

# Evaluation von Datenbrillen im Montagetraing: Unterstützungspotenzial, Ergonomie und Akzeptanz

8. Expertenworkshop: „Datenbrillen – Aktueller Stand von Forschung und Umsetzung sowie zukünftiger Entwicklungsrichtungen“

Dr. Nele Fischer

# Hintergrund

## Variantenreiche Montage & Digitalisierung



BMW X3

Quelle: [www.bmw.de/de/neufahrzeuge.html](http://www.bmw.de/de/neufahrzeuge.html)

Dachhimmel:  
90.000  
Varianten

Autotüren:  
3.000  
Varianten

Hinterachsen:  
324  
Varianten

... bei BMW theoretisch  $10^{32}$   
Produktvarianten

(Schneider, 2011)

Quelle: Bildaufbau und Varianten: Danne C (2012): Auswirkungen von Komplexität in Produktionssystemen, insb. auf das Bestandsmanagement, Vortragsreihe „Unternehmensführung und -steuerung“ Uni Paderborn



Quelle: Bild Industrie 4.0 : <https://www.karcher.cz/cz-to-nas/novinky-a-informace/ze-sveta-cisten/prumysl-4-0.html>



Bild Fahrzeugmontage: <https://www.lageschau.de/wirtschaft/bmw136.html>, 2009

Variantenreiche Montagelinie

Ablaufinformation

Varianteninformation

Informationen & Montagequalität

(Ponn & Lindemann, 2008; Fast-Berglund et al., 2013; Reason, 1990; Schneider, 2011)

# Hintergrund und Motivation

## Montageinformationen und Wearable Devices

Ablaufinformation



**Wearable Devices**



Datenbrille Vuzix M100  
monokular, non-see-through (kein AR)



Smartwatch  
IconBit Callisto 300  
Stand-Alone

Smartwatch Quelle: [www.sortierbar.de/smartwatch/iconbit-callisto-300](http://www.sortierbar.de/smartwatch/iconbit-callisto-300)



**Montageablauf**



SAB
Teil A m. Schraube X
Teil Z
Teil 3Az489349dk
...

Unterstützt der mobile Montageablauf auf Wearable Devices beim Montagetraining?

# Assistenz der Montage durch Datenbrillen und Smartwatch

## Forschungsstand → Dimensionen der Evaluation

### Wearable Devices: To Wear Or Not To Wear?

#### Unterstützungspotenzial

Einfluss der Nutzung von Wearable Devices auf die Montageleistung

##### Montageablauf

Labor

Produktion



Mobil



Montage

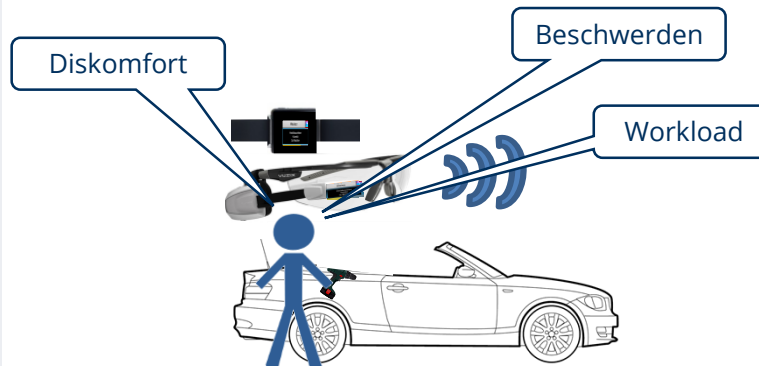
Logistik

Mobile Montage?

