

**Bundesanstalt
für
Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin**

**Mobile Informations- und
Kommunikationstechnologie:
Verwendungsformen und
wissenschaftliche Erkenntnisse**

Lars Adolph

Agenda

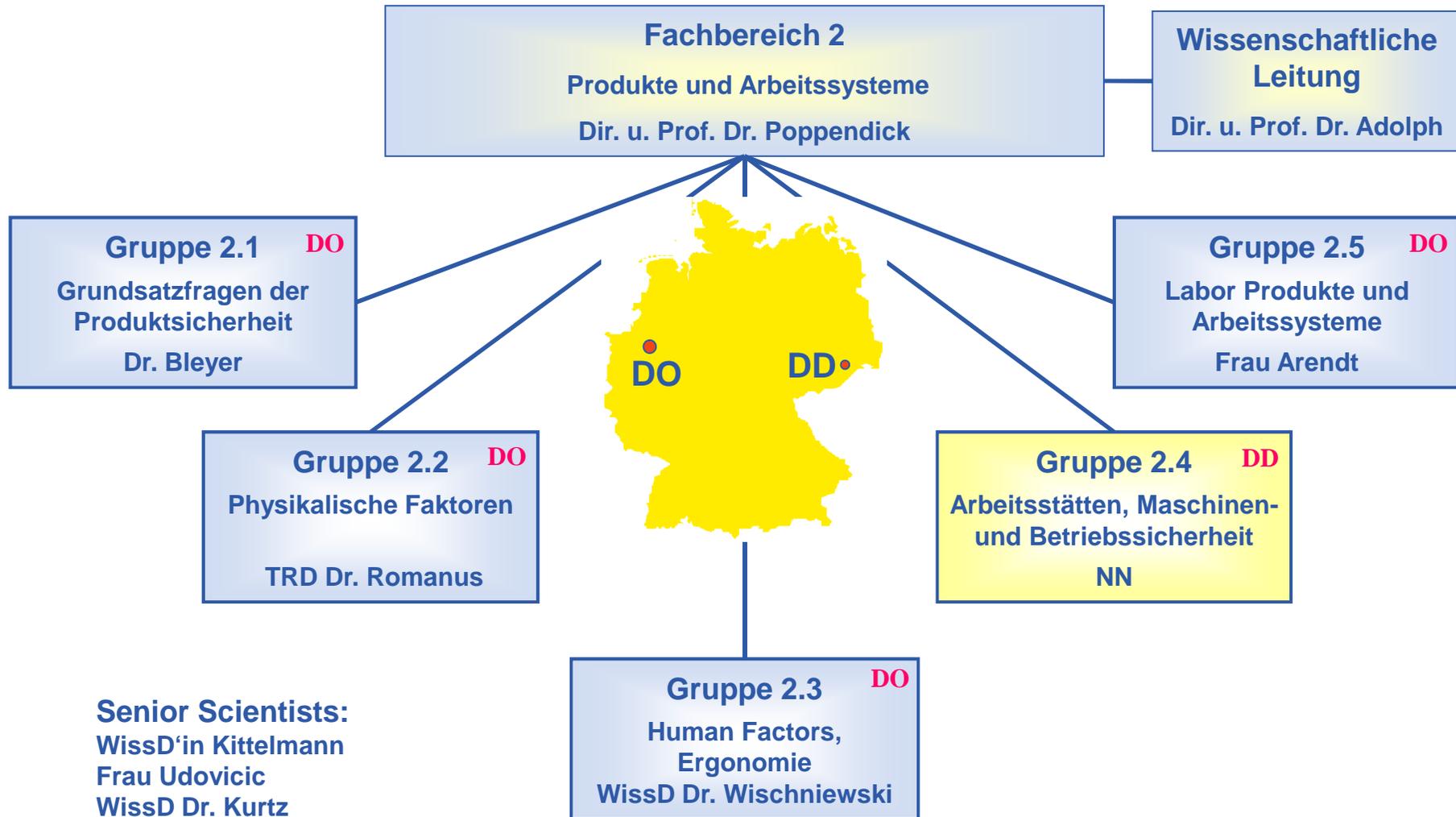
1. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
2. Strategie
3. Datenbrillen
4. Physische Beanspruchung bei mobilen Geräten
5. Distracted Walking
6. Electronic Paper
7. Schlussfolgerungen
8. Strategieausblick



