

Alternsgerechte Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen zur ergonomischen Interaktion mit telemedizinischen Systemen und Dienstleistungen

Von der Fakultät für Maschinenwesen der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Dr. rer. medic. Dipl.-Inform. Alexander Mertens

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Christopher Marc Schlick
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank Flemisch

Tag der mündlichen Prüfung: 27. November 2014

Industrial Engineering and Ergonomics

Band 16

Alexander Mertens

**Alternsgerechte Gestaltung von Mensch-Maschine-
Schnittstellen zur ergonomischen Interaktion mit
telemedizinischen Systemen und Dienstleistungen**

Shaker Verlag
Aachen 2015

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2014)

Copyright Shaker Verlag 2015

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3368-7

ISSN 1865-4665

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

In Zeiten des demografischen Wandels steigt der Bedarf an innovativen und umfassenden Versorgungskonzepten für ältere Menschen an. Denn die Menschen werden nicht nur immer älter, sondern hiermit verbunden steigt auch die Inzidenz und Prävalenz von Krankheiten und hieraus folgenden Behinderungen, die die Lebensqualität betroffener Personen sowie des sozialen Umfelds reduzieren.

Die Etablierung telemedizinischer Systeme und Dienstleistungen in den Gesundheitsprozess stellt hierbei eine äußerst vielversprechende Möglichkeit dar, den mit den Verschiebungen in der Altersstruktur einhergehenden Herausforderungen effektiv und nachhaltig zu begegnen. Für eine erfolgreiche Technikintegration in die medizinischen Versorgungsprozesse und die damit verbundene Nutzbarmachung der vorhandenen Potenziale ist ein integriertes und altersdifferenziertes Vorgehen bei der Konzeption, Auslegung und prototypischen Realisierung notwendig. Hierbei müssen zielgruppenspezifische Bedürfnisse berücksichtigt werden, um mögliche Barrieren für die Mensch-Maschine-Interaktion frühzeitig zu identifizieren und zu beheben.

Ausgehend von den altersbedingten Veränderungen der Informationsaufnahme, -verarbeitung und -abgabe werden die ergonomischen Anforderungen für eine selbstständige und fehlerrobuste Benutzung telemedizinischer Systeme und Dienstleistungen in der häuslichen Nachsorge evaluiert. In sieben empirischen Studien zu konkreten, für die individuelle medizinische Versorgung relevanten Anwendungsfällen werden für repräsentative Kohorten die psychophysikalischen Wirkzusammenhänge partizipativ untersucht und hierauf aufbauende Gestaltungshinweise zur Produktentwicklung abgeleitet. Hierbei liegt das Augenmerk insbesondere darauf, die Adhärenz und Akzeptanz für die Technikintegration mittels gebrauchstauglicher Benutzungsschnittstellen nachhaltig zu erhöhen. Neben dem Einsatz subjektiver Erfassungsinstrumente und Messverfahren werden auch biomechanische Analysen durchgeführt, wodurch zusätzliche objektive Daten zur Bewertung der Eignung für die fokussierte Zielgruppe zur Verfügung stehen. Die Vorgehensweise orientiert sich hierbei am menschenzentrierten Gestaltungsprozess gemäß DIN EN ISO 9241-210.

Im Gegensatz zu häufig nur heuristisch durchgeführten Studien liefert das vorliegende Werk durch die umfangreichen empirischen Untersuchungen mit älteren und sehr alten Probanden evidenzbasierte und wissenschaftlich abgesicherte Ergebnisse und ermöglicht die valide Ableitung praxisrelevanter Gestaltungsempfehlungen für die altersgerechte Mensch-Maschine-Interaktion.

