

Konzept und Exploration kopfgebundener Gefahrenwarnungen mit vibrotaktilen Reizen und Lichtreizen im peripheren Sichtbereich

Daniela GUDDORP, Jessica CONRADI

*Fraunhofer FKIE
Zanderstraße 5, D-53177 Bonn*

Kurzfassung: In sicherheitskritischen Umgebungen sind Einsatzkräfte hohen Belastungen ausgesetzt. Um dem entgegenzuwirken, sollen die Einsatzkräfte bei der frühzeitigen Gefahrenerkennung unterstützt werden. Hierbei sollte ein System eingesetzt werden, das sofort die Aufmerksamkeit der Einsatzkräfte erregt, ohne dabei von den sonstigen Aufgaben abzulenken. In dem vorliegenden Experiment werden daher periphere Lichtreize und vibrotaktile Reize am Kopf im Stehen und im Gehen auf verschiedene Fragestellungen hin getestet. So soll die Praxistauglichkeit eines Gefahrenwarnungssystems mit peripheren Lichtreizen und vibrotaktile Reizen eingeschätzt werden.

Schlüsselwörter: Peripherie, visuell, Reiz, taktil, Vibrationsmotoren, Warnung,

1. Einleitung

Für Einsatzkräfte ist es in vielen Anwendungsbereichen von großer Wichtigkeit, Gefahren frühzeitig zu erkennen, um sie zu vermeiden oder ihnen vorbereitet begegnen zu können. Dies gilt beispielsweise für Feuerwehrleute bei der Lokalisierung von Brandherden. Insbesondere in Situationen, in denen die Umgebung unbekannt und die Sicht eingeschränkt ist, wie zum Beispiel in verrauchten Gebäuden oder bewaldetem Gelände, ist eine Warnung vor Gefahren hilfreich.

Für solche Anwendungen wurden die Möglichkeiten der Warnung vor Gefahren exploriert. Für dessen Umsetzung ist das Mitführen von technischen Geräten nötig. Diese sollten für den Nutzer komfortabel, wenig einschränkend oder störend und möglichst in bestehende Ausrüstung integrierbar sein. Hierfür kommen z.B. moderne, kleine, leicht integrierbare Gerät mit geringem Strombedarf, wie z.B. LEDs oder Vibrationsmotoren gängiger mobiler Geräte in Frage. Die LEDs können im peripheren Sichtfeld der Nutzer angeordnet werden und so das primäre Sichtfeld nicht beeinflussen. Vibrotaktile Elemente können grundsätzlich an verschiedenen Körperteilen eingesetzt werden, die Verwendung am Kopf ist aber sowohl im Hinblick auf die Empfindlichkeit für Vibrationen als auch im Hinblick auf Integration in die Schutzausrüstung (z.B. Schutzbrille oder Schutzhelm) von Vorteil.

Gefahren treten zu verschiedene Zeiten und in verschiedenen Umgebungen auf, daher ist auch die Betrachtung der Nutzbarkeit unter unterschiedlichen Randbedingungen wichtig. Um hier eine erste Abschätzung zu erreichen, wurde bei der Untersuchung neben dem Stehen auch das Gehen berücksichtigt.

1.1 *Vibrotaktile Reize*

Haptik eignet sich besonders für die Ausgabe von Informationen, da andere Sinne ungestört bleiben und es resistent gegenüber Störreizen anderer Sinneswahrnehmungen ist (Kniewel, R. & Hipp, C. 2008). Haptische Reize sprechen eine andere Sinndesmodalität an als visuelle Reize, was zu einer schnelleren Reizverarbeitung beiträgt (Wickens 2002). Daher werden haptische Reize vor allem in komplexen Umgebungen eingesetzt, in denen andere menschliche Sinne abgelenkt sind (Dim und Ren 2017). Insbesondere in Szenarien, in denen Einsatzkräfte mit der visuellen Suche beauftragt sind, kann der Einsatz von haptischen Reizen daher vorteilhaft sein.

Um am menschlichen Körper als haptischer Reiz erkannt werden zu können, muss ein Vibrationsreiz eine bestimmte Intensität aufweisen. Hierbei ist die Empfindungsschwelle von verschiedenen Faktoren abhängig, wie beispielsweise der Frequenz der Vibration und von der Körperstelle (Kniewel, R. & Hipp, C. 2008). In der Studie von Dim und Ren (2017) erweist sich die Positionierung an den Ohren als besonders geeignet und wird von Jones und Sarter (2008) als sensitiv gegenüber Haptik hervorgehoben. Da diese Positionierung zusätzlich die Umsetzung in vorhandene Schutzausrüstung ermöglicht, werden die vibrotaktile Elemente in der vorliegenden Studie in unmittelbarer Nähe der Ohren angeordnet.

