

Gestaltung von Signalen zur Aufmerksamkeitslenkung im peripheren Blickfeld

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

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

Kurzfassung: Die Überwachung und Steuerung komplexer Prozesse stellt in der Industrie eine wichtige und verantwortungsvolle Tätigkeit dar, die menschengerecht gestaltet werden muss (Hoppe et al. 2019). Üblicherweise werden diese Tätigkeiten in hochgradig visualisierten Leitwarten durchgeführt, in Zukunft ist zu erwarten, dass neben weiteren Einsatzbereichen (Thomas & Trampert 2019) auch moderne Interaktionsformen, wie z.B. Virtual Reality hier an Bedeutung gewinnen könnten. Abgesehen von der konkreten Umsetzung der Visualisierung in der Mensch-Maschine-Interaktion bleibt die grundlegende Herausforderung der gezielten Aufmerksamkeitslenkung durch geeignete Signale, da sich diese aufgrund der Größe der visualisierten Fläche außerhalb des direkten Blickfeldes der beschäftigten Operatoren befinden können. In diesem peripheren Blickfeld ist jedoch ein eher schlechtes visuelles Auflösungsvermögen sowie verringerte Farbwahrnehmung zu konstatieren. Die Unterscheidbarkeit hoher Helligkeitskontraste sowie die Bewegungswahrnehmung sind jedoch vergleichsweise gut ausgeprägt. Um Mindestanforderungen für zuverlässig aufmerksamkeitslenkende Signale zu definieren, wurde deshalb ein Laborexperiment konzipiert, welches Signale als Umrandung einer mindestgroßen Schrift (DIN 1450:2013) in verschiedenen Kontrastverhältnissen und Frequenzen im peripheren Blickfeld darbot. Gleichzeitig wurde die Aufmerksamkeit mittels einer Problemlöseaufgabe mit variierter Schwierigkeit im zentralen Blickfeld gebunden, eine zusätzliche Kontrolle erfolgte mittels Blickerfassung. Die Ergebnisse zeigen die Überlegenheit hoher Kontraste und Frequenzen, sowohl für die Erkennungsrate als auch für die Erkennungszeit. Daraus lassen sich konkrete Gestaltungsempfehlungen für die Mensch-Maschine-Interaktion bei hoch visualisierten Arbeitsplätzen ableiten. Dies kann dazu beitragen, diese Arbeitsplätze menschengerechter, sicherer und zuverlässiger zu gestalten. Die gewonnenen Erkenntnisse können in Zukunft auch für andere Anwendungsfelder, wie z.B. im Hinblick auf mehr und mehr assistierte Fahraufgaben, an Bedeutung gewinnen.

Schlüsselwörter: Leitwarte, Aufmerksamkeit, peripheres Blickfeld, Signale

1. Einleitung/theoretischer Hintergrund

Eine angemessene Gestaltung der Bedienoberfläche und der dortigen Informationsdarstellungen bilden die Grundlage für angemessene Bedienhandlungen und die Vermeidung von Fehlern (Hoppe et al. 2019, Stanton et al. 2009). Dabei sollten die

Möglichkeiten und Grenzen des Menschen hinsichtlich seiner kognitiven Kapazitäten von vornherein in den Gestaltungsprozess einfließen und somit ein Ansatz des „Human Centered Design“ vorherrschen (Mentler et al 2018). Auf Bildschirmgeräten werden üblicherweise unterschiedlich abstrahierte Informationen dargeboten, die von der bedienenden Person wahrgenommen und handlungsleitend interpretiert werden muss.

Aus der handlungsleitenden Funktion von Signalen auf der Interaktionsoberfläche lässt sich die Notwendigkeit ableiten, die Aufmerksamkeit der Operatoren möglichst gezielt zu lenken. Dies bedeutet im Umkehrschluss, Signale klein zu halten, da sie ansonsten diese Funktion nicht mehr erfüllen könnten. Außerdem sollen sie andere wesentliche Bereiche der Informationsdarstellung nicht überdecken, da daraus wiederum die Gefahr des Nicht-Erkennens von möglicherweise weiteren ebenfalls wichtigen Informationen besteht.

