgt ausschließlich verschlüsselt und anonym; sie ist mit einer Patientennummer versehen. Auch bei Verlust des PDA können durch Einsicht in die Daten keine Rückschlüsse auf den konkreten Anwender gezogen werden. Die Übertragung der durch den Anwender eingegebenen Daten erfolgt über eine GPRS-Verbindung zwischen dem PDA und einer Integrationsplattform bzw. einem Rechenzentrum. Der Zyklus der Datenübertragung kann frei konfiguriert werden. Die Daten werden verschlüsselt übertragen. Auch im Rechenzentrum werden die Daten nur anonym, mit einer einfachen Patientennummer versehen, gespeichert. Die Zuordnung der Patientennummer zum Patienten ist ausschließlich dem behandelnden Arzt möglich. Mithilfe des Rechenzentrums können diese Da-

Amortisationsrechnung zusammenführt. Für das eben beschriebene „e-Schmerzmonitoring“-Szenario wurde als erste Kalkulation eine Amortisationsdauer von etwa drei Jahren berechnet.

### 3.4.2.4 Entwicklung telemedizinischer Dienstleistungen – Das „Nürnberger Service Engineering Binokular“ als grundlegendes Vorgehensmodell

Nachdem die Service-Engineering-Literatur keine Vorgehensmodelle für den Entwurf von Dienstleistungen auf Basis grundlegender technologischer Innovationen bietet, wurde im Rahmen von FitForAge das achtstufige Vorgehensmodell „Nürnberger Service Engineering Binokular“ (NSEB©) entwickelt und an die Anforderungen des Gesundheitswesens angepasst. Ausgangspunkt waren die charakteristischen Merkmale prinzipieller technologischer Innovationen. Ein hieraus abgeleiteter erster Vorschlag für das Vorgehensmodell wurde gemeinsam mit Dienstleistungsexperten evaluiert und im Anschluss noch einmal

überarbeitet. Das resultierende Modell zielt darauf ab, telemedizinische Dienstleistungen nach dem Abschluss einer Ideenfindungsphase strukturiert zu entwerfen. Endergebnis ist eine umfassende Dienstleistungsspezifikation, welche direkt umgesetzt werden kann. Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt eine einfache, eingängige Darstellung. Sie beschreibt zusätzlich die Zielsetzung der einzelnen Designschritte.

Zusatznutzens. Eine Analyse des aktuellen Stands der Technik ermöglicht im Anschluss die Auswahl einer oder mehrerer Technologien sowie das Design der eigentlichen Dienstleistung mithilfe bereits heute vorhandener Methoden und Werkzeuge. Auf Basis des Dienstleistungskonzepts kann im nächsten Schritt das IT-System genauer spezifiziert werden. Dienstleistungs- und IT-Konzept ermöglichen dann die Durchführung einer Wirtschaftlich-



Abbildung 4: Das Nürnberger Service Engineering Binokular (NSEB©)

Der Prozess beginnt mit einer klaren Definition des adressierten Problems sowie des Zielmarkts für die neue Dienstleistung. Nachdem für bekannte Problemstellungen in der Praxis verschieden geartete Lösungen bzw. Teillösungen existieren, ergibt es Sinn, diese im Detail zu analysieren, um einen definierten Startpunkt für die Service-Entwicklung zu setzen. Im nächsten Schritt muss diskutiert werden, inwieweit die Schwächen der existierenden Partillösungen durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien behoben werden können. Ziel ist die Quantifizierung des entstehenden

Wirtschaftlichkeitsrechnung. Deren Ausgang entscheidet, ob das neue Konzept anschließend tatsächlich umgesetzt wird. Es ist davon auszugehen, dass bei einem einzigen Durchlauf der Vorgehensweise die Entwurfsaufgabe keinesfalls vollständig abgeschlossen werden kann. Die Komplexität der Entwurfsaufgabe erfordert ein iteratives Vorgehen, bis das Konzept einen Detaillierungsgrad erreicht hat, der eine fundierte Entscheidung durch die Geschäftsleitung des Unternehmens erlaubt. Das Vorgehensmodell bildete die methodische Basis für die Entwicklung der oben beschriebenen Dienstleistung „e-Schmerzmonitoring“.

<b>Brainwriting 635</b>		<b>1.2/3.1/6.1/6.2/6.4/6.5/6.6./7.1</b>
1.	Bezeichnung der Methode	Brainwriting
2.	Benennung der Quelle aus der Literatur	„Service Engineering in Wissenschaft und Praxis“ by H. Luczak, R. Reichwald and D. Spath; „30 Minuten für Kreativitätstechniken“ Von Claudia Maria Bayerl
3.	Benennung der zu erwartenden Ergebnisse	Soll ähnlich dem Brainstorming Teilnehmer dazu anregen, ihre Idee darzulegen und weiterzuentwickeln
4.	Art der Methode	Qualitativ
5.	Benennung der notwendigen Vorarbeiten	Auswahl Gruppenmitglieder, Vorbereitung der Formulare, Raum buchen, Thema festlegen
6.	Darstellung der einzelnen Vorgehensschritte	<p>Hierbei notieren „6“ Gruppenmitglieder „3“ neue Ideen innerhalb von „5“ Minuten auf ein Blatt Papier</p> <hr/> <p>Nach der Definition eines Problems bzw. einer Aufgabenstellung erhält jeder der Gruppenmitglieder ein Formular, auf dem sich drei Spalten und sechs Zeilen befinden</p> <hr/> <p>Jeder Teilnehmer hat nun 5 Minuten Zeit, um 3 neue Lösungsansätze aufzuschreiben</p> <hr/> <p>Im nächsten Schritt werden die ausgefüllten Formulare in einer vorher festgelegten Reihenfolge an einen anderen Teilnehmer weitergegeben, der zunächst die bereits notierten Ideen durchliest und anschließend innerhalb der nächsten 5 Minuten weitere drei hinzugefügt</p> <hr/> <p>Bei einem Zeitraum von 30 Minuten erhält man somit 108 Vorschläge. Aufgrund von Doppelnennungen kann man in der Praxis von etwa 60-80 neuen Ideen ausgehen</p> <hr/> <p>Auswertung der Idee</p>
7.	Erforderliche Kompetenzen für die Anwendung	Keine besonderen Kompetenzen erforderlich
8.	Hinweis auf kritische Elemente	Doppelnennungen/Handschriftlich/Zeitbeschränkung kann blockierend wirken
9.	Abschätzung des zeitlichen Aufwands für Durchführung	Etwa eine halbe Stunde
10.	Nach Möglichkeit zusätzliche Abbildung	

Abbildung 5: Exemplarische Profilardstellung der Methodik „Brainwriting 635“

#### **3.4.2.5 Erweiterung des Vorgehensmodells zu einer „Service Engineering Plattform“ (NSEB©) – Das Problem der Methodenauswahl**

Vor dem eigentlichen Dienstleistungsentwurf musste das Vorgehensmodell allerdings noch zu einer vollständigen Entwicklungsplattform erweitert werden. Im Rahmen einer umfassenden Analyse der Literatur zum Thema „Service Engineering“ wurden etwa 30 unterschiedliche Vorgehensmodelle identifiziert. Ergebnis waren unter anderem knapp 40 unterschiedliche Entwurfsfragen aus den Bereichen Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik, welche, ergänzt um weitere Fragen aus dem Technologie- und Innovationsmanagement, den einzelnen Phasen des Binokulars zugeordnet werden konnten. Sie sind in einem Arbeitspapier dokumentiert, welches den FitForAge-Partnern zur Verfügung steht. In einem weiteren Schritt wurde in der wissenschaftlichen Literatur nach Methoden gesucht, mit denen sich die unterschiedlichen Entwurfsfragen beantworten lassen. Insgesamt wurden etwa 250 Methoden gefunden und gelistet. Die wichtigsten wurden inzwischen anhand eines Kriterien-Rasters profilartig beschrieben und katalogisiert (vgl. Abbildung 5). Die Profile umfassen die Bezeichnung der Methode, die Ergebnisse der Anwendung, die notwendigen Vorarbeiten, die erforderlichen Kompetenzen für die Anwendung, die Abschätzung des zeitlichen Aufwands für die Durchführung und viele andere Kriterien. Auf diese Weise ist ein Methodenbaukasten entstanden, welcher beim Entwurf eines neuen Dienstes genutzt werden kann.

Mit jedem Iterationsschritt nimmt der Detaillierungsgrad des Dienstleistungskonzepts zu, bei ebenfalls wachsendem Arbeitsaufwand. Welche Methoden bei einem Entwurfsprozess zum Einsatz kommen können, hängt von den unterschiedlichsten Rahmenbedingungen ab. Eine generische Lösung für alle Entwurfsprozesse existiert aus heutiger Sicht nicht. Die Arbeit im Projekt beschränkte sich deswegen auf den Aufbau des oben bereits erwähnten Methodenbaukastens einerseits und auf die Entwicklung einer einfachen Systematik zur Unterstützung der Methodenauswahl durch den Dienstleistungsentwickler

andererseits. Entscheidend für die Auswahl der richtigen Methode zur Beantwortung einer Entwurfsfrage ist zum einen der erforderliche Aufwand, zum anderen die Aussagekraft der zu erwartenden Ergebnisse. Der Aufwand wird durch die anfallenden Kosten bei der Anwendung der Methode beschrieben, die Aussagekraft durch den Grad der Zielerreichung bei der Beantwortung einer konkreten Entwurfsfrage. Idealerweise wird bei der ersten Iteration eine Methode mit maximalem Zielerreichungsgrad bei gegebenen Kosten gewählt. Bei der zweiten wird das Ziel neu definiert und der Auswahlprozess wiederholt sich. Eine Portfolio-Analyse kann die Methodenwahl unterstützen. Im Projekt wurde ein erstes „Set“ an Methoden erarbeitet und angewandt. Welche Anpassungen bei anderen Dienstleistungsentwürfen erforderlich sind, muss die Zukunft zeigen.

An dieser Stelle muss noch betont werden, dass nicht alle Entwurfsfragen mit heute vorhandenen Methoden und Werkzeugen beantwortet werden können. Die methodischen Lücken wurden im Rahmen des Projekts durch die Anpassung und Weiterentwicklung vorhandener Verfahren zum Teil geschlossen. Beispielsweise kann die Frage nach der Positionierung von Daten und Anwendungsinelligenz in einem verteilten telemedizinischen System durch eine Weiterentwicklung der sogenannten Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse geklärt werden [3]. Für andere Fragen fehlen die erforderlichen methodischen Hilfsmittel noch. Es mangelt etwa an grundlegenden Referenzmodellen für telemedizinische Dienstleistungen auf Basis neuer Technologien. Die vorhandenen Lücken müssen in kommenden Forschungsprojekten noch geschlossen werden.

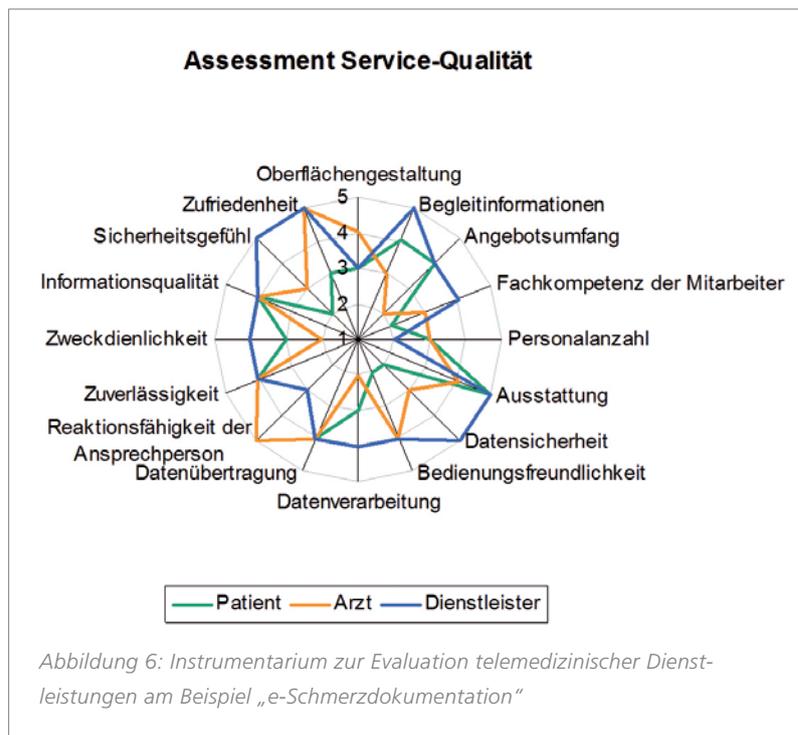
#### **3.4.2.6 Servicequalität als Begleitparameter der Dienstleistungsentwicklung**

Speziell im Bereich der Gesundheitswirtschaft spielt der Qualitätsaspekt eine bedeutende Rolle, schließlich geht es um sensible Daten. Die Messung der Dienstleistungsqualität sollte idealerweise bereits bei der Entwicklung der Serviceleistungen berücksichtigt werden. Bislang existiert

tiert allerdings noch kein Modell für die Messung telemedizinischer Dienstleistungsqualität. Um Dienstleistungen entwickeln zu können, müssen insbesondere drei Dimensionen im zu erstellenden Dienstleistungskonzept beachtet werden [4]: (1) „Potenzial-Dimension“ als exakte Beschreibung der für die Leistungserstellung benötigten Ressourcen, (2) „Prozess-Dimension“ zur Beschreibung von Ablauf und Schnittstelle zwischen Dienstleistungsanbieter und Dienstleistungsnehmer und (3) „Ergebnis-Dimension“ zur Beschreibung der Leistungsinhalte und Struktur, die die Zusammenhänge zwischen den Leistungsmerkmalen kennzeichnet. Diese drei Dimensionen stellen die Ausgangsposition für die Entwicklung eines Instrumentariums zur Messung der Servicequalität dar. Für diesen Zweck wurden 18 Modelle der Dienstleistungsqualität hinsichtlich der unterschiedlichen Qualitätsdimensionen untersucht, welche mit den Anforderungen auf Basis des im Projekt erstellten Referenzmodells telemedizinischer Dienstleistung abgeglichen wurden. Auf dieser Basis konnten für telemedizinische Services spezifische Kriterien identifiziert und adaptiert werden. Im Rahmen der „Potenzial-Dimension“ werden Kriterien wie Oberflächengestaltung, Begleitinformationen, Angebotsumfang, Fachkompetenz der Mitarbeiter, Personalanzahl sowie Ausstattung subsumiert. Datensicherheit, Bedienungsfreundlichkeit, Datenverarbeitung, Datenübertragung und Reaktionsfähigkeit der Ansprechperson spiegeln die „Prozess-Dimension“ wider. Als „Ergebnis-Dimension“ können Zuverlässigkeit, Zweckdienlichkeit, Informationsqualität, Sicherheitsgefühl und Zufriedenheit erfasst werden. Diese Kriterien sind in einem nächsten Schritt noch zu erweitern. Mithilfe eines Excel-gesteuerten Netzschemas können die einzelnen „Qualitäts-Items“ unter Einbezug und Befragung unterschiedlicher Zielgruppen mittels einer fünfstufigen Skala (1 = sehr schlecht, 2 = schlecht,

3 = mittel, 4 = gut, 5 = sehr gut) bewertet werden (vgl. Abbildung 6). Der Fokus unterschiedlicher Zielgruppen auf die Dienstleistung ermöglicht einen Abgleich der Einschätzung der Kundengruppen mit der Einschätzung des Dienstleisters. Auf diese Weise kann nicht nur die Dienstleistungsqualität erfasst, sondern können auch Service-lücken identifiziert werden.

### 3.4.2.7 Praktische Relevanz der generierten Forschungsergebnisse



Das im Projekt prototypisch realisierte „e-Schmerzmonitoring“ konnte im Rahmen des hier beschriebenen Teilprojekts im Praxisnetz Nürnberg Süd e. V. weiterentwickelt und umgesetzt werden. Sowohl die Hardware als auch die Software konnten etabliert bzw. entwickelt werden. Die einzige Einschränkung bestand darin, dass ein im ursprünglichen Dienstleistungskonzept vorgesehenes Call Center noch nicht einbezogen wurde. Die Umsetzung war ferner Ausgangspunkt für viele weitere telemedizinische Entwicklungen im Praxisnetz Nürnberg Süd. Beispielsweise wurde auf

dem gleichen mobilen Endgerät ein Asthma-Kontroll-Test realisiert (Abbildung 7). Im Zusammenhang mit der Versorgungssteuerung und der Entwicklung eigener regionaler Behandlungspfade traten bei der Umsetzung von nationalen Versorgungsleitlinien Schwierigkeiten auf. Da sich zum Beispiel die Komplexität einer Versorgungsleitlinie „Asthma“ nicht in den ICD-Diagnoseverschlüsselungen widerspiegelt und somit eine elektronische Auswertung der Qualitätsparameter verhindert bzw. erschwert mussten entsprechende Lösungen durch Partnerunternehmen erst noch entwickelt werden. Dabei hat das Praxisnetz Nürnberg Süd Vorgaben für die technische Entwicklung gegeben. Die notwendigen Geräte und das Zubehör sollten beispielsweise im Handel problemlos erhältlich sein,



damit Störungen möglichst rasch behoben werden können. Es wurde eine informations- und kommunikationstechnische Plattform realisiert, die es ermöglicht, medizinische Daten durch Personal oder Patienten zu erfassen, elektronisch nach Vorgaben zu bewerten, zu übertragen und in der EDV zu spei-

chern sowie einer Auswertung zugänglich zu machen. Dabei wurde auf Kompatibilität mit den Praxisverwaltungssystemen Wert gelegt, die es erfordert, dass in der jeweiligen Arztpraxis die GDT-Schnittstelle (Gerätedatentransfer-Schnittstelle) in der aktuellen Version freigeschaltet ist. Nach dem Aufspielen der netzeigenen Software und dem Anschluss der Handheld-Geräte unter dem Betriebssystem Windows spielt es heute keine Rolle mehr, in welcher Entfernung zum PC-Gerät die Datenerfassung erfolgt. Entweder werden die Daten nach Anschluss der

Peripheriegeräte direkt an den Praxis-PC übertragen oder bei bestimmten Anwendungen telefonisch übersendet und in der Patientenakte abgelegt. Dabei können auch medizinische Untersuchungsgeräte wie Blutzuckermessgeräte, Peakflow-Meter, Waagen und andere Geräte angeschlossen werden.

#### 3.4.2.8 Adressierte Ziel- und Kundengruppen

Alle generierten Ergebnisse richten sich an sehr unterschiedliche Ziel- und Kundengruppen, welche im Folgenden näher definiert werden:

- Grundlagenforschung: Universitäten, unabhängige Institute
- Technologieanbieter: Hersteller telemedizinischer Produkte, Anbieter von „Smart Object“-Produkten (z. B. RFID, Sensornetzwerke, Lokalisierungssysteme)
- Leistungserbringer im ambulanten Bereich: Ärzte und Ärztenetzwerke, Pflegedienste
- Erbringer unterstützender Dienstleistungen: Telemedizin-Dienste, Systemintegratoren
- Weitere Akteure im Gesundheitswesen: Apotheken, Krankenkassen
- Patienten und Patientengruppen: z. B. chronische Schmerzpatienten

Tabelle 1 zeigt, welche Ergebnisse für welche Kundengruppen im Sinne einer Vermarktung relevant sind.

### 3.4.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

#### 3.4.3.1 Querschnittsprojekt Fit4Use

Es wurde vom Teilprojekt I-4 ein Konzeptvorschlag eingereicht, den Schmerz-PDA des neuen Dienstleistungskonzepts „e-Schmerzmonitoring“ im Rahmen des Seniorenbeirats für die Produktentwicklung (SEN-PRO) einzubringen und evaluieren zu lassen. Dieser Vorschlag beinhaltete neben einem Vorgehensmodell für die Kreativ-Phase ein konkretes Beispiel einer telemedizinischen Anwendung als Anregungsobjekt sowie eine thematische Kurzeinfüh-

zung zum Thema Telemedizin. Infolgedessen konnte im Rahmen der Sitzungen des Seniorenbeirats aus dem Querschnittsprojekt Fit4Use in den Fokusgruppen sowohl eine Bewertung der Schmerzdokumentations-PDAs erfolgen als auch eine Expertenrunde zum Thema Telemedizin durchgeführt werden. Ein Ergebnisbericht beider Themen liegt vor.

### 3.4.3.3 Fit4Life – Intelligentes seniorenangepasstes (ISA-)Haus (TP I-1/2)

Das Konzept des „e-Schmerzmonitorings“ wird in das entwickelte und intuitiv zu bedienende, moderne Spracherkennungssystem des ISA-Hauses integriert. Ferner wurden zwei Workshops durchgeführt, um das Konzept des ISA-Hauses

Nr.		State-of-the-Art-Studie zum Thema Telemedizin	Bewertungstool für neue Dienstleistungen	Vorgehensmodell für die Entwicklung hybrider Services	Prototypische Dienstleistungskonzepte	Instrumentarium zur Messung von Dienstleistungsqualität	„Service Engineering Plattform“
1.	Grundlagenforschung	●	○	○	○	○	○
2.	Technologieanbieter	●	●	●	●	●	●
3.	Leistungserbringer	●	○	○	○	●	●
4.	Unterstützende Dienstleister	●	●	●	●	●	●
5.	Weitere Akteure	●	●	●	○	●	●
6.	Patienten	●	○	○	○	○	○

Tabelle 1: Relevanz der Projektergebnisse für einzelne Kundengruppen (Legende: Ein schwarzer Kreis steht für hohe, ein weißer Kreis für geringe Relevanz)

### 3.4.3.2 Querschnittsprojekt Fit4Product

Das Teilprojekt I-4 und Fit4Product bilden eine Ergänzung in Form einer Nahtstelle von Produkt und Dienstleistung. Auch der Vorgehensmodell-Gedanke zur Entwicklung von Produkten auf der einen und Dienstleistungen auf der anderen Seite sind beiden Projekten ähnlich. Eine Kooperation gab es speziell hinsichtlich des Austauschs von Entwurfsmethoden, aber auch hinsichtlich der Möglichkeit, Produktinformationen für die altersgerechte Handhabung von telemedizinischen Geräten zu verarbeiten.

mittels des Binokulars durchlaufen zu lassen. Derzeit steht eine konkrete Dienstleistungsentwicklung in Verbindung mit einer Etablierung am Markt noch nicht im Fokus. Vielmehr geht es in einem ersten Schritt um die Entwicklung der Technik. Allerdings konnte eine mögliche Vision ins Auge gefasst werden: Die Einbindung innovativer Dienstleistungsideen in das individuelle Hausinformationssystem.

### 3.4.3.4 Kontakt zu Leistungsträgern

Unter dem Aspekt der Kommerzialisierung neuer Dienstleistungen ist ein direkter Kontakt mit den Leistungsträgern über das Praxisnetz Nürnberg Süd gegeben. Das Praxisnetz selbst hat einen Integrierten Versorgung-Vertrag mit der gesetzlichen Krankenkasse über das Screening auf Vorhofflimmern geschlossen. Hierüber ist der Krankenkassen-Kontakt initiiert.

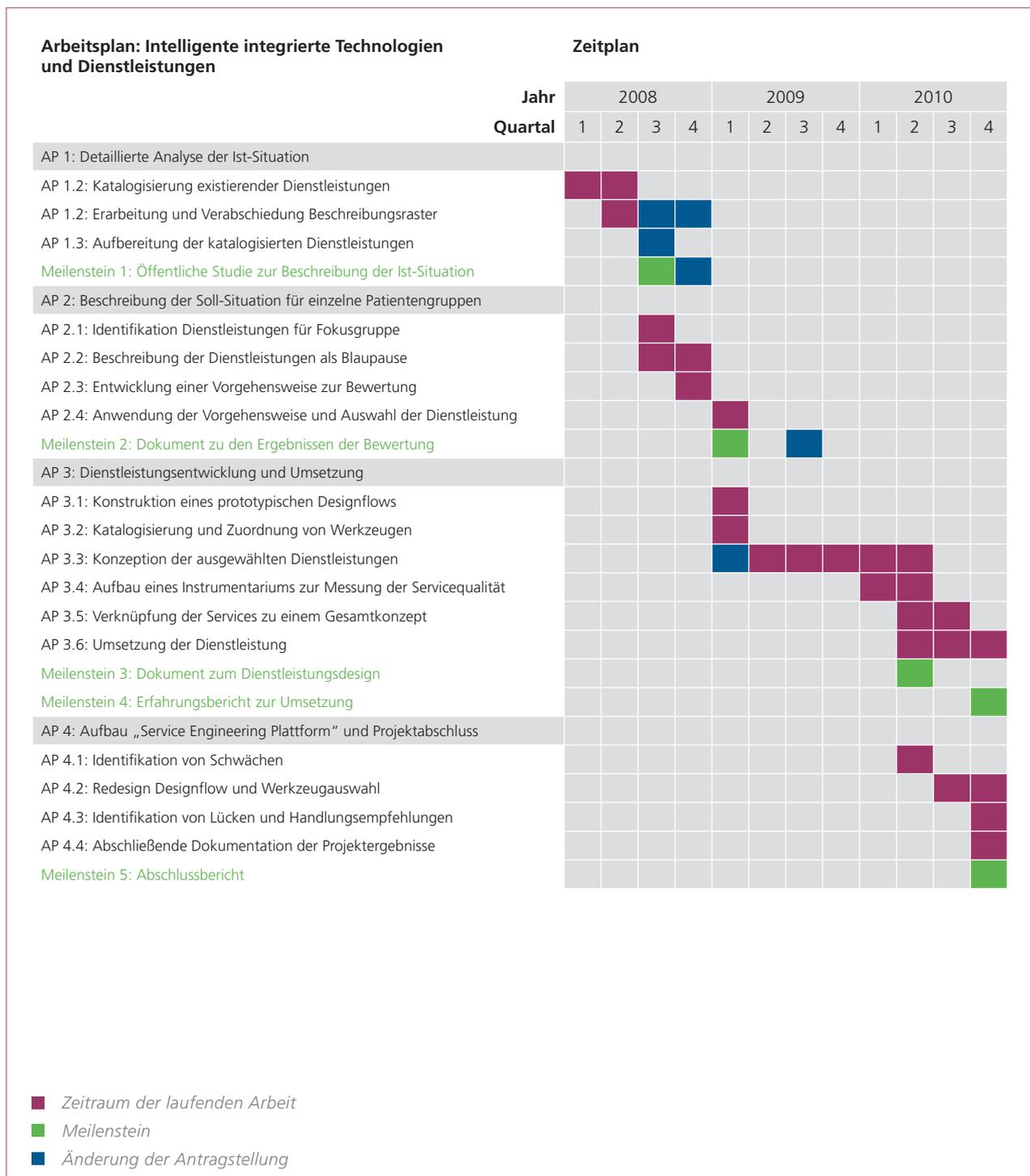
### 3.4.4 Ausblick

Das Teilprojekt I-4 zeigt, wie wichtig der zusätzlich generierte individuelle Mehrwert für die Akzeptanz des Produkts durch die beteiligten Akteure im Rahmen telemedizinisch-technologischer Anwendungen in der ambulanten Versorgung ist. Dabei kann die Finanzierung als ein entscheidendes, jedoch nicht als das einzige Kriterium angesehen werden. Andere Aspekte, wie etwa eine qualitativ hochwertigere Behandlung und intensivere Betreuung, stehen für die Patienten und deren Angehörige ebenfalls im Vordergrund. Nutzen wird vor allem aus der Kontinuität der Fürsorge, der umfassenderen diagnostischen und therapeutischen Betreuung sowie der abgezielten Besserung des Gesundheitszustands gezogen. Für die Kostenträger ergeben sich zusätzlich Mehrwerte wie die Senkung der Behandlungskosten, die Möglichkeit der Kundenbindung und die Schärfung ihres Profils. Die Hersteller und Dienstleister telemedizinisch-technologischer Geschäftsmodelle könnten mit ihrem Leistungsangebot auf dem Gesundheitsmarkt nachhaltig erfolgreich agieren. Vor diesem Hintergrund muss jedoch weitergehende Forschung im Bereich Entwicklung tragfähiger Geschäftsmodelle, speziell im Bereich Telemedizin für eine bezahlbare Gesundheit im Alter, vorangetrieben werden. Umsetzbarkeit, Finanzierbarkeit und Bedarfsgerechtigkeit müssen dabei der Fokus der Forschung sein. In diesem Zusammenhang besteht ferner weiterer Forschungsbedarf zum Thema Nutzenbewertung medizintechnischer Innovationen aus erstattungspflichtiger Sicht im Gesundheitswesen. Speziell das Thema Health Technology Assessment (HTA) wird in Zukunft auch für die Telemedizin eine bedeutende Rolle spielen. Der Ausbau der „Service Engineering Plattform“ kann hierbei für die technologische Dienstleistungsentwicklung im Gesundheitswesen einen signifikanten Mehrwert liefern. Ein Vorantreiben des Methodenbaukastens im Rahmen von Industrie- und Forschungsprojekten ist bereits initiiert.

### 3.4.5 Literatur

- [1] Jehle, F.; Kriegel, J.: Dienstleistungen in der Telemedizin – Eine Bestandsaufnahme der ambulanten Unterstützung älterer Menschen zu Hause, ISBN: 978-3-8167-7962-9, 2009
- [2] Bruhn, M.: Marketing, 9., überarbeitete Auflage, Wiesbaden, 2009, S.69–73, S. 135–136;  
Scheuch, F.: Marketing, 6., überarbeitete und ergänzte Auflage, München, 2007, S. 172–176;  
Wildemann, H.: Fremdbezug von Logistikleistungen, Leitfaden zum effizienten Fremdbezug von logistischen Leistungen und zur Integration von Logistikdienstleistern, München, 2007, S. 134–155, v. a. 141
- [3] Oczko, M. et al.: Ergebnisse des SimoBIT–Arbeitsforums. IT–Sicherheit in mobilen Geschäftsprozessen, Bad Honnef, 2010
- [4] Sontow, K.; Kallenberg, R.; Fischer, J.: Gestaltung von Leistungsprogrammen im Service, Sonderdruck 02/1998, 2. Auflage, Aachen, 1999

### 3.4.6 Arbeits- und Zeitplan



## THEMENFELD II

# 4 Fit4Mobility – Menschen bleiben länger mobil

*Der Erhalt und die Verbesserung von Mobilität sowohl bei gesunden als auch bei leistungsgewandelten Personen sind Voraussetzungen für ein hohes Maß an Selbständigkeit im Alter. Nur Menschen, die in der Lage sind, zu Fuß oder im Fahrzeug mobil zu sein und bei der Erledigung alltäglicher Aufgaben sowohl bei der Fortbewegung als auch bei der Orientierung keine Probleme haben, sind auch in der Lage, ihr Leben selbst zu gestalten. Im Themenfeld Fit4Mobility werden Lösungen entwickelt und evaluiert, die durch moderne Technik bei der Unterstützung der Mobilität und der Prävention von Leistungseinbußen assistieren.*

*Zur Bewertung und Verbesserung der Fitness wurde ein textiles Trainingssystem entwickelt, das Bewegungen und Vitalparameter erkennt und zu Übungen anleiten kann. Für Fußgänger wurde ein Scooter entwickelt, der, basierend auf nahtloser Ortung und fußgängergerechten Karteninformationen, in der Lage ist, bei der Findung des richtigen Weges zu helfen und die Vermeidung von Hindernissen für den Fahrer erleichtert. In ausgewählten Gebieten kann der Scooter den Nutzer auch selbständig begleiten, sodass dieser einen Teil der Strecke zu Fuß zurücklegen kann. Für den Einsatz im Automobil wurde ein System entwickelt, das es ermöglicht, Vitalparameter im Fahrzeug ohne Ablenkung von der Fahraufgabe zu erfassen, zu speichern und mit dem Fahrzeuginformationssystem auszutauschen.*

---

### 4.1 Fitnessbegleiter

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Heinz Gerhäuser

**Mitarbeiter:** Dipl.-Inf. Martin Rulsch

**Industriepartner:** Diakonie Neuendettelsau;

bis 2009: xmedio GmbH, München;

bis 2010: Dr. Hein GmbH, Nürnberg

---

#### 4.1.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Im Projekt Fitnessbegleiter wird ein Assistenzsystem entwickelt, das die Daten körpernaher Sensoren mit der Ausführung motorischer Übungen verknüpft. Aus dieser Kombination werden Rückmeldungen über den Übungsverlauf für den Anwender erzeugt. Der Schwerpunkt bei

den körpernahen Sensoren liegt auf preiswerten Sensoren zur Messung von Bewegungen. Damit verbunden ist gleichzeitig die Entwicklung von Algorithmen zur Rekonstruktion einzelner Bewegungsabläufe. Ergänzt wird dies durch den Einsatz von weiteren Sensoren zur Erfassung der Atmung und des Gleichgewichts. Darüber hinaus können diese Informationen durch die Einbindung des Fitnessbegleiters in eine telemedizinische Infrastruktur auch einem Therapeuten zugänglich gemacht werden.

Der Fitnessbegleiter soll dabei die Lücke zwischen High-End-Systemen zur Bewegungserfassung und existierenden Lösungen aus dem Entertainment-Bereich schließen. Während Systeme für Unternehmen aus der Filmbranche oder professionelle Bewegungsanalyse-Labore exzellente Genauigkeiten erreichen, sind sie für den privaten Haushalt schlichtweg unbezahlbar. Auf der anderen Seite ist in den letzten Jahren ein wachsender Markt für Bewe-

gungssteuerungen in Videospiele entstanden. Die dabei verwendeten Ansätze sind preiswert realisierbar, allerdings vorwiegend auf die Anwendung der Spielsteuerung ausgelegt. Die Erfassung und Bewertung komplexer Bewegungen mit derart spezialisierter Technologie gestaltet sich schwierig oder schränkt den Bewegungsradius ein. Präventions- und Rehabilitationsanwendungen für den Erhalt oder das Wiedererlangen motorischer Fähigkeiten besetzen eine Lücke zwischen diesen Bereichen. Komplexe Bewegungen werden erfasst, ohne den Bewegungsradius einzuschränken, wobei das Gerät aber preiswert genug ist, um für eine breite Anwendergruppe attraktiv zu sein. Als Zielgruppe für den Fitnessbegleiter wurden ältere Menschen mit leichten kognitiven Einschränkungen (Mild Cognitive Impairment – MCI) ausgewählt [1]. Diese Entscheidung wurde vor dem Hintergrund getroffen, dass Therapieempfehlungen für MCI explizit die motorische Aktivierung für die Behandlung vorschlagen [2] [3].

MCI wird als Prodromal- oder Risikosyndrom einer Demenz definiert. Die Erkrankung geht einher mit Gedächtnisstörungen, die über das durchschnittliche Ausmaß hinausgehen und von den Betroffenen sowohl subjektiv wahrgenommen werden als auch objektiv testpsychologisch festgestellt werden können [4]. Im Gegensatz zu einer Demenz sind die Symptome nicht so weit fortgeschritten, dass dadurch basale Alltagsaktivitäten nicht und komplexe Alltagsaktivitäten nur geringfügig beeinträchtigt werden.

In Deutschland leiden etwa 2,4 Millionen Menschen über 65 Jahren an einer leichten kognitiven Einschränkung. Bei ca. 10% bis 15% der Personen, bei denen ein MCI diagnostiziert wurde, entwickelt sich im Laufe eines Jahres das Vollbild einer Demenz. Über einen Zeitraum von vier Jahren liegt das Risiko, an einer manifesten Demenz zu erkranken, sogar bei etwa 50% [5]. MCI ist somit ein wichtiger Indikator für die Entwicklung einer Demenz [6].

Menschen mit MCI verursachen dem Gesundheitssystem relativ geringe Kosten. Allerdings steigen diese Kosten auf

etwa 42.000 Euro pro Jahr, wenn sich aus der MCI eine Demenz entwickelt. Bei der geschätzten aktuellen Prävalenz von 2,4 Millionen MCI-Patienten in Deutschland, entwickeln etwa 300.000 pro Jahr eine Demenz [6]. Könnte durch eine effektive Behandlung der Übergang bei nur 10% der Patienten um ein Jahr verzögert werden, ergäbe dies ein Einsparpotenzial von 30.000 mal 42.000 Euro pro Jahr. Das entspricht einer Gesamtsumme vom 1,29 Milliarden Euro pro Jahr.

Eindeutige Therapierichtlinien für die Behandlung eines MCI existieren bisher allerdings nicht. In der Literatur werden unterschiedliche Ansätze diskutiert. So konnte gezeigt werden, dass durch kognitive Rehabilitation neben der Gedächtnisleistung und weiteren kognitiven Leistungen auch die Lebensqualität von MCI-Patienten signifikant verbessert werden kann [7]. Als weiterer Therapieansatz, der sich positiv auf den Verlauf einer MCI auswirkt, wird die körperliche Aktivierung diskutiert [8]. Dementsprechend findet sich in der S3-Leitlinie Demenz [3] für das Vorliegen eines MCI-Syndroms die Expertenempfehlung 88: „Regelmäßige körperliche Bewegung und ein aktives geistiges und soziales Leben sollte empfohlen werden.“

Das Szenario, in das sich der Fitnessbegleiter zur Behandlung von MCI einbettet, ist in Abbildung 1 dargestellt. Während des Trainings erhält der Anwender vom Therapeuten einen PDA als Fitnessbegleiter und ergänzend einen Sensoranzug. Mithilfe des Sensoranzugs können Bewegung und Atmung erfasst werden. Während der ersten Trainingseinheiten leitet der Therapeut den Anwender bei der Nutzung des Systems an und zeichnet die Übungen als Referenzen für das selbständige Training auf. Anschließend legen beide zusammen einen Übungsplan fest. Über den Fitnessbegleiter kann der Anwender den Plan abrufen und den Ablauf der Übungen anhand einer Schritt-für-Schritt-Anleitung rekapitulieren. Bei der Ausführung einer Übung überträgt der Sensoranzug die Messwerte zum Fitnessbegleiter. Dieser vergleicht die Ausführung mit der hinterlegten Referenzübung und gibt bei Bedarf Hinweise zur Ausführung. Außerdem erstellt er eine Zusammenfassung der Übungsergebnisse für den The-

rapeuten. Über eine Web-Schnittstelle kann der Therapeut auf diese Daten zugreifen und bei Bedarf den Trainingsplan anpassen. Geeignete Übungen wurden bei Konsultationen im Gedächtniszentrum, einer gemeinsamen Einrichtung des Instituts für Psychogerontologie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und des Klinikums am Europakanal, ausgewählt und um Übungen ergänzt [9] [10] [11].

Beschleunigungssensoren. Das macht diese Bausteine für eine Vielzahl von Anwendungen interessant. So wurde parallel zu den Arbeiten am Fitnessbegleiter im Projekt I-3 „Intelligente Inhouse-Infrastruktur- und Dienste“ an einem Pullover mit integrierten Beschleunigungssensoren gearbeitet. Während im Projekt I-3 der Fokus auf einer Erkennung von langfristigen Veränderungen in Bewegungsmustern

und von Notfallsituationen lag, stand im Projekt Fitnessbegleiter die Erfassung, Rekonstruktion und Bewertung komplexer Bewegungsabläufe bei Koordinations- und Fitnessübungen im Vordergrund.

Die verwandten Fragestellungen förderten den Austausch zwischen den Projekten.

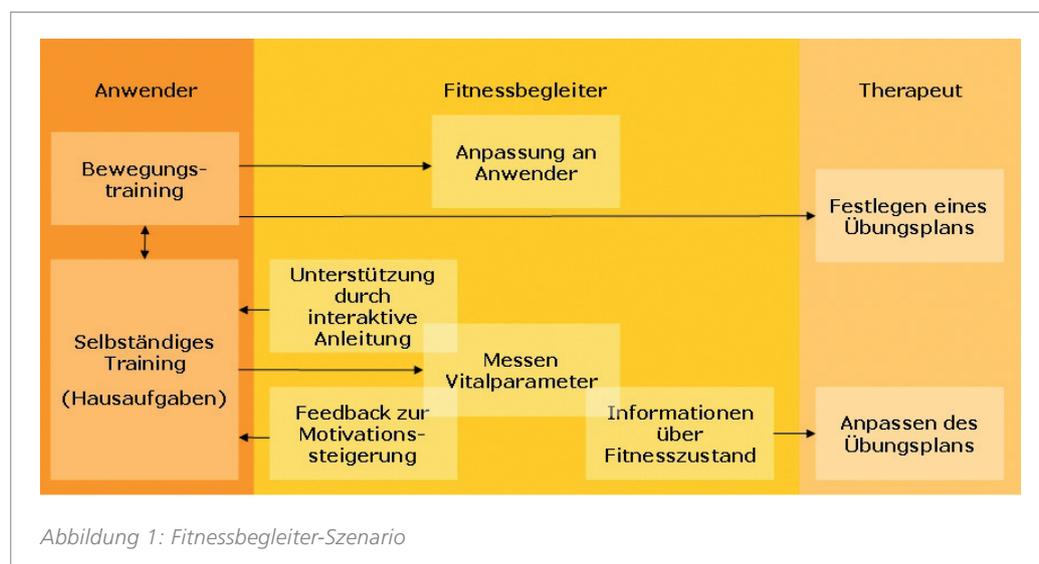


Abbildung 1: Fitnessbegleiter-Szenario

#### 4.1.2 Ergebnisse

Im Bereich der Sensorentwicklung lag der Schwerpunkt auf der Bereitstellung eines Netzwerks aus Beschleunigungssensoren zur Erfassung von Bewegungen. Darüber hinaus ist das Netzwerk nicht auf Beschleunigungssensoren beschränkt, sondern kann flexibel um weitere Sensortypen zur Erfassung von Vitalparametern erweitert werden.

Aufbauend auf den Sensorkomponenten, stellte das Thema Bewegungsanalyse und -rekonstruktion einen weiteren Schwerpunkt dar. Aus den schwer interpretierbaren Daten der Beschleunigungssensoren werden Informationen abgeleitet, die zur Bewertung von Bewegungsabläufen herangezogen werden können.

Fortschritte bei MEMS-Technologie basierten Systemen führen zu immer kleineren, genaueren und preiswerteren

Alleerdings unterscheiden sich durch die abweichenden Projektziele die Anforderungen an den Sensoranzug bzw. den Pullover. Beispiele sind die Sensoranzahl und die Positionen, an denen Sensoren angebracht werden müssen. Diese Ausgangslage erforderte in beiden Projekten separate Hardwareentwicklungen um die formulierten Projektziele zu erreichen

Die Anwendung der Komponenten, des Sensornetzwerks und der Algorithmen zur Bewegungsanalyse in dem weiter oben beschriebenen Szenario wird von einem Demonstrator verdeutlicht. Dieser kombiniert die Komponenten zu einem System, mit dem Übungen beobachtet und bewertet werden können. Im folgenden Abschnitt wird auf die einzelnen Punkte eingegangen.



Abbildung 2: Komponenten des Sensornetzwerks: T-Shirt zur Erfassung der Atmung (links), Jacke mit elf 3D-Beschleunigungssensoren (Mitte) und Wii-Balance-Board (rechts)

### Sensornetzwerk

Komponenten des Sensornetzwerks sind Sensormodule zur Erfassung der Beschleunigungen, der Atmung und des Gleichgewichts (Abbildung 2). Als Modul zur Erfassung des Gleichgewichts wird das kommerziell erhältliche Wii-Balance-Board eingesetzt. Die anderen Sensormodule zur Erfassung der Atmung und der Beschleunigung sind Eigenentwicklungen des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS.

Zentrale Komponenten des Netzwerks stellen die Knoten zur Erfassung der Beschleunigung dar. An diese Knoten werden hohe Anforderungen bezüglich Synchronisierung und Anzahl im Netzwerk gestellt. So müssen bei der vorgesehenen Abtastrate von 100 Hz die Abtastzeitpunkte aller Sensoren in einem Zeitfenster von 10 ms liegen, um die Daten sicher einer Abtastperiode zuordnen zu können. Auf die Anzahl an nötigen Sensoren für die Bewegungsrekonstruktion des Oberkörpers inklusive der Arme wird später eingegangen. Für den gewählten Rekonstruktionsansatz sind derzeit neun Sensoren nötig. Der Sensor zur Erfassung der Atmung und das Wii-Balance-Board können über ihre Funkschnittstellen lose an das Netzwerk angebunden werden. An sie werden aber geringere Anforderungen in Bezug auf die Synchronisierung der Daten erhoben.

Für den Aufbau des Netzwerks wurden zwei Konzepte erarbeitet: Erstens ein drahtloses Netzwerk, basierend auf der Funktechnologie ZigBee, und zweitens eine Hybridlösung

aus einem drahtgebundenen Sensornetzwerk und drahtloser Datenübertragung. ZigBee wurde aufgrund seiner expliziten Ausrichtung auf Sensornetze als Technologie für das drahtlose Netzwerk ausgewählt [12].

Bei der Hybridlösung enthält ein dedizierter Hauptknoten ein Bluetooth-Modul. Die weiteren Sensorknoten sind an diesem Hauptknoten über ein kabelbasiertes Bussystem angeschlossen. Der Hauptknoten sammelt die Daten des kompletten Netzwerks und überträgt sie via Bluetooth drahtlos an den Fitnessbegleiter.

Beide Varianten wurden als Laboraufbau realisiert und experimentell bewertet. Die wesentlichen Kennzahlen zwischen beiden Konzepten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Trainingseinheit	ZigBee-Netzwerk	Hybridlösung
Maximale Anzahl der Sensorknoten	8*	19
Zeitdauer, um elf Sensoren auszulesen	ca. 2 ms	ca. 0,3 ms
Formfaktor	25x42x12 mm <sup>3</sup>	15x18x4 mm <sup>3</sup>

Tabelle 1: Vergleich zwischen ZigBee-Netzwerk und Hybrid-Netzwerk; \*mit dem ZigBee-Netzwerk sind theoretisch maximal 50 Knoten möglich, bei den durchgeführten Experimenten trat jedoch bei mehr als sechs Knoten das Problem auf, weitere Sensorknoten stabil in das Netzwerk aufnehmen zu können.

Nach einem Vergleich zwischen der Hybridlösung und dem ZigBee-Netzwerk wurde die Hybridlösung als Konzept ausgewählt und weiterentwickelt. Für das Projekt entstand eine Variante, bei der die Beschleunigungssensoren mit Manschetten beliebig am Körper positioniert werden können. Daneben wurde die Integration der Sensoren in der Kleidung untersucht. Exemplarisch umgesetzt wurde dies mit der Integration von elf Sensoren in eine Sportjacke.

Die drahtlose Lösung ist durch den Wegfall der Verkabelung zwar flexibler einsetzbar, durch die Integration in Textilien und der damit verbundenen festen Positionierung relativiert sich dieser Vorteil allerdings. Die Autonomie der Sensorknoten bringt außerdem mit sich, dass jedes Modul einen eigenen Akku enthält, der maßgeblich den Formfaktor beeinflusst und separat geladen werden muss. Für den Benutzer hat dies einen hohen Wartungsaufwand für das ZigBee-Netzwerk zur Folge.

Die Synchronisierung der Sensorknoten und deren maximale Anzahl an Sensorknoten sind aus technischer Sicht die entscheidenden Kriterien für das Netzwerk. Die Synchronisierung beeinflusst die nachfolgende Signalverarbeitung. Nicht zu wissen, welche Daten zum selben Zeitpunkt aufgenommen wurden, führt zu ungenaueren Ergebnissen, zum anderen erhöht es den Aufwand, der in die Robustheit der Signalverarbeitung investiert werden muss.

Das Hybridnetzwerk liest einen Sensor in 28 µs aus. Obwohl die Sensoren sequenziell ausgelesen werden und dadurch die Zeitdauer für einen Auslesezyklus linear wächst, unterbietet das Netzwerk die Anforderungen.

Die Anzahl der Sensoren im Netzwerk wird durch die maximale Datenübertragungsrate des Bluetooth-Moduls beschränkt. Je Sensor entsteht mit einer Abtastrate von 100 Hz und einer Datenpaketgröße von 6 Byte ein Datenstrom von 600 Byte pro Sekunde. Mit der verwendeten

Baudrate von 115.200 Baud (~11520 Byte/s) können maximal Daten von 19 Sensoren übertragen werden.

Weitere Bewertungsfaktoren waren die Energieversorgung der Sensoren, der Aufwand für die Integration in die Kleidung und die Kosten pro Sensormodul. Durch den Anschluss aller Sensorknoten an den Hauptknoten können alle Sensoren über den Akku des Hauptknotens versorgt werden. Somit muss für das komplette Netzwerk nur ein Akku geladen werden. Der Einsatz von Beschleunigungssensoren in Micro-Electro-Mechanical-Systems (MEMS)-Technologie sowie der Verzicht auf Funkmodule erlauben einen Formfaktor des Sensorknotens von 15x18x4 mm. Dies ermöglicht die dezente Integration der Sensoren in Textilien.

Für die Auswahl eines geeigneten Beschleunigungssensors in MEMS-Technologie wurde das Signal-zu-Rausch-Verhältnis von fünf Sensoren verglichen (Abbildung 3). Die besten Ergebnisse in dB zeigte Sensor 4. Er wurde als Bauelement für die Beschleunigungssensorknoten ausgewählt.

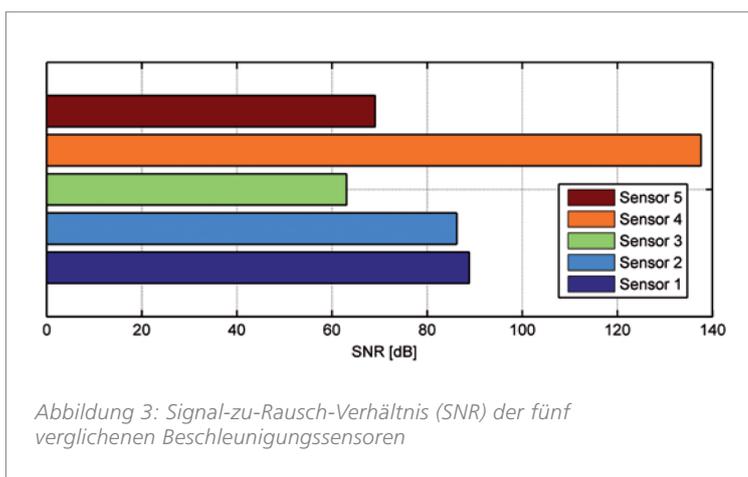


Abbildung 3: Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) der fünf verglichenen Beschleunigungssensoren

### Bewegungsanalyse

Im Projekt werden Bewegungen des menschlichen Oberkörpers rekonstruiert: die des Rumpfes und der Arme. Armbewegung wurde ausgewählt, um Koordinationsübungen erfassen zu können und um die Komplexität der

Problemstellung einzuschränken. Es ist aber zu erwarten, dass die gewonnenen Erkenntnisse auf den unteren Bewegungsapparat übertragbar sind. Eine Herausforderung bei dem gewählten Ansatz für die Bewegungsanalyse ist die ausschließliche Verwendung von 3D-Beschleunigungssensoren, um eine kostengünstige Lösung zu ermöglichen.

Für den Oberkörper wurde ein Modell erstellt, mit dem natürliche Bewegungen beschrieben werden können. Aus diesem Modell wurde ein Satz von hochgradig nicht-linearen Gleichungen abgeleitet, die einen Zusammenhang zwischen der Körperhaltung und den gemessenen Beschleunigungen herstellen.

Zur Reduzierung der Komplexität wurden dynamische Anteile in den Gleichungen vernachlässigt. Dadurch ist der Rekonstruktionsfehler in Ruhe und bei langsamen Bewegungen am kleinsten und wächst mit zunehmender Geschwindigkeit. Der Fehler wirkt sich allerdings nicht auf zukünftige Berechnungen aus und verschwindet sobald sich der Anwender wieder in Ruhe befindet.

In den folgenden Abschnitten wird detaillierter auf die Bewegungsrekonstruktion eingegangen.

Das Oberkörpermodell besteht aus den Segmenten Rumpf, linker und rechter Ober- und linker und rechter Unterarm. Es enthält 13 Freiheitsgrade: drei am Rumpf, drei am Oberarm und drei am Unterarm. Jeder Freiheitsgrad entspricht einer Rotationsbewegung. Die Rotationsachsen für den Rumpf und den rechten Arm sind in Abbildung 4 eingezeichnet.

Der Rücken lässt sich nach vorne/hinten und zur Seite beugen und kann um die vertikale Körperachse rotieren. Beim Oberarm entstehen die Freiheitsgrade durch eine Rotation um die eigene Längsachse und die Bewegung des Arms in der Transversal- und Frontalebene. Die zwei Freiheitsgrade des Unterarms kommen durch ein Anwinkeln des Armes am Ellbogen und ebenfalls durch eine Rotation um die eigene Längsachse zustande. Dieses

Modell stellt einen Kompromiss zwischen der zu erwartenden Genauigkeit der Bewegungsrekonstruktion und der mathematischen Komplexität dar. Die Eignung eines ähnlichen Modells für die Beschreibung natürlicher Armbewegungen konnte in [13] mit einem elektromagnetischen Bewegungsanalyse-System gezeigt werden.

Gleichzeitig wurden am Oberkörper geeignete Positionen für die Platzierung der Beschleunigungssensoren identifiziert, an denen diese Freiheitsgrade gut beobachtbar sind. Für die Rekonstruktion der Rückenbewegung wird ein Sensor zwischen den Schulterblättern platziert. Am Ober- und Unterarm sind jeweils zwei Sensoren notwendig. Die Sensoren am Oberarm sollten sich direkt unterhalb der Schulter und oberhalb des Ellbogens befinden. Am Unterarm empfiehlt sich eine Positionierung unterhalb des Ellbogens und am Handgelenk.

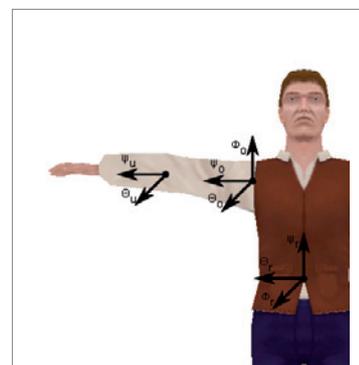


Abbildung 4: Rotationsachsen für Bewegungen des Rumpfes und des rechten Armes: Der Rumpf kann mit Rotationen um  $\Psi_r$  um die vertikale Körperachse gedreht, um  $\Phi_r$  zur Seite und um  $\Theta_r$  nach vorne gebeugt werden. Eine Rotation um  $\Psi_u$  dreht den Oberarm um die eigene Längsachse, während Rotationen um  $\Phi_u$  und  $\Theta_u$  eine Bewegung in der Frontal- bzw. Transversalebene beschreiben. Am Unterarm führt eine Rotation um  $\Theta_u$  zu einem Anwinkeln des Armes und um  $\Psi_u$  zu einem Drehen des Handgelenks.

Das hergeleitete Modell beschreibt Positionen im Raum. Um eine Beziehung zwischen diesem Modell und den gemessenen Beschleunigungen herstellen zu können, wurden die Modellgleichungen zweimal nach der Zeit abgeleitet. Das Ergebnis, Beschleunigungen im Weltkoordinatensystem, wurde anschließend in das Koordinatensystem der Sensoren transformiert. Das Resultat ist ein hochgradig nichtlineares Gleichungssystem, mit dem es möglich ist, für bekannte Be-

wegungen die zu erwartenden Beschleunigungen auszurechnen. Für die Bewegungsanalyse ist allerdings die Lösung des inversen Problems notwendig: die ausgeführte Bewegung aus gemessenen Beschleunigungen zu bestimmen. Eine direkte Lösung ist nur mit stark vereinfachten Annahmen möglich, wie etwa der Vernachlässigung der Winkelgeschwindigkeiten und -beschleunigungen. Dabei beschränkt sich die Analyse auf die Auswertung der gemessenen Gravitation. Bei langsamen Bewegungen oder in Ruhe führt dieser Ansatz zu verlässlichen Ergebnissen. Ein Beispiel ist in Abbildung 5 dargestellt. Die Beobacht-



barkeit des Modells ist jedoch nur gegeben, wenn die Rotationsachse eines Winkels nicht parallel zum Gravitationsvektor verläuft. Zum Beispiel ist bei aufrechtem Oberkörper eine horizontale Bewegung des Oberarms nicht rekonstruierbar. Trotzdem wurde der Fokus vorerst auf diese Auswertung gelegt, weil keine Drift über der Zeit auftritt und zu jedem Zeitpunkt von 13 Freiheitsgraden mindestens acht beobachtet werden können. Darüber hinaus legt der Ansatz Grundlagen für komplexere Algorithmen, weil er die Möglichkeit bietet, in geeigneten Situationen, beispielsweise in Ruhezuständen, Fehler zurückzusetzen.

Ansätze für ein vollständig beobachtbares Modell nehmen die Winkelgeschwindigkeiten und -beschleunigungen zu Hilfe und bestimmen nicht beobachtbare Winkel durch Integration. Besonders geeignet erscheinen hierbei Filter aus der Kalman-Filter-Familie, das Extended-Kalman-Filter und das Unscented-Kalman-Filter [14]. Mit synthetischen Daten wurden auf diese Weise vielversprechende Ergebnisse erzielt. Die Überführung in die Praxis ist noch nicht erfolgt. Neben der Bewegungsrekonstruktion wurden weitere Arbeiten durchgeführt, um die Genauigkeit bewerten zu können. Zum einen wurde ein Qualitätsindex definiert, zum anderen wurde die Winkelauflösung bei den eingesetzten Beschleunigungssensoren untersucht.

Der Qualitätsindex beschreibt, unter Berücksichtigung der bereits berechneten Winkel, wie verlässlich die weiteren Ergebnisse sind. Zum Beispiel kann nach aktuellem Stand der Bewegungsanalyse bei einem herunterhängenden Arm eine Rotation um die Armachse nicht bestimmt werden. Bei einem waagrecht ausgestreckten Arm wäre diese Berechnung jedoch unproblematisch. Der Qualitätsindex drückt solche Zusammenhänge als quantitative Größe aus. Er findet seine Anwendung bei der Visualisierung der Ergebnisse, wenn unzuverlässige Werte nicht dargestellt werden. In Zukunft soll er auch als Hilfsmittel dienen, um Algorithmen zu kombinieren. Beispielsweise, wenn zuverlässige Ergebnisse bei der Auswertung der Gravitation verwendet werden um Fehler in komplexen Algorithmen zu korrigieren.

Der maßgebliche Einflussfaktor für die Winkelauflösung ist der Quantisierungsfehler des Sensors, der sowohl vom Messbereich als auch von der Auflösung desselben abhängt. Der Einfluss des Fehlers wurde zunächst theoretisch untersucht. Bei einer Modellierung mit einem Messbereich von  $\pm 2g$  und einer Auflösung von 10 Bit, den Kenngrößen des verwendeten Sensors, ist mit einer mittleren Auflösung von  $0,15^\circ$  und einer Standardabweichung von  $0,17^\circ$  zu rechnen. Für einen Winkelbereich von  $45^\circ$  bis  $90^\circ$  wurden diese Werte experimentell überprüft. Dabei lag der mittlere Fehler zwischen tatsächlichem und

gemessenem Winkel bei  $0,52^\circ$ . Die Standardabweichung betrug  $0,31^\circ$ . Vergleichbare Ergebnisse bei der Verwendung von Beschleunigungssensoren zur Winkelberechnung wurden auch in [15] erzielt.

