

Roberto Kockrow

Effekte des Einsatzes ultrabreiter
Curved Monitore in sicherheitskritischen
Anwendungsbereichen

EFFEKTE DES EINSATZES ULTRABREITER CURVED MONITORE IN SICHERHEITSKRITISCHEN ANWENDUNGSBEREICHEN

Von der Fakultät für Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme der
Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg
genehmigte Habilitationsschrift im Fach Arbeitswissenschaft zur Erlangung
des akademischen Grades eines

Doktor der Ingenieurwissenschaften habilitatus (Dr.-Ing. habil.)

von

Dr.-Ing. Roberto Kockrow

Habilitationsausschuss

Vorsitzende: Prof. Dr.-Ing. habil. Sabine Weiß
Gutachterin: apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. paed. Annette Hoppe
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Uwe Meinberg
Gutachter: Prof. Dr. Martin Schmauder
Weiteres Mitglied: Prof. Dr.-Ing. Ulrich Berger

Eröffnung des Habilitationsverfahrens: 24.07.2023
Fakultätsbeschluss über die Zuerkennung der Lehrbefähigung: 14.02.2024



Forschungsberichte

Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie

Herausgeberin: apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. paed. Annette Hoppe

Roberto Kockrow

**Effekte des Einsatzes ultrabreiter Curved
Monitore in sicherheitskritischen
Anwendungsbereichen**

Shaker Verlag
Düren 2024

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.: Cottbus-Senftenberg, BTU, Habil.-Schr., 2024

Copyright Shaker Verlag 2024

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-9436-7

ISSN 1869-1501

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

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

Vorwort

Das Thema ist sehr gut gewählt, weil es eine aktuelle Diskussion zum Einsatz neuer Monitore in sicherheitsrelevanten Bereichen in den Fokus der vorgelegten Veröffentlichung stellt. Dadurch entspricht es in hohem Maße der aktuellen wissenschaftlichen Notwendigkeit und schließt eine relevante Lücke im bisherigen Stand des theoretischen Wissens auf dem Gebiet der ergonomischen Arbeitsforschung. Zusätzlich ist eine Gestaltungsempfehlung für die Praxis erarbeitet worden und die Möglichkeit der Einbeziehung der Erkenntnisse in arbeitswissenschaftliche Module der universitären Hochschullehre ist sehr gut möglich. Der schnelle Wandel in der Arbeitswelt geht natürlich aus von und einher mit der ständigen Entwicklung neuer Arbeitstechnik. Dabei ist nicht jedes neue oder veränderte Produkt auch wissenschaftlich begleitet entstanden. Oft wird die Möglichkeit einer Veränderung genutzt, um ein neues Produkt auf dem Markt zu platzieren und somit schneller als die Konkurrenz zu sein. Und so stehen Nutzer und Unternehmen oft allein vor der Frage, ob diese Neuheit sinnvoll für sie ist oder eher nicht. Die Forschung kann dann Hilfe leisten, muss aber eine abgesicherte Erkenntnis bereitstellen. Diese allgemeine Tatsache war eine Grundlage der vorliegenden Schrift. Der Autor ist schon einige Zeit in der universitären Forschung auf dem Gebiet der Arbeitswissenschaft selbstständig tätig. Er arbeitete wissenschaftlich sowohl in der Grundlagenforschung im Ergonomielabor als auch in der Feldforschung mit Unternehmen sehr erfolgreich zusammen. Über diese Quellen leitet sich seine Motivation der wissenschaftlichen Arbeit ab. Curved Monitore sind ein Trend in der Leitstandsgestaltung, der neu und deshalb sehr wenig erforscht ist. In der Theorie der Arbeitswissenschaft, der modernen Lehre und der Gestaltung von Arbeitssystemen in Unternehmen gibt es aktuell wenige Erkenntnisse dazu. In der betrieblichen Praxis wird dieses Thema sehr oft emotional geladen diskutiert. Hersteller von Leittechnik sind ebenfalls sehr stark an neuen Erkenntnissen interessiert. Die Unternehmen fragen nach konkreten Forschungsergebnissen aus der aktuellen Arbeitsforschung. Dort existieren momentan kaum gesicherte Erkenntnisse. Die in diesem Buch vorgestellte Thematik ist innovativ und von großer Bedeutung in der gegenwärtigen Arbeitsforschung und in der aktuellen Arbeitsplatzgestaltung.

