

Head-Mounted Displays – Beanspruchung im Langzeiteinsatz

3. Expertenworkshop

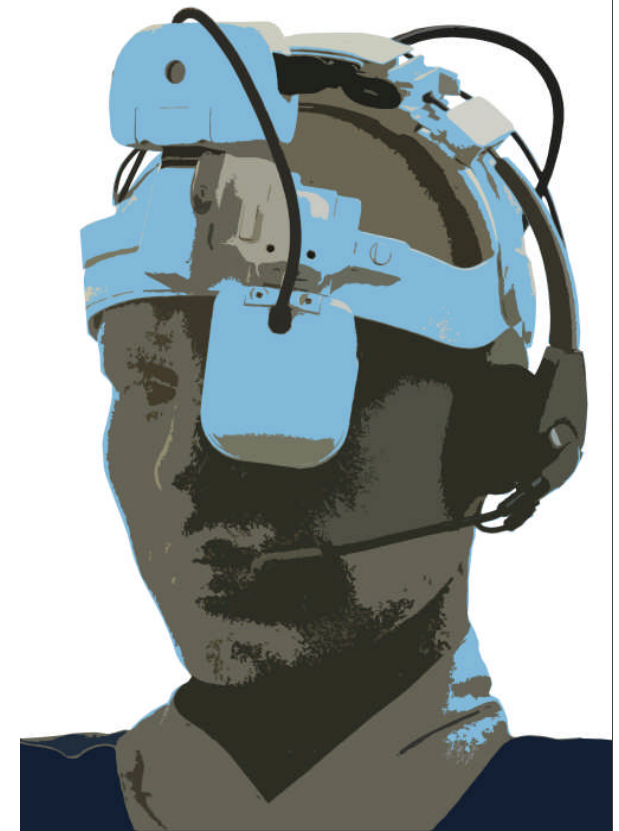
Datenbrillen

3. Juni. 2013

Matthias Wille / Britta Grauel

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Gruppe 2.3: Human Factors und Ergonomie



Das Projekt

BAuA Projekt F2288: „**Head-Mounted Displays – Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes**“ im Rahmen des Forschungsschwerpunktes Ambient Intelligence.

Projektdauer: Oktober 2010 – Oktober 2014

- HMDs als Arbeitsassistenzsystem / Ausgabemedium Aml
- Vergleich mit Tablet PC
- Verwendung bereits eingesetzter HMD-Technologie

Zentrale Fragen:

- Beanspruchung im Langzeiteinsatz?
- Altersunterschiede?

Ziele des Versuchs in TP3

Abschätzung von mentaler Beanspruchung und Leistung bei Verwendung von HMDs vs. TabletPCs

Alleinstellungsmerkmal: Dauer (2x4 h HMD+4 h TabletPC)

- ⇒ Verändert sich die Beanspruchung mit Gewöhnung ?
- ⇒ Simulation des Arbeitseinsatzes, Erfassung über die Zeit

Weiterer wichtiger Punkt: Alter

- ⇒ Demographischer Wandel führt zu mehr älteren Arbeitnehmern, können diese durch HMDs unterstützt werden?
- ⇒ Gibt es alterspezifische Unterschiede in Beanspruchung und Leistung beim HMD Einsatz?

Verwendetes HMD

- 2 „MAVUS“ Systeme von „Heitec“
- Monokular, look around, wegklappbar, Auflösung 800x600, Gewicht inkl. Kopfträger 380 Gramm
- Komplettsystem (HMD, Kamera, Headset, Weste, Akkumulator, Wlan Kommunikation, Server)
- Industrieller Einsatz im „remote service“



Bildquelle: mavus.info



Aufgaben während des Versuchs

2 Aufgaben werden parallel bearbeitet (Dual-Task).

Instruktion: „...*beide so schnell und akkurat wie möglich...*“

a) Konstruktion von LEGO-Technic ®

- Bildbasierte Montageanweisung
- sequentieller Aufbau komplexer Modelle



b) Monitoring Aufgabe:

- 3 Balken am Bildschirmrand variieren Länge und Farbe
- Reaktion gefordert auf:
 - Farbwechsel aller Balken (rot / blau => visual popout)
 - Positionswechsel des längsten Balkens

