

DIE AUFMERKSAMKEITSLLENKENDE WIRKUNG VON SIGNALEN AN ZUKÜNFTIG STÄRKER VISUALISIERTEN ARBEITSPLÄTZEN DER ENERGIEERZEUGUNG UND –VERTEILUNG

Annette HOPPE , Rico GANßAUGE; Norman REßUT, Uwe GEIßLER

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet
Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie, Siemens-Halske-Ring 14, D-03046 Cottbus, Tel.:
+49-355-69-4824, Fax: +49-355-4866, hoppe@b-tu.de, [https://www.b-tu.de/fg-
arbeitswissenschaft/](https://www.b-tu.de/fg-arbeitswissenschaft/)

Kurzfassung: Für das am Fachgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie durchgeführte Projekt zur Aufmerksamkeitslenkung an Arbeitsplätzen mit einer Vielzahl von Visualisierungsmitteln werden Ergebnisse vorgestellt. Typischerweise finden sich diese Arbeitsplätze in klassischen Leitwarten und –zentralen der Energieindustrie bzw. bei anderen steuernden und überwachenden Tätigkeiten. Der Sachverhalt der gezielten Aufmerksamkeitslenkung gewinnt vor allem durch die neuen Herausforderungen einer verstärkten Ausrichtung der Energieversorgung hin zu nachhaltigen Quellen an Bedeutung. Hier sind viel mehr volatile Energieträger zu integrieren, was erhöhte Ansprüche an Arbeitende in diesen Systemen stellt. Die Integration verschiedenster Energieträger steigert die Belastungen für den arbeitenden Menschen deutlich, weswegen eine gezielte Steuerung der Aufmerksamkeit angebracht ist. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass auch mit einer heute bereits anzudenkenden Weiterentwicklung der klassischen Leitzentrale hin zum verstärkten Einsatz neuer Interaktionsformen ähnliche und vergleichbare Herausforderungen der gezielten Aufmerksamkeitssteuerung bestehen werden.

Keywords: Leitwarte, Aufmerksamkeit, Signale, peripheres Blickfeld

1 Einleitung und theoretischer Hintergrund

Steuerungs- und Überwachungstätigkeiten werden an modernen Arbeitsplätzen üblicherweise mit einer Vielzahl an Visualisierungsmitteln und entsprechenden Informationsdarstellungen durchgeführt. Diese enthalten wiederum komplexe Visualisierungen der Gesamtanlage sowie von einzelnen bedeutsamen Messwerten und haben je nach Anlagenzustand eine unterschiedliche Relevanz für die Handlungen der Anlagenbediener. Zudem sind diese Tätigkeiten mit hoher Verantwortung verbunden, da Fehlbedienungen schlimmstenfalls weitreichende Konsequenzen bis hin zu großflächigen Versorgungsausfällen haben können. Somit ist die menschengerechte Interaktionsgestaltung mit der Technik hier von besonders hoher Bedeutung [11]. Die Tendenz einer Zunahme der Tätigkeiten in diesen stark visualisierten Arbeitsbereichen ist auch über die Energiewirtschaft hinaus erkennbar. Das betrifft sowohl die Tätigkeiten neben den klassischen Anwendungsfeldern Netzleitstellen [23, 24] auch Rettungsleitstellen, die Bereiche Sicherheit und Grenzschutz [2] und das Gesundheitswesen [17]. Darüber hinaus ist eine verstärkte Tendenz zur Arbeitsverdichtung zu verzeichnen, und zwar durch Maßnahmen der Zentralisierung der Überwachung von mehreren Anlagen oder Bereichen

