

Aufmerksamkeitslenkung an stark visualisierten Arbeitsplätzen – erste Ergebnisse der Laborstudie

Rico GANßAUGE, Annette HOPPE, Norman REßUT,
Uwe GEIßLER, Anna-Sophie HENKE

*Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme
Fachgebiet Arbeitswissenschaften und Arbeitspsychologie
Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus*

Kurzfassung: Mit fortschreitender Automatisierung im industriellen Bereich wächst die Bedeutung von Tätigkeiten in Leitwarten. Durch die große Anzahl an Visualisierungsmitteln in den meisten Leitwarten kann sich eine bedeutsame Information außerhalb des zentralen Blickfeldes befinden. Dort wird diese jedoch wesentlich schlechter erkannt. Ziel dieses DFG-geförderten Forschungsprojektes (Projekt-Nr. 358406233) ist es deshalb, Signale zu identifizieren, welche die Aufmerksamkeit zuverlässig in periphere Bereiche lenken können. Dazu wurde ein Laborversuch konzipiert und durchgeführt. Ausgangspunkt sind die Kontrast- und Bewegungswahrnehmung im peripheren Blickfeld, welche als unterschiedliche Kontraststufen und Blinkfrequenzen der zu erkennenden Signale umgesetzt wurden. Der Artikel schildert die erste Auswertung nach Abschluss der Erhebung an $N = 52$ Probanden.

Schlüsselwörter: Automatisierung, Überwachungstätigkeit, Leitwarte, peripheres Blickfeld, Aufmerksamkeit

1. Einleitung/theoretischer Hintergrund

Der theoretische Hintergrund dieses Projektes wurde ausführlich in Hoppe et al. (2019) dargestellt und wird deshalb nachfolgend lediglich überblicksartig angerissen. Ausgangspunkt sind Steuer- und Überwachungstätigkeiten in Leitwarten. Es besteht weitgehende Einigkeit über die wachsende Bedeutung dieser Tätigkeiten im Zuge des industriellen Wandels durch zunehmende Digitalisierung und Vernetzung (Haag 2014, S. 59; Andelfinger, Hänisch 2017, S. 9). Üblicherweise wird dort mit einer hohen Anzahl von Visualisierungsmitteln interagiert (Kockrow 2014). Dadurch kann sich eine wichtige Information außerhalb des zentralen Blickfeldes befinden, einem Bereich von ca. 15° um die Sehachse, in welchem Informationen erkannt werden können (Schmauder, Spanner-Ulmer 2014, S. 130). Gelingt es nicht, die Aufmerksamkeit zu Bereichen außerhalb des zentralen Blickfeldes zuverlässig zu lenken und adäquate Bedienhandlungen einzuleiten, können möglicherweise weitreichende Konsequenzen bis hin zum Eingreifen technischer Sicherheitsmaßnahmen drohen (vgl. DIN EN 61511-1:2019-02), was üblicherweise mit Produktionsverlusten einhergeht. Ziel dieses DFG-geförderten Forschungsvorhabens ist es deshalb, die aufmerksamkeitslenkende Wirkung definierter Signale im peripheren Blickfeld zu untersuchen. Dazu soll festgestellt werden, inwiefern unterschiedliche Arten von visuellen Signalen in der Lage sind, die Aufmerksamkeit trotz kognitiver und visueller Bindung in einem eng begrenzten Bereich zuverlässig in das periphere Blickfeld zu lenken, ohne jedoch so stark zu sein, dass

möglicherweise Schreckreaktionen ausgelöst werden könnten. Ansatzpunkte für die experimentelle Untersuchung boten sich aufgrund der Wahrnehmung von Bewegungen (u.a. Geer, Robertson 1993) und Helligkeitskontrasten (Schmauder, Spanner-Ulmer 2014, S. 128) im peripheren Blickfeld an. Deshalb wurden die beiden Faktoren „Frequenz“ und „Kontrast“ untersucht. Die abgeleiteten Hypothesen beziehen sich auf die Erkennbarkeit in unterschiedlichen Bereichen im peripheren Blickfeld sowie die bessere Erkennbarkeit hoher Kontraste und hoher Frequenzen.

2. Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau wird nachfolgend ebenfalls überblicksartig dargelegt, da sich eine ausführliche Darstellung bei Hoppe et al. (2019) findet. Die Signale im peripheren Blickfeld werden vor einem komplexen Hintergrund, der in Anlehnung an DIN 10628-2:2015 erstellt wurde, dargeboten. Der Hintergrund weist ein Grundrauschen in Form sich verändernder Ziffern und Anzeigen auf, um die üblichen leichten Veränderungen in realen Arbeitsumgebungen nachzubilden. Dieses orientiert sich an den Schwellen der Bewegungswahrnehmung im peripheren Bereich, wie u.a. in McKee und Nakayama (1984) beschrieben. Nach Anpassung in den Pretests wurden Signale verwendet, die Weber-Kontraste (K_w) von 0,34 (hellgrau), 2,92 (mittelgrau), 7,36 (dunkelgrau) und 15,12 (schwarz) zum Hintergrund aufwiesen. Die Kontrastverhältnisse wurden empirisch mittels Leuchtdichtekamera (Westboro Photonics Inc., Typ Lumetrix Smart 144F) ermittelt. Die Höhe der Signale beträgt außen 13,5 mm, die Breite außen 21,5 mm. Sie stellen die 3 mm breite Umrandung einer für einen normgerechten Sehabstand von 76,7 cm empfohlenen Mindestschriftgröße von 3,8 mm dar (Schmidtke, Jastrzebska-Fraczek 2013, S. 61). Abbildung 1 verdeutlicht die Signale.

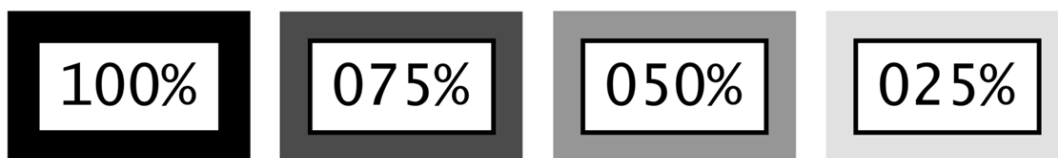


Abbildung 1: Die verwendeten Signale als Umrandung von Ziffern in den verwendeten Kontraststufen von schwarz, dunkelgrau, mittelgrau und hellgrau. Quelle: eigene Darstellung

Die Signale wurden mit verschiedenen Blinkfrequenzen von 0 Hz (nur Einblendung des Signals); 0,5 Hz; 2,5 Hz und 5,0 Hz dargeboten. Da die Bereiche des peripheren Blickfeldes möglichst umfassend abgedeckt werden sollten, erschienen sie in den Winkeln von 15°, 40°, 65° und 90°. Um die Aufmerksamkeit in einem eng begrenzten Bereich zu binden, wurde die „Tower-of-London“-Aufgabe (ToL) aus der PEBL-Testbatterie (Mueller, Piper 2014) eingesetzt, bei welcher Scheiben nach vorgegebenen Mustern neu konfiguriert werden müssen. Jedes Konfigurationsproblem weist dabei eine optimale Anzahl an Bearbeitungsschritten auf. Die Aufgabe beinhaltet Elemente des Planens und Problemlösens (Ward, Allport 1997). Durch Implementieren veränderter Werte im Quellcode wurde deren Benutzeroberfläche so umgestaltet, dass sich der Leuchtdichtekontrast im zentralen Blickfeld jenem des komplexen Hintergrundes peripher annäherte, wobei die Aufgabe selbst unverändert blieb.

3. Erste Ergebnisse

In der Studie wurden $N = 52$ Probanden im Jahr 2019 im Labor des Fachgebiets Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie untersucht. Die Stichprobe wies ein mittleres Alter von 34,1 Jahren ($SD = 14,7$ Jahre) auf. Der Anteil der Männer (59,6 %) überwog etwas den Anteil von Frauen (40,4 %).

