Altersrobuste kognitionsergonomische Visualisierung von Netzplänen in Projektmanagement-Software

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

vorgelegt von
Jennifer Eve Bützler

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Christopher Marc Schlick
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank Flemisch
Tag der mündlichen Prüfung: 09. Juni 2015

Industrial Engineering and Ergonomics

Band 17

Jennifer Eve Bützler

Altersrobuste kognitionsergonomische Visualisierung von Netzplänen in Projektmanagement-Software

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, 2015)

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 978-3-8440-3879-8
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

Recht herzlich danken möchte ich allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, indem sie mich durch fachliche und überfachliche Diskussionen unterstützt, zu neuen Denkansätzen angeregt und mich in meinen Ideen bestärkt haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Christopher Marc Schlick für die Betreuung meiner Arbeit und die richtungsweisenden fachlichen Gespräche und Diskussionen sowie Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank Flemisch für die Übernahme des Koreferats.

Weiterhin möchte ich meinen Kollegen und ehemaligen Kollegen sowie meinen studentischen Mitarbeitern dafür danken, dass sie neben vielen inhaltlichen Diskussionen auch durch das stets angenehme Arbeitsklima zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben.

Insbesondere meiner Familie und meinen engen Freunden möchte ich dafür danken, dass sie mich stets bestärkt und auf meinem Weg unterstützt haben.

Vorwort

Im Hinblick auf die hohe Komplexität von Entwicklungs- und Investitionsprojekten sowie den damit verbundenen Risiken für Unternehmen ermöglicht der Einsatz innovativer Projektmanagement-Software eine wesentlich effektivere und flexiblere Projektplanung und -steuerung. Angesichts ihres umfangreichen Erfahrungswissens sind in Unternehmen viele ältere Arbeitspersonen mit diesen Aufgaben betraut. Altersbedingte Veränderungen der perzeptiven, kognitiven und motorischen Systeme führen jedoch bei derart komplexen Softwaresystemen häufig zu Benutzungsproblemen. Insbesondere inkonsistente und überkomplexe Darstellungen der Ablaufstrukturen im Projekt führen zu einer unnötig hohen mentalen Beanspruchung sowie Fehlern. Zur Visualisierung von Ablaufstrukturen existieren unterschiedliche Verfahren. Ein weit verbreitetes Verfahren ist die Netzplantechnik. Diese ermöglicht es zwar unterschiedliche Anordnungsbeziehungen zwischen Aktivitäten differenziert darzustellen, die erzeugten Pläne können jedoch bei komplexen Projekten schnell unübersichtlich werden. Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, neue Ansätze zu entwickeln, um Netzpläne in Projektmanagement-Software kognitionsergonomisch und alters- bzw. alternsrobust zu visualisieren. Ausgehend von individuellen Leistungs- und Beanspruchungsbildern jüngerer und älterer Arbeitspersonen sowie bestimmten Aufgabentypen werden in der vorliegenden Dissertationsschrift Anforderungen an die Visualisierung von Netzplänen identifiziert und innovative Visualisierungskonzepte entwickelt. Diese Konzepte werden von der Autorin in zwei umfangreichen Versuchsreihen mit insgesamt 198 Personen zwischen 25 und 68 Jahren für mehrere Aggregations- und Abstraktionsstufen am Beispiel von Vorgangsknoten-Netzplänen untersucht. Basierend auf differenzierten statistischen Analysen der Bearbeitungszeit, Bearbeitungsgenauigkeit und subjektiv erlebten mentalen Beanspruchung in Verbindung mit umfangreichen Blickbewegungsmessungen werden die Visualisierungsvarianten ergonomisch bewertet und Gestaltungsempfehlungen für die Praxis abgeleitet. Die Ergebnisse zeigen, dass die computergestützte Arbeit mit Netzplänen sowohl für jüngere als auch für ältere Arbeitspersonen durch eine kognitionsergonomische Darstellung hinsichtlich Leistung, Zuverlässigkeit und Beanspruchung deutlich verbessert werden kann.

Christopher M. Schlick

Liste der veröffentlichten Teilergebnisse

Bützler, J., Bröhl, C., und Schlick, C.M. (2015). Age-robust cognitive ergonomic design of network diagrams in project management software: An empirical study of the effect of continuous edges on execution time and error rate. In *Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA*.

Bützler, J., Bröhl, S., und Schlick, C. M. (2015). Altersrobuste kognitionsergonomische Gestaltung von Netzplänen in Projektmanagement Software. In *VerANTWORTung für die Arbeit der Zukunft*, 61. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. GfA-Press.

Bützler, J., Brömme, R., Bröhl, C., Jochems, N., und Schlick, C. M. (2014). Layout structures of network diagrams in project management software: An age-differentiated empirical investigation concerning symmetry and space. In *Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE*, volume 6, pages 368–379.

Bützler, J., Brömme, R., Bröhl, C., Djaloeis, R., und Schlick, C. M. (2014). Altersrobuste Gestaltung von Netzplänen in Projektmanagementsoftware. In *Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft*, 60. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, pages 147–149. GfA-Press.

Bützler, J., Bröhl, C., Jochems, N., und Schlick, C. M. (2013). Age differentiated usability evaluation of project management software. In *Human System Interaction (HSI)*, 2013 The 6th International Conference on, pages 153–158.