(z. B. Fässberg, 2012; Kolbeinsson, 2017; Thorvald, 2014; Theis et al., 2015; Wille, 2016; Woodham, 2016)

#### Nutzungsbarrieren

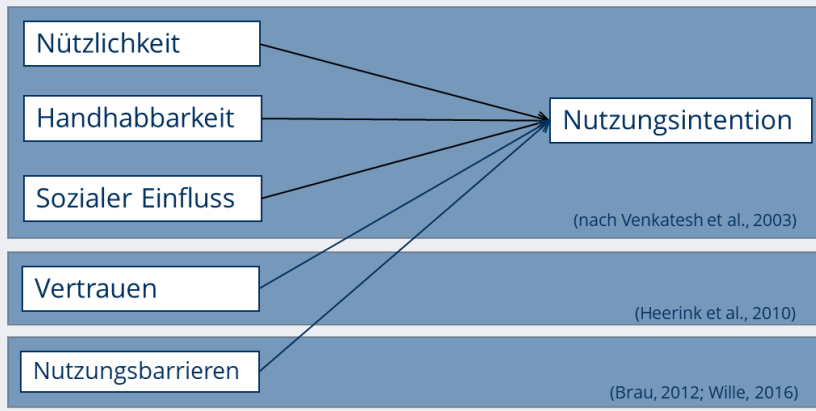
Ergonomische Gerätefaktoren, die gegen eine Nutzung sprechen



(z. B. Knight & Baber, 2005; 2007; Theis et al, 2015; Wille, 2016)

#### Technik-Akzeptanz

Ausmaß an Zustimmung oder Ablehnung gegenüber Technik und die Bereitschaft sie zu nutzen



Smartglasses Quelle: [www.cnet.de/wp-content/uploads/2013/12/M100\\_safety1.jpg](http://www.cnet.de/wp-content/uploads/2013/12/M100_safety1.jpg)

Smartwatch Quelle: [www.sortierbar.de/smartwatch/combicallisto-300](http://www.sortierbar.de/smartwatch/combicallisto-300)



# Evaluation von Datenbrillen und Smartwatch im Montagetraining

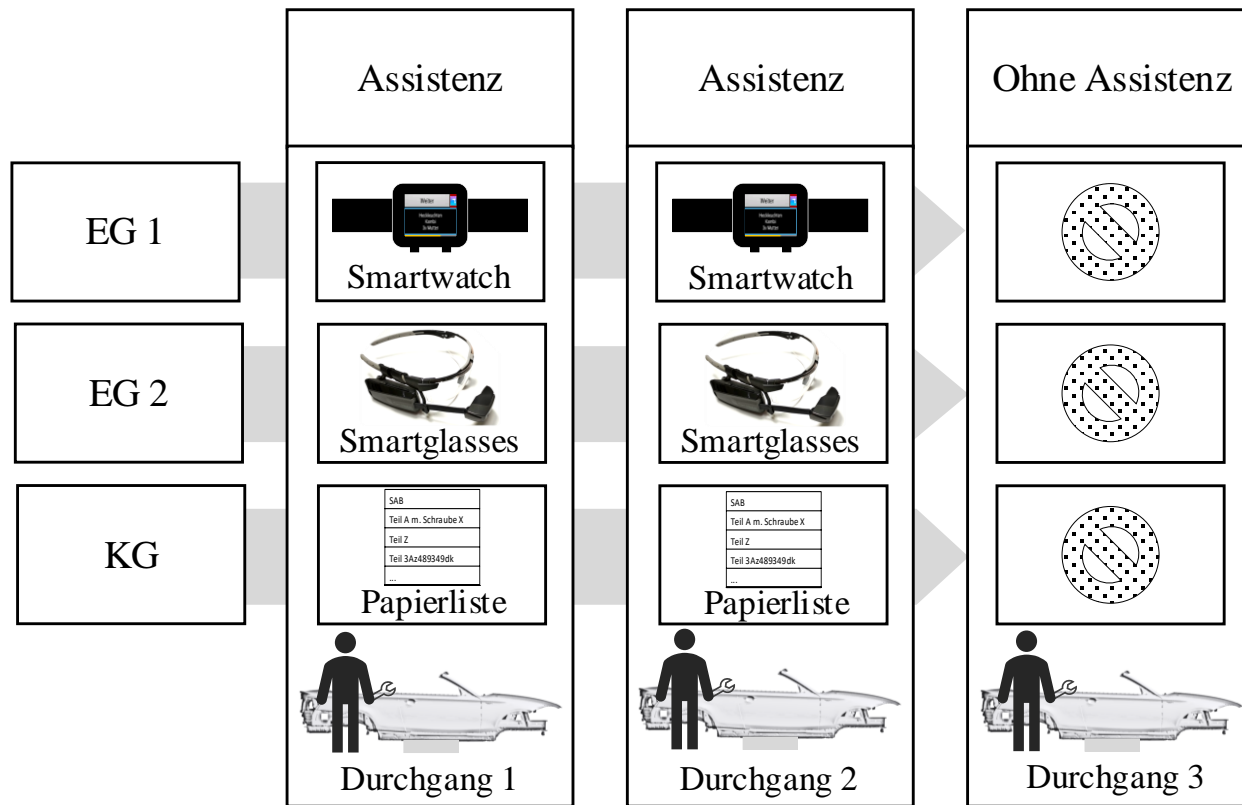
## Fragestellungen zur Anwendbarkeit in der Montage

