

30. JUNI 2015



Abschlussbericht

WEORIENT - Sensomotorische Navigationsassistentz für Menschen mit demenziellen Beeinträchtigungen

Universität Bremen - AG Kognitive Neuroinformatik

29. Juni 2015

Förderkennzeichen: 16SV6196
Laufzeit: 01.06.2013 - 31.12.2014

1 Kurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

Bei Menschen mit leichten kognitiven Beeinträchtigungen oder beginnenden demenziellen Erkrankungen zeigen sich häufig sehr spezifische Beeinträchtigungen in einzelnen Bereichen, selbst wenn noch keine generelle Abnahme der kognitiven Leistungsfähigkeit zu erkennen ist. Zwei Hauptprobleme betroffener Menschen sind eine beeinträchtigte Aufmerksamkeitssteuerung und eine räumliche Desorientiertheit. Diese kognitiven Beeinträchtigungen verhindern häufig eine erfolgreiche Navigation und führen zu Problemen und Hilfebedarfen auch in gewohnten Umgebungen. Die Betroffenen erleben räumliche Desorientiertheit und „verlaufen sich“. Zustände, die von den Betroffenen als negativ und affektiv (emotional) belastend erlebt werden.

Die Aktivitäten im Fördervorhaben konzentrierten sich auf zwei Schwerpunktthemen: eine Navigationsunterstützung speziell angepasst an die spezifischen kognitive Defizite der Zielgruppe und die Bewertung des affektiven (emotionalen) Zustands zur Erkennung und Abwendung einer Desorientiertheit. Beide Schwerpunkte sollten im Projektvorhaben in einen gemeinsamen Geräteprototypen einfließen, ein portables Assistenzgerät speziell für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen oder Demenz, welches bedarfsgerecht in Abhängigkeit des affektiven Zustands der Nutzenden eine personalisierte Navigationsassistenz und Reorientierungshilfe anbietet.

Das Assistenzsystem für raumkognitive Defizite soll in der Lage sein, den Zustand der Desorientierung zu erkennen. Dafür werden peripher-physiologische Parameter sowie das Bewegungsmuster des Nutzenden erfasst und informationstechnisch verarbeitet.

Die räumliche Repräsentation und das Interaktionskonzept des Systems sind an die hochspezifischen kognitiven Defizite angepasst. Der Benutzer kann effektiv mit kontextuellen Hinweisen auf vertraute Landmarken hingewiesen werden und so nicht nur zu seinem Ziel navigieren, sondern mit Unterstützung des Systems aus dem emotional belastenden Zustand der räumlichen Desorientierung herausgeführt werden.

Die zentrale Aufgabenstellung des Projekts war die Entwicklung des beschriebenen Systems, gekennzeichnet durch folgende Meilensteine für die gesamte Laufzeit des Vorhabens:

Meilenstein 1 Versuche in der Virtuellen Realität.

Meilenstein 2 Interaktionsdesign und App-Entwurf.

Meilenstein 3 Systementwicklung.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Projekt wurde von der Arbeitsgruppe Kognitive Neuroinformatik der Universität Bremen initiiert, geleitet und durchgeführt.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt startete zum 01.06.2013 und endete laut Antragsstellung am 31.08.2014, wurde bis zum 31.12.2014 kostenneutral verlängert. Im Projekt wurde inhaltlich gemäß der in den Arbeitspaketen beschriebenen Schritten vorgegangen.

Über die gesamte Projektlaufzeit fanden auf wöchentlicher Basis interne Projekttreffen statt, um das gemeinsame Projektverständnis aufrecht zu erhalten, sich über die bisherigen Fortschritte auszutauschen und um das weitere Vorgehen detailliert abzustimmen.

2013

Wie in den Arbeitspaketen vorgesehen stand 2013 die Evaluation der Navigationsassistentz durch Versuche in der virtuellen Realität sowie der Entwurf der Software im Vordergrund.

Die Komponenten der Versuchsplattform, der sogenannte „virtuelle Rollator“, wurden beschafft und konnten in einer Vorstudie mit noch provisorischem Aufbau ihre Eignung als Evaluationsinstrumente und Experimentierplattform beweisen. Die virtuelle Realität (VR) für die VR-Versuchsreihe, gestaltet als eine städtische Umgebung mit definierten salienten Orientierungspunkten in ansonsten monotoner Bebauung, wurde vorbereitet, ebenso die Erfassung der peripher-physiologischen Daten über nicht-invasive die Sensorik. Mit der Entwicklung eines detaillierter Versuchsplan für die VR-Navigationsversuche sowie einer fundierte Auswertemetrik wurden alle Vorbedingungen für Versuchsdurchführung nach Abschluss des Aufbaus des virtuellen Rollators geschaffen.

Das Interaktionsdesign und Softwarearchitektur wurden entworfen, allerdings mit Redundanzen, die erst nach Auswertung der verzögerten VR-Experimente zu einer abschließenden Funktionalität kondensiert werden konnten.

In einem Round-Table-Gespräch mit Interessensvertretenden von potenziellen Nutzenden, Betreuungspersonen und der Industrie wurden die Entwürfe und Funktionalitäten offen und interaktiv-konstruktiv diskutiert. Die Ergebnisse dieses Treffens flossen in die weitere Softwareentwicklung ein.

2014

Dieses Projektjahr war vornehmlich der Durchführung und Auswertung der Versuche sowie der Implementierung und Test des Assistenzsystems gewidmet.

Nach Durchführung und Auswertung der VR-Versuche wurden die Ergebnisse in das Interaktionsdesign und die Architektur des Assistenzsystems integriert und die funktionalen Mock-ups angepasst, sowie die Metaziele der Affekterkennung finalisiert.

Die Implementierung des Systems als Application für mobile Endgeräte mit dem Android-Betriebssystem wurde durch eine Testphase abgeschlossen.

Die Planung, Durchführung und Auswertung der Validierungsversuche, bei denen in realer Umgebung das Assistenzsystem von Menschen im Alter der prospektiven Zielgruppe testgenutzt wurde, bildete den Abschluss des Projektes.

1.4 Stand von Wissenschaft und Technik zu Projektbeginn

Für das Projekt sind zwei übergeordnete Themenschwerpunkte besonders interessant. Einerseits die Navigationsassistenten für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen, andererseits die Integration von Affekterkennung in technische Systeme. Beide Forschungsfelder werden von einer Vielzahl unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen bearbeitet und aus diversen Perspektiven beleuchtet.

Eine Übersicht über den Entwicklungsstand von technischen Systemen zur kognitiven Rehabilitation und Unterstützung an Demenz erkrankter Menschen geben Lou et al. in [1]. Die besondere Eignung von Landmarkenphotographien mit zusätzlichen kontextrelevanten Aufgabeninformationen für die Wegfindungsassistenten für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen belegen beispielsweise [2]. Das SenTra Projekt konnte zeigen, dass die Bewegungsmuster von Menschen mit beginnender Alzheimer Demenz signifikante Unterschiede zu den Bewegungsmustern Gesunder aufweisen [3].

Das Übersichtspaper von Calvo et al. [4] zeigt umfassend den Stand der Technik im Bereich von affekt-erkennenden Systemen auf. Der explizite Anwendungsbereich von affektiven Navigationssystemen stellt sich allerdings als eine noch wenig beachtete Nische dar. Affekterkennung und darauf basierende Adaption an die Nutzenden im Rahmen von Systemen für Menschen mit kognitiven Einschränkungen ist vor allem im Bereich der Ambient Assisted Living zu finden, wie beispielsweise die *AALIANCE ambient assisted living roadmap* aufzeigt [5].

Das entwickelte System nutzt Open Science Map (<http://www.opensciencemap.org>), welches auf OpenStreetMap basiert. Damit sind die verwendeten Kartendaten unter einer *Open Data Commons Open Database Lizenz (ODbL)* lizenziert.

Es gibt zurzeit keine Schutzrechtsanmeldungen oder erteilte Schutzrechte, die von unserer Seite angemeldet oder in Anspruch genommen wurden.

Im Rahmen des Projektes wurde insbesondere die folgende Fachliteratur verwendet. Hierbei handelt es sich meistens um grundlegende Standardwerke, die durch Sekundärliteratur und aktuelle Forschungserkenntnisse vertieft wurde.

Literaturliste

- [1] Ricardo Castellot Lou, Angele Giuliano, and Maurice D Mulvenna. State of the art in electronic assistive technologies for people with dementia. In *Supporting People with Dementia Using Pervasive Health Technologies*, pages 23–35. Springer, 2010.
- [2] Hiroki Kaminoyama, Takashi Matsuo, Fumio Hattori, Kenji Susami, Noriaki Kuwahara, and Shinji Abe. Walk navigation system using photographs for people with dementia. In *Human Interface and the Management of Information. Interacting in Information Environments*, pages 1039–1049. Springer, 2007.
- [3] M. Wettstein, H.-W. Wahl, N. Shoval, F. Oswald, E. Voss, U. Seidl, L. Frolich, G. Auslander, J. Heinik, and R. Landau. Out-of-Home Behavior and Cognitive Impairment in Older Adults: Findings of the SenTra Project. *Journal of Applied Gerontology*, 34(1):3–25, September 2012.
- [4] Rafael A Calvo and Sidney D’Mello. Affect Detection: An Interdisciplinary Review of Models, Methods, and Their Applications. *IEEE TRANSACTIONS ON AFFECTIVE COMPUTING*, 1(1):18–37, 2010.
- [5] Ger van den Broek, Filippo Cavallo, and Christian Wehrmann. *AALIANCE ambient assisted living roadmap*, volume 6. IOS press, 2010.
- [6] Hiroaki Kazui, Etsuro Mori, Mamoru Hashimoto, Nobutsugu Hirono, Toru Imamura, Satoshi Tanimukai, Tokiji Hanihara, and Larry Cahill. Impact of emotion on memory Controlled study of the influence of emotionally charged material on declarative memory in Alzheimer’s disease. *The British Journal of Psychiatry*, 177(4):343–347, 2000.
- [7] Stephan Hamann, Elena S Monarch, and Felicia C Goldstein. Impaired fear conditioning in Alzheimer’s disease. *Neuropsychologia*, 40(8):1187–1195, January 2002.
- [8] Daniel M Taub, Steven B Leeb, Elmer C Lupton, Roderick T Hinman, John Zeisel, and Susan Blackler. The Escort System: A Safety Monitor for People Living with Alzheimer’s Disease. *IEEE Pervasive Computing*, 10(2):68–77, April 2011.
- [9] Iolanda Leite, Samuel Mascarenhas, Ginevra Castellano, Carlos Martinho, Rui Prada, Ana Paiva, and United Kingdom. Closing the Loop: from Affect Recognition to Empathic Interaction. pages 43–47, 2010.
- [10] Klaus Gramann and Rainer Schandry. *Psychophysiologie: Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens*. Beltz PVU, 2009.