BAuA

Ressortforschung
für Arbeit und
Gesundheit

Organisation des FB 2



Neue Technologien: Evolution der Leitideen

2008

Ambient
Intelligence

Unmerklich
unterstützende
„schwache
Intelligenz“ in der
Umgebung

2012

Adaptive
Arbeitsassis-
tenzsysteme

Interaktion mit
„schwach
intelligenten“
Arbeitsmitteln

2014

Industrie 4.0
Technikbasierte
Dienstleistung

Die Rolle des
Menschen in
komplexen,
vernetzten
Systemen

Leitfragen

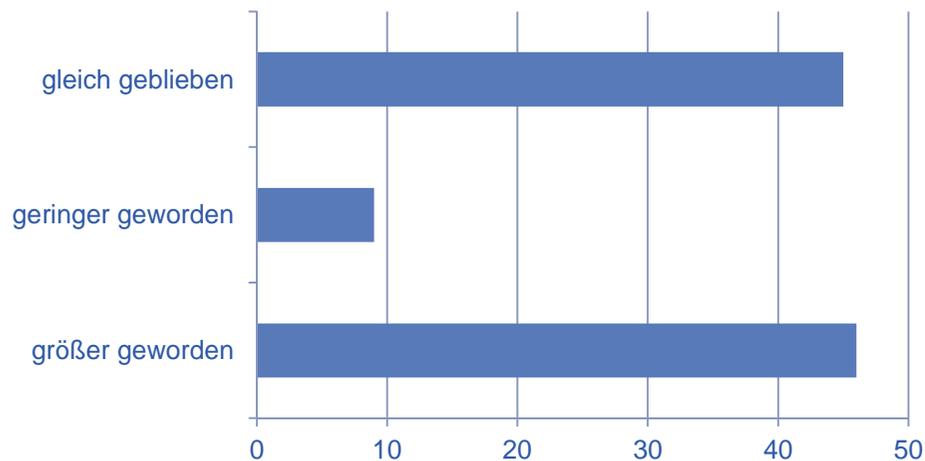
- Welche Chancen /Ressourcen und Risiken bietet der technologische Wandel?
- Wie lassen sich neue Anforderungen / Belastungen / Stressoren erfassen, wie bewerten?
- Welche Empfehlungen für gute Gestaltung lassen sich ableiten?
- Welche Bewertungskriterien und -methoden sind praktikabel in Unternehmen?

DGB Index Gute Arbeit 2016

Digitalisierung und Arbeitsbelastung – die Wirkung insgesamt

„Ist Ihre Arbeitsbelastung durch die Digitalisierung alles in allem eher ...“

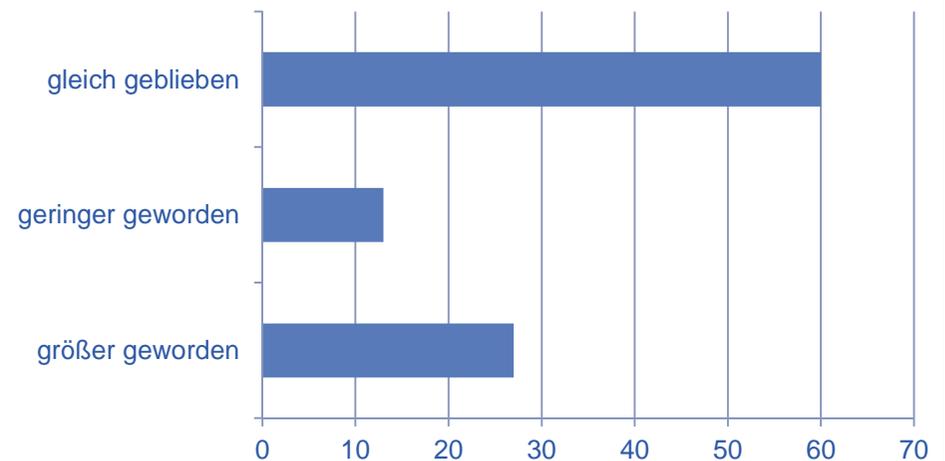
%



STRESSOREN

Entscheidungsspielräume

%



RESSOURCEN

Quelle: Institut DGB-Index Gute Arbeit Repräsentativumfrage zum DGB-Index Gute Arbeit 2016





M. Wille:

**Head-Mounted Displays -
Bedingungen des sicheren und
beanspruchungsoptimalen
Einsatzes:
Psychische Beanspruchung beim
Einsatz von HMDs.**

BAuA 2016

ISBN: 978-3-88261-163-2, S. 136

S. Theis, C. Pfendler, Th. Alexander, A. Mertens, Ch. Brandl, Ch. M. Schlick:

**Head-Mounted Displays - Bedingungen des sicheren und
beanspruchungsoptimalen Einsatzes:
Physische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs.**

BAuA 2016

ISBN: 978-3-88261-162-5, S. 162

Britta Kirchhoff: Kriterien für die Arbeitsgestaltung bei der Arbeit mit Datenbrillen (HMDs)



Arbeitsaufgabe

Persönlichkeitsförderlich?

Beeinträchtigungsfrei?

Ausführbar?