Christopher M. Schlick

Veröffentlichte Teilergebnisse

- Baltzer, M.; Mertens, A. (2014) Technische Unterstützung für gesellschaftsfähiges Altern. In: Zeitschrift für Epileptologie 4/2014, (in print)
- Mertens, A.; Brandl, C.; Shiori, Y.; Schlick, C. (2014) Evaluation der Informationseingabe auf Touchscreens von Menschen mit Leistungsveränderungen der Feinmotorik mittels elektrophysiologischer Methoden (EMG). In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.) Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft (60. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft). Dortmund: GfA-Press, S. 519-521
- Mertens, A. (2013) swabbing – Informationseingabe auf Touchscreens für Menschen mit Tremor des Hand-Arm-Apparats. In: Jeschke, S.; Hees, F.; Vossen, R.; Leisten, I.; Jooß, C.; Schröder, S.; Zimmer, I. (Hrsg.) Demografie Atlas Deutschland: Land der demografischen Chancen. Technische Hochschule Aachen: Zentrum für Lern- und Wissensmanagement, S.104-105
- Mertens, A.; Brandl, C.; Przybysz, P.; Koch-Körffges, D.; Schlick, C. (2012) Design recommendations for the creation of icons for the elderly. In: Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation 41 (Supplement 1), S. 3519-3525
- Mertens, A.; Brandl, C.; Koch-Körffges, D.; Schlick, C. (2012) Telemedizin im 21. Jahrhundert: Herausforderungen und Potenziale. In: Schuh, G.; Stich, V. (Hrsg.) Edition Forschung Band 8: MeDiNa - Mikrosystemtechnik für ganzheitliche telemedizinische Dienstleistungen in der häuslichen Nachsorge. Aachen: Klinkenberg, S. 25-35
- Mertens, A.; Jochems, N.; Mayer, M.; Schlick, C. (2012) Ergonomische Analyse und Gestaltung der Mensch-Rechner-Interaktion für die Benutzung telemedizinischer Dienstleistungen. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 66 (2), S. 150-169
- Mertens, A.; Przybysz, P.; Brandl, C.; Schlick, C. (2012) Informationsarchitektur und Nutzerschnittstellen telemedizinischer Netzwerke und Dienstleistungen. In: Schuh, G.; Stich, V. (Hrsg.) Edition Forschung Band 8: MeDiNa - Mikrosystemtechnik für ganzheitliche telemedizinische Dienstleistungen in der häuslichen Nachsorge. Aachen: Klinkenberg, S. 67-85
- Mertens, A.; Wacharamanotham, C.; Hurtmanns, J.; Kronenbürger, M.; Borchers, J.; Schlick, C. (2012) Swabbing: touchscreen-based input technique for people with hand tremor. In: Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation 41 (Supplement 1), S. 2405-2411
- Mertens, A.; Dünnebacke, D.; Dornberg, J.; Schlick, C. (2011) Altersgerechte Useware für barrierefreien Zugriff auf telemedizinische Dienstleistungen - Nutzerstudien im MeDiNa-Projekt. In: Bieber, D.; Schwarz, K. (Hrsg.) Mit AAL-Dienstleistungen altern: Nutzerbedarfsanalysen im Kontext des Ambient Assisted Living. Saarbrücken: iso, S. 233-263
- Mertens, A.; Dünnebacke, D.; Glöggler, S.; Dornberg, J.; Ansoerge, B.; Deserno, V.; Schlick, C. (2011) Ergonomische Schnittstellengestaltung für barrierefreie telemedizinische Interaktion. In: Nippa, J. (Hrsg.) Tagungsband – 12. Kongress für Technologie in der Medizin und Energieeffizienz in Kliniken. Wetzlar: EURITIM, S. 117-128
- Mertens, A.; Heinicke, A.; Kausch, B.; Dünnebacke, D.; Dornberg, J.; Schlick, C. (2011) Altersdifferenzierte Psychoakustik bei der Mensch-Rechner-Interaktion mit telemedizinischen Systemen: Evaluation des intuitiven Verständnisses und der Memorierbarkeit akustischer Feedbackmechanismen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.) Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- und -herstellungsprozess (57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft). Dortmund: GfA-Press, S. 545-550
- Mertens, A.; Koch-Körffges, D.; Schlick, C. (2011) Designing a User Study to Evaluate the Feasibility of Icons for the Elderly. In: Eibl, M. (Hrsg.) Tagungsband der 11. fachübergreifende Konferenz für interaktive und kooperative Medien (Mensch & Computer '11). München: Oldenbourg, S. 79-90

Mertens, A.; Przybysz, P.; Groß, A.; Koch-Koerfges, D.; Nick, C.; Kaethner, M.; Schlick, C. (2011) Age-Adapted Psychoacoustics: Target Group Oriented Sound Schemes for the Interaction with Telemedical Systems. In: Stephanidis, C. (Hrsg.) Universal Access in Human-Computer Interaction Applications and Services (UAHCI '11) - Part IV, LNCS 6768. Berlin: Springer, S. 406-415