zur selben Zeit [16]. Hierbei ist von erhöhten Anforderungen an die Bediener auszugehen. Zudem ist zu erwarten, dass sich Veränderungen in der Mensch-Maschine-Interaktion durch neue technische Möglichkeiten, wie z.B. durch Touchscreens oder Sprachsteuerung, verstärkt ergeben werden. Diese neuen Interaktionsmöglichkeiten werden, nach Auskunft der von [16] befragten Experten, dabei eher als Ergänzung zu den bisherigen angesehen. Denn nach deren Ansicht werden die Grundprinzipien der visuellen Informationsaufnahme mindestens für die kommenden zehn Jahre weiterhin bestehen bleiben. Der primäre Anteil der für die Tätigkeit nötigen Informationen wird somit über den visuellen Informationskanal, das Sehen, vermittelt. Nach [19] wird davon ausgegangen, dass dies 80–90 % aller tätigkeitsbezogenen Informationen sind. Typische Konfigurationen in Leitwarten sind in der Regel mit vielen Bildschirmen versehen, wovon nur ein relativ geringer Teil im Normalbetrieb im Bereich einer „visuellen Komfortzone“ gut erkennbar ist und aktiv genutzt wird [14, 15]. Die großflächigen Visualisierungen sind trotz dessen nötig, da sie in besonderen Betriebszuständen sowie für Kontroll- und Überblicksdarstellungen genutzt werden. Somit kann es dazu kommen, dass handlungsrelevante Informationen in einem Bereich außerhalb des gut visuell erfassbaren zentralen Blickbereichs erscheinen. Diese befinden sich dann in einem peripheren Bereich und werden dort wesentlich schlechter wahrgenommen. Ziel muss es deshalb sein, Signale so zu gestalten, dass sie auch in diesem peripheren Bereich gut wahrgenommen werden und ihre Handlungswirksamkeit entfalten können. Das durchgeführte Projekt untersuchte deshalb Signale in verschiedenen Qualitäten auf ihre Wirksamkeit hin, zuverlässig die die Aufmerksamkeit zu lenken, wenn sie in den peripheren Blickbereichen dargeboten wurden. Auf Grund theoretischer Vorerkenntnisse war davon ausgegangen worden, dass der Winkel im peripheren Blickfeld, der Leuchtdichtekontrast sowie die Anregung der Bewegungswahrnehmung durch in unterschiedlichen Frequenzen blinkende Signale erfolgversprechende Ansatzpunkte für eine Untersuchung sein können [12]. Entsprechend wurden Variablen abgeleitet und ein Laborexperiment für eine empirische Untersuchung konzipiert und durchgeführt.

2 Methodik

Um den Aufbau des Experiments darzulegen, soll zunächst die Unterscheidung zwischen zentralen, gut wahrnehmbaren Bereichen und den peripheren Bereichen verdeutlicht werden. Bei ruhigem Kopf mit bewegten Augen wird üblicherweise ein Blickbereich von ca. 15° um die Sehachse gut abgedeckt, so dass entsprechend dort auftauchende Informationen gut erkannt werden [20]. Darüber hinaus sind horizontal bis zu ca. 90° beiderseits und vertikal bis etwa. 45° nach oben und etwa. 70° nach unten visuelle Wahrnehmungen möglich (Abbildung 1).

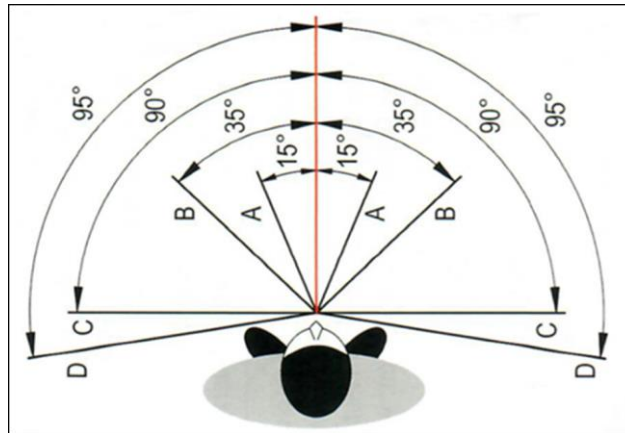


Abbildung 1: Blickbereiche des Menschen. Der zentrale (A) und periphere (C) Bereich bei bewegungslosem Kopf sind hier von besonderer Bedeutung, Quelle:[20]