Schadungslos?

zum Beispiel:
Rohmert, 1972
Hacker&Richter, 1980
Luczak&Volpert, 1987

HMDs: Fragestellungen und Teilprojekte

- Wo macht die Anwendung von Datenbrillen Sinn?
- Worauf ist bei der Gestaltung von Datenbrillen zu achten?
- Mit welchen physischen und psychischen Beanspruchungen ist bei längeren Einsatzzeiten zu rechnen?

Teilprojekt	Bemerkung
1. Aufgaben-Technologie-Passung und Akzeptanz	Eigenforschung
2. Physische Beanspruchung	FKIE und IAW
3. Mentale Beanspruchung	Eigenforschung
4. Arbeitsschutzrelevante Fragen	Abgeleitet aus 1. bis 3.

HMDs: Vorstudie Workshop Einsatzkriterien

- **Für** den Einsatz (Auszug)
 - „Hands free“
 - Mobilität bei der Aufgabenbearbeitung erforderlich
 - Kurze Sekundärtaskperiode
 - ...
- **Gegen** den Einsatz (Auszug)
 - Volles Sichtfeld erforderlich
 - Routinetätigkeiten
 - Hoher Informationsbedarf für einzelnen Arbeitsschritt
(technische Zeichnungen, viel Text)
 - ...

Fallstudie: Ergebnisse (TP1)

- + Geteilter visueller Kontext wird als hilfreich empfunden.
- Nicht alle Instandhalter wollten das HMD ausprobieren
- Ein Team hat sich nach der Einführung gegen den Test entschieden
- Zeitliche Verzögerung der Datenübermittlung verunsichert
- Konferenzsystem wird als nicht gebrauchstauglich wahrgenommen
- Ergonomische Probleme (z.B. „Scharf stellen schwierig“)

Zwischenfazit und Ausblick (TP1)

- HMD ist generell hilfreich, um einen geteilten visuellen Kontext herzustellen
- Ergonomische Probleme sind derzeit zu groß
- Fallstudie im laufenden Betrieb ist schwierig durchzuführen, daher wird diese während des Weihnachtsstillstandes bei einer geplanten Reparatur fortgeführt
- Mitarbeiter haben HMD freiwillig getestet → Akzeptanz bei vorgeschriebenem Einsatz fraglich

Laborstudien (TP2 und TP3)

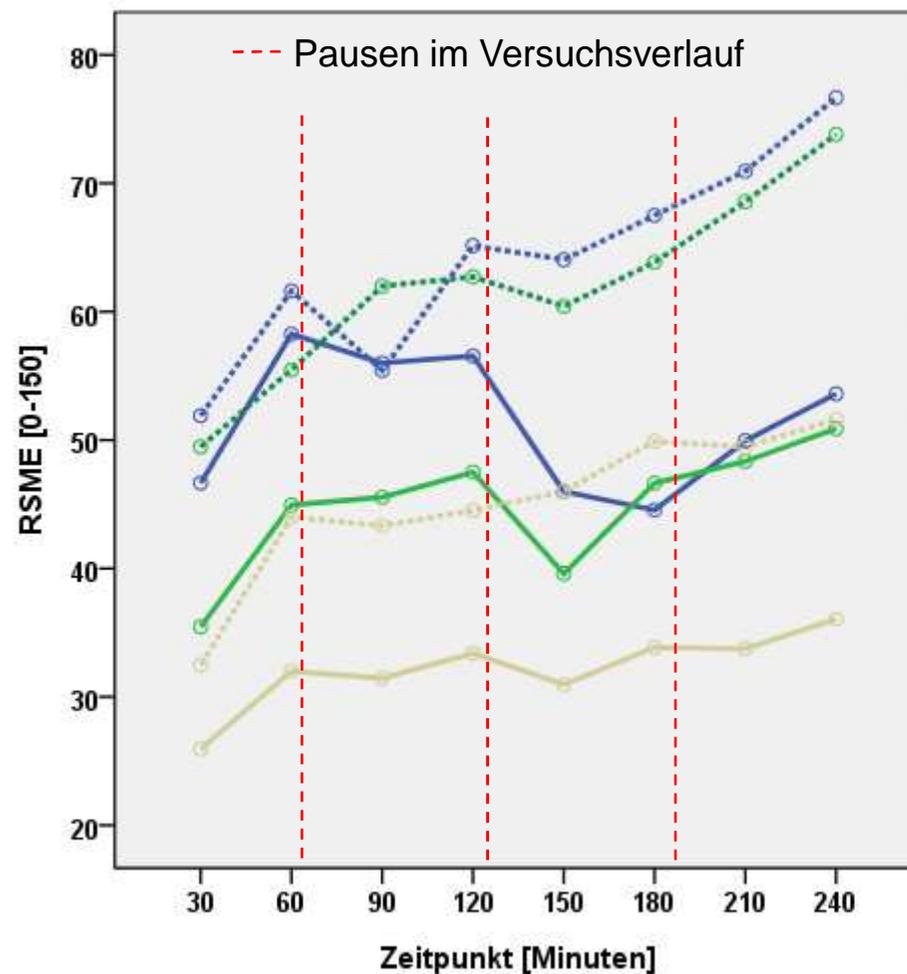
- Kontrollierte Nachstellung von Arbeitssituationen
- Langzeitaspekt: 4 Stunden am Stück (halbe Schicht)
- Beanspruchungsverlauf (mehrere Messzeitpunkte)
- Aspekte der Beanspruchung:
 - Körperliche Beanspruchung (visuelles und muskuläres System)
 - Mentale Beanspruchung und Leistung
- Aufdeckung von Altersunterschieden und deren Wechselwirkungen mit der Technologie
- 2 Hauptstudien: TP2 (extern) und TP3 (intern)