- [11] Christopher J C Burges. A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2(2):121–167, 1998.
- [12] Stephen A Coombes, James H Cauraugh, and Christopher M Janelle. Emotion and movement: Activation of defensive circuitry alters the magnitude of a sustained muscle contraction. *Neuroscience Letters*, 396:192–196, 2006.
- [13] Sandra Weintraub, Alissa H Wicklund, and David P Salmon. The neuropsychological profile of Alzheimer disease. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 2(4):a006171, April 2012.
- [14] Alan Jovic and Nikola Bogunovic. HRVFrame: Java-Based Framework for Feature Extraction from Cardiac Rhythm.
- [15] Rafael A Calvo and Sidney K D’Mello. *New perspectives on affect and learning technologies*, volume 3. Springer, 2011.
- [16] Robert M Stern, William J Ray, and Karen S Quigley. *Psychophysiological Recording*. Oxford University Press, Inc., 2001.
- [17] Grover C Gilmore, Alice Cronin-Golomb, Sandy a Neargarder, and Sarah R Morrison. Enhanced stimulus contrast normalizes visual processing of rapidly presented letters in Alzheimer’s disease. *Vision research*, 45(8):1013–20, April 2005.
- [18] Rafael A Calvo, Iain Brown, Steve Scheduling, and Information Engineering. Effect of Experimental Factors on the Recognition of Affective Mental States through Physiological Measures. In *AI 2009: Advances in Artificial Intelligence*, pages 62–70. 2009.
- [19] Jit Biswas, Mounir Mokhtari, Jin Song Dong, Philip Yap, and Alexandra Hospital. Mild Dementia Care at Home – Integrating Activity Monitoring, User Interface Plasticity and Scenario Verification. In *Aging Friendly Technology for Health and Independence: : 8th International Conference on Smart Homes and Health Telematics, ICOST*, pages 160–170, 2010.
- [20] Jodie R Gawryluk, Ryan C N D’Arcy, John F Connolly, and Donald F Weaver. Improving the clinical assessment of consciousness with advances in electrophysiological and neuroimaging techniques. *BMC neurology*, 10:11, January 2010.
- [21] Regan Lee Mandryk. *Modeling user emotion in interactive play environments: a fuzzy physiological approach*. PhD thesis, Simon Fraser University, 2005.
- [22] Wolf D Oswald. Prävention der Demenz - Das SimA-Projekt. *Public Health Forum*, 15:28, 2007.
- [23] Richard Jennings, Thomas Kamarck, Christopher Stewart, and Michael Eddy ans Paul Johnson. Alternate Cardiovascular Baseline Assessment Techniques: Vanilla or Resting Baseline. *Psychophysiology*, 29:742–751, 1992.

- [24] M Malik. Heart rate variability. *European Heart Journal*, 17:354–381, 1996.
- [25] U Rajendra Acharya, K Paul Joseph, N Kannathal, Choo Min Lim, and Jasjit S Suri. Heart rate variability: a review. *Medical & biological engineering & computing*, 44(12):1031–51, December 2006.
- [26] Hatice Gunes and Maja Pantic. Automatic, Dimensional and Continuous Emotion Recognition. *International Journal of Synthetic Emotions*, 1(1):68–99, January 2010.
- [27] Margaret Morris. Biofeedback Revisited: Dynamic Displays to Improve Health Trajectories. In *PERSUASIVE 2006*, 2006.
- [28] Alan L Liu, Harlan Hile, Henry Kautz, Gaetano Borriello, Pat a Brown, Mark Harniss, and Kurt Johnson. Indoor wayfinding: developing a functional interface for individuals with cognitive impairments. *Disability and rehabilitation. Assistive technology*, 3(1):69–81, January 2008.
- [29] Ming-Zher Poh, Daniel J McDuff, and Rosalind W Picard. Advancements in non-contact, multiparameter physiological measurements using a webcam. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 58(1):7–11, January 2011.
- [30] Peter Leijdekkers, Valerie Gay, and Edward Barin. Trial Results of a Novel Cardiac Rhythm Management System Using Smart Phones and Wireless ECG Sensors. In *Ambient Assistive Health and Wellness Management in the Heart of the City*, 2009.
- [31] Lorenzo Chiari, Elisabetta Farella, Laura Rocchi, and Luca Benini. A biofeedback based portable device to support elderly mobility in the home environment. In *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, 2009.
- [32] David M Hallman, Erik M G Olsson, Bo von Schéele, Lennart Melin, and Eugene Lyskov. Effects of heart rate variability biofeedback in subjects with stress-related chronic neck pain: a pilot study. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 36(2):71–80, June 2011.
- [33] Dennis W Rowe, John Sibert, and Don Irwin. Heart Rate Variability: Indicator of User State as an Aid to Human-Computer Interaction. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 1998.
- [34] E L Teng, K Hasegawa, a Homma, Y Imai, E Larson, a Graves, K Sugimoto, T Yamaguchi, H Sasaki, and D Chiu. The Cognitive Abilities Screening Instrument (CASI): a practical test for cross-cultural epidemiological studies of dementia. *International psychogeriatrics / IPA*, 6(1):45–58; discussion 62, January 1994.
- [35] A. Manzeschke, K. Weber, E. Rother, and H. Fangerau. Ergebnisse der Studie »Ethische Fragen im Bereich Altersgerechter Assistenzsysteme«. Technical report, Diese Studie entstand im Auftrag der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH im Rahmen der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) beauftragten Begleitforschung AAL., 2013.

- [36] Arlene Astell, Norman Alm, Gary Gowans, Maggie Ellis, Richard Dye, and Phillip Vaughan. Involving older people with dementia and their carers in designing computer based support systems: some methodological considerations. *Universal Access in the Information Society*, 8(1):49–58, May 2008.
- [37] Stephen H Fairclough. Fundamentals of physiological computing. *Interacting with Computers*, 21:133–145, 2009.
- [38] Winfried Rief and Niels Birbaumer, editors. *Biofeedback - Grundlagen, Indikatoren, Kommunikation, praktisches Vorgehen in der Therapie*. Schattauer GmbH, 2006.
- [39] James Russel and Albert Mehrabian. Evidence for a three-factor theory of emotion. *Journal of Research in Personality*, 11:249–273, 1977.
- [40] Mathias Benedek and Christian Kaernbach. A continuous measure of phasic electrodermal activity. *Journal of neuroscience methods*, 190(1):80–91, June 2010.
- [41] C Satler, L M Garrido, E P Sarmiento, S Leme, C Conde, and C Tomaz. Emotional arousal enhances declarative memory in patients with Alzheimer’s disease. *Acta Neurologica Scandinavica*, 116(6):355–360, 2007.
- [42] Tsui-Ying Wang, Yen-Chun Kuo, Hui-Ing Ma, Chih-Chien Lee, and Ming-Chyi Pai. Validation of the route map recall test for getting lost behavior in Alzheimer’s disease patients. *Archives of clinical neuropsychology : the official journal of the National Academy of Neuropsychologists*, 27(7):781–9, November 2012.
- [43] Thomas Friedrichs. *Valenzerkennung mit psychophysiologischen Maßen in Computerspielen*. PhD thesis, 2012.
- [44] John Cacioppo, Loius Tassinary, and Gary Berntson. *Handbook of Psychophysiology*. Cambridge University Press, 2007.
- [45] Ming-Zher Poh, Nicholas C Swenson, and Rosalind W Picard. A Wearable Sensor for Unobtrusive, Long-Term Assessment of Electrodermal Activity. *IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING*, 57:1243–1252, 2010.
- [46] Daniel M Taub, Steven B Leeb, Elmer C Lupton, Roderick T Hinman, John Zeisel, and Susan Blackler. The Escort System: A Safety Monitor for People Living with Alzheimer’s Disease. *IEEE Pervasive Computing*, 10(2):68–77, April 2011.
- [47] Sandra Weintraub, Alissa H Wicklund, and David P Salmon. The neuropsychological profile of Alzheimer disease. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 2(4):a006171, April 2012.
- [48] Alex Gillespie, Catherine Best, and Brian O’Neill. Cognitive function and assistive technology for cognition: a systematic review. *Journal of the International Neuropsychological Society : JINS*, 18(1):1–19, January 2012.

- [49] JD Morris. Observations: SAM: the Self-Assessment Manikin; an efficient cross-cultural measurement of emotional response. *Journal of advertising research*, (December), 1995.
- [50] Christoph Zetsche, Johannes Wolter, Christopher Galbraith, and Kerstin Schill. Representation of space: image-like or sensorimotor? *Spatial Vision*, 22(5):409–424, 2009.
- [51] Andrea L Rosso, Stephanie a Studenski, Wen G Chen, Howard J Aizenstein, Neil B Alexander, David a Bennett, Sandra E Black, Richard Camicioli, Michelle C Carlson, Luigi Ferrucci, Jack M Guralnik, Jeffrey M Hausdorff, Jeff Kaye, Lenore J Launer, Lewis a Lipsitz, Joe Verghese, and Caterina Rosano. Aging, the central nervous system, and mobility. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 68(11):1379–86, November 2013.
- [52] R Hervas, J Bravo, and J Fontecha. An assistive navigation system based on augmented reality and context awareness for people with mild cognitive impairments. *Biomedical and Health ...*, 18(1):368–374, 2014.
- [53] S. Gilman and W. Herman, editors. *Oxford american handbook of neurology*. Oxford American Handbooks. Oxford University Press, New York, 2010.
- [54] A. Monacelli, L. Cushman, V. Kavcic, and C. Duffy. Spatial disorientation in Alzheimer’s disease: The remembrance of things passed. *Neurology*, 61(11):1491–1497, December 2003.
- [55] Anthony M Monacelli, Laura A Cushman, Voyko Kavcic, and Charles J Duffy. Spatial disorientation in Alzheimer’s disease: the remembrance of things passed. *Neurology*, 61(11):1491–1497, 2003.
- [56] Y. Chiu, D. Algase, A. Whall, J. Liang, H. Liu, K. Lin, and P. Wang. Getting lost: directed attention and executive functions in early Alzheimer’s disease patients. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 17(3):174–80, January 2004.
- [57] C. Zetsche, T. Gerkenmeyer, F. Schmid, and K. Schill. Sensorimotor representation of space: Application in autonomous systems and in a wayfinding assistant In *Computer and Information Science (ICIS), 2012 IEEE/ACIS 11th International Conference on*, pages 219–224. IEEE, 2012.
- [58] A. Wimo, B. Winblad, and L. Jönsson. An estimate of the total worldwide societal costs of dementia in 2005. *Alzheimer’s & dementia : the journal of the Alzheimer’s Association*, 3(2):81–91, April 2007.
- [59] C. Ferri, M. Prince, C. Brayne, H. Brodaty, L. Fratiglioni, M. Ganguli, K. Hall, K. Hasegawa, H. Hendrie, Y. Huang, A. Jorm, C. Mathers, P. Menezes, E. Rimmer, and M. Sczufca. Global prevalence of dementia: a Delphi consensus study. *Lancet*, 366(9503):2112–7, December 2005.

- [60] S. Fickas, M. Sohlberg, and P. Hung. Route-following assistance for travelers with cognitive impairments: A comparison of four prompt modes. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(12):876–888, December 2008.
- [61] B Fischer and B Breitmeyer. Mechanisms of visual attention revealed by saccadic eye movements. *Neuropsychologia*, 25(1A):73–83, January 1987.
- [62] D. Flynn, P. van Schaik, T. Blackman, C. Fencott, B. Hobbs, and C. Calderon. Developing a virtual reality-based methodology for people with dementia: a feasibility study. *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 6(6):591–611, December 2003.
- [63] M F Folstein, S E Folstein, and P R McHugh. Mini-mental state examination : a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12:189–198, 1975.
- [64] Francesca C. Fortenbaugh, Sidhartha Chaudhury, John C. Hicks, Lei Hao, and Kathleen a. Turano. Gender differences in cue preference during path integration in virtual environments. *ACM Transactions on Applied Perception*, 4(1):6–es, January 2007.
- [65] Norbert J Fortin, Kara L Agster, and Howard B Eichenbaum. Critical role of the hippocampus in memory for sequences of events. *Nature neuroscience*, 5(5):458–62, May 2002.

Darüber hinaus wurden die folgenden Informations- und Dokumentationsdienste für die Recherche von Sekundärliteratur verwendet:

- ACM Digital Library / HeBIS Staats- und Universitätsbibliothek Bremen
<http://portal.acm.org>
- SpringerLink <http://www.springerlink.com>
- CiteSeerX(beta) Scientific Literature Digital Library and Search Engine
<http://citeseerx.ist.psu.edu>
- Elektronische Bibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Bremen
<http://elib.suub.uni-bremen.de>

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Der fachgerechte Aufbau des „Virtuellen Rollators“ wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Teichert Systemtechnik GmbH realisiert.

Bei der Ermittlung der Bedarfe und Anforderungen der Nutzenden an die App wurde ein intensiver Kontakt mit dem Verein „Leben mit Demenz - Alzheimergesellschaft Kreis Minden-Lübbecke e.V.“ gepflegt.