1. Unterstützungspotenzial: Wie wirkt sich die Nutzung von Wearable Devices auf die Montageleistung (Fehler, Zeit) aus?
  - Wie beeinflusst der Abbruch der Nutzung die Montageleistung?
2. Nutzungsbarrieren: Wie beeinflussen Wearable Devices den Workload, physische Beschwerden und den Diskomfort?
3. Akzeptanz: Welche Faktoren beeinflussen die Nutzungsintention von Wearable Devices?



# Evaluation von Datenbrillen und Smartwatch im Montagetraining

## Methode



### Stichprobe

- 161 Teilnehmende Mitarbeiter Off-The-Job Montagetraining
- 3 Gruppen: Datenbrille, Smartwatch, Kontrollgruppe

### Methode

- Montage von 17 Bauteilen
- Ziel: fehlerfreie Montage in 4 min 33s
- Datenbrille, Smartwatch: Montageablauf

### Messung

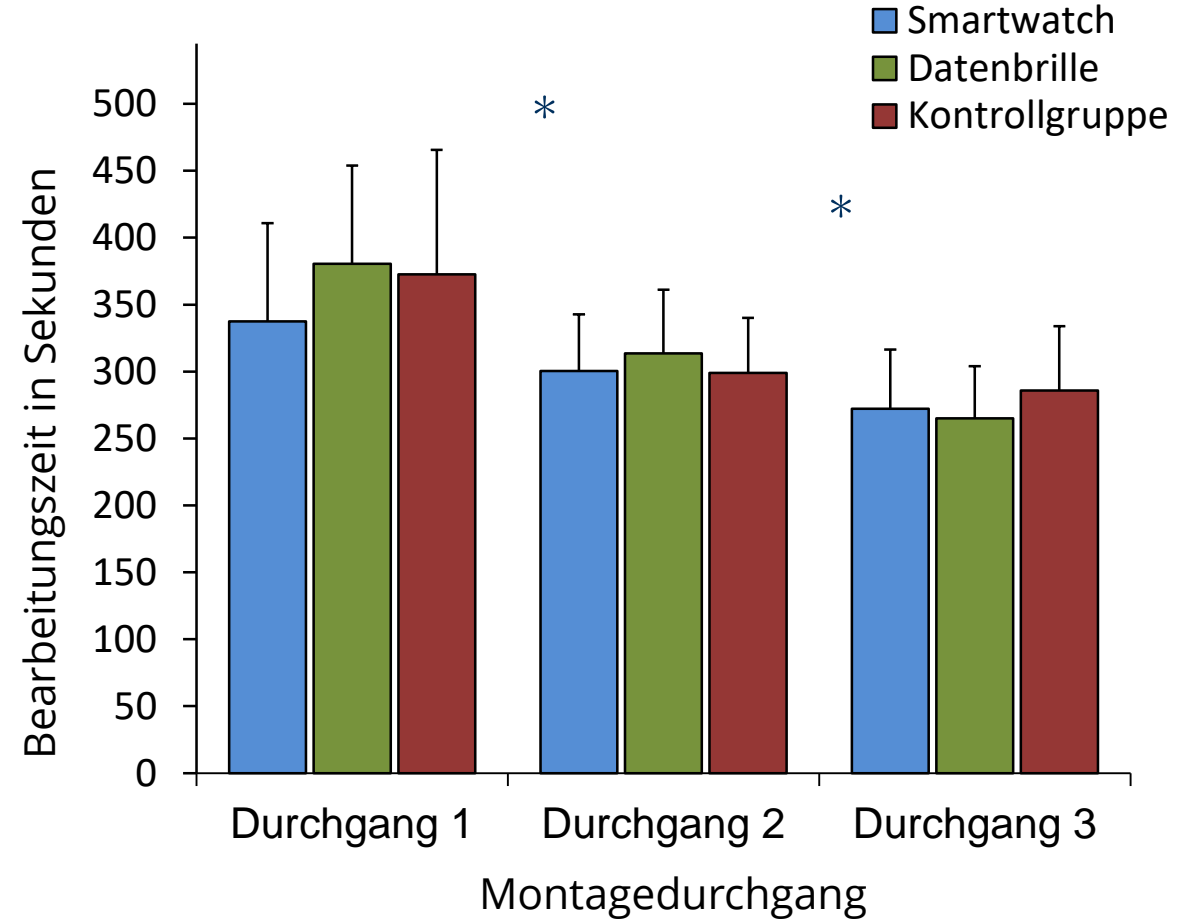
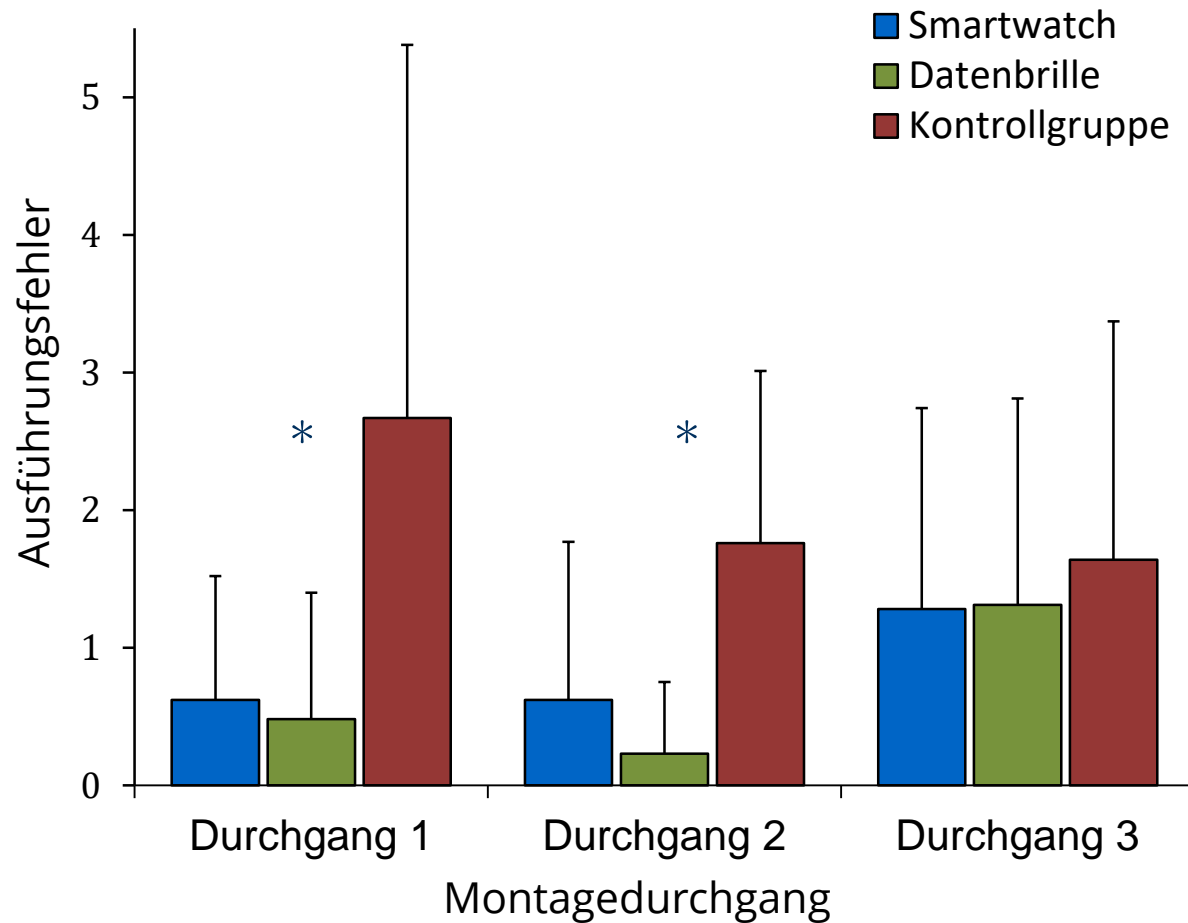
- Zeit, Fehler
- Fragebögen Nutzungsbarrieren, Akzeptanz

