

Erkenntnisse zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung mit ultrabreiten Curved Monitoren

Roberto KOCKROW

*Fachgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie,
Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg,
Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus*

Kurzfassung: Am Fachgebiet Arbeitswissenschaft/Arbeitspsychologie der BTU Cottbus-Senftenberg wurde eine Studie zu ergonomischen Effekten von ultrabreiten Curved Monitoren an Bildschirmarbeitsplätzen durchgeführt, deren Zwischenergebnisse bereits hier publiziert wurden. Im Fokus stand die Frage, ob Ergonomie beeinträchtigende Effekte durch Wechselwirkungen mit Umgebungsfaktoren auftreten können und welchen Mehrwert die Verwendung dieser Monitore speziell in sicherheitskritischen Anwendungsbereichen erzeugen kann. In einer Laborstudie wurden Auswirkungen auf die visuelle Wahrnehmung, das Nutzerempfinden und ergonomische Aspekte mit verschiedenen Monitorkonstellationen analysiert, letzteres durch verschiedene Messreihen zur Bewertung akustischer und beleuchtungsrelevanter Aspekte. Es zeigte sich, dass gerätespezifische Restriktionen vor allem auf die Positionierungs- und Justierungsoptionen bei der Integration in das Arbeitssystem zurückwirken. Sowohl theoretisch hergeleitet als auch auf Basis der abgeleiteten Messergebnisse sind ergonomische Einschränkungen plausibel, da beispielsweise Neigungsempfehlungen nur bedingt eingehalten werden können oder die Qualität der Darbietungseigenschaften beeinträchtigt wird. Aus diesem Grund soll der vorliegende Beitrag die erkannten, ergonomisch wirksamen Effekte bei Verwendung von ultrabreiten Curved-Monitoren in den Mittelpunkt der Betrachtung rücken und damit helfen, potenzielle Nutzungsentscheidungen zu fundieren sowie für die diskutierten Problemstellungen zu sensibilisieren.

Schlüsselwörter: Curved Monitore, Bildschirmarbeit, Ergonomie, Arbeitsplatzgestaltung, Neigung

1. Einleitung

In der jüngeren Vergangenheit drängen Monitore mit einer gewölbten Visualisierungsfläche auf den Markt. Insbesondere bei Breitbildformaten sind diese Curved Monitore bereits etabliert und häufig vorzufinden. Hersteller versprechen damit positive Eigenschaften für die Bildschirmarbeit und ergonomischeres Arbeiten. Eine detaillierte Prüfung der Argumentationsketten oder angeführter Quellen lässt jedoch zumindest Zweifel an der durchweg positiven Darstellung der Eigenschaften dieser Geräte zu. Aus diesem Grund wurde am Fachgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie der BTU Cottbus-Senftenberg eine Studie aufgelegt, welche ergonomische Eigenschaften, Wechselwirkungen mit Umgebungsfaktoren, Effekte für die wahrgenommene Usability und den Mehrwert von Curved Monitoren für eine visuelle Ent-

deckungsaufgabe analysierte. Im Fokus stand der Einsatz dieser Geräte in sicherheitskritischen Anwendungsbereichen (KRITIS, siehe <https://www.bsi.bund.de>) mit deren besonderen Anforderungen an die IT-Infrastruktur.

Zur Erreichung dieser Teilziele wurden sowohl eine Probandenstudie als auch Messreihen durchgeführt. Das Versuchsdesign der Probandenstudie war sehr stark an ein, zuvor abgeschlossenes DFG-Forschungsprojekt angelehnt, um das Reaktionsverhalten der Probanden vergleichen zu können. Dabei kam ein reales Curved Setting mit einem Radius von $r = 1000$ mm und ein aus planaren Monitoren aufgebauter Visualisierungsbogen zum Einsatz. In beiden Fällen wurde ein ca. 180° umspannender Bildbereich generiert. Während der Bearbeitung einer zentral positionierten, stark aufmerksamkeitsbindenden Aufgabe wurden bei grafisch komplexem Hintergrund in den seitlichen, peripheren Bildbereichen Zielreize mit definierten Signaleigenschaften zu zufälligen Zeitpunkten appliziert. Deren Auftreten sollte bei Bemerkung der Probanden und Fortsetzung der Hauptaufgabe quittiert werden. Variiert wurden dabei z. B. Blinkfrequenz, Exzentrizität und Kontrastierung. Die Reizreaktionszeiten wurden erfasst und dienten als Grundlage für die Gegenüberstellung. In der vergangenen Frühjahrstagung der GfA wurde ein Zwischenergebnis vorgestellt, welches keine signifikante Unterscheidung der Reaktionszeiten und -raten auf beiden Versuchsaufbauten erkennen ließ (Kockrow 2023a). Mit Vervollständigung der Stichprobe zeigte sich eine klare Tendenz zur verbesserten Wahrnehmung der Zielreize auf dem Curved Setting (Kockrow 2024, In Press). Dennoch wurden auch Wechselwirkungen mit Umgebungsparametern und ergonomische Herausforderungen identifiziert, welche nachfolgend vertiefend erläutert werden sollen.