### Demonstrator

Zielsetzung des Projekts war es, ein Assistenzsystem zu entwerfen, das den Anwender bei der Ausführung motorischer Übungen unterstützt. Der Demonstrator soll einen Eindruck geben, wie ein mögliches Assistenzsystem aussehen könnte. Der spezielle Fokus bei der Realisierung lag dabei auf der Einbindung des Sensornetzwerks und der Bewegungsanalyse.

Mit dem erarbeiteten Demonstrator kann potenziellen Nutzern ein konkretes Bild des Assistenzsystems vermittelt werden, auch wenn das vorgestellte System derzeit noch nicht alle Aspekte in finaler Ausarbeitung enthält.

Um die Ansprüche und Anforderungen älterer Menschen zu erfassen, wurde das Demonstratorsystem in jedem Projektjahr dem Seniorenberrat vorgestellt, in Zusammenarbeit mit dem Querschnittsprojekt Fit4Use.

Im ersten Projektjahr bewertete eine Fokusgruppe (drei Teilnehmer im Alter von 64, 69 und 74 Jahren) Konzepte für den Avatar und Möglichkeiten zur grafischen Aufbereitung des Trainingsfortschritts. Das vollständige Konzept für die grafische Benutzerschnittstelle wurde erneut im Rahmen von Fokusgruppen (41 Teilnehmer, mittleres Alter  $67,9 \pm 5,2$  Jahre) im zweiten Projektjahr betrachtet. Abschließend diskutierten im dritten Projektjahr Fokusgruppen (18 Teilnehmer, mittleres Alter  $70,0 \pm 5,3$  Jahre) den vollständigen Demonstrator. Nachdem 2008 und 2009 die Nutzerführung im Vordergrund der Sitzungen stand, lag der Fokus 2010 auf den eingesetzten Sensoren und ihrer Integration in Textilien, der Umsetzung des Trainingsplans und weiteren Anwendungsgebieten für

den Fitnessbegleiter. Die Anregungen der Fokusgruppen wurden hinsichtlich Häufigkeit und Umsetzungsaufwand gruppiert und flossen in die Weiterentwicklung ein. Der Wunsch, den Fitnessbegleiter per Sprache steuern zu können, konnte umgesetzt werden: Der Demonstrator wurde in Zusammenarbeit mit Teilprojekt I-1 in das ISA-Haus in-

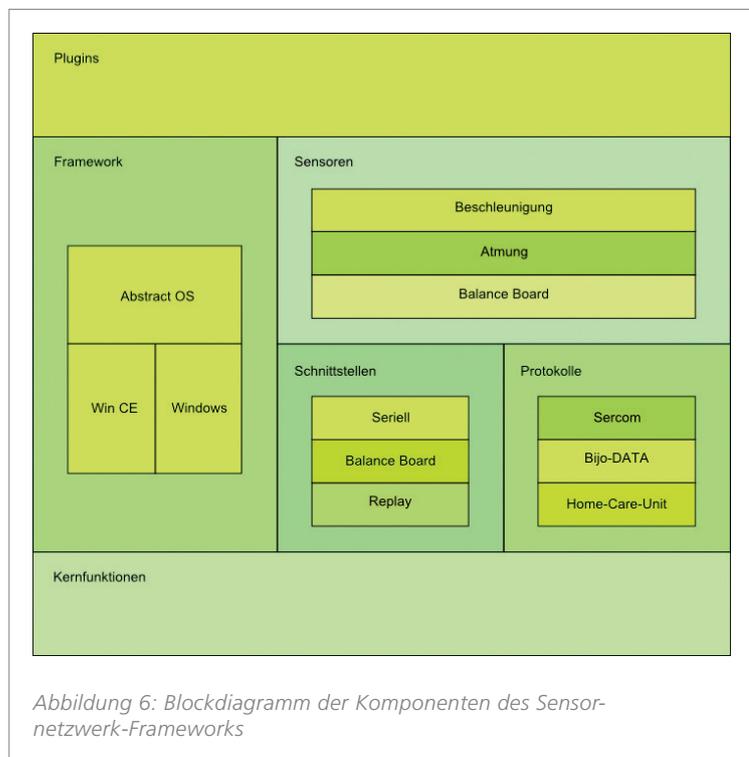


Abbildung 6: Blockdiagramm der Komponenten des Sensornetzwerk-Frameworks

tegiert. Dort kann mit ihm über die vorhandene Sprachsteuerung interagiert werden. Ein anderes Beispiel ist die Anpassung der Übungsgeschwindigkeit an die individuellen Fähigkeiten. Das System vergleicht dabei die Übung des Anwenders mit einer ebenfalls vom Anwender stammenden Referenzübung.

Der Demonstrator besteht aus einem modularen Framework und der darauf aufbauenden Fitnessbegleiter-Anwendung. Das Framework ist sowohl auf Desktop-PCs als auch Windows-Mobile-basierten mobilen Endgeräten lauffähig. Der Aufbau ist in Abbildung 6 dargestellt. Seine Aufgabe ist es, den Anwendungsentwickler von der Low-Level-

Kommunikation mit den physischen Sensoren zu entlasten und ihm eine abstrakte Sicht auf das Sensornetzwerk zu ermöglichen. Bereits auf dieser Ebene werden wiederkehrende Probleme, wie die Synchronisierung des Sensornetzwerks oder das Zusammensetzen der Messgrößen aus binären Datenströmen, behandelt. Der Entwickler sieht nur den Sensortyp. Ein Beschleunigungssensor stellt ihm Informationen über die Bewegung zur Verfügung, während ein Atmungssensor die Atmung protokolliert. Das Framework stellt vier Sensortypen zur Verfügung: Bewegung, Atmung, Wii-Balance-Board und GPS. Die physikalische Schnittstelle und die notwendigen Protokolle sind im Framework implementiert und können für die Kommunikation mit der Sensor-Hardware beliebig kombiniert werden.

Ober- und Unterarm zu. Zwei Algorithmentypen arbeiten mit diesem Modell. Der Kalibrierungsalgorithmus spielt vor allem bei der Initialisierung des Systems eine Rolle. Er erkennt verschiedene Fehlerquellen, wie etwa eine Verdrehung der Sensoren, rechnet diese Einflüsse heraus und korrigiert die Beschleunigungen im Körpermodell.

Der Bewegungsanalyse-Algorithmus berechnet aus den korrigierten Daten des Körpermodells die Bewegungsrekonstruktion. Beide Algorithmen sind im Programm austauschbar und können bei Bedarf durch genauere Varianten oder auf Spezialfälle ausgelegte Versionen ersetzt werden. So könnte später ein Bewegungsanalyse-Algorithmus zum Einsatz kommen, der neben dem Oberkörper auch Bewegungen des Unterkörpers auswertet oder der auf eine bestimmte Bewegungseinschränkung optimiert ist.

Das Ergebnis der Bewegungsrekonstruktion sowie die ausgewerteten Daten des Atmungssensors und des Wii-Balance-Boards dienen als Information für eine Zustandsmaschine. Das Programm, das in dieser Maschine läuft, ist eine formale Beschreibung des Übungsablaufs. Bei Einhalten oder Verletzen der Übungsschritte kann die Maschine Aktionen auslösen, die dem Anwender als Rückmeldung weitergereicht werden. Zum einen beinhaltet dieses Feedback die Visualisierung der Bewegungen an einem Avatar [16], zum anderen können aber auch Textnachrichten eingeblendet oder Audiodateien abgespielt werden.

Das Programm für die Übungszustandsmaschine liegt als XML-Datei auf dem Fitnessbegleiter und kann zur Laufzeit in die Maschine geladen werden. Das hat den Vorteil, dass ohne Veränderung des Fitnessbegleiters neue Übungen hinzugefügt oder vorhandene Übungen angepasst werden können.

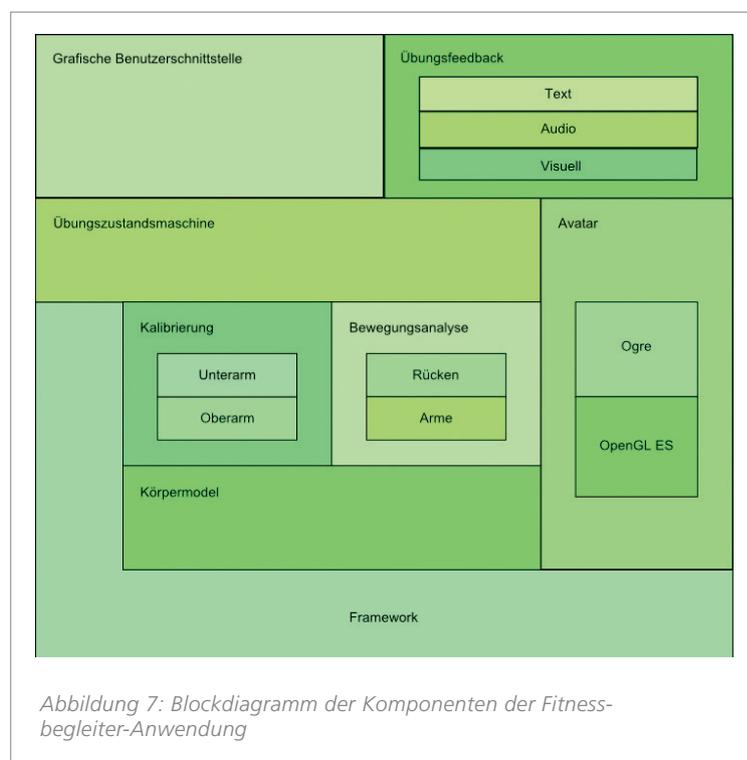


Abbildung 7: Blockdiagramm der Komponenten der Fitnessbegleiter-Anwendung

Der Fitnessbegleiter verwendet das Framework, um auf die Daten der Sensoren zuzugreifen. Auch diese Anwendung ist modular aufgebaut (Abbildung 7). Ein Körpermodell bezieht die Beschleunigungsdaten aus dem Framework und ordnet sie einzelnen Körpersegmenten wie Rumpf,

Die Interaktion mit der Anwendung erfolgt wahlweise direkt über die grafische Nutzerschnittstelle mit einer Maus oder mittels Touchscreen. Als Ergänzung dazu ist auch eine Universal-Plug-and-Play(UPnP)-Schnittstelle enthalten, über die der Fitnessbegleiter zum Beispiel mit der Sprachsteuerung des ISA-Hauses bedient werden kann.

#### 4.1.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

##### *xmedio GmbH*

Der Schwerpunkt der xmedio GmbH lag auf Computerspielen, die spielerisch zu mehr Bewegung motivieren sollen. Ihre Aufgabe im Projekt bestand darin, die spielerische Komponente des Fitnessbegleiters zu entwerfen und umzusetzen. Aus der Zusammenarbeit entstanden Ideen für die Darstellung des Trainingserfolgs und -fortschritts sowie die ersten Prototypen für den Avatar. Nach dem Ausfall aufgrund der Liquidation des Unternehmens führte das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS die entsprechenden Arbeitspakete in reduziertem Umfang fort.

##### *Dr. Hein GmbH*

Die Dr. Hein-Gruppe ist ein telemedizinischer Dienstleister. Ihre Aufgabe im Projekt war das Bereitstellen der telemedizinischen Infrastruktur. Gemeinsam wurden Konzepte erstellt, wie der Fitnessbegleiter in diese Infrastruktur und in eine Dienstleistung eingebunden werden kann. Durch die zur Dr. Hein-Gruppe gehörenden Therapiezentren bestand außerdem ein guter Kontakt zu Physiotherapeuten. Darüber hinaus brachte die Dr. Hein GmbH ihren in den Zentren eingesetzten Übungskatalog in das Projekt ein.

Nach der Insolvenz der Dr. Hein GmbH wurde der Schwerpunkt des Projekts auf die Anwenderseite, Sensorentwicklung und Signalverarbeitung verlagert. Meilenstein 5 „Sensornetzwerk, Orientierung, Spieleplattform, Serverplattform integriert“ und Meilenstein 6 „Validierter Prototyp“ konnten daher nicht wie geplant erfüllt werden. Aus den Soft- und Hardwarekomponenten wurde ein Paket entwickelt, das in eine vorhandene Infrastruktur integriert

werden kann. Eine Kommunikation mit externen Systemen wird beispielhaft in Kooperation mit den Teilprojekten I-1 „Intelligentes Seniorenangepasstes Haus (ISA-Haus)“, I-3 „Intelligente Inhouse-Infrastruktur und -dienste“ und II-2 „Orientierungsassistent“ gezeigt.

##### *Diakonie Neuendettelsau*

Die Diakonie Neuendettelsau gehört europaweit zu den größten Anbietern von Sozial- und Gesundheitsdienstleistungen. Sie konnte 2010 als neuer Industriepartner für das Projekt gewonnen werden. Ihre Aufgabe im Projekt besteht nach dem Ausfall der Dr. Hein GmbH in der Entwicklung möglicher Geschäftsmodelle für den Fitnessbegleiter. Darüber hinaus bringt sie ihre Kompetenzen im Bereich Zielgruppendefinition und den damit verbundenen notwendigen Anforderungen mit ein.

##### *Querschnittsprojekte Fit4Use und Fit4Product*

Das Querschnittsprojekt Fit4Use hat bei der Entwicklung des Anwendungsszenarios maßgebliche Unterstützung geleistet. Neben der fachlichen Mitarbeit ermöglichte das Institut für Psychogerontologie den Zugang zu MCI-Patienten und Konsultationen im angegliederten Gedächtniszentrum. Über die Projektlaufzeit verteilt wurden in regelmäßigen Abständen Fokusgruppen zum aktuellen Stand der Entwicklung durchgeführt. Die daraus resultierenden Ergebnisse flossen anschließend in die weitere Entwicklung ein. In Zusammenarbeit mit Fit4Use wurde die Modularisierbarkeit des Fitnessbegleiters untersucht und ein Modularisierungskonzept für die Hard- und Software erstellt.

Gemeinsam mit Fit4Use und Fit4Product werden zurzeit die Arbeiten am Fitnessbegleiter aufgearbeitet und als Fallbeispiel in den Methoden katalog der Querschnittsprojekte aufgenommen.

##### *Themenfeld Fit4Life*

Im Themenfeld Fit4Life gibt es Kooperationen mit den Teilprojekten I-1 „Intelligentes Seniorenangepasstes Haus (ISA-Haus)“ und I-3 „Intelligente Inhouse-Infrastruktur und -dienste“. Über die im ISA-Haus verwendete Sprachsteu-

erung kann auch der Fitnessbegleiter bedient werden. Die Sprachsteuerung ist eine Anforderung, die in den Fokusgruppen des Seniorenbeirats identifiziert wurde. Durch die Anbindung des Fitnessbegleiters an die HomeCare-Unit aus Teilprojekt I-3 wurde eine Tagebuchfunktion realisiert, mit welcher der Anwender einen Überblick darüber erhält, wann und wie gut er seine Übungen ausgeführt hat.

#### Themenfeld Fit4Mobility

Im Themenfeld Fit4Mobility entstand aus der Kooperation mit Projekt II-2 „Orientierungsassistent“ eine Trimm-Dich-Pfad-Anwendung. Das Teilprojekt II-2 stellt GPS-Koordinaten bereit. Darauf aufbauend schlägt der Fitnessbegleiter dem Anwender an ausgewählten Punkten Übungen vor.

#### 4.1.4 Ausblick

Bis zum Ende des Projekts ist ein Vergleich der Ergebnisse der Bewegungsanalyse mit einem kommerziellen System geplant. Diese Untersuchung wird Anfang 2011 durchgeführt.

Der Fitnessbegleiter stellt einen ersten Schritt zu einem Assistenzsystem für motorische Übungen dar. Für einen Einsatz müssen allerdings noch bestehende Einschränkungen bei der Bewegungserfassung beseitigt werden. Im Anschluss sollen die am Oberkörper gewonnenen Erkenntnisse auf den Unterkörper erweitert werden, um eine vollständige 3D-Bewegungsrekonstruktion zu ermöglichen.

Nach der Umsetzung eines konkreten Übungsprogramms, zum Beispiel für MCI-Patienten, soll in einer Langzeitevaluation die Trainingseffektivität und -effizienz untersucht und bewertet werden.

#### 4.1.5 Literatur

[1] Chertkow, H., et. al.: Mild Cognitive Impairment and Cognitive Impairment, No Dementia: Part A, Concept and Diagnosis. *Alzheimer's & Dementia*, 3(4), 2007, S. 266–282

[2] Massoud, F., et al.: Mild Cognitive Impairment and Cognitive Impairment, No Dementia: Part B, Therapy. *Alzheimer's & Dementia* 3(4), 2007, S. 283–291

[3] DGPPN/DGN: S3-Leitlinien Demenzen, 2009 (abgerufen 28.06.2010; [http://www.dgn.org/images/stories/dgn/pdf/s3\\_leitlinie\\_demenzen.pdf](http://www.dgn.org/images/stories/dgn/pdf/s3_leitlinie_demenzen.pdf))

[4] Engel, S.; Mück, A.; Lang, F. R.: Diagnostik des Demenzsyndroms: Kognitives Screening, in: Mahlberg, R.; Gutzmann, H. (Hrsg.): *Demenzkrankungen erkennen, behandeln und versorgen*, Deutscher Ärzteverlag, Köln, 2009, S. 122–131

[5] Panza, F.; D'Introno, A.; Colacicco, A. M.; Capurso, C.; Del Parigi, A.; Caselli, R. J., et al.: Current Epidemiology of Mild Cognitive Impairment and Other Predementia Syndromes, in: *American Journal of Geriatric Psychiatry*, 13, 2005, S. 633–644

[6] Förstl, H.; Bickel, H.; Frölich, L.; Gertz, H. J.; Kurz, A.; Marksteiner, J., et al.: Mild Cognitive Impairment with Predictors of Rapid Decline, in: *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 133, 2008, S. 431–436

[7] Jean, L.; Bergeron, M. E.; Thivierge, S.; Simard, M.: Cognitive Intervention Programs for Individuals with Mild Cognitive Impairment: Systematic Review of the Literature, in: *American Journal of Geriatric Psychiatry*, 18, 2010, S. 281–296

[8] Lautenschlager, N. T.; Cox, K.; Kurz, A. F.: Physical Activity and Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease, in: *Current Neurology and Neuroscience Report*, 10 (5), 2010, S. 352–358

[9] Chodzdo-Zajko, W. J.; Clark, J.; Cotton, R. T.: *Exercise for Older Adults: Ace's Guide for Fitness Professionals*, Human Kinetics Pub Inc, San Diego, 1998

[10] Liebson, C.: Sensory-Motor Training, in: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 5(1), 2001, S. 21–28

[11] Liebson, C.: Better Balance Exercises, in: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 9(1), 2005, S. 148–149

[12] Hofmann, C.; Weigand, C.; Bernhard, J.: Wireless Medical Sensor Network with Zigbee. Technical Report, Image Processing and Medical Engineering, Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS, 2006

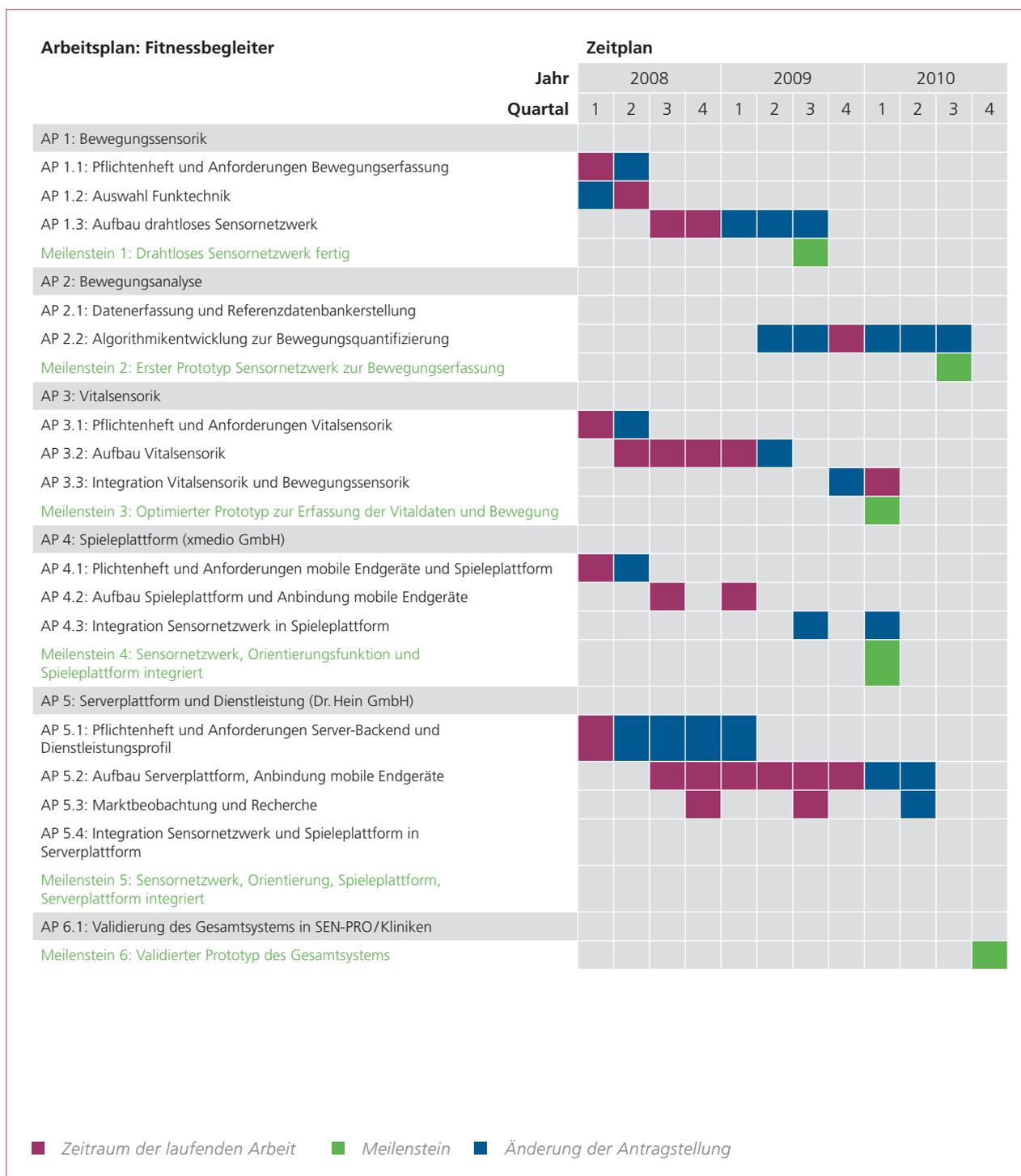
[13] Prokopenko, R. A., et al.: Assessment of the Accuracy of a Human Arm Model with Seven Degrees of Freedom, in: *Journal of Biomechanics*, 34, 2001, S. 177–185

[14] Julier, S. J.; Uhlmann, J. K.: Unscented Filtering and Nonlinear Estimation, in: *Proceedings of the IEEE*, 92 (3), 2004, S. 401–422

[15] Amasay, T., et al.: Validation of Tri-axial Accelerometer for the Calculation of Elevation Angles, in: *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, 2009, S. 783–789

[16] Kramer, N.: Soziale Wirkungen virtueller Helfer. Gestaltung und Evaluation von Mensch-Computer-Interaktion, Kohlhammer, Stuttgart, 2008

### 4.1.6 Arbeits- und Zeitplan





## 4.2 Orientierungsassistent

---

Lehrstuhl für Informationstechnik mit dem Schwerpunkt Kommunikationselektronik (LIKE), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Jörn Thielecke, Dipl.-Ing. Javier Gutiérrez Boronat

**Mitarbeiter:** M. Sc. Ahmad Abdul-Majeed, Dipl.-Ing. Philipp Richter, Dipl.-Ing. Andreas Kusterer

**Industriepartner:** Handicare GmbH, Geiselbullach; NAVIGON AG, Würzburg; BIJO-DATA Informationssysteme GmbH, Holzkirchen/Ufr.

---

### 4.2.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

#### 4.2.1.1 Umfeld

Navigationsgeräte werden im Automobilsektor immer mehr zu einer Selbstverständlichkeit. Es liegt nahe, ähnliche Funktionalitäten auf Scootern einzuführen, das heißt eine auf den Einsatzbereich eines Scooters angepasste Navigation. Das Querschnittsprojekt Fit4Use identifizierte auf Basis der Diskussionen im Seniorenbeirat drei Anwendungsfälle, abgestuft nach der Mobilität der potenziellen Zielgruppen: Erstens eine Scooter-Navigation in völlig fremden Umgebungen (Urlaubs-/Städtereisen), zweitens eine Unterstützung bei der Ansteuerung unbekannter Treffpunkte (z. B. Arzt, Restaurant) im gewohnten Umfeld und drittens Hilfe bei generellen Orientierungsschwierigkeiten, etwa auf dem Weg zum Arzt oder nach Hause.

#### 4.2.1.2 Zielsetzung

Vier auf einen Scooter zugeschnittene, spezielle Bausteine werden in dem Forschungsprojekt entwickelt, um eine Scooter-Navigation für diese Anwendungsfälle zu ermöglichen:

1. Eine globale Ortungsfunktion auf Basis von GPS, WLAN und weiterer Sensorik, um eine nahtlose Navigation im Freien und in Gebäuden bereitzustellen.

2. Eine relative Ortungsfunktion, um die Position des Nutzers in Bezug auf den Scooter zu ermitteln und so ein fußgängerbegleitendes, autonomes Fahren des Scooters zu ermöglichen (siehe Fit4Mobility-Teilprojekt Fußgängerassistenzfahrzeug).
3. Karten mit zusätzlichen Scooter- und Fußgänger-relevanten Attributen.
4. Eine zugeschnittene Routenführung, die einfach zu bedienen ist und Scooter-typische Kartenmerkmale berücksichtigt.

Die globale Ortung stellt sicher, dass ältere Mitbürger jederzeit und überall wissen, wo sie sich mit ihrem Scooter befinden. Das gibt Sicherheit, auch in unübersichtlichen Situationen. Die Scooter- und Fußgänger-angepassten Karten gewährleisten dabei, dass der Scooter nur Routen nimmt, denen weitgehend risikofrei und angenehm zu folgen ist. Damit kommt der Orientierungsassistent dem erhöhten Sicherheitsbedürfnis älterer Herrschaften entgegen. Die Routenführung lässt sich so parametrisieren, dass bei der Ansteuerung sicherer Straßenübergänge ein vernünftiger Ausgleich erreicht wird zwischen Risikominimierung und Aufwand, bemessen in der Länge des Umwegs. Die relative Ortungsfunktion ermöglicht das autonome Fahren des Scooters in direkter Nähe des Nutzers. Eine Person, die nicht mehr so gut zu Fuß ist, aber an der Aufrechterhaltung ihrer Mobilität arbeiten möchte oder einfach Lust hat, zu laufen, kann so unbeschwert diesem Wunsch nachgeben, da sie jederzeit bei Ermüdung oder Erschöpfung wieder aufsteigen kann. Das kommt der Mobilitätserhaltung entgegen und erhöht die Lebensqualität.

Die aus dem Entwurfsprozess gezogenen wissenschaftlichen Erkenntnisse sind über eine Scooter-Navigation hinaus auch für eine reine Fußgänger-Navigation von Bedeutung, sowohl was die Positionsbestimmung, Routenführung als auch das zugehörige Kartenmaterial angeht. Es gehört zu den Projektzielen, zu evaluieren, inwieweit die erfassten Kartenattribute ausreichend sind und welche besonderen Anforderungen durch zukünftige digitale Kartenprodukte abgedeckt sein sollten.

Die Kosten für den Orientierungsassistenten steigen mit zunehmender Funktionalität. Die globale Ortungsfunktion wird als Produkt nicht teuer sein, da die erforderlichen Sensoren in vielen Mobilgeräten bereits vorzufinden sind. Das spezielle Kartenmaterial mit passender Routenführung ist zugeschnitten auf einen speziellen Käuferkreis und damit etwas kostenintensiver. Die autonome Fahrfunktion gehört sicherlich zum High-End-Bereich und wird mit den fortschreitenden Fähigkeiten in der Robotik erst auf längere Sicht kostengünstiger. Teilfunktionalitäten lassen sich aber bereits vorher in Form von kostengünstigen Assistenzfunktionen umsetzen.

## 4.2.2 Ergebnisse

### 4.2.2.1 Globale Ortung

Im ersten Projektjahr 2008 wurde eine Lösung für eine durchgängige Lokalisierung eines Scooters für den Innen- und Außenbereich konzipiert, die die Grundlage einer autonomen, nahtlosen Navigation in städtischen Gebieten, zum Beispiel von zu Hause bis zum gewünschten Bestimmungsort, bildet. Für eine solche Navigation müssen einerseits eine globale Position als auch die Lage und Orientierung des Scooters ständig bekannt sein. Für die globale Ortungsfunktion sollen Daten aus zwei unterschiedlichen Informationsquellen genutzt werden, GPS und WPS (awiloc®). Auf diese Weise ist sichergestellt, dass innerhalb und außerhalb von Gebäuden eine Positionsquelle vorhanden ist und somit lückenlos navigiert werden kann. Um die Lageinformation des Scooters sicher zu bestimmen, werden Daten einer Trägheits-Sensorikeinheit ausgewertet und diese zusätzlich mit Magnetfeldsensoren gestützt. Das Antwortverhalten eines solchen Systems ist viel schneller als bei einer Richtungserkennung allein aus der Fortbewegungsrichtung, wie es bei portablen Navigationsgeräten üblich ist.

Das Gesamtsystem, wie in Abbildung 1 dargestellt, berechnet eine globale Position, die je nach Verfügbarkeit und Qualität der GPS- und WPS-Position eine gewichtete Kombination aus beiden Positionen ist. Als GPS-Empfänger

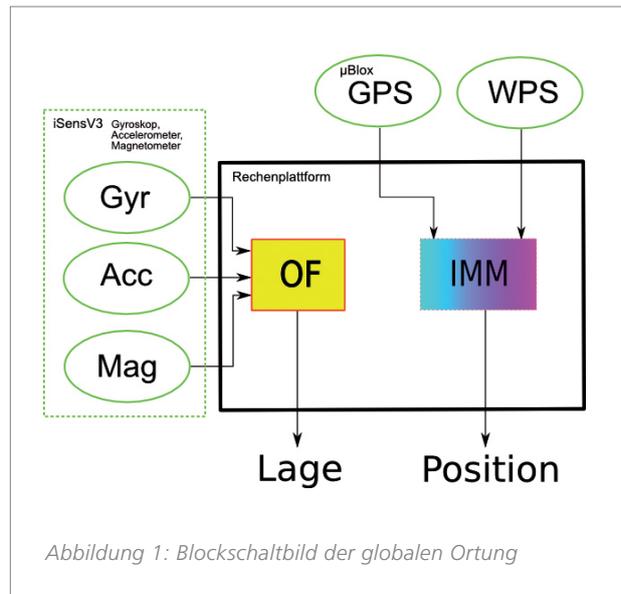


Abbildung 1: Blockschaltbild der globalen Ortung

ger wurde ein Modul von µBlox gewählt, das ein zur Synchronisation der Daten nützliches PPS-Signal bereitstellt. Das WPS (awiloc®) stammt von der Abteilung KOM des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS. Um die Ortung mithilfe von WLAN zu ermöglichen, ist ein zweistufiger Prozess notwendig. Zuerst muss eine Datenbank erstellt werden, in der an bekannten Positionen die Feldstärke und die MAC-Adresse der schon vorhandenen Access Points (APs) gespeichert wird. Der zweite Schritt ist die Lokalisierung selbst, bei der die Feldstärke gemessen, mit der Datenbank abgeglichen und so die entsprechende Position ermittelt wird. Die Messkampagne zur Erstellung der Datenbank fand am 23. Oktober 2010 statt. Die für die Orientierungsberechnung gewählte Trägheitssensorikeinheit (iSensV3) besteht aus dreiachsigen Gyroskopen, Beschleunigungssensoren und beinhaltet auch schon die Magnetfeldsensoren in jeder Raumrichtung.

Die Arbeiten zum Aufbau des Systems begannen mit einem Entwurf für einen Orientierungsfilter (OF). Hierfür wurde zunächst, mithilfe der Abteilung LOS des Fraunhofer IIS, eine Simulationssoftware erstellt, um konkrete Umsetzungen des Orientierungsfilters testen und evaluieren zu können. Verschiedene Entwürfe von auf Quaternionen

basierenden Orientierungsfiltren wurden evaluiert, und letztlich wurde ein indirektes Kalman-Filter gewählt, welches die Lage aus den Drehraten der Gyroskope berechnet, die dann mit den Messwerten der Magnetfeld- und Beschleunigungssensoren korrigiert werden. Die Magnetfeldsensoren liefern zwar eine absolute Lageinformation, die für die Initialisierung wichtig ist, sie sind aber speziell in Innenbereichen störungsanfällig gegen Dauermagneten wie zum Beispiel Stahltürrahmen.

Für die nahtlose Lokalisierung wurde ein Algorithmus gewählt, der autark entscheidet, ob das GPS oder das WPS zuverlässiger ist. Für diese Fusion der Positionsdaten wurde ein Interacting-Multiple-Model (IMM)-Filter gewählt, in dem zwei Kalman-Filter, eines für GPS und eines für das WPS, integriert sind. Die Gewichtung der Positionsdaten geschieht aufgrund von Qualitätsparametern der beiden Positionssysteme, die in das IMM-Filter eingespeist werden. Ziel war es vor allem, die Schwellen zwischen den Außen- und Innenbereichen selbständig ohne Zugriff des Nutzers zu bewältigen.



Abbildung 2: Tablet-PC mit GPS- und WLAN-Empfänger sowie Trägheitssensoren (IMU)

Das beschriebene System wurde zur Vorführung auf dem ersten Gutachtertreffen am 11. März 2009 auf einem Tablet-PC implementiert, siehe Abbildung 2. Hierzu wurden der GPS-Empfänger und die Trägheitssensor-Einheit

mittels serieller Schnittstelle angesprochen, die Annahme und Vorverarbeitung der Daten wurde in jeweils eigenen Threads implementiert. awiloc® als reine Java-Softwarelösung lief parallel dazu und kommunizierte über eine TCP/IP-Verbindung mit der in C++ implementierten Scooter-Lokalisierungssoftware. Die Scooter-Lokalisierungssoftware und die genannten Sensoren wurden dem Lehrstuhl für Robotik und Telematik (LRT) für das Teilprojekt II-3 zur Verfügung gestellt.

Folgend wurde noch die Unterstützung der Positionslösung mit Trägheitssensorik untersucht. Dieses als Inertialnavigationssystem (INS) bekannte System nutzt die Lageinformation des Orientierungsfilters, um aus den gemessenen und dann aufintegrierten Beschleunigungen eine hochdynamische Positionsschätzung zu erhalten. Diese sollte dann mit der kombinierten Position aus GPS und WPS korrigiert werden, sodass eine genauere Position für die Navigation verfügbar ist und auch bei einem Ausfall der Positionssensordaten weiterhin eine Lokalisierung möglich bleibt. Allerdings führten diese Untersuchungen nicht zum gewünschten Resultat, da die an verschiedenen Positionen des Scooters angebrachten Trägheitssensoren die Dynamik des Scooters, aufgrund von Federungen etc., nicht ausreichend gut abbilden. Zusätzlich weisen die stark miniaturisierten Trägheitssensoren recht große Fehler auf, die bei der Integration zur Position verstärkt werden und damit die Positionslösung zum Teil verschlechtern.

#### 4.2.2.2 System zur relativen Ortung des Scooter-Nutzers

Diese Funktionalität soll ein teilautonomes Fahren des Scooters in Bezug auf den Nutzer ermöglichen, d. h., der Scooter soll autonom vor, neben oder hinter dem Nutzer fahren können. Dazu muss der Steuerungssoftware des Scooters die Position des Nutzers relativ zum Scooter bekannt sein. Hierfür wurde ein neues Konzept vorgestellt, welches auf der Auswertung einer Funkverbindung zwischen einem Funkempfänger, den der Nutzer bei sich trägt, und dem Scooter basiert. Durch die Kombination einer Entfernungsmessung und einer Messung zur Be-

stimmung des Einfallswinkels des Funksignals kann die relative Position des Nutzers bestimmt werden.

Für die Entfernungsmessung wurden zwei unterschiedliche Systeme eingesetzt. Zunächst wurde ein NanoLOC-Modul der Firma NanoTRON untersucht, das die Entfernung zwischen zwei NanoLOC-Modulen über ein proprietäres Laufzeitmessverfahren ermittelt. Von Vorteil ist hierbei die weitgehende Unabhängigkeit von einer direkten Sichtverbindung (engl. Line-Of-Sight, LOS) zwischen den beiden Funkknoten, d. h. dem Scooter und dem Nutzer. Einen Nachteil stellt allerdings die damit erreichbare Genauigkeit dar, die bei einem Abstand der Funkknoten von weniger als zehn Metern voneinander nur im Bereich von etwa  $\pm 0,5$  Metern liegt. Da ein Abstand zwischen Scooter und Nutzer von zwei bis vier Metern realistisch erscheint, ist die Genauigkeit des NanoLOC-Moduls für diesen Anwendungsfall nicht ausreichend.

Aus diesem Grund wurde das Cricket-System der amerikanischen Firma Crossbow untersucht, mit dem die Entfernung zwischen zwei Cricket-Empfängern (sogenannte Cricket-Motes) über eine kombinierte Laufzeitmessung von Funk- und Ultraschallsignalen bestimmt wird. Die Genauigkeit der ermittelten Entfernungsmessungen liegt im Zentimeterbereich. Das Cricket-System ist insofern dem NanoTRON-System deutlich überlegen. Ein Nachteil ist die für die Übermittlung der Ultraschallsignale notwendige direkte Sichtverbindung zwischen zwei Cricket-Motes.

Beide Systeme wurden in Betrieb genommen, und Messkampagnen durchgeführt. Abbildung 3 zeigt die zwei unterschiedlichen Systeme, die für die Entfernungsmessung herangezogen wurden.



Abbildung 3: Systeme für die Entfernungsmessung mit dem NanoLOC- und dem Cricket-Modul

Zusätzlich zur Entfernung zwischen Scooter und Nutzer muss auch der Einfallswinkel des Fußgängerfunksignals am Scooter bestimmt werden, um die genaue Position des Nutzers relativ zum Scooter zu bestimmen. Hierfür wurde in einem ersten Schritt eine neue Mehrkeulenantenne konzipiert und aufgebaut. Des Weiteren wurden Algorithmen zur Auswertung der gewonnenen Messungen entwickelt und auf einen Mikroprozessor portiert, um die Messungen in Echtzeit durchführen zu können.

Das gesamte Konzept basiert auf einem Prinzip ähnlich einem Sekundärradar, bei dem eine ortsfeste Antenne rotiert wird,

um Radarsignale in alle Richtungen aussenden bzw. empfangen zu können. Da dies für den Scooter zu aufwendig wäre, wird die Strahlcharakteristik der Antenne elektronisch rotiert, sodass die Antenne fest auf dem Scooter montiert werden kann. Die Richtcharakteristik der neuen Antenne ist in Abbildung 4 dargestellt.

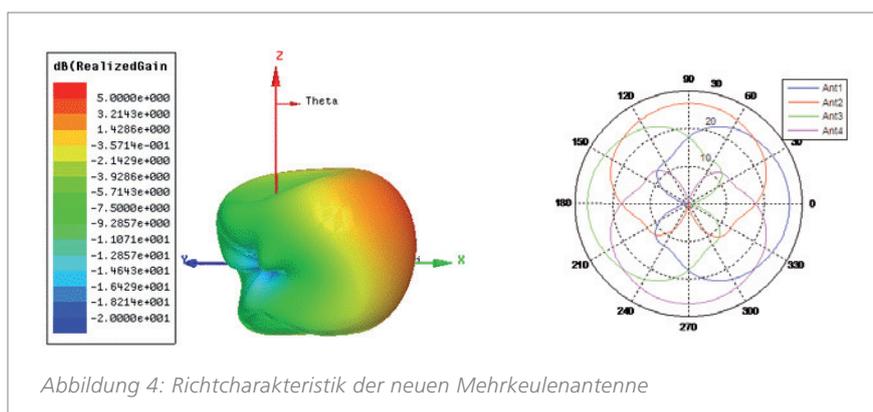
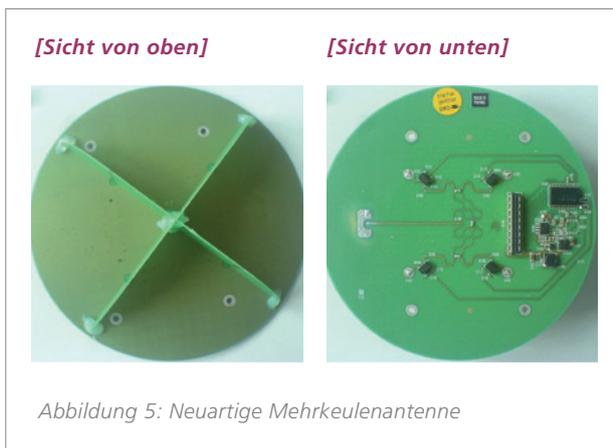


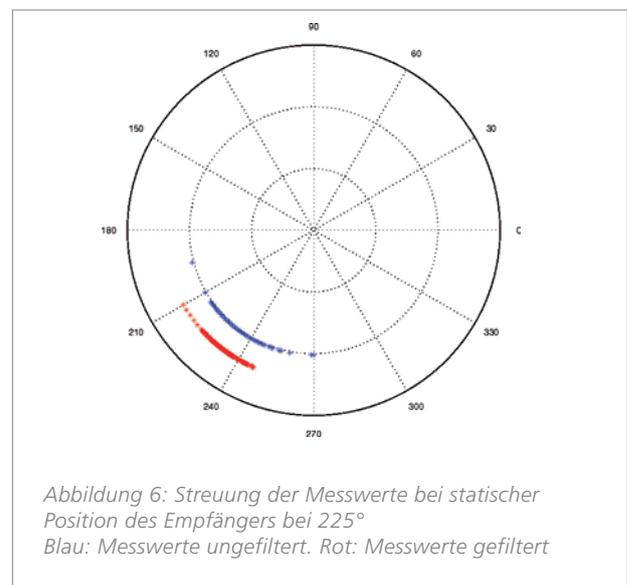
Abbildung 4: Richtcharakteristik der neuen Mehrkeulenantenne

Die Gesamtantenne – in Abbildung 5 dargestellt – besteht aus vier einfachen Dipol-Antennen, die auf einem Kreis angeordnet sind, jeweils um 90° gegeneinander versetzt. Sie werden mittels eines Phasenschiebers so angesteuert, dass die Strahlcharakteristik die Form einer Keule annimmt, die um Vielfache von 90° verdreht werden kann. Misst man das vom Funkknoten des Nutzers ausgesandte Signal mit unterschiedlich ausgerichteten Keulen, so lässt sich aus der Signalstärkedifferenz der Einfallswinkel errechnen.



Nach Fertigstellung der Mehrkeulenantenne wurden erste Messungen sowohl innerhalb von Gebäuden als auch im freien Feld durchgeführt, um die Funktionsfähigkeit der Antenne zu verifizieren und die Algorithmen zur Winkelberechnung aus den Empfangssignalen zu testen. Es zeigte sich, dass die Antenne im Indoor-Bereich wesentlich schlechtere Messwerte liefert als bei Messungen im Außenbereich, da innerhalb von Gebäuden Effekte wie Reflexionen der Funksignale durch Wände und Gegenstände die Messungen stören und damit die Genauigkeit der Winkelschätzung verringern. Da die Funktionalität der relativen Ortungsfunktion auf die so genannten „autonomen Zonen“ wie beispielsweise Parkanlagen beschränkt bleibt, fällt dieser Nachteil jedoch nicht weiter ins Gewicht. Im Außenbereich kann der Funkempfänger mit einer Genauigkeit von etwa 30° bis 40° geortet werden; diese Genauigkeit ist für die Anwendungsfälle „Voraus-

fahren“ bzw. „Folgen“ noch ausreichend. Eine Filterung der Messwerte erlaubt eine leichte Erhöhung der Genauigkeit und eine Verringerung der Streuung der Messwerte; exemplarisch sei hier auf Abbildung 6 verwiesen, bei der der Funkempfänger in einem Abstand von drei Metern von der Antenne an der Position 225° positioniert wurde und 500 Messwerte aufgenommen wurden. In Blau sind dabei die tatsächlichen Messwerte aufgetragen, in Rot sind die Messwerte nach Filterung durch eine gleitende Mittelwertfilterung aufgezeigt. Die Entfernung der Punkte vom Mittelpunkt des Diagramms entspricht nicht der realen Distanz des Empfängers von der Antenne, sondern dient nur der Verständlichkeit des Diagramms.



Im vorliegenden Beispiel beträgt die Standardabweichung der Messwerte vor der Filterung 8,2°, nach der Filterung beträgt sie noch 4,4°. Es ergibt sich durch die Filterung eine deutliche Verbesserung. Dennoch wird weiter an der Verbesserung des Algorithmus zur Winkelschätzung gearbeitet.

#### 4.2.2.3 Fußgängernavigation

Zu Beginn des Projekts wurde eine genaue Analyse und Spezifikation einer Fußgängernavigation durchge-

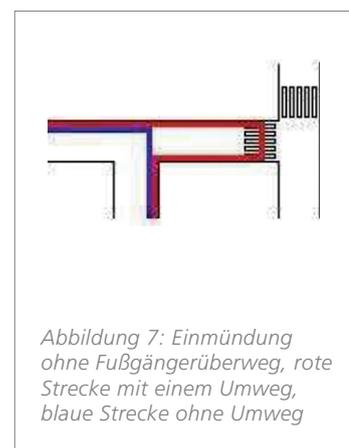
führt und erstellt. Dabei wurde auch auf den aktuellen Stand der Technik eingegangen. Bei der Analyse zeigten sich viele offene und ungelöste Probleme, die bei der Entwicklung einer Fußgängernavigation gelöst werden müssen. Dies beginnt schon bei den aktuell vorhandenen und verwendeten Karten. Sie sind speziell für eine Pkw-Navigation erstellt worden und enthalten keinerlei fußgängerspezifische Informationen wie Gehwege, Zebrastreifen, Fußgängerampeln, Parkwege usw. Ohne diese Informationen ist es nicht möglich, Fußgänger sicher zu einem vorgegebenen Ziel zu navigieren. Weiterhin sind GPS-Empfänger nicht für eine Fußgängernavigation ausgelegt und bestimmen zum Teil auch keine neue Position, wenn man sich langsamer als 1,3 m/s bewegt. Dies zeigte sich beim Test eines aktuellen Navigationssystems im Fußgängermodus in der Innenstadt von Würzburg. Eine reine GPS-Positionierung ist zudem zu ungenau für eine Fußgängernavigation, da nicht die aktuelle Straßenseite der Person bestimmt werden kann. Neben der aktuellen Straßenseite muss auch die aktuelle Ausrichtung der Person bekannt sein, um diese dann in die richtige Richtung zu navigieren. Eine genaue Bestimmung der Ausrichtung ist mit GPS aufgrund der geringen Geschwindigkeit allerdings nicht möglich. Angesichts der vielen Probleme wurde in Absprache mit Teilprojekt II-3 beschlossen, die Fußgängernavigation speziell für den Scooter zu entwickeln. Dabei werden verschiedene Teilaspekte der Fußgängernavigation behandelt und gelöst. Durch die Einschränkung auf den Scooter sind die Voraussetzungen für die Navigation vereinfacht, sodass eine Umsetzung innerhalb des Projekts möglich ist. Die Navigation wird hierbei modular aufgebaut, sodass eine Erweiterung zu einer Fußgängernavigation jederzeit möglich ist.

Es wurden zwei verschiedene Konzepte für die Navigation des Scooters erstellt: Navigation im öffentlichen Straßenverkehr und autonomes Vorfahren im Park. Bei der Navigation im öffentlichen Straßenverkehr wird der Operator durch Fahrassistenzsysteme bei der Steuerung des Scooters unterstützt. Teilstücke auf Gehwegen soll der Scooter auch autonom zurücklegen. Bei dem zweiten Konzept soll

der Scooter den Benutzer durch den Park zu einem vorgegebenen Ziel navigieren. Dabei kann der Benutzer hinter dem Fahrzeug herlaufen, um selbst fit zu bleiben.

Für die Implementierung der Konzepte musste zuerst die Karte erweitert werden. Hierfür hat die Firma NAVIGON AG Fußgängerinformationen vom Kartenhersteller NAVTEQ für das einen Quadratkilometer große Testgebiet in der Innenstadt von Würzburg erhalten. Diese Informationen mussten in die vorhandene Karte integriert werden. Die Karte wurde auch um Polygone erweitert, um Parkanlagen, in denen ein autonomes Vorfahren möglich ist, zu markieren. Zusätzlich musste der Router zur Berechnung der Strecke neu implementiert werden, da die neuen Informationen nicht in dem vorhandenen integriert werden konnten. Für den neuen Router wurde der Dijkstra-Algorithmus verwendet, da dieser immer die beste Strecke findet. Der neue Router und die Erweiterung der Karte wurden daraufhin in das System der Navigationsgeräte von der Firma NAVIGON AG integriert.

Die neuen fußgängerspezifischen Informationen in der Karte können mit einer unterschiedlichen Gewichtung belegt werden. Je nach Gewichtung bestimmt der Router dann eine andere Strecke zum Ziel. Zebrastreifen, Gehwege und Fußgängerampeln sollen dabei bevorzugt, Treppen wegen des Scooters jedoch vermieden werden. Es muss allerdings auch darauf geachtet werden, dass es Ziele gibt, die nur über Straßen ohne Gehwege oder Kreuzungen ohne Ampel oder Zebrastreifen erreicht werden können. Des Weiteren kann es vorkommen, dass durch die Verwendung von Zebrastreifen und Ampeln an Kreuzungen der Umweg so groß wird, dass keine Person diesen Umweg



laufen würde, um sicher über die Kreuzung zu kommen. Ein solches Beispiel ist in Abbildung 7 dargestellt. Daher wurde hier ein Schwellwert von 150 Meter verwendet. Dies ist allerdings nur ein Richtwert.

In Abbildung 8 sind die Ergebnisse verschiedener Strecken ohne Berücksichtigung der fußgängerspezifischen Informationen dargestellt. Bis auf zwei Strecken führen alle stets über Gehwege. Jedoch sind zum Teil bis zu 50 % der Kreuzungen, im Durchschnitt 40 %, ohne eine sichere Verbindung wie Zebrastreifen oder Fußgängerampel. Im Gegensatz dazu wurden die gleichen Teststrecken in Abbildung 9 unter der Berücksichtigung fußgängerspezifischer Informationen mit dem im Projekt entwickelten Router berechnet. Nun gibt es nur noch eine Strecke, bei der ein Teilstück keinen Gehweg besitzt. Der Rest der Strecken sowie alle anderen Teststrecken führen nun über sichere Fußgängerwege. Bei den Kreuzungen konnte ein ebenso gutes Ergebnis erzielt werden. Durchschnittlich sind nur noch 2 % aller Kreuzungen ohne eine sichere Verbindung (Zebrastreifen oder Fußgängerampel). Die Streckenlänge hat sich durch die veränderte Streckenführung im Schnitt um ungefähr 250 Meter verlängert. Allerdings gibt es nun sogar Strecken, die nur auf Gehwegen und mit sicheren Verbindungen zurückgelegt werden können. Somit ist die Sicherheit erheblich größer.

Ziel	Länge [m]	Strecke ohne Gehweg		Kreuzungen ohne Verbindung	
		abs [m]	%	abs	%
Veitshöchheimer Str. 1	1294	0	0	14	46.67
Bismarckstr. 14	1619	0	0	15	45.45
Haugerring 7	1677	0	0	14	42.42
Schweinfurter Str. 2	1767	137	7.75	17	45.95
Beethovenstr. 1	1926	298	15.47	17	50
Martin-Luther-Str. 8	1748	0	0	9	24.32
Friedrich-Ebert-Ring 1	1578	0	0	11	33.33
Durchschnitt	1658.43	62.14	3.75	13.86	40.93

Abbildung 8: 7 Teststrecken ohne Berücksichtigung der fußgängerspezifischen Informationen, Startpunkt „Alte Mainbrücke 4“

Ziel	Länge [m]	Strecke ohne Gehweg		Kreuzungen ohne Verbindung	
		abs [m]	%	abs	%
Veitshöchheimer Str. 1	1495	0	0	0	0
Bismarckstr. 14	1821	0	0	0	0
Haugerring 7	1779	0	0	0	0
Schweinfurter Str. 2	2399	0	0	1	2.13
Beethovenstr. 1	2484	230	9.26	2	4.35
Martin-Luther-Str. 8	1750	0	0	2	5.56
Friedrich-Ebert-Ring 1	1649	0	0	2	5.88
Durchschnitt	1911	32.86	1.72	1	2.77

Abbildung 9: 7 Teststrecken mit Berücksichtigung der fußgängerspezifischen Informationen, Startpunkt „Alte Mainbrücke 4“

#### 4.2.2.4 Systemintegration

Das hier entwickelte Navigationssystem wurde, wie bereits beschrieben, speziell für den Scooter aus Teilprojekt II-3 angepasst. Weiterhin wurde das System nun auch auf dem Scooter integriert. Dazu wurde über dem Lenkrad eine Halterung für das Navigationsgerät angebracht. Für die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten der Teilprojekte II-2 und II-3 wurde das Gerät mit der Middleware der Firma BIJO-DATA Informationssysteme GmbH verbunden und die entsprechende Schnittstelle auf dem Gerät implementiert.

#### 4.2.2.5 Middleware

Die Firma BIJO-DATA entwickelte eine Middleware, die eine Kommunikation zwischen allen Geräten ermöglicht. Dazu wurden alle Geräte über eine serielle Schnittstelle mit der Middleware verbunden. Der Datenaustausch zwischen den einzelnen Geräten ist über die Middleware gesteuert. Für die Middleware wurden unterschiedliche Konzepte mit den Projektpartnern erstellt.

Die Clients melden sich mithilfe eines extra definierten Paketes und einer eindeutigen ID an der Middleware an. Somit ist gewährleistet, dass sich auch neue Clients problemlos an der Middleware anmelden können. Des Weiteren ist in diesem Paket beschrieben, welche Pakete der

Client von anderen Clients erwartet. Die Middleware sendet dem Client nach diesem Connect-Paket ein Acknowledge-Paket, um die Anmeldung zu bestätigen.

Nach erfolgreicher Anmeldung kommunizieren Middleware und Client mittels Datenpaketen. Diese Datenpakete enthalten einen Header und beliebig viele Datenelemente. Der Header enthält neben Datenlänge und der Anzahl der Datenelemente auch eine „Magic Number“, durch die der Anfang eines Pakets gekennzeichnet ist. So wird eine Synchronisierung zwischen Middleware und Clients ermöglicht. Jedes Datenelement hat einen eigenen Header, in dem der Typ und die Länge des Datenelements angegeben sind. Der Inhalt der Datenelemente wird nicht von der Middleware vorgegeben und kann zwischen den einzelnen Projektpartnern unabhängig von der Middleware definiert werden.

Die Schnittstelle für die Middleware ist auf dem Scooter und dem NAVIGON-Navigationsgerät integriert und erfolgreich getestet worden. Ein Test der Integration auf dem „Global Locator“ und dem Fitnessbegleiter ist in Planung.

#### 4.2.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

In enger Zusammenarbeit mit der Firma NAVIGON AG wurde die sichere Navigation für den Scooter aus dem Teilprojekt II-3 entwickelt. Dabei wurden gemeinsam mehrere Diplomarbeiten betreut und verschiedene Veröffentlichungen verfasst. Fußgänger- bzw. Scooter-gerechte Karten gehören ebenso zu den Kooperationsergebnissen wie der neue Routing-Algorithmus.

Die BIJO-DATA Informationssysteme GmbH hat sich von Anfang an intensiv mit den Entwicklungen in FitForAge auseinandergesetzt. Da sich BIJO-DATA im Bereich Ambient Assisted Living (AAL) neu aufstellen will, sind besonders die Ergebnisse zur interaktiven Steuerung eines Spezialfahrzeugs (Scooter), zur teilautonomen Steuerung eines Hilfssystems für Kranke (Rollator) als auch die Fusion

von verschiedenen Ortungssystemen und die Integration von Sensordaten (Inertialsensorik) für die Firma wichtig.

Im Einzelnen wurden bisher folgende Ziele erreicht bzw. Ergebnisse erarbeitet:

- Evaluierung und Untersuchung vorhandener Middleware-Konzepte zur Optimierung der zu realisierenden Software zur Datenkommunikation auf dem Scooter.
- Middleware-Protokoll: Zur Kommunikation hat BIJO-DATA ein eigenes Protokoll entworfen, das so ausgelegt wurde, dass es in beliebigen anderen Ortungssystemen verwendet und auch nahezu beliebig skaliert werden kann. Dieses Protokoll wurde nach den gewonnenen Erkenntnissen der genannten Untersuchungen erweitert und optimiert.
- Die Middleware-Software wurde mithilfe neuester .NET-Technologie und auf Grundlage des entworfenen Protokolls realisiert und getestet. Hierbei wurde ein spezieller Simulator entwickelt, der Datenpakete auf Basis des Middleware-Protokolls generiert und versendet.
- Überarbeitung von GUI-Ansätzen: Die Ergebnisse aus den Querschnittsprojekten Fit4Use und Fit4Product haben zu einer Überarbeitung vorhandener GUI-Ansätze für andere Projekte geführt. Die gewonnenen Informationen wurden bereits intern in Entwicklungsprozesse bei BIJO-DATA integriert und werden bei neuen Arbeiten berücksichtigt.
- Intuitive Eingabesysteme: Die Arbeit an neuen, intuitiv zu bedienenden Eingabesystemen, wie z. B. eine Abwandlung der Wii-Steuerung, eröffnet bei BIJO-DATA neue Perspektiven für Systeme für ältere Personen. Parallel zu FitForAge hat sich BIJO-DATA deshalb mit anderen Partnern zusammengetan, um diese Bedienkonzepte weiter auszubauen und dann zu optimieren. Die Evaluierung solcher Bedienkonzepte im Rahmen von FitForAge ist für BIJO-DATA sehr wichtig und gibt die notwendige Sicherheit in einem bislang eher unbekanntem Markt.
- Neue Kontakte: Bedingt für die BIJO-DATA relativ neue Thematik AAL in der GmbH haben sich auch mehrere

neue Firmenkontakte ergeben, die zu weiteren Entwicklungsaktivitäten geführt haben.

- Interdisziplinäre Zusammenarbeit: Ähnlich wie im vorherigen Punkt geht es auch hier um den großen Mehrwert, den BIJO-DATA durch die Zusammenarbeit mit Gerontologen und Psychologen in Fit4Use hat. Völlig neue und mitunter andersartige Denkweisen der Projektpartner eröffnen neue Wege, an die bei einem rein ingenieurmäßigen Herangehen an die Aufgaben niemand gedacht hat. Insofern hat das BFS-Projekt auch einige völlig neue Aspekte für neue Geschäftsideen geliefert.

