

Integrierte Informationsvisualisierungen bei der Mensch-Roboter-Kooperation zur Unterstützung von Einsatzkräften unter erhöhter psychischer Beanspruchung

Sonja Th. KWEE-MEIER, Jochen NELLES, Alexander MERTENS,
Christopher M. SCHLICK †

*Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University
Bergdriesch 27, 52072 Aachen*

Kurzfassung: Die Bewertung des Inhalts von verdächtigen Gepäckstücken stellt für Einsatzkräfte eine Stresssituation dar. Für die roboterassistierte Detektion von unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtungen (USBVen) mittels intelligenter Sensorik soll ein nutzerfreundliches Interface entwickelt werden, das eine effiziente und sichere Interaktion unter der hohen psychischen Beanspruchung sicherstellt. Die Anforderungen an das Bedienkonzept für den Zugriff auf integrierte Informationsvisualisierungen der kombinierten Sensordaten für derartige Stresssituationen werden diskutiert und ein Ausblick auf das weitere Vorgehen z.B. hinsichtlich der Evaluationen gegeben.

Schlüsselwörter: Usability, Informationsvisualisierung, menschenzentrierter Gestaltungsprozess, Sicherheit, Stress, Mensch-Roboter-Kooperation

1. Die veränderte Sicherheitslage

In Anbetracht der aktuellen Entwicklung der Gefahrenlage ist von einer steigenden Relevanz neuartiger technisch-technologischer Lösungsansätze für die zivile Sicherheit auszugehen. Für effizientes und effektives Arbeiten der Einsatzkräfte sollte der Faktor Mensch hierbei stärker berücksichtigt werden. Neue Möglichkeiten zur Detektion unkonventioneller Spreng- und Brandvorrichtungen (USBVen) werden erforscht. Denkbar ist die Unterstützung der Einsatzkräfte, indem sie gemeinsam mit einem Roboter das Gefährdungspotential nicht zuordenbarer Objekte wie Gepäckstücke mittels fusionierter Sensordaten bestimmen.

Derzeitige Benutzungsoberflächen in Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, sog. BOS, sind aufgrund des geringen Marktpotentials häufig unzureichend auf Usability-Kriterien abgestimmt. Dies kann in Alltagssituationen zunächst zu Unzufriedenheit der Einsatzkräfte auf objektiver und subjektiver Ebene mit den Benutzungsoberflächen führen, die eine intensive Einarbeitung sowie die höchste Konzentration auch in gerade in Stresssituationen abverlangen. Hierdurch steigt das Risiko für Bedienfehler mit weitreichenden Konsequenzen, wie es z.B. bei Entschärfungsmaßnahmen der Fall wäre. Daher soll besonderes Augenmerk auf die in Notfallsituationen erhöhte psychische Beanspruchung der Einsatzkräfte gelegt und die Grundlagen und Ansätze für eine geeignete integrierte Informationsvisualisierung der Sensordaten im Weiteren vorgestellt werden.

2. Die psychische Beanspruchung der Einsatzkräfte

Die Einsatzkräfte stehen während der Aufklärungs- und Entschärfungsmaßnahmen unter hoher psychischer Beanspruchung. Negative emotionale Beanspruchung, wie bei Angst z.B. vor folgenschweren Bedienfehlern, reduziert die Verarbeitungseffizienz von Informationen (Processing Efficiency Theory, PET, Eysenck & Calvo 1992). Zu unterscheiden ist die Verarbeitungseffizienz von der Leistungseffektivität, da letztere bis zu einem gewissen Grad durch Kompensationsmechanismen bei ausreichenden Ressourcen, wie z.B. Zeit, auf einem hohen Niveau gehalten werden kann, bei Überschreitung jedoch ebenfalls sinkt (Eysenck & Calvo 1992). Basierend auf der PET zeigten Eysenck et al. (2007) in der Attentional Control Theory, ACT, zudem die Effekte auf die Kontrolle der Aufmerksamkeit. In Stresssituationen ist daher die nutzerfreundliche Gestaltung von Bedienoberflächen besonders wichtig, um die Aufgabenschwierigkeit zu senken, sodass ein höherer Grad an emotionaler Erregung sich entsprechend des Yerkes-Dodson-Gesetzes (Yerkes & Dodson 1908, referenziert nach Wickens 2013) weniger negativ auf die Leistung auswirkt (s. Abbildung 1).