In hochgradig visualisierten Leitwarten mit vielen Bildschirmen kann Information sehr stark außerhalb eines zentralen Blickbereichs geraten. Dieser Blickbereich von 15° um die Sehachse sowohl seitlich als auch nach oben und unten wird als gut erkennbar beschrieben (Schmauder & Spanner-Ulmer 2014, S. 130). Alles außerhalb dieses Bereichs bis hin zu den Grenzen des Gesichtsfeldes kann als ein peripheres Sehen bezeichnet werden. Somit sollte sich die Erkennung von Signalen bei steigendem Winkel verschlechtern, was eine wissenschaftliche Untersuchung der Erkennung dieser Signale im Hinblick auf den Winkel im peripheren Blickfeld notwendig macht.

Da in weiten Bereichen des peripheren Gesichtsfeldes die Farbwahrnehmung fehlt (Birbaumer & Schmidt 2010, S. 377), fällt die Farbe als ein sinnvoll zu verwendender Einflussfaktor, um Aufmerksamkeit gezielt zu lenken, weg. Deshalb wurde mit verschiedenen Helligkeitskontrasten gearbeitet, da diese in weiteren Bereichen des peripheren Blickfeldes sichtbar sind (Schmauder & Spanner-Ulmer 2014, S. 128). Deshalb ist die Wirkung des Leuchtdichtekontrastes zur Umgebung zu untersuchen.

Drittens können verschiedene Frequenzen, mit denen Signale ein- und ausgeblendet werden, die im peripheren Blickfeld gut ausgeprägte Bewegungswahrnehmung anregen und so die Erkennbarkeit verbessern (Schlick et al. 2018, S. 221; Finlay 1982). Das motiviert die Untersuchung der Wirkung verschiedener Frequenzen auf die Erkennungsrate.

2. Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau und das detaillierte Vorgehen wurde in vorangegangenen Veröffentlichungen (Hoppe et al. 2019; Ganßauge et al. 2020) bereits eingehender beschrieben, weshalb die Darstellung hier lediglich überblicksartig erfolgt.

Um Störfaktoren weitestgehend auszuschließen, wurde im vollklimatisierten Labor des Fachgebiets Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie an der BTU Cottbus-Senftenberg ein Laborarbeitsplatz unter gleichbleibender, standardisierter Beleuchtungssituation eingerichtet. Dieser orientierte sich im Aufbau an einem normgerechten Leitwarten-Arbeitsplatz (vgl. DIN EN ISO 11064-4:2013 zur ergonomischen Gestaltung von Leitzentralen). Auf einem stufenlos höhenverstellbaren Tisch wurden fünf Monitore halbkreisförmig angeordnet. Es war ein gleichbleibender Abstand von 76,6 cm für den Betrachter sichergestellt. Der Tisch und ein vielfältig einstellbarer Bürostuhl ermöglichten eine ergonomische Sitzhaltung. Für gleichbleibende Bedingungen rechts- und linkshändiger Versuchspersonen sowie zur Vermeidung von Überbeanspruchun-

gen des Hand-Arm-Systems während des Versuchs kam eine ergonomische Rollermaus zum Einsatz (Kluth & Keller 2015). Eine Kinnstütze unterstützte die zentrale Ausrichtung und die Vermeidung von Drehungen des Kopfes in die peripheren Blickbereiche hinein. Die Aufmerksamkeit wurde im zentralen Blickbereich durch eine Problemlöseaufgabe gebunden („Tower-of-London“ aus der PEBL-Testbatterie, Mueller & Piper 2014). In den peripheren Bildschirmen wurde eine komplexe Hintergrundgrafik dargestellt, vor der zufällig und für die Versuchsperson unvorhersehbar die Signale mit den entsprechenden Eigenschaften eingeblendet wurden. Diese Grafik orientierte sich an den Schemata für die chemische und petrochemische Industrie (DIN EN ISO 10628-2:2013). Dieser komplexe Hintergrund wurde für eine bessere Prozessnähe mit einem Grundrauschen versehen. Durch veränderliche Zahlen- und Balkenanzeigen innerhalb der Prozessdarstellung wurden Bewegungsmuster generiert, die sich an den Schwellen der Bewegungswahrnehmung im peripheren Bereich (McKee & Nakayama 1984) orientierten und im Vorversuch als wahrnehmbar eingestuft werden konnten. Etwa ein Drittel der über den Bildschirm gleichverteilten Anzeigen änderte sich alle 3 s und erzeugte so das Grundrauschen.