Eine Aufarbeitung vorliegender Literatur, die umfassende Ergebnispräsentation und detaillierte Beschreibung aller durchgeführten Analysen unter Verwendung der Curved Monitore ist in KOCKROW (2024; auszugsweise auch Kockrow 2023b) zu finden. Die als Vergleich herangezogene DFG-Studie wird ausführlich in HOPPE ET AL. (2022) beschrieben.

2. Ergonomische Herausforderungen

Für die Arbeit mit Bildschirmen, welche seit den letzten Jahrzehnten in vielen Arbeitsbereichen vorzufinden ist, gibt es eine Reihe von Empfehlungen, welche eine beanspruchungsoptimale und gesunderhaltende Nutzung absichern soll. Zu erwähnen sind in diesem Kontext insbesondere Erkenntnisse zu menschlichen Wahrnehmungseigenschaften und Blickbereichen, welche sich in Gestaltungsregeln widerspiegeln. Dabei bilden die DGUV-Information 215-410 für Bildschirmarbeit (DGUV 2019), anwendbare DIN-Normen (z.B. DIN 894-2; DIN 11064-4; DIN 9241-303 u.v.m.) oder sonstige Publikationen (z. B. BAuA 2014; Ivergard & Hunt 2009) eine gute und umfassende Zusammenfassung anzustrebender Gestaltungsmerkmale. Einhellig geht daraus hervor, dass eine geneigte Blicklinie anzustreben ist und, vertikal wie horizontal, nur begrenzte Blickfeldbereiche für die Positionierung von Anzeigen und Bildschirmen zu nutzen sind. Die Blicklinie sollte bis zu 40° gesenkt sein, um die Systeminteraktion bei adäquater Belastung der Stütz- und Nackenmuskulatur sowie der Augenmuskeln zu ermöglichen. Für Entdeckungs- und Beobachtungsaufgaben wird gemäß DIN 894-2 ein Sehfeld von horizontal $\pm 35^\circ$ sowie vertikal $+30^\circ$ bis -55° um eine horizontal ausgerichtete Sehachse empfohlen. Diese Ausdehnungen entsprechen der Visuellen Komfortzone der Operatortätigkeit, welche für Leitstandarbeitsplätze experi-

mentell ermittelt wurde (Kockrow 2014). Darüber hinaus bedienen Curved Monitore die Forderung nach einer bogenförmig, dem Nutzer zugewandten, Ausrichtung von Visualisierungselementen (Kockrow et al. 2012; DIN 9241-303; BAuA 2014) mit dem Ziel harmonischer Sehabstände.

2.1 Individualisierbarkeit

Offensichtliche Vorteile der Curved Monitore können, je nach Anwendungsfall, auch Herausforderungen für die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung mit sich bringen. Die Geräte verfügen über einen fixen Radius, welcher die Flexibilität des Bildschirmarbeitsplatzes einschränkt und so den Anforderungen an die Individualisierbarkeit von Bildschirmarbeitsplätzen, vor allem im 24/7-Betrieb, entgegensteht. Im Gegensatz zu planaren Geräten, welche in Kombination bogenförmig aufgestellt werden, kann die Wölbung nicht nachjustiert werden. Bekannt ist weiterhin, dass ergonomische Vorteile insbesondere dann zu erwarten sind, wenn Sehabstand und Radius des Bildschirmaufbaus gleichartig ausgeprägt sind (Park et al. 2019; Choi et al. 2015).