Mentale Beanspruchung (TP3)

- Durchgeführt in den Laboren der BAuA
- Aufbau von Lego-Technic + Monitoringaufgabe
- Anweisungen auf Tablet-PC oder HMD
- AV: Leistung (Anzahl AS), Trefferquote und Reaktionszeit, HR+HRV, NASA-TLX, RSME, VFQ
- 41 Probanden (18-67 J. M=36,4); within subject design: 3x Messwdh. von je 4 Stunden (2x HMD, 1x Tablet-PC)



Subjektive Beanspruchung : RSME (TP 3)



HMD_alter

- Jüngere / 1. HMD Messung
- Jüngere / 2. HMD Messung
- Jüngere / Tablet
- Ältere / 1. HMD Messung
- Ältere / 2. HMD Messung
- Ältere / Tablet

HMD (2) vs. Tablet PC:

Display: $F(1,35)=84.435$; $p<.001$
 Zeitpunkt: $F(7,29)=6.956$; $p<.001$
 Alter: $F(1,35)=6.684$; $p=.014$
 Zeitpunkt*Alter: -----

HMD (1) vs. HMD (2):

Display: -----
 Zeitpunkt: $F(7,28)=8.432$; $p<.001$
 Alter: $F(1,35)=5.374$ $p=.039$
 Zeitpunkt*Alter: $F(7,28)=4.276$;
 $p=.003$ (stärkerer Anstieg bei Älteren)

- ⇒ HMD ist subjektiv beanspruchender
- ⇒ Anstieg der Beanspruchung über die Zeit
- ⇒ Stärkere Beanspruchung bei Älteren
- ⇒ Tendenziell stärkerer Anstieg über die Zeit bei Älteren
- ⇒ Keine Wechselwirkung Zeit * Display
- ⇒ Keine Gewöhnung an das HMD

Ergebnisse: Performanz, VFQ, Interview (TP3)

- Langsameres Arbeiten mit dem HMD (ca. 21 %) auch nach Gewöhnung (2. Messreihe)
- Ältere sind langsamer, aber kein Einfluss des Displays
- Monitoring: tendenziell schlechtere Reaktion mit HMD (!)
- Kein Unterschied in Reaktionszeiten
- VFQ: Zunahmen fast aller Itemwerte über die Zeit und mit dem HMD + stärkere Zunahme über Zeit mit HMD, auch für Kopf- und Nackenschmerzen + geistige Ermüdung
- Interview: Kopfträger unangenehm und rutsch oft, HMD nicht immer bzw. in allen Bereichen scharf, monokulare Darstellung nach Gewöhnung ok, Tablet-PC angenehmer

Ergebnisse: Mentale Beanspruchung (TP3)

Subjektive Beanspruchungsparameter:

- NASA-TLX: Effekt von Zeit (stärker bei Älteren) + Display
- RSME: Effekt von Zeit (stärker bei Älteren) + Display
- Keine Gewöhnungseffekte (Vergl. 1. u. 2. HMD Messung)

Objektive Beanspruchungsparameter:

- Deutlicher Gewöhnungseffekt: HR geringer + HRV größer bei 2. HMD Messung im Vergleich zu 1. HMD Durchgang
- Kein Unterschied zw. Tablet-PC und 2. HMD Messung

=> Pausen zeigen Wirkung (Abnahme von RSME Werten, Abnahme HR, Zunahme HRV; Keine Interaktion mit Display)

Replikation mit Google Glass (TP3)

- Nur 30 min, Studienreihe mit TU Darmstadt
- Zusätzliche Zoomfunktion bei HMD (2fach)
- Sprachsteuerung bei HMD, Touch bei Tablet-PC
- Mobilitätsaspekt: Teileaufnahme und Aufbau getrennt
- AV: Leistung, Monitoringaufg., NASA-TLX, RSME, VFQ
- 37 Probanden (18-67 J. M=35,2); between subject design