Alle Interaktionen über umgebautes Nummernpad



Darstellung der Arbeitsinhalte

Rechts-Rot

1x 1x 1x

3

21

1

2

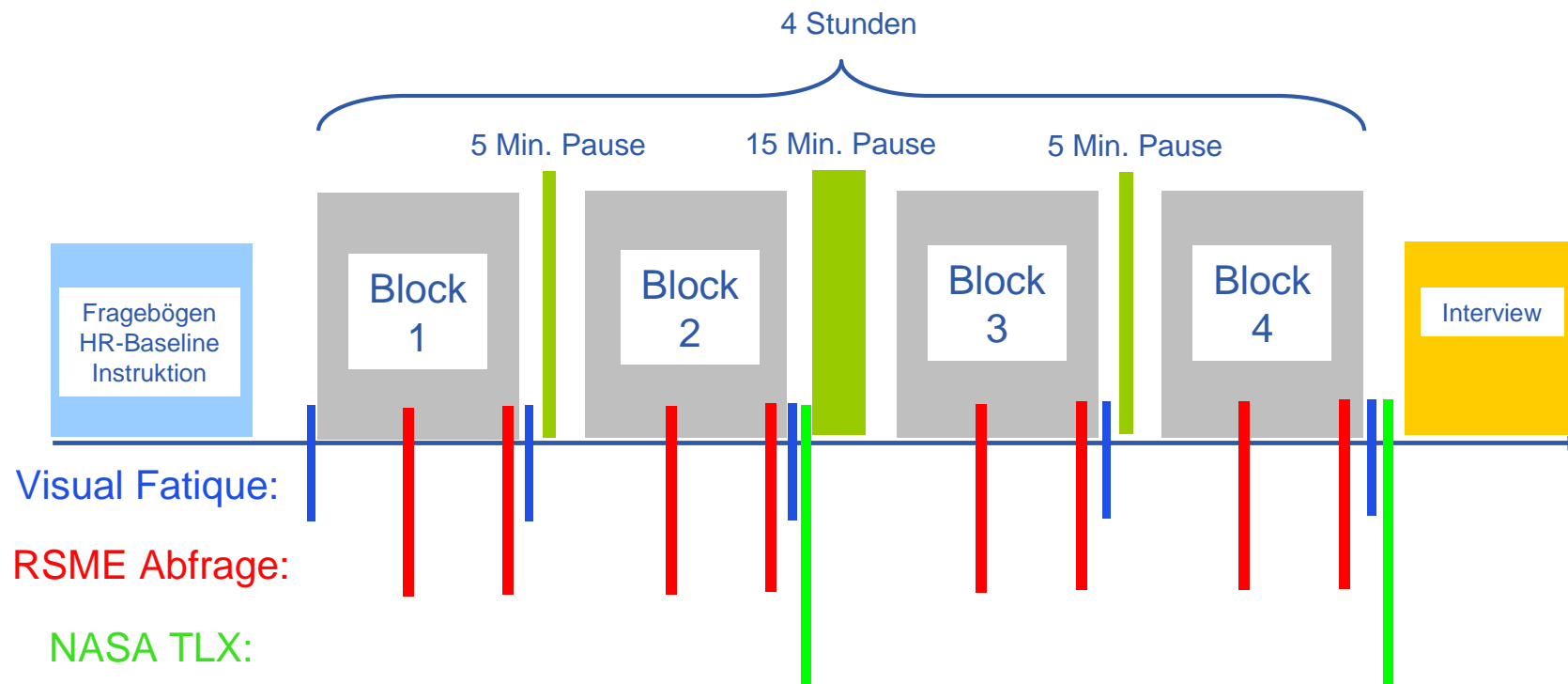
30

Bilder des Versuchsaufbaus



Versuchsablauf

Messwiederholung, 3 Sessions a 4 Stunden (2x HMD, 1x Tablet-PC)



Versuchsplan

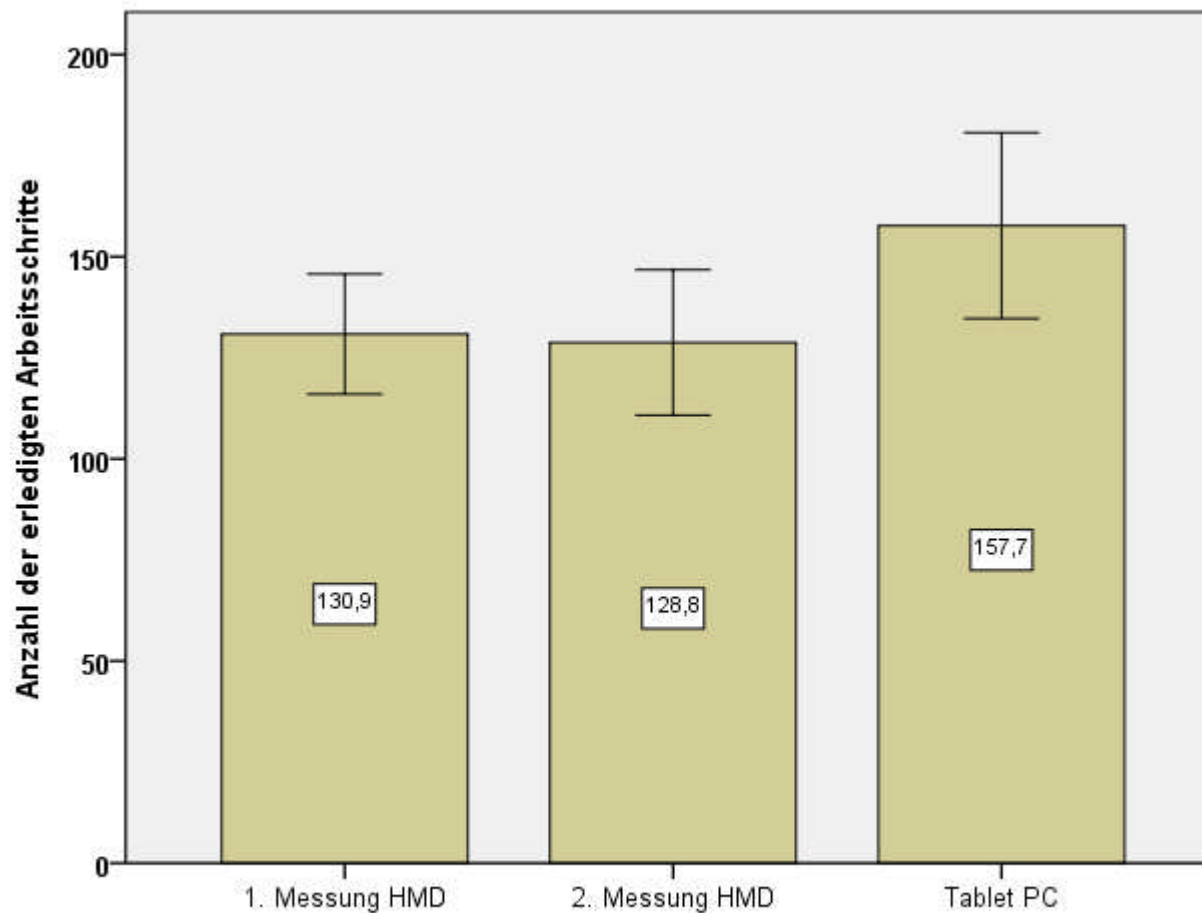
Unabhängige Variablen:

- Display (HMD vs. Tablet-PC)
- Zeitpunkt (4 Stunden Versuchszeit, Werte zu versch. Zeiten)
- Rückmeldung in der Balkenaufgabe
- Alter
- Technikaffinität (Fragebogen TA EG)

Abhängige Variablen:

- Lego-Aufgabe: Anzahl bearbeiteter Arbeitsschritte
- Balken-Aufgabe: Trefferquote, Reaktionszeit
- subjektive Beanspruchung: RSME & Nasa TLX
- *objektive Beanspruchung: Herzrate & HRV*
- Fragebogen zur visuellen Ermüdung (VFQ)
- Interview

Ergebnisse: Anzahl der Arbeitsschritte (Lego)