Innerhalb der Universität Bremen bestand eine interne Kooperation mit dem Institut für Neuropsychologie im Zuge der Rekrutierung und medizinischen kognitiven Einstufung der Probanden.

2 Eingehende Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Zunächst hat das geförderte Projekt mit der Entwicklung eines Frameworks zur rapiden Evaluation raumkognitiver Assistenzen in der virtuellen Realität auf Basis eines neuartigen Eingabegeräts, dem virtuellen Rollator, die systematische Erforschung von Assistenzsystemen entscheidend erleichtert. Zusätzlich wurden geplante Assistenzen mit einem Kreis von Experten und Expertinnen und potenziellen Nutzern auf einem Round Tables diskutiert und das Feedback für die Weiterentwicklung aufgenommen. Mittels des VR-Frameworks wurde unter Berücksichtigung des Feedbacks eine Assistenz in der simulierten Stadt mit gesunden Probanden und Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen evaluiert. Auf Basis der mit der Experimentplattform gewonnenen Erkenntnisse wurde ein Demonstrator angefertigt und in einer realen städtischen Umgebung evaluiert. Im Folgenden werden die einzelnen Teilergebnisse ausführlich erläutert.

2.1.1 Virtueller Rollator

Für die rapide Evaluation verschiedener möglicher Assistenzen wurde eine einzigartige VR-Experimentplattform, der *virtuelle Rollator* auf Basis eines Laufbandes entwickelt. Bei dem Laufband (Abb. 2.1a) handelt es sich um ein spezielles medizinisches Gerät, welches vor allem in der Rehabilitationsmedizin eingesetzt wird. Es verfügt zusätzlich zu den normalen Sicherungsmechanismen um einen Sicherheitsbügel mit Fall-Stopp, welche die Nutzenden über ein Brustgeschirr gegen Stürze effektiv absichert. Im Falle eines Sturzes stoppt das Laufband sofort und die Nutzenden werden sicher in dem Brustgeschirr gehalten (Abb. 2.1b).

Das aktive Laufband wurde zu einem Eingabegerät umgestaltet, mit dem virtuelle Welten zu Fuß mit selbst gewählter Geschwindigkeit durchlaufen werden können. Hierzu wurde ein Laufband um eine starre, druckempfindliche Lenkstange erweitert.

An jeder Seite der Lenkstange befinden sich Wägezellen, welche den ausgeübten Druck messen. Durch Verarbeitung des von diesen beiden Sensoren gemessenen Drucks kann die vom Benutzenden gewünschte Lenkrichtung und Beschleunigung errechnet werden. Die Lenkrichtung und Geschwindigkeit werden in der VR umgesetzt und grafisch auf einer Projektion vor dem Laufband dargeboten. Die in der virtuellen Umgebung tatsächlich umgesetzte Geschwindigkeit wird an das Laufband weitergegeben, wobei eine definierte Maximalgeschwindigkeit niemals überschritten wird. Findet trotz Druckausübens auf die



(a) Die Basis des virtuellen Rollators:
Laufband der Firma H/P Cosmos.



(b) Der virtuelle Rollator mit einer
Versuchsperson. (Foto mit Geneh-
migung)

Abbildung 2.1: Umbau des Laufbandes zu einem Eingabegerät für die virtuelle Realität

Stange in der virtuellen Realität keine Bewegung statt, beispielsweise, weil eine Wand in der VR den Weg versperrt, bremst auch das Laufband ab. Das plötzliche Loslassen oder Zurückreißen der Lenkstange führt zu einem schnellen Stopp des Laufbandes.

Eine angemessene Nachbehandlung des Signals verhindert zusätzlich, dass Bewegungsartefakte durch die normale zyklische Gewichtsverlagerung beim Gehen entstehen, während normale Beschleunigungs- und Lenkbewegungen vereinfacht werden und die Sicherheit der Nutzenden gewahrt bleibt.

Das Ziel, ein sicheres, intuitives und immersives Eingabegerät für Experimente in der virtuellen Realität mit älteren Menschen zu erstellen konnte erreicht werden. In den folgenden Versuchen wurde bei allen Probanden nur eine kurze, ca. 5-minütige Lernphase benötigt, hiernach konnten sie problemlos die virtuelle Umgebung durchschreiten.

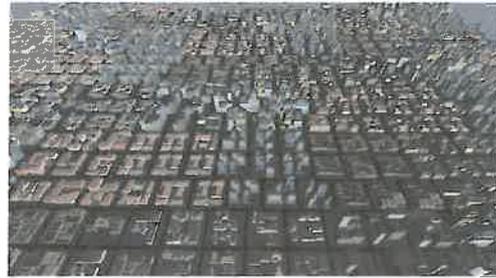
2.1.2 Virtuelle Umgebung zur Erforschung raumkognitiver Defizite

Zusätzlich wurde eine VR-Entwicklungsumgebung geschaffen, welche die weitere Erforschung raumkognitiver Defizite in kontrollierten städtischen Umgebungen ermöglicht. Eine kontrollierte, monotone, immersive Umgebung mit besonders platzierten, auffälligen Orientierungspunkten erleichtert die systematische Untersuchung des Erinnerens.

Zur automatisierten und reproduzierbaren Erstellung derartiger virtueller Welten wurde ein Software-Framework geschaffen. Dies erlaubt die schnelle Erstellung unterschiedlichster urbaner Welten nach den vorgegebenen Anforderungen (Abb. 2.2).



(a) Monotone Stadt mit ähnlichen Gebäuden und einem deutlich salienten Objekt.



(b) Eine Stadt mit verschiedenen visuell unterscheidbaren Stadtteilen.

Abbildung 2.2: Mit dem Framework realisierbare städtische Umgebungen.

Gleichzeitig wird eine räumliche Repräsentation der Welt erstellt, welche von virtuellen Assistenzsystemen genutzt werden kann - ein Assistenzsystem hat nicht nur Zugriff auf die aktuelle Position des Benutzers in der virtuellen Welt, sondern auch über das Straßennetz, Hindernisse, Gebäudetypen und Auffälligkeit der Objekte. So können neuartige Navigationsalgorithmen und Interaktionsmodelle auf eine reichhaltige Datenfülle über ihre Umgebung zugreifen, die Systemen in realen Umgebungen häufig nur begrenzt zur Verfügung steht. Es können innerhalb kürzester Zeit diverse verschiedene Städtetypen und verschiedenste virtuelle Assistenzsysteme evaluiert werden, auch solche, die in der realen Welt nicht oder nur mit großem Aufwand umsetzbar sind. bspw. ein Kompass, welcher stets ein Foto des nächsten auf der Route liegenden Orientierungspunktes und die Richtung zu diesem darstellt (Abb. 2.3b).



(a) Eine virtuelle Augmented-Reality-Routenassistenz.



(b) Ein Kompass, welcher auf den nächsten Orientierungspunkt zeigt.

Abbildung 2.3: Virtuelle Assistenzsysteme, die im virtuellen Rollator getestet wurden, jedoch mangels Realisierbarkeit oder Funktionalität verworfen wurden.

Eine reale städtische Umgebung ist sehr komplex und die visuelle Aufmerksamkeit eines jeden Menschen ist von unterschiedlichen Erfahrungen und Lebensrealitäten geprägt, was zu einer unterschiedlichen Beachtung verschiedener Gebäude und Objekten führt; dies prägt schließlich auch die Gedächtnisinhalte nach der Exploration einer Um-

gebung. Durch die bewusste Monotonie einer virtuellen Welt können einige Merkmale kontrolliert besonders salient, d.h. auffällig und hervorstechend gestaltet werden. Diese bieten sich besonders an, um sich Routen einzuprägen oder diese für eine andere Person zu beschreiben. In der von uns entwickelten virtuellen Umgebung steuern wir bewusst, welchen Objekten und Gebäuden bei gesunden Personen Aufmerksamkeit zukommen müsste.

Da zu den Defiziten der von demenziellen Erkrankungen betroffenen Zielgruppe häufig auch eine beeinträchtigte Aufmerksamkeitssteuerung gehört, ist es notwendig, eine Umgebung zu schaffen, welche eindeutig hervorstechende Merkmale enthält. Werden diese trotz ihrer Auffälligkeit nicht beachtet oder erinnert, kann davon ausgegangen werden, dass dies anteilig auf die kognitiven Defizite zurückzuführen ist.

Zusätzlich werden die Orientierungsmöglichkeiten und die damit verbundenen Navigationsstrategien bewusst eingeschränkt. Dies geschieht einerseits durch die visuelle Monotonie, andererseits durch den Verzicht auf geometrische Unterscheidbarkeit von Entscheidungspunkten. Die bewusste Festlegung auf gleichförmig angeordnete, parallel verlaufende Straßen macht es möglich, im Falle eines verfehlten Entscheidungspunktes auf der Route in einem Experiment festzustellen, dass dies nur an der Nicht-Erinnerung eines Orientierungspunktes oder der damit assoziierten Aktion liegen kann. Zwar ist der Versatz von Gebäuden im Framework möglich, in unseren Experimenten jedoch vorerst nicht genutzt worden, um die Unterscheidbarkeit weiter einzuschränken und damit die Anzahl der Variablen pro Entscheidungspunkt zu reduzieren.

Das Ziel, eine virtuelle Umgebung zur Erforschung der raumkognitiven Defizite von Menschen mit beginnender Demenz und zur rapiden Erstevaluation verschiedener raumkognitiver Assistenzsysteme zu erstellen, konnte Projektlaufzeit erreicht werden. Gemeinsam mit dem virtuellen Rollator ermöglichte die Experimentumgebung nicht nur die systematische Evaluation, sondern auch ein schnelles Vorabtesten verschiedener Assistenzsysteme während der Entwicklung. Bereits in der Ideenfindung und im Interaktionsdesign ist es äußerst nützlich, ein erdachtes Konzept flexibel im Simulator auszuprobieren und anschließend an Benutzergruppen zu testen.

2.1.3 Modul zur Datenerfassung und -analyse

Das Assistenzsystem soll neben der gezielten, an die kognitiven Fähigkeiten angepassten Hilfestellung bei der Navigation die Funktionalität besitzen, den affektiven Zustand einer Person zu erkennen und daraus abgeleitet verschiedene Aktionen durchführen.

Für die Experimentplattform wurde eine Komponente erstellt, welche experimentbezogene Daten zeitgenau erfassen und für die spätere Auswertung aufbereiten kann. Hierzu gehören Informationen über Position und Blickwinkel in der VR, Nachrichten, Anzeigen und Ansagen eines simulierten Assistenzsystems, sowie die Erfassung verschiedener peripher-physiologischer Sensordaten (Herzfrequenz und Hautleitwert). In einem späteren Aufbereitungsschritt können die aufgezeichneten Daten in der virtuellen Umgebung abgespielt werden und in verschiedenen Ansichten eingesehen werden, sowie weitere Daten automatisch extrahiert werden, beispielsweise Abweichungen von der geplanten Route, die Durchschnittsgeschwindigkeit, die Anzahl der passierten Orientierungspunkte. Eine

Verknüpfung der Daten miteinander ist ebenfalls automatisiert möglich, so kann evaluiert werden, wie häufig an einem bestimmten Orientierungspunkt Abbiegefehler aufgetreten sind oder die Geschwindigkeit reduziert wurde.

Die Erkennung des affektiven Zustands basiert auf der Auswertung von kontinuierlich gemessenen Daten. Um zu bestimmen, ob sich die Person in einem Zustand der räumlichen Desorientiertheit befindet, ist die Bestimmung des spezifischen Kontextes, in dem sich die Person befindet, notwendig. Daher werden sowohl Positions- und Bewegungsdaten als auch peripher-physiologische Daten ausgewertet. Die Positions- und Bewegungsdaten liefern den notwendigen Kontext, um die physiologische Reaktion diesem spezifischen Auslöser zuordnen zu können.