Ergebnisse Google Glass (TP3)

- Langsameres Arbeiten mit dem HMD (ca. 35%)
- Ältere sind langsamer, aber kein Einfluss des Displays
- Monitoring: Schlechtere Reaktion mit HMD
- Vergleich der Reaktionszeiten nicht fair (Eingabeform)
- NASA-TLX: Höher bei HMD + Älteren, keine Interaktion
- RSME: Kein Effekt des HMD, Anstieg über die Zeit
- VFQ: geringere Werte als mit industriellen HMD und keine Kopf- und Nackenschmerzen mehr => besserer Tragekomfort
- Interview: Große Akzeptanz, Zoom kam an, Spracheingabe sollte deutsch sein, Display zu hoch.

Fazit Laborstudien (TP2 und TP3)

- Kein messbarer objektiver Einfluss auf visuelles System
- Subjektiv höher empfundene visuelle Ermüdung
- Nur geringer Einfluss auf Nackenmuskulatur aber deutlich weniger Kopfbewegungen mit HMD
- Geringere Arbeitsleistung mit HMD (20-35%)
- Tendenziell schlechtere Reaktion beim Monitoring
- Objektive Beanspruchung (HR, HRV) vergleichbar
- Subjektive Beanspruchung höher bei HMD
- Keine Wechselwirkung mit Alter
- Tragekomfort industrieller HMDs verbesserungswürdig
- Google Glass = komfortabler, aber nicht besser