HMD (1) vs. Tablet PC:
Display: $p=.000$

HMD (2) vs. Tablet PC:
Display: $p=.000$

HMD (1) vs. HMD (2):
Display: -----

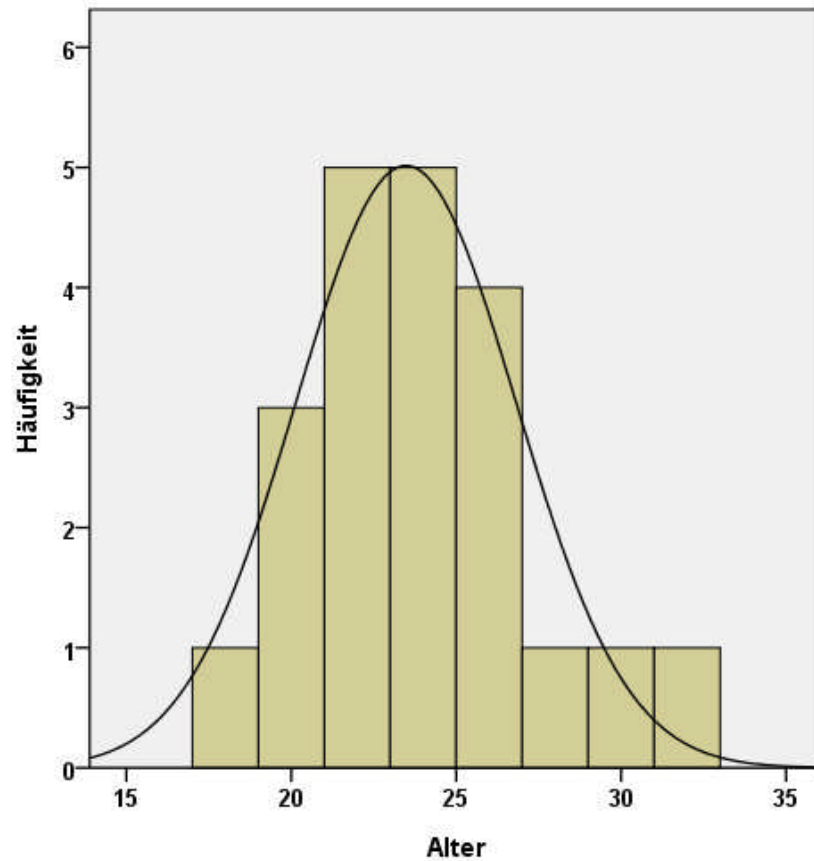
Altersgruppen

Jüngere Probanden (n=21)

18-31 Jahre

Mw= 23,48; Sd= 3,341

9 m – 12 w

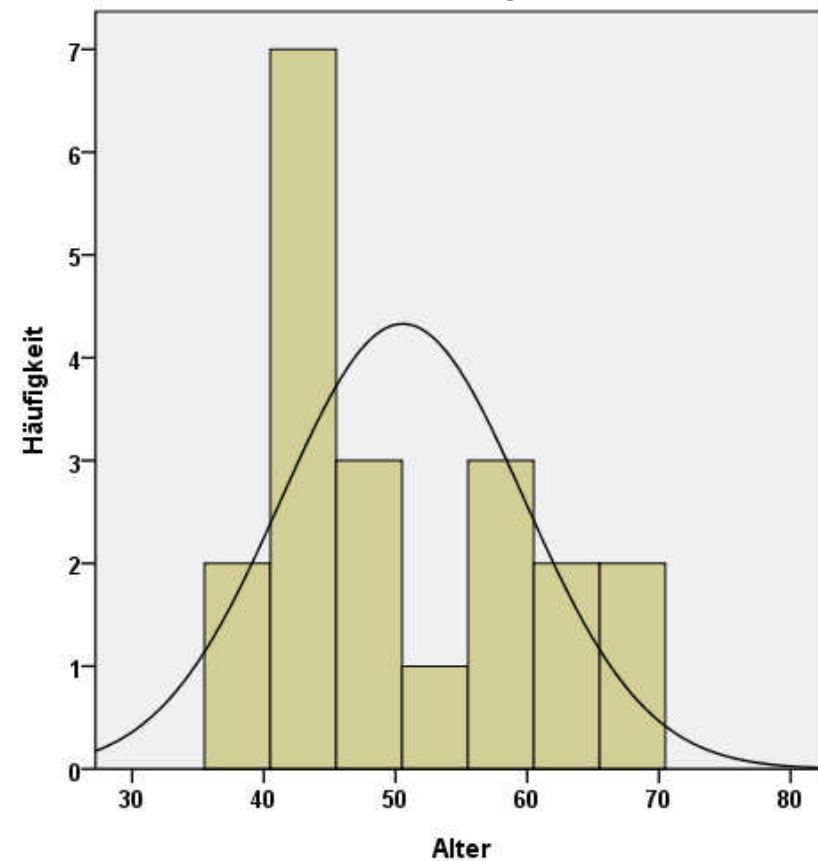


Ältere Probanden (n=20)