Insgesamt wurden 52 Versuchsteilnehmer untersucht, denen Signale verschiedener Qualitäten in verschiedenen Bereichen peripher dargeboten wurden. Analog den theoretischen Vorerkenntnissen wurden die Signale in drei verschiedenen, nachfolgend dargestellten Eigenschaften verändert. So erfolgte die periphere Darbietung abgestuft in vier Winkeln ($\alpha_p = 15^\circ; 40^\circ; 65^\circ; 90^\circ$), mit vier verschiedenen Frequenzstufen ($f_B = 0,0 \text{ Hz}; 0,5 \text{ Hz}; 2,5 \text{ Hz}; 5,0 \text{ Hz}$) und vier Helligkeits-Kontraststufen (Leuchtdichtekontrast von $C_w = 0,34; 2,92; 7,36; 15,12$). Aus diesen einzelnen Abstufungen entstanden somit 64 Signale unterschiedlicher Qualitäten, die jeder Versuchsperson zufällig innerhalb des Versuchszeitraumes dargeboten wurden. Die Antwort der Versuchsperson im Sinne einer Erkennung bzw. Nicht-Erkennung wurde anschließend quittiert.

3. Ergebnisse

Analog der theoretischen Vorerkenntnisse waren Hypothesen zu den einzelnen Einflussfaktoren Winkel, Frequenz und Leuchtdichte-Kontrast formuliert worden. So wurde bei steigender Frequenz und steigendem Leuchtdichtekontrast von einer verbesserten Erkennungsrate ausgegangen. Bei höheren Winkeln im peripheren Blickfeld sollten jedoch die Erkennungsraten absinken. Um diese Hypothesen zu prüfen, wurde eine binär-logistische Regression der Erkennungswahrscheinlichkeit durchgeführt (Weiß 2019, S. 188ff.). In diese ging ein geringer Prozentsatz interpolierter Werte ein, was auf technische Schwierigkeiten mit dem verwendeten Blickerfassungssystem zurückzuführen ist. Da als Stufen der drei Einflussfaktoren bzw. unabhängigen Variablen die Abstufungen nach der erlebten subjektiven Gleichabständigkeit gewählt wurden, gingen somit diese Stufen in das Regressionsmodell ein. Die Analyse mittels Einschlußmethode erbrachte einen hochsignifikanten Effekt für das gesamte Modell ($X^2 [3] = 1341,23; p < 0,001$; auf Basis der $N = 3328$ Beobachtungen bei den 52 Teilnehmern). Die drei unabhängigen Variablen zeigten ebenfalls hochsignifikante Effekte in der erwarteten Richtung. Der Regressionskoeffizient β erreichte für zwei Variable positive Werte. Damit konnte ein Beleg erbracht werden, dass der Leuchtdichtekontrast und die Frequenz bei steigenden Stufen eine bessere Erkennung ermöglichen. Der Winkel wies einen negativen Koeffizienten auf. Bei steigender Stufe verschlechterte sich somit die Erkennung. Eine ausführliche Darstellung enthält die Tabelle 1.

Tabelle 1: Inferenzstatistische Maße der binär-logistischen Regression der Signalerkennung

Unabhängige Variable	Koeffizient β	Standardfehler	Wald-Statistik	df	p	Exp (β)	95% CI für Exp(β)	
							unterer Wert	oberer Wert
Winkel α_P	-0,910	0,048	362,295	1	0,000	0,402	0,366	0,442
Frequenz f_B	1,149	0,051	512,452	1	0,000	3,154	2,855	3,484
L.-kontrast C_W	0,863	0,047	333,000	1	0,000	2,371	2,161	2,601
(Konstante)	-1,472	0,182	65,505	1	0,000	0,229		

Aus dem mit der Basis „1“ (bzw. 100 %) verrechneten Wert des Exp(β) in der Tabelle lässt sich die Steigerung der relativen Wahrscheinlichkeit direkt ablesen (Backhaus et al. 2018, S. 293): Steigt der Winkel um eine Einheit, vermindert dies die relative Erkennungswahrscheinlichkeit um 59,8 %. Steigt die Frequenz um eine Einheit, erhöht dies die relative Erkennungswahrscheinlichkeit um 215,4 %. Steigt der Leuchtdichte-kontrast um eine Einheit, erhöht dies die relative Wahrscheinlichkeit der Erkennung um 137,1 %.