1.2 *Periphere visuelle Reize*

Die Wahrnehmung von visuellen Stimuli unterscheidet sich maßgeblich in Abhängigkeit von dem Eintreffwinkel des visuellen Reizes auf die Retina des Auges. Dies ist auf die unterschiedlichen Zelltypen der Retina – die Zapfen und die Stäbchen – zurückzuführen. Zapfen sind im Bereich der Fovea, dem mittleren Bereich des Auges, angesiedelt und dienen dem Sehen am Tag und dem Farbsehen. Stäbchen befinden sich im Randbereich und eignen sich weniger um Details zu erkennen, sind aber auf das Erkennen von Bewegung und auf das Sehen bei geringer Helligkeit spezialisiert (Dahm, 2006). Um das visuelle Feld der Einsatzkräfte möglichst wenig einzuschränken, sollen die Lichtreize im peripheren Sichtbereich platziert sein. Da im peripheren Sichtbereich Bewegung gut wahrgenommen wird, werden blinkende Lichtreize eingesetzt.

1.3 *Gehen*

Studien haben gezeigt, dass Gehen von dual-tasking beeinflusst wird. So wurde beispielsweise festgestellt, dass Personen, die während des Laufens kognitiv angestrengt sind, langsamer laufen oder gar stehen bleiben (Mirelman et al. 2014). Ebenso scheint das Gehen die Durchführung einer weiteren Aufgabe zu beeinflussen. Kelly et al. (2010) untersuchten den Effekt eines auferlegten Fokus auf die Durchführung einer kognitiven Aufgabe und einer Lauftaufgabe. Es zeigte sich, dass jeweils die unpriorisierte Aufgabe schlechter durchgeführt wurde. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass beide Aufgaben zumindest teilweise auf die gleichen kognitiven Ressourcen zurückgreifen. Zudem zeigten Studien, dass sportliche Betätigung eine positive Wirkung auf Gedächtnisleistung, Lernvermögen und exekutive Funktionen hat und für eine erhöhte Konzentration verschiedener Neurotransmitter im Gehirn sorgt (Walk 2011). Zu den exekutiven Funktionen zählt beispielsweise die Fähigkeit, trotz Störreizen unbeeinflusst weiterzuarbeiten und Informationen im Arbeitsgedäch-

nis zu aktualisieren. Da somit ein Einfluss des Gehens auf die Wahrnehmung der Reize anzunehmen ist, soll überprüft werden, ob die Reize sich sowohl im Stehen als auch im Gehen zur Gefahrenwarnung eignen.

1.4 Ziel und Hypothesenformung

Ziel des Versuches ist es, die Wahrnehmung von Lichtreizen in dem peripheren Sichtfeld und vibrotaktilen Reizen am Kopf zu vergleichen. Beide Reize sollen auf die Eignung zur Gefahrenwarnung getestet werden. Hieraus resultieren die folgenden Hypothesen:

H1: Vibrotaktile Reize werden schneller quittiert als peripher visuelle Reize

H2: Das subjektive Empfinden der vibrotaktilen und visuellen Reize unterscheidet sich.

2. Methodik

Der Versuch wird mit 20 freiwilligen Teilnehmern im Alter von 20 bis 38 Jahren ($M= 29,2$; $SD= 4,5$) durchgeführt. 7 der Teilnehmer sind weiblich, 13 männlich. Es wird ein Versuchsdesign mit Messwiederholung gewählt, so dass jeder Teilnehmer alle Versuchsbedingungen durchläuft. Die Reihenfolge der Versuchsblöcke wird mit Hilfe eines lateinischen Quadrates (Bortz 1993) permutiert. Das Zeitintervall zwischen den unterschiedlichen Stimuli wird zwischen 2 und 8 Sekunden randomisiert.

Es werden zwei unabhängige Variablen verwendet. Zum einen wird die Geschwindigkeit, mit der ein Versuchsteilnehmer sich bewegt (0 Km/h oder 5 km/h), manipuliert und zum anderen der Reiz (vibrotaktile oder peripher blinkend). Die Reize werden mit einer Dauer von 1000 ms präsentiert. Die Vibrationsreize hatten eine Vibrationsstärke von 120 und eine Wiederholungsfrequenz von 200, die visuellen Reize eine Leuchtstärke von 50mcd in der Farbe blau und eine Frequenz von 6 Hz. Erfasst werden die Reaktionszeit (vom Erscheinen eines Reizes bis zum Klick auf das Eingabegerät durch den Versuchsteilnehmer) und das subjektive Empfinden der Reize mit Hilfe von Fragebögen.