Bützler, J., Bröhl, C., Jochems, N., und Schlick, C. M. (2013). Altersgerechte Gestaltung von Projektmanagement-Software. *Industrie Management - Zeitschrift für industrielle Geschäftsprozesse*, 29(3):39–42.

Bützler, J., Vetter, S., Jochems, N., und Schlick, C. M. (2012). Bivariate pointing movements on large touch screens: Investigating the validity of a refined Fitts' Law. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41:3526–3532.

Bützler, J., Vetter, M., Jochems, N., und Schlick, C. (2011). Refinement of Fitts' Law for large touch screens: Age-differentiated analysis of the motion angle in bivariate pointing tasks. In *Proceedings of human factors in organisational design and management X*, volume 2, pages 93–99.

Bützler, J., Vetter, S., Jochems, N., und Schlick, C. M. (2010). Altersdifferenzierte Bewertung von verschiedenen Zielbreitenmodellen bei einer Fitts'schen Zeigeaufgabe an einem großflächigen berührungssensitiven Bildschirm. In *USEWARE 2010: Grundlagen-Methoden-Technologien*. 5.VDI Fachtagung, pages 139–148. VDI-Berichte.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **1**

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung 1
1.2 Herausforderungen in heutigen Arbeitssystemen 3
1.2.1 Digitalisierung 3
1.2.2 Demographischer Wandel 5
1.3 Zielsetzung und Vorgehensweise 7

2 Computergestütztes Projektmanagement **10**

2.1 Grundlagen des Projektmanagements 10
2.1.1 Definitionen und Phasen im Projektmanagement 10
2.1.2 Modellierung und Visualisierung von Projektplänen 11
2.1.2.1 Projektstrukturpläne 11
2.1.2.2 Netzpläne 13
2.1.2.2.1 Vorgangspfeil-Netzplan 15
2.1.2.2.2 Ereignisknoten-Netzplan 16
2.1.2.2.3 Vorgangsknoten-Netzplan 17
2.1.2.2.4 Graphische Darstellung von Netzplänen 21
2.1.2.3 Balkenpläne (Gantt Charts) 24
2.2 Analyse des Stands von Forschung und Technik im Hinblick auf die Visualisierung von Netzplänen in Projektmanagement-Software 26
2.2.1 Empirische Vorstudie zur Gebrauchstauglichkeit 26
2.2.2 Netzplan-Visualisierung in Softwareprodukten im Vergleich 30
2.2.3 Innovative Visualisierungsmethoden für Ablaufpläne 33

3 Kognitionsergonomische Visualisierung von Netzplänen **37**

3.1 Anforderungen seitens des Benutzers 38
3.1.1 Visuelle Informationsaufnahme 40
3.1.2 Kognitive Informationsverarbeitung 44
3.1.3 Motorische Informationsabgabe 53
3.1.4 Zusammenfassung 55
3.2 Anforderungen seitens der Arbeitsaufgabe 56

3.2.1 Befragung von Projektmanagern . . . 56
3.2.2 Teilaufgaben bei der Ablaufplanung mit Netzplänen . . . 57
3.3 Anforderungen seitens des Arbeitsmittels und der Arbeitsumgebung . . . 59
3.4 Gestaltungsansätze für eine kognitionsergonomische Visualisierung von Netzplänen . . . 60
3.4.1 Informationsvisualisierung auf elektronischen Informationsdisplays . 60
3.4.2 Visualisierung mittels Graphen . . . 61
3.5 Abgeleiteter Forschungsbedarf und Forschungsfragen . . . 69

4 Empirische Untersuchungen 72
4.1 Übergeordnete Methodik . . . 72
4.1.1 Pre- und Posttests . . . 72
4.1.2 Versuchsanordnung . . . 77
4.1.3 Stichproben . . . 78
4.1.4 Versuchsaufbau . . . 79
4.1.5 Versuchsdurchführung . . . 80
4.1.6 Datenerfassung und -aufbereitung . . . 81
4.1.7 Statistische Datenauswertung . . . 82
4.2 Versuchsreihe A: Abstände und Anordnung der Aktivitäten im Netzplan . . . 84
4.2.1 Ziel und Methodik . . . 84
4.2.2 Ergebnisse der Pre- und Posttests . . . 95
4.2.3 Ergebnisse des Hauptversuchs . . . 101
4.2.4 Diskussion . . . 134
4.2.5 Zeitliche und räumliche Analyse der Blickpfade . . . 144
4.3 Versuchsreihe B: Visualisierung der Verknüpfungen im Netzplan . . . 156
4.3.1 Ziel und Methodik . . . 156
4.3.2 Ergebnisse der Pre- und Posttests . . . 165
4.3.3 Ergebnisse des Hauptversuchs . . . 172
4.3.4 Diskussion . . . 197
4.3.5 Zeitliche und räumliche Analyse der Blickpfade . . . 204

5 Schlussfolgerungen und Gestaltungsempfehlungen für die Praxis 208

6 Zusammenfassung und Ausblick 212

Literaturverzeichnis 214

Anhang 237
A.1 Zu den Versuchsreihen verwendete Fragebögen . . . 237