Für die Bestimmung der Vorhersagegüte des zugrundeliegenden mathematischen Modells kann das Nagelkerke- R^2 verwendet sowie eine ROC-Kurve erstellt werden (Backhaus et al. 2018, S. 299, 306). Die ROC-Kurve weist mit einem hochsignifikanten Wert von 0,86 einen großen Flächeninhalt nahe dem Wert von „1“ auf, was für eine starke Vorhersagegüte spricht (Abbildung 1).

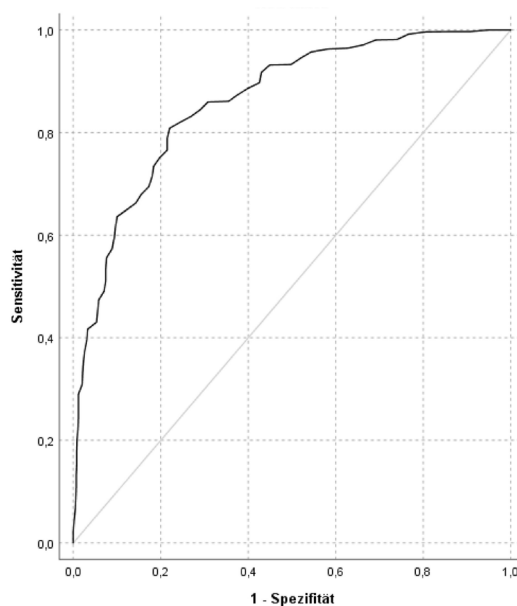


Abbildung 1: ROC-Kurve für die binär-logistische Regression. Gestrichelte Linie: Bezugslinie, durchgehende Linie: vorhergesagte Wahrscheinlichkeit. Quelle: eigene Darstellung

Das aus dem Bestimmtheitsmaß errechnete Nagelkerke- R^2 hat einen Wert von 0,47. Dies entspricht, umgerechnet in die standardisierte Effektstärke f nach COHEN (1992), einem Wert von 0,93, was als starker Effekt zu klassifizieren ist. Die Vorhersagegüte beträgt insgesamt 79,7 %.

4. Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen eine Überlegenheit hoher Leuchtdichtekontraste und Frequenzen auf die Erkennung, mit steigenden Winkeln im peripheren Blickfeld nimmt die Erkennung jedoch erwartungsgemäß ab. Die Frequenzen zeigen dabei sogar den stärkeren Einfluss. Diese sind somit sinnvoll in der angewandten ergonomischen Gestaltung von Leitwarten einsetzbar. Zu beachten ist dabei jedoch, dass sie nicht unbegrenzt gesteigert werden können, da die Flimmerverschmelzungsfrequenz im peripheren Bereich geringer als im zentralen Blickfeld ist (vgl. Mester 1988, S. 102). Weiterhin sollte durch gute Softwareergonomie gewährleistet werden, dass ein entsprechender Signal-Rausch-Abstand gewährleistet ist, da der Faktor „Frequenz“ sehr deutlich in der Lage ist, die Aufmerksamkeit peripher anzuregen. Dies sollte durch einen mit möglichst wenig in verschiedenen Frequenzen blinkenden Bildschirmhintergrund geschehen, damit das Signal sich vor diesem Rauschen des Hintergrundes gut abheben kann.

Für praktische Gestaltung sollten ebenfalls hohe Leuchtdichte-Kontraste eingesetzt werden, da hier ebenfalls ein starker Einfluss auf die Erkennung nachgewiesen werden konnte. Diese können dabei durchaus über die allgemeine Norm für das zentrale Blickfeld erhobenen Werte hinausgehen (vgl. DIN EN ISO 9241-6:2001, S. 18).