Mertens, A.; Wacharamanotham, C.; Hurtmanns, J.; Kronenbuerger, M.; Kraus, P.; Hoffmann, A.; Schlick, C.; Borchers, J. (2011) Model Based Processing of Swabbing Movements on Touch Screens to Improve Accuracy and Efficacy for Information Input of Individuals Suffering from Kinetic Tremor. In: Hippe, Z.; Kulikowski, J.; Mroczek, T. (Hrsg.) Human-Computer Systems Interaction: Backgrounds and Applications 2 - Part 1. Berlin: Springer, S. 503-522

Dünnebacke, D.; Mertens, A. (2010) Kurzzyklisches Monitoring von kardiologischen Risikopatienten im häuslichen Umfeld zum Wohle des Patienten und des Gesundheitssystems. In: BMBF; VDE (Hrsg.) Tagungsband zum 3. Deutschen AAL-Kongress: Assistenzsysteme im Dienste des Menschen - zuhause und unterwegs. Berlin: VDE-Verlag, Paper 6.4

Mertens, A.; Dornberg, J.; Dünnebacke, D. (2010) Home Healthcare - Target Group Specific Access to Telemedical Services. In: Jordanova, M.; Lievens, F. (Hrsg.) Proceedings of the International eHealth, Telemedicine and Health ICT Forum for Education, Networking and Business (Med-e-Tel '10). Luxemburg: International Society for Telemedicine (ISfTeH), S. 294-299

Mertens, A.; Dünnebacke, D.; Dornberg, J.; Schlick, C. (2010) Biometrie@Home - Implementierung patientenzentrierter Dienstleistungen für das telemedizinische Monitoring in der häuslichen Nachsorge. In: Nippa, J. (Hrsg.) Tagungsband – 11. Kongress für Technologie in der Medizin und Energieeffizienz in Kliniken. Wetzlar: EURITIM, S. 205-209

Mertens, A.; Dünnebacke, D.; Dornberg, J.; Jochems, N.; Schlick, C. (2010) Usability Engineering für die altersgerechte Gestaltung telemedizinischer Dienstleistungen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.) Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten (56. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft). Dortmund: GfA-Press, S. 867-870

Mertens, A.; Dünnebacke, D.; Dornberg, J.; Koch-Körfges, D. (2010) Demography, Biometry and Monetary Influences - A Health Economic Evaluation of the Potentials of Short Cycle Monitoring for Elderly Cardiovascular Patients with Help of Tailored Telemedical Services. In: Safran, C.; Reti, S.; Marin, H. (Hrsg.) Proceedings of the 13th World Congress on Medical Informatics - Studies in Health Technology and Informatics (MEDINFO '10). Amsterdam: IOS Press, S. 1361

Mertens, A.; Jochems, N.; Schlick, C.; Dünnebacke, D.; Dornberg, J. (2010) Design Pattern TRABING: Touchscreen-based Input Technique for People Affected by Intention Tremor. In: Proceedings of the 2nd ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems (EICS '10). New York (NY): ACM, S. 267-272

Mertens, A.; Jochems, N.; Schlick, C.; Dünnebacke, D.; Dornberg, J. (2010) A Novel Input Method for Trepidant Users of Telemedical Services. In: Duffy, V. (Hrsg.) Advances in Human Factors and Ergonomics in Healthcare. Boca Raton (FL): Taylor & Francis, S. 662-671

Mertens, A.; Kaus*Analgech, B.; Jochems, N.; Schlick, C. (2010) Selection Technique for Small Objects on Touch Screens for People with Muscle Tremor. In: Ziegler, J.; Schmidt, A. (Hrsg.) Konferenzband Mensch & Computer 2010. München: Oldenbourg, S. 241-250

Mertens, A.; Kausch, B.; Stock, T.; Schlick, C. (2010) Designempfehlungen zur Gestaltung von Bild- und Sprachzeichen für ältere Benutzer - Evaluation der zielgruppenspezifischen Technikakzeptanz für telemedizinische Anwendungen. In: USEWARE 2010: Grundlagen-Methoden-Technologien, VDI-Berichte 2099. Düsseldorf: VDI, S. 157-168