Als Datenkanäle für die peripher-physiologischen Informationen wurden die Herzfrequenz und der Hautleitwert ausgewählt und umgesetzt. Die Erfassung der Daten erfolgt über auf AMR-Microcontrollern basierende Hardware.

Für die Bestimmung des affektiven Zustands wurden umfangreiche Programmskripte implementiert, welche die Daten vorverarbeiten, um beispielsweise Bewegungsartefakte herauszufiltern und anschließend nach Fusionieren und Extraktion informationstragender Merkmale eine Klassifikation des affektiven Zustands durchführen. Aus dem Elektrokardiogramm, welches die Herzfrequenz abbildet, wird eine Analyse der Herzratenvariabilität abgeleitet und Merkmale sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich ausgewertet. Die Dynamik des Hautleitwerts wird in tonische und phasische Komponente getrennt, um daraus informationstragende Merkmale zu bestimmen.

Das Ziel, peripher physiologische Daten während der systematischen Testung raumkognitiver Assistenzen zusammen mit Informationen aus der virtuellen Umgebung zu erfassen, wurde erreicht.

2.1.4 Interaktionsdesign

Im Bezug auf die Probleme räumlicher Wahrnehmung werden die Beziehungen zwischen den verschiedenen kognitiven Defiziten von Menschen mit demenziellen Erkrankungen derzeit aus verschiedenen Perspektiven erforscht. Betroffen sind High-Level-Funktionen wie abstraktes Denken, Sprache und Aufmerksamkeit, welche eine wichtige Rolle bei der Navigation spielen. Auch auf niedrigerer Ebene sind Motor- und visuospatiale Funktionen [53] zu einem hohen Grad beeinträchtigt. Bereits vor einigen Jahren hat eine Studie eine starke Verbindung zwischen Aufmerksamkeit und Navigationsdefiziten aufgezeigt [56]. Ein interessantes Beispiel für die Spezifität der kognitiven Beeinträchtigungen von Patienten mit AD ist die Entdeckung einer Unfähigkeit, die erfolgreiche visuelle Erkennung einer Szene mit einer grundsätzlich intakten Darstellung der Standorte zu verbinden, sowie deren Konnektivitäten abzurufen [54].

Klassische Navigationssysteme werden diesen Defiziten nicht gerecht: sie kommunizieren High-Level-Wissen über eine Route und fördern so eine Gewöhnung und eine Überabhängigkeit von dem System, ohne erlernte Inhalte zu trainieren oder Kompetenzen zu fördern – eine eigenständige Orientierung ist nicht notwendig, das Problem der Navigation wird auf die Einschätzung einer Distanz reduziert, welche in Metern angegeben wird. Gleichzeitig zieht die verwendete Kartenansicht die Aufmerksamkeit auf das Gerät

und lenkt vom Straßenverkehr ab. Dies führt bereits bei gesunden Menschen zu Problemen - der Einsatz von Navigationssystemen hemmt die eigene Orientierungsfähigkeit. Bei Menschen mit leichten kognitiven Beeinträchtigungen kann ein solches klassisches Navigationssystem dagegen die Orientierungslosigkeit noch verstärken oder gar ein Sicherheitsrisiko darstellen.

Nach einer Anforderungsanalyse wurden mehrere Navigationskonzepte erdacht und im virtuellen Rollator vorab getestet. Hierbei wurden im Ideenfindungsprozess auch Konzepte bedacht, die mit heutigen technischen Mitteln außerhalb der virtuellen Realität nur schwer umsetzbar wären (siehe z.B. Abb. 2.3). Es kristallisierte sich eine Assistenz heraus, die für Menschen mit Demenz, speziell der Alzheimer-Krankheit unter Berücksichtigung der damit assoziierten kognitiven Defizite besonders sinnvoll erschien: die sensomotorische Navigationsassistenz.

Bei dieser Assistenz werden sensorische Informationen, Bilder auffälliger Orientierungspunkte, mit den auszuführenden motorischen Aktionen, dem Verlauf der Route bis zum nächsten Entscheidungspunkt und der dort auszuführenden Abbiegung, verknüpft. Diese Informationen werden grafisch bewusst einfach kommuniziert: Ein farbiger Pfeil gibt am Bildschirmrand die Entfernung zum nächsten Entscheidungspunkt an. Sollte am nächsten Entscheidungspunkt eine Abbiegung notwendig sein, zeigt die Pfeilspitze in diese Richtung. Der Pfeil ändert je nach Entfernung zu diesem Punkt seine Länge, repräsentiert damit qualitativ die Entfernung zum nächsten Entscheidungspunkt, statt in einer metrischen Angabe wie in einem klassischen Navigationssystem.

In einer Art Sprechblase, die auf den Entscheidungspunkt deutet, befindet sich ein Foto eines markanten Gebäudes in der Nähe des Entscheidungspunktes. Mit dieser Unterstützung wird die Aufmerksamkeit während der Navigation bewusst auf die Umgebung gelenkt: Die Navigationsaufgabe wird in eine visuelle Suchaufgabe verwandelt, um die Aufmerksamkeit zu steuern. Zur Erfüllung der Aufgabe, die das Assistenzsystem stellt, ist eine genaue Beobachtung der Umwelt nötig.

Die grafische Repräsentation verzichtet auf die Kommunikation von Überblickswissen, um möglichst situativ zu sein und um Menschen mit fortschreitenden kognitiven Defiziten nicht mit einer komplexen Darstellung zu überfordern.

Analog zu einem klassischen Navigationssystem werden die Anweisungen auch über ein *Text-To-Speech-System* (TTS) verbalisiert. Jedoch werden auch hier die Orientierungspunkte referenziert: „Biegen Sie bei der großen Kirche rechts ab“. Es wird bewusst auf Straßennamen verzichtet, soweit möglich. Metrische Entfernungsangaben, sofern nötig, werden ausgelassen oder durch qualitative Angaben ersetzt: 2 Kilometer können beispielsweise als langer Weg bezeichnet werden. Durch diese unpräziseren Angaben wird einerseits eine von Menschen erstellte Wegbeschreibung nachgeahmt, andererseits die Orientierungsleistung nicht auf das Abschätzen konkreter Distanzen reduziert, sondern intakte Leistungen wie das visuelle Erkennen gefordert und gefördert. Sofern aus dem genutzten Kartenmaterial Besonderheiten über die Beschaffenheit des Weges ersichtlich sind, können auch diese kommuniziert werden: Ist der Weg etwa auffällig kurvig, ist es ein Fußweg oder hat der Weg eine Steigung, könnte dies verbalisiert werden.

2.1.5 Erstevaluation mit Papierprototypen

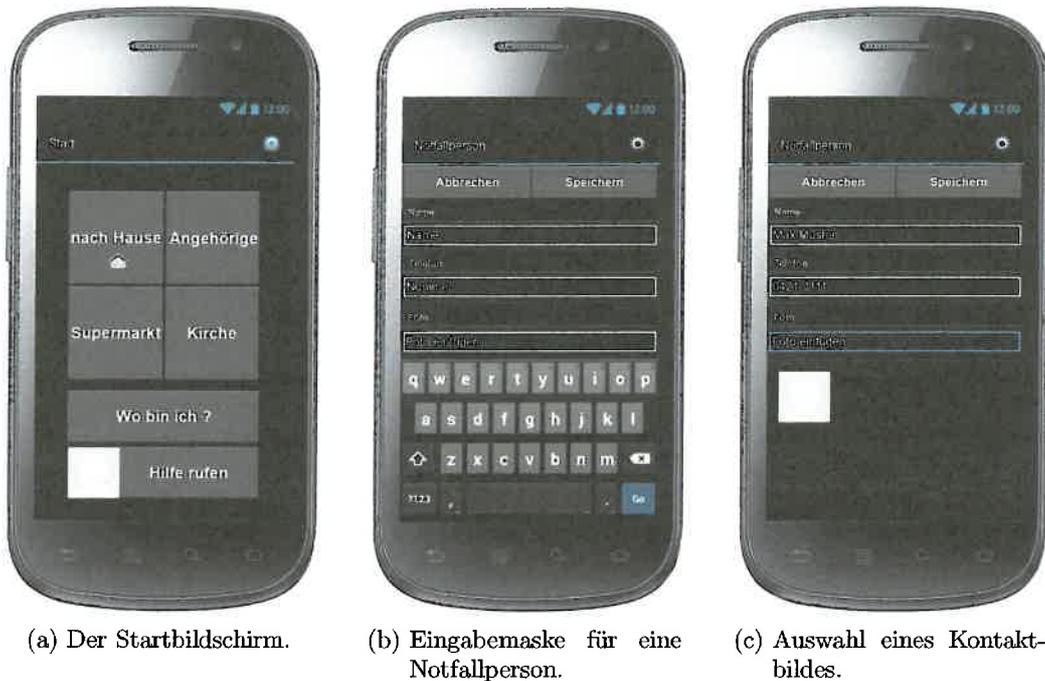


Abbildung 2.4: Beispiel der Interaktions-Papierprototypen: Eingabe einer Notfallperson (Auszug)

Für die Bedienung des Assistenzsystems wurden Papierprototypen für verschiedene Funktionen der Software erstellt. Jeder Interaktionsschritt ist hierbei einzeln als Mockup aufgeführt, um die Programmfunktionen ohne das fertige Gerät bereits mit Experten- und Nutzergruppen besprechen zu können. Ein Überkleben, Bemalen und das Anlegen eigener Bildschirme und Abläufe mit Bedienelementen aus Papier ist so einfach auch für Laien möglich. Es wurden einige Funktionen modelliert, bei denen wir uns besonders nützlich Feedback von den eingeladenen Gruppen erhofft haben:

- der Startbildschirm des Assistenzsystems
- die Eingabe der Routen- und Orientierungspunkte
- die Angabe und Funktion einer Notfallperson
- eine sogenannte *SafeZone*, im Folgenden erklärt

Die *SafeZone* ist eine Art virtuelle Begrenzung des möglichen Bewegungsrahmens. Wird diese *SafeZone* verlassen, kann das System davon ausgehen, dass die Person desorientiert

ist und Gegenmaßnahmen einleiten. Unser Interesse galt hier nicht nur den ethischen Implikationen einer möglicherweise paternalistischen Funktion, sondern auch dem möglichen Umgang mit dem Verlassen einer solchen SafeZone, sollte sie zum Einsatz kommen.

Im Dezember 2013 wurde eine Roundtable zur sensomotorischen Navigationsassistenz für Menschen mit demenziellen Beeinträchtigungen abgehalten. Der Grundgedanke dieser Zusammenkunft lag neben der Vorstellung erster Navigationsprototypen darin, einen Austausch zwischen den Beteiligten in Hinsicht auf Zielsetzung, spezielle Bedürfnisse der Zielgruppe, sowie generelles Design des Navigationsassistenzsystems zu ermöglichen.

Neben den Projektverantwortlichen aus der AG kognitive Neuroinformatik der Universität Bremen und Unternehmensvertretenden aus dem Bereich mobile Anwendungen nahmen unter anderem Vertretende des Instituts für Hirnforschung der Universität Bremen, des Jacobs Centers für lebenslanges Lernen und institutionelle Entwicklung, der Alzheimergesellschaft Kreis Minden-Lübbecke e.V., der Demenz Informations- und Koordinationsstelle, des Demenzvereins Arbergen und der Paritätischen Gesellschaft für soziale Dienste Bremen an diesem Austausch am runden Tisch teil.