SAB
Teil A m. Schraube X
Teil Z
Teil 3A2489349dk
...

Ziel: Anwendbarkeit von Wearable Devices in der Montage: Trainingszentrum → Zielgruppe Montagemitarbeiter, zur Produktion vergleichbare Aufgaben und Taktung, ermöglicht standardisierte Evaluation ohne Eingriff in die Produktion

# Evaluation von Datenbrillen und Smartwatch im Montagetraining

## Ergebnisse – 1. Unterstützungspotenzial – Ausführungsfehler, Montagezeit

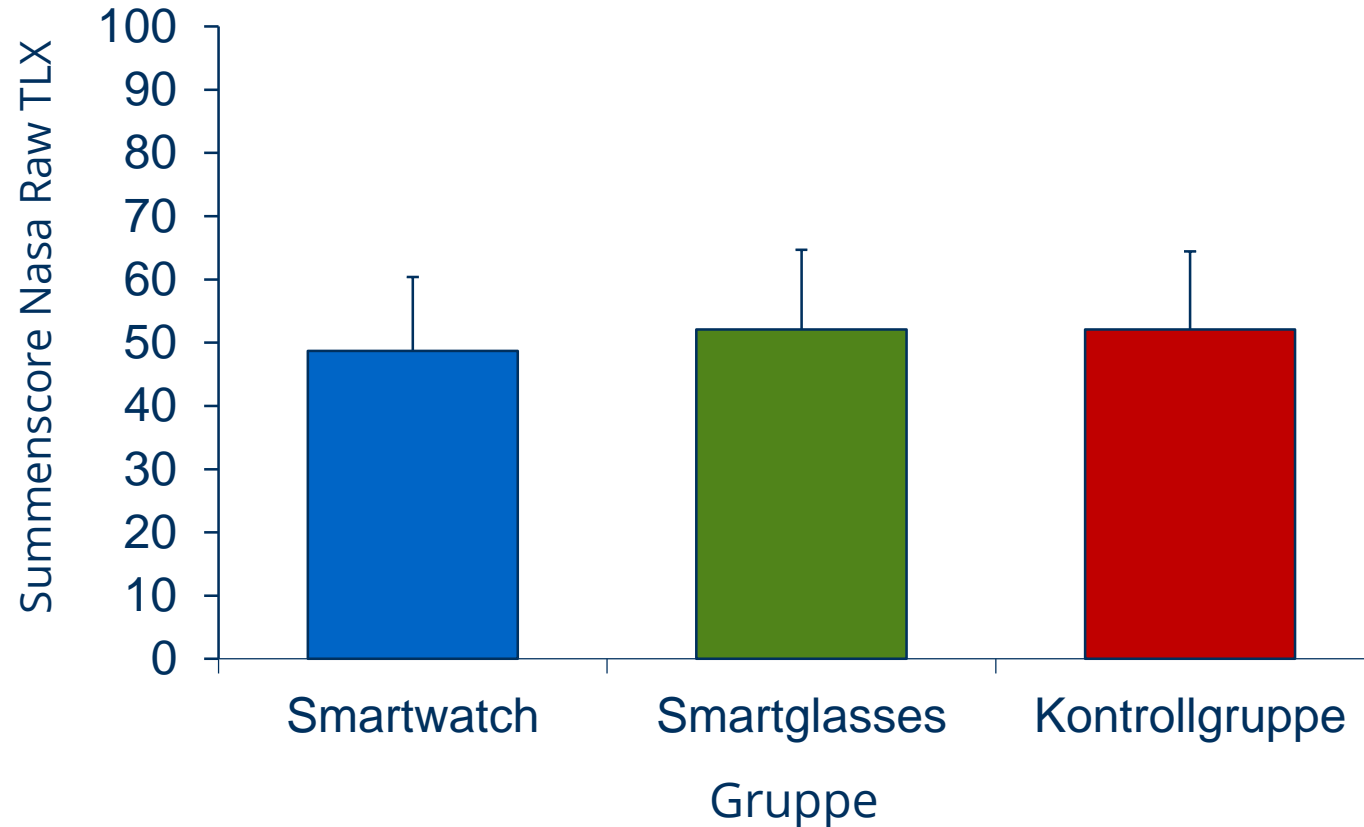


Nutzung von Datenbrille & Smartwatch senkt Montagefehler im Lernprozess.  
Ohne Assistenz vergleichbare Lernleistung zur Standardmethode



# Evaluation von Datenbrillen und Smartwatch im Montagetraining

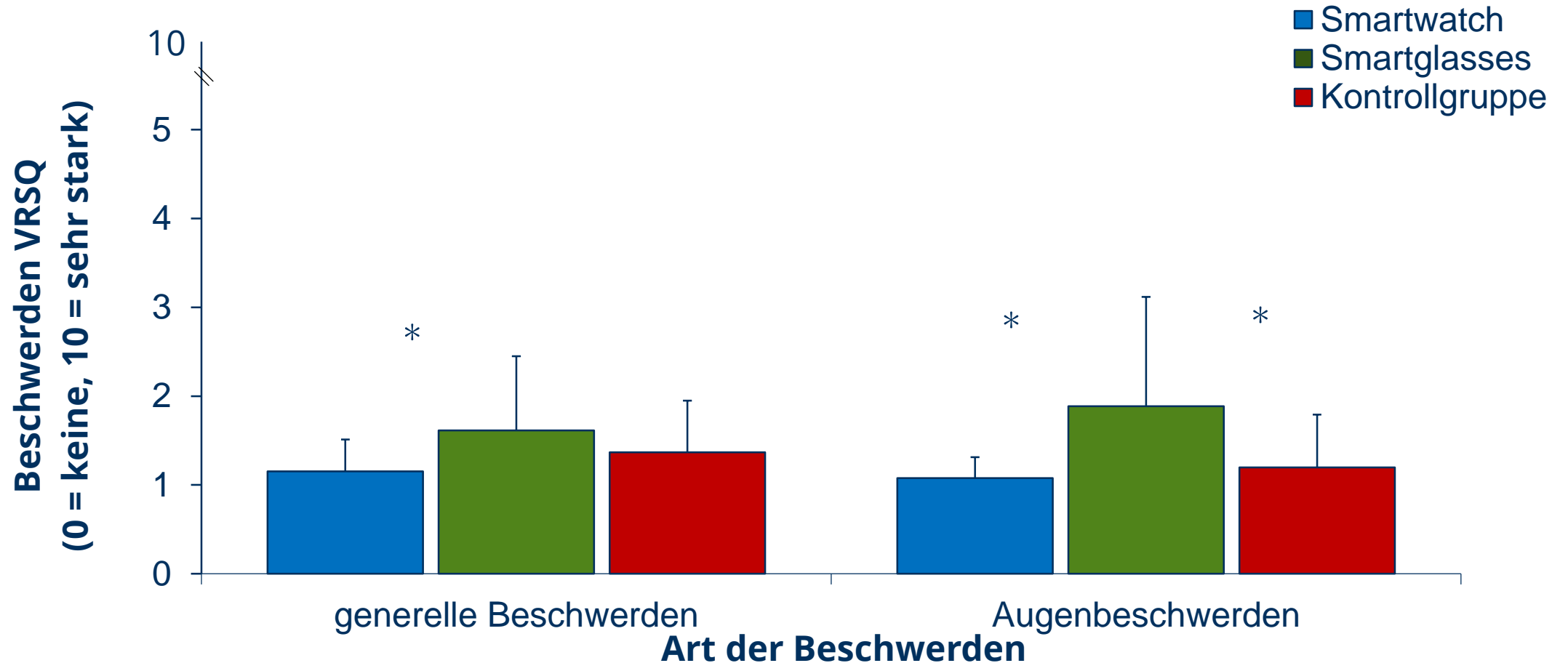
## Ergebnisse – 2. Nutzungsbarrieren – Workload