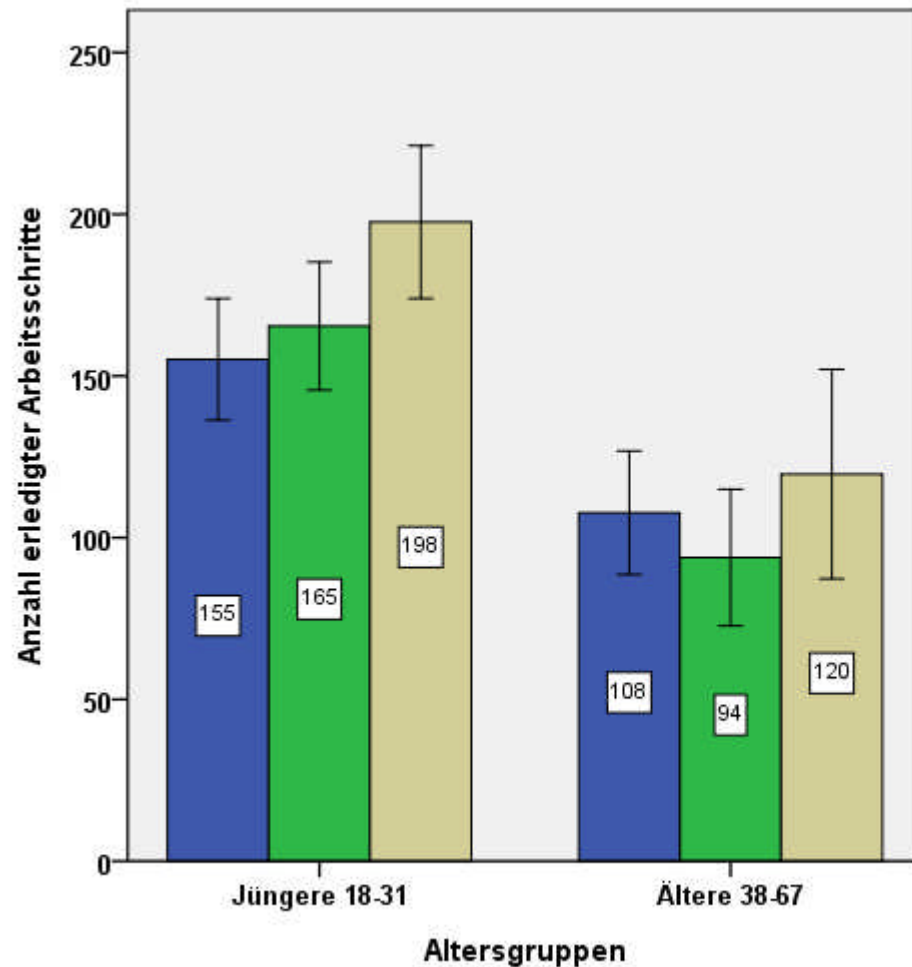
38-67 Jahre

Mw= 50,55; Sd= 9,214

11 m – 9 w



Ergebnisse: Anzahl der Arbeitsschritte nach Alter



■ HMD 1. Messung

■ HMD 2. Messung

■ Tablet

HMD (1) vs. Tablet PC:

Alter: $p=.000$

Display*Alter: $p=.006$ (Ältere zeigen kleinere Zunahme)

HMD (2) vs. Tablet PC:

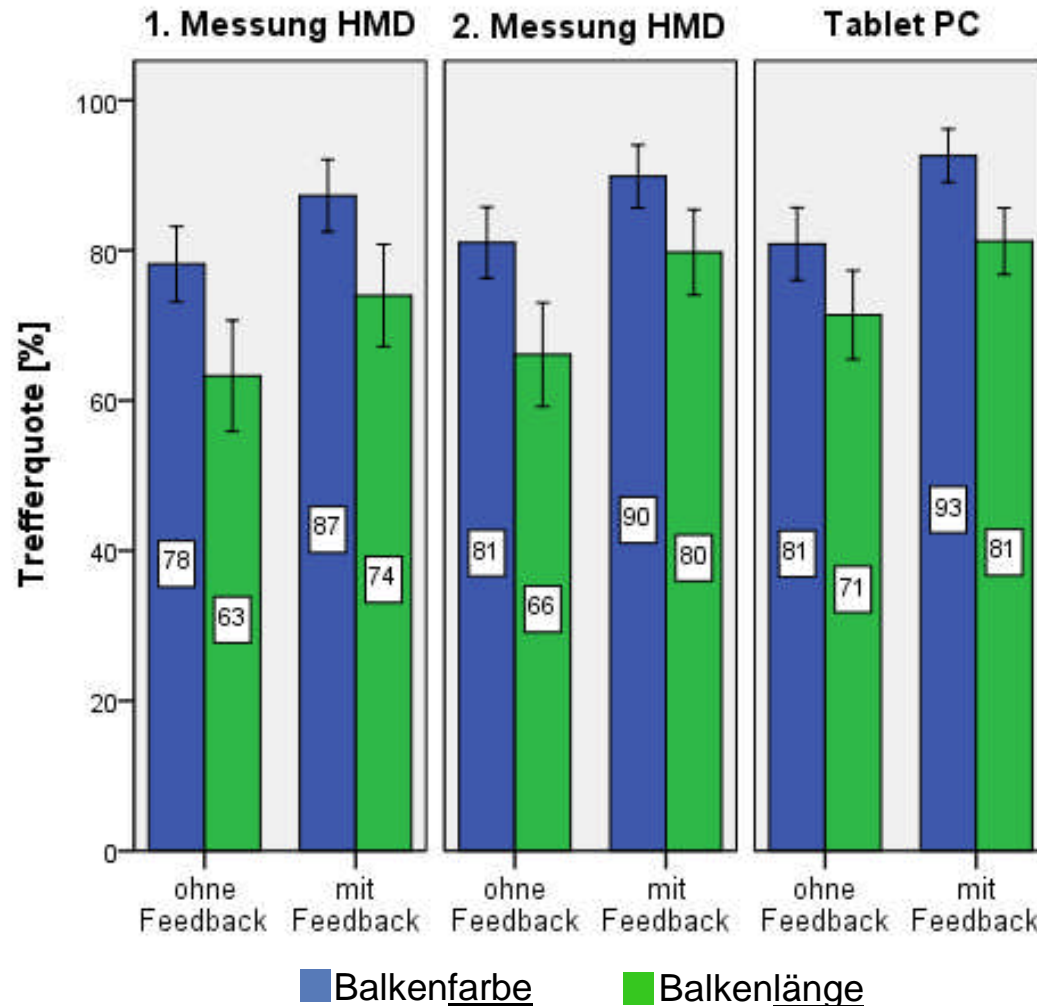
Alter: $p=.000$

HMD (1) vs. HMD (2):

Alter: $p=.000$

Display*Alter: $p=.004$ (Ältere weniger Schritte bei HMD(2), Jüngere mehr Schritte bei HMD (2))

Ergebnisse: Trefferquote in der Balkenaufgabe



HMD (1) vs. Tablet PC:

Display: $p=.002$

Feedback: $p=.000$

Aufgabe: $p=.000$

Display*Aufgabe: $p=.011$ (größerer Effekt bei HMD)

HMD (2) vs. Tablet PC:

Display: $p=.065$

Feedback: $p=.000$

Aufgabe: $p=.000$

Display*Aufgabe: $p=.046$ (größerer Effekt bei HMD)

HMD (1) vs. HMD (2):