Während des Versuchs befindet sich der Versuchsteilnehmer in einem abgedunkelten Raum auf dem Laufband und ist mit einem Gurt gesichert. Die Hauptaufgabe des Versuchsteilnehmers besteht darin, die Reize wahrzunehmen und so schnell wie möglich mit einem Klick auf ein Eingabegerät zu bestätigen. Parallel dazu wird eine Letter-Memory-Task auf der Leinwand bearbeitet (siehe Abbildung 1). Die Letter-Memory-Task ist eine updating-task, bei der Buchstaben sequentiell präsentiert werden, wobei die Versuchsperson stets die letzten 3 Buchstaben im Arbeitsgedächtnis halten muss. Die Anzahl der dargebotenen Buchstaben ist dabei randomisiert und für den Teilnehmer nicht vorhersehbar. Die Aufgaben werden zunächst in einem Übungsblock mit 20 Reizen geübt. Es folgen 4 Versuchsblöcke, die den Kombinationen der Versuchsfaktoren entsprechen. Je Versuchsblock erscheint der entsprechende Reiz 30 Mal, was in insgesamt 120 Reizen je Versuchsteilnehmer resultiert. Nach jedem Versuchsblock werden Fragebögen zum subjektiven Empfinden ausgefüllt.

Die Steuerung der Darbietung der Reize wurde durch eine Microsoft HoloLens realisiert, die mit zusätzlichen LEDs im peripheren Sichtfeld sowie mit Vibrationsmotoren, die hinter den Ohren der Teilnehmer wirkten, ausgestattet ist.



Abbildung 1: Versuchsaufbau mit einem Versuchsteilnehmer auf dem Laufband (links) und Versuchsleiterin (rechts) während der Bearbeitung der Letter-Memory-Task und der Reizwahrnehmung

3. Ergebnis

Vor der inferenzstatistischen Auswertung wurden die Daten mit einem Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung geprüft. Danach wurde die jeweils passende inferenzstatistische Methode mit einem Signifikanzniveau von 5 % und ggfs. Posttests mit Bonferroni-Korrektur angewendet.

3.1 Reaktionszeiten

Es wurde eine Ausreißerkorrektur für die Reaktionszeiten durchgeführt. Hierbei wurde ein Wert ausgeschlossen, da er unter der zu erwartenden Mindestreaktionszeit von 100 ms lag. Eine Bereinigung für hohe Werte war nicht nötig, da die Reaktionszeitmessung aufgrund der Umsetzung der Versuchsaufgabe auf max. 3000 ms beschränkt war. Die jeweils letzte Darbietung eines Reizes innerhalb eines Versuchsdurchlaufs musste aufgrund technischer Randbedingungen von der Auswertung ausgeschlossen werden.

Die Mittelwerte der abhängigen Variable Reaktionszeit und deren Standardabweichungen finden sich in der folgenden Tabelle 1.

Tabelle 1: Mittelwerte und Standardabweichungen für die abhängige Variable Reaktionszeit auf das Erscheinen der Reize pro Versuchsblock in ms.

Kondition	Stehen		Gehen	
	MW	SD	MW	SD
LED	930	170	954	166
Vibration	901	172	937	167

Eine Normalverteilung der Reaktionszeiten auf die Reize konnte festgestellt werden ($p=0,164$, $p=0,736$, $p=0,293$, $p=0,263$). Es wurde eine ANOVA mit Messwiederholung ausgeführt. Für den Faktor Bewegung fand sich lediglich ein statistischer Trend, der mit dem gewählten Signifikanzniveau von 5% jedoch nicht signifikant ist ($F(1, 19) = 3,894$, $p=0,063$). Ohne Berücksichtigung des Faktors Reiz läge die Reak-

tionszeit im Stehen bei 915 ms und im Gehen bei 946 ms. Die Reaktionszeiten der unabhängigen Variable Reiz ist nicht signifikant ($F(1,19)=1,445$, $p=0,244$).