Keine Unterschiede im Workload durch Nutzung von Datenbrille & Smartwatch (Nutzungsdauer?)

# Evaluation von Datenbrillen und Smartwatch im Montagetraining

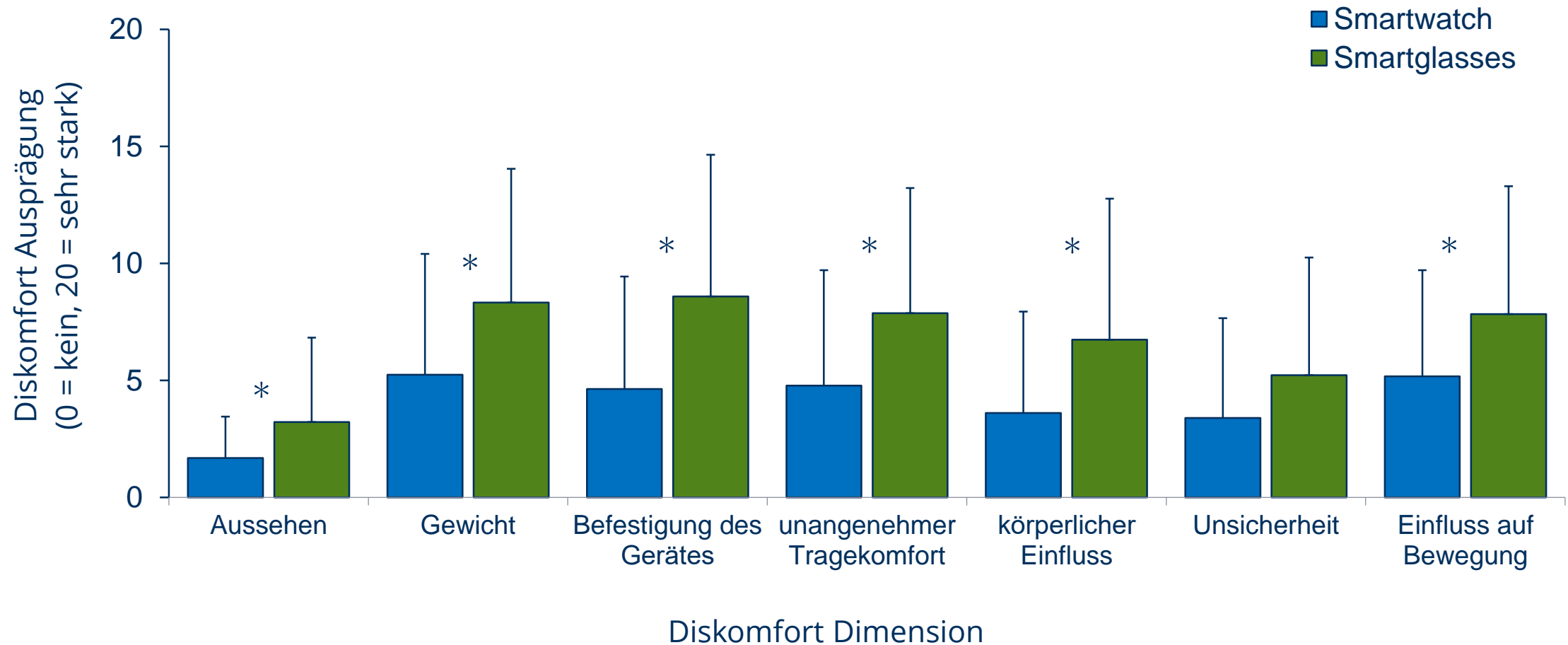
## Ergebnisse – 2. Nutzungsbarrieren – Beschwerden