Nach Vorstellung des Projekts in Hinblick auf Zielsetzung, Vorgehensweisen und eingesetzte Technologien wurden erste Designstudien präsentiert, die den damals bestehenden Aufbau des Navigationsassistenzsystems hinsichtlich Startbildschirm und Menüansichten, Navigations- und Routenplanungsoptionen, sowie Zusatzfunktionen wie Safezones, Notfallpersonen und Standortanzeigen vermitteln sollten. Das generelle Feedback der anwesenden Zuhörer fiel durchweg konstruktiv aus und soll im folgenden zusammenfassend wiedergegeben werden:

In Hinblick auf den Startbildschirm wurden drei Versionen vorgeschlagen, die sich insofern unterschieden, als dass sie auszuwählende Ziele entweder nur durch Namen, nur durch Bilder oder mit kombinierten Namen und Bildern kennzeichnen. Generell wurde angemerkt, dass bei der Wahl der Farben, gerade in Hinblick auf ältere Nutzende, auf kontrastreiche Kombinationen geachtet werden müsse. Zum Navigationsmodus wurde bemerkt, dass dieser stark reduziert erscheinen solle, um eine visuelle Überforderung auszuschließen. Zusätzlich wurde die Implementierung einer Spracherkennung als hilfreich empfunden. Die Navigation selbst sollte, je nach Präferenz des Nutzenden, über auditive, visuelle oder eine Kombination beider Reize erfolgen. Bei visueller Anleitung bestand Uneinigkeit über die Vermittlung der zurückzulegenden Entfernung mittels Zahlenangabe oder Pfeillänge/-farbe. Visuelle Landmarken sollten in Hinblick auf Anzahl und Anordnung individuell einstellbar sein, da je nach Grad der kognitiven Einschränkung und der Urbanisierung der Umgebung ein Unterschied in der Häufigkeit der Landmarken erforderlich wäre. Zusätzlich wurde angemerkt, dass Landmarken aufgrund der Änderung von Erinnerungspunkten im Laufe der Zeit ausgetauscht werden müssten.

Das Konzept einer Safezone wurde eher negativ aufgenommen, da es aufgrund des generell frühen Stadiums der Demenz bei angedachter Benutzergruppe als unnötig bevorzugend aufgefasst wurde. Bei Implementierung der Safezone-Funktion sollte mindestens darauf geachtet werden, diese größer anzulegen als den als sicher bekannten Nutzungsradius der Zielperson, um Trainings- und Lerneffekte zu fördern. Im weiteren wurden verschiedene Formen von Erinnerungsfunktionen diskutiert, die Personen mit kognitiven Beeinträchtigungen dabei unterstützen sollen, sich daran zu erinnern, warum sie ein be-

stimmtes Ziel ausgewählt haben. Zum einen wurde eine Kalenderoption vorgestellt, die eingespeicherte Termine mit gegangenen Routen abgleicht und bei Bedarf daran erinnert. Diese sollte aufgrund der recht hohen Komplexität jedoch rein optional sein. Zum anderen wurde eine Art von integrierter Einkaufshilfe mit Einkaufsliste vorgeschlagen. Die mögliche Zielgruppe ins Auge fassend, wurde diskutiert, inwiefern Smartphones als Navigationsassistenten sinnvoll erscheinen, da zu jener Zeit nur ein kleiner Prozentteil der Nutzenden in höherem Alter diese Technik nutzten. Ein Vorschlag hierzu lag in der Integration des Navigationssystems in vertrautere Gegenstände wie z.B. Armbanduhren und Portmonees.

Weitere Anregungen für das Navigationssystem die sich nicht auf ein vorgestelltes Merkmal bezogen, befassten sich vor allem mit dem Problem des Verlusts des Kurzzeitgedächtnisses der Zielpersonen und der einhergehenden Problematik des Lernens von Programmfunktionen. Zusätzlich wurde noch einmal angemerkt, dass Darstellungen mit variablem Grad von Komplexität implementiert werden müssten, da manche Personen bereits mit Dingen überfordert wären, die für andere Personen noch einen Lerneffekt böten. Generell wurde die Nutzung von Fotos als sehr positiv wahrgenommen. Als rein technisches Problem wurde die oft noch zu ungenaue räumliche Auflösung des GPS-Signals für die verwendete Kompassfunktion genannt.

Ein weiterer Punkt beschäftigte sich mit dem Fakt, dass in der Regel noch mit einer fehlenden Akzeptanz von computergestützten Assistenzsystemen zu rechnen sei. Anfragen bezüglich dieser Systeme kämen meist nur von Angehörigen Demenzerkrankter. In diesem Stadium sei jedoch ein Erlernen des Funktionsumfangs nur noch schwer möglich. Eine Nutzung müsse daher bereits so früh wie möglich, am besten noch vor Beginn einer Erkrankung beginnen, z.B. als allseits verwendeter und akzeptierter Helfer für ältere Personengruppen.

2.1.6 Evaluation der Assistenzen in der virtuellen Realität

Für die Erstevaluation der entwickelten sensomotorischen Assistenz in der virtuellen Realität wurde ein Versuchsdesign entwickelt. Dieses zielt in erster Linie darauf ab, die zuvor beschriebene sensomotorische Assistenz mit einer herkömmlichen Kartenanwendung vergleichbar zu machen. Geprüft wird einerseits, ob die verschiedenartig kommunizierten Routenanweisungen der beiden Assistenzen verstanden und umgesetzt werden können. Andererseits wird mit dem Versuch überprüft, wie gut die mit der jeweiligen Assistenz abgelaufenen Routen einprägen.

Während der Navigationsaufgaben wurden peripher-physiologische Daten aufgezeichnet um eine Referenzdatenbasis zu schaffen. Die Versuche bilden zwei grundlegende Situationen ab: (1) eine Situation der räumlichen Orientiertheit, wenn die Probanden sich mit Hilfe des Navigationsgeräts durch die VR bewegen und (2) die Situation, in der die Probanden die zuvor navigierte Strecke ohne Hilfe allein bewältigen.

Nachdem ein positives Votum der Ethikkommission der Universität Bremen eingeholt wurde, wurden Probanden im Alter von 60 bis 85 Jahren rekrutiert, welche zunächst eine kognitive Testung am Institut für Neuropsychologie der Universität Bremen durchliefen. Durchgeführt wurden die *Mini Mental State Examination (MMSE)*, der *Verbale*

Lern- und Merkfähigkeitstest, der Nonverbale Lerntest, der Regensburger Wortflüssigkeitstest, der Trail Making Test (TMT), der Test zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) (nur Teilbereiche), sowie der Mehrfachauswahl-Wortschatztest, um ausschließlich Probanden mit einfachen leichten kognitiven Defiziten sowie eine Kontrollgruppe mit gesunden Probanden zuzulassen. Probanden mit bereits fortgeschrittener Demenz oder anderen erheblichen gesundheitlichen Problemen, welche die Arbeit mit dem virtuellen Rollator nicht zulassen, durften nicht an der Studie teilnehmen. Es konnten zehn in Frage kommende Probanden rekrutiert werden, davon vier mit leichten kognitiven Beeinträchtigungen, sowie sechs Probanden mit unauffälligen Befunden.

Für die Studie wurde eine funktionale Simulation des genannten sensomotorischen Konzeptes zur Routenkommunikation mit Hilfe des entwickelten VR-Frameworks erstellt (siehe Abb. 2.5 a-c). Zusätzlich wurde als Vergleich ein klassisches Navigationssystem auf Basis einer herkömmlichen Karte entwickelt (Abb. 2.5d).

Anschließend wurden zwei verschiedene Routen erstellt, Route A und Route B (Abb. 2.6), welche in unterschiedlichen virtuellen Städten bezüglich der Anzahl der Abbiegungen, der Länge der Routenabschnitte und der zur Orientierung nutzbaren Landmarken normiert wurde. Die Reihenfolge der Routenabschnitte, Abbiegungen und Landmarken unterscheidet sich bei diesen beiden Testrouten. Die beiden Routen wurden so gestaltet, dass es nicht möglich ist, von der Anzahl der passierten Häuserblocks oder dem Passieren einer Landmarke auf eine Abbiegung zu schließen. Jede Route verfügt über unterschiedlich lange Routenabschnitte vor einer Abbiegung, sowie Orientierungspunkten, die nicht unmittelbar an einer Kreuzung stehen, an welcher eine Abbiegung stattfindet.

Das Versuchsdesign strebt eine volle Permutation der Versuchsbedingungen an. Route A oder B wird entweder mit dem Assistenzsystem auf Basis einer Karte oder der sensomotorischen Assistenz kombiniert. Um einen Lerneffekt zwischen den beiden Durchläufen zu minimieren und in Anbetracht der Probandenanzahl wurde keine Dopplung einer Bedingung erlaubt. Ein Proband durchläuft den jeweils folgenden Durchgang auf der noch unbekanntem Route mit unbekanntem Assistenzgerät. Die Reihenfolge der Assistenzen wurde getauscht, so dass vier Versuchsabläufe zustande kommen, was bei der Probandenanzahl sicherstellt, dass jeder Ablauf von mindestens einer Teilnehmenden aus MCI und Kontrollgruppe durchlaufen wird.

Ein Versuchsteilnehmender durchlief folgende Schritte:

1. Begrüßung, Aufklärung, Einwilligungserklärung
2. Einführung in die Funktionen des virtuellen Rollators, Demonstration
3. Sicherung des Versuchsteilnehmenden im virtuellen Rollator, Anlegen der Sensorik (vgl. Kap. 2.1.6)
4. Übung mit dem virtuellen Rollator in nur hierfür genutzter virtueller Umgebung (einer Piazza)
5. Übung von Abbiegevorgängen mit dem virtuellen Rollator in einer städtischen Umgebung

6. Befragung zu Befinden 1 (Siehe Kap. 2.1.6)
7. **Navigation mit Assistenzsystem A_x** auf zufällig ausgewählter Route R_x
8. **Recall der Route R_x** in VR: Ablaufen der Route ohne Assistenzsystem aus dem Gedächtnis.
9. Befragung zu Befinden 2
10. **Freies Erinnern von Landmarken** und Zeichnung eines Planes der Umgebung
11. **Navigation mit dem jeweils anderen Assistenzsystem A_y** auf der übrigen Route R_y
12. **Recall der Route R_x** : Ablaufen der Route ohne Assistenzsystem aus dem Gedächtnis.
13. Befragung zu Befinden 3
14. Freies Erinnern von Landmarken und Zeichnung eines Planes der Umgebung

Die Akzeptanz des virtuellen Rollators war bei den durchgeführten Versuchen durchweg sehr gut. Bereits nach einer Übungszeit von etwa fünf Minuten beherrschten die meisten Studienteilnehmenden die Fortbewegung innerhalb der VR flüssig. Nur wenige Teilnehmende klagten über Schwindel oder erste Anzeichen von Simulatorübelkeit während der Abbiegevorgänge. Dies wurde von den Teilnehmenden durch langsamere Abbiegevorgänge ausgeglichen und das Unwohlsein während der ersten Durchläufe klang zügig ab. Nur eine Person musste aufgrund von Schwindel die Versuchsdurchführung vorzeitig abbrechen.

Die Evaluation lässt auf eine vergleichbar gute Verständlichkeit und Befolgbarkeit der Routenanweisungen beider Assistenzsysteme schließen: bis auf wenige Ausnahmen, vor allem zu Beginn der Versuchsdurchläufe, konnten die Anweisungen beider Assistenzsysteme problemlos befolgt werden.

Das Erinnern der Route gelang der Kontrollgruppe ohne kognitive Einschränkungen signifikant besser, wenn die Route über das sensomotorische Navigationsassistenz gelernt wurde. Bei den Versuchsteilnehmenden mit leichten kognitiven Beeinträchtigungen lag das Erinnern der Route auf einem sehr niedrigen Niveau mit starken interindividuellen Differenzen, so dass mit der geringen Teilnehmerzahl keinen signifikanten Ergebnisse erzielt werden konnten.