Die Wahrnehmungen sind jedoch in diesem Bereich bei weitem nicht so deutlich wie im zentralen Blickfeld, so entspricht z.B. die Sehschärfe 45° entfernt von der Sehachse nur noch 5% des Ursprungswertes [19]. Farben werden ebenfalls schlechter bis gar nicht wahrgenommen [21]. Außerdem können so genannte Maskierungseffekte auftreten, da in Leitwarten häufig auf den Bildschirmen ein visuelles Grundrauschen durch sich beständig verändernde Anzeigen zu verzeichnen ist, dass möglicherweise die Erkennung wichtiger Signale verschlechtern kann [13]. Ansatzpunkte, um Aufmerksamkeit zu lenken, können die gute Erkennung von Bewegungen [1, 10], von hervorstechend andersartigen Objekten [25] und hohen Helligkeitskontrasten [20] im peripheren Blickfeld sein. Auf Basis der Bewegungswahrnehmung wurde der Faktor „Frequenz“ abgeleitet, bei dem ein Signal durch bestimmte Blinkfrequenzen einen Bewegungseindruck induziert. Der andere Faktor „Kontrast“ wurde aufgrund der Erkenntnisse zur Wahrnehmung von Helligkeitskontrasten gewählt. Der Laborarbeitsplatz und der komplexe Versuchsaufbau soll hier zum allgemeinen Verständnis nur überblicksartig behandelt werden, da bereits in vorangegangenen Veröffentlichungen [9, 12] eine detaillierte Beschreibung erfolgt ist. Er orientierte sich im Aufbau an einem normgerechten Leitwarten-Arbeitsplatz [6] und ist in einem vollklimatisierten Labor mit konstanten Akustik- sowie Lichtverhältnissen untergebracht. Im zentralen Blickfeld befindet sich der Monitor, auf dem zum einen von den Probanden eine aufmerksamkeitsbindende Aufgabe zu lösen ist und zum anderen die Bestätigung der erkannten Signale durch das Betätigen eines implementierten Buttons mittels Tastendruck über eine Maus erfolgt. Rechts und links, zu einem Halbkreis geformt mit einem Radius von 766 mm, sind jeweils zwei Monitore im peripheren Blickfeld angeordnet, auf denen die zu erkennenden Signale dargestellt werden. Die Signale unterscheiden sich in Kontrast, Blinkfrequenz und Winkel zur Mitte des zentralen Blickfeldes. Der komplexe Hintergrund, auf dem die Signale eingeblendet werden, orientiert sich an den Schemata für die chemische und petrochemische Industrie [5]. Abbildung 2 verdeutlicht die Signale und die Hintergrunddarstellung. Im Experiment waren die Signale 13,5 mm hoch und 21,5 mm breit.

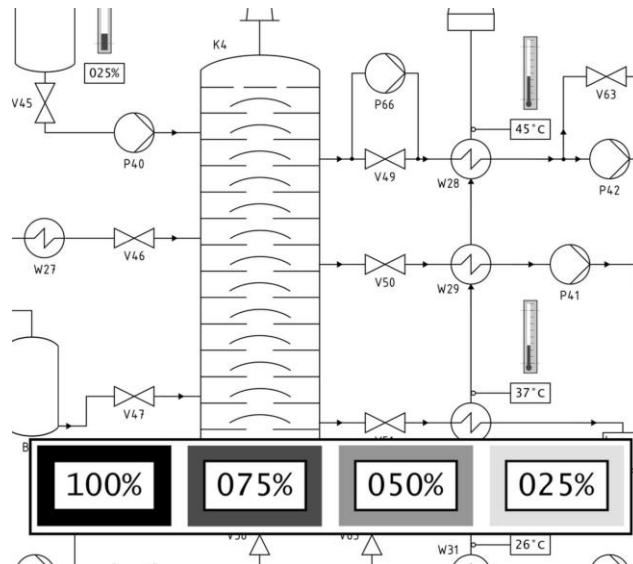


Abbildung 2: der komplexe Hintergrund und die genutzten Signale

Die genutzten Abstufungen hinsichtlich der im genutzten unabhängigen Variablen Frequenz f_B , Winkel α_P und Leuchtdichtekontrast C_W werden in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: die Abstufungen der unabhängigen Variablen