Darüber hinausgehende Kooperationen sind in Kapitel 4.3.4 erläutert, da das Teilprojekt „Orientierungsassistentenz“ eng verbunden mit dem Teilprojekt „Fußgängerassistenzfahrzeug“ ist.

#### 4.2.4 Ausblick

Zusätzlich zu dem neuen Routing-Algorithmus müssen zukünftig auch die Ausgabe, die Sprachausgabe sowie Kartendarstellung für eine Fußgängernavigation angepasst werden. Das Navigationssystem sollte dann sowohl die zu verwendende Straßenseite als auch empfohlene Fußgängerüberwege dem Benutzer mitteilen. Ebenso könnte man über die Bevorzugung bestimmter Strecken (z. B. im Park) nachdenken. Eine solche Strecke könnte zwar länger sein, würde aber gegenüber einer Strecke an einer vielbefahrenen Straße bevorzugt.

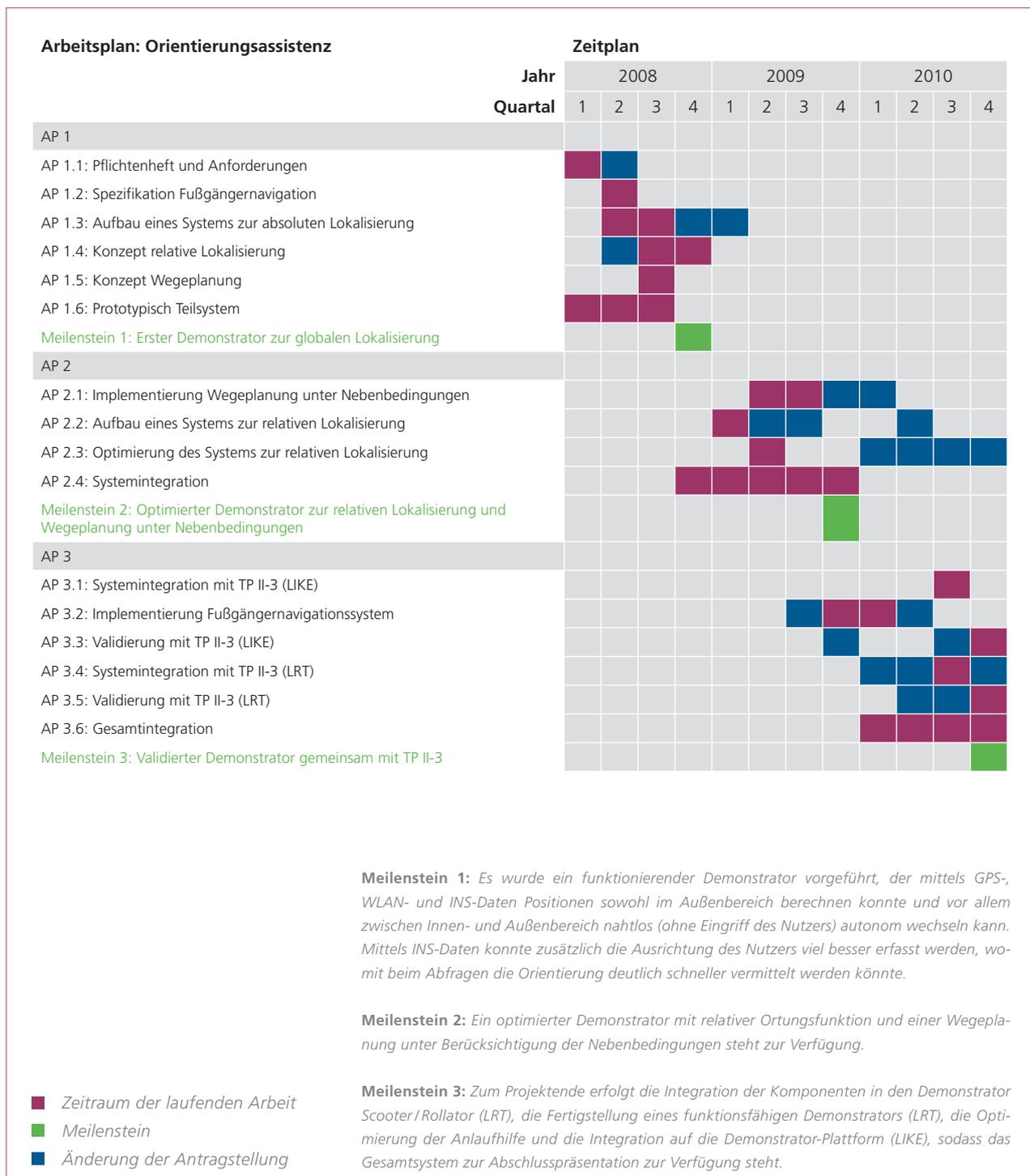
##### 4.2.4.1 Globale Ortung

Statt der nicht zufriedenstellenden Fusion des Inertialnavigationssystems mit GPS und WPS könnte zum Beispiel der Radencodier genutzt werden, um hohe Dynamiken des Scooters zu erfassen und um auch Ausfälle von GPS und WPS zu überbrücken. Des Weiteren wären Untersuchungen interessant, wie sich weitere Bewegungsmodelle im Interacting Multiple Model auf die Positionsgenauigkeit auswirken.

##### 4.2.4.2 Relative Ortung

Die relative Ortung ist hinsichtlich ihrer Genauigkeit und Zuverlässigkeit insbesondere im Hinblick auf die Winkelmessung noch optimierungsfähig, beispielsweise durch die Implementierung eines Kalman-Filters zur Erkennung und Eliminierung von Messfehlern. Dieses Filter wurde bisher nur in der Simulationsumgebung implementiert und muss noch genauer untersucht werden. Ferner steht die Anbindung der relativen Ortung an die von BIJO-DATA bereitgestellte Middleware noch aus. Das Themengebiet relative Ortung wird auch in Zukunft in der Abteilung Leistungsoptimierte Systeme des Fraunhofer IIS verfolgt werden. So wird in Kürze eine Analyse der IST-Situation und Festlegung der Einschränkungen der bestehenden HW-Lösung erfolgen, um die Funktionalität der relativen Ortung durch eventuell besser geeignete Komponenten besser umsetzen zu können.

## 4.2.5 Arbeits- und Zeitplan



## 4.3 Fußgängerassistenzfahrzeug

Lehrstuhl für Informatik VII, Robotik und Telematik (LRT), Julius-Maximilians-Universität Würzburg

**Projektleitung:** Prof. Dr. Klaus Schilling

**Mitarbeiter:** Dipl.-Inform. Daniel Eck, Dipl. Inform. Claudia Uhlschmied

**Industriepartner:** Handicare GmbH, Geiselbullach; NAVIGON AG, Würzburg; BIJO-DATA Informationssysteme GmbH, Holzkirchen/Ufr.

### 4.3.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Die Erhaltung der Mobilität leistungsgewandelter Personen im näheren Umfeld ist eine Voraussetzung für ein selbstbestimmtes und unabhängiges Leben. Das Fußgängerassistenzfahrzeug soll dabei die Mobilität älterer Personen mit eingeschränkter körperlicher Funktionstüchtigkeit und beginnenden kognitiven Beeinträchtigungen unterstützen und erhalten. Wichtig ist hierbei, dass diese Personen noch selbständig in der Lage sind, einzukaufen, einen Arzt aufzusuchen, zur Apotheke zu kommen oder sich mit Freunden zu treffen.

Wie in verschiedenen Veröffentlichungen beschrieben, ist die Steuerung eines Fahrzeugs wie des hier verwendeten Scooters, sehr anspruchsvoll [1]. Daher wird in diesem Teilprojekt das Fahrzeug mit verschiedenen Assistenzfunktionen, welche im nächsten Abschnitt vorgestellt werden, ausgestattet, die das Steuern des Fahrzeugs erleichtern und den Operator unterstützen sollen. Weiterhin werden autonome Funktionen in den Scooter integriert, die es dem Benutzer erlauben, auch einmal hinter dem Fahrzeug herzulaufen, um selbst aktiv und fit zu bleiben. Daneben werden auch Untersuchungen für eine Anlaufhilfe durchgeführt.

## 4.3.2 Ergebnisse

### 4.3.2.1 Das Assistenzfahrzeug

Der Scooter Trophy 4W des Projektpartners Handicare GmbH wurde als Basisfahrzeug verwendet. Der Scooter ist mit einem Fahrmotor ausgestattet und kann bis zu 60 Kilometer weit fahren. Das Fahrzeug wurde in diesem Projekt um einen Lenkmotor und um Sensorik erweitert, sodass die im Antrag beschriebenen Assistenzfunktionen und autonome Funktionen ermöglicht werden können. Bei der Integration des Lenkmotors wurde vor allem auf die auftretenden Kräfte geachtet, damit das Fahrzeug in jeder Situation noch gesteuert werden kann. Es wurden verschiedene Sensoren auf dem Scooter angebracht: Ultraschallsensoren und ein Laser-Range-Finder zur Abstandsbestimmung; Gyroskope, Hallsensor und Inkrementalgeber zur Ermittlung des aktuellen Status und der Lage. Weiterhin wurde über dem Lenkrad eine Befestigung für das Navigationsgerät aus dem Teilprojekt II-2 angebracht. Eine Kiste hinter dem Fahrersitz wurde für die Unterbringung der PCs montiert.

Zusätzlich wurden mehrere Mikrocontroller für die Sensordatenauswertung und die Steuerung des Fahrzeugs in den Scooter integriert. Da der Scooter keine Schnittstelle für die Steuerung des Fahrzeugs besitzt, wird mit den vorhandenen Mikrocontrollern die Verbindung zwischen dem Lenkrad und der Steuerbox auf dem Scooter abgehört. So

mit können alle Eingaben des Operators mit verfolgt und auch Fahrbefehle der autonomen Funktionen an die Steuerbox gesendet werden. In Abbildung 1 ist der erweiterte Scooter mit allen Sensoren, der Kiste und der Befestigung über dem Lenkrad dargestellt.



Abbildung 1:  
Der erweiterte Scooter

#### 4.3.2.2 Fahrassistenzsysteme und autonome Funktionen

In diesem Projekt wurden verschiedene Fahrassistenzsysteme und autonome Funktionen für den Scooter entwickelt und in das Fahrzeug integriert. Als erste Assistenzfunktion wurde eine Lenkregelung auf dem Fahrzeug implementiert. Dazu wurde ein Hallsensor auf dem Lenkmotor montiert, der auch Veränderungen der Ausrichtung im abgeschalteten Zustand erkennt. Mithilfe dieses Sensors kann der aktuelle Lenkeinschlag beim Start ermittelt werden. Dieser Wert wird dann an die Steuerung des Lenkmotors weitergegeben. Diese übernimmt die Positionsregelung des Motors anhand des Anfangswerts.

Die Geschwindigkeitsregelung soll den Fahrkomfort erhöhen und die Bedienbarkeit des Fahrzeugs erleichtern, allerdings ist die Regelung auch für das autonome Fahren wichtig. Für die Regelung der Geschwindigkeit wurde ein PI-Regler implementiert. Zur Bestimmung der Parameter wurden Soll- und Ist-Werte der Geschwindigkeit aufgezeichnet. Mit dem Sisotool von Matlab konnten dann die Parameter in einer Simulation bestimmt werden. Diese Parameter wurden daraufhin auf dem Scooter getestet, und ein letztes Feintuning wurde durchgeführt. Mithilfe des Reglers bleibt die Geschwindigkeit bei einer gleichbleibenden Gashebelstellung konstant, auch bei Steigungen oder bei Gefälle, wodurch die Bedienbarkeit vereinfacht wird. Die Geschwindigkeitsregelung wurde auch bei den Nutzertests des Scooters im Seniorenbeirat für die Produktentwicklung (SEN-PRO) des Querschnittsprojekts Fit4Use angemerkt und als mögliche Assistenzfunktion gewünscht, um die Bedienung zu erleichtern.

Im Antrag wurde die Entwicklung einer Hindernisvermeidung zur Unterstützung des Operators beschrieben. Nach einer Diskussion mit dem Querschnittsprojekt Fit4Use und der Rückmeldung aus dem Seniorenbeirat wurde von einer Hindernisvermeidung abgesehen, wenn der Benutzer den Scooter steuert. In diesem Fall wurde eine Kollisionsvermeidung entwickelt, die im Falle einer drohenden Kollision zwar die Geschwindigkeit des Fahrzeugs reduziert,

aber das Fahrzeug nicht selbständig ausweichen lässt. Der Operator kann somit selbst entscheiden, ob er nach rechts oder links ausweichen will. Die Hindernisvermeidung wurde somit nur für die autonomen Funktionen implementiert. Sowohl die Hindernisvermeidung als auch die Kollisionsvermeidung verwenden die Ultraschallsensoren und den Laser-Range-Finder, um den Abstand zu Hindernissen zu bestimmen. Je nach Abstand zu einem detektierten Hindernis und zu dessen Position wird entweder nur die Geschwindigkeit reduziert (bei der Kollisionsvermeidung) oder auch entsprechend ausgewichen (bei der Hindernisvermeidung).

Neben den im Antrag beschriebenen Fahrassistenzsystemen wurde in dem Projekt der Bedarf von weiteren Assistenzsystemen offenbar. So wurde unter anderem die Kennlinie des Gashebels am Scooter verändert. Bei verschiedenen Veranstaltungen hat sich gezeigt, dass leistungsgewandelte Personen mit der Steuerung des Scooters besonders bei niedrigen Geschwindigkeiten Probleme haben. Eine mögliche Ursache ist die lineare Verteilung der Geschwindigkeit auf dem Gashebelweg. Der Gashebelweg zwischen 1 km/h und 2 km/h ist genauso groß wie zwischen 13 km/h und 14 km/h. Aus diesem Grund wurden zwei neue Regulierungen implementiert. In Abbildung 2 sind die zwei neuen Regulierungen (grün und rot) sowie die originale Konfiguration (blau) dargestellt.

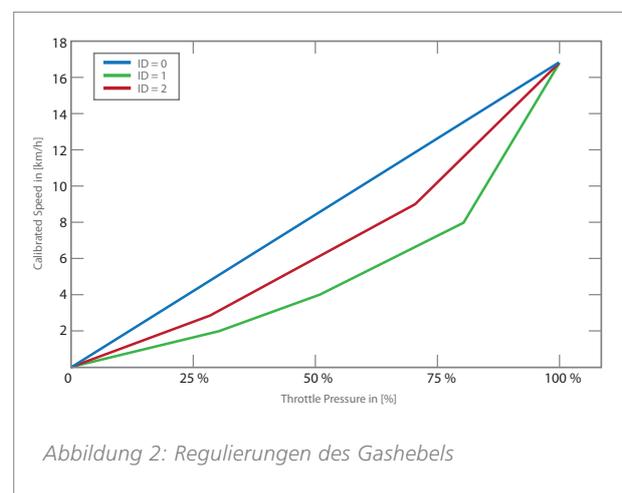


Abbildung 2: Regulierungen des Gashebels

Die beiden neuen Regulierungen ermöglichen eine bessere Steuerung des Fahrzeugs speziell bei niedrigen Geschwindigkeiten. Dies zeigte sich bereits bei verschiedenen Tests. Die Veränderung der Kennlinie wurde auch bei der Geschwindigkeitsregelung übernommen.

Neben der neuen Regulierung des Gashebelwegs wurde auch eine Anfahrhilfe implementiert. Diese unterstützt das Anfahren und beschleunigt das Fahrzeug zu Beginn erst langsam. Ab einer gewissen Geschwindigkeit schaltet sich dann die Hilfe wieder ab. Dies ermöglicht einen sanften und sicheren Start. Ohne diese Hilfe konnte man beobachten, dass ältere Personen des Öfteren Probleme mit dem Anfahren hatten. Oft ist das Fahrzeug zu schnell losgefahren, und die Benutzer waren überrascht. Mit der Anfahrhilfe wird die Startgeschwindigkeit limitiert, sodass ein sicherer und zuverlässiger Start möglich ist.

Als letzte Assistenzfunktion wurde der Not-Stopp in das Fahrzeug integriert. Diese Funktion beobachtet die Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Geschwindigkeitsbefehlen des Operators. Ist die Differenz größer als im normalen Betrieb üblich, wird der Scooter gestoppt. Bei den Arbeiten am Fahrzeug hat sich oft gezeigt, dass Leute bei einem Schock verkrampfen und, anstatt den Gashebel loszulassen, diesen komplett durchdrücken. Bei einem Krampf wird der Gashebel sehr schnell gedrückt, sodass ein Sprung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Fahrbefehlen beobachtet werden konnte. Die Not-Stopp-Funktion stoppt genau in einem solchen Fall das Fahrzeug, sodass weitere Schäden oder Unfälle verhindert werden.

Beim autonomen Folgen, wie es im Antrag beschrieben ist, folgt der Scooter dem Benutzer selbständig. Dies wurde allerdings von dem Querschnittsprojekt Fit4Use kritisiert, da sich hierbei der Benutzer immer umdrehen muss, um das Fahrzeug zu sehen, und dadurch die Sturzgefahr steigt. Fit4Use empfahl daher ein autonomes Vorausfahren anstatt eines Folgen. Allerdings ist ein autonomes Vorausfahren wesentlich komplexer als ein Folgen, da zum Beispiel das Ziel bekannt sein muss. Der Aufwand

für die Entwicklung eines autonomen Vorausfahrens ist daher zu groß, um es innerhalb des Projekts umzusetzen. Um dennoch diesen wichtigen Punkt für das Querschnittsprojekt Fit4Use in dieses Teilprojekt zu integrieren, wurde in Absprache mit allen Projektpartnern und Fit4Use ein Konzept für ein autonomes Vorausfahren erstellt. Dabei ist das autonome Vorausfahren nur innerhalb eines Parks möglich und wurde mit in das Konzept „autonomes Fahren innerhalb eines Parks“ aus dem Teilprojekt II-2 integriert. Führt nun eine Strecke zu einem vorgegebenen Ziel durch einen Park, wird dies vom Navigationsgerät erkannt und dem Benutzer mitgeteilt, sobald der Park betreten wird. Nun hat der Benutzer die Möglichkeit, entweder das Fahrzeug weiterhin selbst zu steuern oder abzusteigen und dem Scooter zu folgen. Dem Scooter wird im zweiten Fall über das Navigationsgerät die zu fahrende Strecke mitgeteilt, die sich in einzelne Abschnitte untergliedert. Nun wird über den Laser-Range-Finder der Weg vor dem Scooter detektiert und dieser Weg bis zu dem Ende des ersten Abschnitts verfolgt. In diesem Verfahren werden alle Abschnitte innerhalb des Parks abgefahren, bis der Park wieder verlassen wird. Am Ausgang des Parks bleibt der Scooter stehen und der Benutzer muss nun wieder manuell weiterfahren. Während des autonomen Fahrens im Park wird über die relative Ortung aus dem Teilprojekt II-2 die Person hinter dem Fahrzeug beobachtet. Anhand des Abstands zu der Person wird die Geschwindigkeit des Scooters gesteuert. Sollte sich die Person mehr als fünf Meter vom Scooter entfernen, bleibt dieser selbständig stehen und wartet, bis der Benutzer wieder näher kommt.

Zusätzlich zu dem autonomen Vorausfahren im Park wurde innerhalb des Projekts auch ein autonomes Fahren auf Gehsteigen entwickelt. Dazu wird mit dem Laser-Range-Finder die Bordsteinkante oder eine Hauswand detektiert und diese bis zur nächsten Kreuzung verfolgt. An Kreuzungen muss der Benutzer wieder die Steuerung übernehmen und manuell über die Straße fahren. Auch bei dieser autonomen Funktion werden die einzelnen autonomen Abschnitte über das Navigationsgerät an den

Scooter weitergeleitet. Dabei müssen folgende Voraussetzungen beachtet werden: Zum einem muss auf dem Streckenabschnitt ein Gehsteig vorhanden sein und zum anderen muss der Abschnitt aufgrund von GPS-Ungenauigkeiten mindestens 50 Meter lang sein. Mit dieser weiteren autonomen Funktion auf Gehwegen ist nun auch ein Vorausfahren auf Gehwegen möglich.

#### 4.3.2.3 Mensch-Maschine-Schnittstelle

Die Schnittstelle zwischen dem Scooter und dem Benutzer besteht aus zwei Komponenten. Für die manuelle Steuerung des Scooters werden zum einen die originalen Bedienelemente am Lenkrad des Fahrzeugs verwendet. Als Schnittstelle zu dem Navigationsgerät wurde eine neue Oberfläche implementiert, bei der die Ergebnisse eines Tests im Seniorenbeirat berücksichtigt wurden. Die Nutzerschnittstelle auf dem Navigationsgerät stellt nur die wichtigsten Funktionen zur Verfügung. Die Menüführung wurde bewusst übersichtlich gehalten, um so den Ansprüchen leistungsgewandelter Personen gerecht zu werden. Die Abbildungen 3–5 zeigen verschiedene Screenshots der Oberflächen.



Abbildung 3: Startbildschirm



Abbildung 4: Adresseingabe



Abbildung 5: Adresseingabe

#### 4.3.2.4 Integration

Für die Integration der verschiedenen Systeme aller Projektpartner auf dem Scooter wurde, wie schon beschrieben, eine Kiste auf dem Fahrzeug angebracht. Weiterhin wurde für das Navigationssystem aus dem Teilprojekt II-2 eine Halterung über dem Lenkrad montiert. Sowohl die relative als auch die globale Ortung aus dem Teilprojekt II-2 wurden in das Fahrzeug integriert. Zusätzlich wurde auch für den Fitnessbegleiter aus dem Teilprojekt II-1

eine Schnittstelle zur Verfügung gestellt, um zum Beispiel einen Trimm-dich-Pfad mit dem Scooter innerhalb eines Parks zu ermöglichen. Alle Systeme sind mit einer Middleware verbunden, die die Kommunikation der Systeme untereinander ermöglicht.

#### 4.3.2.5 Die Anlaufhilfe

Parkinsonpatienten fällt es oft schwer, ihren Bewegungszustand zu ändern, zum Beispiel loszugehen. Oft kommt es zu dem für Parkinsonpatienten typischen Phänomen Freezing of Gait (FOG). Es wurden Entwicklungen durchgeführt, um mittels einer Kombination aus Inertialsensoren und Mikrofonen Freezing-of-Gait-Ereignisse durch Erfassen und Auswerten von charakteristischen Muskelvibrationen und Muskelgeräuschen zu erkennen. Bei Auftreten von FOG soll der Patient durch einen optischen, akustischen oder sensorischen Reiz beim Anlaufen unterstützt werden.

Hierzu wurden ein System zur Erfassung von Bewegungsdaten mit Inertialsensoren sowie ein System zur Aufnahme der Muskelgeräusche mittels eines hochempfindlichen Mikro-

fons aufgebaut und Algorithmen zur Detektion des FOG entworfen. Ferner wurden Messdaten an gesunden Personen erhoben, um die Algorithmen zu validieren. Dabei zeigte sich, dass verschie-

dene Bewegungen wie Gehen, Stehen, Umdrehen sowie Muskelzittern klar voneinander unterscheidbar sind. Es ist daher zu vermuten, dass auch FOG-Ereignisse in den aufgenommenen Signalen erkennbar sein werden.

Derzeit wird in Kooperation mit der Abteilung Bildverarbeitung und Medizintechnik (BMT) des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS ein System für die synchronisierte Erfassung von Beschleunigungen und Muskelge-

räuschen zur direkten Validierung an Parkinsonpatienten konzipiert und aufgebaut, welches nach Fertigstellung in Zusammenarbeit mit Prof. Cornel Sieber vom Klinikum Nürnberg Nord und der Parkinson-Hilfegruppe erprobt werden soll.

#### 4.3.2.6 Zusammenfassung

Innerhalb dieses Teilprojekts wurde ein handelsüblicher Scooter um verschiedene Fahrassistenzsysteme und autonome Fahrfunktionen erweitert. Die oben beschriebenen Funktionen entlasten und unterstützen den Operator während der Bedienung des Fahrzeugs. Dies wurde in verschiedenen Tests nachgewiesen (siehe Abbildung 6). Weiterhin wurden mehrere Tests mit dem Seniorenbeirat für die Evaluation und Verbesserung der Assistenzsysteme durchgeführt. Erste Tests mit dem System zur Anlaufhilfe zeigten, dass die Aufnahme der Muskelgeräusche mit der verwendeten Hardware möglich ist, und lassen darauf schließen, dass sich auftretende FOG-Ereignisse zuverlässig erkennen lassen.



Abbildung 6: Scooter bei Tests mit Senioren an der Universität Würzburg

#### 4.3.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

In diesem Teilprojekt wurde sehr eng mit dem Teilprojekt „Orientierungsassistenz“ zusammengearbeitet. Die entwickelten Systeme für die globale und relative Orientierung sowie das Navigationssystem wurden speziell auf

den Scooter angepasst und in diesen integriert. So wurde zum Beispiel beim Navigationssystem das Vermeiden von Treppen aktiviert, da das Fahrzeug nicht über Treppen fahren kann.

Weiterhin wurde auch eng mit dem Teilprojekt Fitnessbegleiter zusammengearbeitet. Auch der Fitnessbegleiter wurde in den Scooter integriert, sodass ein Trimm-dich-Pfad in einem Park erstellt werden konnte.

Mit dem Querschnittsprojekt Fit4Use wurden Aspekte wie die Mensch-Maschine-Schnittstelle oder verschiedene Funktionen wie das autonome Folgen bzw. das autonome Vorfahren abgesprochen und diskutiert. Zusätzlich wurden mit dem Querschnittsprojekt Fit4Use mehrere Evaluationen im Seniorenbeirat durchgeführt. Die Hinweise und Ergebnisse aus dem Seniorenbeirat und den Diskussionen wurden bei der Entwicklung der Systeme beachtet.

Zusammen mit der Firma NAVIGON AG wurde die Mensch-Maschine-Schnittstelle entwickelt und in das Navigationsgerät integriert. Darüber hinaus wurden zusammen mit der NAVIGON AG zwei Diplomarbeiten betreut, die unter anderem autonome Funktionen im Scooter entwickelt haben.

Die Firma BIJO-DATA Informationssysteme GmbH hat die Schnittstelle für alle Komponenten auf dem Scooter entwickelt und stand so im engen Kontakt zu allen Projektpartnern.

Der Scooter-Hersteller Handicare GmbH half bei dem Umbau des Scooters und bei allen technischen Problemen mit dem Fahrzeug. Ebenfalls war der Hersteller in die Diskussion um die Umsetzung der Fahrassistenzsysteme und der autonomen Funktionen involviert und hat sie entsprechend einer möglichen zukünftigen Marktumsetzung gesteuert.

#### 4.3.4 Ausblick

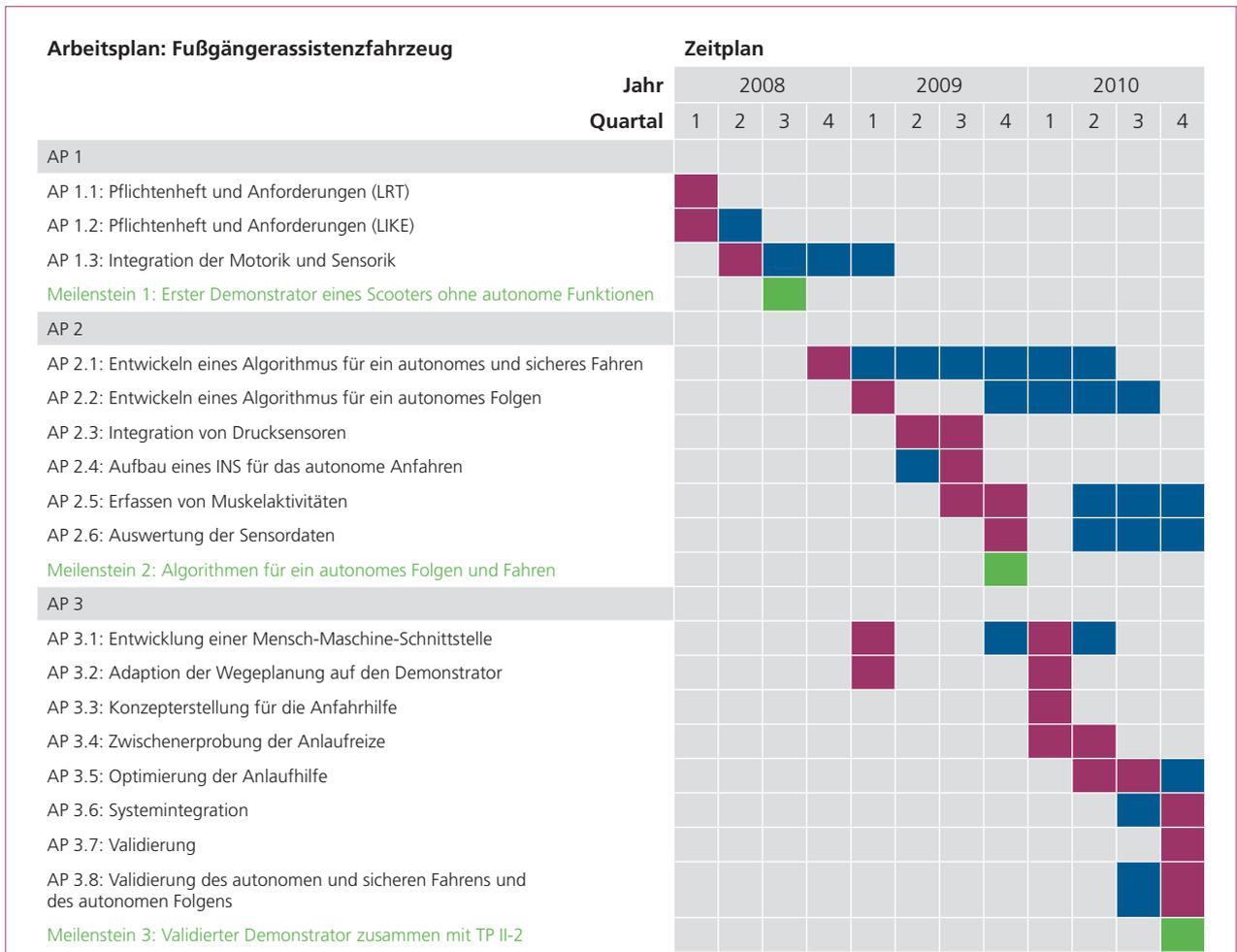
Bei den Tests am Lehrstuhl und im Seniorenbeirat mit Fit4Use zeigte sich, dass die hier entwickelten Assistenzfunktionen zwar hilfreich, aber noch nicht ausreichend sind. Daher müssen in Zukunft die hier vorgestellten Fahrassistenzsysteme und autonomen Funktionen weiter optimiert und erweitert werden. Durch die Integration weiterer Sensoren soll die Zuverlässigkeit und Robustheit der Funktionen weiter gesteigert werden. Weiterhin sollen zukünftig auch noch weitere Fahrassistenzfunktionen zur Unterstützung des Operators entwickelt und in den Scooter integriert werden, um die Bedienung weiter zu erleichtern. Auch die autonomen Funktionen sollen erweitert werden, sodass das Fahrzeug auf immer mehr Strecken autonom fahren kann.

Die Anlaufhilfe zur Erkennung von Freezing of Gait wird in Zusammenarbeit mit Prof. Sieber vom Klinikum Nürnberg Nord und der Parkinson-Hilfegruppe sowie der Abteilung BMT des Fraunhofer IIS getestet und weiterentwickelt.

#### 4.3.5 Literatur

[1] Nitz, J.: Evidence from a Cohort of Able Bodied Adults to Support the Need for Driver Training for Motorized Scooter before Community Participation, in: Patient Education and Counseling, Vol. 70, 2008, S. 276–280

### 4.3.6 Arbeits- und Zeitplan



**Meilenstein 1:** Die Anforderungsanalyse für ein Assistenzfahrzeug liegt vor, ebenso ist eine Auswahl geeigneter Demonstratorfahrzeuge erfolgt. Systemkonzept und Systemarchitektur wurden erstellt, sodass nun ein erster Demonstrator eines Scooters ohne autonome Funktionen verfügbar ist.

**Meilenstein 2:** Der Meilenstein beinhaltet die Erstellung und den Test der Teilkomponenten: 1. sicheres und adaptives Fahren, 2. Trageassistent, 3. Erfassung und Charakterisierung des Anlaufverhaltens eines Menschen

**Meilenstein 3:** Zum Projektende erfolgt die Integration der Komponenten in den Scooter, die Fertigstellung eines funktionsfähigen Demonstrators, die Optimierung der Anlaufhilfe und die Integration auf die Demonstrator-Plattform, sodass das Gesamtsystem zur Abschlusspräsentation zur Verfügung steht.

- Zeitraum der laufenden Arbeit
- Meilenstein
- Änderung der Antragstellung



## 4.4 Fahrzeugmobilität

---

Lehrstuhl für Mikrotechnik und Medizingerätetechnik (MiMed), Technische Universität München

**Projektleitung:** Prof. Dr. Tim C. Lüth

**Mitarbeiter:** Dipl.-Ing. Lorenzo D'Angelo

**Industriepartner:** BMW Group Forschung und Technik, München

---

### 4.4.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Das Auto und die mit ihm verbundene Mobilität sind aus modernen Gesellschaften nicht mehr wegzudenken. Ein Großteil der Menschen verbringt schon heute einen nennenswerten Teil des Lebens im Fahrzeug. Das Streben, diese Zeit möglichst sinnvoll nutzen zu können und somit einen hohen Grad an „Quality Time“ zu erfahren, ist ein wichtiger Gesichtspunkt für den Fahrer. Neuere Fahrzeuge werden daher immer stärker mit Informations-, Entertainment- und Sicherheitssystemen ausgestattet, die dem Fahrer eine Vielzahl von Diensten und einen hohen Grad an Sicherheit bieten. Die Prognose einer immer älter werdenden Gesellschaft hat in den letzten Jahren zu einem wachsenden Bewusstsein der Menschen für den aktiven Erhalt und die Überprüfung ihres Gesundheitszustands geführt. Hierzu stehen immer mehr Mess- und Auswertesysteme zur häuslichen und privaten medizinischen Vorsorge und Überwachung zur Verfügung.

Medizinische Messtechnologien halten im häuslichen Alltagsleben der Menschen Einzug, ebenso wie Messsysteme für den Freizeitbereich wie Brustgurte zur Pulsmessung und GPS-Fitnessuhren. In aktuellen Fahrzeugen sind diese Funktionen noch nicht oder nur sehr individuell vorhanden.

Die anspruchsvollen IT-Systeme in Fahrzeugen bieten aber großes Potenzial, diese Art von biologisch-medizinischen Informationen zu integrieren, die Fahrzeit für regelmä-

ßige Gesundheitsprüfungen zu nutzen und auf kurzfristige Änderungen zu reagieren oder Komfortfunktionen zur Verfügung zu stellen. Ziel dieses Teilprojekts ist es, Möglichkeiten und Lösungsvorschläge aufzuzeigen, wie zur Verfügung stehende medizinische Mess- und Auswertesysteme in das Fahrzeug der Zukunft integriert oder mit diesem verbunden werden können. Medizinische Sensorik soll auf ihre Verwendbarkeit im Automobil geprüft, die technische Machbarkeit entsprechender Applikationen untersucht und die Nutzbarkeit/Wirksamkeit für den Fahrer bewertet werden.

### 4.4.2 Ergebnisse

#### 4.4.2.1 Aufbau einer Demonstrator-Umgebung

Im „Ausgangsexperiment“ sollten bei einer statistisch belastbaren Anzahl von Testpersonen Vitalparameter aufgezeichnet werden, die in einem Fahrsimulator mit verschiedenen Fahr- und Verkehrssituationen konfrontiert werden, um geeignete Vitalparameter (getestet wurden Blutsauerstoffsättigung, Hautleitwert und Herzfrequenz) und Applikationen für die Systementwicklung abzuleiten.

##### 4.4.2.1.1 Ausgangsexperiment

Das Experiment wurde mit 21 männlichen und 3 weiblichen Probanden mit einem Durchschnittsalter von 36 Jahren in einem statischen Fahrsimulator der BMW Group Forschung und Technik durchgeführt. Jeder Proband musste dabei mehrere simulierte Szenarien durchfahren. Fast alle Szenarien stellten eine Autobahnfahrt dar. Während dieser Fahrten wurden Zusatzaufgaben gestellt. Diese bestanden etwa darin, langsam in Siebenschritten von einer bestimmten Startzahl herunterzuzählen. Während der Fahrt wurden die Vitalparameter des Probanden mit einer Abtastfrequenz von 50 Hz erfasst. Hierfür wurden drei Sensoren verwendet: je ein Hautwiderstands- und Hauttemperatursensor auf der Rückseite der linken Lenkradspitze und am Zeigefinger der linken Hand (beide Sensoren von iSense, Werfen Austria GmbH) sowie ein transmissiver Pulsoximeter am Zeigefinger der rechten Hand (Sensor von PEARL, medlab GmbH).

Die Probanden wurden gebeten, den am Lenkrad angebrachten Sensor so oft wie möglich zu verwenden, solange dies möglich war, ohne von der Fahraufgabe abgelenkt zu werden. Vor dem ersten und nach dem letzten Szenario wurde eine Baseline-Messung (Parameter in Ruhe) durchgeführt. Zwischen den Szenarien wurden Fragebögen zur Basler Befindlichkeitsskala [1], zum NASA Task Load Index (TLX) [2] und zur sogenannten Simulatorkrankheit [3] ausgefüllt, um subjektive Daten zu sammeln.

Zusätzlich zu den objektiven und subjektiven Daten über den Fahrer wurden mehrere simulatorinterne Werte mit der gleichen Abtastfrequenz aufgezeichnet, wie beispielsweise die gefahrene Geschwindigkeit oder ob ein Spurwechsel erfolgte. In den als „dynamisch“ bezeichneten Szenarien wurden die kritischen Situationen „Einscherer“ und „Bremsen“ erzeugt und aufgezeichnet. Die Situation „Einscherer“ bezeichnete den Fall, dass ein anderer Verkehrsteilnehmer plötzlich die Fahrspur des Probanden einnahm, während die Situation „Bremsen“ den Fall bezeichnete, dass ein Verkehrsteilnehmer vor dem Probanden plötzlich stark abbremste. Diese Situationen wurden allerdings vom Simulator auch dann als eingetreten registriert, wenn sie vom Probanden keine Reaktion benötigten (da sie beispielsweise zu weit entfernt eintraten). Die Versuchsdauer betrug für jeden Probanden im Durchschnitt eine Stunde.

#### 4.4.2.1.2 Ergebnisse des Ausgangsexperiments

Die durchschnittliche Sensorverfügbarkeit (Anteil der Aufzeichnungen mit gültigen Werten) hatte ihren kleinsten Wert im dynamischen Szenario mit viel Verkehr. Hier betrug sie 91 % für den Pulsoximetriesensor, 99 % für den am Finger angebrachten Hautsensor und 73 % für den am Lenkrad angebrachten Sensor. Damit zeigt sich, dass die Sensoren fast durchgehend Werte lieferten.

Im Durchschnitt ist die Herzfrequenz der Probanden im dynamischen Szenario mit viel Verkehr signifikant höher, sowohl absolut als auch im Vergleich mit dem Durchschnittswert. Nach einer kritischen Situation konnte in den

meisten Fällen ein Anstieg der Herzfrequenz registriert werden. Dieser Effekt trat allerdings nicht konsistent ein und war mit einer hohen Varianz behaftet. Nichtsdestotrotz muss damit gerechnet werden, dass Veränderungen der Vitalparameter auch aufgrund der Fahrsituation und nicht nur durch gesundheitliche Ursachen hervorgerufen werden können. Dies bestätigt die Notwendigkeit, Vitalparameter gemeinsam mit Fahrzeugdaten auszuwerten. So kann auch das Ausbleiben einer körperlichen Reaktion in Folge einer kritischen Situation als ein Hinweis auf eine vorliegende gesundheitliche Störung genutzt werden.

Die Veränderung des Hautwiderstands im Zusammenhang mit kritischen Situationen war weniger konsistent als die der Herzfrequenz. Bei der Hauttemperatur konnte vor und nach dem Test dagegen keine Veränderungen bei kritischen Situationen erkannt werden.

Im Arbeitspaket „Exploration potenzieller Anwendungen“ sollten verschiedene Sensorsysteme für die spezielle Einsatzumgebung im Auto ausgewählt und potenzielle Anwendungen exploriert werden. Dazu mussten verschiedene Sensoren auf ihre Einsetzbarkeit in einem Fahrzeug evaluiert werden. Kriterien wie eine leichte Integration und die Stabilität der Messwerte der Sensorsysteme spielen dabei eine entscheidende Rolle. Die Sensoren und die Datenverbindungen zur Auswertungs Elektronik dürfen den Komfort des Fahrzeugs nicht senken und den Fahrer während der Fahrt nicht beeinträchtigen.

Als Ergebnis des Ausgangsexperiments wurden für die Systementwicklung Sensoren ausgewählt, die über Berührung Messwerte ableiten können. Diese sind reflektive Pulsoximetriesensoren (Nonin OEM III) sowie Elektroden zur Messung des Hautleitwerts. Darüber hinaus sollte die Herzfrequenz ebenso über einen am Körper getragenen Brustgurt (Polar) erfasst werden können. Die ausgewählte Funkschnittstelle zum Datenaustausch zeichnet sich durch besonders sichere Datenübertragung und niedrigen Energieverbrauch aus (AVR Funkmodul, Nanotron). Diese Schnittstelle kann auch verwendet werden, um weitere

am Körper getragene Sensoren zu integrieren oder um Daten mit der HomeCare-Unit (TP I-3) auszutauschen. Als Applikationen wurden die Möglichkeit der Datenspeicherung auf einer entnehmbaren MikroSD-Karte sowie die Ermittlung des aktuellen Stresslevels aufgrund der erfassten Parameter ausgewählt.

Im Arbeitspaket „Spezifikation der Hard- und Softwareschnittstellen“

sollten Schnittstellen des Systems spezifiziert werden, um Daten intern und extern zu übertragen. Als Hauptschnittstelle des Systems wurde die bereits erwähnte Funkschnittstelle ausgewählt. Darüber hinaus verfügt das System über eine Hardwareschnittstelle (UART) zum Austausch von Daten mit dem Fahrzeug und mit Geräten, die mit einer entsprechenden Docking-Station ausgestattet sind (HomeCare-Unit). Einen Überblick über die System-schnittstellen gibt Abbildung 1.

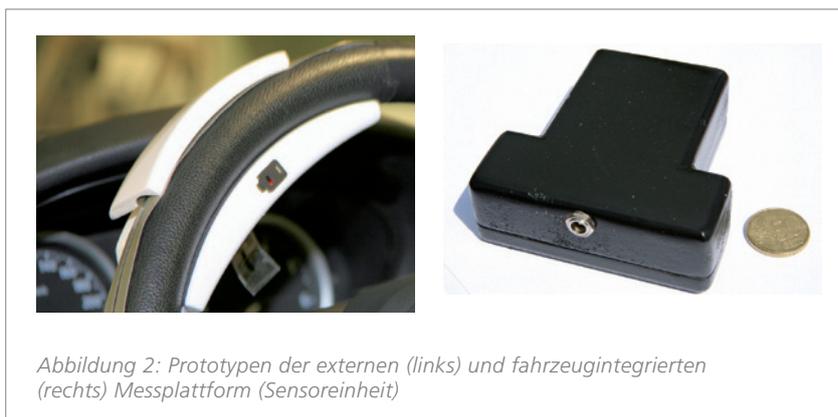


Abbildung 2: Prototypen der externen (links) und fahrzeugintegrierten (rechts) Messplattform (Sensoreinheit)

die jederzeit aus dem Fahrzeug entfernt werden kann und eine integrierte Variante (Abbildung 2, rechts), die fest ins Fahrzeug eingebaut wird.

#### 4.4.2.2 Integration von Messverfahren und Einbau in Fahrzeuge

Im Arbeitspaket „Fahrzeugintegration von Hautwiderstandssensoren“ sollten Sensoren so in das Lenkrad integriert werden, dass auch bei verschiedenen Greifarten des Fahrers mindestens zwei Finger die Sensoren berühren und so der Hautwiderstand gemessen werden kann.

Dies wurde realisiert, indem die Hautwiderstandselektroden so in das gesamte Lenkrad eingearbeitet wurden, dass der Wert erfasst werden kann, sobald eine Hand des Fahrers am Lenkrad ist. Eine Detailaufnahme des lenkradintegrierten Sensors ist in Abbildung 3 links sichtbar.

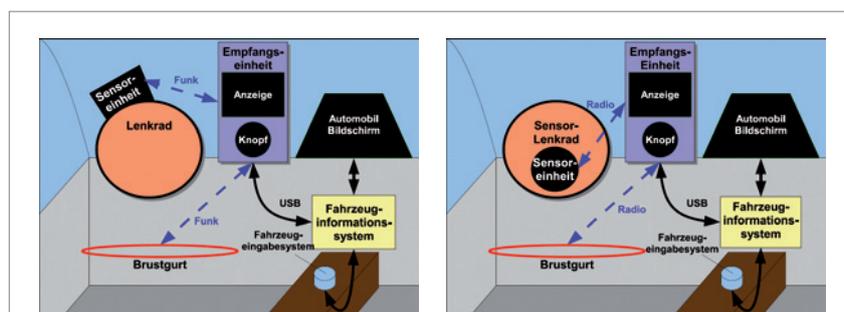


Abbildung 1: Komponenten und Schnittstellen des Systems. Externe (links) und fahrzeugintegrierte (rechts) Variante

Im Arbeitspaket „Design und Aufbau einer Messplattform“ wurde das Messsystem aufgebaut, sodass alle zu integrierenden Sensoren daran angeschlossen werden konnten. Die Elektronik sollte eine geringe Baugröße vorweisen und eine einfache Integration ins Fahrzeug ermöglichen. Die Messplattform (Sensoreinheit) wurde in zwei Varianten aufgebaut: eine externe Variante (Abbildung 2, links),

Im Arbeitspaket 2.2 „Integrierte Pulsoximetriemessung im Auto“ war ein Pulsoximetriemesssystem so in das Lenkrad zu integrieren, dass die Messung während der Fahrt möglich ist. Der Sensor wurde an einer gut sichtbaren Stelle integriert, damit der Daumen des Fahrers mit möglichst geringer Abweichung von der normalen Lenkstellung darauf abgelegt werden kann. Eine Detail-

aufnahme des lenkradintegrierten Sensors ist in Abbildung 3, rechts sichtbar.



Abbildung 3: Lenkradintegrierter Sensor zur Messung von Hautwiderstand (links) und Pulsoximetrie (rechts)

Im Arbeitspaket „Integration von EKG-Sensoren“ sollten EKG-Sensoren in die Bedienelemente des Lenkrads eingebaut werden. Dieses Arbeitspaket wurde jedoch nicht zur Förderung bewilligt und konnte daher nicht bearbeitet werden. Stattdessen wurde ein Modul in das System integriert, das den Empfang von Herzfrequenzinformationen von Brustgurten der Firma Polar ermöglicht. Somit ist eine Messung der Herzfrequenz auch ohne Berührung eines Pulsoximetriesensors möglich, wenn der Fahrer einen solchen Brustgurt trägt.

Im Arbeitspaket „Umsetzung ausgewählter Applikationen“ sollten Funktionen zur Auswertung der gewonnenen Sensorinformationen realisiert werden. Hierzu wurde



Abbildung 4: Auswerteeinheit (Mobility Unit)

eine tragbare Auswerteeinheit entwickelt, welche die Informationen per Funk von der Messplattform empfangen, speichern, auswerten und darstellen kann. Darüber hinaus kann die Einheit Informationen mit dem Fahr-

zeug sowie mit anderen Geräten, etwa der HomeCare-Unit, austauschen. Ein Prototyp der Auswerteeinheit ist in Abbildung 4 zu sehen.

#### 4.4.2.3 Durchführen von Experimenten zu Ergonomie und Datenverwendung

In Arbeitspaket 3 erfolgten zwei Untersuchungen: Zunächst wurde zusammen mit dem Querschnittsprojekt Fit4Use das System einer Fokusgruppe des Seniorenbeirats für die Produktentwicklung (SEN-PRO) vorgestellt. Mit einem einfachen Systemdemonstrator (Tischaufbau)

wurden Nutzeranforderungen und Erwartungen an das System gesammelt. In einer zweiten Untersuchung mit einem fahrbaren Demonstratorfahrzeug der BMW Group Forschung und Technik wurde das System im realen Straßenverkehr erprobt. Hier wurde das System sowohl objektiv als auch anhand einer Befragung der Probanden bewertet.

##### 4.4.2.3.1 Beschreibung der Fokusgruppenuntersuchung

Die Teilnehmer der Fokusgruppen waren ausschließlich Mitglieder des Erlanger Seniorenbeirats. Unter den 46 Teilnehmern waren 12 Frauen und 34 Männer im Alter von 48 bis 85 Jahren (mittleres Alter:  $67,3 \pm 5,51$  Jahre). Die Fokusgruppen fanden in fünf dreistündigen Sitzungen mit jeweils sieben bis elf Personen statt. Dabei wurden die Teilnehmer zunächst durch einen Mitarbeiter des Instituts für Psychogerontologie mit dem Thema und dem Ablauf der Sitzung vertraut gemacht. Um eine möglichst breite Wissensbasis für die Diskussion und Bewertung des Systems zu schaffen, wurden die Teilnehmer einleitend mit Systemen der neuen Generation von Fahrerassistenzsystemen vertraut gemacht. Davon ausgehend wurde das Entwicklungsvorhaben vorgestellt. Um einen konkreten Einblick in die Funktionalitäten des Systems zu bekommen, waren die Teilnehmer anschlie-

ßend aufgefordert, eine prototypische Version des Systems unter Anleitung zu erproben. An die Erprobungsphase schloss sich eine Gruppendiskussion an, bei der das System und die konzeptionellen Überlegungen durch die Teilnehmer bewertet werden sollten. Darüber hinaus wurden gezielte Themenstellungen erörtert, wie „gefährliche Fahrzustände“, mögliche Unterstützungsleistungen und Rückmeldungen durch das Fahrzeug, Probleme durch Ablenkung des Fahrers durch das System und Aspekte des Datenschutzes.

#### 4.4.2.3.2 Ergebnisse der Fokusgruppenuntersuchung

Als primäre Zielgruppe für das System wurden Vielfahrer und Lkw-Fahrer identifiziert. Als weitere Zielgruppen kommen in Frage: Menschen in gesundheitlichen Risikogruppen; Menschen, die ihren Gesundheitszustand regelmäßig überprüfen müssen; sowie ältere Menschen.

Bei der Systembewertung wurden folgende Feststellungen durch den Seniorenbeirat gemacht: Das System kann einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit im Straßenverkehr liefern. Größten Nutzen kann es als portables System bringen. Es wurde davor gewarnt, dass das System zu viel Selbstvertrauen schaffen oder die eigene Körperwahrnehmung ersetzen könnte. Die Daten sollten so aufbereitet werden, dass unnötige Alarmierungen vermieden werden. Das System sollte an den Fahrer adaptierbar sein, automatisch starten, aber auch abschaltbar sein. Im Betrieb sollte es eher im Hintergrund laufen und nur bei Bedarf Meldungen liefern bzw. Unterstützung bieten, ähnlich einem virtuellen Beifahrer.

In der Fokusgruppe wurde für ein hierarchisch aufgebautes Warnsystem plädiert, das abhängig von der

aktuellen Situation Hinweise gibt, warnt, in das Fahrzeug eingereift oder gar automatisch den Notruf alarmiert. Zusätzlich wurde zu Vorsicht hinsichtlich des Datenschutzes geraten: Jeder Nutzer sollte über die eigenen Daten verfügen und diese auf einem entnehmbaren Datenträger aus dem Fahrzeug entfernen können.

Die Hinweise der Fokusgruppen wurden, soweit möglich, umgesetzt. Beispielsweise wurde eine zweite, portable Systemvariante entwickelt, die aus dem Fahrzeug entfernbar ist. Auch die Datenspeicherung wurde auf einem portablen Speichermedium ermöglicht, sodass der Nutzer die Daten bei sich tragen kann.

#### 4.4.2.3.3 Straßenversuch

Am Versuch auf der Straße nahmen Mitglieder des Erlanger Seniorenbeirats für die Produktentwicklung und der Seniorenvertretung der Stadt München teil. Unter den 21 Teilnehmern waren 5 Frauen und 16 Männer im Alter von 55 bis 76 Jahren (mittleres Alter: 65,2 ± 4,33 Jahre). Die Versuche fanden in Einzelsitzungen mit der Dauer von je etwa zwei Stunden in einem Zeitraum von etwa drei Wochen statt. Während des Versuchs sollten die Pro-

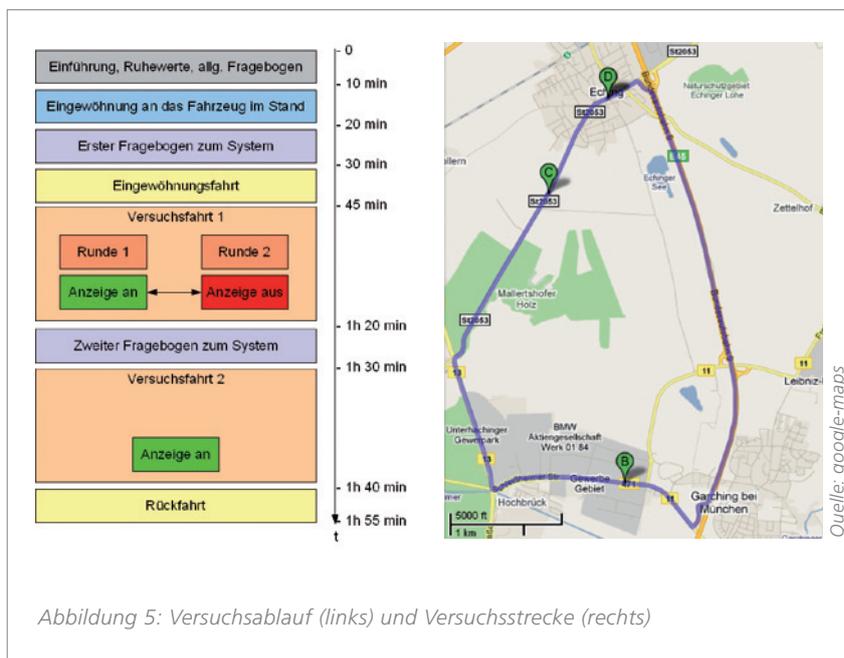


Abbildung 5: Versuchsablauf (links) und Versuchsstrecke (rechts)

banden die Versuchsstrecke drei Mal abfahren. Während der ersten zwei Runden war die Anzeige der Werte durch das System abwechselnd an- und ausgeschaltet. Es wurde erfasst, wie oft die Versuchspersonen während der Fahrt die Sensoren tatsächlich bedienten. Die Probanden wurden hierfür angewiesen, das System so oft zu bedienen, wie sie es bei einer normalen Nutzung selbst tun würden. Während der dritten Runde wurden die Probanden gebeten, den Sensor so oft wie möglich zu bedienen. Gleichzeitig trugen die Probanden ein Referenzmesssystem, um Vergleichswerte zur Bewertung der Messgenauigkeit zu

erhalten. Nach der zweiten Runde wurden die Probanden befragt, um eine subjektive Bewertung des Systems zu erhalten. Einen Überblick über den Versuchsablauf und über die gefahrene Strecke gibt Abbildung 5.

#### 4.4.2.3.4 Ergebnisse des Straßenversuchs

Die subjektive Systembewertung sollte anhand der Befragung unmittelbar nach der Systemnutzung ermitteln, wie die Probanden das System einschätzen und bewerten. Die wichtigsten Ergebnisse der Auswertung können Abbildung 6 entnommen werden.

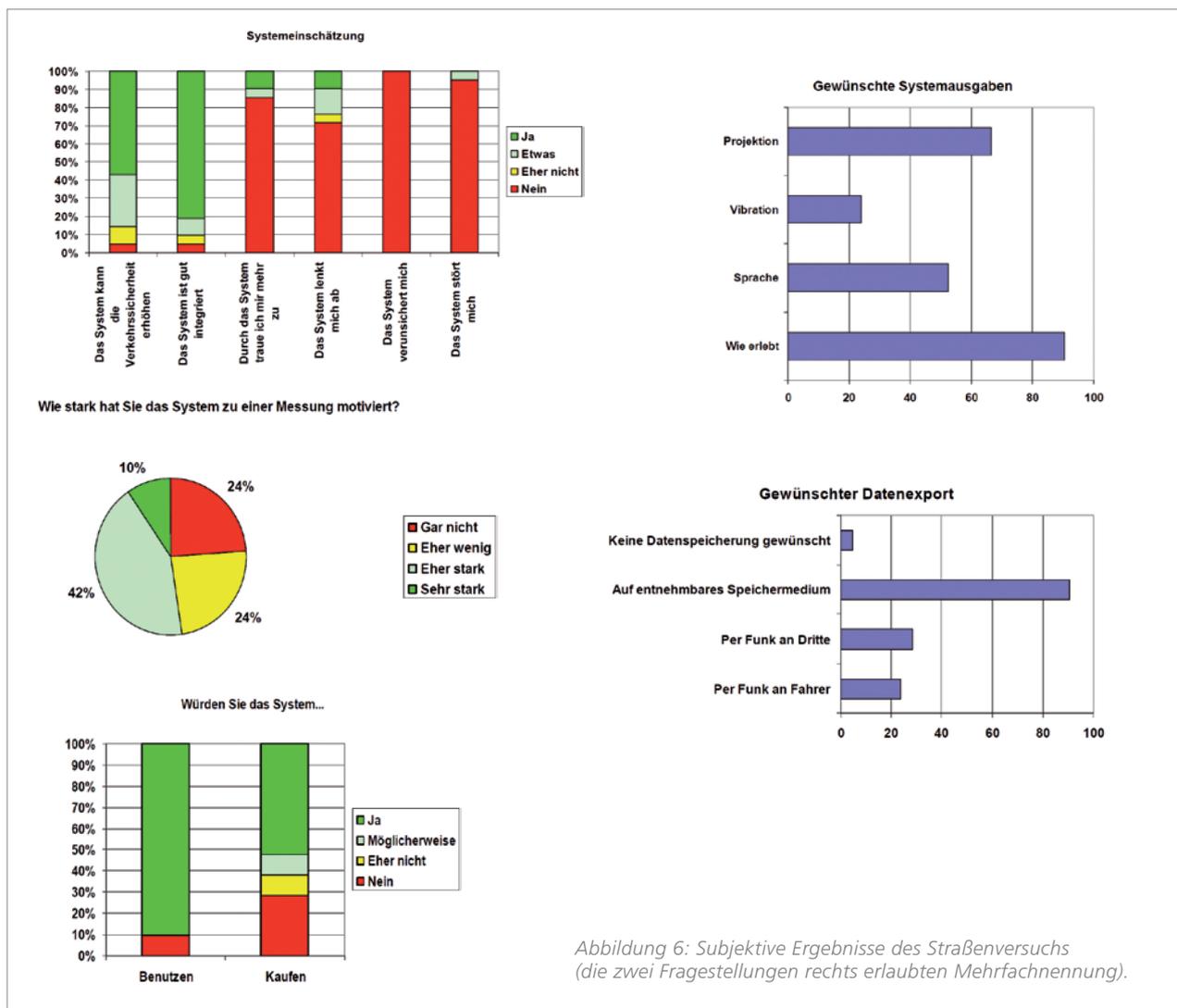
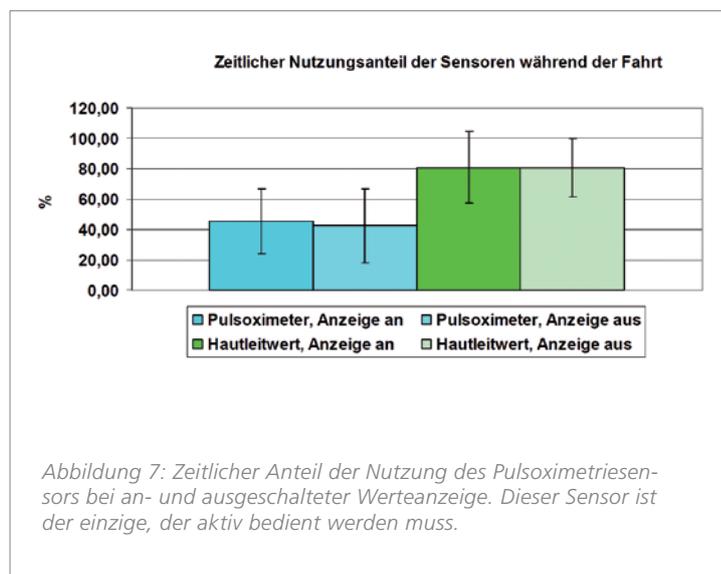


Abbildung 6: Subjektive Ergebnisse des Straßenversuchs (die zwei Fragestellungen rechts erlaubten Mehrfachnennung).