Mertens, A.; Dünnebacke, D.; Jochems, N.; Schlick, C. (2010) Entwurfsmustersprache für altersgerechte Assistenzsysteme. In: BMBF; VDE (Hrsg.) Tagungsband zum 3. Deutschen AAL-Kongress: Assistenzsysteme im Dienste des Menschen - zuhause und unterwegs. Berlin: VDE-Verlag, Paper 17.2

Mertens, A.; Koch-Körfges, D.; Jochems, N.; Schlick, C. (2010) Touchscreen-based Input Technique for People with Intention Tremor. In: Pardela, T. (Hrsg.) Proceedings of the 3rd International Conference on Human System Interaction (HSI '10). New York (NY): IEEE, S. 236-240

Mertens, A.; Dünnebacke, D.; Kausch, B.; Laing, P.; Schlick, C. (2009) Innovation of homely rehab with help of telemedical services. In: Dössel, O.; Schlegel, W. (Hrsg.) Proceedings of the World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. Berlin: Springer, S. 24-27

Mertens, A.; Kausch, B.; Dünnebacke, D.; Laing, P. (2009) Adequate Requirements Analysis in Homely Rehab, In: Cunningham, P.; Cunningham, M. (Hrsg.) Proceedings of the International eChallenges Conference (e-2009), S. 1-8

Mertens, A.; Przybysz, P.; Kausch, B.; Dünnebacke, D.; Schlick, C. (2009) Adequate Assistance for Elderly People in Homely Rehab. In: Tavangarian, D.; Kirste, T.; Timmermann, D.; Lucke, U.; Versick, D. (Hrsg.) Proceedings of the International Conference on Intelligent Interactive Assistance and Mobile Multimedia Computing (IMC '09), CCIS 53. Berlin: Springer, S. 337-338

Patente

DE 102010005753A1: Verfahren und Vorrichtung zur Eingabe einer Information in eine Datenverarbeitungsanlage. Mertens, A.; Hermanns, D.; Koch-Koerfges, D.; Przybysz, P.; Schlick, C. Anmeldedatum: 25.01.2010

WO 002011089018A1: Method and device for entering information in a data processing system. Mertens, A.; Hermanns, D.; Koch-Koerfges, D.; Przybysz, P.; Schlick, C. Anmeldedatum: 25.01.2011

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Motivation.....	2
1.2 Zielsetzung.....	4
1.3 Vorgehensweise.....	4
2 Benutzungskontext: Telemedizinische Systeme und Dienstleistungen zur Bewältigung des demografischen Wandels	7
2.1 Demografischer Wandel und die Konsequenzen für die medizinischen Versorgungsprozesse.....	7
2.1.1 Demografische Entwicklungen in Deutschland.....	7
2.1.2 Auswirkungen des demografischen Wandels auf die Gesundheitsversorgung.....	8
2.1.3 Phasen der medizinischen Versorgung.....	10
2.1.4 Anforderungen an die Lebensqualität im Alter.....	12
2.1.5 Informations- und Kommunikationstechnologie in der medizinischen Versorgung.....	14
2.2 Telemedizinische Systeme und Dienstleistungen.....	16
2.2.1 Begriffsdefinition, Systematik und Abgrenzung der Telemedizin.....	16
2.2.2 Status quo des Einsatzes telemedizinischer Systeme und Dienstleistungen in der häuslichen Gesundheitsversorgung.....	19
2.2.3 Übersicht aktueller Telemonitoring-Produkte im kommerziellen Einsatz.....	22
2.2.4 Mobile Gesundheitsapplikationen.....	24
2.3 Zukunftsexploration zur Gestaltung von Technik für die Verbesserung der medizinischen Versorgungsprozesse.....	26
2.4 Zwischenfazit.....	29
3 Benutzungsanforderungen älterer Personen an die Interaktion mit telemedizinischen Systemen und Dienstleistungen	31
3.1 Modellhafte Beschreibung der Prozesse der Informationsaufnahme, -verarbeitung und -abgabe bei der Mensch-Rechner-Interaktion.....	32
3.1.1 Informationsübertragung.....	33
3.1.2 Informationsverarbeitung.....	36
3.1.3 Erweitertes Modell der Informationsaufnahme, -verarbeitung und -abgabe.....	37