3.1 Aufmerksamkeitsbindung im zentralen Blickfeld

Durch den Versuchsaufbau gelang es, die Aufmerksamkeit zuverlässig zentral zu binden, damit die Signale bei ihrer Erkennung tatsächlich im peripheren Blickfeld erschienen. Dies zeigen die Ergebnisse der Bearbeitungsschritte (BS) der im zentralen Blickfeld durchgeführten ToL-Aufgabe, welche Tabelle 1 zusammenfasst.

Tabelle 1: deskriptive Statistik für Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) der Bearbeitungsschritte (BS) der ToL-Aufgaben über die gesamte Versuchsdauer

| | BS [Anzahl] | BS/ min [Anzahl] | BS über optimaler Schrittzahl [%] |
|------------------------|-------------|------------------|-----------------------------------|
| M | 1869,2 | 19,5 | 24,3 |
| SD | 662,0 | 6,9 | 15,0 |

Die erreichten Werte, insbesondere die hohe Anzahl BS pro Minute und die relativ wenigen BS über der möglichen optimalen Schrittzahl, lassen auf kontinuierliche Aufmerksamkeitszuwendung und intensive kognitive Auseinandersetzung mit der Aufgabe rückschließen. Eine zusätzliche Kontrolle dafür stellte die Blickerfassung (Ergoneers, Typ Dikablis Professional) dar. Diese zeigte bei der Auswertung mittels D-Lab-Software bei lediglich 0,99% der eingespielten Signale einen vorherigen Blick außerhalb des zentralen Monitors in Signalrichtung an. In diesen Fällen konnte eine tatsächlich periphere Erkennung nicht angenommen werden. In 4,59% der Fälle waren aus technischen Gründen keine Blickerfassungsdaten auswertbar. Da beides zusammengekommen in nur wenigen Fällen und unsystematisch auftrat, wurden diese Werte imputiert. Damit verbessern sich die Auswertungsmöglichkeiten mittels inferenzstatistischer Verfahren. Als Methode wurde die multiple Imputation (Döring, Bortz 2016, S. 591) gewählt. Ebenfalls war sichergestellt, dass durch die Signale keine Schreckreaktionen ausgelöst wurden. Dazu wurden Daten aus der Herzschlagfrequenz (HF) und der Nachbefragung erhoben. In der Nachbefragung konnte auf die Frage, ob die Probanden durch die eingespielten Signale erschreckt wurden, auf einer Skala von „1“ (trifft überhaupt nicht zu) bis „5“ (trifft vollkommen zu) geantwortet werden. Die Werte zeigten deutlich, dass dies nicht der Fall war ($M = 1,29$; $SD = 0,57$). Ebenso zeigten die durch das Elektrokardiogramm (EKG; Firma BioSign, Typ eMotion Faros 180) während des Versuchs ermittelten HF im Vergleich vor und während des erkannten Signals keinerlei signifikante Steigerung an, somit ergibt sich hier ebenfalls kein Hinweis auf eine Schreckreaktion. Dies war bereits in den Vorversuchen sichergestellt worden. Vielmehr zeigte sich bei einigen Signalen eine signifikante Senkung der HF, was möglicherweise auf eine wünschenswerte Orientierungsreaktion (Heckhausen 2010, S. 39) bei den Probanden hindeuten kann.

3.2 Erkennung der Signale im peripheren Blickfeld

In einer ersten Auswertung wurden die eingespielten Signale über die Winkel zusammengefasst und so eine Erkennungsrate für die jeweils unterschiedlichen Frequenz- und Kontrastabstufungen ermittelt. Diese wurde mittels einer Varianzanalyse mit Messwiederholung ausgewertet, wobei sich ein hoch signifikanter Haupteffekt ergab ($F = 134,2$; $p = 0,00$, $\eta^2 = 0,73$). Bei den anschließenden Post-Hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigte sich das Signal mit einer Frequenz von 5,0 Hz und höchsten Kontraststufe „schwarz“ als das am besten erkannte ($M = 93,8$ %; $SD = 11,9$ %).