Darüber hinaus konnte anhand der Messwerte objektiv bewertet werden, wie oft die Sensoren von den Probanden während der Fahrt tatsächlich bedient wurden. Der Pulsoximetriesensor ist hier von besonderer Bedeutung, da er als einziger vom Nutzer aktiv bedient werden musste.

Die Häufigkeit der Bedienung durch den Probanden wurde getrennt betrachtet, in Abhängigkeit davon, ob die Werteanzeige für den Fahrer sichtbar war oder nicht. So sollte ermittelt werden, wie stark die Anzeige der Werte die Messmotivation, sprich die Bereitschaft den Sensor zu berühren, steigerte. Das Ergebnis ist in Abbildung 7 sichtbar.



Der zeitliche Sensornutzungsanteil bei eingeschalteter Anzeige ist etwas höher als bei ausgeschalteter Anzeige. Allerdings ist der Unterschied (+6 %) kleiner als die Standardabweichung. Daraus kann geschlossen werden, dass die Anzeige insgesamt keinen großen Einfluss auf die Sensornutzung hat. Insgesamt liegt jedoch der zeitliche Nutzungsanteil im ungünstigeren Fall im Schnitt bei etwa 42 %. Dies bedeutet, dass bei einer zehnminütigen Fahrt im Schnitt über vier Minuten gültige Messzeit des Pulsoximetriesensors vorliegen, was für eine regelmäßige Prüfung der Werte vollkommen ausreichend ist. Der Nutzungsanteil der Hautleitwertelektroden liegt erwartungs-

gemäß höher, da diese am gesamten Lenkradumfang vorhanden sind.

Der Vergleich der durch das Messsystem und das Referenzmesssystem erfassten Werte liefert eine Beurteilung der Messgenauigkeit. Der Unterschied zwischen der Pulsfrequenz, gemessen mit dem System und mit dem Referenzsystem, beträgt  $0,22 \pm 10,93$  1/s ( $n=5.677$ ). Der Unterschied zwischen dem Hautleitwert, gemessen mit dem System und mit dem Referenzsystem, beträgt  $220,8 \pm 444,4$   $\mu$ S ( $n=11.454$ ). Eine höhere Übereinstimmung bei beiden Sensoren wäre wünschenswert. Dies

könnte allerdings darin begründet sein, dass selbst die Referenzsensoren nicht immer zuverlässige Werte lieferten und es aus zeitlichen Gründen nicht möglich war, die Messzeitpunkte genau zu synchronisieren. Beide Umstände beeinflussten das Ergebnis negativ.

#### 4.4.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

Die Zusammenarbeit mit anderen Teilprojekten erfolgte am intensivsten im letzten Projektjahr und spiegelt sich in der erfolgreichen Implementierung des Datenexports auf die HomeCare-Unit des Teilprojekts I-3 wider. Die Möglichkeit, Zwischenergebnisse und Prototypen durch Fit-4Use und den Seniorenbeirat evaluieren zu lassen

(Arbeitspaket 3), brachte wichtige Erkenntnisse und konnte in der Systementwicklung zum Großteil umgesetzt werden. Während der gesamten Projektlaufzeit konnte von der guten Zusammenarbeit mit der BMW Group Forschung und Technik, vor allem bei der Systemintegration und Durchführung der Experimente, profitiert werden.

#### 4.4.4 Ausblick

In diesem Teilprojekt wurde ein fahrzeugintegriertes System zur Erfassung von Vitalparametern realisiert, bei dem die Messung von Gesundheitsinformationen ohne jede

Ablenkung des Fahrers erfolgt. Dazu wurden Sensoren ausgewählt, welche die Werteerfassung durch Berührung ermöglichen. Die eingesetzten Schnittstellen erlauben die Einbindung am Körper getragener Sensoren sowie die Kommunikation mit dem Fahrzeug. Das System wurde in einer ersten Stufe in Fokusgruppen sowie in einer zweiten Stufe im realen Straßenverkehr von Mitgliedern des Seniorenbeirats und der Seniorenvertretung der Stadt München evaluiert. Die Ergebnisse der Evaluationen konnten in die Systementwicklung einfließen. Somit wurde das System in den abschließenden Probandenbefragungen insgesamt als gut integriert und nicht störend bewertet. Von den befragten Probanden würden 90 % das System nutzen. Die Ergebnisse wurden national und international wissenschaftlich publiziert [4], [5].

Die in diesem Teilprojekt angestrebten Ergebnisse wurden somit technisch umgesetzt und erreicht. Als nächster Schritt sollte das System vervielfältigt werden, um von einer größeren Anzahl an Personen genutzt und bewertet werden zu können. Darüber hinaus sollte das System um weitere körpergetragene Sensoren erweitert werden. Durch den Einsatz über einen längeren Zeitraum und durch mehrere Probanden sollte somit gezeigt werden, dass die durch das System erfassten Informationen zur Früherkennung gesundheitsbedingter Veränderungen genutzt werden können.

#### 4.4.5 Literatur

[1] Hobi, V.; Gerhard, U.; Gutzwiller, F.: Mitteilungen über die Erfahrungen mit dem GHQ (General Health Questionnaire) von D. G. Goldberg, in: Schweizerische Rundschau für Medizin, 9, 1989, S. 219–227

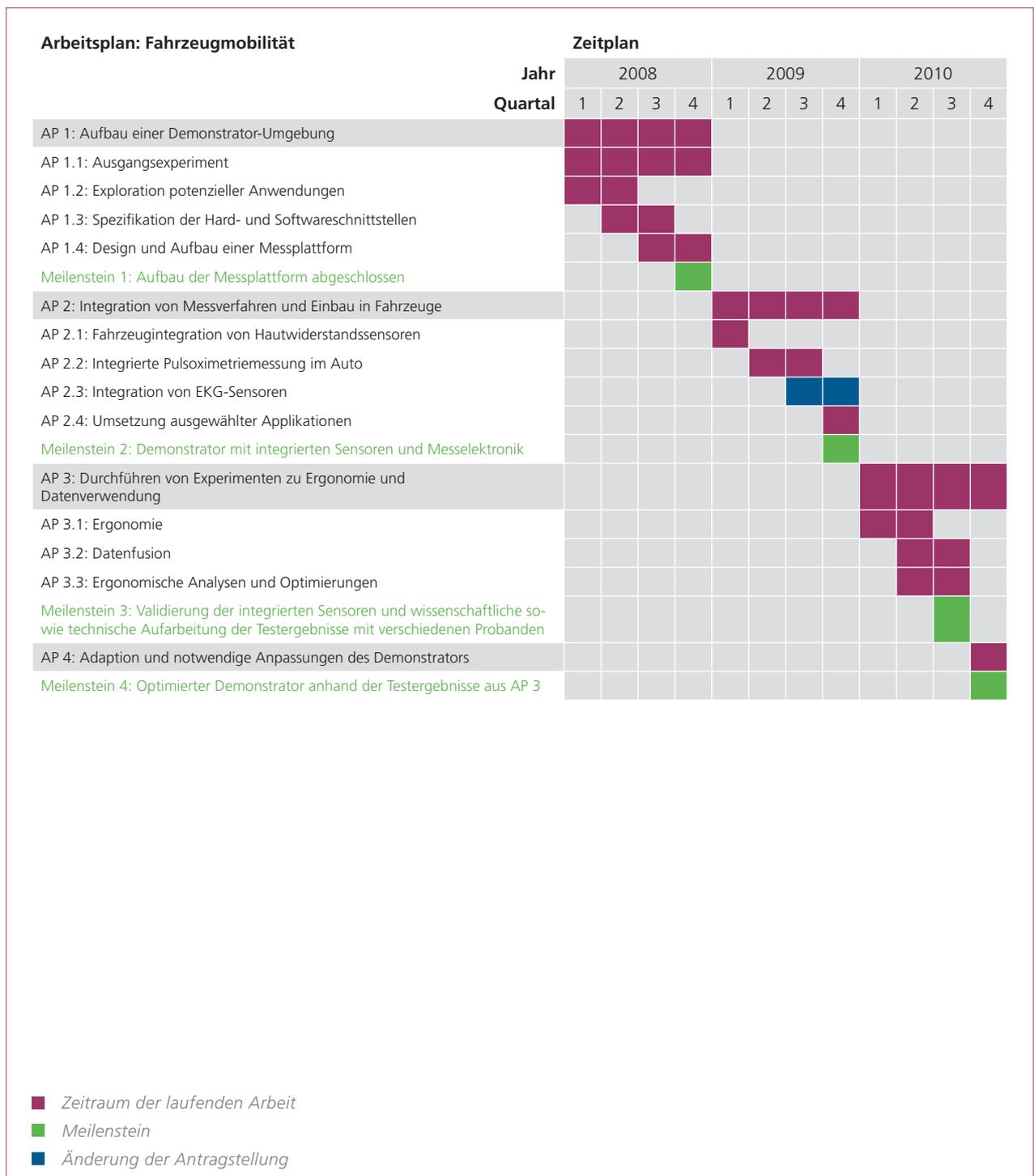
[2] Hart, S. G.; Staveland, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research, in: Hancock, P. A.; Meshkati, N. (Eds.), Human Mental Workload, Noth Holland Press, Amsterdam, 1988, S. 239–250

[3] Kennedy, R. S.; Lane, N. E.; Berbaum, K. S.; Lilienthal, M. G.: Simulator Sickness Questionnaire: an Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, in: International Journal of Aviation Psychology, 3(3), 1992, S. 203–220

[4] D'Angelo, L.T.; Parlow, J.; Spiessl, W.; Hoch, S.; Lüth T. C.: A System for Unobtrusive In-Car Vital Parameter Acquisition and Processing, in: Pervasive Computing Technologies for Healthcare, IEEE Conference on Pervasive Health 2010, München, 2010, S. 1–7

[5] D'Angelo L.T.; Parlow J.; Spiessl W.; Hoch S.; Lüth T. C.: Fahrzeugintegrierte Erfassung und Verarbeitung von Vitalparametern, Tagungsband, 4. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 25.1.–26.1.2011

### 4.4.6 Arbeits- und Zeitplan





## THEMENFELD III

# 5 Fit4Work – Menschen bleiben länger im Arbeitsleben

*Im Themenfeld Fit4Work werden für demographiefeste Produktionssysteme und -strukturen innovative, flexible und wirtschaftliche Lösungen entwickelt. Diese werden in Unternehmen zur Prävention von Leistungswandlungen sowie zur Integration von leistungsgewandelten Mitarbeitern eingesetzt. Durch die Umsetzung der entwickelten Lösungen erfolgt die Reduktion der physischen und psychischen Belastung hin zu einer gesunden, leistungsgemäßen Beanspruchung. Somit kann die Erwerbsfähigkeit unterstützt, die Einsatzflexibilität erhöht und die Arbeitskraft langfristig erhalten werden. Die Ergebnisse des Themenfelds Fit4Work sind die Definition und Einbindung von konkreten Mitarbeiteranforderungen in die Montageplanung und -organisation, die Entwicklung technischer und organisatorischer Konzepte zur Belastungsmessung und -visualisierung, die Ableitung von Maßnahmen für die Job-Rotation in der Montage und Logistik, die Entwicklung und Validierung von individuellen Einstellmöglichkeiten von Arbeitsplätzen und die Entwicklung von Lösungen der Mensch-Roboter-Kooperation für Montage-Anwendungen*

---

### 5.1 Montagesysteme und -strukturen

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb), Technische Universität München

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart

**Mitarbeiter:** Dipl.-Wi.-Ing. Jörg Egbers

**Industriepartner:** BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH, Dillingen/Donau; Metabowerke GmbH, Nürtingen; MTM-Institut, Zeuthen; ZELENKA GmbH, Gilching

---

#### 5.1.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Das im Antrag definierte Ziel des Teilprojekts III-1 war die Entwicklung von integrationsförderlichen Montagesystemen, um eine konkurrenzfähige Produktion unter der Rahmenbedingung alternder Belegschaften zu ermög-

lichen. Die mit der genannten Zielsetzung adressierten Forschungsfragen lassen sich wie folgt formulieren:

1. Welche individuellen und interindividuellen Anforderungen stellen alternde Belegschaften an die Montagegestaltung und -planung?
2. Welche konstruktiv-technischen Lösungen lassen sich zur Kompensation erkannter Leistungswandlungen und zur Verringerung typischer Arbeitsbelastungen in der Montage einsetzen?
3. Wie lassen sich erarbeitete Lösungen und Vorgehensweisen zur Montagegestaltung so in die Montageplanung integrieren, dass ein nachhaltiger und wirtschaftlicher Einsatz leistungsgewandelter Mitarbeiter ermöglicht wird?

## 5.1.2 Ergebnisse

### 1. Anforderungen an die Montagesystemgestaltung

Die Erhebung der Mitarbeiteranforderungen bei Industriepartnern ergab folgende Erkenntnisse: Der Schwerpunkt der Leistungswandlungen liegt mit einem Anteil von 63 % bei motorischen Funktionen (Abbildung 1, oben). Von diesen Leistungswandlungen sind insgesamt 44 % als reversibel und 56 % als irreversibel eingestuft worden (Abbildung 1, unten). Die Reversibilität von Leistungswandlungen zeigt sich stark altersabhängig: in der Altersklasse bis zu 24 Jahren sind keine irreversiblen Leistungswandlungen dokumentiert, im Alterskorridor zwischen 55 und 59 Jahren jedoch 75 % (Erhebung in Unternehmen 1). Die Altersstruktur verschob sich innerhalb der letzten fünf Jahre hin zu einer älter werdenden Belegschaft. Die Altersstrukturprognose ergibt eine Zunahme der Anzahl an leistungsgewandelten Mitarbeitern (LGW) um 15 % bis zum Jahr 2019. Mit 13 % ist der Anteil an LGW in der Altersklasse der 51- bis 55-Jährigen am höchsten. 51 % der LGW kommen in Montage oder Vormontage zum Einsatz, 49 % in der innerbetrieblichen Logistik oder Lackierung. 65 % der LGW haben eine, 27 % haben zwei und weitere 8 % haben mehr als zwei Leistungswandlungen (Erhebung in Unternehmen 2).

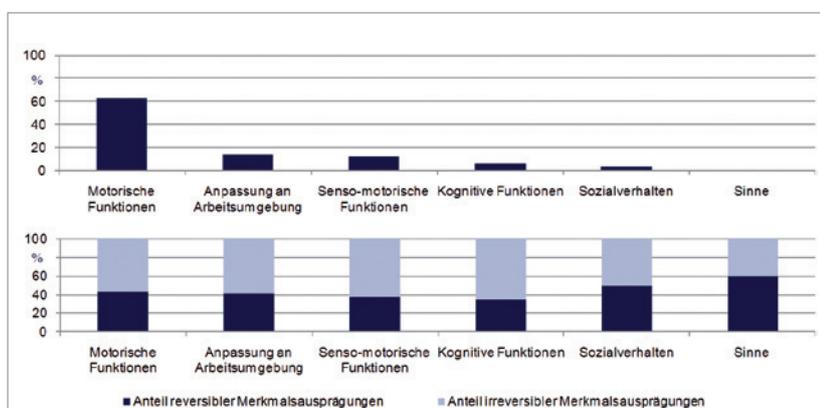


Abbildung 1: Funktionale Verteilung (oben) und Reversibilität von Leistungswandlungen (unten)

Dem entgegen stellen die häufigsten Arbeitsbelastungen an den untersuchten Montagelinien die Kriterien „Taktung“, „Sitzen, Gehen, Stehen“, „Belastung der Finger“ und „Belastung des Nackens“ dar. Folgende Präzisierung der Handlungsfelder wurde nach Abschluss der Analysephase gemeinsam mit den Industriepartnern vorgenommen:

- Arbeitsindividualisierung und Belastungsreduktion: Aufgrund der Auswertungen von Mitarbeiteranforderungen waren Maßnahmen zu entwickeln, die eine Arbeitsindividualisierung und Reduktion physischer Belastungen ermöglichen.
- Planung zukünftiger Montagesysteme: Es existierte keine Methode, welche die beschriebenen Mitarbeiteranforderungen in die Montageplanung integriert und Arbeitsplätze nach den Anforderungen der konkret einzusetzenden Belegschaft auslegbar macht. Diese sollte entwickelt werden.

### 2. Konstruktiv-technische Lösungen zur Arbeitsindividualisierung und Belastungsreduktion

Als Beispiel für nicht altersgerecht gestaltete Montagewerkzeuge mit resultierenden Belastungen des Finger- und Unterarmapparats wurde eine Montagezange für Sicherungsringe im Hinterachsgetriebe ausgewählt. Gemeinsam mit der Firma BMW wurde ein Werkzeug entwickelt, mit dem durch die Aufteilung des Hebelvorgangs in vier Einzelschritte eine Eliminierung der statischen Haltarbeit erreicht werden konnte.

Eine Möglichkeit zur Individualisierung der Arbeitsplatzeinrichtung wurde anhand der Arbeitshöhe von ortsfesten Montagetechniken entwickelt: Aufgrund enger Zeit- und Leistungsgrenzen in gegenwärtigen Montagesystemen war das primäre Entwicklungsziel die Einstellung der Arbeitsplatzeinrichtung ohne notwendigen Eingriff seitens des Werkers. Weitere Ziele bestanden in

der Erreichung eines hohen Nutzungsgrades, einer unveränderten zeitlichen Autonomie, der Vermeidung von Fehleinstellungen, einem hohen Datenschutz und einem geringen Zusatzaufwand durch Tragen eines geeigneten Datenträgers.

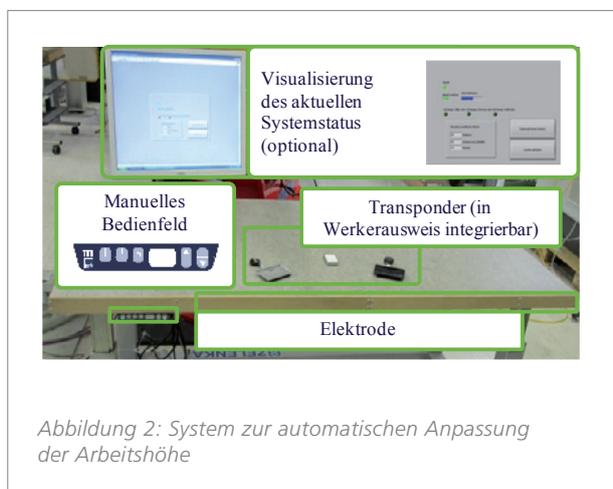


Abbildung 2: System zur automatischen Anpassung der Arbeitshöhe

Das entwickelte System besteht aus einem höhenverstellbaren Montagearbeitsplatz der Firma ZELENSKA GmbH, der mit elektrohydraulischen Antrieben sowie einem Bedieninterface ausgestattet ist. Zur automatischen mitarbeiterindividuellen Anpassung der benötigten Arbeitshöhe wird ein auf der Resistive-Capacitive-Identifikation (RCID)-Technologie basierendes Identifikationssystem eingesetzt: Berührt der eingesetzte Montagemitarbeiter den Arbeitstisch, so wird die gespeicherte Körpergröße aus einem mobilen, dezentralen Speichermedium an die Motorsteuerung des Tisches übermittelt. Die Datenübertragung erfolgt über am Tisch montierte, unsichtbare Elektroden (Abbildung 2). Ohne manuellen Eingriff des Mitarbeiters wird der Arbeitstisch in die ermittelte Höhenposition gefahren. Der vom Mitarbeiter getragene Transponder enthält ausschließlich einen Datensatz, der für die Ermittlung der Arbeitshöhe notwendig ist.

Die ermittelte Tischhöhe richtet sich nach dem Arbeitsplatztyp (Steharbeitsplatz oder Sitzarbeitsplatz), den individuellen Körpermaßen des einzusetzenden Mitarbeiters,

den aus den Arbeitsanforderungen resultierenden Abständen und Maßen, den Konstruktionsmaßen des eingesetzten Tisches und einer Kontrolle der für die Arbeitsausführung benötigten Freiräume. Die Berechnung erfolgt dynamisch bei Übermittlung der Mitarbeiteranforderungen (in Anlehnung an [1]). Für einen dynamischen Wechsel der Arbeitshaltung ist das Bedieninterface zudem mit Bedienelementen für eine sitzende, angelehnte oder stehende Tätigkeitsausführung ausgestattet. Der Aufwand zur Datenerhebung ist gering: Neben der geometrischen Gestaltung des Arbeitsraums muss nur die Augenhöhe des Mitarbeiters als Eingangsparameter bekannt sein.

Der Vergleich mit den wichtigsten Regeln zur Verstellbarkeit von Arbeitsplatzelementen zeigt, dass systemimmanent wesentliche Forderungen erfüllt werden [2]: Das Vergessen der persönlichen Werte wird durch die Speicherung umgangen, mögliche Verstellbereiche werden durch die konstruktive Tischgestaltung abgedeckt. Gleichzeitig bleibt die Mitarbeiterautonomie bezüglich der Einstellung erhalten, da allein das freiwillige Tragen des betreffenden Transponders die Höhenanpassung auslöst. Zur Unterstützung eines Wechsels zwischen stehender, angelehnter oder sitzender Arbeitshaltung besteht zudem die Möglichkeit, die Arbeitshöhe über am Tisch angebrachte Positionstasten für die drei Arbeitshaltungen zu variieren.

Für den Vergleich zu einem höhenverstellbaren Arbeitsplatz ohne RCID wurde exemplarisch folgendes Szenario eines manuellen Montagesystems analysiert: Die Montage erfolgt im Zweischichtbetrieb an zehn manuellen Arbeitsplätzen, die mit jeweils einem Tischsystem ausgestattet werden; die Nutzungsdauer der Arbeitsplatzsysteme beträgt sechs Jahre. Es kommen 22 Montagemitarbeiter zum Einsatz (zehn Mitarbeiter und ein zusätzlicher Springer je Schicht), die alle drei Stunden einen Arbeitsplatzwechsel durchführen. Die Entlohnung erfolgt nach dem Entgeltrahmenabkommen der Metall- und Elektroindustrie: 20 Mitarbeiter sind der Entgeltgruppe 2 zugeordnet, 2 Mitarbeiter in gruppenleitender Funktion der Entgeltgruppe 4. Beide Gruppen erhalten neben einem 13. Monatsgehalt

eine durchschnittliche Leistungszulage von 14 % [3]. Zudem wurde ein durchschnittlicher Lohnnebenkostensatz von 37 % in der Berechnung berücksichtigt.

In den Vergleich können in diesem Szenario die Investitions- und Installationskosten für das Tischsystem, Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie Kosten durch Prozesszeiten bei Anpassung der Arbeitshöhe einbezogen werden (siehe Abbildung 3, links). Der Vergleich zu herkömmlichen Systemen wurde in zwei Szenarien analysiert: Zum einen wurde bei gleicher Menge an Arbeitshöheneinstellungen ein herkömmliches System mit einem Nutzungsgrad von 100 % angenommen. Zum anderen wurde angenommen, dass Mitarbeiter nur bei jedem fünften Arbeitsplatzwechsel eine Veränderung der Höheneinstellung vornehmen (Nutzungsgrad von 20 %).

Es kann festgehalten werden, dass die automatisierte Höhenverstellung im Vergleich zu einem System mit gleichem Nutzungsgrad von 100 % etwa 1.600 Euro preiswerter ist. Grund für die Einsparung ist die hohe benötigte Einstelldauer beim manuellen System, während der Montagemitarbeiter keine wertschöpfende Tätigkeit ausführen kann. Beim zweiten Vergleichssystem führen die Mehrkosten von 19 % innerhalb der betrachteten Systemlaufzeit (ca. 5.000 Euro) zu einer Steigerung des Nutzungsgrads auf 80 %. Dies ist den geringfügig höheren Investitionen in die automatisierte Einstellung geschuldet. Die Mehrkosten relativieren sich, wenn Krankheitskosten in die Betrachtung mit einbezogen werden: Beispielhaft wurden die Krankheitsdaten eines Industriepartners aus dem

Jahr 2007 herangezogen und auf die zuvor beschriebenen 22 Mitarbeiter angewendet. Durchschnittlich treten während der sechsjährigen Nutzungsdauer des Montagesystems 2074 AU (Arbeitsunfähigkeits)-Tage auf, von denen 477 AU-Tage auf muskuloskeletale Erkrankungen entfallen. Das System mit der automatischen Anpassung der Arbeitshöhe ist dann wirtschaftlicher, wenn bei jedem Montagemitarbeiter eine Krankenstandsverringerung von 3,3 Stunden pro Jahr erreicht werden kann.

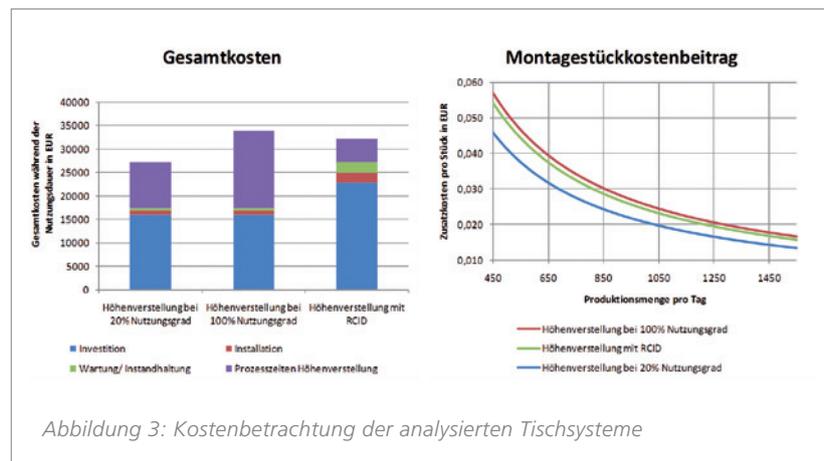


Abbildung 3: Kostenbetrachtung der analysierten Tischsysteme



Abbildung 4: Produkt- und prozessgestalterische Optimierungen bei Metabo

In den Montagesystemen der Metabowerke GmbH wurden beispielhaft Optimierungsmaßnahmen vorgenommen, die zu einer deutlichen Belastungsreduktion des Finger-, Hand- und Unterarmapparats führten: Durch die produktseitige Vermeidung des Aufsteckprozesses von Litzen konnten die Belastungen von bisher 240 N (bei vier Litzen und 60 N/Litze) auf 0,1 N je Produkt verringert werden (Abbildung 4, oben). Bei einer Stückzahl von 350 Einheiten beträgt die Belastungsreduktion je Schicht 83.965 N. Zudem konnte ein manueller Einpressvorgang für Kugellager, der bisher einen Kraftaufwand von 150 N bedeutete, durch eine Teilautomatisierung mit manueller Prozessauslösung (Abbildung 4, unten) eliminiert werden.

Zusätzlich zu den beschriebenen technischen Lösungen wurden in Zusammenarbeit mit den Firmen BMW, BSH und Metabo für die analysierten Montagelinien weitere Maßnahmen zur Belastungsreduktion konzipiert und hinsichtlich des ergonomischen Verbesserungspotenzials sowie ihrer wirtschaftlichen Umsetzbarkeit in bestehenden Systemen bewertet. Diese Maßnahmen werden in die zukünftige Neukonzeption von Montagesystemen bei den Industriepartnern einfließen.

### 3. Methode zur Berücksichtigung von Belegschaftsanforderungen in der Montageplanung

Ziel der Montageplanungsmethode ist die auf quantitativ vorliegenden Daten basierende Berücksichtigung von physischen Anforderungen der konkret einzusetzenden Mitarbeiter. Die Analyse bestehender Planungsansätze in Forschung und Praxis zeigt, dass Mitarbeiteranforderungen bisher über die Faktoren Mitarbeiterqualifizierung, Geschlecht und Körpergröße in die Planung eingebunden wurden [4] oder eine allgemeine Arbeitsauslegung hinsichtlich ergonomischer Richtlinien stattfand, wohingegen

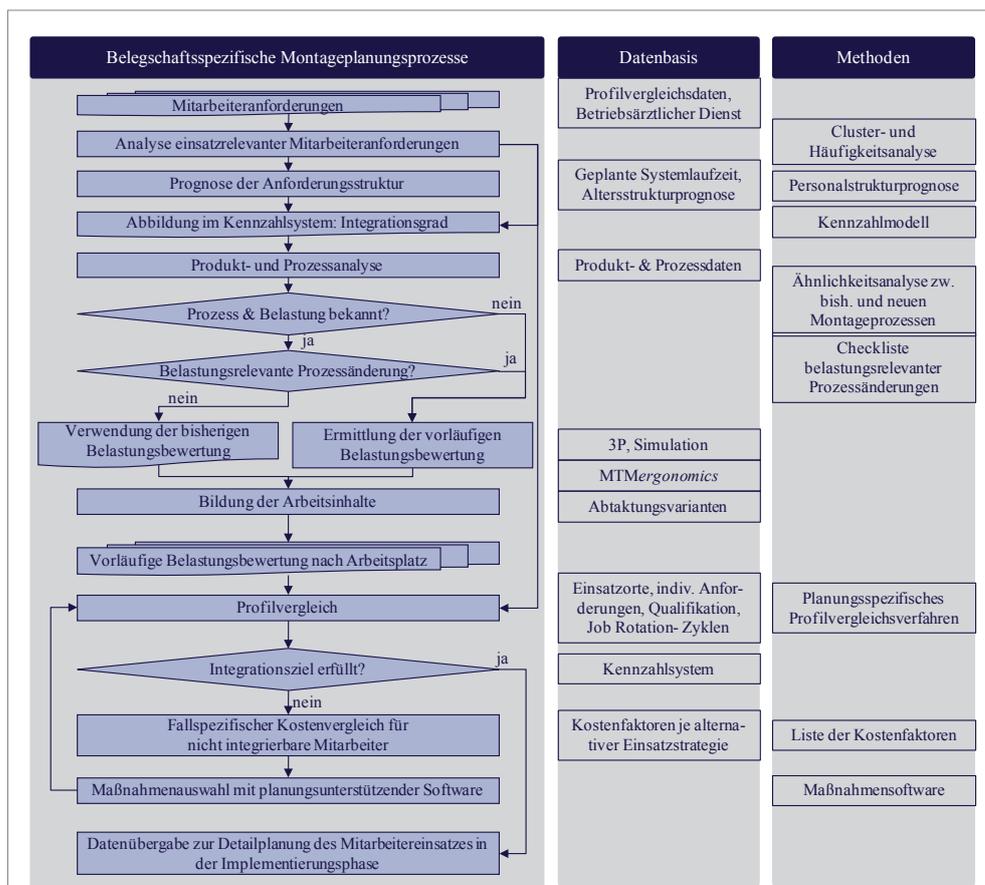


Abbildung 5: Methodische Vorgehensweise zur Berücksichtigung von Belegschaftsanforderungen in der Montageplanung

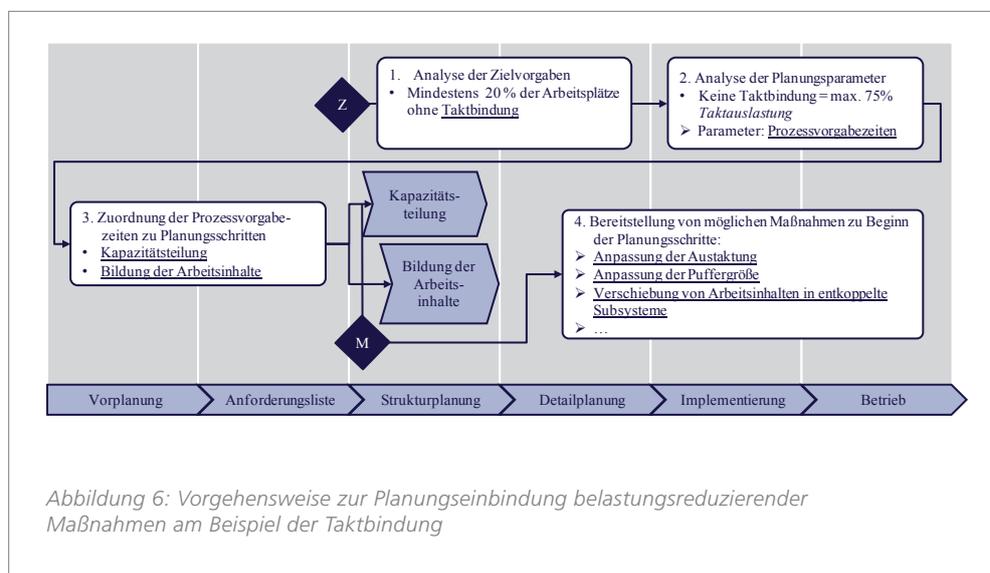
gen die Personaleinsatzplanung erst im Montagebetrieb erfolgt [5], [6], [7], [8].

Zur Bewertung von unterschiedlichen Planungsvarianten eines Montagesystems wurde die Kennzahl „Integrationsgrad“ definiert: Die quantifizierten Mitarbeiteranforderungen werden ins Verhältnis zu den erwarteten Arbeitsplatzbelastungen gesetzt; so wird ein Maß für die Personaleinsatzbarkeit im geplanten Montagesystem geschaffen. Durch kontinuierliche Aktualisierung dieser Kennzahl mit zunehmendem Detaillierungsgrad kann die Maßnahmenwirksamkeit überprüft werden.

Abbildung 5 zeigt die für den Mitarbeiterereinsatz relevanten Vorgehensschritte der Methode: Im Anschluss an die Analyse dokumentierter Anforderungen (siehe beispielsweise Abbildung 1) erfolgt eine Prognose der Anforderungsstruktur während der geplanten Laufzeit des Montagesystems. Über Einzelfälle hinausgehende, einsatzrelevante Anforderungsparameter werden mittels des zu erreichenden Integrationsgrads in das Zielsystem des Planungsprojekts übernommen. Eine schrittweise Spezifizierung des Integrationsgrads erfolgt nach verantwortlichem Planer, der Reversibilität von Anforderungen sowie bisherigen Einsatzorten der jeweiligen Mitarbeiter. Ziel dieses Schritts ist die Kommunikation eines verbindlichen Arbeitsauftrags zur Berücksichtigung der Belegschaftsanforderungen an den ausführenden Planer und die Festlegung eines sinnvoll zu erreichenden Integrationsgrads durch das Projektteam. Parallel zur Produktanalyse erfolgt eine Klassifizierung der Montageprozesse hinsichtlich vorliegender

Belastungsdaten: Unterscheiden sich die voraussichtlichen Arbeitsbelastungen nicht vom Vorgängerprodukt, können vorliegende Belastungsdokumentationen weiterverwendet werden. Für neue oder geänderte Montageprozesse sind vorläufige Belastungen mittels der 3P-Methode (siehe FitForAge-Zwischenbericht 2009, S. 80–81) zu ermitteln. Im sich anschließenden Profilvergleich zwischen Mitarbeiteranforderungen und voraussichtlichen Arbeitsplatzbelastungen kann der zusätzliche Integrationsbedarf bereits während der Planung quantifiziert werden: Sind Mitarbeiter aufgrund der momentanen Belastungssituation nicht adäquat einsetzbar, erfolgt ein fallspezifischer Kostenvergleich zwischen den unterschiedlichen ergreifbaren Maßnahmen zur Erhöhung der Passung zwischen Mitarbeiter und Arbeitsplatz.

Für die Bereitstellung geeigneter Maßnahmen zu einem bestimmten Planungszeitpunkt wurde ein ergänzender Ansatz entwickelt. Dieser ordnet belastungsreduzierende Maßnahmen derjenigen Planungsphase zu, welche sich kritisch hinsichtlich einer späteren Maßnahmenumsetzung verhält. Die Methode basiert auf der Analyse von Freiheitsgraden: Benötigte Vorbedingungen zur späteren Umsetzung werden für jede Maßnahme analysiert und anschließend wird überprüft, in welchem Montagepla-



nungsschritt eine Festlegung dieser Vorbedingungen erfolgt. Die überprüfte Maßnahme wird folglich dem Beginn dieses Planungsschritts zugeordnet, um die konkrete Maßnahme bereits zu Beginn dieser Phase berücksichtigen zu können. Eine weitere Detaillierung ist durch die Wahl mehrerer Planungszeitpunkte je Maßnahme möglich: Um zu jedem Planungszeitpunkt Transparenz hinsichtlich verfügbarer Maßnahmen zu erhalten, erfolgt eine zusätzliche Einordnung und Darstellung geeigneter Umsetzungszeitpunkte.

Software geschaffen werden, die einen praxisnahen Einsatz der Methode ermöglicht. Das Funktionsprinzip der Software wird in Abbildung 7 erläutert.

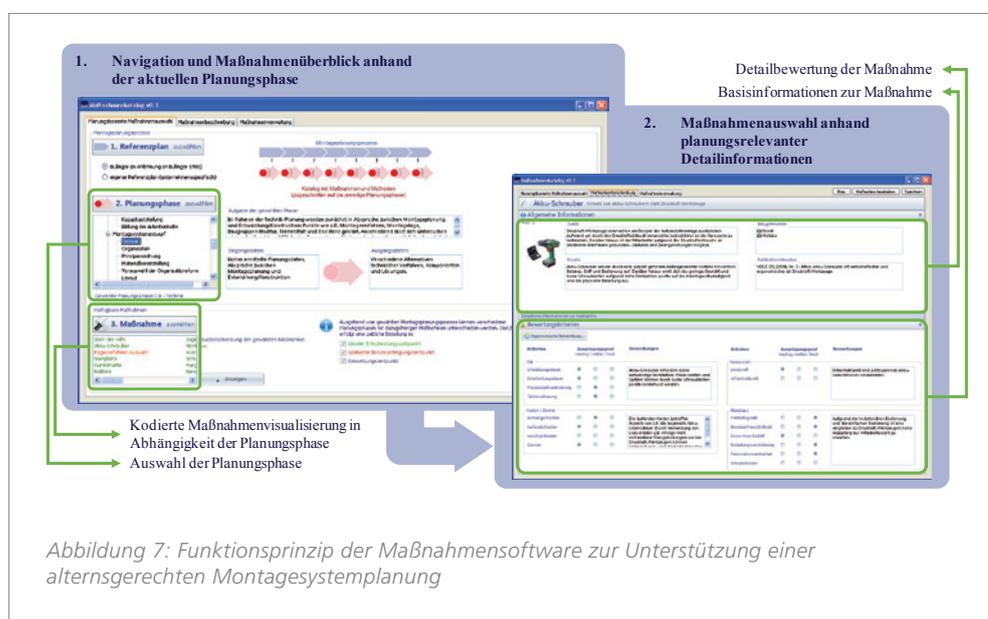


Abbildung 6 zeigt den prinzipiellen Ablauf zur Ermittlung des relevanten Planungsschritts anhand des Beispiels „Arbeitsausführung an Arbeitsplätzen mit Taktbindung“: Die Analyse der aus Mitarbeiteranforderungen abgeleiteten Zielvorgaben ergibt in diesem Beispiel, dass mindestens 20 % der Arbeitsplätze ohne Taktbindung sein sollten. Im Detail bedeutet dies, dass der Taktauslastungsgrad (also das Verhältnis von geplanten Prozessvorgabezeiten zur Taktzeit) maximal 75 % beträgt. Die relevanten Planungsparameter sind also die Prozessvorgabezeit und die Austaktung. Diese werden in den Planungsphasen „Kapazitätsteilung“ und „Bildung der Arbeitsinhalte“ festgelegt. Als Schluss ergibt sich, dass dem Montageplaner Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderung „mindestens 20 % der Arbeitsplätze ohne Taktbindung“ zu Beginn der Phase „Kapazitätsteilung“ zur Verfügung gestellt werden sollten.

Basierend auf der aktuellen Planungsphase werden Maßnahmen angezeigt, die zu diesem Planungszeitpunkt eingebunden bzw. umgesetzt werden sollten. Durch Auswahl einer Maßnahme erhält der Planer in einer weiteren Ansicht detaillierte Informationen zu möglichen Auswirkungen auf weitere Prozessparameter sowie möglicherweise entstehende Kosten. Zudem ist eine Verwaltungsansicht implementiert, die unterschiedlichen Planungsbeteiligten eine Neuanlage oder Änderung des Datenpools erlaubt und so eine planungs- und abteilungsübergreifende Nutzung der Software als Wissensmanagementsystem ermöglicht.

### 5.1.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

In Zusammenarbeit mit den Teilprojekten im Themenfeld Fit4Work und im Querschnittsprojekt Fit4Product erfolgten die Definition der Zielgruppe leistungsgewandelter Mitar-

beiter und die Erstellung eines Anforderungskatalogs von Produktions- und Logistikmitarbeitern. Die in den einzelnen Teilprojekten erhobenen Daten sowie Literaturangaben wurden in einer gemeinsamen Datenbank dem gesamten Themenfeld und den Querschnittsprojekten zur Verfügung gestellt und aktuelle Projektfortschritte auf Mitarbeitertreffen diskutiert.

Gemeinsam mit den Industriepartnern BMW, BSH und Metabo sowie den Teilprojekten III-2 „Logistiksysteme“ und III-3 „Roboterunterstützung an Montagearbeitsplätzen“ wurden Arbeits-, Anforderungs- und Personalstrukturanalysen durchgeführt. Die Erarbeitung, Bewertung und Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen an den vorhandenen Montagelinien stellte anschließend einen Schwerpunkt der Zusammenarbeit dar. Mit den Firmen BSH, MTM und Metabo wurden Workshops zur Integration der Erkenntnisse in die Montageplanung durchgeführt und die entwickelte Methodik in einem iterativen Vorgehen anhand von Anforderungen aus der Einsatz- und Entwicklungspraxis überprüft. Die Firma BSH prüft derzeit als Ergebnis der Zusammenarbeit die Umsetzbarkeit der entwickelten Planungsmethodik innerhalb der verwendeten Fertigungsplanungssoftware B-COPE.

Die Realisierung der automatischen Arbeitsplatzindividualisierung erfolgte in enger Abstimmung mit der Firma ZELENKA und dem Teilprojekt III-3: Entwicklungsschwerpunkte und geeignete Technologien zur Mitarbeiteridentifikation wurden gemeinsam ausgewählt und der Aufbau des Forschungsdemonstrators in kontinuierlichen Abstimmungstreffen durch ZELENKA unterstützt. Abschließend wurde der entwickelte Prototyp dem Fachpublikum am iwB-Stand auf der Mechatronik-Messe „automatica“ präsentiert sowie auf der Montagemesse „Motek“ im Rahmen eines Fachvortrags von ZELENKA vorgestellt.

#### 5.1.4 Ausblick

Die technischen Lösungen zur Belastungsreduktion und Arbeitsplatzindividualisierung wurden konzeptionell ab-

geschlossen und können durch die jeweiligen Industriepartner für den Serieneinsatz qualifiziert werden. Durch die Einbindung der Mitarbeiteridentifikation in die Arbeitsplatzgestaltung können zudem bisher nicht adressierte Arbeitselemente wie etwa die displaygestützte Weiterbildung (siehe Teilprojekt III-2) stärker individualisiert werden, ohne weitere Transponder einzusetzen. Ein Modell zur Beschreibung von Nutzungspotenzialen von RCID in der Produktion ist für eine ganzheitliche Technologiebewertung notwendig.

Weiterer Forschungsbedarf kann für die Methodik einer Wirtschaftlichkeitsbewertung sowie den temporären Einsatz von alternsgerechten Maßnahmen identifiziert werden, da mitarbeiterindividuelle Adaptionen an die Arbeitsumgebung notwendig sind und umfassende Erhebungen monetärer und technischer Daten erfordern. Für den Transfer der Methodik zur erweiterten Montageplanung in die Industrie ist weiterer Forschungsbedarf zur Anbindung an marktübliche Softwaresysteme notwendig.

#### 5.1.5 Literatur

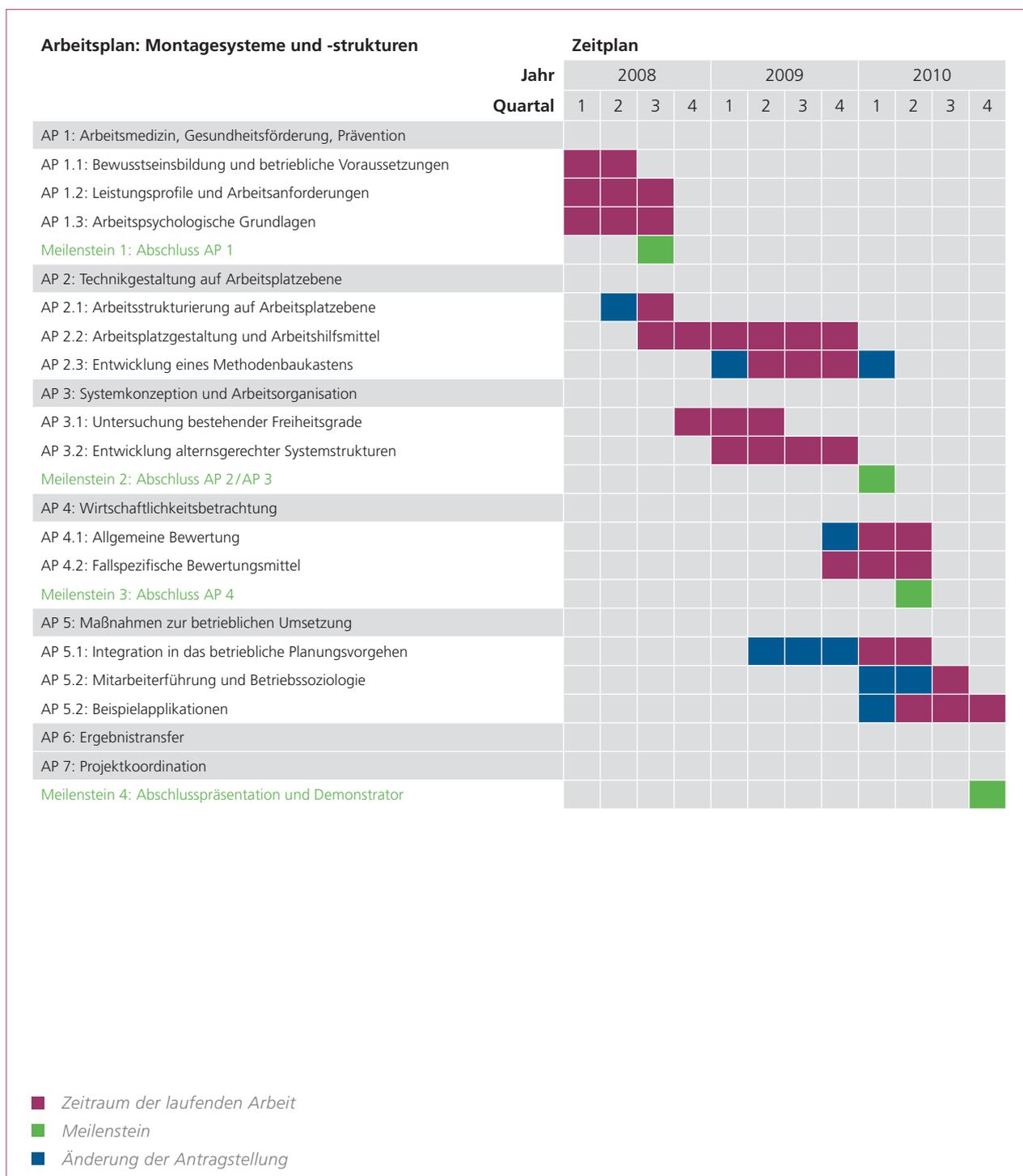
- [1] Kirchner, J.-H.; Baum, E.: Ergonomie für Konstrukteure und Arbeitsgestalter, Hanser, München, 1990
- [2] Schlick, C. M.; Bruder, R.; Luczak, H. (Hrsg.): Arbeitswissenschaft, Springer, Berlin, 2010
- [3] IG Metall: Tarifrunde Metall- und Elektroindustrie 2010, <http://www.igmetall-bayern.de/Metall-Elektro.40.0.html>
- [4] Kugler, M.; Bierwirth, M.; Schaub, K.-H.; Sinn-Behrendt, A.; Feith, A.; Ghezal-Ahmadi, K.; Bruder, R.: Ergonomie in der Industrie – aber wie?, Institut für Arbeitswissenschaft IAD, Darmstadt, 2010
- [5] Bullinger, H.-J.: Systematische Montageplanung – Handbuch für die Praxis, Carl Hanser Verlag, München/Wien, 1986

[6] Lotter, B.: Wirtschaftliche Montage, Springer, Düsseldorf, 1992

[7] Lotter; B.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Montage in der industriellen Produktion – ein Handbuch für die Praxis, 18. Aufl., Springer, Berlin, 2006

[8] Schultetus, W.: Montagegestaltung – Daten, Hinweise und Beispiele zur ergonomischen Arbeitsgestaltung, 2. Aufl., Verlag TÜV-Rheinland, Köln, 1987

## 5.1.6 Arbeits- und Zeitplan



## 5.2 Logistiksysteme und Organisation

---

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml),  
Technische Universität München,

Lehrstuhl für Psychologie VI, Universität Regensburg

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A.  
Günthner

**Mitarbeiter:** Dipl.-Ing. Dennis Walch, Dipl.-Psych. Mar-  
tin Neuberger, Dipl.-Psych. Julia Weikamp

**Industriepartner:** bayme vbm – Die bayerischen Metall-  
und Elektro-Arbeitgeber, München; BMW AG, München;  
BMW M GmbH, Garching; Geis Industrie-Service GmbH,  
Nürnberg; szenaris GmbH, Bremen; trilogIQa – Prozesse  
• Wissen • Schulung, München

---

### 5.2.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Das Teilprojekt „Logistiksysteme und Organisation“ beschäftigte sich mit der Entwicklung geeigneter technischer und arbeitsorganisatorischer Maßnahmen, die Unternehmen dabei unterstützen, die Herausforderung einer alternden Logistik-Belegschaft im Zuge der demographischen Entwicklung zu bewältigen. Ziel des Teilprojekts III-2 war vor allem, den Erhalt der Arbeits- und Beschäftigungsfähigkeit von operativen Logistik-Mitarbeitern auch im fortgeschrittenen Alter zu sichern.

Mit derzeit 2,7 Millionen Beschäftigten, die sozialversicherungspflichtig sind [1], beinhaltet die Wachstumsbranche Logistik zahlreiche operative Tätigkeiten, die im Fokus der Forschung standen. Genauer gesagt zählten hierzu alle innerbetrieblich anfallenden logistischen Tätigkeiten. Angefangen vom Transport (z. B. mit dem Stapler) über die Kommissionierung bis hin zur Verpackung von Waren für den Versand.

Im Rahmen des Projekts galt es, die entscheidenden Handlungsfelder zu identifizieren und geeignete Maßnahmen zur konstruktiven Arbeitsplatzgestaltung, Arbeitsorgani-

sation sowie Mitarbeitermotivation und -qualifizierung zu entwickeln. Einerseits soll dadurch eine gesunde physische und psychische Belastung am Arbeitsplatz erzielt werden, andererseits die Einsatzflexibilität älterer und leistungsgewandelter Mitarbeiter erhöht werden.

### 5.2.2 Ergebnisse

In den ersten beiden Projektjahren konnte aufgezeigt werden, welche Veränderungen und Leistungseinschränkungen mit zunehmendem Erwerbsalter für die Tätigkeiten der operativen Logistik von Relevanz sind. Auf der Basis betriebsärztlicher Daten beteiligter Unternehmen, Recherchen, Interviews (AP 1) und einem Laborversuch zur Identifikation von Alterseffekten bei der Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung in der Kommissionierung (AP 4) ließen sich vier wesentliche Ansatzpunkte für die Entwicklung altersgerechter Maßnahmen ableiten:

- Tendenziell geringere körperliche Belastbarkeit im höheren Erwerbsalter, insbesondere in Bezug auf das Tätigkeits- und Belastungsspektrum des für die Logistik typischen Hebens und Tragens von Lasten (Ergebnisse der Arbeitsanalysen im Rahmen des AP 2). Dies steht auch in Zusammenhang mit einer Zunahme an körperlichen Einschränkungen sowie Arbeitsunfähigkeitstagen bei Muskel-Skelett-Erkrankungen.
- Abnahme der Sehschärfe bei gleichzeitiger Zunahme der Blendempfindlichkeit sowie Rückgang der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit. In Kombination mit einer oftmals geringeren motorischen Beweglichkeit können diese auch zu geringeren koordinativen Fähigkeiten führen.
- Schwierigkeiten bei der Kompensation von Zeit- und Leistungsdruck über längere Zeit.
- Zunahme an sozialer Kompetenz, Gewissenhaftigkeit in den Arbeitsprozessen sowie Zugewinn von Erfahrungswissen bei entsprechender Förderung.

Im Laufe der Projektzeit kristallisierten sich auf Basis der Ergebnisse von mehr als 40 in Fit4Work durchgeführten

Arbeitsanalysen (AP 2) entscheidende Handlungsfelder für das Teilprojekt III-2 heraus. In den ersten beiden Projektjahren wurde Folgendes erreicht:

- Zusammenstellung einer Kombination geeigneter Arbeitsanalyseverfahren für die ganzheitliche Erfassung physischer und psychischer Belastung (AP 2).
- Qualifizierung der Leitmerkalmethode für den Einsatz zur logistischen Arbeitsanalyse. Darin wird den inhomogenen Prozessen der Logistik sowie dem heterogenen Lastspektrum bei der Ermittlung der körperlichen Belastung von Logistikern Rechnung getragen (AP 2).
- Exemplarische Anbindung der entwickelten Berechnungsmethodik für die erweiterte Leitmerkalmethode zur fortlaufenden Belastungsanalyse im Betrieb an das Warehouse Management System des Versuchslagers am Lehrstuhl Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml). Dadurch konnte die Transparenz über die Belastungssituation der Mitarbeiter demonstriert werden. (Die Visualisierung des Risikowerts, der synonym für die auftretende körperliche Belastung beim Heben von Waren steht, erfolgte beispielhaft im Pick-by-Vision-System des Lehrstuhls fml, bei dem der Kommissionierer alle für den Kommissionierprozess erforderlichen Daten über eine Datenbrille visualisiert bekommt (AP 4).)
- Konzipierung einer belastungsorientierten Job-Rotation für das Heben und Tragen von Lasten für den Fall des Eintretens von Belastungsspitzen bzw. des Erreichens der Belastungsgrenze nach dem Risikowert der Leitmerkalmethode. Der Belastungsausgleich kann durch Zuweisung in einen Arbeitsbereich mit anderen Belastungsformen oder durch Zuweisung von Arbeitsaufträgen mit geringerer Belastung erfolgen, beispielsweise durch Zuweisung in eine Kommissionierzone mit Kleinteilen oder besserer ergonomischer Zugänglichkeit (AP 3).

- Vorstellung des Konzepts des „Logistik-Fitness-Parcours“ (Abbildung 1). Dieses Konzept verfolgt zusätzlich zur Belastungsverteilung beim Heben von Lasten allgemein das Ziel, eine gesunde physische und psychische Belastung des Mitarbeiters durch Belastungswechsel zu erreichen. Hierbei sind möglichst alle Fähigkeiten und Kompetenzen des Mitarbeiters in einem gesunden Maß zu fordern, um diese zu erhalten und weiter auszuprägen (AP 3).
- Entwicklung einer Berechnungsmethodik, die eine Lagerplatzbelegung des Artikelspektrums nach ergonomischen Gesichtspunkten durchführt. Dadurch lässt sich der minimale Risikowert für das Heben von Lasten bei der Kommissionierung erzielen (AP 5).



Neben den exemplarisch aufgezeigten Möglichkeiten zur Entwicklung einer gesunden physischen und psychischen Belastung durch konstruktive und arbeitsorganisatorische Maßnahmen, lag der Fokus des dritten Projektjahrs auf der Mitarbeiterqualifizierung und -motivation (AP 6) in Zusammenhang mit einer alternden Belegschaft.

### *Arbeitsmotivation – eine Frage des Alters?*

Im Rahmen einer webbasierten Befragung sollte der Fragestellung nachgegangen werden, inwiefern sich Unterschiede in der Arbeitsmotivation über die Lebensspanne feststellen lassen.

Als theoretische Basis diente hierfür zum einen die sozio-emotionale Selektivitätstheorie [2]. Gemäß dieser Theorie liegen dem menschlichen Verhalten grundsätzlich zwei Motive zugrunde, sogenannte emotionale (z. B. Förderung positiv erlebter sozialer Kontakte) und wissensbezogene Zielinhalte (z. B. Erweiterung des eigenen Wissensstands). Weiterhin wird postuliert, dass sich diese Motive in ihrer Gewichtung, je nach subjektiv verbleibender Zukunftszeit, verlagern. Mit einer begrenzten Zukunftszeitwahrnehmung geht man entsprechend der Theorie von einer stärkeren Gewichtung der emotionalen Ziele aus. Bei einem weiten verbleibenden Zeithorizont hingegen werden wissensbezogene Ziele stärker betont. Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurde die sozio-emotionale Selektivitätstheorie zusammen mit ihren Hypothesen auf den beruflichen Kontext übertragen sowie ein Erhebungsverfahren entwickelt, um diese Verlagerung der Zielinhalte im beruflichen Kontext abgreifen zu können.