Ein Zwischenziel des Fördervorhabens war die rapide Evaluation einer neuartigen Assistenz in der virtuellen Realität mit Hilfe des virtuellen Rollators und des VR-Frameworks. Dieses Ziel konnte erreicht werden: Alle Teilnehmenden konnten sowohl mit dem klassischen Navigationsgerät als auch mit dem sensomotorischen Assistenzsystem nahezu alle Instruktionen befolgen. Aufgrund der Schwierigkeiten, eine größere Teilnehmendenzahl mit kognitiven Beeinträchtigungen zu rekrutieren, welche nicht aufgrund anderer gesundheitlicher Probleme ausgeschlossen werden mussten, konnten keine signifikanten

Unterschiede im Umgang zwischen den Assistenzsystemen gezeigt werden. Da das Experiment im umgesetzten Design bereits mehrere Stunden pro Teilnehmendem erfordert und eine Verkürzung der Route die Aufgabe zu einfach gestalten würde, als dass gesunde Teilnehmende Schwierigkeiten im Recall haben und sich verlaufen würden, müsste dies in einem weiteren Experiment mit größerer Datenbasis und mehreren Terminen pro Teilnehmenden weiter erforscht werden. Dies konnte im Fördervorhaben nicht mehr umgesetzt werden.

Das Resultat, dass die Einprägsamkeit der Route sich für die gesunde Kontrollgruppe drastisch verbessert hat, wenn die Route mit dem sensomotorischen Assistenzsystem gelernt wurde, gibt einen guten Hinweis darauf, wie gut die Konzepte eines speziell für Menschen mit kognitiven Beeinträchtigungen entwickelten Assistenzsystems auch für gesunde Menschen große Vorteile haben können.

2.1.7 Untersuchung des affektiven Zustands in der virtuellen Realität

Die Kontextabhängigkeit der physiologischen Reaktion bedingt eine kontextspezifische Referenzdatenbasis, soll eine Echtzeit-affekterkennung robust und interpersonell funktionieren. Für die Erhebung dieser Referenzdatenbasis wurden ein Versuchsdesign erarbeitet, das das subjektive Erleben der räumlichen Orientierung und Desorientierung der Probanden ebenso erfasst wie die objektiven Messdaten.

Wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, gab der Versuchsaufbau den Probanden ausreichend Zeit und Raum, Fehler bei der Bewältigung der Navigationsaufgabe zu bemerken, was eine Voraussetzung für das bewusste Erleben der räumlichen Desorientierung darstellt.

Der Versuch setzte das Konzept der teilnehmenden Beobachtung um. Die anwesende Versuchsbetreuung protokollierte die Kommentare und die äußerlich sichtbaren Anzeichen für Desorientiertheit während der Navigation.

Der subjektiv erlebte affektive Zustand der Probanden wurde sowohl vor als auch nach Bewältigung der Navigationsaufgaben über einen Fragebogen abgefragt. Diese Fragebögen wurden auf Grundlage der wissenschaftlich etablierten und validierten UMACL MOOD ADJECTIVE CHECKLIST erstellt. Die Probanden bewerteten jeweils Fragen zu ihrer momentanen Befindlichkeit auf einer Likert-Skala.

Um das Verhalten der Probanden zusätzlich klar vom Einfluss möglicher psychischer gesundheitlicher Beeinträchtigungen trennen zu können, wurden die Probanden dazu aufgefordert, jenen Teil der *SPG-Skalen zur psychischen Gesundheit* auszufüllen, der sich mit Autonomie befasst.

Die Probanden waren angewiesen, während der Navigationsaufgaben nicht von den Routen abzuweichen. Sollte ihnen ein Fehler unterlaufen, beispielsweise ein Abbiegen an falscher Stelle oder in die falsche Richtung, sollten sie diesen Fehler korrigieren, sobald sie ihn bemerken. Somit können die Bewegungsdaten ebenfalls mit dem Bewusstsein eines Navigationsfehlers und möglichem Zustand der Desorientierung korreliert werden.

Die Auswertung der Fragebögen ergab, dass die Probanden auch bei gravierenden Fehlleistungen in Bezug auf die Navigation keinen Zustand der räumlichen Desorientiertheit erlebt haben. Die Veränderung der momentanen Befindlichkeit war in keinem Experiment

statistisch signifikant. Dieses Ergebnis wird durch die Auswertung der physiologischen Daten gestützt.

Auf Grund dieses Experimentergebnisses war es nicht möglich, eine robuste Affekterkennung in einem realen Setting technisch zu realisieren. Die angestrebte Implementierung eines Klassifikators bedingt eine Datenbasis für das Training der Algorithmen, welche ohne ein bewusstes Wahrnehmen von Stress auf Grund räumlicher Desorientiertheit im Experiment nicht gegeben war.

Die Ergebnisse des VR-Experiments wurden im weiteren Projektverlauf unter dem Gesichtspunkt reevaluiert, das Versuchsdesign so anzupassen, dass der Zustand der räumlichen Desorientiertheit von den Probanden nicht nur erreicht, sondern auch subjektiv erlebt wird. Die Durchführung einer weiteren Versuchsreihe mit dem neu erarbeiteten Design konnte in der Projektlaufzeit nicht mehr umgesetzt werden. Wir sind jedoch davon überzeugt, dass die Implementierung der Affekterkennung aus den Ergebnissen der neuen Versuchsreihe gelingen wird. Eine Erweiterung des Prototypen um die Affekterkennungsfunktionalitäten ist problemlos möglich, da die erforderlichen Schnittstellen bereits in Architektorentwurf angelegt wurden.

2.1.8 Sensomotorische Georepräsentation und erweiterter Routenplaner

Eine sensomotorisch aufbereitete Route verbindet qualitative motorische Informationen („gehen Sie den langen Weg bis zum Ende“) mit sensorischen („bei der großen Kirche“). Eine Raumrepräsentation, welche diese beiden Informationsarten miteinander verbindet ist der Menschlichen ähnlicher als eine Kartendarstellung[57]. Menschen kommunizieren untereinander Routen häufig, indem sie derartig strukturierte Informationen austauschen.

Um ein Navigationssystem zu entwickeln, welches seine Anweisungen nicht ausschließlich wie ein klassisches Navigationssystem in Straßennamen und quantitativen Längen sowie einer Kartendarstellung kommunizieren kann, sondern in einer kognitiv plausiblen, sensomotorischen Weise, braucht es zum einen eine angereicherte Georepräsentation mit erweiterten Informationen. Zum anderen wird ein Routenplanungsalgorithmus benötigt, welcher diese Informationen verarbeitet und dem Assistenzsystem die berechnete Route zur angemessenen Kommunikation zur Verfügung stellt.

Da nicht an jedem Entscheidungspunkt ein geeigneter referenzierbarer Orientierungspunkt liegt, eine Route aber möglichst viele solcher salienten Merkmale braucht, um besonders einprägsam zu sein, muss der Algorithmus in der Lage sein, eine Route nicht nur auf seine Länge hin zu optimieren, wie ein klassisches Navigationssystem, sondern auf die Einprägsamkeit.

Dieses Ziel des Projektvorhabens konnte mit einem Demonstrator erreicht werden, welcher im Rahmen einer Diplomarbeit entwickelt wurde und in einem weiteren Schritt angepasst wurde, um von dem Assistenzsystem nutzbare Anweisungen zu generieren. Hierfür werden Orientierungspunkte automatisch aus Quellen wie OpenStreetMap und Wikipedia extrahiert. Ein Gebäude, welchem in der Wikipedia ein georeferenzierter Artikel, ggf. mit Foto, gewidmet ist, kann als kulturell bedeutsames, häufig auffälliges Objekt interpretiert werden. Zusätzlich bietet das System die wichtige Möglichkeit, biographische Orientierungspunkte einzupflegen. So können bedeutsame Punkte aus der persönlichen

Geschichte der Nutzenden präferiert als Routenpunkte genutzt werden und mit entsprechenden Fotos in einem Assistenzsystem dargestellt werden, beispielsweise die Schule, die in der Kindheit besucht wurde, die alte Arbeitsstelle oder der Supermarkt. So können Wege individuell auf Nutzende abgestimmt werden.

Sensorische Merkmale werden bezüglich ihrer Umgebung heuristisch auf ihre Salienz, d.h. auf ihre mögliche Auffälligkeit hin bewertet. Gleichzeitig werden Informationen über die Beschaffenheit der Wege, z.B. Kurvigkeit oder Steigung, auf ihre lokale Einzigartigkeit geprüft und bewertet.

Diese sensorische und die motorische Komponente werden zusammen mit den Geodaten in einer hybriden Repräsentation gespeichert. Mit diesem erfolgten Vorverarbeitungsschritt kann nun ein veränderter Routingalgorithmus auf kognitive und sensomotorische Faktoren zurückgreifen, um eine optimale Route zu finden. Ein veränderter A-Star-Algorithmus optimiert nun unter verschiedenen Kriterien, welche eigens gewichtet werden können. So kann eingestellt werden, ob die Route auf Distanz oder sensorische Reichhaltigkeit hin optimiert werden soll, oder wie stark motorische Faktoren oder weitere Optimierungen wie *Simple Paths* einfließen sollen.

Das Ziel, eine hybride Georepräsentation mit sensomotorischen/kognitiv relevanten Informationen und Geodaten zu erstellen, konnte erreicht werden.

2.1.9 Assistenzsystem-Demonstrator

Die erarbeiteten Darstellungskonzepte wurden in einem Demonstrator zusammengefasst. Dieser besitzt den bei dem Round-Table erarbeiteten Startbildschirm, die Möglichkeit, einen Notfallkontakt zu hinterlegen, eigene Ziele zu definieren und mit Kontaktbildern und Namen zu versehen (Symbolbilder oder Fotos), sowie die eigentlichen Assistenzen. Vorgesehen sind die sensomotorische Assistenz (Abb. 2.7a), sowie eine klassische Kartenansicht, damit es möglich ist, sich ein Bild von der Umgebung zu machen, falls gewünscht.

Ein Hybrid-Modus ist ebenfalls implementiert, welcher Fotos in einer Kartenansicht entweder als zweidimensionale Flächen über einer Karte anzeigt, oder als 3D-Ansicht in die Karte einbettet. Da die Kartenansichten auf der Open-Source-Software OpenScience-Map basieren, können schematische 3D-Ansichten von Gebäuden angezeigt werden. Für einige Gebäude im Material von OpenStreetMap, welches von OpenScienceMap genutzt wird, gibt es bereits sehr detaillierte Gebäudemodelle. Normale Wohnhäuser werden als Kästen entsprechend der Anzahl ihrer Stockwerke dargestellt.

Eine Anbindung an die entwickelte Routing-Engine besteht ebenfalls, wird jedoch für die im Folgenden Unterkapitel beschriebene Evaluation nicht genutzt, um konsistent generierte Routen zu erhalten. Zu diesem Zweck wurde der Demonstrator um ein Framework für vorgefertigte Routen erweitert. Diese Routing-Engine sucht beim Start in einer vordefinierten Route nach dem nächstgelegenen Entscheidungspunkt und steuert beginnend mit diesem Routenpunkt nacheinander die definierten Punkte an.

In dem Demonstrator wurden neben den Anregungen der Nutzergruppen weitere Standards der App-Entwicklung für ältere Menschen eingehalten. So wurde die Benutzeroberfläche kontrastreich gestaltet, Menüs wenn möglich nicht verschachtelt und hierarchisiert, nach Möglichkeit auf Touch-Gesten-Verzichtet und die Schrift in lesbarer Größe

ke angezeigt, sowie während der Navigation durch Text-To-Speech-Ausgaben redundant dargeboten.

Das Ziel, einen funktionalen Demonstrator für die entwickelten Assistenzfunktionen zu erstellen, konnte erreicht werden. Zusätzlich wurde der Demonstrator für die Benutzung als Experimentierplattform vorbereitet, so dass statische Routen abgearbeitet werden können und Daten über die Interaktion gewonnen werden können.

2.1.10 In-Situ-Evaluation der sensomotorischen Assistenzfunktion

Der funktionale Demonstrator wurde in einer In-Situ-Evaluation einem ersten Funktionstest in realer Umgebung durch Testnutzende aus dem Demografieprofil der Zielgruppe unterzogen. Die Versuchspersonen wurden aus der Gruppe der Personen rekrutiert, die bereits am VR-Experiment teilgenommen hatte.