Zudem sind empfohlene Bildschirmneigungen nur bedingt realisierbar. Die stärkere Neigung von Bildschirmen führt in Abhängigkeit von Radius, Bildschirmbreite und Gerätekonstellation schnell zu einer Art Wanneneffekt, welcher je nach Sitzposition ungünstige Kopfdrehungen für die visuelle Abtastung der Szene erfordern kann. Dies kann neben mehrdimensionalen Torsionsbelastungen der Wirbelsäule auch zu Verzerrungseffekten führen und sollte daher aus ergonomischer Sicht vermieden werden. Werden mehrere Geräte kombiniert verwendet, können entweder alle Geräte als Monitorband geneigt werden, was diesen Wanneneffekt aber verschärft. Die einzelne Neigung jedes Bildschirms führt jedoch zum Aufbrechen und verzerrten Ausrichtung der dargestellten Inhalte (Abbildung 1) und scheint daher für ergonomische Bildschirmarbeit gleichermaßen gering geeignet.

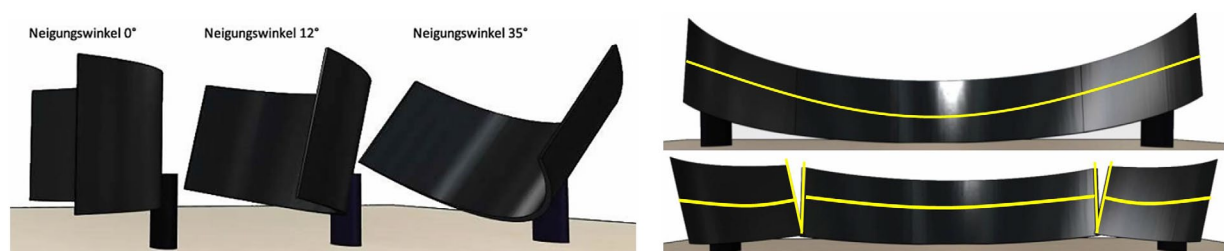


Abbildung 1: Wölbungseffekte bei eng-radialen Curved Monitoren

2.2 Physiologische Kosten

Die Wölbung der Monitorfläche führt insbesondere bei ultrabreiten Geräten dazu, dass zwar Verzerrungen in Randbereichen reduziert werden (Zannoli & Banks 2017), die Seitenbereiche des Monitors dabei aber auch näher an den Betrachter rücken, wodurch die Sehabstände angeglichen werden. Dies führt nach eigenen Berechnungen dazu, dass sich das zu überschauende Sichtfeld bei normalem Sehabstand um bis zu 10° in der Horizontalen erweitert und damit die oben genannten Empfehlungen überschreitet. Es ist dadurch zu erwarten, dass vermehrte Kopf- und Augenbewegungen zum vollständigen Überblicken der Bildschirmfläche notwendig werden. Mit dieser Erkenntnis scheint auch plausibel, dass häufig eine verringerte, subjektive Wahrneh-

mung von Symptomen des Computer-Vision-Syndroms (Erläuterung in Blehm et al. 2015) berichtet wird (Lee & Kim 2016; Luo et al. 2016). Dabei wird auch eine erhöht eingeschätzte, physische Belastung beschrieben (ebenda; Park et al. 2019), vor allem bei engen Radien.

Für eng-radiale Bildschirme stellten LEE & KIM (2016) weiterhin eine verringerte Akkommodationsbandbreite fest, welche bei längerer Arbeit im Nahbereich zu erstarrten Muskelkontraktionen des Ziliarmuskels führt und damit negative Auswirkungen auf die Augengesundheit besitzen und Myopie (Kurzsichtigkeit) fördern könnte (vgl. Dutheil et al. 2023).