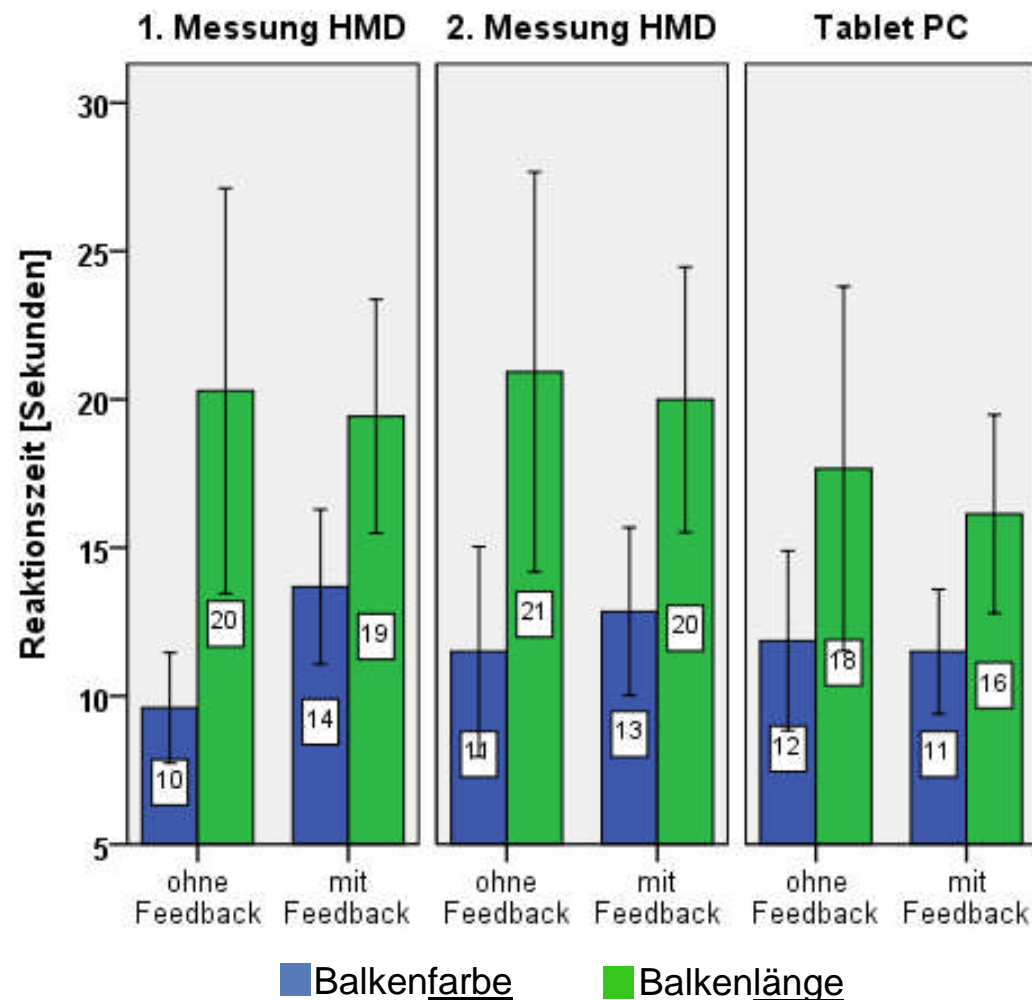
Display: $p=.026$

Feedback: $p=.000$

Aufgabe: $p=.000$

Keine Alterseffekte !

Ergebnisse: Reaktionszeit in der Balkenaufgabe



HMD (1) vs. Tablet PC:

Aufgabe: $p=.000$

Aufgabe*Feedback: $p=.009$ (mit Feedback kleinerer Aufgabenunterschied)

HMD (2) vs. Tablet PC:

Aufgabe: $p=.000$

Aufgabe*Display: $p=.034$ (bei HMD größerer Aufgabenunterschied)

HMD (1) vs. HMD (2):

Aufgabe: $p=.000$

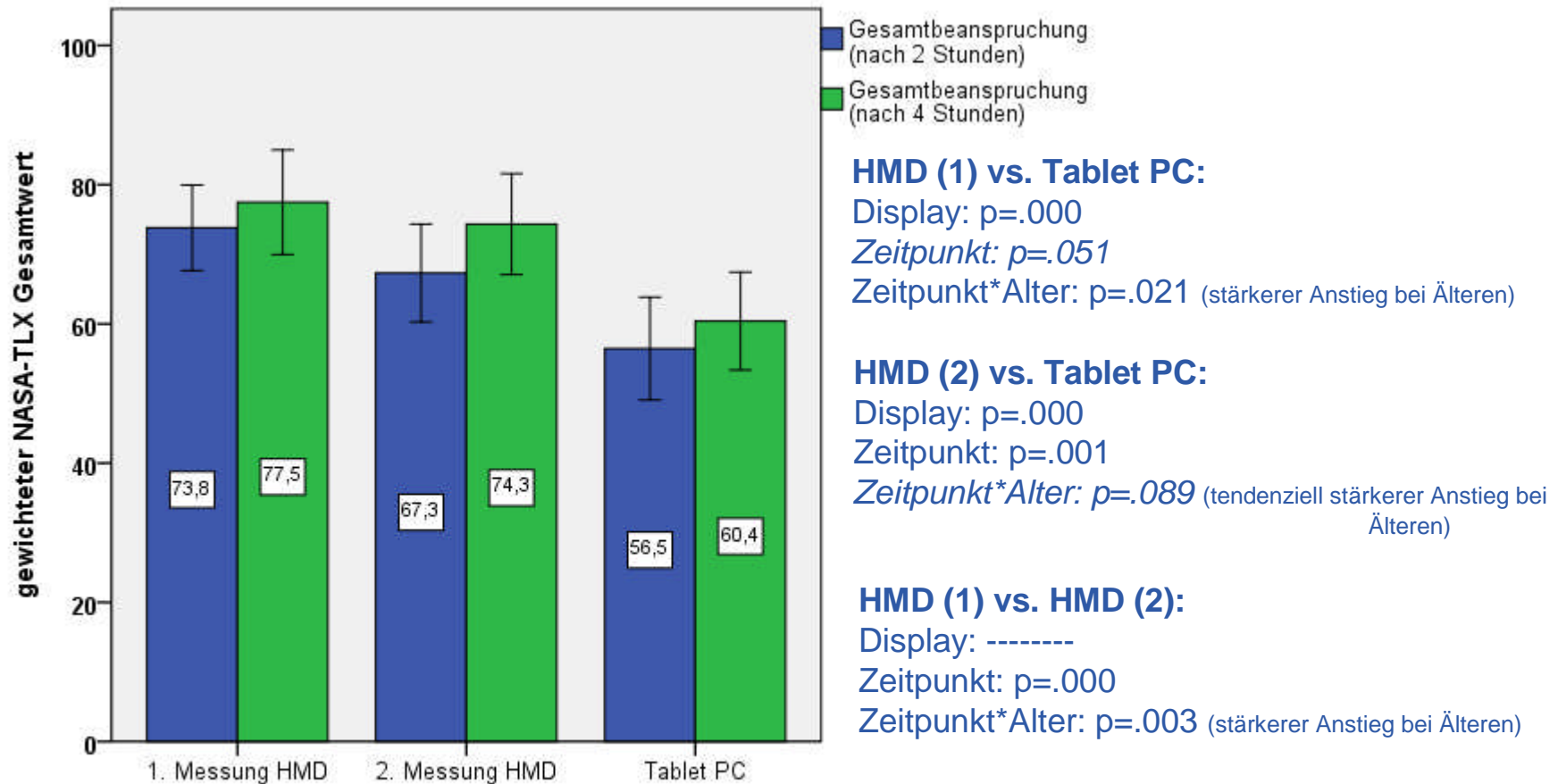
Aufgabe*Feedback: $p=.015$ (mit Feedback kleinerer Aufgabenunterschied)