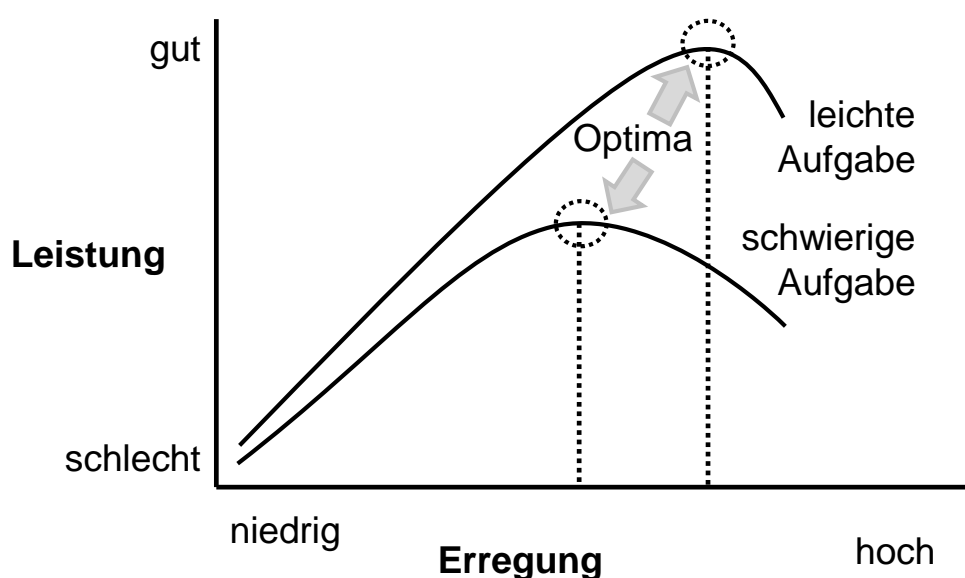


Abbildung 1: Zusammenhang von Erregung und Leistung nach dem Yerkes-Dodson-Gesetz (Yerkes & Dodson 1908, dargestellt nach Wickens 2013)

3. Menschzentrierte Gestaltung des interaktiven Systems

DIN EN ISO 9241-210 bildet den menschenzentrierten Gestaltungsprozess für interaktive Systeme, wie z.B. Mensch-Technik-Schnittstellen zur Bedienung technischer Lösungen, ab (s. Abbildung 2). Dieser Prozess verfolgt die Ziele der Gebrauchstauglichkeit und Zweckdienlichkeit, die durch die Einbeziehung der Benutzer, ihrer Bedürfnisse und der Nutzungsanforderungen erreicht werden (ebd.). Im Sinne der Gebrauchstauglichkeit (Usability) werden die drei Leitkriterien Effektivität, Effizienz und die Zufriedenstellung des Benutzers (DIN EN ISO 9241) durch dieses Vorgehen forciert.