Arbeitsschutzrelevante Fragen: Workshops und Broschüre



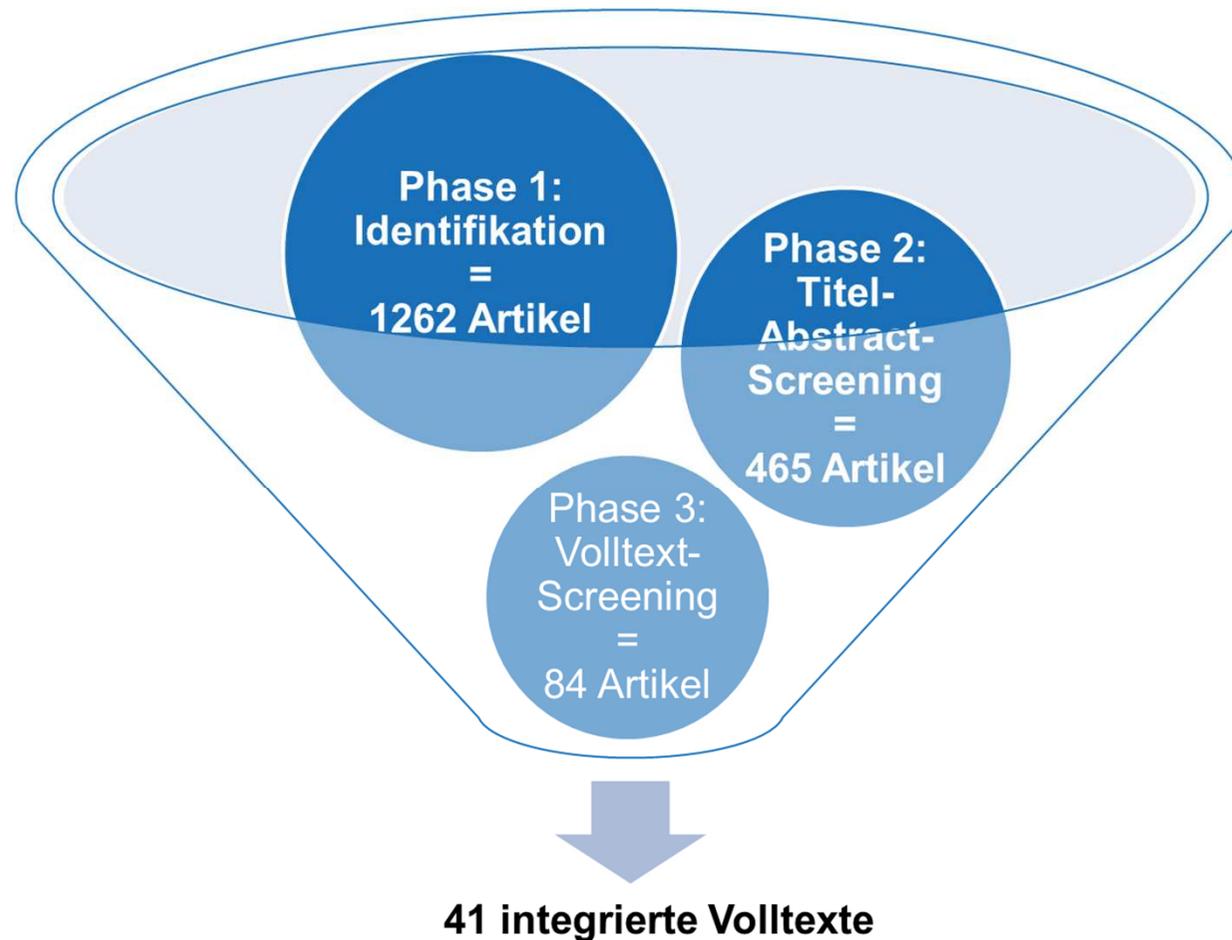
baua: Praxis

baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

- Anforderungen an Datenbrillen als Arbeitshilfe (Auszug vom BAuA-Workshop am 07.02.2017 in Berlin)
 - Hohe Gebrauchstauglichkeit
 - Optimale Latenzzeit
 - Bedarfsgerechte Informationen
 - Geringe Temperaturentwicklung
 - Niedriges Gewicht
 - Hoher Unterstützungsgrad
 - Nur so viel Information wie nötig
 - Hygienisch, stoß- und bruchfest

Quelle: <http://www.baua.de/de/Publikationen/Broschueren/Head-Mounted-Displays.html?nn=7794554>

Dr. Patricia Tegtmeier: Literaturrecherche physische Herausforderungen



Gefördert durch:

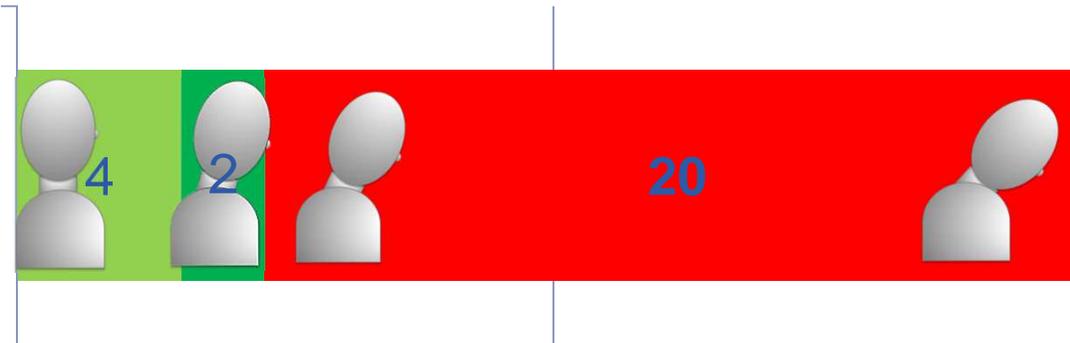


Betreut durch:



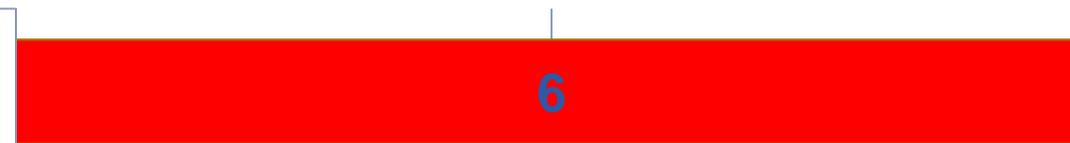
MyCPS – physische Herausforderungen (Kopf/ Nacken)