3.1.4	Altersbedingte Veränderungen der menschlichen Informationsaufnahme, -verarbeitung und -abgabe und Ableitung entsprechender Benutzungsanforderungen.....	38
3.1.5	Altersbedingte Veränderungen der Informationsaufnahme	39
3.1.6	Altersbedingte Veränderungen der Informationsverarbeitung	45
3.1.7	Altersbedingte Veränderungen der Informationsabgabe	54
3.1.8	Zusammenfassung altersbedingter Veränderungen.....	59
3.2	Stand der Wissenschaft zur alters- und altersgerechten Gestaltung der Mensch-Rechner-Interaktion.....	59
3.2.1	Gestaltung von Menüstrukturen und Interaktionsprozessen.....	61
3.2.2	Textdarstellung	62
3.2.3	Multimodale Rückkopplungsmechanismen	62
3.2.4	Bildzeichen und Informationsgrafiken.....	63
3.2.5	Navigation und Gesten	65
3.2.6	Informationsrepräsentation	65
3.2.7	Eingabesysteme	66
3.2.8	Guidelines, Normen und Heuristiken.....	68
3.3	Einstellung älterer Personen gegenüber (Medizin-)Technik und der Einfluss auf die Adhärenz.....	70
3.3.1	Adhärenz	72
3.3.2	Stand der Wissenschaft zur Therapietreue älterer Personen und des Einflusses von Informations- und Kommunikationstechnologie	74
3.4	Abgeleiteter Forschungsbedarf.....	77
4	Konzeption, Entwicklung und empirische Evaluation altersgerechter Mensch-Maschine-Schnittstellen für die therapiekonforme Interaktion mit telemedizinischen Systemen und Dienstleistungen.....	79
4.1	Generelles Vorgehen	79
4.1.1	Befragungsinstrumente und Testverfahren	80
4.1.2	Stichproben.....	87
4.1.3	Datenerfassung und -auswertung	100
4.2	Einstellung älterer Menschen gegenüber Technik und ihr Einfluss auf die Adhärenz.....	101
4.2.1	Studie 1: Einfluss der persönlichen Profilkfaktoren älterer Menschen auf ihre Einstellung gegenüber Technik.....	102

4.2.2 Studie 2: Einfluss der Einstellung älterer Menschen auf die Adhärenz bei der Benutzung telemedizinischer Systeme und Dienstleistungen.....	112
4.2.3 Abgeleitete Gestaltungsempfehlungen.....	128
4.3 Visuelle und akustische Einflussfaktoren für die ergonomische Informationsaufnahme und -verarbeitung.....	129
4.3.1 Studie 1: Gestaltung nicht-animierter Bildzeichen zur Repräsentation von Systemfunktionen	129
4.3.2 Studie 2: Psychoakustische Untersuchung von Klangschemata als Mechanismen zum Auslösen von Systemfunktionen und zur Meldung von Systemereignissen.....	140
4.3.3 Abgeleitete Gestaltungsempfehlungen.....	156
4.4 Informationsabgabe auf Touchscreens für Menschen mit Tremor des Hand-Arm-Apparats	157
4.4.1 Konzept und Wirkungsweise der Swabbing-Eingabetechnik	157
4.4.2 Studie 1: Vergleich von Wischbewegungen und punktuellen Berührungen hinsichtlich der Ausführungszeit und Zuverlässigkeit bei der Informationsabgabe	159
4.4.3 Studie 2: Analyse von Bewegungsmustern bei der Eingabe von vorgegebenen Zeichenketten.....	171
4.4.4 Studie 3: Adaption der Mittelpunktswinkel der Zielpartitionen bei der Informationsabgabe unter Verwendung der Wischtechnik.....	192
4.4.5 Abgeleitete Gestaltungsempfehlungen.....	204
4.5 Anwendung der Gestaltungsempfehlungen in der Produktentwicklung.....	206
5 Zusammenfassung und Ausblick	209
5.1 Diskussion der Forschungsfragen	210
5.2 Ausblick.....	215
6 Literaturverzeichnis	217
7 Anhang.....	245