Um eine Vergleichbarkeit zwischen den VR-Experimenten und der Evaluation in realer Umgebung zu gewährleisten, wurden die Eigenschaften der Routen so weit wie möglich identisch gehalten. Dies betraf die Anzahl der Abbiegungen sowie die Längen und Längenvariation der Streckenabschnitte. Unter diesen Voraussetzungen wurde die Topographie der Stadt Bremen und der Ortschaften im Umland analysiert und der Stadtteil „Neustadt“ als passendste Umgebung identifiziert. Bei der Planung der Routen wurde außerdem berücksichtigt, belebte Straßen nicht oder nur an Stellen mit Querungsanlage zu überqueren, nur Straßen mit gut befestigtem Gehweg zu nutzen und einen geschützten Ort zum Aufenthalt zwischen den Durchgängen der Evaluation vorzusehen. Die Routen A und B sind Abbildung 2.8 zu entnehmen.

Ein wichtiges Merkmal des sensomotorischen Assistenzsystems ist die Personalisierung der Routen durch die Verwendung persönlich bedeutsamer Referenzpunkte, wie in 2.1.8 beschrieben. Die erste Phase der In-Situ-Evaluation wurde daher als Konfigurationsphase angelegt, in der die Probanden für sie bedeutsame Referenzpunkte an vorgegebenen Straßenkreuzungen auswählten und in den Demonstrator eingaben. Die Probanden gingen zu Fuß unter verbaler Anleitung einer Versuchsbetreuungsperson eine vorgegebene Strecke ab, die sie an allen Punkten vorbeiführte, denen im nachfolgenden Evaluationsverlauf eine Bedeutung zukommt. Dort nahmen sie ein Foto des Referenzpunkts auf und hinterlegten eine kurze verbale Beschreibung, die das Assistenzgerät in den Navigationsanweisungen verwenden soll.

Nach dieser Konfigurationsphase füllten die Probanden den aus den VR-Experimenten bereits bekannten Fragebogen zu ihrem momentanen Befinden aus. Anschließend folgte die Testnutzung des Demonstrators. Um die Vergleichbarkeit mit existierenden Assistenzsystemen auf Kartenbasis untersuchen zu können, wurden zwei Navigationsdurchläufe absolviert. Der Gesamttablaufplan der Evaluation permutierte die Reihenfolge der Assistenzmodalität (sensomotorisch oder Karte) und die Routenoption (Route A oder B) über alle Probanden. Nach Abschluss der Navigation von Startpunkt zu Zielpunkt füllten die Probanden sowohl einen Fragebogen zum momentanen Befinden als auch eine Bewertung des Demonstrators. Die Probanden wurden gebeten, ihren Eindruck über die Nutzerfreundlichkeit des Systems wiederzugeben. Die Bewertung erfolgte mittels der *System Usability Scale (SUS)*. Jeweils fünf positive und negative Aussagen zur Benutzbarkeit

(Usability) des Systems wurden für die Bewertung formuliert und auf einer Likert-Skala bewertet. Zudem wurden die Probanden gebeten, ihren Eindruck zur Benutzung des Systems in einigen kurzen Sätzen zu schildern.

Den Probanden gelang es problemlos, die Navigationsaufgaben zu bewältigen und der jeweiligen Route fehlerfrei und ohne Abweichungen zu folgen. Das Konzept zur Erfassung der persönlichen Landmarken fand breite Zustimmung unter den Probanden, allerdings besteht bei dem Interaktionsdesign noch Verbesserungsbedarf, beispielsweise bei der Anordnung und Größe der Buttons und Anzahl an Interaktionsschritten.

Die Aufzeichnung der Daten zur Erkennung eines Zustandes der Desorientierung wurde vorbereitet. Das mobile Gerät, auf dem die Assistenzsystem-App installiert ist, zeichnet die GPS-Koordinaten und die Kompassdaten, sowie Ansagen des Systems auf, um daraus eine Kontextbestimmung und das Bewegungsprofil abzuleiten. Dazu wird die standardmäßig im Mobilgerät verbaute Sensorik genutzt. Die peripher-physiologischen Daten werden über einen Mikrocontroller vorverarbeitet und können über eine geeignete Schnittstelle (USB, Bluetooth) an das Mobilgerät oder einen Rechner übertragen werden.

Auf Grund der Ergebnisse aus den VR-Experimenten, welche die implementierte Funktionalität des Demonstrators bedingen und den Erwartungen an die Benutzbarkeit der Navigationsassistenten wurden während der In-Situ-Evaluation keine peripher-physiologischen Daten aufgezeichnet. Die Vorversuche legten nahe, dass die Probanden während der Benutzung des Navigationsgerätedemonstrators nicht in einen Zustand räumlicher Desorientierung geraten würden, so dass die aufgezeichneten Daten lediglich den affektiven Zustand während der Usabilityevaluation wiedergegeben hätten, welcher bei der Erstevaluation eines Prototypen erwartungsgemäß deutlich von der kritischen Reflexion der Benutzbarkeit beeinflusst wird.

Eine weitere interessante qualitative Beobachtung der Experimentatoren war, dass die Probanden bei Einsatz des sensomotorischen Assistenzsystems zum Großteil wesentlich seltener auf das Display geschaut haben, während bei der klassischen Navigationsansicht häufig versucht wurde, während des Laufens gesehene Straßen der Karte zuzuordnen. Bei dem sensomotorischen Navigationssystem wurde nur nach jedem Abbiegevorgang einmal auf das Gerät geschaut, um das Foto des gesehenen Objektes zu sehen, anschließend wurde dieses in der Umgebung gesucht. Diese Beobachtung könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Aufmerksamkeit bei dem neuartigen Assistenzsystem aktiv auf die Umgebung gelenkt wird und dieses somit zur Sicherheit des Nutzens im Straßenverkehr beitragen könnte. Diese Vermutung bedarf jedoch weiterer Nachforschung mit einem veränderten Experimentdesign im Anschluss an das Projekt.

2.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Ausgaben entsprechen im Wesentlichen dem Finanzplan und sind im Finanzbericht ausgewiesen. Die größten Posten waren die Personalkosten für die wissenschaftlichen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen und die Hardware und Software für die VR Evaluationsplattform.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Durch eine gestiegene durchschnittliche Lebenserwartung, sowie einer konstant niedrigen Geburtenrate ist in absehbarer Zukunft eine immer weiter fortschreitende Überalterung der Bevölkerungsstruktur in Deutschland zu erwarten. Daraus folgend werden auch typische Krankheiten, die in der Regel mit hohem Alter assoziiert werden, weiter in den Vordergrund treten. Ein prominentes Beispiel hierfür ist die Alzheimerdemenz. Neben den bekannten Symptomen eines fortgeschrittenen Krankheitsbildes treten in den frühen Stadien der Erkrankung oftmals ganz spezifische Einschränkungen der räumlichen Orientierung, ohne beobachtbare, generelle Abnahme der kognitiven Leistungsfähigkeit auf.

Die hier entwickelte Navigationsassistentz zielt darauf ab, Menschen mit demenzbedingten Einschränkungen der räumlichen Orientierung eine Möglichkeit zu bieten, auch weiterhin aktiv am alltäglichen Leben teilzunehmen und eine selbstbestimmte Alltagsplanung aufrecht zu erhalten. Hierzu wird ihnen ein elektronischer Partner an die Hand gegeben, der sie beim Agieren in ihrem gewohnten räumlichen Umfeld unterstützt und der sie sicher, jedoch unaufdringlich an ihr Ziel geleitet.

Zu diesem Zweck wird eine einzigartige Form der räumlichen Navigationsunterstützung verwendet, die nicht wie gängige Systeme allein auf einer Karte des Umfelds basiert, sondern neben der reinen Angabe einer Abbiegeaktion in einer definierten Entfernung spezielle und für die betreffende Person leicht erkenntliche und prominente Landmarken und Objekte in ihrer Umgebung mit einbezieht. Durch verbale und visuelle Kommunikation dieser Wegpunkte wird die Aufmerksamkeit hierbei auf die direkte Umgebung und nicht allein auf die Karte gelenkt. Im Gegensatz zu bestehenden Navigationssystemen, bei denen sich oftmals blind auf die berechnete Route verlassen wird, ohne große Aufmerksamkeit auf die eigentlichen Umgebungsverhältnisse zu richten, sucht die Person gezielt nach den kommunizierten Wegpunkten. Sie folgt daher nicht nur einer reinen quantitativen Längenangabe bis zum nächsten Abbiegepunkt. Dies resultiert in einer weit plausibleren und natürlicheren Vermittlung des einzuschlagenden Weges und einer erhöhten Einprägsamkeit der eingeschlagenen Route. Eine bei Alzheimer Demenz auftretende, defizitäre Aufmerksamkeitssteuerung wird somit vom Navigationsassistentzsystem ausgeglichen, während noch bestehende Kompetenzen von der Person weiterhin genutzt werden.

Die Berechnung der Routen erfolgt zudem nicht wie in bestehenden Systemen rein aufgrund des kürzesten Weges sondern bezieht mehre, für die betreffende Person wichtige Faktoren mit ein. Wege können so geplant werden, dass sie zum einen einfach zu merken sind und zum anderen möglichst eindeutige Landmarken beinhalten, die schnell und eindeutig zu erkennen sind. Ebenso kann die Biographie der Einzelperson in Betracht gezogen werden, was eine individuell nach persönlicher Relevanz gewertete Auswahl von Landmarken ermöglicht. Zudem wird eine motorische Komponente einbezogen, die beispielsweise gezielt die einzig kurvige Straße in einem Geflecht gerader Straßen auswählt, damit diese sich auch motorisch gut einprägt.

Für die Entwicklung und Evaluation des Navigationsassistenzsystems steht intern eine einzigartige Experimentierplattform zur Verfügung, die aus einem virtuellen Rollator und einem VR-Softwareframework besteht. Dieser virtuelle Rollator basiert hierbei auf einem als Medizingerät zertifizierten Rehabilitationslaufband mit adaptiver Geschwindigkeitsanpassung und drucksensitiven Haltegriffen zur Steuerung. Durch eine VR-Brille oder Projektion kann der Proband in realistische Situationen eintauchen und sich dabei Wegfindungsaufgaben ganz wie im realen Leben aussetzen. Durch den bestehenden Aufbau ermöglicht dieses System somit neben der systematischen Erforschung der raumkognitiven Defizite eine rapide Evaluation raumkognitiver Assistenzsysteme unter kontrollierten Bedingungen.

2.4 Voraussichtlicher Nutzen

Die im Projekt erzielten Ergebnisse stellen grundlegende Vorarbeiten für eine marktreife Umsetzung eines affekt-sensitiven sensomotorischen Navigationsassistenzgeräts dar. Durch die explizite Einbindung Interessensvertretender der potenziellen Nutzendengruppe in den Entwicklungsprozess konnten konkrete Erkenntnisse über den voraussichtlichen Nutzen gewonnen werden, die über den bisherigen, vorwiegend auf theoretischen Annahmen und Laborversuchen basierenden Stand hinausgehen.

2.5 Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens

Während der Durchführung des Projekts wurde auch international weiter aktiv an den Fragestellungen geforscht. Rosso et al. geben eine Übersicht über die Fortschritte im Bereich der Zusammenhänge zwischen Mobilität und Vorgängen im Zentralen Nervensystem [51]. Hervas et al. beschreiben in [52] die Entwicklung eines Navigationsgeräts für Menschen mit kognitiven Einschränkungen, das ebenfalls mit Orten von besonderem Interesse arbeitet, allerdings weder die affektive Ebene explizit mit einbezieht noch die speziellen Anforderungen von aMCIs an die Interaktionsgestaltung berücksichtigt.