Kopf/Nackens Flexion

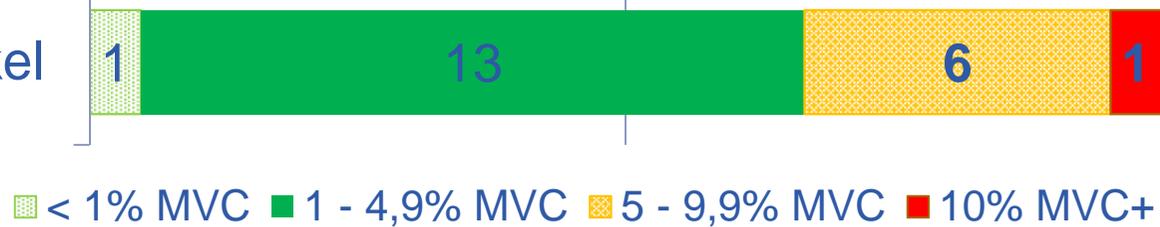


■ Risikostufe 1 ■ Risikostufe 2 ■ Risikostufe 3

Rückenstrecker



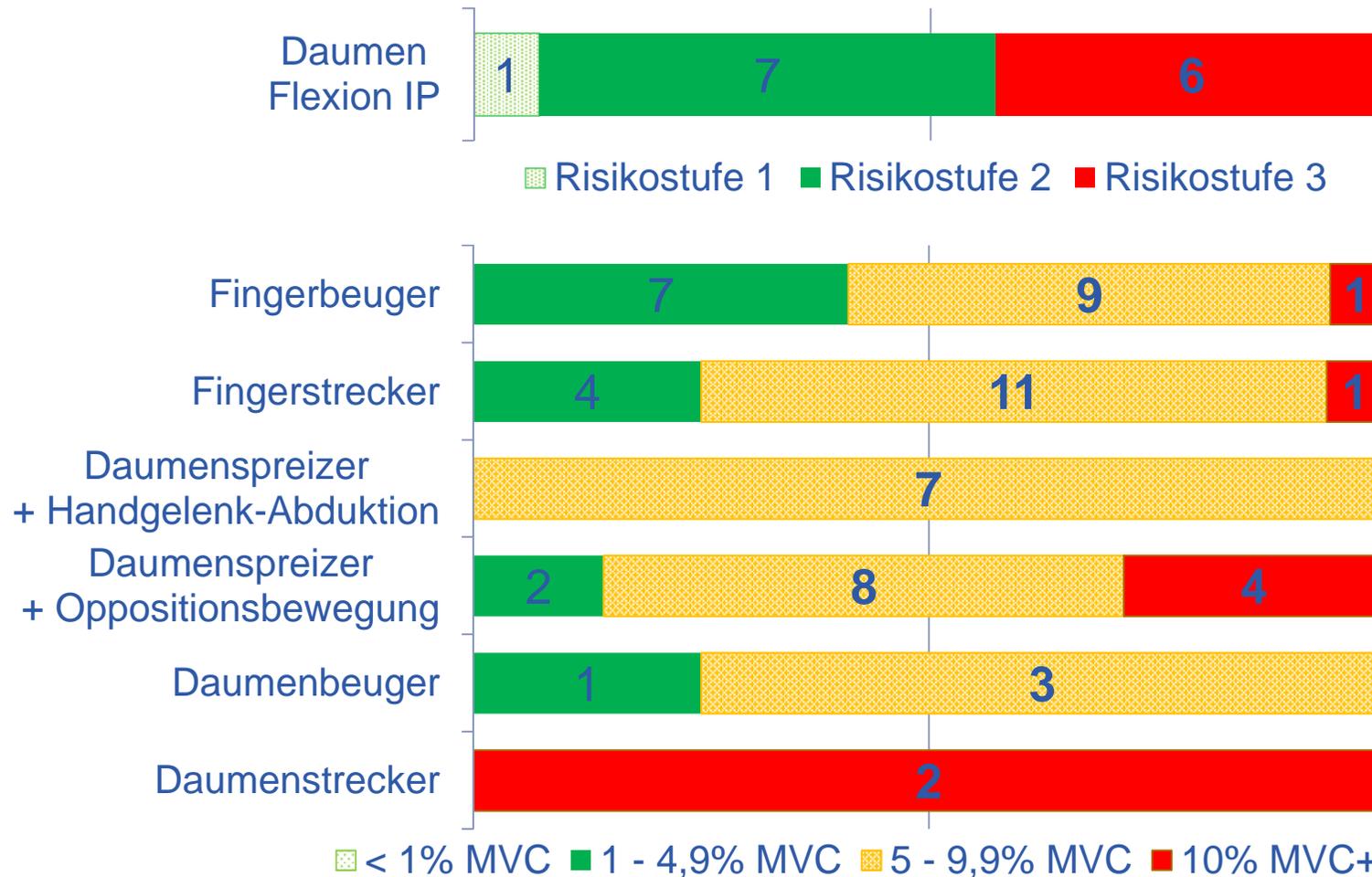
Trapezmuskel



Gefördert durch:
 Bundesministerium für Bildung und Forschung

Betreut durch:
 PTKA Projektträger Karlsruhe
 im Karlsruher Institut für Technologie

MyCPS – physische Herausforderungen (Finger)



Gefördert durch:
 Bundesministerium für Bildung und Forschung

Betreut durch:
 PTKA Projektträger Karlsruhe
 am Karlsruher Institut für Technologie

MyCPS – physische Herausforderungen (Fazit)

- Mit der Nutzung von Smart Devices identifizierte physische Risiken ähneln der traditionellen Bildschirmarbeit.
- Durch die Einheit von Tastatur und Display ist eine für alle Körperpartien einheitlich entlastende Positionierung der Devices schwierig.
- Dauer und Intensität sind daher entscheidende Faktoren für die biomechanische Belastung durch Nutzung von Smart Devices.
- Als Arbeitsmittel erscheinen Smart Devices insgesamt eher für einen kurzzeitigen Einsatz geeignet.