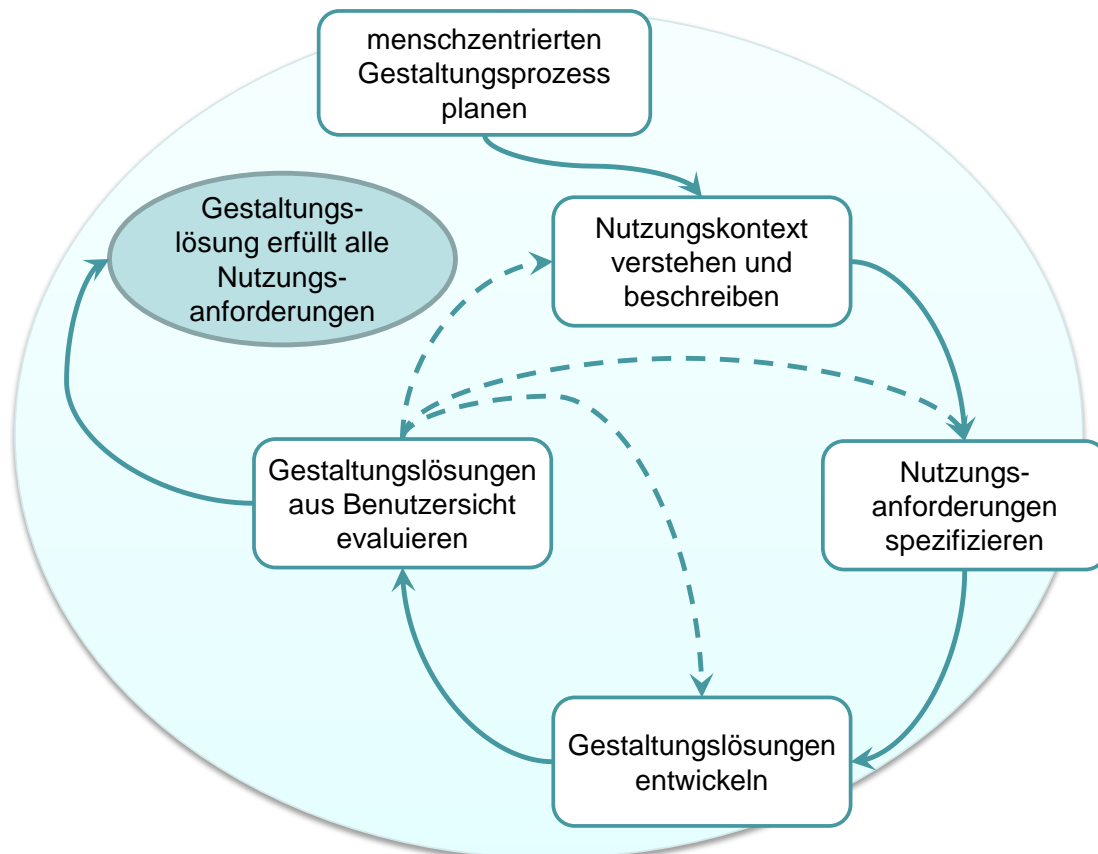


Abbildung 2: Menschzentrierter Gestaltungsprozess nach DIN EN ISO 9241-210.

Basis aller Entwicklungen ist das Verständnis des Nutzungskontextes, in diesem Fall also die konkrete Entschärfungssituation mit ihren zuvor dargestellten erhöhten Anforderungen an die Einsatzkräfte. Besondere Aufmerksamkeit ist des Weiteren auf die Iterationen (s. gestrichelte Pfeile in Abbildung 2) zu verwenden. Während lange das Wasserfallmodell nach Royce (1970) Anwendung fand, um interaktive Systeme zu entwickeln, stellte der Spiralansatz nach Boehm (1988) den iterativen Charakter von Entwicklungsprozessen in den Vordergrund. Fischer et al. (2004) fordern in dem Manifest für End-User Development (EUD) die Einbindung der tatsächlichen Endnutzer in die Usability-Evaluationen, um die optimale Gestaltungslösung für den operierenden Menschen zu finden. Dieser Ansatz bewies sich als gewinnbringend und setzte sich zunehmend durch (z.B. VDI 2221 1993; VDI 2206 2004; Blanchard & Fabrycky 1998; Schieben et al. 2009). Verwandte Kontexte hinsichtlich der psychischen Beanspruchung sind beispielsweise die Fahrzeugführung (Faure et al. 2016) und die Luftfahrt (Veltmann & Gaillard 1998; Terwilliger et al. 2015). Terwilliger et al. (2015) weisen im Zusammenhang mit Steuerungen und Anzeigen für die unbemannte Luftfahrt, sogenannten Unmanned Aerial Systems (AUS), zur Unterstützung bei Notfällen auf die potentielle Diskrepanz zwischen Evaluationsergebnissen unter Laborbedingungen und unter Bedingungen in der realen Welt hin. Weiter wird vor der allzu häufigen Erwartungshaltung gewarnt, dass es der Nutzer ist, der lernen soll, sich durch Trainings und gesammelte Erfahrungen an die mangelhaft gestalteten Interaktionselemente anzupassen (Terwilliger et al. 2015).