Für die Arbeitsmotivation ebenfalls interessant erwies sich zum anderen das Paradigma des Belohnungsaufschubs (z. B. [3]). Beim Konzept des Belohnungsaufschubs geht es stets darum, für welche Belohnung sich der Einzelne entscheidet, wenn zwischen einer sofortigen, aber kleineren Belohnung und einer zeitlich späteren, dafür jedoch größeren (auch im Sinne von wertvolleren) Belohnung gewählt werden kann. Auch dieses Paradigma wurde eigens auf die Arbeitswelt übertragen, um Implikationen

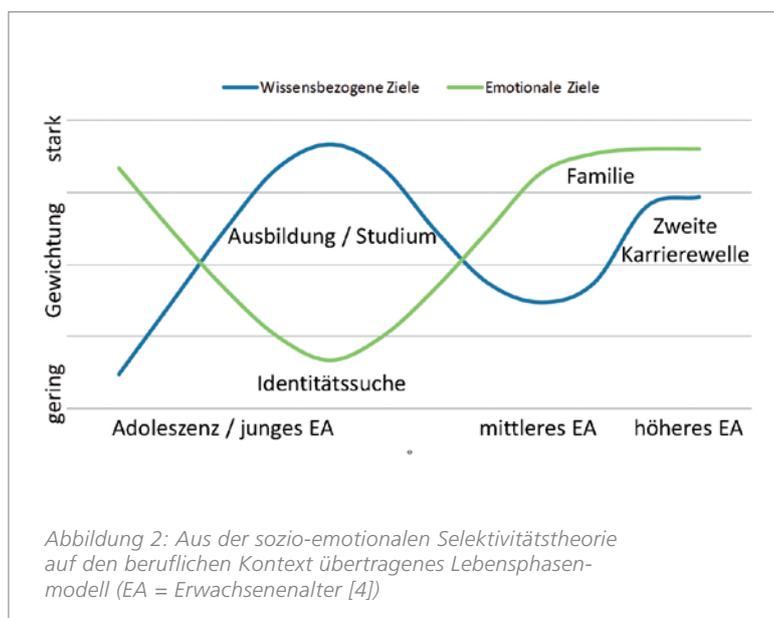
für die Gestaltung von Anreizsystemen, je nach Alter der Beschäftigten, ableiten zu können [4].

Den Ergebnissen der Studie ist zu entnehmen, dass ältere Arbeitnehmer im Vergleich zu jüngeren Kollegen, entgegen der Hypothese, emotionale Motive nicht bevorzugt verfolgen. Allerdings zeichnet sich ein Unterschied hinsichtlich des Belohnungsaufschubverhaltens derart ab, dass Ältere tatsächlich häufiger eine sofortige Belohnung anstreben, insbesondere bei wissensbezogenen Zielen. Dies ist durchaus als adaptives Verhalten zu interpretieren, da beispielsweise der Nutzen einer Weiterbildungsmaßnahme – liegt er weit in der Zukunft – möglicherweise nicht mehr erfahren werden kann.

Als Implikation für die Förderung der Mitarbeitermotivation lässt sich grundsätzlich ableiten, dass es sinnvoll ist, die Lebensspanne mit zu fokussieren und Personalentwicklungsmaßnahmen auf ihre zeitnahe Anwendung und Umsetzung in der Praxis hin zu prüfen. Dieser Aspekt sollte vor allem gegenüber den älteren Mitarbeitern explizit erläutert werden. Dies gilt im Besonderen bei Weiterbildungen, aber auch im Rahmen anderer Anreizsysteme. Zudem haben weitere Analysen zeigen können, dass ältere Mitarbeiter entgegen der allgemeinen Meinung durchaus bereit sind, sich fortzubilden. Dafür spricht weiterhin, dass ältere Belegschaften – nach Vollendung der Erziehungsaufgaben – vermehrt Energie in die Karriere investieren können. Gemäß dieser Befunde wurde nachfolgend dargestelltes Modell abgeleitet (Abbildung 2), das von einer möglichen Revitalisierung des beruflichen Ehrgeizes (der sogenannten „zweiten Karrierewelle“) im höheren Erwachsenenalter ausgeht. Eine Motivation, die sich ein Unternehmen mit den entsprechenden Maßnahmen zunutze machen könnte und sollte. Somit ist sowohl die Motivation als auch die Möglichkeit zur Weiterqualifizierung im Sinne eines lebenslangen Lernens gegeben.

### *Status quo „Schulung in der operativen Logistik“*

Um eine Integration lernförderlicher Aspekte in logistische Arbeitsplätze vornehmen zu können, war es von



grundlegender Bedeutung, den Status quo des Schulens von logistischen Tätigkeiten zu erheben. Dies erfolgte im Rahmen einer Befragung, die in 18 Unternehmen 29 Führungskräfte der Logistik sowie 31 operative Logistiker umfasste. Die Auswertung der Antworten zeigt, dass das Einweisen und Anlernen von Mitarbeitern nach dem Prinzip „Training on the Job“ zur Vermittlung von Logistikwissen dominiert. Auf dem zweiten und dritten Platz folgen Frontalunterricht und Workshops.

Nach Ansicht der Führungskräfte fehlt eine Standardisierung der Lerninhalte. Zudem stellen die Dauer des Anlernens entsprechend der Anlernkurve des Lernenden einerseits, und das notwendige Mitwirken eines Lehrenden andererseits im Hinblick auf die entstehenden Personalkosten ein Manko dar.

Als mögliche Aufgaben für Logistiker, die aufgrund körperlicher Einschränkungen nicht mehr voll eingesetzt werden können, werden einfache Tätigkeiten in der Qualitätssicherung, der Nacharbeit oder Reinigungstätigkeiten genannt. Die entscheidenden Hinderungsgründe für die Weiterqualifizierung der Logistikmitarbeiter sind nach An-

gaben der Führungskräfte fehlende Motivation, zu geringe Vorbildung und die häufig erforderliche Mehrvergütung nach erfolgter Qualifizierung.

Vonseiten der Mitarbeiter wird gegenüber dem Frontalunterricht das Einweisen und Anlernen am Arbeitsplatz bevorzugt. Tätigkeitswechsel gehören für Mitarbeiter der operativen Logistik zum Alltag, was sich mit dem eigenen Bedürfnis nach sich ändernden Tätigkeiten deckt. Während die Großzahl der Mitarbeiter mit ihrer Tätigkeit zufrieden sind, wird als Wunsch zum einen das Staplerfahren und zum anderen verschiedene Tätigkeiten mit höheren Qualifikationsanforderungen geäußert. Als Schulungsmethodik können sich die Mitarbeiter durchaus das Computer-

Based-Training vorstellen, da der Computer auch im privaten Umfeld eine große Rolle einnimmt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aufgrund häufiger Tätigkeitswechsel in der Logistik ein Bedarf an der Vermittlung von tätigkeitsbezogenem Wissen besteht, wobei sich virtuelle Lernumgebungen als Medium für die Schulung von operativen Logistikern eignen können. Sie zeichnen sich durch standardisierte Lerninhalte aus, die sich kombiniert sowohl nach dem Prinzip des Konstruktivismus als auch in Form der linearen Wissensvermittlung einsetzen lassen. Zudem äußern sich die Mitarbeiter aufgeschlossen gegenüber der Technik.

### *E-Learning – Eine kostengünstige und vor allem altersgerechte Alternative zu herkömmlichen Schulungsmethoden?*

Auf der Studie zur Arbeitsmotivation sowie der Befragung zum Status des Schulens aufbauend, bestand ein weiteres Ziel des Arbeitspakets 6 darin, eine innovative Methode zur Weiterbildung und -qualifizierung älter werdender Belegschaften aufzuzeigen. Dies ist nicht nur vor dem Hintergrund des demographischen Wandels, sondern in der

Logistik insbesondere auch durch die schnellen Veränderungen in logistischen Netzwerken oder durch den Einsatz neuer Technologien erforderlich. Um einem „Verlernen zu Lernen“ präventiv zu begegnen und gleichzeitig die möglicherweise kritischen Punkte einer herkömmlichen Schulung (z.B. Akzeptanzprobleme und Rollenkonflikte bei einem wesentlich jüngeren Schulungsleiter im Vergleich zu den älteren Lernenden, hohe Kosten, multilokale Unternehmensstandorte) zu umgehen, könnten E-Learning-Programme eine Lösung darstellen.

Es konnte inzwischen mehrfach nachgewiesen werden, dass die Arbeitsleistung nicht notwendigerweise eine Funktion der Altersvariablen ist. Sie ist vielmehr entscheidend durch die Aneignung und Aktualisierung von Wissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten beeinflusst. Dies unterstreicht die Bedeutung solcher Maßnahmen (s. disuse-effect; [5]), um die Arbeitskraft über die Lebensspanne zu erhalten. Daher war es Ziel einer weiteren Studie, zu überprüfen, ob diese alternative Schulungsmethode für Personen mit einem höheren Alter ebenfalls geeignet ist und wie die individuellen Bedürfnisse im Sinne von veränderten Lernstrategien mit zunehmendem Alter zu berücksichtigen sind. Im Fokus der Untersuchung stand das Heraus kristallisieren möglicherweise alters-/kohortenbedingt unterschiedlich bevorzugter Lernstile von älteren im Vergleich zu jüngeren Mitarbeitern.

Grundsätzlich lassen sich zwei Lernstile unterscheiden: Einerseits das kapitelweise und lineare, also nach den Lerninhalten strukturierte Vorgehen (objektivistisches Lernen; passiv-rezipierend), und andererseits die aktive, selbstbestimmtere Wissenskonstruktion durch die Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben (konstruktivistisches Lernen; aktiv-erarbeitend). Um der Hypothese nachzugehen, dass Ältere sich eher auf objektivistische Weise neues Wissen aneignen und Jüngere eher konstruktivistisch vorgehen, wurde ein Lernprogramm der szenaris GmbH verwendet, bei dem sich die Lernenden je nach individuellen Wünschen linear oder auch anhand der Lernaufgaben das Wissen aneignen konnten. Da sich

hypothesenkonform herausstellte, dass Ältere tendenziell einen linearen Lernstil bevorzugen und im Gegensatz dazu die Jüngeren vermehrt konstruktivistisch lernen, ist dies ein Hinweis darauf, dass die unterschiedlichen Lernweisen unabhängig von der letztlichen Umsetzung der Weiterqualifizierungsmaßnahme berücksichtigt werden sollten. Im Einklang mit der Studie zur Arbeitsmotivation ist zudem darauf zu achten, einen zeitnahen Praxisbezug und eine hohe Anwendungsorientierung gerade den Älteren deutlich zu machen. Im Speziellen in Bezug auf E-Learning-Programme ist ferner empfehlenswert, vor der Einführung dieses Tools darauf zu achten, dass gerade älteren Schulungsteilnehmern eine etwaige Befangenheit gegenüber diesem Medium genommen wird. Beispielsweise, indem eine umfassende Einführung in die Systembedienung angeboten wird und ältere, mit dem Medium vertraute Mitarbeiter als Tutoren und Modelle für andere Mitarbeiter eingesetzt werden.

Als Fazit dieser Untersuchung stellt E-Learning somit durchaus eine auch für ältere und alternde Belegschaften geeignete Maßnahme in der Logistik dar. Allerdings sollten die Darbietung des Inhalts an den jeweiligen Lernstil angepasst sein und die oben genannten Voraussetzungen beachtet werden.

### *Altersgerechter Verpackarbeitsplatz*

Die in der dreijährigen Projektlaufzeit erarbeiteten Ergebnisse, Erkenntnisse und entwickelten Lösungsansätze wurden schließlich in einem „Arbeitsplatz der Zukunft“ (AP 5) exemplarisch umgesetzt (Abbildung 3). Neben einer grundsätzlich ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung zeigt der Arbeitsplatz insbesondere auch Elemente einer altersgerechten Arbeitsgestaltung für die Logistik:

- Integrierte, laufende Belastungsermittlung für das Heben von Lasten zur Erhöhung der Transparenz über die Belastungssituation des Mitarbeiters
- Anzeige der erforderlichen Job-Rotation bei Erreichen des Grenzkrisikowerts

- Situative Informationsdarstellung inklusive Positions- und Farbcodierung etc.
- Belastungswandel von Heben zu Schieben bzw. Einsatz einer Fußbetätigung zur optimalen Bereitstellung von Füllmaterial
- Lernförderlichkeit in Form einer virtuellen Lernumgebung mit den vier entwickelten Lernmodulen „Richtig

Heben und Tragen“, „Schulung des Bereitstellprinzips KANBAN“, „Kennzahlen zum Unternehmen“, „Kosten-Nutzen-Darstellung einer altersgerechten Arbeitsplatzgestaltung“ (AP 7)

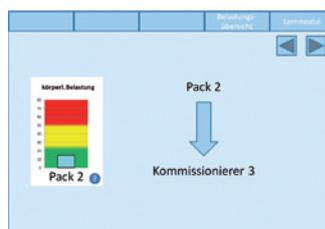


Abbildung 3: Demonstrationsumgebung „Altersgerechter Verpackarbeitsplatz“

### 5.2.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

Die Teilprojekte des Themenfelds Fit4Work zeigten eine enge Zusammenarbeit im Rahmen der durchgeführten Arbeits- und Anforderungsanalysen bei BSH, Metabo sowie im Arbeitssystem 2017 der BMW AG. Entsprechend den in Fit4Work identifizierten Handlungsfeldern zur Integration von Anforderungen leistungsgewandelter Mitarbeiter in der Planungsphase von Arbeitssystemen (Teilprojekt III-1), der Erzielung von Transparenz über die Belastungssituation im laufenden Betrieb inklusive Ableitung arbeitsorganisatorischer Maßnahmen (III-2) sowie Maßnahmen der technischen Mitarbeiterunterstützung (III-3), wurden diese exemplarisch bei den Partnern umgesetzt. Darüber hinaus stellte die Entwicklung eines Handhabungssystems zur Entlastung der Mitarbeiter in der Hinterachsgetriebemontage bei BMW einen Bestandteil der Zusammenarbeit mit dem Querschnittsprojekt Fit4Product dar. Mit den zur Verfügung gestellten Ressourcen (Arbeitsplätze und Mitarbeiter) an verschiedenen Standorten von BMW, Geis und BSH ließ sich ein breites Spektrum an Tätigkeiten analysieren und vorhandene Arbeitsanalyseverfahren ließen sich für den Einsatz in der Logistik erweitern. Im Presswerk der BMW Group Forschung und Technik in München wurde die entwickelte Berechnungsmethodik zur Ermittlung der Belastung für das Heben von Lasten in die Planungsphase von Entsorgerarbeitsplätzen integriert. Bei der Firma Geis konnten in Kooperation mit dem Querschnittsprojekt Fit4Use Untersuchungen zur altersdifferenzierten Mitarbeitermotivation durchgeführt werden. Die szenaris GmbH war in der Studie zur Ermittlung des Lernverhaltens von alt und jung eingebunden und führte mit dem Teilprojekt III-2 die Umfrage zum Status quo „Schulung in der operativen Logistik“ durch.

Demgegenüber haben die BMW M GmbH und trilogIQa in beratender Funktion zur zielgerichteten Bearbeitung der Arbeitspakete beigetragen. Die enge Zusammenarbeit im Themenfeld Fit4Work illustriert die Durchführung eines Workshops mit 40 Industrieteilnehmern (2008), die

Organisation des ersten (2009) und zweiten (2010) FitForAge-Kongresses sowie die Veröffentlichung der Studie „Altersgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik“ [6], die es mit freundlicher Unterstützung durch bayme vbm ermöglicht, die Erkenntnisse einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen.

### 5.2.4 Ausblick

Die Arbeiten im Teilprojekt III-2 „Logistiksysteme und Organisation“ haben gezeigt, dass das Heben und Tragen von Lasten in Kombination mit Zwangshaltungen einen entscheidenden Faktor in Bezug auf die vorherrschende Belastung an Logistikarbeitsplätzen darstellt. Nichtsdestotrotz dürfen andere Faktoren der körperlichen Belastung wie etwa der Handgelenke oder der Finger nicht vernachlässigt werden. Während für die Montage bereits zahlreiche Analyseverfahren existieren und sich über das European Assembly Worksheet (EAWS) [7] ein standardisiertes Verfahren herauskristallisiert, sind in der Logistik zum einen andere Belastungsformen als in der Montage relevant und zum anderen oft heterogene Abläufe vorhanden. Im Rahmen des am Lehrstuhl fml mit dem Lehrstuhl für Arbeits- und Produktionssysteme an der Dortmunder TU beantragten IGF-Projekts „ErgoKom“ (Industrielle Gemeinschaftsforschung) sollen ein logistikgerechtes Arbeitsanalyseverfahren entwickelt und weitere Belastungsfaktoren durch geeignete Technologien (z. B. Tracking) fortlaufend erfasst und visualisiert werden. Darüber hinaus gibt es Gespräche mit Industriepartnern des Verbunds, aber auch abseits von FitForAge, die sich mit der Thematik einer nachhaltigen Integration von Ergonomie in die Planung von Produktions- und Logistiksystemen beschäftigen (werden).

Der Demonstrator „Altersgerechter Verpackarbeitsplatz“ wurde zudem am Lehrstuhl fml in die Lehre eingebunden. Im Rahmen eines Praktikumstermins werden Studierende geschult, Arbeitsplätze unter ergonomischen Gesichtspunkten zu bewerten. Unabhängig davon steht der Demonstrator als Vorführobjekt für Veranstaltungen und jedweden Unternehmensbesuch zur Verfügung.

### 5.2.5 Literatur

[1] Veres-Homm, U.: Arbeitsmarkt Logistik – aktuelle Zahlen, Entwicklungen und Trends, Struktur und Bedeutung der Logistik-Beschäftigung in Deutschland, Logistik für Unternehmen, 24. Jg., Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, 5/2010, S. 18–20

[2] Carstensen, L. L.: The Influence of a Sense of Time on Human Development, *Science*, Vol. 312, Washington, DC, 2006, S. 1913–1915

[3] Mischel, W.; Shoda, Y.; Rodriguez, M. L.: Delay of Gratification in Children, *Science*, Vol. 244, No. 4907, Washington, DC, 1989, S. 933–938

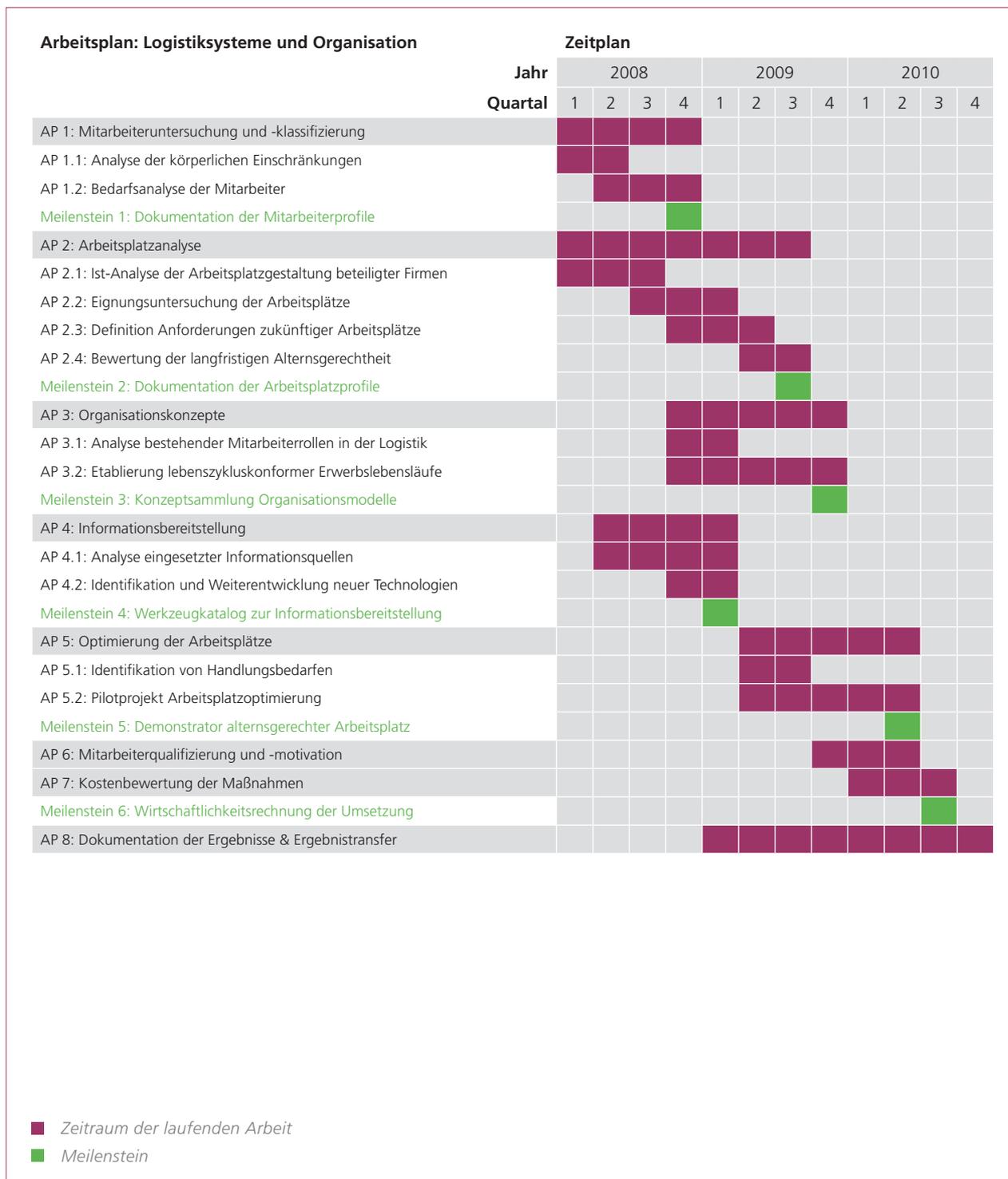
[4] Weikamp, J.: Arbeitsmotivation älterer Mitarbeiter: Eine Integration der sozioemotionalen Selektivitätstheorie und des Delay of Gratification Paradigmas in den beruflichen Kontext. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Psychologie, Universität Regensburg, 2010

[5] Koller, B.; Plath, H.-E.: Qualifikation und Qualifizierung älterer Arbeitnehmer. *Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Jg. 33, H.1, Nürnberg, 2000, S. 112–125

[6] Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart, G.; Schilling, K. (Hrsg.): *Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik. Ergebnisse aus dem Bayerischen Forschungsverbund FitForAge*, bayme vbm, FitForAge, Lehrstuhl fml, München, ISBN: 978-3-941702-16-5, S. 1–127

[7] Schaub, K.-H.; Winter, G.: Design-Check. Ein Screeningverfahren zur Beurteilung körperlicher Belastungen, in: *Der Orthopäde*, Vol. 31, Nr. 10, Springer, Heidelberg, 2002, S. 987–996

### 5.2.6 Arbeits- und Zeitplan





### 5.3 Roboterunterstützung an Montagearbeitsplätzen

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb), Technische Universität München; Lehrstuhl für Robotik und Telematik (LRT), Julius-Maximilians-Universität Würzburg

**Projektleitung:** Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, Prof. Dr. Klaus Schilling

**Mitarbeiter:** Dipl.-Ing. Rüdiger Spillner, Dipl.-Inform. Florian Leutert

**Industriepartner:** Bayerische Motorenwerke AG, München; BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH, Dillingen/Donau; Reis Robotics GmbH & Co. KG, Obernburg

#### 5.3.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Das im Antrag des Teilprojekts III-3 definierte Ziel ist die Entwicklung eines intelligenten, roboterbasierten Systems, welches Werkern in der Montage assistiert. Diese Unterstützung soll eine Reduktion der auf den Mitarbeiter wirkenden physischen Belastungen während der Verrichtung ihrer Tätigkeiten ermöglichen. Dadurch sollen Leistungsfähigkeit und Produktivität in einer alternden Belegschaft erhalten und gesteigert, Mitarbeiter mit bereits bestehenden Leistungseinschränkungen reintegriert und gleichzeitig gesunde Mitarbeiter vor belastungsinduzierten Schädigungen bewahrt werden. Zur Erprobung der Konzepte und Assistenzfunktionen sowie für die Darstellung des Nutzungspotenzials für spätere Anwender wurde ein Demonstrator aufgebaut. Dazu mussten auf die spätere Zielgruppe zugeschnittene Bedienkonzepte, Eingabegeräte und Regelalgorithmen entwickelt werden. Mittels der entwickelten Funktionen sollte hauptsächlich die kooperative Handhabung von schweren Lasten ermöglicht werden, ferner motorische und sensorische Unterstützung beim Fügen und ein vereinfachtes Einrichten teilautonomer Systemabläufe. Die besondere Herausforderung besteht darin, die Sicher-

heit des flexibel mit dem Roboter zusammenarbeitenden Menschen zu gewährleisten.

#### 5.3.2 Ergebnisse

##### 5.3.2.1 Anforderungen an das Assistenzsystem

Bei der Zusammenstellung der Anforderungen an das zu entwickelnde Assistenzsystem mussten verschiedene Aspekte beachtet werden. Zunächst wurden zu Beginn des Projekts die Anforderungsprofile der Mitarbeiter in der Montage an solche Assistenzsysteme durch Analyse von Befragungen, von Altersstrukturen und von betrieblichen wie internationalen Daten (u. a. [1]) zur Verteilung der Leistungswandlungen ermittelt. Im Abgleich mit dem typischen Aufgabenspektrum in der Montage wurde daraus insbesondere folgender Unterstützungsbedarf bestimmt:

Belastung / Anforderung	Assistenz
Handhabung von Lasten, teilweise mit ungünstigen Körperhaltungen	Entlastung durch kooperative Lastenhandhabung und teilautonome Prozesse
Enge Taktbindung	Mehr Zeit für Mitarbeiter durch autonome Teilebereitstellung
Individuelle, wechselnde Anforderungen von Prozess oder Mitarbeiter	Vereinfachtes Einrichten teilautonomer Prozesse und Prozessparameter

Anschließend wurden für die Darstellung und Entwicklung der aufgeführten Assistenzfunktionen geeignete Einsatzszenarien aus der Praxis der Industriepartner ermittelt und in Grobkonzepten abgebildet. Anhand dieser wurden die Anforderungen an Personen- und Prozesssicherheit, Montageabläufe, Interaktion und Akzeptanz konkretisiert. Die Personensicherheit in Gestaltung und Einsatz wird über die DIN 10218-1 und -2 beschrieben. Auf Basis einer Gefährdungsanalyse sind technische Maßnahmen zu treffen, die sich in zwei Kategorien unterteilen lassen: Zum einen ist dies die Vermeidung von Kollisionen, z. B. durch sensorische Überwachung des Arbeitsraums und Stillsetzung des Roboters (aktive Sicherheit). Zum anderen ist dies die Reduzierung des Verletzungs-

potenzials bei Kollisionen, z. B. durch Begrenzung zulässiger Geschwindigkeiten und Kontaktkräfte (passive Sicherheit). Letztere wird in den Empfehlungen der BGIA [2] noch weiter detailliert.

Wie zusammen mit dem Querschnittsprojekt Fit4Use erarbeitet wurde, ist es neben der Gewährleistung der Sicherheit der Werker erforderlich, dass das System eine zügige und zielgerichtete Aufgabenerfüllung ermöglicht: Ist dies nicht der Fall, sinkt die Akzeptanz der Arbeiter zur Verwendung des Roboterassistenten. Das System würde nicht genutzt werden oder aber Sicherheitseinrichtungen würden umgangen, um vermeintlich effizienter arbeiten zu können [3]. Neben dem einfachen Erlernen des Umgangs mit dem Assistenzroboter muss auch der Nutzen der Verwendung dem Werker transparent gemacht werden [4]. Die Bedienung muss für die häufig ungelerten oder in der Roboterbedienung unerfahrenen Arbeitskräfte nach kurzer Einweisung möglich sein. Darüber hinaus ist der großen Schwankungsbreite der sich wandelnden Fähigkeiten der Mitarbeiter, ihrer unterschiedlichen Kooperationsfähigkeit sowie der Variantenvielfalt in der Produktion durch die Möglichkeit individueller Anpassung der Abläufe und der Interaktion während des Betriebs Rechnung zu tragen.

### 5.3.2.2 Grobkonzepte

Als Referenzszenarien wurden der Vordersitzverbau in ein Fahrzeugchassis und das Einlegen eines Gewichts in eine Spülmaschinenbodengruppe ausgewählt. Nach einer Prozessanalyse nach DIN 2860 wurden ein allgemeiner Montage- und Interaktionsablauf entwickelt, ein systemtheoretisches Gesamtmodell aufgestellt und die daraus erforderlichen technischen Schnittstellen definiert. Abbildung 1 zeigt den allgemeinen Aufbau der Versuchsanlage.

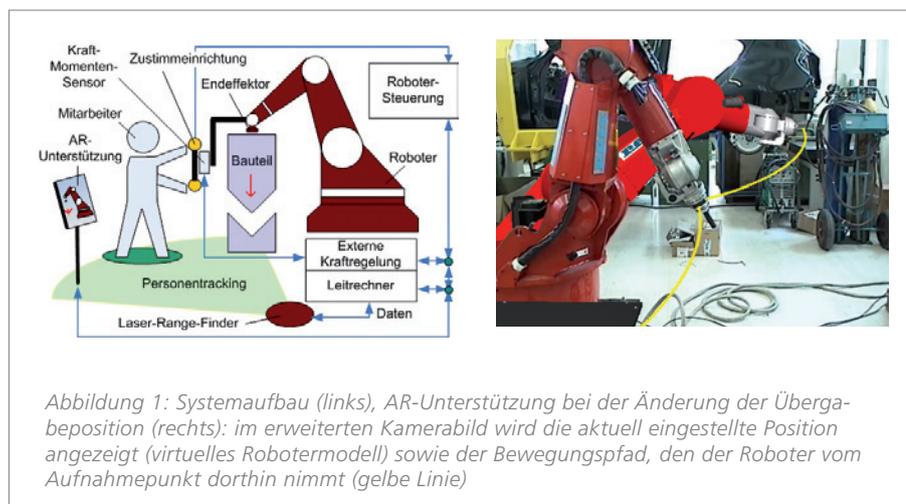


Abbildung 1: Systemaufbau (links), AR-Unterstützung bei der Änderung der Übergabeposition (rechts): im erweiterten Kamerabild wird die aktuell eingestellte Position angezeigt (virtuelles Robotermodell) sowie der Bewegungspfad, den der Roboter vom Aufnahmepunkt dorthin nimmt (gelbe Linie)

Für die direkte Kontrolle des Roboters durch den Mitarbeiter wurde eine haptische Eingabe gewählt, da diese sich als gleichermaßen intuitiv zu nutzen und robust gegenüber Störeinflüssen zeigte. Bei dem so umgesetzten Handführen erkennt der Roboter durch Sensoren die vom Mitarbeiter durch ein Eingabegerät oder direkt am Bauteil aufbrachten Kräfte und Momente und setzt diese in Bewegungen um (Admittanzregelung). Dabei unterscheidet das System, welche Aufgabe der Mitarbeiter durchführen möchte und passt das Roboterverhalten an. Einstellungen an Parametern und am Programm, etwa die Arbeitshöhe, Geschwindigkeiten, Wartepositionen und anderes, können über eine für ältere Mitarbeiter entwickelte Nutzerschnittstelle an einem Bildschirm am Arbeitsplatz vorgenommen werden. Bei dieser Systemeinrichtung werden die Arbeiter mittels kamerabasierter Augmented Reality unterstützt, eine Erweiterung der Umgebungswahrnehmung der Nutzer mit virtuellen Zusatzinformationen. Im vorliegenden Fall werden verschiedene Daten der Robotersteuerung visualisiert. Dem Arbeiter wird so ein intuitives Verständnis des Zustands und der Abläufe im Assistenzsystem vermittelt (Abbildung 1, rechts). Zur Absicherung der Werker wurden verschiedene Sicherheitsfunktionen entwickelt, die den Arbeiter sowohl beim autonomen Verfahren des Roboters als auch beim manuellen Führen vor Unfällen schützen. Um die Effizienz des Systems und die Akzeptanz

der Mitarbeiter zu steigern, wurden verschiedene Assistenzfunktionen eingesetzt, die den Umgang mit dem Manipulator erleichtern.

### 5.3.2.3 Gestaltung des kooperativen Führens von Bauteilen

Das Handhaben von Objekten ist eine Tätigkeit auf Gewohnheits- und Fertigkeitsebene. Daher ist eine besonders intuitive, kooperative Handhabung möglich, wenn der Mitarbeiter das Bauteil direkt fassen und bewegen kann, während der Roboter gleichzeitig Gewicht und Trägheit in der Bewegung ausgleicht. In der Umsetzung konnte diese Funktion dargestellt werden, wie Abbildung 2 zeigt. Dem praktischen Einsatz stehen jedoch zwei Dinge entgegen: Zum einen ist eine exakte und damit aufwendige Vorabbeschreibung der Montageobjekte und -kräfte erforderlich, um Führkräfte vom Bediener und Reaktionskräfte von Bauteil und Umgebung in den Messwerten zu unterscheiden, zum anderen kann ein Einklemmen der Hände oder Finger beim Fügen derzeit technisch nicht mit dem erforderlichen Sicherheitslevel abgesichert werden. Daher wurde in Konformität mit der DIN 10218 eine Zweihand-Zustimmrichtung am Flansch angebracht (vgl. Abbildung 2). Das haptische Analogon dieser Bedie-

nung wurde so gewählt, dass es einer Schubstange bzw. einem Lenker entspricht, also einer dem Werker vertrauten und damit intuitiven Eingabe.

Die kooperative Handhabungsaufgabe lässt sich in drei unterschiedliche Phasen gliedern: Bauteilaufnahme, Transport und Positionierung. Dabei soll das Montageobjekt schnell in die Nähe des Montageorts gebracht werden, um dann zum Verbau genau positioniert zu werden. Hierfür wurde eine aufgabenadaptive Regelung zur schnellen Grob- und langsamen Feinpositionierung [5] umgesetzt. Die Feinpositionierung erfordert aufgrund ihrer Stabilitäts- und Genauigkeitsanforderungen eine hohe Dämpfung der Eingabekräfte. Für die Grobpositionierung hingegen wird eine Leichtgängigkeit – also eine geringe Dämpfung – benötigt. Kern des Ansatzes ist es, je nach Montagephase das geeignete Reglerkonzept einzusetzen. Die aktuelle Phase bzw. das entsprechende Roboterverhalten wird über die Interpretation der Krafteingabe des Bedieners festgestellt, wie Abbildung 2 darstellt.

Durch dieses Konzept ist keine Vorabbeschreibung der Aufgabe erforderlich, was Einsatzhemmnisse abbaut. Da der Mensch in verschiedene Richtungen unterschiedlich

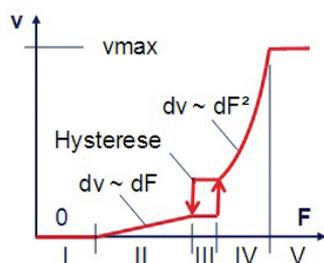


Abbildung 2: Führen des Roboters durch Greifen am Bauteil (links), vereinfachtes Modell des Führverhaltens. Bereich I, II Feinpositionieren, IV Grobpositionieren, III Wechsel zwischen Fein- und Grobpositionierung, V Grenzgeschwindigkeit. ( $v$ -Geschwindigkeit,  $F$ -Kraft,  $dF$ -Kraftänderung) (mitte).

Bedienung über Zweihand-Zustimmrichtung im Stehen und im Sitzen. Der Arbeitstisch ist mit ID-Sensoren ausgerüstet, erkennt den Mitarbeiter automatisch und stellt Arbeitshöhe an Tisch und Roboter ein (rechts).

große Kräfte aufbringen kann [6], werden die Vektoren der Krafteingabe abhängig von der Mitarbeiterposition verstärkt. So werden laterale Bewegungen mit weniger Kraft als beim ventralen Schub zur gleichen Geschwindigkeit führen. Dies unterstützt insbesondere Mitarbeiter mit eingeschränkter Beweglichkeit in der Drehung des Oberkörpers bzw. der Hüfte. Mit gleicher Motivation kann ein virtuelles Förderband eingerichtet werden. Der Mitarbeiter schiebt den Robotereffektor gegen eine virtuelle Wand, an der dieser automatisch lateral beschleunigt und geführt wird, bis der Mitarbeiter den Effektor wieder von der Wand wegzieht. Durch die Entkopplung von Eingabe und Roboterbewegung kann entlang des Förderbands trotz höherer Geschwindigkeit ein stabiles Verhalten erzeugt werden.

#### 5.3.2.4 Integration teilautonomer Verrichtungen

Entscheidende Vorteile von Manipulatoren gegenüber herkömmlichen passiven Balancing-Systemen sind ihre Fähigkeit zu aktiver, autonomer Bewegung sowie die flexible Unterstützung in sechs Freiheitsgraden. Autonome Funktionen, die im Projekt umgesetzt wurden, erlauben beispielsweise die selbständige Aufnahme und die Übergabe eines Bauteils an den Mitarbeiter an vorher definierten Positionen. Diese Assistenzfunktion entlastet den Werker auf zwei Arten: Zum einen muss er das Bauteil nicht mehr von der Materialzufuhr zum Montageort tragen (Akzeptanzsteigerung), zum anderen kann er in der Zeit der Anlieferung andere Arbeitsschritte parallel ausführen (Effizienzsteigerung). Die autonomen Funktionen können auch hybrid während der Kooperation eingesetzt werden. Im Fließbetrieb kann der Roboter das Bauteil automatisch synchron mit der Fließgeschwindigkeit bewegen, wobei die Führungsvorgaben des Mitarbeiters diese überlagern. Der Mitarbeiter muss sich also nicht auf die Bewegung des Fließbands konzentrieren, wird somit mental entlastet und kann sich ganz dem Verbau widmen. Gleichzeitig muss der Mitarbeiter keine konstanten Vorschubkräfte mehr leisten. Eine weitere Assistenzfunktion ist das automatische Ausrichten des Bauteils auf die Einbaulage. Das Assistenzsystem erkennt, wann der Roboter sich dem Montageort nähert und kann ab diesem Moment die Orientierung des

Bauteils verbaurichtig anpassen, was ebenfalls die Akzeptanz fördert. Der Werker kann dann die Orientierung zur Einsetzform überprüfen, ggf. noch korrigieren und dann den letzten Montageschritt durchführen.

#### 5.3.2.5 Sicherheitsfunktionen

Im Projekt wurden verschiedene Sicherheitsfunktionen implementiert, die das Verletzungspotenzial in dieser Mensch-Roboter-Kooperation senken. Generell ist die Geschwindigkeit des Manipulators im gesamten Einsatz in Übereinstimmung mit DIN 10218 reduziert (passive Sicherheit). Diese Geschwindigkeitsrichtwerte werden permanent überprüft und der Roboter wird bei Überschreitung stillgesetzt. Reißt zu irgendeinem Zeitpunkt die Ethernet-Verbindung zwischen Assistenzsystemsteuerung und Robotersteuerung ab, wird der Manipulator automatisch nach wenigen Millisekunden stillgesetzt (Totmann-Sicherung der Steuerung). Während des autonomen Verfahrens kann es vorkommen, dass Menschen den Arbeitsbereich des Roboters durchqueren. In diesem Fall wird der Roboter verlangsamt oder temporär angehalten. Hierzu wurde im Projekt ein laserbasiertes Trackingsystem entwickelt, das die Position von allen dynamischen Objekten im Umfeld des Roboters bestimmt. Basierend auf Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit des Manipulators, Distanz zum Objekt und zu den ermittelten ergonomischen Richtlinien wird der Roboter dann ggf. in mehreren Stufen verlangsamt oder gestoppt. Wird der Arbeitsbereich wieder frei gemacht, nimmt der Roboter selbständig seine Bewegung wieder auf.

Beim manuellen Führen des Roboters durch den Werker nimmt dieser eine Kontrollfunktion ein und vermeidet eigenverantwortlich Kollisionen und Schäden. Der Roboter lässt sich nur dann bewegen, wenn der Werker die Zustimmungsrückmeldung gedrückt hält. Die Wartezeit zwischen der Betätigung der Zustimmungsrückmeldung und der Freigabe der Bewegung des Roboters wurde von 3 s auf 0,5 s reduziert, da eine hohe Wartezeit die Akzeptanz der Werker verhindert hätte. Darüber hinaus wurde für diesen Betriebsmodus eine Schutzfunktion entwickelt, die weitere Bedien-

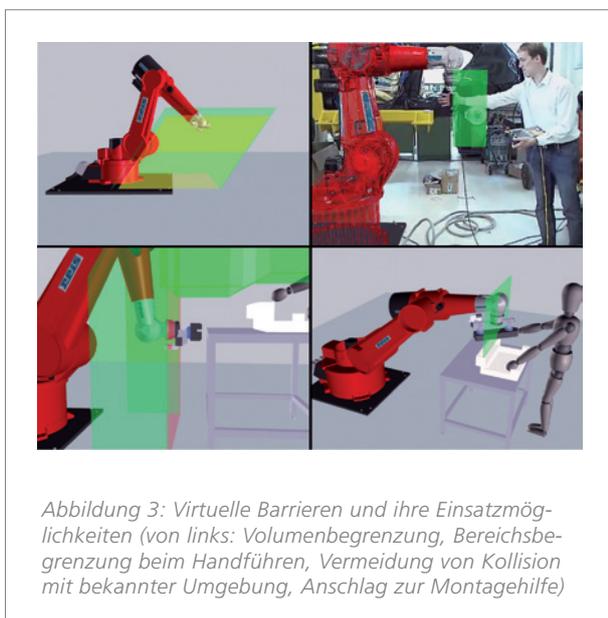
fehler, beispielsweise aus Unachtsamkeit des Mitarbeiters, abfängt und damit eine zusätzliche Sicherheit erzielt. Durch Definition sogenannter virtueller Barrieren im Arbeitsraum des Roboters, die der Manipulator nicht durchfahren kann, wird eine Kollision mit bekannten Objekten vermieden. Diese Barrieren können auf verschiedene Weise definiert werden, beispielsweise als einzelne Wand oder ganzes Volumen im Raum (vgl. Abbildung 3). In letzterem Fall wird die Roboterposition durch den Tool-Center-Point (TCP; also die Roboterspitze mit dem Greifer) repräsentiert. Ist der Roboter im Begriff eine virtuelle Sperre zu durchbrechen, so werden allein die auf die Sperrwand gerichteten Verfahrrichtungen für den Roboter gesperrt – alle anderen Verfahrrichtungen bleiben frei. Dies hat folgenden Effekt: Trifft der TCP des Roboters während des Handführens auf eine solche Barriere, wird der Manipulator am Grenzrand gestoppt. Da nur die Verfahrrichtungen gesperrt werden, die aus der Barriere hinausführen, und die Motoren des Roboters gleichzeitig aktiv bleiben, kann der Bediener den Roboter jederzeit wieder in den erlaubten Verfahrbereich hinein- bzw. an der Barriere entlangführen. Diese Funktion des Systems kann somit auf zwei Arten genutzt werden: Zum einen können im Arbeitsraum fest installierte Objek-

te, wie beispielsweise Wände oder Arbeitstische, mit einer aus solchen virtuellen Barrieren bestehenden Schutzhülle umgeben werden (Abbildung 3, links unten).

Zum anderen kann die Barriere auch als Assistenzfunktion genutzt werden: Definiert man in bestimmten Bereichen beispielsweise eine trichterförmige Barriere, kann der Werker den Roboter an dieser Grenze entlanggleiten lassen, sodass automatisch eine Einführbewegung in den richtigen Korridor erfolgt. Ebenso kann man eine solche Barriere so definieren, dass sie als Anschlag vor der Endmontageposition dient (Abbildung 3, rechts). Der Arbeiter kann den Roboter so lange mit geringer Aufmerksamkeit zur Zielposition drücken, bis er automatisch gestoppt wird. In diesem Moment weiß er dann, dass er sich genau über der Endmontageposition befindet, und kann den präzisen Verbau beginnen. Das System lässt sich somit auch als Führungshilfe und -sicherheit für den Arbeiter nutzen. Derzeit wird mit den Barrieren eine Positionierungsgenauigkeit von 2 mm erzielt, was bereits für viele Fügeprozesse hinreichend ist.

### 5.3.2.6 Demonstrationsszenario Gewichtmontage

In diesem Einsatzbeispiel ist ein 7 Kilogramm schweres Werkstück in die Bodenbaugruppe einer Spülmaschine zu montieren (vgl. Abbildung 2). Durch Gewicht, Häufigkeit und Ausführungsbedingungen ist eine dauerhaft schädigungsfreie Ausführung oder der Einsatz leistungsgewandelter Mitarbeiter nicht möglich, eine Unterstützung daher erforderlich. Der Einsatz des Assistenzroboters an diesem Arbeitsplatz wurde wie folgt realisiert: Die Bauteilaufnahme von einer definierten Position und der Transport zu einer Übergabestelle in Einbaulage geschehen automatisch. Während des autonomen Verfahrens wird die Bewegung des Roboters vom Tracking-System überwacht. Ab der Übergabeposition übernimmt der Mitarbeiter die Steuerung des Roboters. Die Übergabeposition kann dabei personalisiert in einem Mitarbeiterausweis gespeichert sein, der zu Arbeitsbeginn über RCID-Sensoren am Arbeitstisch ausgelesen wird, sodass eine individuell optimale Arbeitshöhe gewährleistet wird. Mit der Zweihand-Zustimmeneinrichtung führt der Wer-



ker das Bauteil zum Montageort. Der Arbeitsplatz wird durch virtuelle Wände abgesichert, die gleichzeitig als Anschlag zur Montagehilfe dienen. Hier kann der Mitarbeiter dann unter anderem sicherstellen, dass der Montageort frei ist und gegebenenfalls weitere notwendige Arbeitsschritte durchführen. Der Manipulator fährt nach Absetzen des Bauteils wieder in den Automatikbetrieb zurück und beginnt eine neue Bauteilaufnahme. Die Mitarbeiter werden also durch den Manipulator von der ungünstigen Arbeitshaltung (Bücken, Vorbeugen) bei der Aufnahme des Bauteils sowie vom Gewicht, also der Haltearbeit, deutlich entlastet. Der Effizienzgewinn hängt insbesondere von der Dauer der kooperativen Handhabung ab. Liegt die Übergabestelle, von der der kooperative Prozess startet, 0,5 Meter entfernt vom Montageort und wird ohne virtuellen Anschlag geführt, so dauert der Prozess neun Sekunden. Liegt der Übergabeort 0,25 Meter direkt über dem Montageort und ist die Verbaulage bereits eingestellt, sind 3 Sekunden erzielbar. Nach MTM dauert der manuelle Prozess im Mittel 6,1 Sekunden. Die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes wird im Folgenden besprochen.

### 5.3.2.7 Demonstrationsszenario Vordersitzverbau

In diesem Szenario wird ein Vordersitz von 32 Kilogramm in ein Fahrzeugchassis eingesetzt. Diese Aufgabe wurde aufgrund des großen Gewichts des Werkstücks, der komplizierten Einsetzbewegung und unzureichendem Trägheitsausgleich von gewöhnlichen Balancing-Systemen als besonders verbesserungswürdig von den Werkern eingeschätzt.

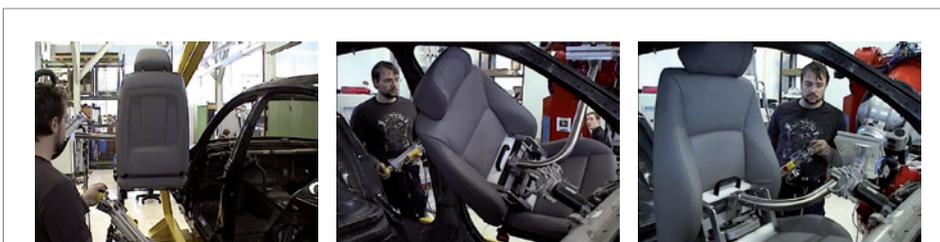


Abbildung 4: Einfädeln eines Vordersitzes in ein Fahrzeugchassis. Der Mitarbeiter kontrolliert und steuert den teilautonomen Montageprozess über die Neigung der hierfür vom Roboter gelösten Zustimmeinrichtung

Der Assistenzroboter fährt automatisch die Greifposition am bereitgestellten Sitz an. Der Mitarbeiter kann für eventuelle Korrekturen den Roboter per Handführen neu positionieren und anschließend den speziell entwickelten Greifer manuell schließen. Unterstützt durch virtuelle Barrieren und Förderbänder wird der Sitz zum Chassis kooperativ geführt, wobei der Werker die Kontroll- und Sicherungsfunktion übernimmt. Dort kann der Roboter mit der Fließmontage synchronisiert werden. Wegen des eingeschränkten Arbeitsraums wäre in der Praxis hierzu eine Mobilisierung des Roboters, etwa via Linear-Achse, erforderlich. Aus der Untersuchung des Montageszenarios mit einem Modellsitz ergab sich, dass der Einfädelprozess durch den Mitarbeiter aufgrund enger Platzverhältnisse und schlechter Sicht nicht fehlerfrei manuell durchgeführt werden kann (3 % Fehler,  $n=90$ ,  $\sigma=0,18$ ). Der Mitarbeiter führt daher den Sitz zu einer Startposition, löst die mit einem Schnellwechselsystem ausgestattete Zweihand-Zustimmeinrichtung, hält diese in der Hand und startet einen teilautonomen Prozess (vgl. Abbildung 4). Durch seitliches Neigen der Zustimmeinrichtung kann der Mitarbeiter die Einführbewegung vorwärts und rückwärts ablaufen lassen oder stoppen. Ein Vorwärtsskippen verändert hingegen die relative Position zum Chassis. Ein waagrechtes Halten oder ein Lösen der Zustimmeinrichtung führt zu einem Stopp. Sobald sich der Sitz in korrekter Lage im Inneren des Fahrzeugs befindet, öffnet der Mitarbeiter den Greifer und ordert den Roboter, das Chassis zu verlassen und zu einer Warteposition fahren. Dort

beginnt der Roboter erneut mit der Aufnahme eines Sitzes, während der Mitarbeiter den Sitz verschraubt und anschließt.

### 5.3.2.8 Wirtschaftlicher Einsatz

Die Kernpunkte werden am Beispiel des Demonstrationsszenarios Gewichtseinheiten dargelegt. Sie

gelten in analoger Weise für die Vordersitzmontage. Zunächst wurden die Kosten der Systembestandteile (Roboter, Sicherheitssysteme, Effektoren etc.), des Betriebs (Wartung, Energie), der Bedienung (Lohn- und Lohnnebenkosten ERA 1 je Sekunde) für verschiedene Varianten ermittelt und verglichen (siehe Tabelle 1, linke Hälfte). Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Roboterassistenz hier bei gleicher Ausbringungsleistung günstiger als die Vollautomation ist. Sie ist zwar etwa doppelt so teuer (Zweischichtmodell) wie die manuelle Montage, allerdings auch doppelt so schnell. Durch die gewonnene Zeit kann der Mitarbeiter entweder von der engen Taktbindung entlastet werden oder neue wertschöpfende Aufgaben übernehmen. Das lässt sich günstig auf die täglichen Anlagenkosten anrechnen (10 bis 30 %). Diese Differenz macht gleichzeitig transparent, welchen erheblichen monetären Nutzen man von der Berücksichtigung dieser Technologie bereits in der Planungsphase erwarten kann, denn später sind die Takte und Arbeitsinhalte bereits fixiert und schwer anpassbar. Der größte Kostennachteil des Assistenzsystems ist seine Stillstandszeit im Takt. Aus 37 Sekunden Taktzeit werden nur etwa 17 Sekunden für die Assistenz des einen Arbeitsplatzes benötigt. Um den Assistenz Einsatz in den Bereich der Wirtschaftlichkeit des manuellen Prozesses oder

darüber zu heben, sind mehrere Ansätze verglichen worden, diese Zeit nutzbar zu machen. Im Dreischichtbetrieb bietet sich an, dass der Roboter entweder einem zweiten Arbeitsplatz assistiert, doppelt so schnell arbeitet oder einen automatischen, wertschöpfenden Prozess durchführt, was hier mit doppelten Anlagenkosten durchgerechnet wurde. Auch im Zweischichtbetrieb ist diese Variante wirtschaftlich, jedoch mit geringerer Marge. Für den Einschichtbetrieb ist der Roboter nur acht Stunden als Assistent tätig, daher lässt sich ein Einsatz als Montageautomat in den verbleibenden 16 Stunden in Betracht ziehen. Aufgrund der hohen Anlagenkosten (zusätzlich zu Montagestation, Raum, Lager, Mobilisierung des Roboters) sowie der Rüstzeiten ist es gleichwohl eine lohnende Alternative. Mit derartigem zusätzlich wertschöpfenden Einsatz kann sich das Assistenzsystem im Prinzip selbst bezahlen, entsprechende Optionen zur Automation vorausgesetzt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der wirtschaftliche und produktionssteigernde Einsatz möglich ist. Dies gilt insbesondere dann, wenn gewonnene Prozess- und vorhandene Stillstandszeiten vom Assistenzroboter in automatischen Prozessen wertschöpfend genutzt werden können. Auch „zu teure“ Assistenz kann so bezahlbar

Arbeitsschichten	Anlagen, Betriebs- und Mitarbeiterkosten [€ p.d.]				Zusätzlich wertschöpfender Einsatz [€ p.d.]			
	Manuell	Automat	Assistiert, Zeitgewinn als Entlastung	Assistiert, Zeitgewinn für neue Aufgaben	Roboter nutzt freie Nebenzeit	Zusatz-Einsatz nach Schicht	Nebenzeit & Einsatz nach Schicht	Assistenz an 2 Arbeitsplätzen gleichzeitig
3	-76,48	-139,00	-120,62	-81,74	258,62	0,00	258,62	77,74
2	-52,58	-139,00	-108,86	-82,14	172,41	139,61	312,03	53,45
1	-28,68	-139,00	-97,10	-82,53	86,21	299,18	385,38	29,15
					Anlagen und Betriebskosten pro Tag [€ p.d.]			
					-163,20	-243,20	-323,20	-83,00

Tabelle 1: Übersicht des wirtschaftlichen Einsatzes (Rot: Unwirtschaftlich, Gelb: Grenzwertig, Grün: Wirtschaftlich argumentierbar)

werden. In Grenzbereichen bleibt es weiterhin eine Unternehmensentscheidung, welche Kosten getragen werden.

### 5.3.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

Im Verbund der Teilprojekte des Themenfelds III sowie der Querschnittsprojekte wurde als Basis für die zu entwickelnden Techniken zu Beginn des Projekts ein Katalog erstellt, der die Anforderungen und die Leistungswandlungen der Mitarbeiter in Montage und Logistik zusammenfasst. Die Querschnittsprojekte unterstützten weiterhin bei Erarbeitung der allgemeinen Akzeptanzanforderungen sowie der Richtlinien für die Gestaltung von Benutzeroberflächen für ältere und leistungsgewandelte Arbeiter. Mit den Industriepartnern erfolgte ein enger Austausch über Unterstützungsbedarf und praktische Einsatzpotenziale der entwickelten Technologien. Reis Robotics GmbH & Co. KG leistete bei der Umsetzung bedeutende technische und beratende Unterstützung. Bei der Entwicklung der Arbeitsplatz-Individualisierung wurde eng mit Teilprojekt III-1 sowie deren Industriepartner ZELENKA GmbH zusammengearbeitet. Es wurde eine Lösung zur Mitarbeiteridentifikation gewählt, und die Forschungsergebnisse wurden direkt in den gemeinsamen Demonstrator am iwb Augsburg integriert. Dieser wurde zusammen mit dem Assistenzroboter auf der „automatica“ dem Fachpublikum zugänglich gemacht.

### 5.3.4 Ausblick

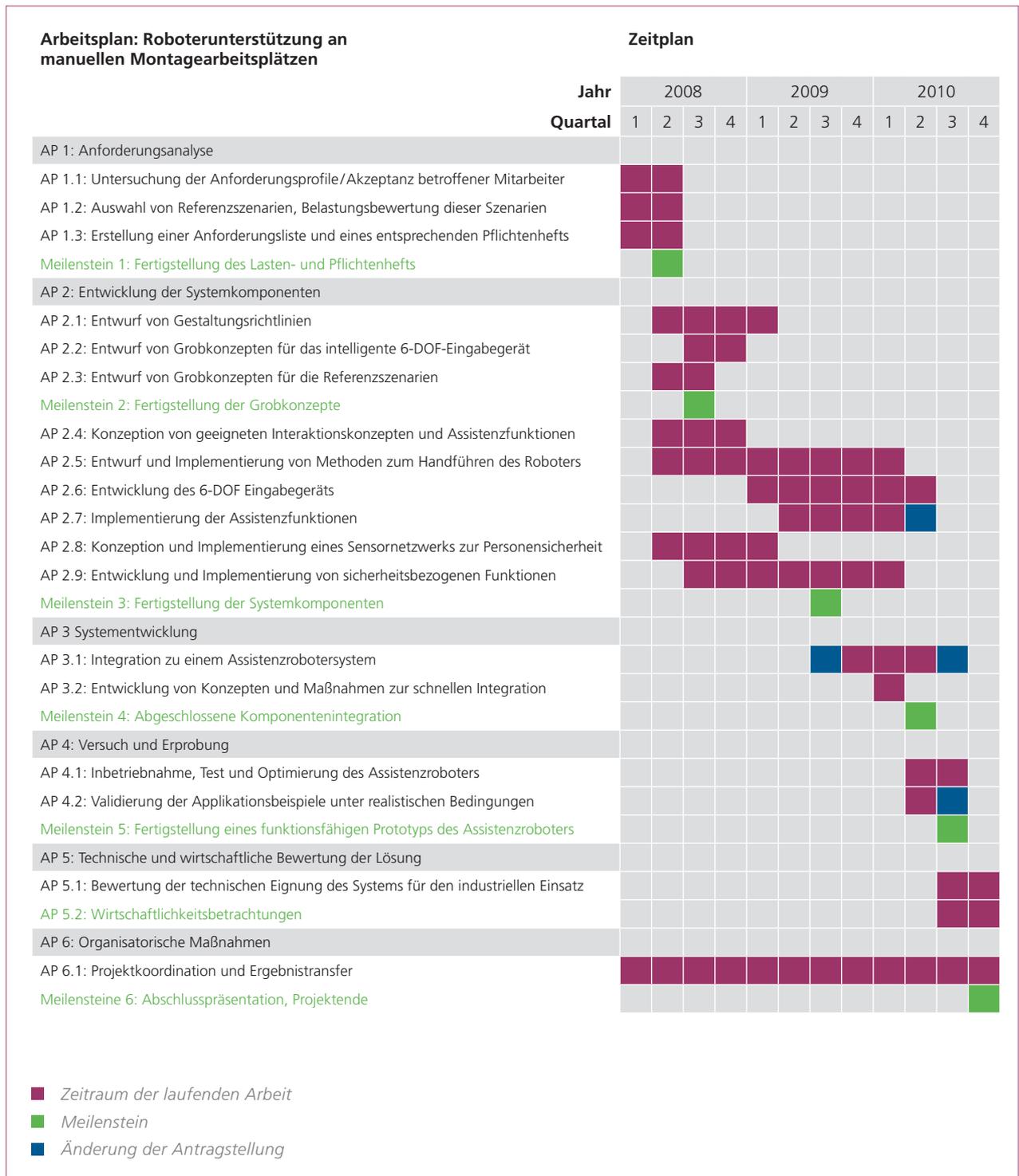
Im Projekt sind neue Fragestellungen entstanden, die über den Fokus von FitForAge hinausgehen und Thema zukünftiger Forschungsanstrengungen sein können. Dies betrifft zum Beispiel die sichere Koexistenz von Mensch und Roboter in der Fließmontage, die Flexibilitätssteigerung der Assistenz durch mobile Roboter sowie die Realisierung weitergehender AR-Unterstützung bei der Arbeit mit Manipulatoren jenseits des produktionstechnischen Einsatzes. Konkrete Umsetzungen der Projektergebnisse in der Praxis sind geplant. Die Industriepartner werden

von den Instituten auch über das Projektende hinaus beim Transfer unterstützt.