Gefördert durch:



Betreut durch:



Patricia Tegtmeier: MyCPS Vergleichsstudie E-Book Reader

5 JLA LJL IJL IJL IJL
6 JLA LJL IJL IJL IJL
7 JLA LJL IJL IJL IJL
8 JLA LJL IJL IJL IJL
9 JLA LJL IJL IJL IJL
10 JLA LJL IJL IJL IJL
11 JLA LJL IJL IJL IJL

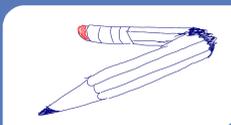
Vergleichstests

Desktop-PC, konventionelles Papier, digitales Papier



36 Teilnehmende, 15 Männer, 21 Frauen

Durchschnittsalter: 37 Jahre (min: 20 bis max: 62 Jahre)



Dauer der Feldphase: 03.06.2016 – 19.08.2016

Leistungsparameter

Lesegeschwindigkeit

Bearbeitungsmenge

Fehler

Beanspruchung

Geistig

Körperlich

Zeitlich

Leistung

Anstrengung

Frustration

Nutzungsaspekte

Technikaffinität

Aktuelle Nutzung

Gebrauchstauglichkeit

Präferenz



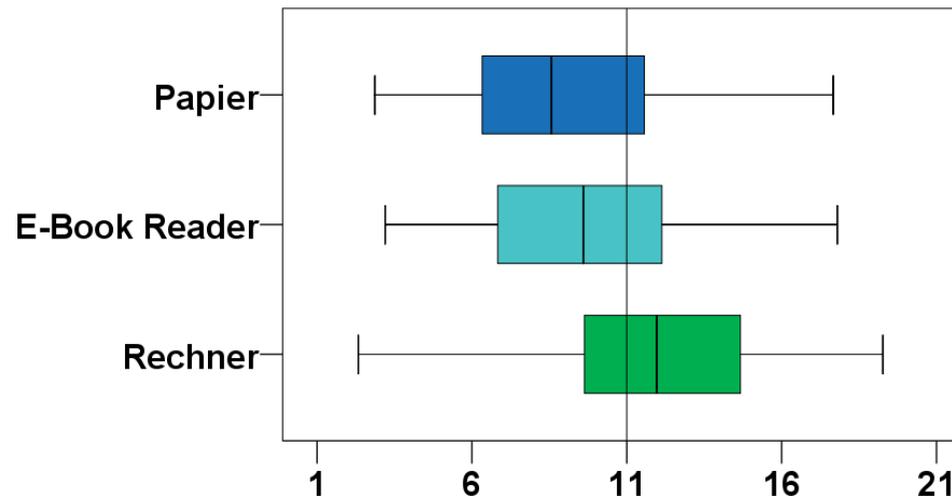
Gefördert durch:



Betreut durch:



MyCPS – Vergleichsstudie E-Book Reader (Beanspruchung)



Gesamtbeanspruchung

Papier: 8,7

Digitales Papier: 9,6

Rechner: 11,4

- Signifikanter Unterschied
 $F(2) = 16,87, p < 0,001, \eta^2 = 0,50$

Einzelkontraste:

- Kein Unterschied zwischen Papier und digitalem Papier
- Rechner sig. höhere Belastungswerte als beide Papiervarianten
 $MD_{R-P} = 2,69, p < 0,001$
 $MD_{R-dP} = 1,88, p < 0,01$



Gefördert durch:



Betreut durch:



MyCPS – Vergleichsstudie E-Book Reader (Fazit)

- Digitale Papiervarianten können eine papierähnliche Bearbeitung mit der Speicherkapazität und Organisationsmöglichkeit digitaler Medien kombinieren.
- Die hier getestete digitale Papiervariante zeigte eine hohe Nutzerakzeptanz.
- Durch das vergleichsweise geringe Gewicht können großformatige E-Book Reader gerade unter mobilen Arbeitsbedingungen und dort, wo Papierausdrucke nicht gewollt oder möglich sind, vorteilhaft sein.



Gefördert durch:



Betreut durch:



Schlussfolgerungen

- Die Risiken von Wearables entstehen durch den verbreiteten und zeitlich umfangreichen, intensiven Gebrauch
- Es entstehen neue Chancen für gute Aufgabengestaltung
- Komplexität und Vielfalt der Gestaltungen erfordert sorgfältige Auswahl- und Einführungsprozesse hinsichtlich
 - Gebrauchstauglichkeit
 - Task Technology Fit
 - Technischen und physiologischen Risiken
 - Erprobung und Erfahrungsrückfluss
 - Gefährdungsbeurteilung

Kontakt

Dir. u. Prof. Dr. phil. Lars Adolph

Wissenschaftlicher Leiter des Fachbereiches Produkte und Arbeitssysteme
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Friedrich-Henkel-Weg 1-25
D-44149 Dortmund

Phone: + 49 (0) 231 9071 2012

Fax: +49 (0) 231 9071 2294

E-Mail: adolph.lars@buaa.bund.de

Internet: <http://www.buaa.de>