Stufe	Winkel α_P [°]	Frequenz f_B [Hz]	Leuchtdichte-kontrast C_W
1	15	0	0,34 (hellgrau)
2	40	0,5	2,92 (mittelgrau)
3	65	2,5	7,36 (dunkelgrau)
4	90	5,0	15,12 (schwarz)

Damit die Signale auch wirklich im peripheren Blickbereich in den entsprechenden Winkeln dargeboten werden konnten, musste eine Aufgabe gefunden werden, die die Aufmerksamkeit in einem zentralen, eng visuell begrenzten Bereich zuverlässig band. Dafür wurde die „Tower of London“-Aufgabe (ToL-Aufgabe) aus der PEBL-Testbatterie gewählt [18]. Bei dieser müssen Probanden unterschiedliche Spielscheiben anhand eines vorgegebenen Musters neu arrangieren. Dabei sind Denkschritte nötig, da nicht jeder Bearbeitungsschritt möglich bzw. zielführend ist und sich möglicherweise negativ auf weitere Bearbeitungsschritte auswirkt. Sie stellt eine typische Aufgabe des psychologischen Problemlösens dar. Es sind komplexe höhere Verarbeitungsprozesse im Sinne von Schlussfolgern, Antizipieren, Planen und Ausführen involviert [26]. Damit ist sie als ein gutes Abbild einer Problemlösesituation an einem realen Leitstand zu betrachten. Die originale Aufgabe wurde durch Eingriffe in den Quellcode verändert, wodurch zum einen die Helligkeitskontrastverhältnisse der übrigen Umgebung angepasst (Kontrolle von Störfaktoren) und zum anderen die Schwierigkeitsstufen der Aufgabe kontrolliert vorgegeben werden konnten. Dies erfolgte nach dem bei [8] beschriebenen Lösungsalgorithmus. Es existieren Schwierigkeitsstufen von einem bis acht Bearbeitungsschritten für die optimale Lösung. Nach einer Eingewöhnungszeit mit ansteigender Schwierigkeit, um sich mit der Aufgabe vertraut zu machen, wurde im späteren Verlauf nur noch in den höheren

Schwierigkeitsstufen (vier bis acht minimale Bearbeitungsschritte) alterniert, um eine ausreichende kognitive Beanspruchung zu erzeugen. Ein weiterer Vorteil dieser Aufgabe war die relativ geringe Ausdehnung auf dem Bildschirm bei gleichzeitig guter Wahrnehmbarkeit ihrer einzelnen Elemente: Die Ausdehnung betrug lediglich ca. 7,5° horizontal und vertikal, sodass sich der Blick während der Aufgabenbearbeitung in einem relativ engen Bereich bewegte. Eine zusätzlich eingesetzte Blickerfassung stellte außerdem sicher, dass sich der Blick der Probanden in diesem engen Bereich bewegte.

Die Laboruntersuchung ist in die drei technischen Teilbereiche Vorbereitung, Durchführung und Datenanalyse untergliedert (Abbildung 3). Im Teilbereich der Vorbereitung werden die Signale mit ihren Attributen (Winkel, Kontrast, Blinkfrequenz) mit einem Zufallsgenerator unter Beachtung von Randbedingungen, wie z.B. Mindestabstände, generiert und mittels Erzeugung eines Trickfilms technisch umgesetzt sowie in einer zentralen Versuchsdatei mit einem entsprechenden Zeitstempel gespeichert. Im Teilbereich der Durchführung wird der komplexe Hintergrund mit den generierten Signalen abgespielt. Diese sollen während der Ausführung der aufmerksamkeitsbindenden Aufgabe durch die Versuchsperson mittels Tastendruck quittiert werden. Die Ergebnisse werden anschließend in die zentrale Versuchsdatei importiert. Weiterhin werden die zeitsynchronen Daten der Blickerfassung und EKG-Überwachung ausgelesen, konvertiert und ebenfalls in die zentrale Versuchsdatei importiert. Somit enthält die zentrale Versuchsdatei alle relevanten Versuchsdaten in Abhängigkeit von der Versuchszeit sowie die Daten der Fragebögen und der Versuchsleitung. Die Datenanalyse konnte anschließend mit adäquater Software (z.B. IBM SPSS® Statistics 26) vorgenommen werden.