### 5.3.5 Literatur

- [1] European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions (Hrsg.): Forth European Working Conditions Survey. 2005, ISBN: 92-897-0974-X, Luxemburg, 2007
- [2] Ottersbach, H. J.: BG/BGIA – Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach Maschinenrichtlinie. Gestaltung von Arbeitsplätzen mit kollaborierenden Robotern, BGIA - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (Hrsg.), U 001/2009, Sankt Augustin, Online, Stand 2009: [http://www.dguv.de/bgia/de/prakollaborierende\\_roboter/index.jsp](http://www.dguv.de/bgia/de/prakollaborierende_roboter/index.jsp)
- [3] Sarodnick, F.; Kohler, P.; Lum, T.; Schulze, H.; Giessler, R.: Sicherheit in der Mensch-Roboter-Kooperation, in: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Jg. 59(4), 2005, S. 441–450
- [4] Melenhorst, A.-S.; Bouwhuis, D. G.; Rogers, W. A.: Older Adults' Motivated Choice for Technological Innovation: Evidence for Benefit-Driven Selectivity, in: Psychology and Aging, Jg. 21(1), 2006, S. 190–195
- [5] Henrich, D.; Kuhn, S.: Modeling Intuitive Behavior for Safe Human/Robot Coexistence Cooperation, in: IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2006, S. 3929–3934
- [6] DGUV (Hrsg.): Der montagespezifische Kraftatlas, BGIA-Report 2009, Jg. 3, FISK et al., 2009

### 5.3.6 Arbeits- und Zeitplan





## QUERSCHNITTSPROJEKTE

# 6 Fit4Use und Fit4Product – Querschnittsprojekte

*Die Querschnittsprojekte Fit4Use und Fit4Product erforschen projektübergreifend die Akzeptanz und Nutzung altersgerechter Technologien und stellen Methoden und Ansätze zur Entwicklung von Produkten für ältere Personen zur Verfügung. Grundlage dafür bietet ein im Laufe des ersten Projektjahres erarbeitetes theoretisches Rahmenwerk, mithilfe dessen die Nutzereigenschaften (Fit4Use) und die Produkteigenschaften (Fit4Product), welche für die Verwendung von neuen technischen Geräten im Alter ausschlaggebend sind, beschrieben werden können. Das Modell erfährt durch die Zusammenarbeit mit den drei FitForAge-Themenfeldern eine Validierung und einen konkreten Anwendungsbezug. Die einzelnen Teilprojekte werden bei ihren Entwicklungsarbeiten hinsichtlich der Einbindung potenzieller Endnutzer und im Hinblick auf die Evaluation der prototypischen Entwicklungen bzw. Demonstratoren durch das Teilprojekt Fit4Use beraten und unterstützt. Da das dritte Lebensalter wie keine andere Phase der menschlichen Entwicklung die gesamte Heterogenität von Fähigkeiten und Bedürfnissen abdeckt und damit äußerst hohe Anforderungen an die Differenziertheit der Produkte stellt, erarbeitet das Teilprojekt Fit4Product mit den einzelnen Teilprojekten Lösungsansätze zur Individualisierung und Modularisierung altersgerechter Produkte. Die Ergebnisse beider Querschnittsprojekte werden aktuell in Form eines Methodenkatalogs zur Entwicklung altersgerechter Produkte zusammengefasst und veröffentlicht.*

---

## 6.1 Fit4Use – Akzeptanz und Nutzung altersgerechter Technologien

---

Lehrstuhl für Psychogerontologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

**Projektleitung:** Prof. Dr. Frieder R. Lang

**Mitarbeiter:** Bettina Williger, Dr. Roland Rupprecht

**Industriepartner:** bayme vbm – Die bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeber, München; szenaris GmbH, Bremen

---

### 6.1.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Das Querschnittsprojekt Fit4Use verfolgte die Zielsetzung, die Akzeptanz und Nutzung neuer Technologien im höheren Erwachsenenalter zu untersuchen. In diesem Zusammenhang wurden Bedingungen untersucht, unter

denen ältere Menschen eine hohe Bereitschaft zeigen, innovative und neue technische Geräte und Lösungen zu nutzen. Ausgangspunkt war hierbei die einschlägige gerontotechnische Forschungsliteratur, wonach ältere Menschen vor allem dann technische Produkte nutzen, wenn sie den altersspezifischen Bedürfnissen nach Sicherheit, Kontinuität und Anregung gerecht werden (z. B. [1]; [2]). Demnach gilt es sicherzustellen, dass im Hinblick auf konkrete Alltagsaufgaben und Lebensziele des Alters (z. B. Alltagskompetenz, Gesundheit, soziale Einbettung) erkennbare Nutzungsvorteile bestehen, die sich langfristig wie auch kurzfristig zeigen [3]. Vorrangiges Ziel der Forschungsarbeiten war es, unterschiedliche methodische Zugänge zu entwickeln und bereitzustellen, die bereits im Prozess der Entwicklung neuer Produkte und Lösungen die spätere Zielgruppe und deren Kompetenzen und Bedürfnisse berücksichtigen. Aus diesem Grund wurde ein Vorgehen entwickelt, bei dem

verschiedene Methoden der Einbindung potenzieller Endnutzer in den Produktentwicklungsprozess implementiert und evaluiert wurden. Ein vornehmliches Ziel des Querschnittsprojekts Fit4Use bestand somit darin, die einzelnen Teilprojekte des Forschungsverbunds bei der Entwicklung und Evaluierung der entstandenen technischen Lösungen zu beraten und zu unterstützen (AP 1, AP 2). Diese Zielsetzung wurde durch ein systematisches, längsschnittliches Vorgehen realisiert, sodass ein Vergleich der Einbindung von Nutzern in verschiedenen Teilprojekten und mit verschiedenen Methoden möglich wurde. Zu diesem Zweck wurde der sogenannte Seniorenbeirat für die Produktentwicklung (SEN-PRO) eingerichtet, bei dem sowohl Experten (z. B. ehemalige Ingenieure) als auch ältere Nutzer ohne besondere technische Vorbildung (Laien) einbezogen wurden. Aufgabe des Seniorenbeirats war es, unterschiedliche Methoden der Nutzereinbindung hinsichtlich deren Praktikabilität und Produktivität zu erproben. Darüber hinaus wurde in einer wissenschaftlichen Begleitstudie untersucht, inwieweit sich derartige Nutzerstudien auf das Techniknutzungsverhalten und die Einstellungen der Experten- und Laien-Teilnehmer auswirken (AP 3). Der Methodenkatalog für die Produktentwicklung fasst schließlich die wichtigsten Projektergebnisse zusammen und verfolgt das Ziel, die Ermittlung von Anforderungen und die integrierte Bewertung von altersgerechten Technologien für zukünftige Forschungsprojekte systematisch zu beschreiben (AP 4).

### 6.1.2 Ergebnisse

Nach den Vorarbeiten des ersten Projektjahres wurde am Institut für Psychogerontologie der Seniorenbeirat für die Produktentwicklung (SEN-PRO) gegründet. Dem Seniorenbeirat gehören insgesamt 96 Männer und 32 Frauen im Alter von 58 bis 86 Jahren an ( $M=68,29$ ,  $SD=5,21$ ), die von Oktober 2008 bis Dezember 2010 in unterschiedlich zusammengesetzten Arbeitsgruppen in regelmäßigen Abständen an durchschnittlich vier Sitzungen ( $M=4,03$ ,  $SD=2,54$ ) zur Entwicklung und Evaluation von Produktideen teilgenommen haben. Der Seniorenbeirat setzt

sich aus technischen Experten (z. B. Ingenieuren, 51,6 %) und aus technischen Laien (48,4 %) zusammen. Hinsichtlich der generellen Lebensbedingungen und Gesundheit repräsentieren die SEN-PRO-Mitglieder vor allem die dritte Lebensphase des Alters. Im Einklang mit der einschlägigen Forschungsliteratur (z. B. [4]; [5]) ergaben unsere eigenen Pilotstudien, dass ein Einbezug kranker oder gesundheitlich hoch belasteter Personen in einem frühen Stadium der Produktentwicklung nicht nur für die Teilnehmer eine große Belastung darstellt und damit ethische Probleme aufwirft, sondern auch zu fehlerhaften Rückschlüssen bezüglich der Produkte führen kann. Im Weiteren konnten die Ergebnisse der eigenen Studie zeigen, dass auch die Zusammensetzung von beratenden Nutzergruppen nach technischem Vorwissen und Erfahrungshintergrund von großer Bedeutung dafür ist, wie nutzbar die so gewonnenen Erkenntnisse und Einsichten der Zielgruppe für Ingenieure und Produktentwickler waren. Ein ausgeglichener Anteil von technischen Experten in Kombination mit technischen Laien erweist sich hier von Vorteil.

Die primäre Aufgabe des so gegründeten Seniorenbeirats war es, die im Rahmen der Themenfelder Fit4Life und Fit4Mobility entwickelten Prototypen hinsichtlich deren Funktionalität, Attraktivität und Bedienfreundlichkeit zu evaluieren und begleitend zu kommentieren. Die Auswahl einer geeigneten Methode der Nutzereinbindung orientierte sich am Entwicklungsfortschritt und an den Fragestellungen der einzelnen Teilprojekte [6]. Während in frühen Entwicklungsphasen häufig Gruppendiskussionen (Fokusgruppen, Workshops) und Befragungen genutzt wurden, um die Teilnehmer mit einer technischen Lösung bzw. einem Szenario zu konfrontieren, wurden die ausgereifteren Prototypen und Simulationen im dritten Projektjahr mittels Nutzertests auch in Einzelsitzungen evaluiert. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Arbeitsweise und die Einbindung der Nutzer in acht Teilprojekte des FitForAge-Forschungsverbunds.

Methode	Thema	Teilprojekt
Fokusgruppe	Evaluierung zweier Navigationsgeräte, Diskussion von Anwendungen für Fußgängernavigation (N=51)	II-3
	Evaluierung der Benutzeroberfläche des Fitnessbegleiters, Erarbeitung von Zielgruppen und Anwendungen (N=41)	II-1
	Erprobung der Simple Use Wii, Erarbeitung von Zielgruppen und Anwendungen für den Motion Jumper (N=48)	I-3
	Erarbeitung von Zielgruppen und Anwendungen für Sprachsteuerung im häuslichen Umfeld (N=46)	I-1
	Erprobung eines Scooters, Diskussion der Szenarien zu autonomen Fahrfunktionen (N=49)	II-2
	Demonstration des CarSense-Systems, Diskussion von Anwendungen für den Einsatz im privaten Kfz (N=46)	II-4
	Vergleichende Evaluierung zweier Benutzerschnittstellen für die HomeCare-Unit (N=1)	I-3
	Demonstration der Software zur Trainingsanleitung und -auswertung, Bewertung der Sporttextilien (N=18)	II-1
Workshop	Demonstration von telemedizinischen Produkten (Evolino, e-Schmerzmonitoring, Fitnessbegleiter) (N=41)	I-4, II-1
	Demonstration von Produkten der Intelligenten Haustechnik (Infotainment, Sprachsteuerung), Erarbeitung von Anwendungsfällen für Sprachsteuerung	I-1
	Demonstration von Assistenzsystemen für private Kfz (Fahrerassistenzsysteme, CarSense)	II-4
Nutzertest	Erprobung und Evaluierung der Sprachsteuerung im ISA-Haus (Wizard of Oz; N=32)	I-1
	Priorisierung von Produkteigenschaften für altersgerechte Produkte (N=61)	Q2
	Vergleichende Evaluierung der herkömmlichen und der digitalisierten Version des Syndrom-Kurztests (SKT; N=44)	I-2
	Erprobung des CarSense-Systems im Fahrversuch (N=11; durchgeführt am MiMed, TU München)	II-4
	Evaluierung der Scooter-Assistenzfunktionen und des Fußgängernavigationsgeräts (N=8)	II-2, II-3

Tabelle 1: Übersicht über die eingesetzten Methoden der Nutzereinbindung (Themen, Probanden) und die Kooperation mit den einzelnen Teilprojekten

Eine Darstellung der produktbezogenen Ergebnisse aller Aktivitäten des Seniorenbeirats ist im vorgegebenen Rahmen nicht möglich und erfolgt teilweise in den ent-

sprechenden Abschlussberichten der einzelnen Teilprojekte. Im Folgenden werden illustrierend die Ergebnisse der Nutzereinbindung bei der Entwicklung eines Fußgängerassistenzfahrzeugs (Teilprojekt II-2) dargestellt. Dieses Beispiel wurde herausgegriffen, da das Projekt sowohl in einem sehr frühen als auch in einem späten Entwicklungsstadium Gegenstand der SEN-PRO-Sitzungen war und sich daran sehr gut die Vor- und Nachteile und zu erwartenden Ergebnisse der eingesetzten Methoden verdeutlichen lassen.

#### 6.1.2.1 Produktbezogene Ergebnisse: Illustration der Nutzereinbindung am Beispiel Fußgängerassistenzfahrzeug

Die im September 2009 umgesetzten Fokusgruppen zum Thema Fußgängerassistenzfahrzeug (Teilprojekt II-2) hatten das Ziel, Teilnehmerrückmeldungen zu den neuen Funktionalitäten des Scooters zu generieren – ohne dass diese bereits in vollem Funktionsumfang auf dem Scooter umgesetzt waren. Die Einbindung von Nutzern in dieser frühen Phase der Produktentwicklung ist zielführend, da so Fehlentwicklungen vermieden und eventuelle Nutzungsbarrieren von Anfang an in die Produktkonzeption einbezogen werden können. Gegenstand der

Untersuchung war deshalb zunächst ein herkömmliches Scootermodell, das von den insgesamt 49 Teilnehmern der fünf Fokusgruppen anhand vorgegebener Aufgaben (z. B. Beschleunigen, abruptes Bremsen, Durchqueren von Engstellen) im Fahrversuch getestet wurde. Wie erwartet erarbeiteten alle Gruppen zunächst Rückmeldungen zur

Ausgestaltung des Fahrzeugs, welche auf Herstellerseite (Handicare GmbH, Geiselbullach) direkt in die Weiterentwicklung des Fahrzeugs eingeflossen sind (z.B. Positionierung des Beschleunigungsreglers und des Blinkhebels, manuelle Bremse, mehr Ladeflächen, Visualisierung des Akkustands). In dieser ersten Erprobungsphase wurde aber auch deutlich, dass das Führen des Fahrzeugs in den folgenden Fahrsituationen keineswegs als unproblematisch empfunden wurde: öffentlicher Personennahverkehr (z.B. Regionalbahn), Supermarkt, Fußgängerzone, Parkplatz, innerhäuslicher Einsatz. Diese Ergebnisse bestärken das Projektvorhaben des Teilprojekts „Orientierungsassistent“ (II-2) bzw. „Fußgängerassistentfahrzeug“ (II-3), die Sicherheit der Scooternutzer durch die Verbesserung der Fahreigenschaften und die Implementierung von Assistenzfunktionen zu steigern. Im weiteren Verlauf der Sitzung wurden die entsprechenden Assistenzfunktionen (Voraus-/Hinterherfahren, automatische Hindernisvermeidung, Navigieren an engen Stellen, Parkassistent) mittels einer PowerPoint-Präsentation eingeführt. Jedoch war es den Teilnehmern nicht möglich, so stark zu abstrahieren, als dass konkrete Rückmeldungen zu der Weiterentwicklung dieser Funktionalitäten erarbeitet werden konnten. Die anschließende Gruppendiskussion behandelte deshalb insbesondere Überlegungen zur Zielgruppe und Kostenerwägungen [7].

Nach einer längeren Entwicklungsphase war das Fußgängerassistentfahrzeug im Dezember 2010 erneut Gegenstand der SEN-PRO-Sitzungen. Die einzelnen Funktionen waren nun prototypisch auf dem Scooter umgesetzt und so bestand die Möglichkeit, diese den SEN-PRO-Mitgliedern erstmals zu demonstrieren und in Einzelsitzungen zu testen. Um Aussagen über die Effizienz und Effektivität der neuen Assistenzfunktionen treffen zu können, wurden die Teilnehmer aufgefordert, einen Parcours mit drei Fahrsituationen (180°-Kurve, enger Flur, Slalom), welche im Rahmen der Fokusgruppen als problematisch eingeschätzt wurden, einmal mit und einmal ohne vorherige Aktivierung der Assistenzfunktionen zu durchfahren. Während jeder Testfahrt wurden die benötigte Fahrzeit, das Fehlerrückkommen sowie die subjektive Bewertung

der Sicherheit durch die Teilnehmer erhoben. Die Ergebnisse der ersten acht Sitzungen zeigen, dass die Aktivierung der Assistenzfunktionen mit kürzeren Fahrzeiten und weniger Fehlerrückkommen verbunden ist. Hinsichtlich der Sicherheitseinschätzung zeigen sich keine Unterschiede für die beiden Bedingungen. Aufgrund schlechter Wetterverhältnisse wird die Testreihe im Januar 2011 fortgesetzt, sodass den Analysen zur Abschlussbegutachtung ein repräsentativeres Datenset zugrunde liegt. Für die zukünftige Weiterentwicklung des Fußgängerassistentfahrzeuges wäre nun der nächste Schritt, eine größere Gruppe von Scooternutzern bzw. Personen mit Gehbehinderungen zu rekrutieren und den Einsatz der Assistenzfunktionen im Alltag zu erproben. Erst auf dieser Datengrundlage lassen sich Aussagen über die spätere Akzeptanz und Nutzung der Entwicklung endgültig treffen.

#### *6.1.2.2 Produktivität und Praktikabilität der Methoden (AP 3)*

Neben der Evaluierung der im Rahmen des Forschungsverbunds entstandenen technischen Lösungen wurde bei den Arbeiten mit dem Seniorenbeirat das Ziel verfolgt, unterschiedliche Methoden der Nutzereinbindung und Evaluation (Fokusgruppen, Nutzertests, Workshops) zu variieren, um davon Aussagen über die Praktikabilität und Produktivität dieser Herangehensweisen im Zusammenhang mit der Entwicklung altersgerechter Produkte abzuleiten. Das konkrete Vorgehen sowie die Chancen und Schwierigkeiten der unterschiedlichen Methoden wurden mittels einer umfassenden Literaturrecherche zusammengetragen und sind im Methodenkatalog für die altersgerechte Produktentwicklung (AP 4) dargestellt. Darüber hinaus sollten die Produktivität und Praktikabilität der Methoden vergleichend empirisch überprüft werden. Zur Bearbeitung dieser Fragestellung wurden die Entwickler aufgefordert, die inhaltliche Relevanz der Ergebnisse sowie den organisatorischen Aufwand über einen Online-Fragebogen zu evaluieren. Auch die Mitglieder des Seniorenbeirats bewerteten nach jeder Intervention die Ergebnisse und den Ablauf der Sitzungen mittels eines dafür entwickelten Fragebogens.

	<b>Fokusgruppe</b>	<b>Nutzertest</b>	<b>Workshop</b>	<b>F</b>	<b>p</b>	<b><math>\eta^2</math></b>
	<b>N = 59</b>	<b>N = 79</b>	<b>N = 57</b>			
<b>Interessantheit des Themas (M <math>\pm</math> SD)</b>	4,30 $\pm$ 0,62	4,62 $\pm$ 0,73	4,32 $\pm$ 0,70	4,61	,01	,05
<b>Wichtiger Beitrag für die Produktentwicklung (M <math>\pm</math> SD)</b>	3,97 $\pm$ 0,70	4,03 $\pm$ 0,91	3,79 $\pm$ 0,72	1,63	,20	,02
<b>Einbringung von eigenen Beiträgen (M <math>\pm</math> SD)</b>	4,34 $\pm$ 0,62	4,42 $\pm$ 0,71	4,16 $\pm$ 0,74	2,39	,09	,02
<b>Persönlicher Nutzen aus der Sitzung (M <math>\pm</math> SD)</b>	3,51 $\pm$ 0,82	3,72 $\pm$ 1,12	3,30 $\pm$ 0,92	3,12	,05	,03

Tabelle 2: Evaluierung der SEN-PRO-Sitzungen durch die SEN-PRO-Teilnehmer

Tabelle 2 fasst die Rückmeldungen der SEN-PRO-Teilnehmer zu den eingesetzten Methoden der Nutzereinbindung zusammen. Vorwegzunehmen ist, dass alle drei Methoden auf der eingesetzten Likert-Skala (1 = trifft gar nicht zu, 5 = trifft voll und ganz zu) im positiven oberen Drittel bewertet wurden. Unterschiede in der Evaluation der Methoden fanden sich hinsichtlich der Interessantheit des behandelten Themas und dem persönlichen Nutzen, den die Teilnehmer jeweils aus der Sitzung gezogen haben. Im Bezug auf beide Evaluationskriterien wurden Nutzertests besser bewertet als Gruppensitzungen (Fokusgruppe, Workshop; Produktivität). Darüber hinaus gaben die Teilnehmer für alle drei Methoden an, durch die Sitzungsergebnisse einen wichtigen Beitrag für die Weiterentwicklung der begutachteten Produktideen erzielt zu haben (Produktivität). Auch die Möglichkeit, eigene Beiträge in die Diskussion einzubringen, wurde sowohl in Gruppensitzungen (Workshop, Fokusgruppe) als auch in der Einzeltestung zustimmend bewertet (Praktikabilität).

Aufseiten der Entwickler zeigt sich ebenfalls ein positives Bild. Die Evaluationsergebnisse belegen, dass alle drei Methoden mittlere bis große Beiträge zur Weiterentwicklung der technischen Lösungen geleistet haben (Produktivität), wobei insbesondere die Durchführung von Nutzertests mit wertvollen Rückmeldungen zur Funktionalität, Bedienfreundlichkeit und Geräteergonomie verbunden war. Was die tatsächliche Realisierung der

SEN-PRO-Rückmeldungen angeht, so war es aus organisatorischen Gründen nicht möglich, zu dokumentieren, inwieweit die Rückmeldungen Eingang in den weiteren Entwicklungsprozess nahmen (beispielsweise durch eine Auswertung der Pflichtenhefte). Die Evaluierung der Sitzungsergebnisse zeigt jedoch deutlich auf, dass bei Berücksichtigung der Rückmeldungen zusätzliche Kosten für die Entwicklerteams entstehen. Die Durchführung der Sitzungen als solche war jedoch ausschließlich im Hinblick auf die Fokusgruppen mit zusätzlichen Personal- und Materialkosten verbunden (Praktikabilität). Verwunderlich an dieser Stelle ist, dass auch der Personalaufwand für die Durchführung von Nutzertests gering eingeschätzt wurde, da für jede der Sitzungen auch ein technischer Versuchsleiter auf Teilprojektseite benötigt wurde. Die kleinen Stichprobengrößen (Fokusgruppe: N = 14, Nutzertest: N = 3, Workshop: N = 1) schränken die Aussagekraft der Ergebnisse aber ohnehin ein.

Neben den Aussagen zur Produktivität und Praktikabilität der Methoden lassen sich von den Sitzungen zudem einige allgemeingültige Ergebnisse für das methodische Vorgehen ableiten. So hat sich gezeigt, dass es den Teilnehmern schneller und besser gelingt, Rückmeldungen zu den einzelnen Entwicklungen zu geben, wenn diese konkret anhand eines Demonstrators in Kleingruppen à maximal drei Personen exploriert werden können. Die reine Präsentation von Szenarien erforderte eine umfassende und detaillierte Einführung und führte häufig zu weniger aussagekräftigen Ergebnissen (vgl. auch Ergebnisse

zum Fußgängerassistenzfahrzeug). Was die Gruppenzusammensetzung angeht, so empfiehlt sich eine heterogene Zusammensetzung hinsichtlich Geschlecht, Alter und Technikerfahrung der Teilnehmer, da das Gruppenklima sonst von den Teilnehmern dominiert wird. Wie auch in anderen Projekten der partizipativen Produktentwicklung zu beobachten ist (z.B. [8]), zeigen die Teilnehmer des Seniorenbeirats großes Interesse an der Bewertung der Sitzungsergebnisse durch die einzelnen Teilprojekte. Eine regelmäßige Rückmeldung dieser Ergebnisse sowie eine Re-Evaluation der Entwicklungsfortschritte bestimmen somit auf lange Sicht maßgeblich die Motivation der Teilnehmer, sich weiterhin in den Projekten zu engagieren. In diesem Sinne wurde für die Mitglieder des Seniorenbeirats nach etwa einem Jahr Projektlaufzeit (03/2010) eine Ausstellung mit allen FitForAge-Demonstratoren realisiert, bei der die etwa 100 Teilnehmer Gelegenheit hatten, mit den Entwicklern direkt in Diskussion zu treten. Für das hohe Engagement der Teilnehmer spricht auch, dass seit Projektbeginn lediglich 7,2 % der Mitglieder vorwiegend aus persönlichen Gründen (z.B. Krankheit, Krankheit eines Angehörigen) aus dem Seniorenbeirat ausgetreten sind.

### 6.1.2.3 Entwicklung der Teilnehmereinstellungen und -kompetenzen (AP 3)

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitstudie wurde untersucht, wie sich die Kompetenzen der Mitglieder des Seniorenbeirats durch den Umgang mit modernen Technologien über den Berichtszeitraum veränderten. Dazu wurden die Teilnehmer zu Beginn der SEN-PRO-Aktivitäten sowie nach einem Jahr und nach zwei Jahren Projektlaufzeit aufgefordert, einen Fragebogen auszufüllen, in dem sie Angaben zu ihrem soziodemographischen Hintergrund, ihrem Techniknutzungsverhalten, ihrer Einstellung gegenüber Technik und ihren selbstregulativen Strategien machten. Etwa die Hälfte der Teilnehmer (N = 74) nahm zusätzlich jeweils zu Beginn der Studie und sechs Monate danach an einer Sitzung teil, bei der motorische (Gleichgewicht, Handkraft) und kognitive Fähigkeiten (Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit, Merkfähigkeit, Kreativität, schlussfolgerndes Denken, Worterkennen,

Wortefall) getestet wurden. Hintergrund der Begleitstudie ist, dass erfolgreiches Altern mit einer adaptiven Allokation der verbleibenden Ressourcen verbunden ist, welche auch über die Nutzung technischer Innovationen entscheidet [9]. So zeigen aktuelle Studien, dass verringerte fluide kognitive Fähigkeiten sowie Technikangst mit geringerer Techniknutzung einhergehen; zudem scheint die kristalline Intelligenz im Zusammenhang mit der Nutzungsvielfalt zu stehen (z.B. [10]; [11]). Diese Befunde konnten im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitstudie repliziert und ausgeweitet werden.

Die Ergebnisse der Eingangsuntersuchung und der zweiten Befragungswelle bestätigen den positiven Einfluss fluider kognitiver Fähigkeiten auf die Nutzung technischer Innovationen ( $\beta = ,24$ ,  $p < ,05$ ). Darüber hinaus scheint vor allem die Einstellung der SEN-PRO-Teilnehmer ausschlaggebend für deren Nutzungsverhalten. So berichten Personen mit hoher Technikaufgeschlossenheit ( $\beta = ,41$ ,  $p < ,01$ ) und geringem Technikmisstrauen ( $\beta = ,31$ ,  $p < ,01$ ) über vermehrte Techniknutzung. Die Effekte bleiben bei Kontrolle der Einflüsse von Alter, Geschlecht und Schulbildung stabil ( $R^2 = ,52$ ,  $p < ,01$ ). Zwar konnten für die Teilnahme an SEN-PRO-Sitzungen im Regressionsmodell keine Haupt- oder Interaktionseffekte zur Vorhersage des Nutzungsverhaltens gefunden werden, zusätzliche Analysen geben jedoch erste Hinweise auf entsprechende Zusammenhänge. So scheint eine häufigere Sitzungsteilnahme und damit intensive Auseinandersetzung mit meist prototypischen technischen Innovationen insbesondere bei weiblichen Teilnehmern zu erhöhter Technikskepsis nach einem Jahr Projektlaufzeit zu führen ( $t = -3,75$ ,  $p < ,01$ ,  $d = ,59$ ). Die Expertenteilnehmer berichten im Rahmen der zweiten Befragungswelle hingegen über eine leicht erhöhte Techniknutzung ( $t = -2,78$ ,  $p < ,01$ ,  $d = ,21$ ) und höhere Technikaufgeschlossenheit ( $t = -2,58$ ,  $p < ,05$ ,  $d = ,28$ ). Um Aussagen über den Entwicklungsverlauf treffen zu können, sind weitere Befragungszeitpunkte nötig. In diesem Sinne werden zur Abschlussbegutachtung bereits die Ergebnisse der dritten Befragungswelle (12/2010) vorliegen.

Neben der beschriebenen Fragebogenstudie wurden im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitstudie zwei Instrumente zur Erfassung des Techniknutzungsverhaltens älterer Personen entwickelt. Unter Einbezug von Ansätzen der Lebensspannen-Psychologie und der Forschung zur Technikakzeptanz wurde ein Fragebogen zur Erfassung von technikbezogenen Adaptionprozessen, das Technology Adaption Inventory (TAI), entwickelt und validiert [12]. Die empirische Untersuchung erfolgte anhand von drei Studien: eine Online-Studie mit 1670 Teilnehmern, eine Fragebogenstudie mit Teilnehmern mit hoher Technikerfahrung (N = 164) und eine Follow-up-Untersuchung im Abstand von vier Monaten (N = 95). Das Instrument zeigt gute psychometrische Eigenschaften sowie erste Hinweise auf Konstrukt- und Kriteriumsvalidität. Die empirischen Skalen konnten das Interesse an technischen Innovationen, die Technikkompetenz sowie die Einschätzung der Nutzungshäufigkeit im Selbstbericht vorhersagen. In einer zweiten Fragebogenuntersuchung wurde die Frage aufgegriffen, inwieweit die Nutzung moderner technischer Geräte durch Unterstützungsleistungen aus dem sozialen Umfeld Beeinflussung findet. In diesem Zusammenhang wurde ein Fragebogen zur sozialen Einbettung gerätespezifischer Nutzung (F-SEGEN) erarbeitet, der auf etablierten Instrumenten der Beziehungsforschung (z. B. Graphical Closeness Scale; [13]) aufbaut. Die Ergebnisse einer ersten Studie (N = 63) bestätigen theoretische Überlegungen, wonach entsprechende Ansprechpartner im sozialen Umfeld die Anschaffung und Nutzung ausgewählter technischer Geräte positiv beeinflussen können, insbesondere für Frauen, welche im Allgemeinen auch über geringere Erfahrung im Umgang mit Technik berichten.

### **6.1.2.4 Methoden katalog für die altersgerechte Produktentwicklung (AP 4)**

Die Ergebnisse und Erfahrungen, die im Rahmen des Forschungsverbunds in beiden Querschnittsprojekten erarbeitet wurden, werden in einem gemeinsamen Methoden katalog für die altersgerechte Produktentwicklung zusammengeführt. Dieser ist als Leitfaden für entwickelnde Ingenieure und Informatiker konzipiert und

soll inhaltliche wie organisatorische Empfehlungen für die Anwendung von Individualisierungs- und Modularisierungsstrategien sowie die Einbindung älterer Nutzer in den Entwicklungsprozess geben. Um die Anwender des Methoden katalogs für die Bedürfnisse und Fähigkeiten älterer Personen zu sensibilisieren, wird die adressierte Nutzergruppe (drittes Lebensalter) in einem einleitenden Kapitel hinsichtlich typischer altersbedingter Veränderungen der sensorischen, motorischen und kognitiven Fähigkeiten sowie emotionaler und motivationaler Bedürfnisse beschrieben (vgl. Arbeiten zum Kompetenz katalog, AP 4.2). Im Mittelpunkt der Publikation stehen jedoch die systematische Einordnung von unterschiedlichen Methoden der Nutzereinbindung (Fit4Use) und Möglichkeiten der Individualisierung und Modularisierung (Fit4Product) in das FORFLOW-Prozessmodell [14]. Die eingeführten Methoden werden umfassend sowohl hinsichtlich inhaltlicher als auch organisatorischer Aspekte, und abschließend am Beispiel des Teilprojekts II-1, „Fitnessbegleiter“, exemplarisch beschrieben. Der Methoden katalog wird den Gutachtern bei der Abschlussbegutachtung in seiner finalen Form vorliegen. Die Veröffentlichung als Buchpublikation erfolgt unter Berücksichtigung der Rückmeldungen aus dem Gutachtergremium wie auch aus dem Forschungsverbund.

Nach dem Tod von Frau Prof. Dr. Marianne Hammerl hat Prof. Dr. Frieder R. Lang vom Institut für Psychogerontologie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg mit dem Einverständnis der Bayerischen Forschungsstiftung zum 01.04.2008 die Leitung des Querschnittsprojekts Fit4Use übernommen. Diese Umstrukturierung hat auch Änderungen im Arbeitsplan nach sich gezogen. So waren die Gründung des Seniorenbeirats für die Produktentwicklung (SEN-PRO) und die damit verbundene Studie zur Untersuchung der Kompetenzentwicklung als solche nicht explizit im Antrag vorgesehen, wurden jedoch sehr frühzeitig als eine mögliche Lösung der alle Teilprojekte verbindenden Querschnittsfunktion des Fit4Use-Projekts erkannt und konsequent weiterentwickelt. In der Rückschau haben sich beide Forschungs-

themen als unumgänglich für das Verständnis der Akzeptanz und Nutzung von Technik im höheren und hohen Erwachsenenalter sowie die Ableitung des Methodenkatalogs erwiesen.

### 6.1.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und den Industriepartnern

Über den gesamten Projektverlauf fanden regelmäßige Absprachen mit dem Querschnittsprojekt Fit4Product statt. Im ersten Projektjahr wurden zwei Querschnittsworkshops abgehalten (05/2008, 09/2008), welche die universitären Projektpartner des gesamten Verbunds für die sehr heterogenen Bedürfnisse einer älteren Zielgruppe sensibilisieren und über das methodische und organisatorische Vorgehen der Querschnittsprojekte informieren sollten. Im dritten Projektjahr (04/2010) fand eine gemeinsame Sitzung des Seniorenbeirats für die Produktentwicklung (SEN-PRO) zum Thema „Altersgerechte Gestaltung von Bedienschnittstellen“ statt. Dabei wurden die SEN-PRO-Teilnehmer aufgefordert, ausgewählte Produkteigenschaften für unterschiedliche Anwendungskontexte zu priorisieren. Auf diese Weise konnten die Arbeiten zur Modularisierung und Individualisierung von altersgerechten Produkten validiert und weiterentwickelt werden. Zum Projektende entsteht mit dem gemeinsamen Methodenkatalog für die altersgerechte Produktentwicklung eine interdisziplinäre Publikation, welche die verhaltenswissenschaftlichen Methoden der Nutzereinbindung in das ingenieurwissenschaftliche FORFLOW-Prozessmodell [14] integriert und das methodische Vorgehen der beiden Querschnittsprojekte einer breiten Öffentlichkeit zugänglich macht.

Da die drei Themenfelder Fit4Life, Fit4Mobility und Fit4Work unterschiedliche Schwerpunkte bezüglich der Zielgruppe setzen (Erwerbsalter bis ins hohe Erwachsenenalter), gestaltete sich die Kooperation mit den einzelnen Teilprojekten sehr vielschichtig und reichte von der Beratung auf Basis von Literaturrecherchen bis hin zur Diskussion und Evaluation der Projekthinhalte durch den

Seniorenbeirat. Insbesondere mit den Themenfeldern Fit4Life und Fit4Mobility bestand über die gesamte Projektlaufzeit eine intensive Zusammenarbeit. Die Entwicklungen der acht Teilprojekte waren in regelmäßigen Abständen und bis zu drei Mal Gegenstand der Sitzungen des Seniorenbeirats. Eine Übersicht über die einzelnen Themen und eingesetzten Methoden findet sich in Tabelle 1. Die Bewertung und Umsetzung der darin erzielten Ergebnisse kann Kapitel 6.1.2 und den Abschlussberichten der einzelnen Teilprojekte entnommen werden. Durch die Teilnahme des Querschnittsprojekts Fit4Use an allen Quartals- und Projekttreffen war es zudem möglich, den Teilprojekten bereits in frühen Entwicklungsphasen beratend zur Seite zu stehen und Funktionalitäten und mögliche Anwendungsbereiche noch vor deren prototypischer Implementierung zu diskutieren (z. B. Teilprojekt II-2/3: Voraus- bzw. Hinterherfahren des Scooters Teilprojekt II-1: Einsatz des Fitnessbegleiters für die Rehabilitation von leichten kognitiven Beeinträchtigungen).

Das Themenfeld Fit4Work adressiert primär Mitarbeiter der Montage und physischen Logistik, die sich im jüngeren bis mittleren Erwachsenenalter befinden und oftmals über langjährige Erfahrung in ihrem Tätigkeitsbereich verfügen. In gemeinsamem Einvernehmen mit den einzelnen Teilprojekten wurde daher davon abgesehen, den Seniorenbeirat für die Evaluation der entstandenen Prototypen einzusetzen, und diese anstelle dessen direkt in den beteiligten Industrieunternehmen vorzunehmen. Die Zusammenarbeit bestand daher vorrangig in einer intensiven Beratung der drei Teilprojekte bezüglich der Bedürfnisse und Kompetenzen älterer Mitarbeiter (z. B. hinsichtlich Interface-Design, Arbeitsorganisation). Darüber hinaus wurden in Kooperation mit dem Teilprojekt III-2 „Logistiksysteme und Organisation“ zwei Studien zur Ermittlung von Einflussfaktoren für die Arbeitsmotivation und Arbeitszufriedenheit von Arbeitnehmern aus unterschiedlichen Arbeitskontexten durchgeführt. Über einen Online-Fragebogen (zugänglich unter: <http://www.gerotest.de>) wurden Personen mit Büroarbeitsplätzen rekrutiert (08/2009 bis 10/2009; N=287). Die Geis Industrie-Service GmbH ermöglichte zusätzlich die Rekru-

tierung einer Vergleichsgruppe aus der operativen Logistik (03/2010; N=29). Die Ergebnisse beider Studien zeigen, dass sowohl Arbeitszufriedenheit als auch Belastungserleben über das Erwerbsalter stabil bleiben. Auch andere Personeneigenschaften (wie z. B. Geschlecht, Bildung, Persönlichkeit) scheinen das Wohlbefinden am Arbeitsplatz in geringerem Maße zu beeinflussen als die vorherrschenden Arbeitsplatzbedingungen (z. B. Handlungsspielraum und Vielseitigkeit der Arbeit, soziale Einbindung, quantitative Arbeitsbelastung; [15]). Die Ergebnisse unterscheiden sich nicht für Teilnehmer mit Büroarbeitsplätzen und Arbeitnehmer aus der operativen Logistik und betonen damit, dass Arbeitgeber mit der Gestaltung von mitarbeitergerechten Arbeitsumwelten eine maßgebliche Verantwortung für das Wohlbefinden der Belegschaft tragen.

Was die Zusammenarbeit mit den Industriepartnern betrifft, so erfolgte diese zumeist in Kooperation mit dem Teilprojekt III-2 „Logistiksysteme und Organisation“. Mit der szenaris GmbH bestand eine indirekte Zusammenarbeit über die gemeinsame Bearbeitung der Themen Mitarbeiterqualifizierung und -motivation (AP 5; Teilprojekt III-2). Die Kooperation mit bayme vbm bestand über die gemeinsame Organisation des FitForAge-Workshops (11/2008) und der beiden FitForAge-Kongresse (11/2009, 11/2010) im Haus der Bayerischen Wirtschaft in München. Darüber hinaus finanzierte bayme vbm die Fit4Work-Buchpublikation „Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik“, in der auch Beiträge des Querschnittsprojekts Fit4Use enthalten sind.

#### 6.1.4 Ausblick

Der Seniorenbeirat für die Produktentwicklung (SEN-PRO) hat sich als sehr erfolgreiches Instrument für die altersgerechte Produktentwicklung erwiesen und soll deshalb auch über die Projektlaufzeit hinaus fortgeführt werden. Über die Durchführung von Fokusgruppen, Befragungen und Nutzertests mit dieser technikinteressierten Gruppe konnten gerade in frühen Produktentwicklungsphasen wichtige Implikationen für die Ausgestaltung der Produk-

tideen der einzelnen Teilprojekte erarbeitet werden. Dabei wurde in den ersten zwei Jahren und nach Pilotierungen erkannt, dass die hier verwendeten Methoden der Nutzereinbindung vor allem für das dritte Lebensalter geeignet erscheinen. Eine Einbindung von älteren und gesundheitlich eingeschränkten Nutzern erfordert eine stärker klinisch orientierte Forschungsmethode. Um in Zukunft auch Aussagen über die Chancen (z. B. verbesserte kognitive Fähigkeiten, Selbständigkeit, Alltagskompetenz) und Risiken der Nutzung technischer Lösungen (z. B. soziale Isolation, Verlernen von Fähigkeiten) im dritten wie auch vierten Lebensalter treffen zu können, bedarf es längsschnittlicher Untersuchungen des Einsatzes technischer Lösungen im Alltag unter kontrollierten Bedingungen. In diesem Zusammenhang soll die Stichprobe anhand zielgruppenspezifischer Kriterien ausgeweitet werden.

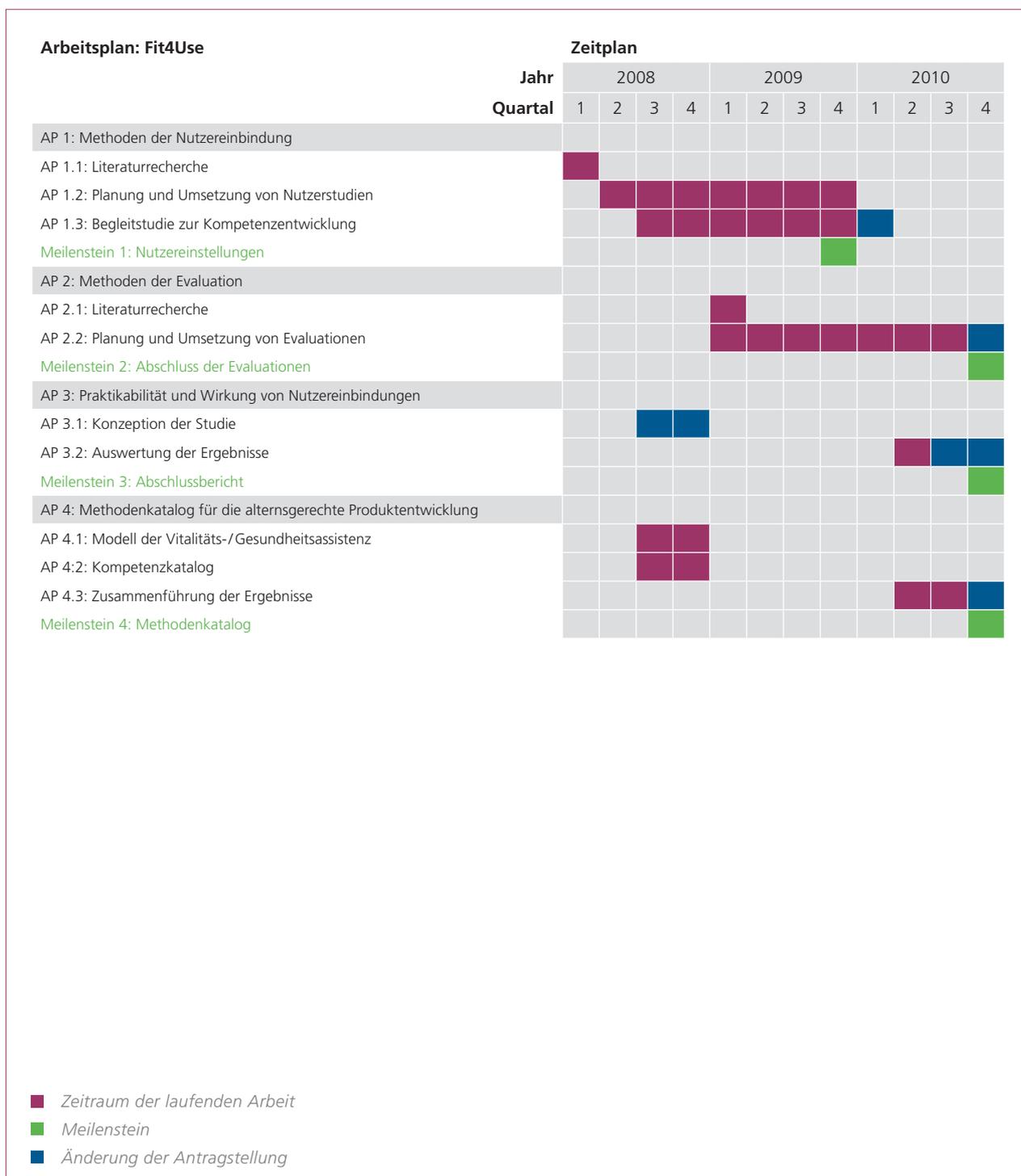
So ist geplant, den Fitnessbegleiter in Kooperation mit den Partnern des Teilprojekts II-1 (Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Institut für Sportwissenschaften der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) zu einem sensorgestützten Trainingsprogramm für die Rehabilitation von Menschen mit leichten kognitiven Beeinträchtigungen weiterzuentwickeln und dieses an einer Gruppe Betroffener im Rahmen einer klinischen Studie zu evaluieren (BMBF-Forschungsantrag, in Begutachtung).

Um die Akzeptanz und Nutzung technischer Lösungen im Alter zu verstehen, wird es zudem nötig sein, die Interaktion und das Problemlöseverhalten älterer Personen in Bezug auf technische Produkte in finalen Entwicklungsstadien zu untersuchen. Neuere Forschungsmethoden, wie zum Beispiel Eye-Tracking-Verfahren, bieten die Möglichkeit, Interaktionsprozesse detailliert zu erfassen. Mittels entsprechender experimenteller Studien sollen spezifische Interaktionsmuster für ältere Nutzer mit unterschiedlichen Ausgangsbedingungen (z. B. kognitive Fähigkeiten, Technikerfahrung) ermittelt werden. Davon lassen sich wiederum direkte Implikationen für die Gestaltung von technischen Umwelten ableiten.

### 6.1.5 Literatur

- [1] Melenhorst, A.-S.; Rogers, W. A.; Bouwhuis, D. G.: Older Adults' Motivated Choice for Technological Innovation: Evidence for Benefit-Driven Selectivity, in: *Psychology and Aging*, 21, 2006, S. 190–195
- [2] Mollenkopf, H.: Assistive Technology: Potential and Preconditions of Useful Applications, in: Charness, N.; Schaie, K. W. (Eds.): *Impact of Technology on Successful Aging*, Springer, New York, 2003, S. 203–214
- [3] Lindenberger, U.; Lövdén, M.; Schellenbach, M.; Li, S.-C.; Krüger, A.: Psychological Principles of Successful Aging Technologies: A Mini-Review, in: *Gerontology*, 54, 2008, S. 59–68
- [4] Orpwood, R.; Bjerneby, S.; Hagen, I.; Mäki, O.; Faulkner, R.; Topo, P.: User Involvement in Dementia Product Development, in: *Dementia*, 3, 2004, S. 263–279
- [5] Taylor, S.: A New Approach to Empowering Older People's Forums: Identifying Barriers to Encourage Participation, in: *Practice*, 18 (2), 2006, S. 117–128
- [6] Sarodnik, F.; Brau, H.: *Methoden der Usability Evaluation: Wissenschaftliche Grundlagen und praktische Anwendung*, Huber, Bern, 2006
- [7] Eck, D.; Schilling, K.; Abdul-Majeed, A.; Thielecke, J.; Richter, P.; Gutierrez-Boronat, J.; Schens, I.; Thomas, B.; Williger, B.; Lang, F. R.: Mobility Assistance for Elderly People, in: *Journal of Bionics and Biomechanics*, accepted
- [8] Fisk, A. D.; Rogers, W. A.; Charness, N.; Czaja, S. J.; Sharit, J.: *Designing for Older Adults (2nd edition)*, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, 2009
- [9] Lang, F. R.; Rohr, M. K.; Williger, B.: Modeling Success in Lifespan Psychology – The Principles of Selection, Optimization, and Compensation, in: Fingerman, K.; Berg, C.; Antonucci, T.; Smith, J. (Eds.): *Handbook of Lifespan Development*, Springer, New York, in press
- [10] Arning, M.; Ziefle, M.: Effects of Age, Cognitive, and Personal Factors on PDA Menu Navigation Performance, in: *Behaviour & Information Technology*, 28, 2009, S. 251–268
- [11] Czaja, S. J.; Charness, N.; Fisk, A. D.; Hertzog, C.; Nair, S. N.; Rogers, W. A.; Sharit, J.: Factors Predicting the Use of Technology: Findings from the Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement (CREATE), in: *Psychology of Aging*, 21, 2006, S. 333–352
- [12] Kamin, S.: *Technology Adaption Inventory: Reliability and Validity*, Unveröffentlichte Masterarbeit, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Oktober 2010
- [13] Wagner, J.; Lang, F. R.; Wrzus, C.; Neyer, F. J.: Can You Picture Your Relationship? ipg Research Note, 2/2009
- [14] Krehmer, H.; Eckstein, R.; Lauer, W.; Roelofsen, J.; Stöber, C.; Troll, A.; Zapf, J.; Weber, N.; Meerkamm, H.; Henrich, A.; Lindemann, U.; Rieg, F.; Wartzack, S.: Das FORFLOW-Prozessmodell zur Unterstützung der multidisziplinären Produktentwicklung, in: *Konstruktion*, 10, 2010, S. 59–68
- [15] Williger, B.; Lang, F. R.: Wohlbefinden am Arbeitsplatz: (K)eine Frage des Alters?, in: Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart, G.; Schilling, K. (Hrsg.): *Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik, Studie aus dem Bayerischen Forschungsverbund FitForAge*, ISBN: 978-3-941702-16-5, München, 2010, S. 15–33

### 6.1.6 Arbeits- und Zeitplan





## 6.2 Fit4Product – Berücksichtigung von typischen altersbedingten Leistungseinschränkungen in der Produktentwicklung

Lehrstuhl für Konstruktionstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

**Projektleitung:** Prof. Dr. Ing. Harald Meerkamm

**Mitarbeiter:** Dipl.-Ing. Christina Stöber

**Industriepartner:** Pearson Assessment & Information GmbH, Frankfurt/Main; TRIKON Engineering GmbH, Stammham

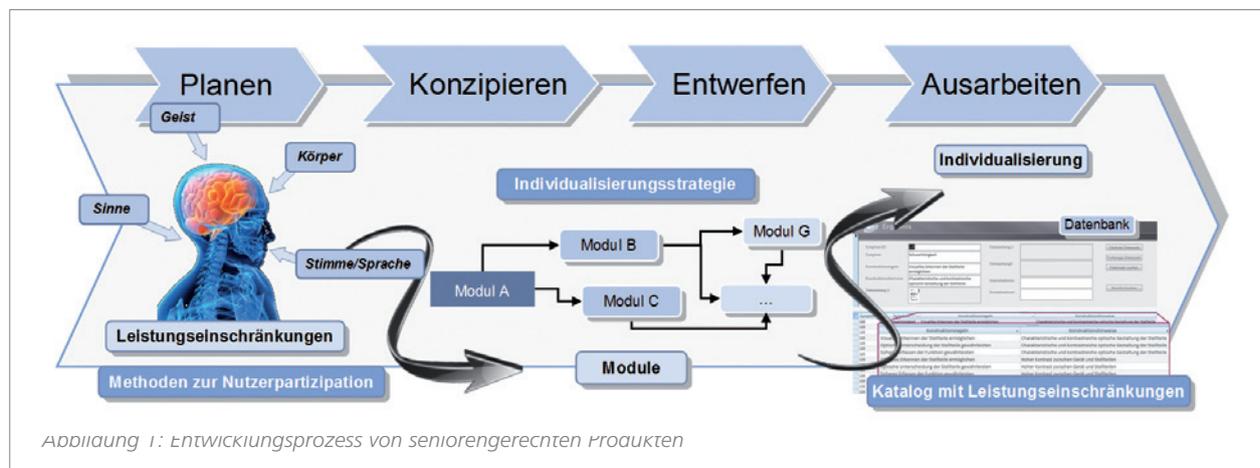
### 6.2.1 Forschungsumfeld und Zielsetzung

Das Ziel des Querschnittsprojekts Fit4Product war es, ausgehend von der präzisen Erfassung der Anforderungen, Methoden und Werkzeuge zu entwickeln, die eine erforderliche Individualisierung von Produkten für leistungseingeschränkte Menschen leicht und kostengünstig ermöglichen.

einer Individualisierungsstrategie im Produktentwicklungsprozess (Abbildung 1). Die Anpassungsmöglichkeit von Produkten auf Leistungseinschränkungen muss bereits in der Produktstruktur vorgesehen werden. Dazu wird ein entsprechender Modularisierungsansatz zur Verfügung gestellt. Um die Akzeptanz des Produktnutzers frühzeitig in der Entwicklung von individualisierten Produkten für leistungseingeschränkte Personen zu erfassen und abzusichern, werden Methoden der Nutzerpartizipation bereits in den frühen Phasen der Produktentwicklung eingebunden. Ein weiteres Ziel war, in Zusammenarbeit mit Fit4Use, die Erstellung eines Methodenkatalogs, der als Leitfaden für Produktentwickler bei der Entwicklung von Produkten für leistungseingeschränkte Personen dient. Außerdem werden die Produktentwickler bei der Ausgestaltung der Produkte mit entsprechenden Richtlinien zur Umsetzung von Leistungseinschränkungen unterstützt.

### 6.2.2 Ergebnisse

Im Folgenden wird auf die Ergebnisse der drei fokussierten Themenbereiche näher eingegangen.



Dazu wurden drei Themenbereiche in der Produktentwicklung als Schwerpunkt betrachtet: Das Bereitstellen eines Katalogs mit Leistungseinschränkungen, das Einbeziehen von Methoden der Nutzerpartizipation und das Verankern

#### 6.2.2.1 Richtlinien-Katalog mit Leistungseinschränkungen

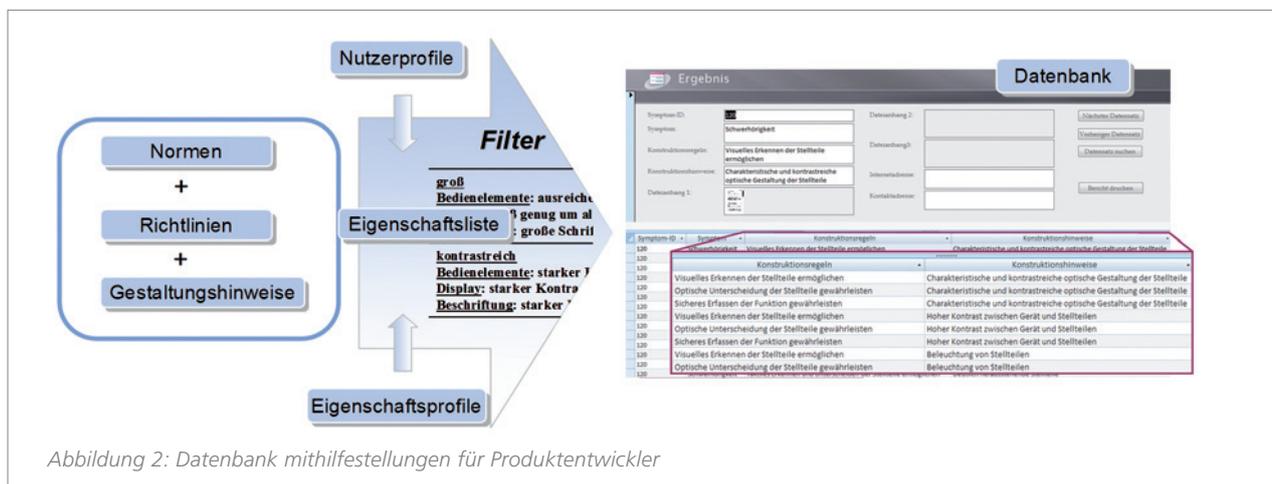
Ziel war es, Produktentwicklern während des Produktentwicklungsprozesses Richtlinien zur Verfügung zu stellen,

die in Abhängigkeit vom zu konstruierenden Produkt, der vorliegenden Leistungseinschränkungen und des aktuellen Prozessschrittes bereitgestellt werden. Gestaltungsrichtlinien liefern dem Produktentwickler Hinweise und Informationen bei der Entwicklung von Produkten. Gerade bei der seniorengerechten Produktentwicklung sind solche Richtlinien von besonders hoher Relevanz, da die sensorischen, motorischen und kognitiven Einschränkungen und ihre Folgen für den Umgang mit technischen Geräten und Systemen dem Produktentwickler oft nicht aus eigener Erfahrung bekannt sind.

Vorhandene Richtlinien zur altersgerechten Produktgestaltung wurden identifiziert und analysiert. Die Analyse bezog sich auf verschiedene Produktgruppen wie Haushaltsgeräte, Arbeitsplätze und Software-Ergonomie. Es wurde untersucht, in welchem Rahmen Produktentwickler durch Richtlinien bei der Umsetzung von alterstypischen Leistungseinschränkungen unterstützt werden. Die deutliche Mehrheit der Normen geht nicht direkt auf seniorengerechte oder barrierefreie Gestaltung ein. Die meisten Richtlinien behandeln die Themen Ergonomie und Arbeitssicherheit. Ein wesentliches Problem beim Aufstellen konkreter Richtlinien ist die Individualität der Einschränkungen und das möglichst genaue Eingehen auf die zu berücksichtigenden Leistungseinschränkungen. Die Produktentwickler bekommen zwar genügend generelle Hin-

weise zur ergonomischen bzw. barrierefreien Gestaltung, konkrete Angaben bezüglich individueller Einschränkungen, an die sie sich halten können, liegen in den meisten Fällen aber nicht vor. Bei Beschriftungen und Stellteilen wird beispielsweise häufig eine gute Lesbarkeit oder große Ausführung gefordert, exakte Angaben fehlen jedoch. Zusammen mit Ärzten, medizinischem Fachpersonal, Psychologen und Sportwissenschaftlern sind die Leistungseinschränkungen zu erfassen und unter Einbeziehung der Faktoren der Lebensqualität in technische Anforderungen umzusetzen. Aufbauend auf der Analyse der Richtlinien wurden Felder aufgedeckt, die nur unzureichend Unterstützung für den Entwickler von Produkten für leistungseingeschränkte Personen bieten. Hier werden Hinweise gegeben, welche Informationen – wie beispielsweise die Ermittlung der Handkraft – für die Ausgestaltung eines Produkts wichtig sind. Die erarbeiteten Ergebnisse wurden in einem Prozessmodell verankert (siehe Abschnitt Prozessmodell), die dem Produktentwickler bei der Informationsbeschaffung über Leistungseinschränkungen und der Umsetzung zu konkreten technischen Anforderungen helfen (siehe Methodenkatalog).