3.2 Fragebogen

Die abschließende Befragung zu dem favorisierten Versuchsblock hat ergeben, dass 14 Versuchsteilnehmer die Kondition Gehen+Vibrieren favorisieren, jeweils 2 Versuchsteilnehmer favorisieren eine der 3 weiteren Konditionen. Dies bedeutet, dass insgesamt 16 Versuchsteilnehmer den vibrotaktilen Reiz bevorzugten. Lediglich 4 Versuchsteilnehmer sprachen sich für den visuellen Reiz aus.

4. Diskussion

Mittels des vorliegenden Experimentes sollte die Verwendbarkeit von haptischen Reizen am Kopf sowie von peripheren visuellen Reizen als Warnsystem abgeschätzt werden. Die grundsätzliche Einsetzbarkeit konnte bestätigt werden, es fanden sich lediglich geringe Unterschiede zwischen den verschiedenen Reizen.

Für die abhängige Variable Reaktionszeit ergab eine ANOVA einen statistischen Trend für die unabhängige Variable Bewegung. Dies deutet darauf hin, dass sich die Reaktionszeiten auf die Reize in Abhängigkeit davon, ob der Versuchsblock im Stehen oder im Gehen stattgefunden hat, unterscheiden. In der Bewegung haben Versuchsteilnehmer länger gebraucht um das Wahrnehmen eines Reizes zu quittieren. Die Mittelwerte der Reaktionszeiten unterscheiden sich leicht in Abhängigkeit von den Reizen; mit höheren Reaktionszeiten für die Bedingung LED - dieses Ergebnis ist jedoch nicht statistisch signifikant. Eine kürzere Reaktionszeit für taktile Stimuli als für optische und akustische Reize wurde in der Studie von Lylykangas et al. (2016) berichtet. Grundsätzlich bietet taktiles Feedback Vorteile gegenüber peripher visuellem Feedback. So konkurriert ein taktile Reiz nicht mit visuellen Wahrnehmungen, ist unempfindlicher gegen Störreize und lenkt andere Einsatzkräfte nicht ab. Ein leichter Trend zum Einsatz von vibrotaktilen Reizen wird durch die Favorisierung der vibrotaktilen Versuchskonditionen durch 16 von 20 Teilnehmern unterstützt. Abschließend kann jedoch keine Empfehlung für den bevorzugten Einsatz eines der Reize ausgesprochen werden.

5. Literatur

- Bortz, Jürgen (Hg.) (1993): Statistik. Für Sozialwissenschaftler. Vierte, vollständig überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch).
- Dahm, M. (2006). Grundlagen der Mensch-computer-interaktion(pp. I-1). München: Pearson Studium.
- Dim, Nem Khan; Ren, Xiangshi (2017): Investigation of suitable body parts for wearable vibration feedback in walking navigation. In: International Journal of Human-Computer Studies 97, S. 34–44. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2016.08.002.
- Jones, Lynette A.; Sarter, Nadine B. (2008): Tactile displays: Guidance for their design and application. In: Human factors 50 (1), S. 90–111.
- Kelly, Valerie E.; Janke, Alexis A.; Shumway-Cook, Anne (2010): Effects of instructed focus and task difficulty on concurrent walking and cognitive task performance in healthy young adults. In: Experimental brain research 207 (1-2), S. 65–73. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/article/10.1007/s00221-010-2429-6>.

- Kniewel, R. & Hipp, C. (2008): Gestaltung einer haptischen Navigationshilfe für den mobilen Bereich. In: Brau, H., Diefenbach, S., Hassenzahl, M., Koller, F., Peissner, M. & Röse, K (Hg.): Tagungsband UP08. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Lylykangas, Jani; Surakka, Veikko; Salminen, Katri; Farooq, Ahmed; Raisamo, Roope (2016): Responses to visual, tactile and visual-tactile forward collision warnings while gaze on and off the road. In: *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 40, S. 68–77.
- Mirelman, Anat; Maidan, Inbal; Bernad-Elazari, Hagar; Nieuwhof, Freek; Reelick, Miriam; Giladi, Nir; Hausdorff, Jeffrey M. (2014): Increased frontal brain activation during walking while dual tasking. An fNIRS study in healthy young adults. In: *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 11, S. 85. DOI: 10.1186/1743-0003-11-85.
- Walk, Laura (2011): Bewegung formt das Hirn. Lernrelevante Erkenntnisse der Gehirnforschung. In: *DIE Zeitschrift für Erwachsenenbildung* (1), S. 27–29. Online verfügbar unter <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/52228>.
- Wickens, Christopher D. (2002): Multiple resources and performance prediction. In: *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 3 (2), S. 159–177.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband 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

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de