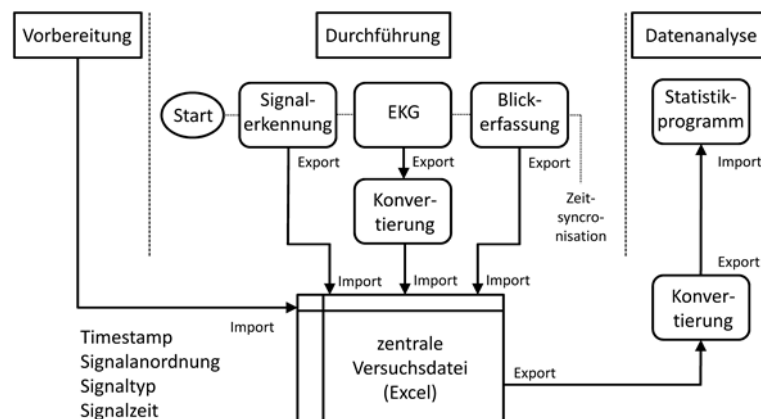


Abbildung 3: Datenfluss und Zeitsynchronisation des Versuchsablaufes.

3 Ergebnisse

Der Altersdurchschnitt der 52 Probanden lag bei 34,1 Jahren (SD = 14,7 Jahre). Von den Teilnehmern waren 40,4 % weiblichen und 59,6 % dem männlichen Geschlecht zu. Die ausgewogene Verteilung von Alter und Geschlecht unterstützt die Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse auf die Praxis. Aus der Stichprobengröße und der Anzahl der jeweils präsentierten Signale ergaben sich 3328 Beobachtungen zur Erkennung, welche als Basis für die statistische Auswertung herangezogen werden konnten. Analog der theoretischen Vorerkenntnisse wurden Hypothesen formuliert. So wurde bei steigender

Frequenz f_B in den Stufen 1 (nur einblenden), 2 (0,5 Hz), 3 (2,5 Hz) und 4 (5,0 Hz) und steigendem Leuchtdichtekontrast C_W in den Stufen 1 (0,34) 2 (2,92), 3 (7,36) und 4 (15,12) von einer verbesserten Erkennungsrate ausgegangen. Bei höheren Winkeln α_P in den Stufen 1 (15°), 2 (40°), 3 (65°) und 4 (90°) im peripheren Blickfeld sollten jedoch die Erkennungsraten absinken.

3.1 Binäre logistische Regression der Signalerkennung

Um die Hypothesen zu prüfen, fand eine binär-logistische Regression der Erkennungswahrscheinlichkeit (P) mittels Einschlussmethode ihren Einsatz [27]. Zusätzlich wurde ein Term eingefügt um mögliche Interaktionseffekte zu prüfen. Die Analyse mittels Einschlussmethode erbrachte einen hochsignifikanten Effekt für das gesamte Modell (X^2 [4] = 1347,34; $p < 0,001$; auf Basis der $N = 3328$ Beobachtungen bei 52 Teilnehmern). Der Interaktionsterm aus Frequenz, Winkel und Leuchtdichtekontrast ($f_B * \alpha_P * C_W$) fiel mittels Hypothesentests ebenfalls signifikant aus, so wurde eine detaillierte Analyse nachgeschaltet, um signifikante Faktorkombinationen zu ermitteln. Es ergab sich, dass die Kombination Winkel α_P und Frequenz f_B ($\beta = -0,630$; $p = 0,000$) sowie jene von Frequenz f_B und Leuchtdichtekontrast C_W ($\beta = 0,176$; $p = 0,001$) interagierten. Die Interaktion zwischen den Faktoren zeigt, dass diese nicht vollständig additiv wirken, sondern dass sich ihre Wirkung in Abhängigkeit von der Ausprägung unterscheidet [7]. Die tiefergehende Analyse wies auf eine ordinale Interaktion hin, was wiederum für die globale Interpretation der Haupteffekte spricht. Letztendlich ist der Einfluss des Interaktionsterms als vergleichsweise gering einzuschätzen. Somit kann folgendes abgeleitet werden: Steigt der Winkel um eine Stufe, verringert dies die relative Erkennungswahrscheinlichkeit um 43,3 %. Steigt die Frequenz um eine Stufe, erhöht dies die relative Erkennungswahrscheinlichkeit um 267,0 %. Steigt der Leuchtdichtekontrast um eine Stufe, erhöht dies die relative Wahrscheinlichkeit der Erkennung um 174,0 %. Der Interaktionsterm senkt die Erkennung geringfügig um 2,3 % je steigender Stufe. In einer Regressionsfunktion ausgedrückt, ergibt sich:

$$P(\text{Erkennung} = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(-1,668 - 0,815 * \alpha_P + 1,300 * f_B + 1,008 * C_W - 0,023 * (\alpha_P * f_B * C_W))}}$$

Die zugrundeliegende Methodologie und die zusammengefassten Daten sowie die darüber gewonnenen Ergebnisse mit ihren Schlussfolgerungen können ausführlich in [12] nachgeschlagen werden.

3.2 Regression der Reaktionszeiten

Der Hypothesenkomplex zum Einfluss der genutzten unabhängigen Variablen auf die Erkennung des Signals beherbergt auch die Reaktionszeit t_R auf das erkannte Signal. Nach dem Herausrechnen der benötigten Bewegungs- und Interaktionszeiten der Probanden, wurden die bereinigten Reaktionszeiten in die Regressionsberechnung mit einbezogen. Die Analyse zeigt, dass das Regressionsmodell insgesamt mit einem $F(4,2226) = 66,78$ und $p <$

0,001 für die Anzahl von $N = 2227$ Beobachtungen hochsignifikant ist. Zur Prüfung etwaiger Interaktionseffekte der Variablen wurde wieder zusätzlich ein Interaktionsterm in derselben Art und Weise wie bei der vorangegangenen beschriebenen binär-logistischen Regression ($f_B * \alpha_P * C_W$) eingeführt. Dieser zeigte aber keinen signifikanten Effekt ($\beta = 0,004$; $T = 1,326$; $p = 0,185$), somit können die Faktoren Winkel α_P , Frequenz f_B und Leuchtdichtekontrast C_W an dieser Stelle als unabhängig betrachtet werden. Das sich anschließende multiple Regressionsmodell wurde somit ohne den Interaktionsterm berechnet und zeigt, dass die Stufen (bzw. interpolierte Zwischenstufen) der unabhängigen Variablen $f_B * \alpha_P * C_W$ einen Einfluss auf die Reaktionszeit t_R bei gut erkannten Signalen haben. Der Zusammenhang lässt sich in einer Formel beschreiben:

$$\log_e(t_R) = 7,76 + 0,163 \alpha_P - 0,143 f_B - 0,174 C_W$$

Die Reaktionszeit t_R in Millisekunden (ms) ergibt sich folgend über die Exponentialfunktion als Umkehrfunktion dieser logarithmierten Werte. Auch die hier aufgeführten Ergebnisse zu den Reaktionszeiten wurde mit [12] veröffentlicht und können dort bei einem tiefergehenden Interesse nachgeschlagen werden.