Außerdem werden die Produktentwickler darauf hingewiesen, dass bei der Lösungsfindung auf andere Sinne ausgewichen werden kann, um eine Einschränkung zu kompensieren. Ist ein Sinn eingeschränkt, wird ange-



strebt, dass ein nicht beeinträchtigter Sinn die Aufgabe des eingeschränkten Sinnes übernimmt (z.B. statt gedruckter Bedienungsanleitung akustische Unterweisung in Form einer beigelegten CD). Zur Unterstützung der Entwickler in den Fragestellungen „Wann muss welche Richtlinie beachtet werden?“ und „Welche Erweiterungen müssen beachtet werden?“ wurde ein Datenbanksystem prototypisch umgesetzt (Abbildung 2).

Als Datengrundlage dienen Normen, Richtlinien und Gestaltungshinweise. Am Anfang der Produktentwicklung ist es wichtig, für die jeweilige Nutzergruppe Nutzerprofile aufzustellen (siehe Methodenkatalog). In Abhängigkeit von dem aufgestellten Eigenschaftsprofil des Produkts, das abhängig von der Produktgruppe ist, kann eine Eigenschaftsliste generiert werden, die beispielsweise in Gruppeninterviews gewichtet werden kann. Dieser Ansatz wurde mithilfe des Seniorenbeirats für Produktentwicklung (SEN-PRO) in Zusammenarbeit mit Fit4Use validiert. Die Senioren testeten verschiedene Produkte. Aufgrund der abgeleiteten Nutzerprofile und der Eigenschaftsprofile in Abhängigkeit der Produktgruppe konnten gewichtete Eigenschaftslisten erstellt werden, die Rückschlüsse auf die wichtigsten Produkteigenschaften geben. In Abhängigkeit dieser Faktoren werden dem Produktentwickler in Bezug auf seine Tätigkeit im jeweiligen Prozessschritt die wichtigsten Richtlinien, Normen und Gestaltungshinweise angezeigt. Die Hilfestellungen sind nach Bauer [1] aufzubereiten, indem die angesprochenen Eigenschaften und Merkmale in den Richtlinien identifiziert werden.

### **6.2.2.2 Modularisierungsstrategie**

Der Fokus dieses Arbeitspakets war es, eine Individualisierungsmöglichkeit für Produkte zu schaffen, die die Umsetzung der geforderten Produkteigenschaften, die aus den erfassten Nutzerbedürfnissen abgeleitet werden, kostengünstig ermöglichen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, muss der Individualisierungsansatz bereits in der Produktstruktur verankert sein. Dazu wird eine geeignete Modularisierungsstrategie benötigt, die im Folgenden vorgestellt wird. Zuvor wird genauer auf

das Thema „Berücksichtigung von Leistungseinschränkungen im Produktentwicklungsprozess“ eingegangen, da es stark mit der Modularisierung verknüpft ist.

### **6.2.2.3 Berücksichtigung von Leistungseinschränkungen**

Die Klärung der Anforderungen gilt als Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Produktentwicklung, sie ist entscheidend für das Finden entsprechender Lösungsansätze für die vorliegende Aufgabenstellung. Bei der Entwicklung von Produkten für leistungseingeschränkte Personen müssen aus rein technischer Sicht der Anforderungsklä rung zusätzliche Schritte parallel geschaltet werden, da die Kernkompetenz von Produktentwicklern nicht in der medizinischen Erhebung von Leistungseinschränkungen liegt. Deswegen ist eine Zusammenarbeit von Ärzten, medizinischem Fachpersonal, Psychologen, Sportwissenschaftlern und Ingenieuren bei der Anforderungsklä rung gerade am Anfang des Produktentwicklungsprozesses unabdingbar. In diesem Team werden aus den Symptomen der identifizierten Nutzergruppe Leistungseinschränkungen abgeleitet. Leistungseinschränkungen können nach Biermann und Weißmantel [2] in vier Kategorien eingeteilt werden: Es können Einschränkungen der Sinne, des Geistes, des Körpers sowie der Stimme bzw. der Sprache vorliegen.

Bei der Konzeption eines Produkts für ältere Menschen müssen neben körperlichen Einschränkungen auch die schwächer werdenden kognitiven Fähigkeiten beachtet werden, da diese ein Nachlassen in der Informationsverarbeitung, des Gedächtnisses sowie der Reaktionsfähigkeiten und der Koordination zur Folge haben. Die durch den Alterungsprozess verursachten körperlichen Leistungseinschränkungen haben Einfluss auf die Beweglichkeit, die Ausdauer oder die Kraft, mit der ein Produkt bedient werden kann. Nach der systematischen Zusammenstellung von Leistungseinschränkungen müssen diese in technische Anforderungen übersetzt werden. Es ist der Einstiegspunkt für Produktentwickler, für definierte Aufgabenstellungen Lösungsansätze abzuleiten. Fer-

ner ist es für die Konzeption der Module eines Produkts wichtig, die Ausprägung einer Leistungseinschränkung zu berücksichtigen, um diese in der Gestaltung und Anpassbarkeit frühzeitig umzusetzen. Diese Ausprägungen lassen sich in fünf Stufen klassifizieren, die mit der Funktionszuordnung zum Modularisierungskonzept korrelieren (Abbildung 3).

sind die abgeleiteten Anforderungen aus der Leistungseinschränkung stark zu priorisieren und als Teilfunktion im Produkt umzusetzen.

- Als Hauptfunktion müssen Anforderungen realisiert werden, die aus den Leistungseinschränkungen abgeleitet werden, welche älteren Personen kein selbständiges Agieren mehr ermöglichen.

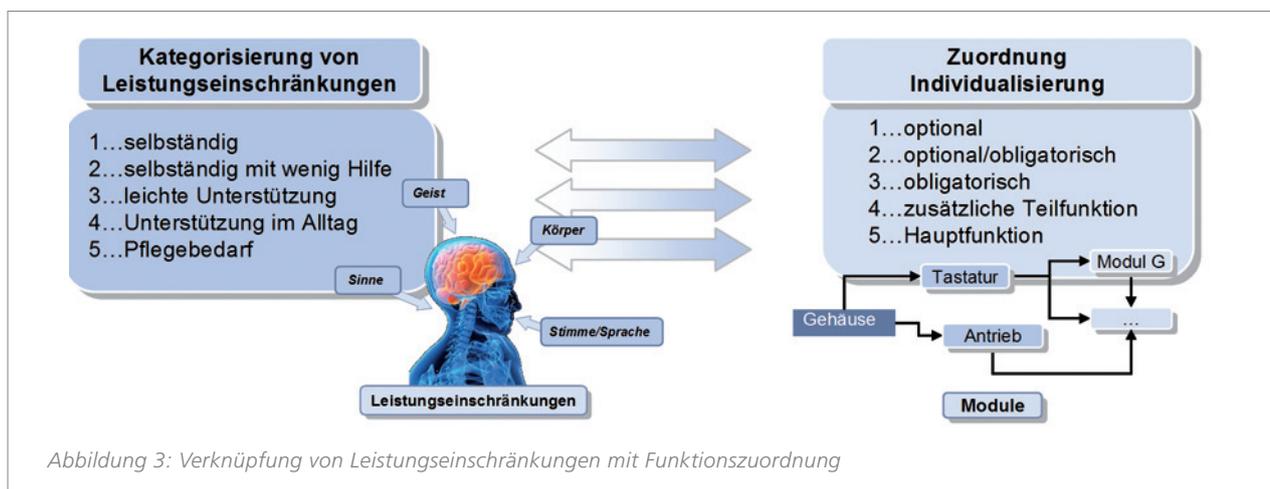


Abbildung 3: Verknüpfung von Leistungseinschränkungen mit Funktionszuordnung

- Wenn noch keine oder nur ansatzweise eine Leistungseinschränkung vorhanden ist und die Person noch selbständig leben kann, ist eine Unterstützung optional in das Produkt zu integrieren.
- Ist die Person noch in der Lage, selbständig zu leben, benötigt allerdings aufgrund des Ausbrechens einer Erkrankung, wie einer anfänglichen altersbedingten Fehlsichtigkeit, eine leichte Unterstützung (z. B. Vergrößerung der Schrift), wird das entsprechende Modul optional/obligatorisch in die Produktstruktur eingebunden.
- Bei weiterem Fortschreiten einer Leistungseinschränkung, wie etwa bei der Einschränkung von haptischen Fähigkeiten durch Arthritis, wird eine leichte Unterstützung benötigt (z. B. Anbringen von Hebehilfen), die obligatorisch in die Produktstruktur eingebunden wird.
- Ist eine Leistungseinschränkung stärker ausgeprägt, sodass eine Unterstützung im Alltag benötigt wird,

Die Berücksichtigung der Dimensionen von Lebensqualität wie Freude, Würde und Selbständigkeit ist bei der Entwicklung von seniorengerechten Produkten essenziell. Dies erfolgt einerseits über die Funktionsfestlegung, da hierbei der Grad der Unterstützung festgelegt wird – dabei muss überprüft werden, ob der Grad angemessen oder für eine Person entwürdigend ist. Andererseits sind die Dimensionen der Lebensqualität während des Produktentwicklungsprozesses immer wieder zu überprüfen.

#### 6.2.2.4 Festlegen der Produktstruktur

Wegen des hohen angestrebten Individualisierungsgrads genügt eine Modularisierung auf Baugruppenebene nicht, sondern muss auf Produktstrukturebene abgebildet werden. Dazu werden fixe und variable Bereiche festgelegt. Für dieses Vorgehen bildet der Ansatz von Lindemann die Grundlage [3]. Die fixen Bereiche stellen den unveränderlichen Kern des Produkts dar, der als Erstes definiert bzw. über entsprechende Methoden identifiziert wird. Diese

Bereiche sind nicht geeignet für eine Individualisierung, da eine Veränderung der Grundfunktion und -struktur weitreichende Folgen haben würde. Zu den variablen Bereichen, in denen unterschiedliche Individualisierungsgrade festgelegt und realisiert werden können, zählen obligatorische Alternativen, optionale Elemente, skalierbare Bereiche, prinzipielle Lösungen und definierte bzw. allgemeine Freiräume. Die geeignete Festlegung und die Überprüfung der Modulschnittstellen sind bei der Modularisierungsstrategie essenziell.

Die obligatorischen Alternativen sind Muss-Elemente, die unerlässlich für die Produktfunktion sind. Dazu gehört beispielsweise die Auswahl des Antriebs in bestimmten Ausprägungen. Zur Ergänzung des fixen Bereichs um vordefinierte Wahlmöglichkeiten sind optionale Elemente (Kann-Elemente) zu definieren. Diese können zum Beispiel Zubehörteile umfassen. In den skalierbaren Bereichen können innerhalb vordefinierter Grenzen und festgelegter Regeln kundenspezifische Anpassungen, wie z. B. bei Leistungsparametern oder geometrischen Abmessungen, erfolgen. Bei prinzipiellen Lösungen wie bei Schaltern, Abdeckungen oder Blenden können auf Basis vordefinierter Wirk- oder Gestaltungsprinzipien individuelle Kundenwünsche umgesetzt werden. In den definierten Freiräumen kann individuell gestaltet werden, wenn die Gestaltungsmöglichkeiten vorgeplant bzw. vorgesehen sind (z. B. Gehäuseform). Dies bedingt frühzeitige Berücksichtigung in der Produktstrukturplanung, wenn auch Zusatzfunktionen umsetzbar sein sollen. Als Ergänzungskonzept für individualisierte Produkte können Dienstleistungen geplant werden. Von einer Produktstruktur können unterschiedliche strukturelle Varianten existieren, verschiedene Modellreihen und Produkttypen, die verschiedene fixe und variable Bereiche beinhalten. Nach der Einteilung der Module mit ihrem Individualisierungsgrad werden die fixen Bereiche vollständig ausgestaltet und die variablen Bereiche je nach Grad der Individualisierung vorbereitet bzw. fertiggestellt. Nach Vorbereitung des individualisierten Produkts wird bei der Bestellung des Produkts vom Nutzer der Adaptionsprozess

in der Entwicklung gestartet. Dieser Prozess ist zur individuellen Anpassung des Produkts an den speziellen Nutzer mit den vorliegenden Leistungseinschränkungen vorgesehen. Hier werden den Produktentwicklern jeweils Hinweise gegeben, wo im Prozess mit welchem Modul erneut gestartet werden muss, um eine fertige Ausgestaltung des gesamten Produkts zu erhalten. Im Verlauf des Produktentwicklungsprozesses sind immer wieder Überprüfungen der Eigenschaften des Produkts verankert. Ferner müssen auch die sensorische, kognitive und motorische Nutzbarkeit des Produkts und der Module überprüft werden.

### *6.2.2.5 Nutzereinbindung*

In Zusammenarbeit mit Fit4Use wurden Methoden für die Einbindung von potenziellen Endnutzern (im Falle des FitForAge-Projekts: Senioren des dritten Lebensalters) in den Produktentwicklungsprozess eingeordnet. Es entstand ein Leitfaden für die altersgerechte Produktentwicklung, der auf dem aktuellen Stand der Literatur und den in Fit4Use (Nutzereinbindung, Nutzerbedürfnisse) sowie Fit4Product (Individualisierungs- und Modularisierungsstrategien) erarbeiteten Methoden aufbaut. Der Methodenkatalog hat als Zielgruppe entwickelnde Ingenieure und Informatiker. Diese sollen für die Bedürfnisse und Fähigkeiten älterer Personen sensibilisiert werden. In einem einleitenden Kapitel wird deshalb die Nutzergruppe hinsichtlich typischer altersbedingter Veränderungen der sensorischen, motorischen und kognitiven Fähigkeiten sowie emotionaler und motivationaler Bedürfnisse beschrieben. Ferner wird ein Produktentwicklungsprozess für die Entwicklung altersgerechter Produkte vorgestellt. Dabei stehen die im Rahmen von FitForAge erarbeiteten Methoden wie Individualisierung, Modularisierung und Einbindung von potenziellen Endnutzern im Fokus. Am Beispiel des Fitnessbegleiters werden der Produktentwicklungsprozess und die verwendeten Methoden exemplarisch aufgezeigt.

### *6.2.2.6 Einordnung der erarbeiteten Ansätze in den Produktentwicklungsprozess*

Die Umsetzung der entwickelten Strategien bedingt eine Integration der Ansätze in den Produktentwicklungspro-

zess. Da diese nicht in existierenden Prozessmodellen vorhanden sind, ist eine Erweiterung eines Prozessmodells nötig. Als Grundlage dient das FORFLOW-Prozessmodell, das im Bayerischen Forschungsverbund für Prozess- und Workflow-Unterstützung zur Planung und Steuerung der Abläufe in der Produktentwicklung-FORFLOW entwickelt wurde [4]. Die Aspekte der verstärkten Einbeziehung von Nutzern in den Produktentwicklungsprozess sowie die Aspekte der Modularisierung und Individualisierung und der zur Verfügungstellung eines Katalogs mit Leistungseinschränkungen mit entsprechenden Richtlinien, wurden in das Prozessmodell integriert. Abbildung 4 zeigt beispielhaft die Erweiterung des Prozessmodells an Schritt 1 „Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung“. In diesem Schritt sind zusätzliche Schritte parallel geschaltet worden, die das Erfassen von Anforderungen aus Leistungseinschränkungen abbilden. In dem mit Fit4Use entstandenen Methodenkatalog ist der vollständige erweiterte Produktentwicklungsprozess zu finden.

### 6.2.2.7 Veränderungen im Hinblick auf die Antragsstellung

Das Projekt hatte ein voll finanziertes Jahr und zwei jeweils halb finanzierte Jahre zur Verfügung. Aufgrund der personellen Situation im Querschnittsprojekt Fit4Product wurde der Arbeitsplan auf drei Jahre ausgeweitet. Die restli-

chen Arbeitsinhalte wurden in der kostenneutralen Verlängerung 2010 erarbeitet. Da zwangsläufig nicht alle Teilprojekte unterstützt werden konnten, erfolgte eine Fokussierung auf Fit4Work und auf ein Teilprojekt aus Fit4Mobility, den Fitnessbegleiter, der als Demonstrator im Methodenkatalog dient. Themen aus Fit4Life dienen zur Validierung der Modularisierungsstrategie. Eine herausragende Bedeutung hatte die intensive Zusammenarbeit mit dem Querschnittsprojekt Fit4Use.

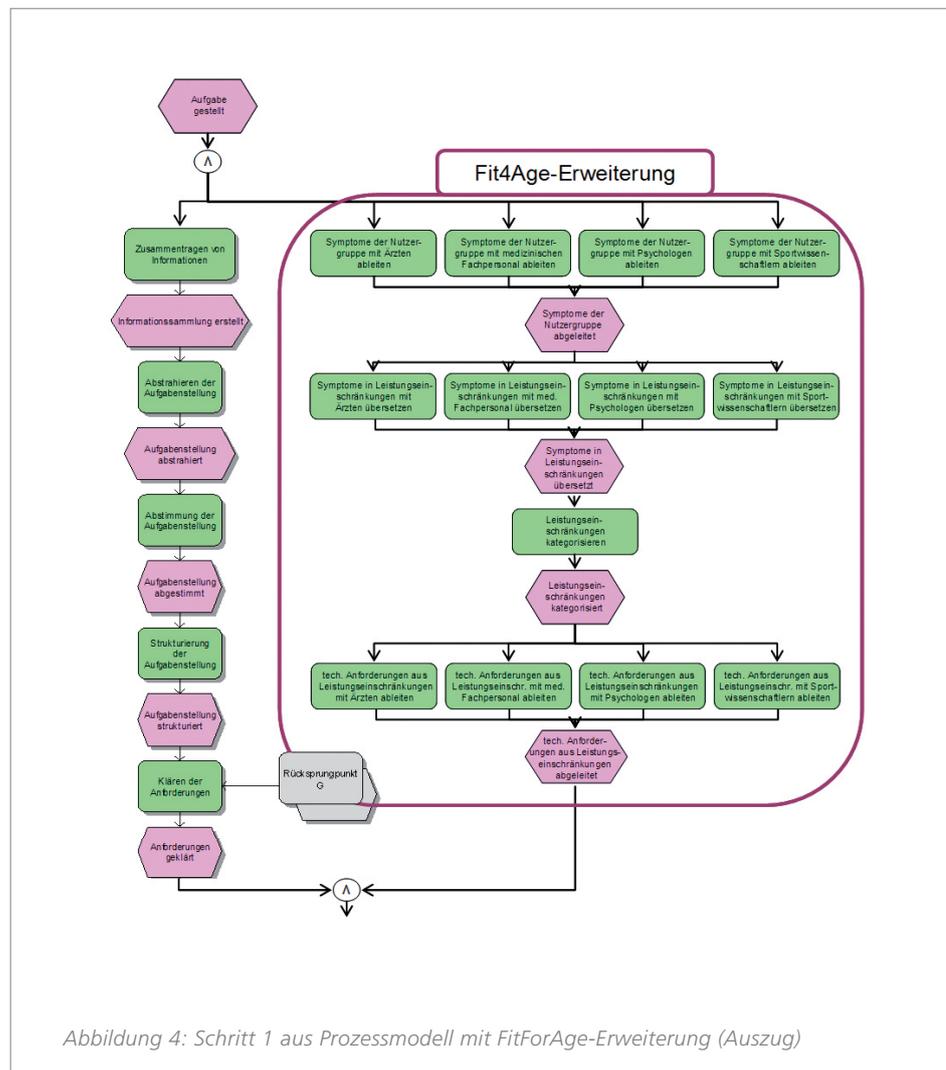


Abbildung 4: Schritt 1 aus Prozessmodell mit FitForAge-Erweiterung (Auszug)

### 6.2.3 Zusammenarbeit mit den Themenfeldern und Industriepartnern

In regelmäßigen Verbundtreffen sowohl mit den Industriepartnern als auch mit anderen Teilprojekten im Forschungsverbund wurden spezifische Problemstellungen erörtert. Im dritten Jahr wurden die erarbeiteten Ergebnisse in Zusammenarbeit mit ausgewählten Teilprojekten exemplarisch validiert und mit Industriepartnern diskutiert. Die Analyse von Methodenlandschaften bei den Industriepartnern bildete die Grundlage für die Entwicklung einer Richtlinienunterstützung und Einordnung in den Produktentwicklungsprozess.

In Zusammenarbeit mit BMW, einem Industriepartner aus dem Themenfeld Fit4Work, wurde ein Handhabungssystem für Getriebegehäuse als Prävention für körperliche Überbelastung entwickelt, und zwar methodisch auf Basis der Belange der Nutzer. Es wurde ein Prototyp gefertigt und vor Ort am Band bei BMW getestet. Die Optimierungsmöglichkeiten wurden aufgenommen, und es wurde ein verbessertes Konzept entworfen, wobei noch verstärkt auf Nutzerfreundlichkeit geachtet wurde (Ein- statt Zweihandbedienung) (Abbildung 5).

In Zusammenarbeit mit Fit4Use entstand ein Methodenkatalog, der für Entwickler als Leitfaden für die altersgerechte Produktentwicklung dient. Es wurden die in Fit4Use (Nutzereinbindung, Nutzerbedürfnisse) und Fit4Product (Individualisierungs-, Modularisierungsstrategien) erarbeiteten Methoden in das FORFLOW-Prozessmodell integriert und Hilfestellungen für eine individualisierte Produktentwick-

lung für ältere Personen gegeben. In Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt II-1 wird dieser Prozess am Beispiel des Fitnessbegleiters beschrieben und der Modularisierungsansatz an diesem Beispiel validiert.

Ferner stellt das Querschnittsprojekt Fit4Product dem Themenfeld Fit4Work Richtlinien für die Auswahl und Gestaltung von Bedienelementen und Oberflächen für entsprechende Leistungseinschränkungen zur Verfügung, damit die Bedienelemente von Personen mit Leistungseinschränkungen verwendet werden können. Auch das Themenfeld Fit4Life wurde durch die entwickelten Ansätze und die Konstruktionserfahrung aus Fit4Product unterstützt. Außerdem wurde am Teilprojekt ISA-Haus der Modularisierungsansatz von Fit4Product validiert.

### 6.2.4 Ausblick

Die Zusammenarbeit im Verbund hat gezeigt, dass noch erhebliches Potenzial in der altersgerechten Produktentwicklung liegt. Ziel muss dabei sein, die Synergien zwischen Medizin, Psychologie und Produktentwicklung

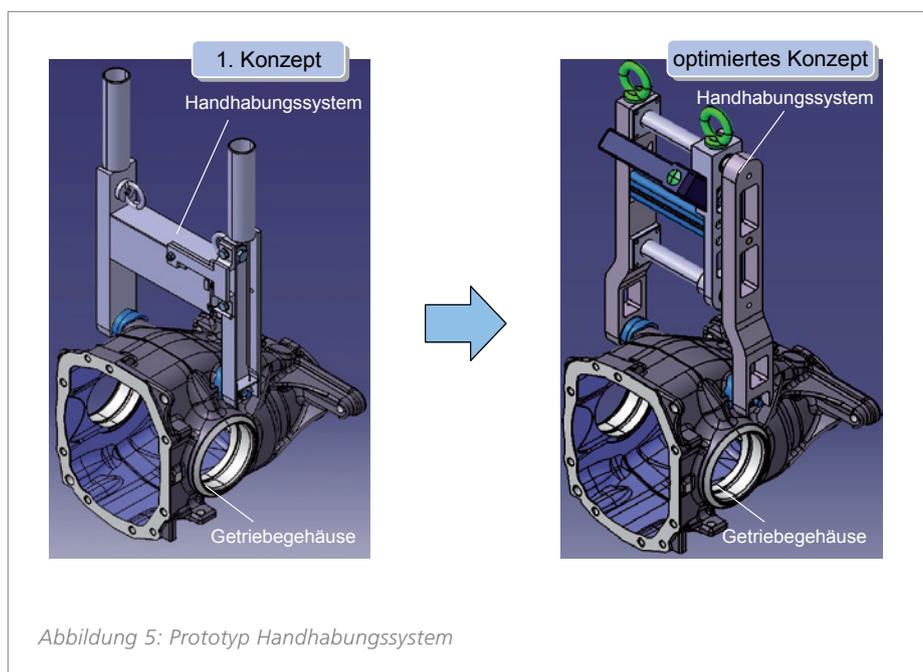


Abbildung 5: Prototyp Handhabungssystem

noch weiter in der Produktentwicklung zu verankern. Das entstandene Datenbanksystem zur Unterstützung von Produktentwicklern mit Richtlinien ist prototypisch umgesetzt. Es gilt, das System auf weitere Produktgruppen auszuweiten und die Anzahl der Richtlinien zu erhöhen. Weiterhin muss von dem entwickelten, verbesserten Konzept des Handhabungssystems ein weiterer Prototyp gefertigt werden und bei BMW vor Ort von Mitarbeitern getestet werden.

### 6.2.5 Literatur

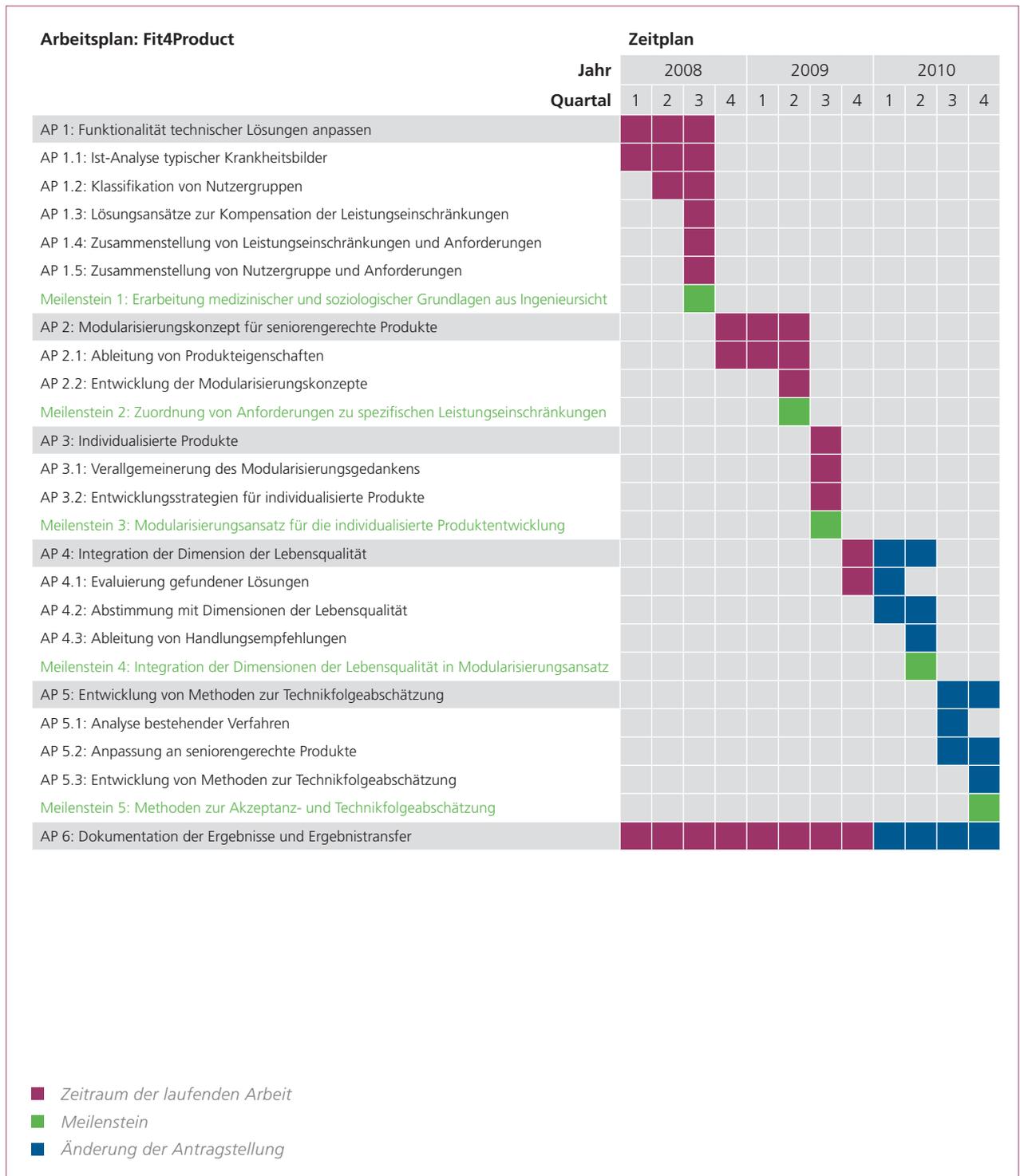
[1] Bauer, S.: Entwicklung eines Werkzeuges zur Unterstützung multikriterieller Entscheidungen im Kontext des Design for X, ISBN: 978-3-18-340401-8, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik, Dissertation, Erlangen, 2009

[2] Biermann, H.; Weißmantel, H.: Regelkatalog SENSI-Geräte – Bedienungsfreundlich und barrierefrei durch das richtige Design, 2003

[3] Lindemann, U.; Reichwald, R.; Zäh, M. F.: Individualisierte Produkte: Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion, Springer, Berlin, Heidelberg, 2006

[4] Krehmer, H.; Eckstein, R.; Lauer, W.; Roelofsen, J.; Stöber, C.; Troll, A.; Zapf, J.; Weber, N.; Meerkamm, H.; Henrich, A.; Lindemann, U.; Rieg, F.; Wartzack, S.: Das FORFLOW-Prozessmodell zur Unterstützung der multidisziplinären Produktentwicklung, in: Konstruktion 2010, Bd. 10/2010

### 6.2.6 Arbeits- und Zeitplan





## 7 Veröffentlichungen

### 7.1 Veröffentlichungen des Forschungsverbunds

#### Printmedien

Bayerischer Forschungsverbund FitForAge – Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen, NEWS abayfor, Bayerischer Forschungsverbund, Juli 2008, S. 1–2

Belegschaften im Wandel – Heute schon an Morgen denken / Brossardt: „Betriebe müssen sich auf demographischen Wandel vorbereiten“, vbw-Pressemitteilung, 18. November 2009

Das denkende Haus, Ärzte und Wissenschaftler entwickeln intelligente Systeme, die Senioren Selbständigkeit ermöglichen, Süddeutsche Zeitung, München, 30. Oktober 2008

Das Leben im Alter soll leichter werden – Forschungsverbund mit Partnern aus Universitäten und Industrie – Startschuss gefallen, Erlanger Nachrichten, Stadt Erlangen, 24. Januar 2008

Ein Leuchtturm und andere Hoffnungsträger: Diagnostik, Therapie und Versorgung: Demenzforschung entlang der Behandlungskette, Uni-Kurier, Magazin, 35 (110), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, September 2009, S. 16-20

Elektronische Helfer, Fraunhofer-Magazin „weiter.vorn“, Fraunhofer-Gesellschaft (Hrsg.), München, 3/2010, S. 26–28

FitForAge: Konzepte für eine alternde Gesellschaft,

BayFORNews, Bayerische Forschungsallianz aktuell, Dezember 2010, S. 4

Forscher entwickeln kleine Helferlein fürs Alter, Main-Post, Volksblatt, 18. Februar 2008

Forschungsverbund „FitForAge“, WIM, Wirtschaft in Mittelfranken, Februar 2008

Hilfreiche Technik für die alternde Gesellschaft, Idw, Informationsdienst Wissenschaft, 8. Februar 2008

Hilfreiche Technik für Senioren, Fränkische Nachrichten, 15. Februar 2008

Küche arbeitet bald aufs Wort – Erlanger Uni tüftelt an Technologie, die Älteren das Leben erleichtert, Erlanger Nachrichten, 6. November 2008

Mechatronic Medical Technology: From the Concept to the Product, Medical Technology in Bavaria, Cluster Medizintechnik, Institute MIMED of the TU München, 15. Mai 2010

Mit Technik fit ins Alter, VDI Nachrichten, 25. April 2008

„Navi“ lotst Senioren zum Bäcker – Erlanger Forscher tüfteln an Technik, die älteren Menschen das Leben erleichtert, Nürnberger Nachrichten, Metropolregion Nürnberg, 7. November 2008

Selbstbestimmt mit technischer Hilfe: Forschungsverbund FitForAge, Uni-Kurier, Magazin, 35 (110), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, September 2009, S. 28-30

Wenn ein Roboter das Alter erleichtert – Die Bayerische Forschungsstiftung sucht nach technischen Lösungen, die den Senioren im Alltag helfen,

Nürnberger Nachrichten, Metropolregion Nürnberg,  
5. Januar 2009

Wie Senioren Wissenschaftler beraten – Schlaues Navi  
und cleverer Lastenesel,  
Nürnberger Zeitung, Hochschuleseite, 12. Januar 2009

Würzburger Informatiker entwickeln Roboter und Hilfs-  
mittel fürs Alter,  
Würzburger Stadtbuch 2008

### Rundfunk und Fernsehen

Bayerischer Rundfunk Fernsehen  
Bayern 3, 1. Juli 2008

### Online-Medien

<http://www.bayfor.org/de/geschaeftsbereiche/forschungsverbuende/welt-der-kultur/fitforage/aktuelles/pressemitteilungen.html>  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.bayfor.org/media/images/printnl/news1-08\\_07.07.08\\_final.pdf](http://www.bayfor.org/media/images/printnl/news1-08_07.07.08_final.pdf)  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.bayfor.org/media/uploads/ktml/files/bayfor\\_FitForAge\\_D\\_Frei.pdf](http://www.bayfor.org/media/uploads/ktml/files/bayfor_FitForAge_D_Frei.pdf)  
(Abruf am 26.11.2009)

[http://www.bayfor.org/media/uploads/ktml/files/English/bayfor\\_FitForAge\\_GB\\_Frei.pdf](http://www.bayfor.org/media/uploads/ktml/files/English/bayfor_FitForAge_GB_Frei.pdf)  
(Abruf am 26.11.2009)

<http://www.bayme.de/agv/index.php?StoryID=4&ArticleID=6676>  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.erlangen.de/de/desktopdefault.aspx/tabid-24/1015\\_read-10208/date-43519/](http://www.erlangen.de/de/desktopdefault.aspx/tabid-24/1015_read-10208/date-43519/)  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set\\_ID=419](http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set_ID=419)  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.fml.mw.tu-muenchen.de/fml/images/Publikationen/2010-10-15%20Maschinen%20f%C3%BCr%20die%20Schwerarbeit.pdf>  
(Abruf am 27.10.2010)

<http://www.forschungsfabrik.de/v02/pub/index.html?navID=de1&detailID=44&suchtxt=&only=39&IDS=8AfwAoqA>  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.forschungsstiftung.de/de/projekte/fitforage.php>  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.handwerkermarkt.de/nachrichten/themen-fur-handwerker/neues-aus-den-fachverbanden/mitarbeiter-immer-aelter.-belegschaften-im-wandel>  
(Abruf am 26.11.2009)

<http://idw-online.de/pages/de/news246057>  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www5.informatik.uni-erlangen.de/lectures/ws-0809/bewaeltigung-der-demographischen-herausforderungen-mittels-methoden-der-informatik-bdh/>  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.innovations-report.de/html/berichte/bildung\\_wissenschaft/bericht-101758.html](http://www.innovations-report.de/html/berichte/bildung_wissenschaft/bericht-101758.html) (Abruf am 15.12.2008)

[http://www.innovisions-magazin.de/content/magazin/Update\\_6](http://www.innovisions-magazin.de/content/magazin/Update_6)  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.iuk.fhg.de/index2.html?PHPSESSID=9a4de2c10da28aee13728125cf8c9714&IJ=&Dok\\_ID=290&Sp=1&Datum=03&Quelle=&Institut=](http://www.iuk.fhg.de/index2.html?PHPSESSID=9a4de2c10da28aee13728125cf8c9714&IJ=&Dok_ID=290&Sp=1&Datum=03&Quelle=&Institut=)  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.k-p-p.de/news-de/konzepte-fur-das-arbeiten-im-alter>  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.logistics.de/logistik/intralogistik.nsf/4DDA702C909C0247C125759B00349F1F/\\$File/intralogistik\\_demographischer\\_wandel\\_gito\\_verlag.pdf](http://www.logistics.de/logistik/intralogistik.nsf/4DDA702C909C0247C125759B00349F1F/$File/intralogistik_demographischer_wandel_gito_verlag.pdf)  
(Abruf am 26.11.2009)

<http://www.logistik.wiso.uni-erlangen.de/download/forschung/Fit4Age.pdf>  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.medizin-medien.info/mm/mm010/DGG\\_2Ankuendigung\\_08\\_Potsdam\\_RZ.pdf](http://www.medizin-medien.info/mm/mm010/DGG_2Ankuendigung_08_Potsdam_RZ.pdf)  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.pressebox.de/pressemeldungen/fraunhofer-institut-fuer-integrierte-schaltungen-iis-0/boxid-148406.html>  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://pressrelations.de/new/standard/result\\_main.cfm?r=310713&sid=&aktion=jour\\_pm&quelle=0&n\\_firmanr\\_=116164&pfach=1&detail=1&sektor=pm&popup\\_vorschau=0](http://pressrelations.de/new/standard/result_main.cfm?r=310713&sid=&aktion=jour_pm&quelle=0&n_firmanr_=116164&pfach=1&detail=1&sektor=pm&popup_vorschau=0)  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.psychiatrie.uk-erlangen.de/e1852/e572/inhalt1161/Newsletter\\_15.10.2008.pdf](http://www.psychiatrie.uk-erlangen.de/e1852/e572/inhalt1161/Newsletter_15.10.2008.pdf)  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.reifemaerkte.de/artikel.php?catid=05&id=782>  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.schattenblick.de/infopool/medizin/technik/mz8en519.html>  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.tga-planer.de/wt/article.php?data\[article\\_id\]=44065](http://www.tga-planer.de/wt/article.php?data[article_id]=44065)  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.uni-erlangen.de/einrichtungen/presse/publikationen/unikurier-aktuell/uka\\_pdf/UKA\\_70.pdf](http://www.uni-erlangen.de/einrichtungen/presse/publikationen/unikurier-aktuell/uka_pdf/UKA_70.pdf)  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/150270/>  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.uni-wuerzburg.de/sonstiges/meldungen/archiv/browse/5/>  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.uni-wuerzburg.de/sonstiges/meldungen/single/artikel/hilfreiche/>  
(Abruf am 15.12.2008)

[http://www.unser-wuerzburg.de/index.php?site=newsdirekt\\_ex4&limit=180](http://www.unser-wuerzburg.de/index.php?site=newsdirekt_ex4&limit=180)  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.vbw-bayern.de/agv/index.php?StoryID=15654&ArticleID=6676>  
(Abruf am 15.12.2008)

<http://www.vue.fraunhofer.de/index.php?id=528>  
(Abruf am 15.12.2008)

## Vorträge und Veröffentlichungen

Gerhäuser, H.:  
Technische Assistenz im Alter,  
Collegium Alexandrinum, Aula im Schloss, Erlangen,  
29.1.2009

Gerhäuser, H.:  
Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für  
die demographischen Herausforderungen – Bayerischer  
Forschungsverbund FitForAge,  
1. FitForAge-Kongress, BayME/VBM, Haus der Bayeri-  
schen Wirtschaft, München, 18.11.2009

Gerhäuser, H.:  
Technologische Herausforderungen im Zuge des demo-  
graphischen Wandels: Stand und Zukunft des Bayeri-  
schen Forschungsverbundes FitForAge,  
2. FitForAge-Kongress, BayME/VBM, Haus der Bayeri-  
schen Wirtschaft, München, 10.11.2010

Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart,  
G.; Schilling, K. (Hrsg.): Alternsgerechte Arbeitsplatz-  
gestaltung in Produktion und Logistik, Studie aus dem  
Bayerischen Forschungsverbund FitForAge, ISBN: 978-3-  
941702-16-5, München, 2010

## Kongresse

Produktionsstrategie 2020 – Arbeitsplätze vor dem  
Hintergrund des demographischen Wandels,  
2. FitForAge-Kongress, BayME/VBM, hbw, Haus der  
Bayerischen Wirtschaft, 10.11.2010

Produktionsstrategie 2020 – Wie machen Sie Ihre Produk-  
tion und Logistik fit für den demographischen Wandel?  
1. FitForAge-Kongress, BayME/VBM, hbw, Haus der  
Bayerischen Wirtschaft, München, 18.11.2009



## 7.2 Veröffentlichungen der Themenfelder



### Intelligentes seniorenangepasstes Haus (ISA-Haus) / 3.1

#### Seminare

Oberseminar: „Bewältigung der demographischen Herausforderungen mittels Methoden der Informatik“, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, WS 08/09 und SS 2009

Interner Workshop: Technologien für das intelligente, seniorenangepasste Haus, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, TU Dortmund, Fraunhofer ISST, Dortmund, 16.2.–17.2.2009

#### Veröffentlichungen

Janu, T.; Spiegl, W.; Soutschek, S.; Maier, A.; Steidl, S.; Nöth, E.:  
Universal Plug'n' PEAKS: Towards Easy Deployment of Multi-modal Tele-medicine,  
In: Proceedings of the 5th Russian-Bavarian Conference on Biomedical Engineering, München, 2009

Mwangi, S.; Spiegl, W.; Hönig, F.; Haderlein, T.; Maier, A.; Nöth, E.:  
Effects of Vocal Aging on Fundamental Frequency and Formants,  
In: Proceedings of the International Conference on Acoustics NAG/DAGA, Rotterdam, 2009

Ott, S.; Spiegl, W.; Soutschek, S.; Maier, A.; Steidl, S.; Nöth, E.:

Home Assistance System for Elderly People,  
In: Proceedings of the 5th Russian-Bavarian Conference on Biomedical Engineering, ISBN: 978-3-00-029049-7, München, 2009

Soutschek, S.; Maier, A.; Hönig, F.; Spiegl, W.; Steidl, S.; Hornegger, J.; Erzigkeit, H.; Kornhuber, J.:  
Audio-Visual Feedback System for Reward-Based Training Sessions of Elderly People in a Home Environment,  
In: Proceedings of the 5th Russian-Bavarian Conference on Biomedical Engineering, München, 2009

Soutschek, S.; Spiegl, W.; Steidl, S.; Hornegger, J.; Erzigkeit, H.; Kornhuber, J.:  
Technology Integration in the Daily Activities of the Elderly,  
In: KI – Künstliche Intelligenz 4/2008, No. 4, 2008, S. 49–54

Spiegl, W.; Riedhammer, K.; Steidl, S.; Nöth, E.:  
FAU IISAH Corpus – A German Speech Database Consisting of Human-Machine and Human-Human Interaction Acquired by Close-Talking and Far-Distance Microphones [<http://www5.informatik.uni-erlangen.de/Forschung/Publikationen/2010/Spiegl10-FIC.pdf>]  
In: European Language Resources Association (ELRA) (Hrsg.): Proceedings of the Seventh Conference on International Language Resources and Evaluation (LREC'10), ISBN: 2-9517408-6-7, Valletta, Malta 19.5.–21.5.2010, S. 2420–2423, (BiBTeX [<http://univis.uni-erlangen.de/prg?search=publications&id=91017068&show=bibtex>])

Spiegl, W.; Steidl, S.; Nöth, E.:  
Daheim bleibt es am schönsten – Interaktion im intelligenten, seniorenangepassten Haus,  
Uni-Kurier, Magazin, 35 (110), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, September 2009, S. 32–35

Spiegl, W.; Stemmer, G.; Lasarczyk, E.; Kolhatkar, V.; Cassidy, A.; Potard, B.; Shum, S.; Chol Song, Y.; Xu, P.; Beyerlein, P.; Harnsberger, J.; Nöth, E.:

Analyzing Features for Automatic Age Estimation on Cross-Sectional Data,  
In: Proceedings of Interspeech 2009, Brighton, 2009

### Vorträge

Spiegl, W.:  
Analyzing Features for Automatic Age Estimation on Cross-Sectional Data,  
Interspeech, Brighton, 10.9.2009

Spiegl, W.:  
Audio-Visual Feedback System for Reward-Based Training Sessions of Elderly People in a Home Environment,  
Russian-Bavarian Conference on Biomedical Engineering, München, 3.7.2009

Spiegl, W.:  
Effects of Vocal Aging on Fundamental Frequency and Formants,  
NAG/DAGA 2009, International Conference on Acoustics in Rotterdam, 26.3.2009

Spiegl, W.:  
Speech Controlled Home Assistance System for Elderly People,  
Young Researchers and PhD Workshop at AAL-Forum, Wien, Österreich, 29.9.2009

Spiegl, W.; Soutschek, S.:  
Seniorenwohnen der Zukunft,  
im Rahmen der „Liberalen Woche, FDP Erlangen, 7.10.2009

### Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplomarbeiten

Janu, T.:  
Design und Implementierung eines Media-Servers für das ISA-Haus,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Ott, S.:  
Entwicklung der Dialogsteuerung für das ISA-Haus,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Pohl, J.:  
Prototypenhafte Entwicklung einer Navigationshilfe für Demenzkranke,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

Reck, S.:  
Development of an Intelligent Picture Frame,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Schultheiß, C.:  
Erarbeitung der Anforderungen zur Integration einer sprachgesteuerten Kommunikationsschnittstelle in seniorengerechte Produkte,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

---

## informARTik / 3.2

### Seminare

Oberseminar: „Bewältigung der demographischen Herausforderungen mittels Methoden der Informatik“,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, WS 08/09 und SS 2009

Interner Workshop: Technologien für das intelligente, seniorenangepasste Haus,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, TU Dortmund, Fraunhofer ISST, Dortmund, 16.2.–17.2.2009

### Veröffentlichungen

Giese, K.; Hönig, F.; Erzigkeit, A.; Soutschek, S.; Hornegger, J.; Kornhuber, J.:  
Development of a Computerized Diagnostic System for Elderly Drivers: A Feasibility Study,  
In: Proceedings of the 5th Russian-Bavarian Conference

on Biomedical Engineering, ISBN: 978-3-00-029049-7, München, 2009

Janu, T.; Spiegl, W.; Soutschek, S.; Maier, A.; Steidl, S.; Nöth, E.:

Universal Plug'n' PEAKS: Towards Easy Deployment of Multi-modal Tele-medicine,

In: Proceedings of the 5th Russian-Bavarian Conference on Biomedical Engineering, München, 2009

Penne, J.; Soutschek, S.; Stürmer, M.; Schaller, C.;

Placht, S.; Kornhuber, J.; Hornegger, J.:

Touchscreen ohne Touch – Berührunglose 3D Gesten-Interaktion für den Operationssaal (Touchscreen without Touch – Touchless 3D Gesture Interaction for the Operation Room),

In: i-com – Zeitschrift für interaktive und kooperative Medien, 1/2009, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, ISSN: 1618-162X, München, 2009, S. 19–23

Ott, S.; Spiegl, W.; Soutschek, S.; Maier, A.; Steidl, S.; Nöth, E.:

Home Assistance System for Elderly People,

In: Proceedings of the 5th Russian-Bavarian Conference on Biomedical Engineering, ISBN: 978-3-00-029049-7, München, 2009

Soutschek, S.; Höning, F.; Maier, A.; Steidl, S.; Stürmer, M.; Erzigkeit, H.; Hornegger, J.; Kornhuber, J.:

Immersive Painting,

In: Proceedings of the 1st ArtsIt – International Conference on Arts & Technology, Springer-Verlag, Berlin, ISBN: 978-3-00-029049-7, Yi-Lan, Taiwan, 2009

Soutschek, S.; Maier, A.; Bauer, S.; Kugler, P.; Bebenek, M.; Steckmann, S.; von Stengel, S.; Kemmler, W.; Hornegger, J.; Kornhuber, J.:

Measurement of Angles in Time-of-Flight Data for the Automatic Supervision of Training Exercises,

In: Proceedings of the IEEE Conference on Pervasive Health 2010, München, 2010

Soutschek, S.; Maier, A.; Höning, F.; Spiegl, W.; Steidl, S.; Erzigkeit, H.; Hornegger, J.; Kornhuber, J.:

Audio-Visual Feedback System for Reward-Based Training Sessions of Elderly People in a Home Environment, In: Proceedings of the 5th Russian-Bavarian Conference on Biomedical Engineering, ISBN: 978-3-00-029049-7, München, 2009

Soutschek, S.; Maier, A.; Steidl, S.; Erzigkeit, H.; Hornegger, J.; Kornhuber, J.:

Ankerplätze für die Aufmerksamkeit,

Uni-Kurier, Magazin, 35 (110), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, September 2009, S. 36–39

Soutschek, S.; Penne, J.; Hornegger, J.; Kornhuber, J.:

3-D Gesture-Based Scene Navigation in Medical Imaging Applications Using Time-Of-Flight Cameras,

In: IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Omnipress, ISBN: 978-1-4244-2340-8, Anchorage, AK, 2008

Soutschek, S.; Spiegl, W.; Gropp, M.; Steidl, S.; Nöth, E.; Hornegger, J.; Erzigkeit, H.; Kornhuber, J.:

Validierter SKT als Multimodale Telemedizinische Applikation,

Tagungsband, 2. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 27.1.–28.1.2009

Soutschek, S.; Spiegl, W.; Steidl, S.; Hornegger, J.; Erzigkeit, H.; Kornhuber, J.:

Technology Integration in the Daily Activities of the Elderly,

In: KI – Künstliche Intelligenz No. 4, 4/2008, 2008, S. 49–54

### Vorträge

Penne, J.; Soutschek, S.; Wilhelm, D.; Kornhuber, J.; Hornegger, J.; Feußner, H.:

The World in My Hands – 3D Non-Haptic Navigation for NOTES Interventions,

7. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Computer- und Roboterassistierte Chirurgie e.V., Leipzig, 24.9.–26.9.2008

Soutschek, S.:  
FitForAge - Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen, Konferenz der Möglichkeiten (Leben im Alter – gemeinsam Zukunft gestalten), BPU e.V., Berlin, 10.6.2009

Soutschek, S.:  
Immersive Painting,  
ArtsIt 2009, International Conference on Arts & Technology; Yi-Lan, Taiwan, 24.9.2009

Soutschek, S.:  
InformARTik: Technology, Art and Communication,  
Young Researchers and PhD Workshop at AAL-Forum 2009, Wien, Österreich, 29.9.2009

Soutschek, S.:  
Measurement of Angles in Time-of-Flight Data for the Automatic Supervision of Training Exercises,  
IEEE Conference on Pervasive Health 2010, München, 24.3.2010

Soutschek, S.:  
Validierter SKT als Multimodale Telemedizinische Applikation,  
2. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 28.1.2009

Soutschek, S.; Spiegl, W.:  
Seniorenwohnen der Zukunft,  
im Rahmen der „Liberalen Woche“, FDP Erlangen, 7.10.2009

## Messen

Soutschek, S.:  
CeBIT 2010,  
Bright Eyes – Ich sehe das, was du nicht siehst!