2.3 Wechselwirkungen mit der Arbeitsumgebung

In Experimentalstudien wurden Wechselwirkungen mit akustischen Effekten sowie der Arbeitsplatzbeleuchtung analysiert. Zum Einsatz kamen mit Schallpegelmesser und Leuchtdichtekamera Geräte höchster Genauigkeit mit zugehöriger Auswertungssoftware. In den Messungen wurden Curved Monitore (R1000 und R2300) sowie bogenförmig angeordnete, planare Geräte vergleichend analysiert, teils mit Schreibtischstuhl und Personendummy. Die Ergebnisse zeigen, dass Schallpegelbündelungen von rückwärtigen Schallereignissen im Arbeitsbereich nachweisbar sind, diese jedoch nur unter bestimmten Bedingungen arbeitswissenschaftlich relevant werden. Die Analysen belegen weiterhin, dass durch die neigungsfreie Aufstellung der Curved Monitore kaum Beeinträchtigungen durch eine normkonform installierte Arbeitsplatzbeleuchtung zu erwarten sind. Markant war aufgrund der geraden Monitorinstallation jedoch die stark abfallende, effektiv wahrnehmbare Leuchtdichte. Von Bildoberkante zu -unterkante reduzierte sich die Leuchtdichte um fast ein Drittel. Die Neigung der Monitore kann diesen Effekt deutlich entschärfen, führt dann jedoch zu den zuvor genannten, negativen Eigenschaften. Durch die ideale Krümmung der Bildflächen kann zudem eine vertikale Beleuchtungsstärke erzeugt werden, welche mit $E_{\text{vert}} > 250$ lx im Bereich der biologisch wirksamen Intensitäten liegt (DIN/TS 67600:2022). Messungen unter Extrembedingungen zeigen hier deutliche Hinweise. Weiterhin können Reflexionen von Störlichtquellen, in ungünstigem Zusammenspiel der Einzel-faktoren, zudem größere Bildbereiche betreffen.

2.4 Besondere Anforderungen für Anwendung im KRITIS-Umfeld

Im Anwendungsbereich kritischer Infrastrukturen gelten, unabhängig vom spezifischen Einsatzfeld in Leitzentralen, Kontrollräumen oder Leitstellen, besonders hohe Anforderungen z. B. an die Verfügbarkeit der Arbeitsmittel und Bediensicherheit typischerweise komplexer IT-Systeme mit großen Informationsmengen. Ultrabreite Geräte (i. d. R. als Curved Monitore ausgeführt) nutzen hohe Auflösungen, deren Bereitstellung eine entsprechende Grafikleistung voraussetzt. Diese muss, neben den nötigen Übertragungsbandbreiten, systemseitig geleistet werden können. Meist werden zusätzliche Grafikmodule nahe den Arbeitsplätzen nötig, welche einen zusätzlichen Wärme- und Lärmeintrag in den Arbeitsraum bedingen können. Zu prüfen ist, ob die bestehenden Softwareprodukte auf die Monitor-Bildformate adaptierbar sind oder negative Darstellungseigenschaften damit einhergehen. Das gemeinsame Ausschalten mehrerer Softwareoberflächen auf einem ultrabreiten Curved Gerät führt im Falle eines Defekts zum Ausfall aller Informationen, während mehrere kleine Geräte hier ausreichend Redundanz bieten. Abschließend sei, nach aktuellem Kenntnisstand, auf

das Fehlen einer echten Zertifizierung für den 24/7-Betrieb für Curved Geräte hingewiesen.

3. Diskussion

Insgesamt sollte kritisch geprüft werden, inwiefern der Einsatz von (ultrabreiten) Curved Monitoren in sicherheitskritischen Anwendungen einen echten betrieblichen Mehrwert, über Emotionen und Marketingversprechen hinweg, erzeugen kann. Bei Geräten mit einem Radius $r > 1800$ mm reduzieren sich die unter 2.3 genannten Effekte spürbar, können jedoch in Abhängigkeit der Komponenten im umgebenden Arbeitssystem auch nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Dies bekräftigt die Notwendigkeit systemischer Planungsansätze, bei denen eine Vielzahl von Wirkmechanismen, auch in deren Kombination, präventiv vorgedacht werden sollten. Aus arbeitswissenschaftlicher Sicht können ultrabreite Curved Monitore, unter der Voraussetzung der bewussten Kenntnis und Handhabung der identifizierten Herausforderungen, eingesetzt werden. Zudem ist es notwendig, die als Vorarbeit angeführte visuelle Komfortzone der Operatortätigkeit im Kontext der Marktverfügbarkeit verschiedener Curved Monitore auf absolute Blickbereiche, nicht aber auf die Anzahl der Visualisierungsmittel, zu definieren. Entsprechende Publikationen dazu sind am FG Awip geplant.