Keine Alterseffekte !

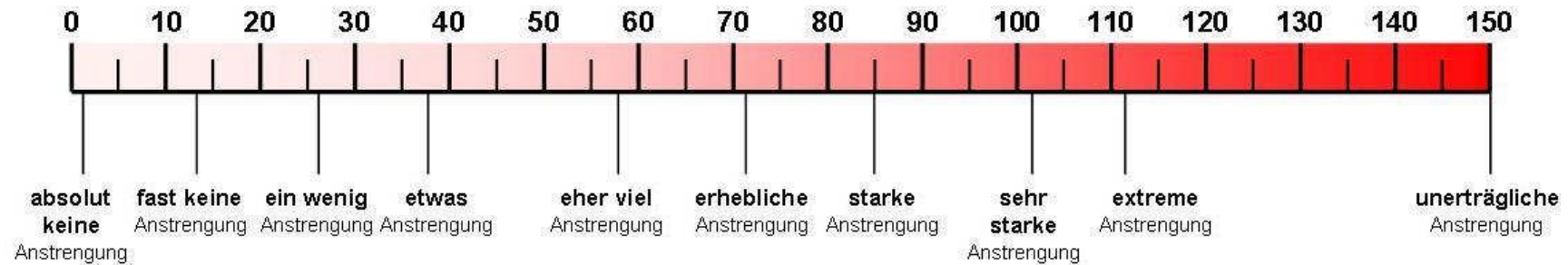
NASA-Task Load Index

- Standardverfahren zur subjektiven Beanspruchung
- beinhaltet 6 Subskalen:
 - Geistige Anforderungen
 - Körperliche Anforderungen
 - Zeitliche Anforderungen
 - Leistung
 - Anstrengung
 - Frustration
- Gesamtwert ist ein gewichtetes Mittel aus diesen Subskalen
- Abfrage zu Beginn der Pause nach 2 Stunden und direkt nach dem Versuch