Gemeinschaftsstand Bayern Innovativ, Hannover, 2.3.–6.3.2010

## Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplomarbeiten

Fedorowicz, L.:  
Evaluation and Enhancement of a Gesture-Based User-Interface Concerning Applicability in Medical Environments,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

Giese, K.:  
Intuitive Feedback-System for the Visualization of Physiological Signals,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Nonne, N.:  
Recognition of Stress Using Biosignals in a Cognitive Performance Test  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Reck, S.:  
Development of an Intelligent Picture Frame,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

---

## Intelligente Inhouse-Infrastruktur und -dienste / 3.3

### Veröffentlichungen

Czabke, A.; D'Angelo, L.; Niazmand, K.; Lüth, T.:  
Ein kompaktes System zur Erfassung und Dokumentation von Bewegungsgewohnheiten,  
Tagungsband, 2. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 27.1.–28.1.2009, S. 424–428

Czabke, A.; Entfellner, K.; Lueth, T. C.:  
Implementierung einer GSM basierten Kommunikationsplattform für ältere Menschen,

Automated Workshop 2010, ISBN: 978-3-18-327917-3, Zürich, 29.10.–30.10.2010, S. 37–38

Czabke, A.; Neuhaeuser, J.; Lüth, T. C.:  
Detection of Interactions with Objects Based on Radio Modules,  
IEEE Conference on Pervasive Health 2010, München, 22.3.–25.3.2010

D’Angelo, L. T.; Czabke, A.; Somlai, I.; Niazmand, K.; Lüth, T. C.:  
ART – A new Concept for an Activity Recorder and Transceiver,  
In: 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Buenos Aires, Argentina, 31.8.–4.9.2010, S. 2132–2135

D’Angelo, L.; Lüth, T. C.:  
AAL für Telemedizinische Anwendungen,  
Technik in Bayern 2/2009, Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2009, S. 12–13

D’Angelo, L. T., Tarita, E., Zywiets, T. K., Lüth, T. C.:  
A System for Intelligent Home Care ECG Upload and Priorisation,  
In: 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Medline, U.S. National Library of Medicine, 2010, S. 2188–2191

Lüth, T. C.:  
Medizintechnik und Assistenz für eine älter werdende Gesellschaft,  
In: Momburg, M.; Schulte, D. (Hrsg.): Das Verhältnis von Arzt und Patient, Wilhelm Fink Verlag, ISBN: 978-3-7705-4462-2, München, 2010, S. 257-267

Lüth, T. C.; D’Angelo L.T.; Czabke A.:  
TUM-AgeTech – A New Framework for Pervasive Medical Devices,  
In: Coronato, A.; De Pietro, G. (Hrsg.): Pervasive and Smart Technologies for Healthcare: Ubiquitous Meth-

odologies and Tools, IGI Global, ISBN: 978-161692283-2, 2010, S. 295–321

Niazmand, K.; Jehle, C.; D’Angelo, L. T.; Lüth, T. C.:  
A New Washable Low-Cost Garment for Every-day Fall Detection,  
In: 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Buenos Aires, Argentina, 31.8.–4.9.2010, S. 6377–6380

Niazmand, K.; Lüth, T. C.:  
Ein alltagstauglicher Pullover für die Aufzeichnung von Bewegungen,  
DGBMT Health Technologies, Frankfurt, 3/2010, S. 2–3

Niazmand, K.; Somlai, I.; Louizi, S.; Lüth, T. C.:  
Proof of the Accuracy of Measuring Pants to Evaluate the Activity of the Hip and Legs in Everyday Life,  
In: International ICST Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare – MobiHealth 18.10.–20.10.2010, Cyprus, Greece, 2010

Somlai, I.; Czabke, A.; Lüth, T. C.:  
Ein altersgerechtes System zur Vereinfachung der Bedienung bewegungsgesteuerter Spielkonsolen,  
Tagungsband, 4. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 25.1.-26.1.2011, S. 1-6

Somlai, I.; Czabke, A.; Lüth, T. C.:  
An Elderly-Oriented Platform to Simplify the Use of Physical Activity Controlled Game Consoles,  
In: Proceedings Ambient Assisted Living Conference, Berlin, 25.1.–26.1.2011, S. 1–6

### Vorträge

D’Angelo, L.:  
Persönliche Assistenzsysteme für die älter werdende Gesellschaft,  
AFCEA München e.V., 30.9.2009

Lüth, T. C.:  
Fit4Mobility – Menschen bleiben länger mobil,  
Kongress der Deutschen Gesellschaft für Gerontologie  
und Geriatrie, Potsdam, 5.12.2008

Lüth T. C.:  
Medizintechnik im Alter,  
DGU-AGROP Frühjahrstagung, 10.6.2010

Lüth, T. C.:  
Personal Assistance for an Aging Society,  
IROS Workshop 2008, Nizza, Frankreich, 26.9.2008

### **Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplom- arbeiten**

Braun, M.:  
Aufbau und Realisierung einer kabellosen Ladeeinheit für  
den Eventlogger basierend auf Induktion,  
Technische Universität München, 2010

Dhom, M.:  
Entwicklung einer alltagstauglichen Mensch-Maschine-  
Schnittstelle zur Mikrocontroller basierten Visualisierung  
von Gesundheitsdaten,  
Technische Universität München, 2010

Entsfellner, K.:  
Entwicklung eines einfach zu bedienenden touchscreen-  
basierten GSM-Telekommunikationssystem für ältere  
Menschen,  
Technische Universität München, 2010

Hauch, M.:  
Entwicklung einer automatisierten Mustererkennung  
durch Bewegungsanalyse für ein intelligentes Textil,  
Technische Universität München, 2009

Hauck, M.:  
Entwicklung einer intuitiv bedienbaren Schnittstelle zur  
Visualisierung von Gesundheitsdaten am Fernseher,  
Technische Universität München, 2010

Jäger, B.:  
Entwicklung eines automatisierten Auswertalgorithmus  
von sportlichen Aktivitäten für ein intelligentes Textil,  
Technische Universität München, 2010

Jehle, C.:  
Entwicklung einer automatisierten Sturzerkennung durch  
Bewegungsanalyse für ein intelligentes Textil,  
Technische Universität München, 2010

Jun, S.:  
Der demographische Wandel und seine Auswirkungen  
auf Mensch, Gesellschaft und Technik,  
Technische Universität München, 2010

Kalaras, A.:  
Entwicklung einer Messmethode für die Bewegungsana-  
lyse bei Parkinson-Syndrom mit einem intelligenten Textil,  
Technische Universität München, 2010

Kellner, D.:  
Implementierung einer Software zum Echtzeit-Monitoring  
von 1-Kanal EKG Signalen auf einem Mikrocontroller,  
Technische Universität München, 2010

Löschke, J.:  
Home Care Unit – Entwicklung einer Plattform zur Ana-  
lyse und zum Versand gesundheitsrelevanter Daten,  
Technische Universität München, 2010

Maier, O.:  
Entwicklung einer Messmethode für die Bewegungsana-  
lyse bei Restless-legs-Syndrom mit einem intelligenten  
Textil,  
Technische Universität München, 2010

Marsch, S.:  
Entwicklung eines Algorithmus zur Bewegungszu-  
standserkennung basierend auf Beschleunigungswerten,  
Technische Universität München, 2010

Neuhäuser, J.:  
Aufbau und Realisierung einer flexibel einstellbaren  
Interaktionserkennung basierend auf Funkmodulen,  
Technische Universität München, 2009

Pham, B.:  
Altersgerechtes Anzeigen von Bewegungsparametern,  
Technische Universität München, 2009

Richter, C.:  
Energieversorgung ortsfester Funknetzknotten,  
Technische Universität München, 2010

Schäfer, A.:  
Entwicklung eines navigierten Fluginstruments für Medi-  
zinischen Einsatz,  
Technische Universität München, 2010

Tarita, E.:  
Intelligentes EKG-Befundungs-System für den Homecare  
Bereich,  
Technische Universität München, 2008

---

## Intelligente integrierte Technologien und Dienstleistungen für eine selbst- ständige Lebensführung im Alter / 3.4

### Veröffentlichungen

Jehle, F.; Kriegel, J.:  
Dienstleistungen in der Telemedizin – Eine Bestandsauf-  
nahme der ambulanten Unterstützung älterer Menschen  
zu Hause,  
State-of-the-Art Studie, Fraunhofer IRB Verlag,  
ISBN: 978-3-8167-7962-9, Stuttgart, 2009

Jehle, F.; Kriegel, J.; Krupp, M.:  
Entwicklung eines Service Engineering Ansatzes für tele-  
medizinische Dienstleistungen,  
In: Tagungsband GMDs 2008, German Medical Science

GMS Publishing House, Stuttgart, 2008, S. 274–276  
<http://www.egms.de/de/meetings/gmds2008/>

Jehle, F.; Kriegel, J.; Pflaum, A.:  
Telemedizinisch-technologische Dienstleistungen zur Un-  
terstützung älterer Menschen zu Hause – eine Bestands-  
aufnahme, Fraunhofer IRB Verlag,  
ISBN: 978-3-8167-7962-9, Stuttgart, 2009

Kriegel, J.; Schmitt-Rueth, S.:  
Hybride Dienstleistungen im E-Health-Bereich,  
In: Das Österreichische Gesundheitswesen ÖKZ, 51. Jg.,  
Schaffler-Verlag, Graz, 2010, S. 35–36

Kriegel, J.; Schmitt-Rüth, S.; Jehle, F.; Seitz, M.:  
Entwicklung und Optimierung von kundenorientierten  
Dienstleistungen in der Patientenlogistik von Kranken-  
häusern,  
In: Willich, S. N. (Hrsg.): Money Meets Medicine –  
2. Jahreskonferenz der Deutschen Gesellschaft für  
Gesundheitsökonomie (dggö) 2010, Abstract Band,  
1.3.–2.3.2010, Berlin, 2010  
[http://www.dggoe.de/files/jahrestagung\\_2010/Abstract-  
band\\_2010.pdf](http://www.dggoe.de/files/jahrestagung_2010/Abstract-band_2010.pdf)

Kriegel, J.; Seitz, M.; Schmitt-Rüth, S.:  
Patientenlogistik als Bindeglied für abteilungsübergrei-  
fende Leistungsprozesse,  
Poster, EVKD Zürich, Schweiz, 2010,

Pflaum, A.; Krupp, M.:  
Entwicklung einer Vorgehensweise für das Engineering  
Smart Object-basierter Dienstleistungen,  
White Paper, Fraunhofer IIS, Nürnberg, 14.1.2009

Schmitt-Rueth, S.:  
Review Committee Member: 4th International ICST  
Conference on Pervasive Computing Technologies for  
Healthcare 2010 (IEEE Conference on Pervasive Health  
2010), München, 22.3.–25.3.2010  
<http://www.pervasivehealth.org/reviewers2010.shtml>

Schmitt-Rüth, S.; Jehle, F.; Kriegel, J.:  
Telemedizinische Homecare Dienstleistungen zur Unterstützung älterer Menschen in der ambulanten Versorgung – Eine aktuelle Marktanalyse,  
In: Schreier, G.; Hayn, D.; Ammenwerth, E. (Hrsg.):  
eHealth2009 – Health Informatics meets eHealth – von der Wissenschaft zur Anwendung und zurück, Tagungsband der eHealth2009 und eHealth Benchmarking 2009, Österreichische Computer Gesellschaft, Band 250, ISBN: 978-3-85403-250-2, Wien, Österreich, 7.5.–8.5.2009

Schmitt-Rüth, S.; Kriegel, J.; Bangemann, M.:  
Die Etablierung von e-Health im ambulanten Sektor – Service Engineering und Praxisnetze als Innovationskatalysatoren für telemedizinische Anwendungen,  
In: Duesberg, F. (Hrsg.): e-Health 2011, Informationstechnologien und Telematik im Gesundheitswesen, Medical Future Verlag, ISBN: 978-3-9814005-0-2, Solingen, 2010, S. 64–68

Schmitt-Rüth, S.; Kriegel, J.; Seitz, M.:  
Service Engineering im Gesundheitswesen? – Die Kluft zwischen Forschung und Geschäftspraxis telemedizinischer Dienstleistungen,  
In: Tagungsband, 3. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 26.1.–27.1.2010

Schmitt-Rüth, S.; Kriegel, J.; Zahneisen, A.:  
Telemedizinische Dienstleister der Zukunft – Zwischen Markt und Regulation,  
In: Schreier, G.; Hayn, D.; Ammenwerth, E. (Hrsg.):  
eHealth2010 - Patient Centered Systems: der Mensch im Fokus, Tagungsband der eHealth2010, Band 264, Österreichische Computer Gesellschaft,  
ISBN: 978-3-85403-264-9, Wien, 6.5.–7.5.2010

Schmitt-Rüth, S.; Pflaum, A.:  
Service Engineering as a Concept to Develop Hybrid Services in Health Care,  
In: American Telemedicine Association (ATA) (Hrsg.):  
Abstracts from the American Telemedicine Association

Fifteenth Annual International Meeting and Exposition, Telemedicine Journal and e-Health, Volume 16, Supplement 1, Mary Ann Liebert, ISSN: 1530-5627, San Antonio, Texas, USA, Mai 2010, S. 101–102

Schmitt-Rüth, S.; Seitz, M.; Kriegel, J.:  
Anforderungen des Telemonitorings an das Informations- und Kommunikations-Management im Rahmen der ambulanten Arzt-Patienten-Interaktion,  
In: Jöckel, K.-H. (Hrsg): Spitzenmedizin und Menschlichkeit – Krankheit behandeln und Gesundheit fördern, Tagungsband der 54. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (GMDS) e.V., Essen, 7.9.–10.9.2009  
<http://www.egms.de/de/meetings/gmds2009/>

Seitz, M.; Jehle, F.; Schmitt-Rüth, S.; Kriegel, J.:  
Anforderungen an die Ausgestaltung einer Smart Object basierten Dienstleistung zur Optimierung der Patientenlogistik im Krankenhaus,  
In: Jöckel, K.-H. (Hrsg): Spitzenmedizin und Menschlichkeit – Krankheit behandeln und Gesundheit fördern, Tagungsband der 54. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (GMDS) e.V., Essen, 7.9.–10.9.2009  
<http://www.egms.de/de/meetings/gmds2009/>

## Vorträge

Kriegel, J.:  
Entwicklung eines Service Engineering Ansatzes für telemedizinische Dienstleistungen,  
53. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (GMDS), Stuttgart, 15.9.–19.9.2008

Kriegel, J.:  
Telemedizinische Dienstleister der Zukunft – Zwischen Markt und Regulation,  
eHealth2010, Wien, Österreich, 6.5.–7.5.2010

Pflaum, A.:

Telemedizin in Unternehmen – Utopie oder Notwendigkeit?  
1. FitForAge-Kongress, BayME/VBM, Haus der Bayerischen Wirtschaft, München, 18.11.2009

Schmitt-Rüth, S.:

Anforderungen an die Ausgestaltung einer Smart Object basierten Dienstleistung zur Optimierung der Patientenlogistik im Krankenhaus,  
Abstract, 54. GMDS Tagung, Essen, 7.9.-10.9.2009

Schmitt-Rüth, S.:

Entwicklung ambulanter Dienstleistungen für Menschen Ü 50, e-Schmerzmonitoring in der ambulanten Patientenversorgung,  
2. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 27.1.–28.1.2009

Schmitt-Rueth, S.:

Service Engineering as a Concept to Develop Hybrid Services in Health Care,  
15th Annual International Meeting and Exposition of the American Telemedicine Association (ATA), San Antonio, Texas, USA, 16.5.–18.5.2010

Schmitt-Rueth, S.:

Service Engineering im Gesundheitswesen? – Die Kluft zwischen Forschung und Geschäftspraxis telemedizinischer Dienstleistungen,  
3. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 26.1.–27.1.2010

Schmitt-Rüth, S.:

Telemedizinische Homecare Dienstleistungen zur Unterstützung älterer Menschen in der ambulanten Versorgung – Eine aktuelle Marktanalyse,  
Paper, Kurzvortrag und Poster, eHealth2009 und eHealth Benchmarking, Wien, Österreich 7.5.–8.5.2009

## Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplomarbeiten

Bürgler, M.:

Strategische Werkzeuge für die Entwicklung ambulanter telemedizinischer Dienstleistungen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Damyanova, I.:

Logistik-Dienstleister (z. B. in der Automobilbranche) und ambulante Telemedizin-Dienstleister im Vergleich,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Gurbeyn, K.:

Untersuchung der Effektivität und Effizienz von Innovationen im Gesundheitswesen aus der Sicht der Krankenkassen anhand von Budget Impact Analysen – Das Beispiel Telemedizin,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Lang, S.:

Bewertungsraster für marktreife ambulante telemedizinische Dienstleistungen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Lang, S.:

Die Rolle von Gesundheitssystemen für die Verbreitung der Telemedizin – Ein Vergleich zwischen Deutschland, Schweden und den USA,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Laschinger, K.:

Telemedizinische Dienstleistungen im ambulanten Bereich-Bestehende Versorgungslücken und zukünftige Herausforderungen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Losch, C.:

Telemedizinische Forschungslandschaft in Deutschland – Trends und Entwicklungen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Palitza, M.:  
Servicedienstleistung e-Schmerzmonitoring in der ambulanten Versorgung; Wie muss eine telemedizinische Servicedienstleistung e-Schmerzmonitoring mit elektrotechnologischer Unterstützung ausgestaltet sein, um eine ambulante Schmerztherapie bestmöglich zu unterstützen? Am Beispiel der ambulanten Schmerztherapie im Praxisnetz Nürnberg Süd,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Preuss, A.:  
Service Engineering – Trends und Entwicklungen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Sauer, J.:  
Erfolgsfaktoren telemedizinischer Dienstleistungen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Scheppach, M.:  
Messung und Bewertung der Produktivität und Wertschöpfung von Dienstleistungen mit besonderer Berücksichtigung der Dienstleistungsqualität,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Vogel, N.:  
Kostenreduktion chronischer Krankheiten infolge des Einsatzes ambulanter telemedizinischer Dienstleistungen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009



---

## Fitnessbegleiter / 4.1

### Veröffentlichungen

Rulsch, M.; Feilner, S.; Arzt, C.:  
Fitnessbegleiter – Entwicklung eines Trainings-Assistenzsystems für Senioren,  
Tagungsband, 3. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 26.1.–27.1.2010

### Vorträge

Hofmann, C.:  
Neuartige körpernahe Sensorik,  
HTA Workshop im METEAN, Erlangen, 23.6.2010

Hofmann, C.:  
Motion Analysis for Sports and Rehabilitation,  
ISPO, Wearable Technologies Conference, München, 8.2.2010

Rulsch, M.:  
Der Fitnessbegleiter – Ein persönliches Trainings-Assistenzsystem für Senioren,  
Kooperationsforum Intelligente Objekte und Mobile Informationssysteme im Gesundheitswesen, Erlangen, 19.5.–20.5.2010

Rulsch, M.:  
Sportwissenschaftliche Anwendungsgebiete des Fitnessbegleiters,  
Kolloquium, Institut für Sportwissenschaft und Sport, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, 15.12.2009

### Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplomarbeiten

Coskun, T.:  
Altengerechte Repräsentation von Aktivitätsparametern anhand eines adaptiven Avatars,  
Technische Universität München, 2008

Halmos, B.:  
Modelle der menschlichen Schulter,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Jablonski, S.:  
Rekonstruktion von Bewegungen des menschlichen Oberarms,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Kobylko, C.:  
Lagemessung mit dem Ansatz von Luinge,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Kovatsch, M.:  
Services for Wireless Sensor Networks – A Design for Health Monitoring and Motion Analysis,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

Schrage, B.:  
Biomechanisches Modell des Menschen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

---

## Orientierungsassistent / 4.2

### Veröffentlichungen

Thielecke, J.; Eck, D.; Schilling, K.; Abdul-Majeed, A.; Richter, P.; Gutierrez Boronat, J.; Schens, I.; Thomas, B.; Williger, B.; Lang, F.:  
Mobility Assistance for Elderly People,  
Accepted for the Journal of Applied Bionics and Biomechanics

Schilling, K.:  
Navigationshilfen für ältere Menschen und für die Produktionslogistik,  
1. FitForAge-Kongress, BayME/BBM, Haus der Bayerischen Wirtschaft, München, 18.11.2009

Schilling, K.:  
Robotic and Telematic Assistant Technologies to Support Aging People,  
Proceedings International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology and Biomedical Engineering (ICICI-BME), 2009

### Vorträge

Gutierrez Boronat, J.; Thielecke, J.:  
Anlaufhilfe für Patienten mit Parkinson Disease: Ein Ansatz aus Muskelgeräuschen und Inertialsensoren,  
Geriatrische Tagesklinik, Klinikum Nürnberg Nord, 14.10.2010

Schilling, K.:  
Aus dem Weltall in den Alltag: Robotertechnik für Senioren,  
VHS Aschaffenburg, 26.10.2009,  
Unibund Würzburg in Miltenberg, 4.11.2009,  
Unibund Würzburg in Arnstein, 19.11.2009

Schilling, K.:  
Roboter: geeignete Helfer für den Menschen?  
Unibund Würzburg in Kitzingen, 10.2.2009, Unibund Würzburg in Schweinfurt, 20.1.2009

Schilling, K.:  
Unterstützung der Mobilität für ältere Menschen,  
Kolloquium „Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen“, Nordostpark Nürnberg, 21.10.2009

## Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplomarbeiten

Bocksch, M.:

Entwicklung einer Embedded-Plattform für eine mehrsensorengestützte Fußgängernavigation,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Gattner, A.:

Simulationsumgebung für WLAN-Lokalisation,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Hierold, M.:

Evaluierung von Schallwandlern und Messverstärkern zur Erfassung von Muskelgeräuschen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

Iofin, T.:

Kalman- und Partikelfilter zur Positionsbestimmung mit GPS und Pseudolites,  
Hochschule Aalen, 2008

Kiefer, F.:

Untersuchung des Hardwareinflusses bei WLAN – Lokalisierungssystemen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

Lück, M.:

Simulation von breitbandigem Dual-Empfänger für GPS L1/L2c unter Advanced Design System (ADS),  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

Lühmann, L.:

Aufbau einer Plattform für ein Dead-Reckoning-System,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Sack, M.:

Fehleranalyse und Fehlermodellierung der Positionsbestimmung in drahtlosen Kommunikationsnetzen (Wireless LAN),  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

Schlögl, A.:

Untersuchung von Ansätzen zur Detektion von Mehrwegausbreitung bei GNSS-Signalen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Sixel, S.:

Entwicklung der Systemsoftware einer Plattform zur relativen Lokalisierung für die Steuerung autonom fahrender Roboter,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Witt, N.:

Schritterkennung zur Stützung von WLAN-Fußgängernavigation,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

---

## Fußgängerassistenzfahrzeug / 4.3

### Seminare

Medizin-Robotik, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, SS09

### Veröffentlichungen

Eck, D.; Biedermann, S.; Schilling, K.:

Adjustment of the Hand Throttle of a Mobility Scooter for Elderly People,  
Proceedings of the 55th Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Ilmenau, 2010

Eck, D.; Leutert, F.; Schilling, K.:

Entwicklung einer Kollisionsvermeidung für einen teilautonomen Scooter zur Unterstützung der Mobilität leistungsgewandelter Personen,  
Proceedings Ambient Assisted Living Konferenz, Berlin, 26.1.–27.1.2010

Eck, D.; Schilling, K.:

Entwicklung eines teilautonomen Scooters zur Unter-

stützung der Mobilität leistungsgewandelter Personen, Proceedings Ambient Assisted Living Konferenz, Berlin, 27.1.–28.1.2009

Schilling, K.:  
Robotic and Telematic Assistant Technologies to Support Aging People,  
Proceedings International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology and Biomedical Engineering (ICICI-BME), 2009

Eck, D.; Schilling, K.:  
Robotic and Telematic Assistant Technologies to Support Aging People,  
In: Journal of Journal of eHealth Technology and Application (JETA), Volume 8 (2), 2010, S. 152–155

Eck, D.; Schilling, K.; Abdul-Majeed, A.; Thielecke, J.; Richter, P.; Gutierrez Boronat, J.; Schens, I.; Thomas, B.; Williger, B.; Lang, F.:  
Mobility Assistance for Elderly People,  
Accepted for the Journal of Applied Bionics and Biomechanics

Uhlsmied, C.; Eck, D.; Schilling, K.; Schens, I.; Thomas, B.:  
Sichere Navigation für leistungsgewandelte Personen,  
Proceedings Ambient Assisted Living Conference, Berlin, 25.1.–26.1.2011

### Vorträge

Eck, D.:  
Der Scooter zur Unterstützung leistungsgewandelter Personen,  
CSU Seniorengruppe, Informationstag, Lehrstuhl für Robotik und Telematik, Julius-Maximilians-Universität, Würzburg 22.2.2010

Schilling, K.:  
Assistenzsysteme zur Unterstützung der Mobilität,  
8. Technologie-Forum Sensorik „Innovative Assistenz-

systeme: Chancen und Potenziale einer Technologie mit Zukunftsmarkt“, Regensburg, 1.12.2009

Schilling, K.:  
Aufgabenstellung für die Telematik hinsichtlich intelligenter Elektromobilität,  
Informationstag Elektromobilität, Würzburg, 31.5.2010

Schilling, K.:  
Aus dem Weltall in den Alltag: Robotertechnik für Senioren,  
VHS Aschaffenburg, 26.10.2009,  
Unibund Würzburg, Miltenberg, 4.11.2009,  
Unibund Würzburg, Arnstein, 19.11.2009,  
Unibund Würzburg, Rimpf, 14.1.2010

Schilling, K.:  
FitForAge – Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen – Schwerpunkt Mobilität,  
Pflegetage Münster, 25.9.2008

Schilling, K.:  
„Intelligente“ Roboter und Telematik,  
Strategietagung der Würzburger Versorgungs- und Verkehrs - GmbH, Bad Wörishofen, 11.5.2010

Schilling, K.:  
Navigationshilfen für ältere Menschen und für die Produktionslogistik,  
1. FitForAge-Kongress, BayME/IBM, Haus der Bayerischen Wirtschaft, München, 18.11.2009

Schilling, K.:  
Roboter: geeignete Helfer für den Menschen?  
Unibund Würzburg, Kitzingen, 10.2.2009,  
Unibund Würzburg, Schweinfurt, 20.1.2009

Schilling, K.:  
Roboter in Bewegung  
Girlsday, Würzburg, 22.4.2010

Schilling, K.:  
Roboter: vernünftige Helfer für den Menschen?  
Unibund Würzburg, Markbreit, 14.2.2008

Schilling, K.:  
Robotik und Telematiklösungen für die Rehabilitation,  
Innovationstag Robotik und Softwarelösungen in der  
Rehabilitation, Würzburg, 27.10.2010

Schilling, K.:  
Telematikanwendungen in der Medizin,  
Innovationstag Telemedizin, Bad Kissingen, 15.2.2008

Schilling, K.:  
Telematikmethoden zur Fernbetreuung von Risikopatienten zu Hause,  
WÜMEK Kongress für Technologien in der Medizin und  
Energieeffizienz in Kliniken, Würzburg, 4.5.2010

Schilling, K.:  
Unterstützung der Mobilität für ältere Menschen,  
Kolloquium „Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen“, Nordostpark Nürnberg, 21.10.2008 und 21.10.2009

Schilling, K.:  
Vernetzte Robotersysteme: Herausforderung für die  
Forschung,  
Robotation Academie CeBit Hannover, 4.3.2010

### Rundfunk und Fernsehen

Der autonome Scooter,  
NDR Radio, 26.1.2010

Der Scooter als Assistenzfahrzeug,  
Bayerisches Fernsehen, 13.6.2010

Der Scooter für leistungsgewandelte Personen,  
BR Rundfunk, 19.3.2010

Der Scooter zur Unterstützung älterer Personen,  
ARD Mittagmagazin, 17.3.2010

Mit dem Navi zum Arzt und Einkaufen,  
Bayerisches Fernsehen, 27.8.2010

### Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplomarbeiten

Eschenbacher, S.:  
Automatische Erfassung von unbekanntem urbanen Umgebungen und anschließende Lokalisierung,  
Julius-Maximilians-Universität, Würzburg, 2011

Henkel, T.:  
Teilautonome Navigation eines Scooters mithilfe eines angepassten Navigationssystems,  
Julius-Maximilians-Universität, Würzburg, 2010

Kleinschrodt, A.; Freimann, A.:  
Durchfahren von Engstellen mit dem Scooter,  
Julius-Maximilians-Universität, Würzburg, 2011

Uhlsmied, C.:  
Scooter Navigation und autonome Steuerung auf Gehwegen,  
Julius-Maximilians-Universität, Würzburg, 2010

---

## Fahrzeugmobilität / 4.4

### Veröffentlichungen

D'Angelo, L. T.; Lüth T. C.:  
AAL für Telemedizinische Anwendungen,  
Technik in Bayern 2/2009, Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2009, S. 12–13

D'Angelo, L. T.; Parlow, J.; Spiessl, W.; Hoch, S.; Lüth T. C.:  
A System for Unobtrusive In-Car Vital Parameter Acquisition and Processing,

In: Pervasive Computing Technologies for Healthcare, IEEE Conference on Pervasive Health 2010, München, 2010, S. 1–7

D'Angelo L. T.; Parlow J.; Spiessl W.; Hoch S.; Lüth T. C.: Fahrzeugintegrierte Erfassung und Verarbeitung von Vitalparametern, Tagungsband, 4. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 25.1.–26.1.2011

D'Angelo, L. T.; Tarita, E.; Zywietz, T. K.; Lüth, T. C.: A System for Intelligent Home Care ECG Upload and Priorisation, In: 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Medline, U.S. National Library of Medicine, 2010, S. 2188–2191

Lüth, T. C.; D'Angelo L. T.; Czabke A.: TUM-AgeTech – A New Framework for Pervasive Medical Devices, In: Coronato, A.; De Pietro, G. (Hrsg.): Pervasive and Smart Technologies for Healthcare: Ubiquitous Methodologies and Tools, IGI Global, ISBN: 978-1-61520-765-7, 2010, S. 295-321

Lüth, T. C.: Medizintechnik und Assistenz für eine älter werdende Gesellschaft, In: Momburg, M.; Schulte, D. (Hrsg.): Das Verhältnis von Arzt und Patient, ISBN: 978-3-7705-4462-2, München, 2010, S. 257–267

### Vorträge

D'Angelo, L. T.: Persönliche Assistenzsysteme für die älter werdende Gesellschaft, AFCEA München e.V., 30.9.2009

Lüth, T. C.: Personal Assistance for an Aging Society, IROS Workshop 2008, Nizza, Frankreich, 26.9.2008

Lüth T. C.: Medizintechnik im Alter, DGU-AGROP Frühjahrstagung, 10.6.2010

### Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplomarbeiten

Lohmann, M.: Mobile automatisierte Blutdruckmessung, Technische Universität München, 2010

Parlow, J.: Aufbau einer Plattform zur Erfassung von Vitalparametern im Kfz, Technische Universität München, 2009

Schiller, S.: Konstruktion und Fertigung eines Geräts zur mobilen Ausgabe von Videosignalen eines iPod touch durch einen Projektor, Technische Universität München, 2008

Schneider, M.: Entwicklung und Fertigung einer Plattform für die mobile Aufzeichnung und Anzeige gesundheitsrelevanter Daten, Technische Universität München, 2010

## Montagesysteme und -strukturen / 5.1

### Veröffentlichungen

- Egbers, J.; Neuberger, M.; Spillner, R.; Walch, D.; Williger, B.:  
Definition einer alternsgerechten Arbeitsgestaltung,  
In: Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart, G.; Schilling, K. (Hrsg.):  
Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung  
in Produktion und Logistik, Studie aus dem  
Bayerischen Forschungsverbund FitForAge, ISBN:  
978-3-941702-16-5, München, 2010, S. 11–14
- Egbers, J., Schilp, J.:  
Integration Leistungsgewandelter in die Planung von  
Montagesystemen,  
In: Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart, G.; Schilling, K. (Hrsg.):  
Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung  
in Produktion und Logistik, Studie aus dem  
Bayerischen Forschungsverbund FitForAge, ISBN:  
978-3-941702-16-5, München, 2010, S. 113–125
- Reinhart, G.; Egbers, J.; Bortot, D.:  
3P zur Gestaltung alternsgerechter Arbeitsplätze,  
In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): Neue  
Arbeits- und Lebenswelten gestalten, GfA-Press, ISBN:  
978-3-936804-08-9, Dortmund, 2010, S. 827–830
- Reinhart, G.; Egbers, J.:  
Belegschaftsanforderungen in der Montageplanung –  
Handlungsfelder und Lösungsansätze,  
In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): Mensch-  
und prozessorientierte Arbeitsgestaltung im Fahrzeug-  
bau, GfA-Press, ISBN 978-3-936804-09-6, Dortmund,  
2010, S. 87–98
- Reinhart, G.; Egbers, J.; Schilp, J.; Rimpau, C.:  
Demographiegerechte und doch wirtschaftliche Monta-  
geplanung,  
wt Werkstattstechnik online 100 (2010) 1, S. 9–14
- Reinhart, G.; Schilp, J.; Egbers, J.; Walch, D.; Spillner, R.:  
Lösungsansätze für den demographischen Wandel in  
Produktion und Logistik,  
In: Zülch, G.; Stock, P. (Hrsg.): Auswirkungen der demo-  
graphischen Entwicklung in Montagesystemen, Institut  
für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation, ISBN:  
978-3-9812620-0-1, Karlsruhe, 2009, S. 10–26
- Reinhart, G.; Spillner, R.; Egbers, J.:  
Werkzeug zur individuellen Belastungsdosimetrie,  
In: Landau, K. (Hrsg.): Produktivität im Betrieb, Tagungs-  
band der GfA Herbstkonferenz 2009, Ergonomia Verlag,  
ISBN: 978-3-935089-15-9, Stuttgart, 2009
- Reinhart, G.; Spillner, R.; Egbers, J.; Schilp, J.:  
Individualisierung an Montagearbeitsplätzen,  
wt Werkstattstechnik online 100 (2010) 9, Springer-  
VDI-Verlag, S. 665–669
- Reinhart, G.; Thiemann, C.; Spillner, R.; Schilp, J.:  
Demographische Herausforderungen in der Montage,  
wt Werkstattstechnik online, Jahrgang 98, H.9, 2008
- Reinhart, G.; Wiesbeck, M.; Egbers, J.:  
Digitale Assistenzsysteme zur alterungsgerechten Inte-  
gration von Werkern in die variantenreiche Montage,  
In: ATZproduktion, Jg. 2, H. 03-04, 2009, S. 18-21
- Thiemann, C.; Spillner, R.; Schilp, J.:  
Montage im demographischen Wandel,  
In: iwv Newsletter, Jahrgang 16, Nr. 2, 2008

## Vorträge

- Reinhart, G.:  
Herausforderungen des demographischen Wandels in  
Produktion und Logistik,  
Intensiv-Workshop BayME/VBM, Haus der Bayerischen  
Wirtschaft, München, 11.11.2008
- Reinhart, G.; Egbers, J.:  
Planung altersgerechter Produktionssysteme,  
1. FitForAge-Kongress, BayME/VBM, Haus der Bayeri-  
schen Wirtschaft, München, 18.11.2009
- Reinhart, G.; Egbers, J.; Schilp, J.:  
Herausforderungen des demographischen Wandels in  
Produktion und Logistik,  
Mitgliederversammlung des REFA-Ausschuss München-  
Augsburg, München, 4.11.2009
- Walch, D.; Egbers, J.:  
Brauchen wir für ältere Mitarbeiter andere Arbeitsplätze?  
Sonderveranstaltung „Prävention durch Methoden  
moderner Arbeitsplanung“ des MTM-Instituts und der  
Bundesarbeitsgemeinschaft für Sicherheit und Gesund-  
heit bei der Arbeit (Basi) e.V., 31. Internationaler Kon-  
gress für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (A+A 2009),  
Düsseldorf, 6.11.2009
- Reinhart, G.; Schilling, K.; Schilp, J.:  
Menschen bleiben länger im Arbeitsleben – Fit4Work,  
Vortrag auf dem Gemeinsamen Kongress der DGG/  
ÖGGG und der DGGG/SGG, Potsdam, Dezember, 2008
- Reinhart, G.; Spillner, R.; Egbers, J.; Glonegger, M.:  
Strategien für eine Produktion im demographischen  
Wandel,  
2. FitForAge-Kongress, bayme vbm, Haus der Bayeri-  
schen Wirtschaft, München, 10.11.2010

## Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplom- arbeiten

- Bittermann, K.:  
Identifikation von Entwicklungsschwerpunkten zur Inte-  
gration älterer und leistungsgewandelter Mitarbeiter in  
der Montage,  
Technische Universität München, 2008
- Bortot, D.:  
Gestaltung eines altersgerechten Montagesystems  
unter Verwendung der 3P-Methode,  
Technische Universität München, 2009
- Glonegger, M.:  
Entwicklung eines Referenzmodells zur belegschafts-  
gerechten Montagesystemgestaltung,  
Technische Universität München, 2010
- Grassl, M.:  
Nutzung von Mitarbeiteridentifikationssystemen für Indi-  
vidualisierung von Arbeitsplatzeinrichtungen,  
Technische Universität München, 2010
- Lenhard, L.:  
Quantifizierung und Zielsystemintegration von physisch  
bedingten Belegschaftsanforderungen in Montage-  
planungsprojekten,  
Technische Universität München, 2011
- Mühlegg, M.:  
Aufbau eines Systems zur automatischen Arbeitsplatz-  
individualisierung,  
Technische Universität München, 2010
- Radosavac, M.:  
Entwicklung eines Maßnahmenbaukastens zur beleg-  
schaftsgerechten Gestaltung von Montagesystemen,  
Technische Universität München, 2009

Reichl, M.:  
Optimierung des Planungsprozesses von Betriebsmitteln  
in der Fahrzeugmontage,  
Technische Universität München, 2010

Schulze-Frenking, F.:  
Auswirkungen der Taktentkopplung auf die Arbeitsorga-  
nisation am Beispiel einer hochautomatisierten Karosse-  
riebauanlage,  
Technische Universität München, 2010

Schulze Frenking, F.:  
Konzeption einer Steh-Sitz-Hilfe für Montagearbeitsplätze,  
Technische Universität München, 2009

---

## Logistiksysteme und Organisation / 5.2

### Workshops

Neuberger, M.; Williger, B.:  
Workshop: Wie kann ich meine Mitarbeiter bis zur Rente  
im Unternehmen halten?,  
Intensiv-Workshop aus dem Bayerischen Forschungsver-  
bund FitForAge „Wie mache ich meine Produktion fit für  
den demographischen Wandel?“, Haus der Bayerischen  
Wirtschaft, München, 11.11.2008

Walch, D.:  
Workshop: Welche Arbeitsplätze in Produktion und Lo-  
gistik sind für ältere Mitarbeiter geeignet?  
Intensiv-Workshop aus dem Bayerischen Forschungsver-  
bund FitForAge „Wie mache ich meine Produktion fit für  
den demographischen Wandel?“, Haus der Bayerischen  
Wirtschaft, München, 11.11.2008

### Veröffentlichungen

Egbers, J.; Neuberger, M.; Spillner, R.; Walch, D.;  
Williger, B.:  
Definition einer alternsgerechten Arbeitsgestaltung,

In: Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart,  
G.; Schilling, K. (Hrsg.):  
Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion  
und Logistik, Studie aus dem Bayerischen Forschungsver-  
bund FitForAge, ISBN: 978-3-941702-16-5, München,  
2010, S. 11–14

Günthner, W. A.; Walch, D.:  
Nachhaltige Ergonomie für manuelle Logistik-Arbeiten,  
In: Logistik für Unternehmen, 24. Jahrgang, Ausgabe  
3/4-2010, Springer-VDI-Verlag, ISSN: 0930-7834, Düssel-  
dorf, 2010, S.44 ff.

Günthner, W. A.; Walch, D.; Tenerowicz, P.:  
Intralogistische Systeme nachhaltig gestalten – Der Fak-  
tor Mensch im Fokus,  
In: Wimmer, T.; Wöhner, H. (Hrsg.): Intelligent wachsen,  
Kongressband zum 27. Deutschen Logistik-Kongress  
Berlin, Deutscher Verkehrs-Verlag, ISBN: 978-3-87154-  
430-9, Hamburg, 2010, S. 207–232

Kammergruber, F.; Walch, D.; Steghafner, A.; Günthner,  
W. A.:  
Durchgängige Ermittlung der Mitarbeiterbelastung in der  
Kommissionierung – von der Virtual Reality Planung bis  
zur Visualisierung über Augmented Reality,  
In: Schenk, M. (Hrsg.): Digitales Engineering und virtuelle  
Techniken zum Planen, Testen und Betreiben technischer  
Systeme, Magdeburg: Fraunhofer IFF, Fraunhofer Verlag,  
ISBN: 978-3-8396-0145-7, Stuttgart, 2010, S.172-178

Neuberger, M.:  
Lebenslanges Lernen in der Logistik: Personalentwicklung  
durch alternsgerechtes E-Learning,  
In: Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart, G.;  
Schilling, K. (Hrsg.):  
Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion  
und Logistik, Studie aus dem Bayerischen Forschungsver-  
bund FitForAge, ISBN: 978-3-941702-16-5, München,  
2010, S. 51–64

Neuberger, M.; Knigge, I.; Walch, D.:  
An Eye Movement Strategy to Compensate for Age-related Cognitive Decline in a Logistics Task,  
In: Eder, A. B., et al. (Hrsg.): 51. Tagung experimentell arbeitender Psycholog/innen (TeaP), Jena, 2009, S. 119

Neuberger, M.; Williger, B.:  
Entwicklungspsychologische Aspekte der Arbeitsmotivation,  
In: Sauerland, M.; Weikamp, J. (Hrsg.): Zündstoff Motivation: Motivierungsmethoden für Mitarbeiter, Führungskräfte und Organisationen,  
ISBN: 978-3-8300-4452-9, Kovac, Hamburg, 2009, S. 331–341

Walch, D.:  
Im Tandem durchs Tal,  
Nachgefragt: Interview in der Logistik Heute,  
ISSN: 0173-6213, HUSS-Verlag, Ausgabe 7–8/2009, 31. Jahrgang, München, 2009, S. 10

Walch, D.; Galka, S.; Günthner, W. A.:  
Produktivität und körperliche Belastung,  
In: Deutsche MTM-Vereinigung e.V. (Hrsg.): ISSN: 1868-0011, MTMaktuell – Das MTM-Infomagazin, 15. Jahrgang, Ausgabe 45, 01/2010, Zeuthen, 2010, S. 14 f.

Walch, D.; Galka, S.; Günthner, W. A.:  
Zwei auf einen Streich – Integrative Planung von Kommissionierprozessen durch die Kombination von MTM und der Leitmerkmalmethode,  
In: Landau, K. (Hrsg.): Produktivität im Betrieb, Stuttgart, Ergonomia Verlag, ISBN: 978-3-93509-15-5, 2009, S. 249–253

Walch, D.; Günthner, W. A.:  
Belastungsorientierte Job Rotation für eine altersgerechte Arbeitsorganisation am Beispiel der Logistik,  
In: Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart, G.; Schilling, K. (Hrsg.):

Altersgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik, Studie aus dem Bayerischen Forschungsverbund FitForAge, ISBN: 978-3-941702-16-5, München, 2010, S. 65–77

Walch, D.; Günthner, W. A.:  
Belastungsermittlung für Handhabungsprozesse in der Logistik – Ein Beitrag zur altersgerechten Arbeitsgestaltung,  
In: Industrial Engineering – Fachzeitschrift des REFA-Verbandes, 62. Jahrgang, Ausgabe 3-2009, ISSN: 1866-2269, Darmstadt, 2009, S. 30–33

Walch, D.; Günthner, W. A.:  
Die demographische Entwicklung in Gesellschaft und Arbeitswelt,  
In: Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart, G.; Schilling, K. (Hrsg.):  
Altersgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik, Studie aus dem Bayerischen Forschungsverbund FitForAge, ISBN: 978-3-941702-16-5, München, 2010, S. 7–10

Walch, D.; Günthner, W. A.:  
Maschinen für die Schwerarbeit, Demografischer Wandel fordert Umdenken – Belastungsanalyse und neue Geräte helfen weiter,  
In: Lebensmittelzeitung, Nummer 41, Deutscher Fachverlag GmbH, Frankfurt am Main, 15.10.2010, S. 42

Walch, D.; Günthner, W. A.:  
Erhalt der Erwerbsfähigkeit von Mitarbeitern in der physischen Logistik vor dem Hintergrund des demografischen Wandels,  
In: GfA (Hrsg.): Arbeit, Beschäftigungsfähigkeit und Produktivität im 21. Jahrhundert, ISBN: 978-3-936804-07-9, GfA-Press, Dortmund, 2009, S. 609–612

Walch, D.; Neuberger, M.; Günthner, W. A.:  
Auswirkungen der demographischen Entwicklung auf die Intralogistik – Ansätze zum Erhalt der Erwerbsfähigkeit von Logistikmitarbeitern,

In: Industrie Management 2/2009 – Technologiegetriebene Veränderungen der Arbeitswelt, ISSN: 1434-1980, GITO-Verlag, Berlin, 2009, S. 67 ff.

Weikamp, J.; Sauerland, M.:  
„Anti-Aging“ – ein Führungsphänomen der Vergangenheit?,  
In: Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart, G.; Schilling, K. (Hrsg.):  
Altersgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik, Studie aus dem Bayerischen Forschungsverbund FitForAge, ISBN: 978-3-941702-16-5, München, 2010, S. 35–49

Weikamp, J. G., Lukesch, H.; Göritz, A. S.:  
Delayer? Once and for All Time? A Work- and Gender-Related Analysis, 53.  
Tagung experimentell arbeitender Psychologen (TeaP), Halle (Saale), 2011

## Vorträge

Galka, S.; Walch, D.:  
Ergonomische Arbeitsplatzgestaltung am Beispiel eines Verpackungsarbeitsplatzes,  
Veranstaltung „Erschließung von Produktivitätspotenzialen in der Logistik“ des liz-MTM-Logistikseminars, Garching, 14.10.2010

Günthner, W. A.:  
Die Zukunft der Intralogistik mit einer alternden Belegschaft meistern,  
2. FitForAge-Kongress, bayme vbm, Haus der Bayerischen Wirtschaft, München, 10.11.2010

Walch, D.:  
Alter und Belastung – vereinbar in der operativen Logistik?  
Veranstaltung „Erschließung von Produktivitätspotenzialen in der Logistik“ des liz-MTM-Seminars, Garching, 14.10.2009

Walch, D.:  
Fit4Work: Altern gestalten,  
DGGG-Kongress, Potsdam, 5.12.2008

Walch, D.:  
Mitarbeiterflexibilität in der Logistik vor dem Hintergrund der demographischen Herausforderungen,  
Doktorandenworkshop des 4. Wissenschaftssymposiums Logistik, BMW Welt, München, 9.6.2008

Walch, D.:  
Labour Flexibility in Logistics Considering Demographic Challenges,  
Doktorandenworkshop des 25. Deutschen Logistik-Kongresses, Berlin, 21.10.2008

Walch, D.:  
Wie erreiche ich Transparenz über die Belastungssituation in meiner Logistik?  
Vortrag auf der 8. Internationalen Fachmesse für Distribution, Material- und Informationsfluss – LogiMAT im Rahmen des Fachforums „Fit @ Work – trotz einer alternden Belegschaft“, Stuttgart, 3.3.2010

Walch, D.; Egbers, J.:  
Brauchen wir für ältere Mitarbeiter andere Arbeitsplätze?  
Sonderveranstaltung „Prävention durch Methoden moderner Arbeitsplanung“ des MTM-Instituts und der Bundesarbeitsgemeinschaft für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (Basi) e. V., 31. Internationaler Kongress für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (A+A 2009), Düsseldorf, 6.11.2009

Weikamp, J.; Neuberger, M.; Lukesch, H.:  
Motivation älterer Mitarbeiter. Eine experimentelle Integration des Delay of Gratification Paradigmas und der sozioemotionalen Selektivitätstheorie in den beruflichen Kontext,  
Poster presented at the 52. TeaP, Saarbrücken, 22.3.2010

### Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplomarbeiten

Geser, A.:

Konzeption einer altersgerechten Arbeitsplatzgestaltung mit exemplarischer Umsetzung an einem Verpackungsarbeitsplatz,  
Technische Universität München, 2010

Hampp, T.-M.:

Altersgerechte Arbeitsplatzgestaltung auf Basis einer Belastungs- und Prozessanalyse an einem Verpackungsarbeitsplatz der Firma Geis Industrie-Service GmbH,  
Technische Universität München, 2009

Huber, M.:

Ermittlung und Visualisierung der körperlichen Belastung in der manuellen Kommissionierung mit exemplarischer Umsetzung am Beispiel des Pick-by-Vision,  
Technische Universität München, 2009

Knoblinger, C.:

Vergleich von Arbeitsanalyseverfahren zur Risikobeurteilung von innerbetrieblichen Logistikarbeitsplätzen mit beispielhafter Anwendung im Dynamic Center der BMW Group,  
Technische Universität München, 2009

Krempf, K.:

Konstruktive Optimierung der Beschickung eines Verpackungsarbeitsplatzes zur Wandlung der Belastung von Handhabungsprozessen,  
Technische Universität München, 2010

Künkel, F.:

Entwicklung von Methods Time Measurement-Bausteinen zur Abbildung von Kommissionierprozessen unter Einbeziehung von ergonomischen Faktoren,  
Technische Universität München, 2009

Ortner, L.:

Optimierte, altersgerechte Behälterbereitstellung nach Lean-Gesichtspunkten mit konstruktiver Umsetzung an einem ausgewählten Produktionsarbeitsplatz der BMW Group,  
Technische Universität München, 2008

Raster, E.:

Altersgerechte Gestaltung von Verpackungsarbeitsplätzen,  
Technische Universität München, 2009

Schleicher, A.:

Erstellung eines Excel-basierten Tools zur Ermittlung der körperlichen Belastung von Kommissionierern,  
Technische Universität München, 2010

Steuer, W.:

Erstellung eines Tools zur Bewertung der Anforderungen von Logistikarbeitsplätzen unter Berücksichtigung der Fähigkeiten und Eigenschaften älterer Mitarbeiter,  
Technische Universität München, 2009

Ulrich, S.:

Informationsbereitstellung in der schlanken Logistik unter der Berücksichtigung der demographischen Herausforderungen,  
Technische Universität München, 2008

Weikamp, J.:

Motivation älterer Mitarbeiter – Eine experimentelle Integration des Belohnungsaufschubsparadigma (Mischel, Shoda & Rodriguez, 1989) und der sozio-emotionalen Selektivitäts-Theorie (Carstensen, 2006) in den beruflichen Kontext,  
Universität Regensburg, 2009

Wolff, E.:

Entwicklung einer Systematik zur Bewertung von innerbetrieblichen Versorgungsstrategien hinsichtlich des Kosten-/Nutzenverhältnisses ergonomischer Gestaltungseinflüsse,  
Technische Universität München, 2009

---

## Roboterunterstützung an Montagearbeitsplätzen / 5.3

### Veröffentlichungen

- Leutert, F.; Eck, D.; Schilling, K.:  
Einsatz von Industrierobotern zur Entlastung von leistungsgewandelten Arbeitern,  
Tagungsband, 3. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, 26.1.–27.1.2010
- Reinhart, G.; Schilp, J.; Egbers, J.; Walch, D.; Spillner, R.:  
Lösungsansätze für den demographischen Wandel in Produktion und Logistik,  
In: Zülch, G.; Stock, P. (Hrsg.): Auswirkungen der demographischen Entwicklung in Montagesystemen, Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation, Karlsruhe, 2009, S. 10–26
- Reinhart, G.; Spillner, R.:  
Assistenzroboter in der Produktion,  
In: N.N. (Hrsg.): Tagungsband Internationales Forum Mechatronik, 3.11.–4.11.2010
- Reinhart, G.; Spillner, R.; Egbers, J.; Schilp, J.:  
Individualisierung an Montagearbeitsplätzen,  
wt Werkstattstechnik online 100 (2010) 9, Springer-VDI-Verlag, S.665–669
- Reinhart, G.; Spillner, R.; Egbers, J.:  
Werkzeug zur individuellen Belastungsdosimetrie,  
In: Landau, K. (Hrsg.): Produktivität im Betrieb, Tagungsband der GfA Herbstkonferenz 2009, Ergonomia Verlag, ISBN: 978-3-935089-15-9, Stuttgart, 2009
- Reinhart, G.; Thiemann, C.; Spillner, R.; Schilp, J.:  
Demographische Herausforderungen in der Montage,  
wt Werkstattstechnik online, Jahrgang 98, H. 9, 2008
- Spillner, R.; Egbers, J.; Walch, D.:  
FitForWork, Posterpräsentation,  
1. FitForAge-Kongress, BayME/VBM, Haus der Bayerischen Wirtschaft, München, 18.11.2009
- Spillner, R.; Leutert, F.; Schilp, J. Schilling, K.:  
Mensch-Roboter-Kooperation zur Erhöhung der Mitarbeitereinsatzbarkeit,  
In: Gerhäuser, H; Günther, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart, G.; Schilling, K.(Hrsg.): Alternsgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik, Studie aus dem Bayerischen Forschungsverbund FitForAge, ISBN: 978-3-941702-16-5, München, 2010, S. 79–111
- Thiemann, C.; Spillner, R.; Schilp, J.:  
Montage im demographischen Wandel,  
In: iwv Newsletter, Jahrgang 16, Nr. 2, 2008

### Vorträge

- Leutert, F.:  
Robotereinsatz zur Unterstützung einer alternden Belegschaft,  
CSU Seniorengruppe, Informationstag, Lehrstuhl für Robotik und Telematik, Würzburg, 22.2.2010
- Münchener Kolloquium – Innovationen für die Produktion – Produktionskongress, 9.10.2008
- Reinhart, G.:  
Herausforderungen des demographischen Wandels in Produktion und Logistik,  
Intensiv-Workshop, BayME/ VBM, Haus der Bayerischen Wirtschaft, München, 11.11.2008
- Reinhart, G.:  
Forschung für die Automobilproduktion – Innovationen aus den Instituten der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik,  
ATZ/TZ-Konferenz, Zukunft AutomobilMontage 2009, Köln, 28.9.2009

Reinhart, G.; Spillner, R.:  
Assistenzroboter in der Produktion,  
Beitrag für Internationales Forum Mechatronik,  
3.11.–4.11.2010

Reinhart, G.; Spillner, R.; Egbers, J.; Glonegger, M.:  
Strategien für eine Produktion im demographischen  
Wandel,  
2. FitForAge-Kongress, bayme vbm, Haus der Bayeri-  
schen Wirtschaft, München, 10.11.2010

Schilp, J.; Egbers, J.; Leutert, F.; Neuberger, M.;  
Spillner, R.; Walch, D.:  
Demographischer Wandel – Herausforderungen in  
Produktion und Logistik,  
VDI-Bezirksgruppe Allgäu, Hochschule Kempten,  
13.4.2010

Spillner, R.:  
Einsatzpotenziale Aml-basierter Technologien zur indivi-  
duellen Belastungsdosimetrie,  
Aml und Arbeitswissenschaft, Tagung bei der BAuA  
Dortmund, 15.1.2010

Spillner, R.:  
Mensch und Roboter – Kooperation in der Montage,  
6. Technologie-Forum Robotik, Technologie Centrum  
Westbayer (TCW), Nördlingen, 31.3.2009

### Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplom- arbeiten

Dieterle, J.:  
Ableitung standardisierbarer Greifpunkte zur typflexiblen  
Handhabung am Beispiel der Vordersitzmontage in der  
Automobilindustrie,  
Technische Universität München, 2009

Hanöfner, R.:  
Entwicklung eines Greifsystemkonzepts zur Bauteilhand-  
habung mit aktiver Greifpunktänderung durch einen

Abrollvorgang,  
Technische Universität München, 2009

Leovac, D.:  
Entwicklung und Umsetzung eines Sicherheitskonzepts  
für die intuitive, manuell gesteuerte Lasthandhabung in  
der Mensch-Roboter-Kooperation,  
Fachhochschule Augsburg, 2010

Li, A.:  
Entwicklung von Funktionsprinzipien zur Bauteilhandha-  
bung mit aktiver Greifpunktänderung,  
Technische Universität München, 2009

Orlandi, C.:  
Entwicklung und Anwendung einer methodischen Ent-  
scheidungshilfe zur Auswahl geeigneter Handhabungs-  
assistenz in der Automobil-Endmontage,  
Technische Universität München, 2010

Rietzler, T.:  
Entwicklung und Konstruktion einer kraft- und momen-  
tenskalierenden Aufhängung,  
Fachhochschule Augsburg, 2009

Witzmann, M.:  
Entwicklung einer Regelung für das intuitive Führen von  
Industrierobotern mit Kraft-Momenten-Sensoren,  
Technische Universität München, 2010

## Veröffentlichungen Querschnittsprojekte



---

### Akzeptanz und Nutzung altersgerechter Technologien / 6.1

#### Seminare

Williger, B.:  
Nutzereinbindung in der altersgerechten Produktentwicklung,  
Vortrag im BDH Kolloquium des Lehrstuhls für Mustererkennung, Erlangen, Juni 2009

Williger, B.; Kamin, S.:  
Alter und Technik,  
Seminar im Rahmen des Masterstudiengangs Psychogerontologie (M.Sc.), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Wintersemester 2010/2011

Williger, B.; Neuberger, M.:  
Wie kann ich meine Mitarbeiter bis zur Rente im Unternehmen halten?,  
Intensiv-Workshop aus dem Bayerischen Forschungsverbund FitForAge „Wie mache ich meine Produktion fit für den demographischen Wandel?“, Haus der Bayerischen Wirtschaft, München, 11.11.2008

#### Veröffentlichungen

Eck, D.; Schilling, K.; Abdul-Majeed, A.; Thielecke, J.; Richter, P.; Gutierrez Boronat, J.; Schens, I.; Thomas, B.; Williger, B.; Lang, F. R.:  
Mobility Assistance for Elderly People,  
Accepted for the Journal of Bionics and Biomechanics

Lang, F. R.; Rupprecht, R.; Esslinger, S.; Thielecke, J.; Sieber, C.:  
Altern in Gesundheit und Autonomie,  
Uni-Kurier, Magazin, 35 (110), September 2009, S. 22–24

Neuberger, M.; Williger, B.:  
Motiviert zur Arbeit – ein Leben lang,  
In: Sauerland, M.; Weikamp, J. (Hrsg.): Zündstoff Motivation: Motivierungsmethoden für Mitarbeiter, Führungskräfte und Organisationen, ISBN: 978-3-8300-4452-9, Kovac, Hamburg, 2009, S. 331–341

Williger, B.; Lang, F. R.:  
Technologie,  
Uni-Kurier, Magazin, 35 (110), September 2009, S. 26

Williger, B.; Lang, F. R.:  
Wohlbefinden am Arbeitsplatz: (K)eine Frage des Alters?  
In: Gerhäuser, H.; Günthner, W. A.; Lang, F. R.; Reinhart, G.; Schilling, K. (Hrsg.): Altersgerechte Arbeitsplatzgestaltung in Produktion und Logistik, Studie aus dem Bayerischen Forschungsverbund FitForAge, ISBN: 978-3-941702-16-5, München, 2010, S. 15–33

#### Vorträge

Lang, F. R.:  
Psychologie des Alterns,  
Forschungsfabrik Nordostpark Nürnberg, Oktober 2008

Lang, F. R.:  
Erfolgreich Altern am Arbeitsplatz,  
1. FitForAge-Kongress, BayME/vBM, Haus der Bayerischen Wirtschaft, München, 18.11.2009

Lang, F. R.:  
Was ist ein guter Arbeitsplatz? Nicht nur eine Frage des Alters,  
2. FitForAge-Kongress, bayme vbm, Haus der Bayerischen Wirtschaft, München, 10.11.2010

Lang, F. R.; Williger, B.; Rupprecht, R.:  
Akzeptanz und Nutzung altersgerechter Technologien  
(Fit4Use),  
9. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Gerontologie  
und Geriatrie, Potsdam, Dezember 2008

Williger, B.; Kamin, S. T.; Lang, F. R.:  
Attitudes, Adaptivity and Adoption: The Use of Technical  
Innovations in Later Adulthood,  
Poster presented at the XIXth IAGG World Congress of  
Gerontology and Geriatrics, Paris, Juli 2009

Williger, B.; Kamin, S. T.; Lang, F. R.:  
Technische Aufgeschlossenheit und Anpassungskompe-  
tenz im Alter,  
19. Tagung der Fachgruppe Entwicklungspsychologie,  
Hildesheim, September 2009

Williger, B.; Lang, F. R.:  
Nutzereinbindung im Kontext der altersgerechten Pro-  
duktentwicklung,  
2. Workshop des Niedersächsischen Forschungsverbunds  
GAL, Vechta, Juni 2009

Williger, B.; Lang, F. R.:  
Cognition and Emotion Regulation in Older Adults'  
Technology Use,  
Poster presented at the 4th ISG Masterclass, Eindhoven,  
Niederlande, November 2009

Williger, B.; Lang, F. R.:  
Techniknutzung im höheren Erwachsenenalter: Der Ein-  
fluss von Kognition und Einstellungen,  
Poster auf dem 47. Kongress der Deutschen Gesellschaft  
für Psychologie, Bremen, September 2010

Williger, B.; Lang, F. R.:  
Technology Use in Later Adulthood: The Role of Atti-  
tudes and Cognitive Abilities,  
Poster presented at the 63rd Annual Scientific Meeting  
of the Gerontological Society of America, New Orleans,

USA, November 2010  
Williger, B.; Rager, B.; Lang, F. R.:  
Successful Aging at Work: Aspects of Psychological  
Adaptation at the Workplace,  
Talk given at the LASER Conference, Nürnberg,  
Dezember 2009

### Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplom- arbeiten

Abert, S.:  
Altersbedingte Unterschiede bei der Wahrnehmung und  
Verarbeitung von Stress im Arbeitskontext,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Besser, J.:  
Die Auswirkung langfristiger Bewegungsmuster auf die moto-  
rischen, kognitiven und konativen Kompetenzen im Alter,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

Glufke, A.:  
Best Ager, Silver Surfer und Woopies: Das Altersbild in  
der Werbung,  
Universität Regensburg, 2009

Kamin, S.:  
Technology Adaption Inventory: Reliability and Validity,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Schuster, M.:  
Persönlichkeit und Arbeitszufriedenheit,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Stumm, C.:  
Arbeitszufriedenheit und Arbeitsmotive über die Lebens-  
spanne,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Ziegler, A.:  
Alter und Technik im sozialen Kontext,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009

---

## Berücksichtigung von typischen altersbedingten Leistungseinschränkungen in der Produktentwicklung / 6.2

### Veröffentlichungen

Paetzold, K.:

An Approach to Adapt the Product Functionality to the Abilities of Seniors,

In: Ziffle, M.; Röcker, C. (Hrsg.): Human Centered Design of E-Health, IGI Global, 2010

Paetzold, K.; Klämpfl, A.:

Ein Ansatz zur Berücksichtigung der Kompetenzen von Senioren in der Entwicklung technischer Systeme,

2. Deutscher AAL-Kongress, Berlin, Januar 2009

Paetzold, K.; Stöber, C.:

An Approach for Consideration Competences of Elderly People in the Development of Technical Systems,

In: International Conference on Engineering Design, ICED'09, Stanford University, CA, USA, 24.–27. August 2009

Stöber, C.; Schmidt, J.; Wartzack, S.; Paetzold, K.;

Meerkamm, H.:

Modularisierungsstrategie für Produkte für leistungseingeschränkte Personen,

Design for X – Beiträge zum 21. Symposium, Paper und Vortrag, 23.9.–24.9.2010, Buchholz 2010, S. 205–222

Stöber, C.; Wartzack, S.; Meerkamm, H.:

Process Orientated DfX Support,

In: Dagmann, A.; Söderberg, R. (Hrsg): Proceedings of Norddesign 2010: International Conference on Methods and Tools for Product and Production development, ISBN: 978-91-633-7064-9

### Vorträge

Paetzold, K.:

Berücksichtigung von Leistungseinschränkungen in der Produktfunktionalität,

9. Fachtagung der Gesellschaft für Kognitionswissenschaften, Symposium „Aspekte der Technikgestaltung für ältere Menschen“, September 2008

Stöber, C.; Wartzack, S.; Meerkamm, H.:

Eigenschaftsbasierter Modularisierungsansatz für individualisierte Produkte, „Hoffnung Alter“,

10. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Gerontologie und Geriatrie, Berlin, 14.9.2010

### Studien-, Seminar-, Bachelor-, Master-, Diplomarbeiten

Alexandru, A.:

Erfassung, Analyse und Anforderungsbeschreibung typischer Leistungseinschränkungen im Alter,

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

Althoff, F.:

Erfassung und Strukturierung von Leistungseinschränkungen zur Ableitung von Anforderungen für die Produktentwicklung,

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

Bromma, G.:

Eigenschaftsbasierte Modularisierungsstrategie für Montagearbeitsplätze,

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Bülow, C.:

Beschreibung von Methoden zur individualisierten Produktentwicklung für Menschen mit Leistungseinschränkungen,

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

- Haagen, A.:  
Technik im Alter – Eine Herausforderung für die Produktgestaltung am Beispiel des Fitnessbegleiters,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008
- Heß, E.:  
Syndromkurztest – Anforderungen an ein mechatronisches System,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010
- Hofmann, T.:  
Erfassung und Analyse typischer altersbedingter Krankheiten zur Ableitung von Produkthanforderungen für seniorengerechte Produktentwicklung,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008
- Köhler, A.:  
Modularisierungsstrategie für individualisierte Produkte,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010
- Kowohl, F.:  
Methoden zur Nutzerpartizipation,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010
- Kunz, S.:  
Aspekte der Nutzerpartizipation bei der Entwicklung technischer Systeme für Demenz-Patienten,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008
- Lauer, C.:  
Anforderungen an Produkte für leistungseingeschränkte Personen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010
- Lauer, C.:  
Optimierung einer Handhabungshilfe für BMW,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010
- Lunz, K.:  
Technikfolgenabschätzung – Theoretische Grundlagen und spezifische Konzipierung einer TA für ein Produkt zur technischen Unterstützung bei Demenz,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008
- Mott, S.:  
Modularisierungsstrategie für den Fitnessbegleiter,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010
- Pohl, J.:  
Prototypenhafte Entwicklung einer Navigationshilfe für Demenzkranke,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008
- Reck, S.:  
Development of an Intelligent Picture Frame,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010
- Riedelbauch, F.:  
Analyse von Forschungsobjekten, DIN-Normen und Richtlinien für die ergonomische Gestaltung von Produkten zur Nutzung zur Kompensation von Leistungseinschränkungen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010
- Rohnke, M.:  
Analyse von Gestaltungsrichtlinien für seniorengerechte Produkte,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010
- Schmidt, J.:  
Beschreibung von Anforderungen an generische Produkte für leistungsgewandelte Personen,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009
- Schuller, K.:  
Entwicklung eines Arbeitsplatzes für leistungsgewandelte Personen im Vormontagebereich,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008
- Schultheiß, C.:  
Erarbeitung der Anforderungen zur Integration einer sprachgesteuerten Kommunikationsschnittstelle in senio-

rengerechte Produkte,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2008

Smoll, S.:  
Berücksichtigung ethischer Aspekte in der Produktent-  
wicklung,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Wahl, P.:  
Optimierung eines Handlingsystems,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2010

Wolf, B.:  
Handlingsystem für Achsgetriebegehäuse bei BMW,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2009



**FIT  
AGE**

[www.fitforage.org](http://www.fitforage.org)