In einer klassischen Leitwartenumgebung ist es nur sehr begrenzt möglich, den Winkel der Darbietung eines Signals gezielt zu beeinflussen, da der Blick des Operators in einem sehr weiten Bereich umherschweifen kann. Im Hinblick auf moderne Möglichkeiten der Mensch-Maschine-Interaktion, wie z.B. so genannte Datenbrillen, ist es jedoch durchaus möglich, Signale abgestuft nach deren Bedeutung in unterschiedlichen Winkelbereichen darzubieten. Somit können hier die Erkenntnisse zu unterschiedlichen Erkennungsraten in verschiedenen Winkeln sinnvoll angewendet werden.

Insgesamt betätigen die Erkenntnisse wahrnehmungstheoretische Zusammenhänge in einer praxisnahen Arbeitsumgebung und geben Gestaltern und Anwendern von Technik Richtlinien für eine menschengerechte Arbeitsgestaltung.

5. Literatur

- Backhaus K, Erichson B, Plinke W, Weiber R (2018) Multivariate Analysemethoden. Berlin: Springer
- Birbaumer N, Schmidt R (2010) Biologische Psychologie. Berlin: Springer
- Cohen J (1992) A Power Primer. In: Psychological Bulletin, 112 (1), S. 155-159
- DIN 1450:2013 Schriften - Leserlichkeit. Berlin: Beuth
- DIN EN ISO 9241-6:2001 Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung. Berlin: Beuth
- DIN EN ISO 10628-2:2013 Schemata für die chemische und petrochemische Industrie - Teil 2: Graphische Symbole. Berlin: Beuth
- DIN EN ISO 11064-4:2013 Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 4: Auslegung und Maße von Arbeitsplätzen. Berlin: Beuth
- Finlay D (1982) Motion perception in the peripheral visual field. In: Perception, 11(4), S. 457-462
- Ganßauge R, Hoppe A, Henke A, Reßut N (2020) Risk Avoidance Through Reliable Attention Management at Control Room Workstations. In: Ahram T, Karwowski W, Pickl S, Taiar R (Eds.) Human Systems Engineering and Design II. IHSED 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1026. Cham: Springer
- Hoppe A, Reßut N, Henke A, 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

- Kluth K, Keller E (2015) Rollerbar mouse as an ergonomic alternative to a standard computer mouse. In: Occupational Ergonomics 12, S. 33-48
- McKee S, Nakayama K (1984) The Detection of Motion in the Peripheral Visual Field. In: Vision Research, 24 (1), S. 25-32
- Mentler T, Rasim T, Müßiggang M, Herczeg M (2018) Ensuring usability of future smart energy control room systems. In: Energy Informatics, 1 (Suppl 1): 26, S. 167-182
- Mester J (1988) Diagnostik von Wahrnehmung und Koordination im Sport - Lernen von sportlichen Bewegungen. Schorndorf: Hofmann
- Mueller S, Piper B (2014) The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. In: Journal of Neuroscience Methods, 222, S. 250-259
- Schlick C, Bruder R, Luczack H (2018) Arbeitswissenschaft. Berlin: Springer Vieweg
- Schmauder M, Spanner-Ulmer B (2014) Ergonomie - Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. München: Hanser
- Schmidtke H, Jastrzebska-Fraczek I (2013) Ergonomie - Daten zur Systemgestaltung und Begriffsbestimmungen. München: Hanser
- Stanton N, Salmon P, Walker G, Jenkins D (2009) Human Factors in the Design and Evaluation of Central Control Room Operations. Boca Raton: CRC Press
- Thomas C, Trampert S (2019) Informationsmanagement in Prüffeldern. In: ATZ Extra „Big Data“, Oktober 2019, S. 26-31
- Weiß C (2019) Basiswissen medizinische Statistik. Heidelberg: Springer

Danksagung: Die Durchführung dieses Projekts wurde durch Mittel der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) ermöglicht. Die Förderung erfolgte unter der Projektnummer 358406233.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit HUMAINE gestalten

67. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie (WiPs)
Ruhr-Universität Bochum

Institut für Arbeitswissenschaft (IAW)
Ruhr-Universität Bochum

3. - 5. März 2021

GfA-Press

Bericht zum 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 3. - 5. März 2021

**Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum
Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2021
ISBN 978-3-936804-29-4

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

© 2021 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de