Dem Buch zum Geleit und dem Autor zur Anerkennung.

apl. Prof. Dr. -Ing. habil. Dr. paed. Annette Hoppe

Leiterin des Fachgebiets Arbeitswissenschaft / Arbeitspsychologie (Awip)
Leiterin der Kooperativen Forschungsstelle Technikstress (KFT)
Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus – Senftenberg

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Motivation.....	1
1.2	Zielstellung	3
1.3	Arbeitsplätze in Leitwarten und Leitstellen	4
1.3.1	Sicherheitskritische Infrastruktur	5
1.3.2	Typische Herausforderungen.....	6
2	Stand wissenschaftlicher Erkenntnisse	11
2.1	Die visuelle Wahrnehmung	11
2.1.1	Blickbereiche als Grundlage für eine ergonomische Arbeitssystemgestaltung	11
2.1.2	Horopterkonzepte	14
2.1.3	Bewertung der Relevanz	16
2.2	Positionierung optischer Anzeigen	17
2.3	Mensch-Maschine-Interaktion in Leitwarten	19
2.4	Curved Technologie – was ist das?.....	22
2.4.1	Curved Modelle und Marktdurchdringung	24
2.4.2	Stand der Forschung	24
3	Erhebung von Expertenmeinungen	29
3.1	Methodisches Vorgehen	31
3.1.1	Ablauf der Befragung	32
3.1.2	Befragungsteilnehmer.....	33
3.2	Zusammengefasste Aussagen	34
3.2.1	Experte Exp01.....	35
3.2.2	Experte Exp02.....	36
3.2.3	Experte Exp03.....	37
3.2.4	Experte Exp04.....	39
3.2.5	Experte Exp05.....	41
3.3	Zusammenfassung der Erkenntnisse zu einem historischen Abriss	44

4	Anwendungsbezogene Studie: Arbeitsleistung	47
4.1	Vergleichsstudie „Periphere Wahrnehmung“	47
4.1.1	Angewendete Methodik und entwickelte Versuchsumgebung	47
4.1.2	Ergebnisse der Studie.....	49
4.2	Hypothesen zur Signalerkennung	49
4.3	Methodik zur Studie an Curved Monitoren.....	50
4.3.1	Räumlichkeit und Versuchsaufbau	50
4.3.2	Aufgaben und Instrumentarium	52
4.3.3	Zeitlicher Versuchsablauf	56
4.3.4	Protokollierung der Nutzerinteraktion	57
4.4	Versuchsdurchführung und Datenaufbereitung.....	58
4.4.1	Bereinigung von Blickabweichungen	59
4.4.2	Aufbereitung der Datensätze	60
4.4.3	Prüfung notwendiger Eingangsbedingungen	62
4.5	Ergebnisse.....	66
4.5.1	Abhängigkeiten innerhalb des Versuchsdesigns	66
4.5.2	Vergleich der Reaktionszeiten	69
4.5.3	Vergleich der Erkennungsraten	73
4.5.4	UX und subjektive Wahrnehmungen.....	73
4.6	Zwischenfazit und Prüfung der Hypothesen	75
5	Anwendungsbezogene Studien: Wechselwirkungen mit Rahmenparametern.....	77
5.1	Experiment 1: Wechselwirkung mit der Umgebungsbeleuchtung	77
5.1.1	Messaufbau	78
5.1.2	Versuchsdurchführung.....	79
5.1.3	Auswertung der Daten	80
5.1.4	Erkenntnisableitung.....	84
5.2	Experiment 2: Auswirkungen auf die Kontrastierung.....	85
5.2.1	Messaufbau	86
5.2.2	Versuchsdurchführung.....	86
5.2.3	Ergebnisse.....	87

5.3	Auswirkung der vertikalen Beleuchtungsstärke	89
5.3.1	Messaufbau	90
5.3.2	Versuchsdurchführung	91
5.3.3	Erkenntnisse	91
5.4	Experiment 3: Akustische Wechselwirkungen	93
5.4.1	Messaufbau und –methode	95
5.4.2	Datenaufbereitung	97
5.4.3	Auswertung der Daten	97
5.4.4	Erkenntnisableitung	100
6	Praxisrelevante Ableitungen	101
6.1	Einfluss auf die Signalerkennung	101
6.2	Orientierung und Bediengeschwindigkeit	102
6.3	Sehabstände	102
6.4	Auswirkungen auf das Blickfeld	103
6.5	Neigung von Curved Monitoren	103
6.6	Individualisierbarkeit	105
6.7	Akustische Wechselwirkungen	106
6.8	Technische Verfügbarkeit	107
6.9	Grafikleistung	108
6.10	Zusammenfassende Hinweise für den Einsatz von Curved Systemen	109
7	Fazit und Ausblick	113
7.1	Fehlerdiskussion und Methodenkritik	113
7.2	Fazit	114
7.3	Weiterer Forschungsbedarf	115
	Literaturverzeichnis	117

Anhang	129
A) Leitfaden der Expertengespräche.....	129
B) Eingangsfragebogen Probanden der Curved Laborstudie	130
C) Ergebnisse Fragebogen.....	131
D) Signalerkennung und durchschn. Reaktionszeiten je Seitenevent.....	132
E) MCT-Reaktionen, segmentiert.....	133
F) SPSS Ausgaben.....	136
G) Datenblatt 49" Curved Monitor als Berechnungsbasis Kap. 1.3.....	142
H) Screenshot Herstellerwebseite (beispielhaft).....	142