2.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

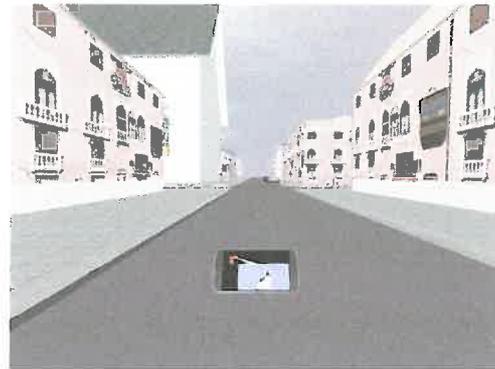
Innerhalb des Projektes wurde eine Diplomarbeit ausgeschrieben zur Implementierung der Basis für das sensomotorische Routenplanungsmoduls, sowie ein Poster zur Präsentation auf der DemAAL 2013 Summer School.

1. Kassen, David (2014): Sensomotorische Merkmale in der Anwendung eines Navigationsalgorithmus. Diplomarbeit, Universität Bremen.
2. Gerkenmeyer, Torben (2013): DemAAL - Dem@Care Summer School on Ambient Assisted Living. Poster.

Die gesammelten Erkenntnisse werden aktuell für eine geplante Journalpublikation nach Projektende aufbereitet.



(a) Sensomotorische Assistenz: Nach Abbiegung. Ansage: „Biegen Sie bei der Kirche rechts ab“.



(b) Sensomotorische Assistenz: Annäherung an den Entscheidungspunkt. Die Länge und Farbe des Pfeiles verändern sich graduell



(c) Sensomotorische Assistenz: Erreichen des Entscheidungspunktes. Ansage: „Biegen Sie jetzt bei der Kirche rechts ab“



(d) Simulierte Kartenansicht. Ansage: „Biegen Sie in 100 Metern links ab“

Abbildung 2.5: Zwei simulierte Assistenzsysteme – (a)–(c): Sensomotorische Assistenz; (d): Simulierte Kartenansicht.

(a) Route A.

(b) Route B.

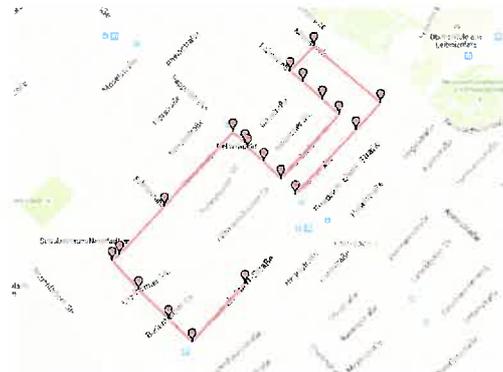
Abbildung 2.6: Die im Experiment verwendeten Routen aus der Vogelperspektive.



Abbildung 2.7: Anzeigen des Demonstrators



(a) Route A.



(b) Route B.

Abbildung 2.8: Die Routen in der In-Situ-Evaluation mit eingezeichneten Entscheidungspunkten (Quelle: Google Maps).

3 Erfolgskontrollbericht

3.1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen

Die Ergebnisse des Projekts sind ein Beitrag, wie den Herausforderungen, die der demografische Wandel an die Gesellschaft stellt, begegnet werden kann. Im Mittelpunkt steht ein technische innovatives Assistenzgerät, das die Lebensqualität und gesellschaftliche Teilhabe von Menschen mit kognitiven Einschränkungen adressiert. Durch die Untersuchung von Fragestellungen zur Mensch-Technik-Interaktion und den spezifischen Bedarfen, die mit einer zunehmend präsenten Form einer altersspezifischen Erkrankung einhergehen, konnten notwendige Grundlagen in einem realistische Anwendungsszenario erarbeitet werden, die die Weiterentwicklung von integralen Lösungsansätzen für einen konkreten Anwendungsfall vorantreiben.

Das Projekt zielte darauf ab, die individuellen Fähigkeiten von Menschen in spezifischen Anwendungskontexten gezielt zu unterstützen und dabei das subjektive Erleben zu berücksichtigen. Die angestrebte Lösung stärkt die Autonomie und leistet damit einen Beitrag zu Prävention und Gesundheitsförderung. Selbstbestimmt zu leben und dabei geistig und körperlich mobil zu sein, ist der Grundgedanke, der die Entwicklung des Systems trägt. Dabei wird gesundheitlichen Einschränkungen durch technologische Unterstützung begegnet. Der im Projekt verfolgte Ansatz leistet einen Betrag zur Entwicklung einer Navigationsassistentenlösung, die sich intuitiv und einfach mit gewohnten Handlungsweisen in bekannten wie unbekanntem Umgebungen nutzen lässt.

3.2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse des Vorhabens

Die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse des Projekts sind in Kapitel 2 beschrieben und sollen an dieser Stelle nur kurz zusammen gefasst werden.

Die Versuchsplattform „virtueller Rollator“ hat sich in ersten Vorabtests mit einem provisorischen Eingabegerät als vielversprechendes Evaluationsinstrument für raumkognitive Aufgaben herausgestellt. Das Gefühl des „natürlichen Gehens“, bzw. des Schiebens eines Rollators wurde in diesen Vorabtests durch die Laufbandtechnik nicht oder kaum beeinträchtigt, auch ist keine lange Eingewöhnungsphase festzustellen, um den Gang auf dem Gerät zu beherrschen.

Für die Versuche in der virtuellen Realität wurde ein Framework geschaffen, mit dem es möglich ist, parametrisiert künstliche Stadtumgebungen zu generieren, welche einen spezifizierten Grad an baulicher Vielfalt oder Monotonie enthalten. 3D-Modelle von Bauwerken verschiedener Architektur, Farbe, Größe, Struktur, textuellen Identifizierbarkeit und Semantik können an kontrollierten Punkten als saliente Orientierungspunkte einge-

3.3.2 Wirtschaftliche, wissenschaftliche und technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Der Demonstrator kann als Grundlage für die Entwicklung eines marktreifen affektiven sensomotorischen Navigationsassistentengeräts dienen. Weitere Forschung und Entwicklung im Bereich Affekterkennung, individuelle Anpassbarkeit der Nutzendenschnittstelle an die veränderlichen raumkognitiven Fähigkeiten und multimediale Präsentation der landmarkenbasierten Navigationsanweisungen ist hierfür allerdings erforderlich.

Das Feedback des Round Table und der Präsentation des Projekts bei öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen wie beispielsweise dem „BremerSessel“ lässt auf einen wachsenden Bedarf und gute Akzeptanz schließen. Wir bewerten auf dieser Grundlage die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten bei der Zielgruppe positiv.

Die sensomotorische Navigationsassistenten zeigte sich zudem für gesunde Menschen hilfreich für die Bewältigung von Navigationsaufgaben in unbekanntem Umgebungen und ermöglicht ganz neue Explorationsmöglichkeiten, von Sight-Seeing-Touren über ein raumkognitives Trainingsgerät zur Prävention und Gesundheitsförderung. Der beschriebene Ansatz ließe sich auch in klassische Navigationssysteme integrieren um damit neue Nutzengruppen zu erschließen, zumal eine Navigations-Funktion für Menschen mit Demenz auch etablierten Unternehmen große Publicity bringen könnte.

Für die Evolution des jetzigen Demonstrators zu einem marktreifen Produkt sind umfangreichere, strukturierte Softwaretests und eine Stabilisierung der erarbeiteten Funktionalitäten unabdingbar. Des Weiteren steht die Implementierung der affektiven Zustandserkennung aus. Mit dem „virtuellen Rollator“ wurden die Voraussetzungen geschaffen, im Sinne des Rapid Prototyping schnell und unkompliziert weitere Nutzenden-Feedback-Iterationen und Usabilitytests durchzuführen.

In Zusammenarbeit mit den Teilnehmenden des Round Table kann die Rekrutierung weiterer Probanden aus der Zielgruppe erfolgen, um in qualitativen und quantitativen Experimenten in der VR die sich abzeichnenden wissenschaftlichen Zusammenhänge zum Verlauf der Raumkognition bei der Alzheimerkrankheit zu validieren und zu vertiefen.

3.3.3 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Die imminently notwendige nächste Phase stellt die Evolution des jetzigen Demonstrators zu einem marktreifen Produkt dar. Hierzu sind Betrachtungen und empirische Untersuchungen zur Veränderung in den raumkognitiven Einschränkungen der Nutzer notwendig, sollen diese langfristig in die Systeminteraktion einbezogen werden, so dass das System dem Nutzer angepasst an den Krankheitsverlauf Assistenz bieten kann. Eine Assistenz, die auf die momentanen Fähigkeiten des Nutzer optimiert ist, muss zudem den Stand dieser Fähigkeiten robust erkennen können.

Die Evolution sollte das Interaktionskonzept und die Interaktionsmetaphern mit einschließen, um einerseits die Einbindung der beim Round Table formulierten Bedarfe vollständig umzusetzen und andererseits die in den In-Situ-Experimenten aufgekommenen Usabilityschwierigkeiten zu thematisieren. Hierbei könnte der variable Grad von Komplexität ebenso wie die natürliche Gestik zur Interaktion verstärkt betrachtet werden.

Die angestrebte Erkennung des Zustands der räumlichen Desorientierung bedarf der Erhebung einer Referenzdatenbasis. Dies kann in einem ersten Schritt im „virtuellen Rollator“ umgesetzt werden. Auf Grundlage dieser Datenbasis müssen Algorithmen implementiert werden, die den spezifischen kontextabhängigen Zustand robust erkennen. Anschließend kann die Funktionalität in das Assistenzgerät eingepflegt werden und in einer empirischen Versuchsreihe getestet werden.

Erstrebenswert sind außerdem eine Evaluationsreihe, die die Testnutzung durch Testpersonen über einen längeren Zeitraum unter realen Bedingungen vorsieht.

3.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Die im Rahmen der VR-Experimente erhobenen Daten zur räumlichen Desorientierung stellten sich bei der Auswertung als nicht Ziel führend heraus. Es gelang nicht, den momentanen affektiven Zustand der Probanden dahingehend zu beeinflussen, dass in den Experimenten der Zustand der Desorientierung als bewusst erlebt wiedergegeben wurde. Zudem stellten sich die Umgebungsbedingungen zum Zeitpunkt des Experiments (Temperatur im Labor) als extrem ungünstig heraus. Die Thermoregulationskomponente der Schweißproduktion auf der Stirn überlagerte zum großen Teil die endokrine Schweißproduktion, weshalb auch ein explorativer Ansatz der Datenauswertung zu keiner Lösung führte.

3.5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzende

Das Projekt fand Erwähnung in einem Fernsehbericht der Sendung *buten und binnen* am 23.03.2015, was als erster Schritt der Präsentation vor einem breiten Publikum gesehen werden kann. Nach den positiv-konstruktiven Echo des Round Table zum Thema sind weitere Veranstaltungen dieser Art vielversprechend. Da die breite Öffentlichkeit bereits für das Thema sensibilisiert ist, sind auch Veranstaltungen mit größerer Teilnehmendenzahl realistisch.

Sollte es ein Produkt geben, wird dies selbstverständlich über den Google Playstore vermarktet werden.

Informationsstellen und Veranstaltungen für Angehörige und Betroffene wie beispielsweise der DGPPN Kongress 2015: "Der Mensch im Mittelpunkt: Erwartungen, Bedarfe, Qualität und Gerechtigkeit in der Versorgung psychisch kranker Menschen" oder der „Deutsche Seniorentag“ sind öffentlichkeitswirksame Plattformen.

3.6 Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung

Durch Mutterschutz und Elternzeit einer Mitarbeiterin und Weggang einer zweiten Mitarbeiterin aus persönlichen Gründen kam es zu ungeplanten personellen Engpässen in dem Projekt, so dass die beantragten und notwendigen Personalmittel nicht in der vorgesehenen Zeit eingesetzt werden konnten. Wir haben unter diesen schwierigen Bedingungen

und der kurzen Projektlaufzeit in Absprache mit dem Projektträger die Aufgabenabfolge so gestellt, dass wir die geplanten Schritte durchführen konnten, allerdings verbunden mit einer kostenneutralen Verlängerung.

Die Evaluation in realen Umgebungen zum Ende der verlängerten Projektlaufzeit musste bedingt durch schlechte Wetterbedingungen nach Projektende aus eigenen Mitteln durchgeführt werden.