Die DIN EN ISO 9241-110 definiert im Allgemeinen sieben Prinzipien der Dialoggestaltung. Als Richtlinien sind neben den Normen bzw. zum Teil als Grundlagen der

Normen die *acht goldenen Regeln* von Shneiderman (2004) sowie die *zehn Usability-Heuristiken* von Nielsen (1994) zu nennen. Diese Grundlagenliteratur zu Usability wird ergänzt durch anwendungsorientierte Werke wie z.B. Sharp et al. (2007) und Richter & Flückiger (2016). Bei sicherheitskritischen Systemen stellt sich jedoch die Frage, inwieweit die allgemeinen Richtlinien übertragbar sind und wie die Gewichtung von Kriterien zur Usability aussehen sollte. Eine Literaturrecherche hat gezeigt, dass die Selbstbeschreibungsfähigkeit zur Vermeidung von folgenschweren Fehlern, die Fehlerrobustheit zur systemseitigen Erkennung von dennoch fehlerhaften Nutzereingaben und die Behebung von Eingabefehlern – in Kooperation mit dem Nutzer –, sowie die Konsistenz und die Steuerbarkeit von übergeordneter Relevanz für sicherheitskritische interaktive Systeme sind (z.B. Fairbanks & Caplan 2004; Nachreiner et al. 2006; Jou et al. 2009; Mentler & Herczeg 2014). Terwilliger et al. (2015) stellen zudem die Forderung nach besonders hoher Intuitivität an die Interaktion.

4. Ausblick

Ziel ist es, Einsatzkräfte in Stresssituationen durch ein Interface mit hoher Gebrauchstauglichkeit zu unterstützen. Die konkrete Umsetzung der integrierten Informationsvisualisierungen wird unter Berücksichtigung der dargestellten Richtlinien und Forschungsergebnisse zur Auswirkung von psychischer Beanspruchung auf Verarbeitungseffizienz und Leistungseffektivität erfolgen. Entsprechend des menschenzentrierten Prozesses sind mehrere formative Evaluationen zur optimalen Interaktionsgestaltung geplant. Dabei werden die situativen und interaktionsbedingten Beanspruchungen mittels subjektiver und psycho-physiologischer Methoden erhoben. Für derartige Stresssituationen in sicherheitskritischen Domänen haben sich für die Erfassung, Bewertung und Bedeutungsextrapolation psycho-physiologische Verfahren qualifiziert, wie z.B. Eye-Tracking und Elektrookulographie, die bspw. zur Untersuchung von mentaler Beanspruchung bei Piloten in Flugsituationen mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden (Veltmann & Gaillard 1998), bei verschiedenen Chirurgieverfahren (Berguer et al. 2001), bei Fahrern mit Zweitaufgaben (Faure et al. 2016) und bei der Orientierung mittels digitaler Anzeigen in Evakuierungssituationen (Meier et al. 2015; Kwee-Meier et al. 2017) eingesetzt wurden.

5. Literatur

- Berguer R, Smith WD, Chung YH (2001) Performing Laparoscopic Surgery is Significantly More Stressful for the Surgeon than Open Surgery. *Surgical Endoscopy* 15:1204–1207.
- Blanchard BS, Fabrycky WJ (1998) *Systems Engineering and Analysis*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Boehm BW (1988) A spiral model of software development and enhancement. *Computer* 21(5):61–72.
- DIN EN ISO 9241 (1999-2011) *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion (vormals: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten)*, Teile 110, 210.
- Eysenck MW, Calvo MG (1992) Anxiety and performance: the processing efficiency theory. *Cognit. Emot.* 6(6):409-434.
- Eysenck MW, Derakshan N, Santos R, Calvo MG (2007) Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion* 7(2):336-353.
- Fairbanks RJ, Caplan S (2004) Poor interface design and lack of usability testing facilitate medical error. *The Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety* 30(10):579-584.

Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Dortmund (Hrsg.), Frühjahrskongress 2017 in Brugg:
Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft – Beitrag F.2.3

- Faure V, Lobjois R, Benguigui N (2016) The Effects of Driving Environment Complexity and Dual Tasking on Drivers' Mental Workload and Eye Blink Behavior. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 40:78–90
- Fischer G, Giaccardi E, Ye Y, Sutcliffe AG, Mehendjiev N (2004) Meta-design: a manifesto for end-user development. *Communications of the ACM* 47(9):33-37.
- Jou YT, Lin CJ, Yenn TC, Yang CW, Yang LC, Tsai RC (2009) The implementation of a human factors engineering checklist for human–system interfaces upgrade in nuclear power plants. *Safety science* 47(7):1016-1025.
- Kwee-Meier S, Mertens A, Schlick C (2017) Age-related differences in decision-making for digital escape route signage under strenuous emergency conditions of tilted passenger ships. *Applied Ergonomics* 59:264-273.
- Meier S, Bützler J, Schlick C (2015) The Influence of Information Presented on Digital Escape Route Signage on Decision-Making under Mentally and Emotionally Strenuous Conditions. In: Lindgaard G, Moore D (Ed) *Proceedings of the 19th Triennial Congress of the IEA, International Ergonomics Association, Melbourne 9-14 August 2015*, 1-8.
- Mentler T, Herczeg M (2014) Mensch-Maschine-Systeme im resilienten Krisenmanagement. In: *Mensch und Computer 2014 Workshopband*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 105-110.
- Nachreiner F, Nickel P, Meyer I (2006) Human factors in process control systems: The design of human–machine interfaces. *Safety Science* 44(1):5-26.
- Nielsen J (1994) *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Richter M, Flückiger M D (2016) *Usability und UX kompakt: Produkte für Menschen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Royce WW (1970) Managing the development of large software systems. In *proceedings of IEEE WESCON* 26:328-338.
- Schieben A, Heesen M, Schindler J, Kelsch J, Flemisch F (2009) The theater-system technique: Agile designing and testing of system behavior and interaction, applied to highly automated vehicles. In: *Proceedings of the 1st International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*. New York: ACM, 43-46
- Sharp H, Rogers Y, Preece J (2007) *Interaction design: Beyond human-computer interaction*. Chichester: Wiley.
- Shneiderman B (2004): *Designing the User Interface. Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Boston: Addison Wesley.
- Terwilliger B, Vincenzi D, Ison D, Witcher K, Thirtyacre D, Khalid A (2015) Influencing factors for use of unmanned aerial systems in support of aviation accident and emergency response. *Journal of Automation and Control Engineering* 3(3):246-252.
- VDI 2206 (Verein Deutscher Ingenieure, 2004) *Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme*.
- VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure, 1993) *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*.
- Veltman JA, Gaillard AWK (1998) Physiological workload reactions to increasing levels of task difficulty. *Ergonomics* 41(5):656-669
- Wickens C, Hollands S, Banury S, Parasuraman R (2013) *Engineering Psychology*. Boston (u.a.): Pearson Education Inc.
- Yerkes RM, Dodson JD (1908) The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology* 18:459-482.

Danksagung: Das Projekt DURCHBLICK wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Kontext der Bekanntmachung „Zivile Sicherheit – Aspekte und Maßnahmen der Terrorismusbekämpfung“ im Rahmen des Programms „Forschung für die zivile Sicherheit 2012 - 2017“ gefördert.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft

63. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

15. – 17. Februar 2017

GfA Press

Bericht zum 63. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 15. – 17. Februar 2017

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2017

ISBN 978-3-936804-22-5

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.

USB-Print: Dr. Philipp Baumann, Olten

Screen design und Umsetzung

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de