Ergebnisse: NASA-TLX - Gesamtbeanspruchung

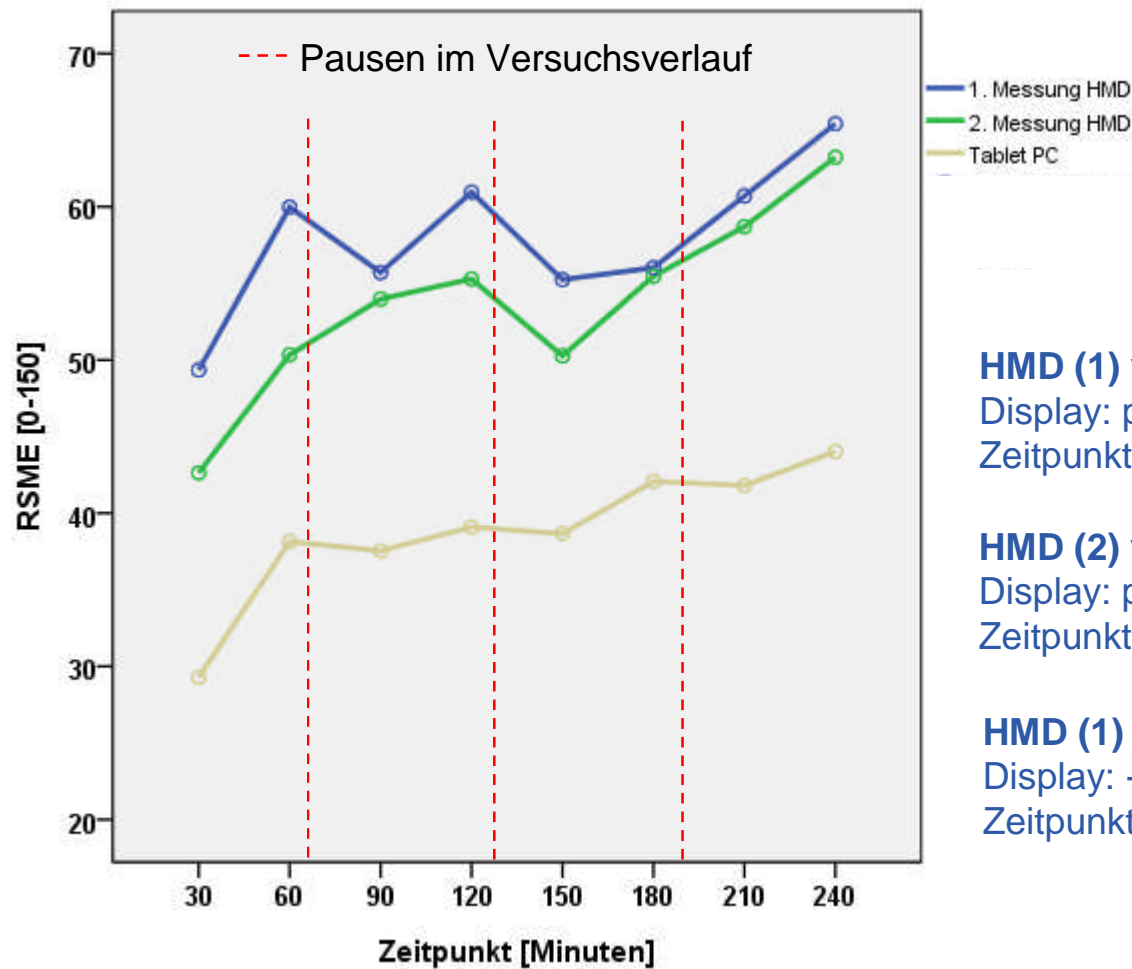


Rating Scale of mental Effort (RSME)



- eindimensionale Skala von 0-150
- Einübung der Probanden vor Versuchssession anhand von 8 vorgestellten Alltagssituationen
- Abfrage während des Versuches alle 30 Minuten (Blockmitte und kurz vor Blockende)

Ergebnisse: RSME



HMD (1) vs. Tablet PC:

Display: $p=.000$
Zeitpunkt: $p=.000$

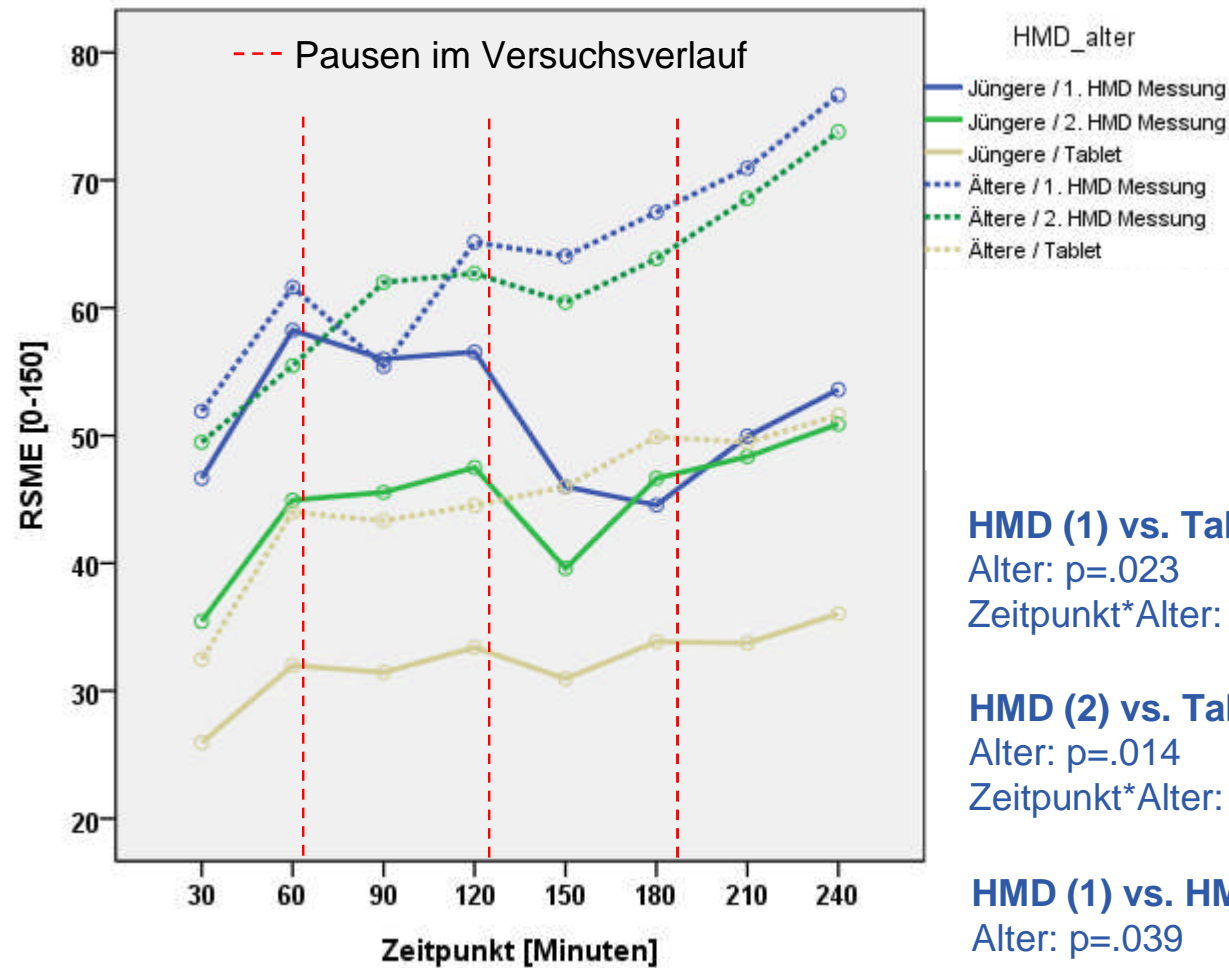
HMD (2) vs. Tablet PC:

Display: $p=.000$
Zeitpunkt: $p=.000$

HMD (1) vs. HMD (2):

Display: -----
Zeitpunkt: $p=.000$

Ergebnisse: RSME nach Altersgruppen



HMD (1) vs. Tablet PC:

Alter: $p=.023$

Zeitpunkt*Alter: $p=.002$ (stärkerer Anstieg bei Älteren)

HMD (2) vs. Tablet PC:

Alter: $p=.014$

Zeitpunkt*Alter: -----

HMD (1) vs. HMD (2):

Alter: $p=.039$

Zeitpunkt*Alter: $p=.003$ (stärkerer Anstieg bei Älteren)

Visual Fatigue Questionnaire (VFQ)



- eindimensionale Skala von 0-10 pro Item
- 16 Items (bspw. „schwere Augen“, „Schwierigkeit scharf zu sehen“, „Blendung durch Lichter“ aber auch „Kopfschmerzen“, „Nackenschmerzen“, „geistige Ermüdung“)
- kein Gesamtwert oder Summenscore
- Abfrage vor Versuchsbeginn (Ausgangslage) und dann direkt nach jedem Block (4x)

Ergebnisse: VFQ - Übersicht

- deutliche Veränderung fast aller Itemscores
- auf geringem Niveau (Mittelwerte 0,5 - 3,5 auf 10-stufiger Skala)
- Zunahme der Itemscores über die Zeit
- stärkere Beanspruchung/Ermüdung durch HMD
- stärkere Zunahme der Beanspruchung über die Zeit bei HMD

Schmerzende, schwere, trockene, gereizte/brennende Augen...