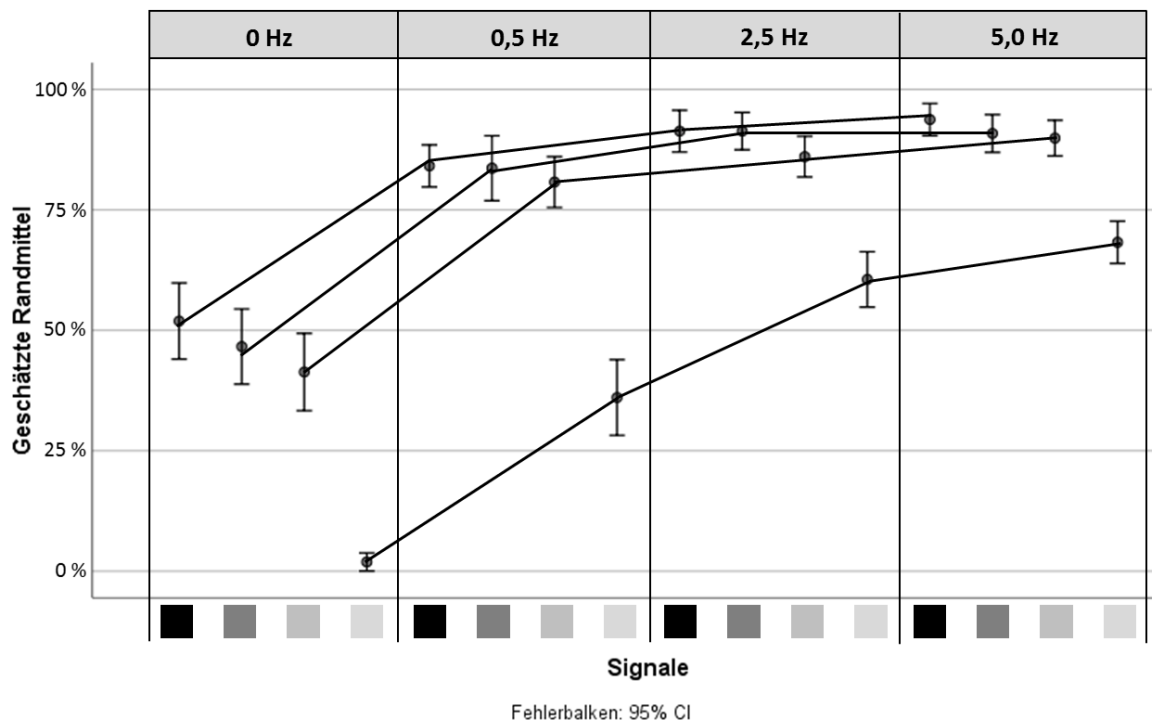


Abbildung 2: Erkennungsraten und Konfidenzintervalle (95 %) der über die Winkel zusammengefassten Signale der entsprechenden Frequenzabstufungen von 0 Hz; 0,5 Hz; 2,5 Hz und 5,0 Hz sowie Kontraststufen von schwarz, dunkelgrau, mittelgrau und hellgrau. Quelle: eigene Darstellung

Keine signifikanten Unterschiede, mithin also eine vergleichbare Erkennbarkeit, zeigten sich lediglich bei den Signalen mit einer Frequenz von 5,0 Hz und den Kontraststufen „dunkelgrau“ ($M = 90,9$ %; $SD = 14,0$ %) und „mittelgrau“ ($M = 89,9$ %; $SD = 13,3$ %) sowie den Signalen mit einer Frequenz von 2,5 Hz und den Kontraststufen „schwarz“ ($M = 91,3$ %; $SD = 15,5$ %) und „dunkelgrau“ ($M = 91,3$ %; $SD = 13,9$ %). Alle übrigen Signale wurden signifikant bis hochsignifikant schlechter erkannt.