4 Diskussion und Empfehlungen

Als Ergebnis der dargelegten Untersuchung konnten Gleichungen zur Abschätzung der Erkennungswahrscheinlichkeit bestimmter Merkmalskombinationen von Signalen sowie der Reaktionszeit von gut erkannten Signalen erstellt werden. Die Auswertung der Erkennungsrate mittels binär-logistischer Regression zeigte einen starken Einfluss der drei Variablen in der erwarteten Richtung auf. Die wahrgenommene Abnahme der Signalerkennung bei steigendem Winkel im horizontalen peripheren Blickfeld, deckt sich mit den aktuellen Erkenntnissen zur verringerten Sehschärfe [20, 19]. Des Weiteren zeigen die höheren Frequenzen, welche aufgrund der Vorerkenntnisse zur vergleichsweise guten Bewegungswahrnehmung im peripheren Blickfeld untersucht wurden, einen positiven Einfluss auf die Erkennung auf. Dieser positive Einfluss konnte auch bei den höheren Leuchtdichtekontrasten aufgezeigt werden. In einzelnen der gewählten Abstufungen der unabhängigen Variablen Winkel, Frequenz und Leuchtdichtekontrast, kam es jedoch zu ordinalen Interaktionseffekten im Sinne einer nicht vollständig additiven Wirkung dieser Faktoren [7]. Festzuhalten bleibt, dass die Wirkung der Faktoren zwar nicht über alle Kombinationen der Faktorstufen gleich stark, jedoch aber global vorhanden ist.

Die multiple Regression der Reaktionszeiten von gut erkannten Signalen erbrachte einen signifikanten Einfluss von Winkel, Frequenz und Leuchtdichtekontrast im Sinne der Vorannahmen. Die allgemeine Richtung des Einflusses der Variablen deckte sich dabei mit jenen aus der binär-logistischen Regression der Erkennung. Konstatiert wird, dass Signale mit höheren Frequenzen und Kontrasten in niedrigeren Winkeln, wenn auch nicht in jedem Falle insgesamt besser, jedoch zumindest etwas schneller erkannt werden. Somit kann die dargelegte Untersuchung einige Belege für die Gültigkeit der wahrnehmungstheoretischen Zusammenhänge zur Sehschärfe, Bewegungs- und Kontrastwahrnehmung im peripheren Blickfeld liefern und diese für die Arbeitswelt und mögliche Praxisanwendungen

konkretisieren. Des Weiteren können Hinweise zur Erhöhung der Erkennungswahrscheinlichkeit sowie zur Reduktion der Reaktionszeit für die Gestaltung von Technik über die Ergebnisse adäquat abgeleitet und den Anwendern an die Hand gegeben werden: Das Signal kann je nach Bedeutung in den jeweils angemessenen Bereichen des peripheren Blickfeldes platziert werden, falls dieser Winkel kontrollierbar ist. Dies könnte vor allem bei modernen Interaktionsformen, wie z.B. kopfgetragene Augmented-Reality-Anwendungen, der Fall sein. Im Gegensatz zur klassischen Arbeitsumgebung der Leitwarte können die ermittelten Erkennungswahrscheinlichkeiten und Reaktionszeiten gezielt genutzt werden, um Signale adäquat zu positionieren. Die Anregung der Bewegungswahrnehmung durch das Ein- und Ausblenden des Signals (Variable „Frequenz“) zeigt einen starken positiven Einfluss auf die Erkennungswahrscheinlichkeit. Frequenzen im Bereich von 2,5–5,0 Hz erbrachten im Experiment die besten Ergebnisse, zeigten jedoch einen sich abschwächenden Effekt. Höhere Frequenzen wurden, aufgrund der schnellen Annäherung an die Flimmerfusionsfrequenz im Bereich des peripheren Sehens, nicht untersucht. Aus den Erkenntnissen von den Vorversuchen zur Festlegung der Abstufungen der Frequenz ist davon auszugehen, dass sich darüber auch keine wesentlich besseren Ergebnisse erzielen lassen. Der Leuchtdichtekontrast zeigt ebenfalls einen starken Einfluss. Wenn möglich, sollte über die für das zentrale Blickfeld empfohlenen Norm-Werte [4] hinausgegangen werden, denn damit ließen sich in der vorliegenden Laborumgebung die höchsten Erkennungsraten realisieren. Eine entsprechende Praxisempfehlung erscheint somit sinnvoll.

Die Ergebnisse gestatten es auch je nach Anforderung, passende Kombinationen aus den Variablen zu verwenden. Beispielsweise könnten, falls sich höhere Leuchtdichtekontraste nicht realisieren lassen, die Frequenzen erhöht oder die Signale näher an den Hauptarbeitsbereich herangerückt werden. Somit könnte die Größe des Signals auch vergleichsweise klein gewählt werden und sich an der Mindestgröße für Schriftdarstellungen [3, 21] orientieren.