=> tendenziell stärkere Effekte bei Jüngeren

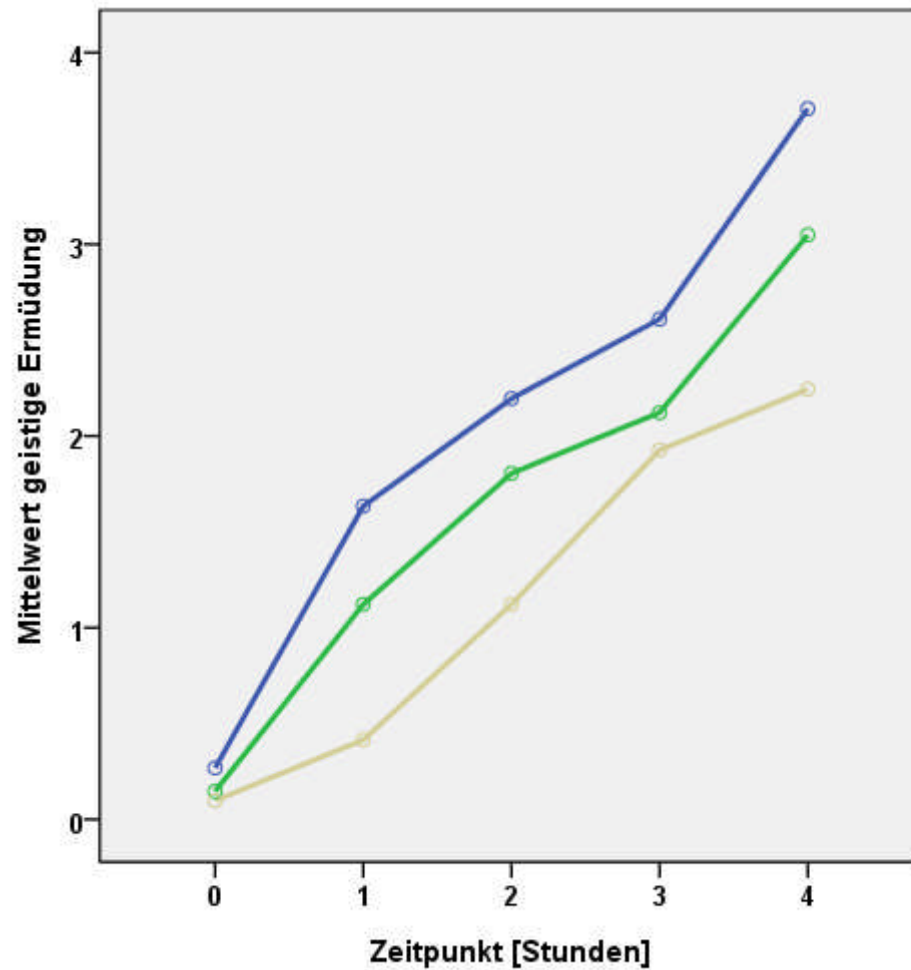
Schwierigkeit scharf zu sehen, verschwommene Buchstaben...

=> Stärkere Effekte bei nicht technikaffinen Nutzern

Kopf- und Nackenschmerzen...

=> Stärkere Effekte von Kopfschmerzen bei Jüngeren

Ergebnisse: VFQ – geistige Ermüdung



— HMD 1. Messung
— HMD 2. Messung
— Tablet

HMD (1) vs. Tablet PC:

Display: $p=.000$

Zeitpunkt: $p=.000$

Display*Zeitpunkt: $p=.000$

Zeitpunkt*Alter: $p=.003$ (stärkerer Anstieg bei Älteren)

HMD (2) vs. Tablet PC:

Display: $p=.008$

Zeitpunkt: $p=.000$

Display*Zeitpunkt: $p=.013$

Zeitpunkt*Alter: $p=.001$ (stärkerer Anstieg bei Älteren)

HMD (1) vs. HMD (2):

Display: $p=.048$

Zeitpunkt: $p=.000$

Ergebnisse: Interview / Beobachtung

Interview:

- das HMD war nicht immer bzw. in allen Bereichen scharf
- Der Kopfträger wird als unangenehm empfunden, rutscht oft
- Monokulare Darstellung vor nur einem Auge ist am Anfang gewöhnungsbedürftig, dann meist kein Problem mehr
- Alle Probanden würden den Versuch noch mal machen
- Nur 1 Proband von 41 zieht das HMD dem Tablet-PC vor

Beobachtung:

- 3 Personen haben den Versuch abgebrochen
– aus unterschiedlichen Gründen.
- 2 Fälle kurzfristiger Übelkeit

... Was bedeutet das nun alles ?

- Mit HMD wird weniger schnell gearbeitet (Montageaufgabe)
- Die Trefferquote bei einer Monitoringaufgabe ist beim HMD geringer, aber kein Unterschied bei Reaktionszeiten
- Das Arbeiten mit dem HMD wird als anstrengender erlebt
+ Stärkerer Anstieg über die Zeit bei Älteren
- Mit dem HMD treten (subjektiv) mehr visuelle Beschwerden auf
+ Stärkerer Anstieg über die Zeit bei allen Nutzern

Allerdings... :

- HMD-Vorteile „Mobilität“ und „beide Hände frei“ waren in der Versuchssituation nicht gefordert
- Belastung durch derzeitige Hardwareumsetzung (?) – zukünftige HMDs werden leichter sein und keinen Kopfträger brauchen

=> Weitere Versuche mit leichterer Technologie nötig...



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

wille.matthias@baua.bund.de

0231 9071 2424