4. Diskussion und Ausblick

Aus den erhobenen Daten und die hier dargestellten Auswertungen geben erste Hinweise in Richtung einer positiven Bestätigung der Hypothesen zur besseren Erkennbarkeit hoher Frequenzen und Kontraste. In nachgeschalteten, detaillierteren Auswertungen sollen mittels multivariater Verfahren bzw. loglinearen Analysen die

Faktoren „Frequenz“, „Kontrast“ und „Winkel im peripheren Blickfeld“ insgesamt betrachtet werden, vor allem, um mögliche Interaktionen herauszuarbeiten. Ebenfalls wird die Reaktionszeit und die Rate der durch die Probanden erzeugten falschen Alarme mit einbezogen werden. Dadurch sollen die Hypothesen umfassend geprüft und Ableitungen für die zukünftige Arbeitsgestaltung im Bereich Leitwarten und anderen, angrenzenden Bereichen getroffen werden. Hier sind z.B. Verknüpfungen zu benachbarten Feldern wie dem autonomen Fahren oder bei Veränderungen in der Luftfahrt hin zu neuen Konzepten der Cockpitgestaltung denkbar.

5. Literatur

- Andelfinger, V., Hänisch, T. (2017). *Industrie 4.0 – Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern*. Wiesbaden: Springer-Gabler Döring, Bortz 2016
- DIN EN 61511-1:2019-02. Funktionale Sicherheit - PLT-Sicherheitseinrichtungen für die Prozessindustrie - Teil 1: Allgemeines, Begriffe, Anforderungen an Systeme, Hardware und Anwendungsprogrammierung. Berlin: Beuth
- DIN EN ISO 10628-1:2015. Schemata für die chemische und petrochemische Industrie - Teil 1: Spezifikation der Schemata. Berlin: Beuth
- Geer, I., Robertson, K. (1993). Measurement of central and peripheral dynamic visual acuity thresholds during pursuit of a moving target. In: *Optometry & Vision Science* 70 (7), S. 552-560.
- Haag, M. (2014). *Kollaboratives Arbeiten mit Robotern – Vision und realistische Perspektive*. In: Botthof, A. ; Hartmann, E. (Hrsg.): *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Heidelberg: Springer Vieweg.
- Hoppe, A., Reißut, N., Henke, A.-S., Ganßauge, R. (2019). *Aufmerksamkeitslenkung an stark visualisierten Arbeitsplätzen mit komplexen Bildschirmdarstellungen*. In: GfA (Hrsg.): *Tagungsband des Frühjahrskongresses 2019 Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten*. Beitrag A 7.4. Dortmund: GfA Press
- Heckhausen, J; Heckhausen, H. (2010). *Motivation und Handeln*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kockrow, R. (2014). *Eye-Tracking Studien in Leitwarten – Evaluation einer 'Visuellen Komfortzone' für Operatortätigkeiten*. Dissertationsschrift. Aachen: Shaker
- McKee, S., Nakayama, K. (1984). The Detection of Motion in the Peripheral Visual Field. In: *Vision Research*, 24 (1), S. 25 – 32.
- Mueller, S., Piper, B. (2014). The Psychology Experiment Building Language (PEBL) an PEBL Test Battery. In: *Journal of Neuroscience Methods*, 222, S. 250 – 259.
- Schmauder, M., Spanner-Ulmer, B. (2014). *Ergonomie - Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation*. München: Hanser
- Schmidtke, H., Jastrzebska-Fraczeck, I. (2013). *Ergonomie – Daten zur Systemgestaltung und Begriffsbestimmungen*. München: Carl Hanser
- Ward, G., Allport, A. (1997). Planning and Problem solving Using the Five disc Tower of London Task. In: *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A (1), S. 49 -78.

Danksagung: Die Bearbeitung des Projektes wird durch Mittel der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG; Projekt-Nr. 358406233) ermöglicht.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?

66. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU Berlin
Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme

HU Berlin
Professur Ingenieurpsychologie

16. – 18. März 2020, Berlin

GfA-Press

Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16. – 18. März 2020

**TU Berlin, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme
HU Berlin, Professur Ingenieurpsychologie**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2020
ISBN 978-3-936804-27-0

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.
Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**
Schriftleitung: Matthias Jäger

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.

Screen design und Umsetzung

© 2020 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de