5 Danksagung

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

6 Literatur

- [1] Birbaumer, N., Schmidt, R. (2010). Biologische Psychologie. Springer Medizin, Heidelberg
- [2] Boecker M (2017) Increasing Control Room Effectiveness and Security Through Proximity-Based Interaction Technologies. In: Nunes I (Hrsg) Advances in Human Factors and System Interactions. Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 497. Springer, Cham
- [3] DIN 1450:2013 Schriften – Leserlichkeit. Berlin: Beuth
- [4] DIN EN ISO 9241-6:2001 Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung. Berlin: Beuth
- [5] DIN EN ISO 10628-2:2013 Schemata für die chemische und petrochemische Industrie - Teil 2: Graphische Symbole. Berlin: Beuth
- [6] DIN EN ISO 11064-4:2013 Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 4: Auslegung und Maße von Arbeitsplätzen. Berlin: Beuth
- [7] Döring N, Bortz J (2016) Forschungsmethoden und Evaluation für Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer
- [8] Fimbel E, Lauzon S, Rainville C (2009) Performance of Humans vs. Exploration Algorithms on the Tower of London Test. PLoS ONE 4 (9), S. 1 – 11
- [9] Ganßauge R, Hoppe A, Henke A, Reißut 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
- [10] 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.
- [11] Hoppe A, Reißut 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
- [12] Hoppe A, Ganßauge R, Geißler U, Henke A, Reißut N (2022) Untersuchung von Aufmerksamkeitseffekten für die gezielte Gestaltung von Visualisierungsoberflächen für zeitgemäße Mensch-Maschine-Interaktion. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft
- [13] Huckauf, A. (1996): Zur Bedingungsanalyse lateraler Maskierung. Aachen: Shaker
- [14] Kockrow R (2014) Eye-Tracking Studien in Leitwarten – Evaluation einer 'Visuellen Komfortzone' für Operatortätigkeiten. Düren: Shaker
- [15] Kockrow, R., Hoppe, A. (2016). Visualisierungsmitteldichte in Kraftwerksleitwarten – Gestaltungsempfehlungen als Ableitung aus Blickverlaufsstudien. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 70 (3), S. 142 – 150.
- [16] Lafrenz B, Jeschke P (2017) Moderne IKT zur Visualisierung und Strukturierung von Informationen in Leitwarten. Deutsche Gesellschaft für Luft-und Raumfahrt-Lilienthal-Oberth e.V.
- [17] Meinecke S, Albat D (2015). Gebündelt und transparent. Prozessorientierte Krankenhaus-Leitwarte erleichtert effiziente Ressourcenplanung. In: KU Gesundheitsmanagement, 5, 84, S. 56 – 58
- [18] Mueller S, Piper B (2014) The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. In: Journal of Neuroscience Methods, 222, S. 250 – 259
- [19] Schlick C, Bruder R, Luczack H (2018) Arbeitswissenschaft. Berlin: Springer Vieweg
- [20] Schmauder M, Spanner-Ulmer B (2014) Ergonomie - Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation. München: Hanser
- [21] Schmidt, R.F., Lang, F., Heckmann, M. (2011). Physiologie des Menschen, Heidelberg: Springer, S. 279
- [22] Schmidtke H, Jastrzebska-Fraczek I (2013) Ergonomie – Daten zur Systemgestaltung und Begriffsbestimmungen. München: Hanser
- [23] Tornelli S, Zuelli R, Marinelli M, Morch A, Cornez L (2017) Requirements for future control room and visualisation features in the Web-of-Cells framework defined in the ELECTRA project. In: CIREP, Open Access Proc. J., 1, S. 1425 – 1428
- [24] VDI/VDE (2013) Automation 2020. Düsseldorf: VDI Verlag
- [25] Vollrath, M. (2013). Ingenieurpsychologie. Psychologische Grundlagen und Anwendungsgebiete. Kohlhammer, Stuttgart
- [26] 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
- [27] Weiß C (2019) Basiswissen medizinische Statistik. Heidelberg: Springer