4. Literatur

- BAuA (2014) Bildschirmarbeit in Leitwarten ergonomisch gestalten. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), Dortmund.
- Blehm C, Vishnu S, Khattak A, Mitra S, Yee R W (2005) Computer Vision Syndrome: A Review. *Survey of Ophthalmology*, Vol 50, No.3.
- Choi B, Lee S, Lee J H, Hong S, Lee J, Kim S (2015) A study on the optimum curvature for the curved monitor. *Journal of information display*, 16(4), 217–223.
- DGUV (2019) Bildschirm- und Büroarbeitsplätze – Leitfaden für die Gestaltung. DGUV-I 215–410, <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/409>, zul. 27.12. 2023.
- DIN EN 894-2 (2009) Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 2: Anzeigen. Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 9241-303 (2012) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 303: Anforderungen an elektronische optische Anzeigen. Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 11064-4 (2014) Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen – Teil 4: Auslegung und Maße von Arbeitsplätzen: Berlin: Beuth.
- DIN/TS 67600 (2022) Ergänzende Kriterien für die Lichtplanung und Lichtanwendung im Hinblick auf nichtvisuelle Wirkungen von Licht. Berlin: Beuth
- Dutheil F, Oueslati T, Delamarre L, Castanon J, Maurin C, Chiambaretta F, Baker JS, Ugbole UC, Zak M, Lakbar I, Pereira B, Navel V (2023) Myopia and Near Work: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2023, 20, 875.
- Hoppe A, Ganßauge R, Geißler U, Henke AS, Reißut N (2022) Untersuchung von Aufmerksamkeitseffekten für die gezielte Gestaltung von Visualisierungsoberflächen für zeitgemäße Mensch-Maschine-Interaktion. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, Jg.76 Heft 1, 65-82.
- Ivrgård T, Hunt B (2009) *Handbook of control room design and ergonomics: A Perspective for the Future*. BocaRaton: CRC Press.
- Kockrow R (2024) Effekte des Einsatzes ultrabreiter Curved Monitore in sicherheitskritischen Anwendungsbereichen. *Habilitationsschrift*, In Press
- Kockrow R (2023) Laboruntersuchung zu ergonomischen Effekten von Curved Monitoren. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.): Nachhaltig Arbeiten und Lernen – Analyse und Gestaltung*

- lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse. 69. GfA-Frühjahrskongress, Sankt Augustin: GfA-Press, 661-667
- Kockrow R (2023) Überlegungen zu ergonomischen Effekten ultrabreiter Curved Monitore. ASU 10/2023, Stuttgart: Gentner.
- Kockrow R (2014) Eye-Tracking Studien in Leitwarten – Evaluation einer 'Visuellen Komfortzone' für Operatortätigkeiten. Aachen: Shaker.
- Kockrow R, Binkowski S, Hoppe A (2012) Eye-Tracking an Operatorarbeitsplätzen – Ableitungen von Gestaltungsmöglichkeiten für ergonomische Leitstände. In: EnInnov – 12. Symposium Energieinnovation "Alternativen für die Energiezukunft Europas". Tagungsband, Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation (Hrsg.), Graz: Verlag TU Graz.
- Lee JH, Kim S-J (2016) Factors Associated with Visual Fatigue from Curved Monitor Use: A Prospective Study of Healthy Subjects. PLoS One. 2016 Oct 4; 11(10): e0164022.
- Luo G, Chen Y, Doherty A, Liu R, Chi C, Wang S, Le H, Peli E (2016) Comparison of Flat and Curved Monitors: Eyestrain Caused by Intensive Visual Search Task. SID Symposium Digest of Technical Papers, 66-2.
- Park S, Kyung G, Choi D, Yi J, Lee S, Choi B, Lee S (2019) Effects of display curvature and task duration on proofreading performance, visual discomfort, visual fatigue, mental workload, and user satisfaction. Applied Ergonomics, 78, 26–36.
- Zannoli M, Banks M S (2017) The Perceptual Consequences of Curved Screens. ACM Trans. Appl. Percept. 15, 1, Article 6 (October 2017).

Web 1: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/KRITIS-und-regulierte-Unternehmen/Kritische-Infrastrukturen/Allgemeine-Infos-zu-KRITIS/allgemeine-infos-zu-kritis_node.html



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeitswissenschaft in-the-loop

**Mensch-Technologie-Integration
und ihre Auswirkung auf Mensch,
Arbeit und Arbeitsgestaltung**

70. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement IAT
Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

06. – 08. März 2024

GfA-Press

Bericht zum 70. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 06. – 08. März 2024

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2024

ISBN 978-3-936804-34-8

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin, Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003, Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2024 fröse multimedia, Frank Fröse,

office@internetkundenservice.de, www.internetkundenservice.de