Insgesamt geringe Beschwerden. Erhöhte generelle und Augenbeschwerden bei Nutzung von Datenbrillen

# Evaluation von Datenbrillen und Smartwatch im Montagetraining

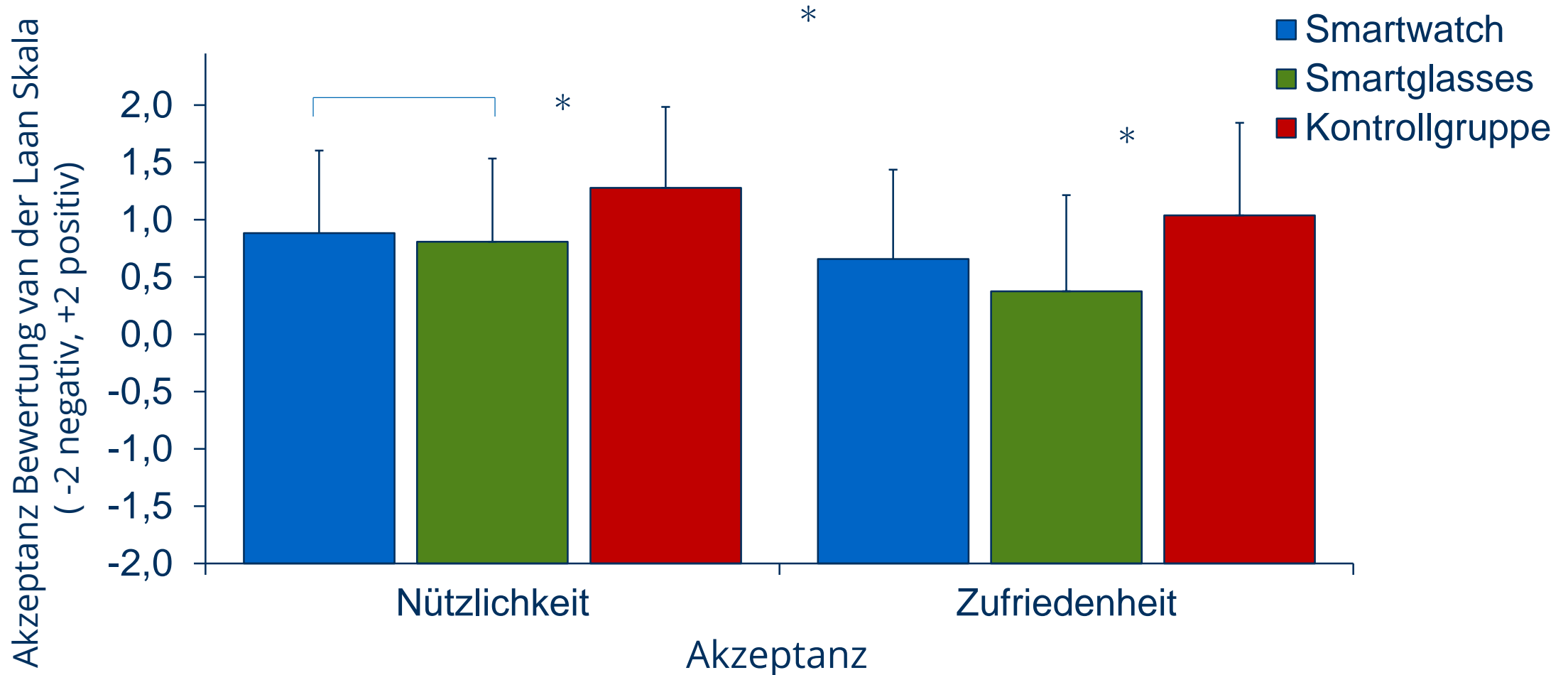
## Ergebnisse – 2. Nutzungsbarrieren – Diskomfort



Erhöhter Diskomfort bei Datenbrillen auf allen Dimensionen, außer Unsicherheit beim Tragen

# Evaluation von Datenbrillen und Smartwatch im Montagetraining

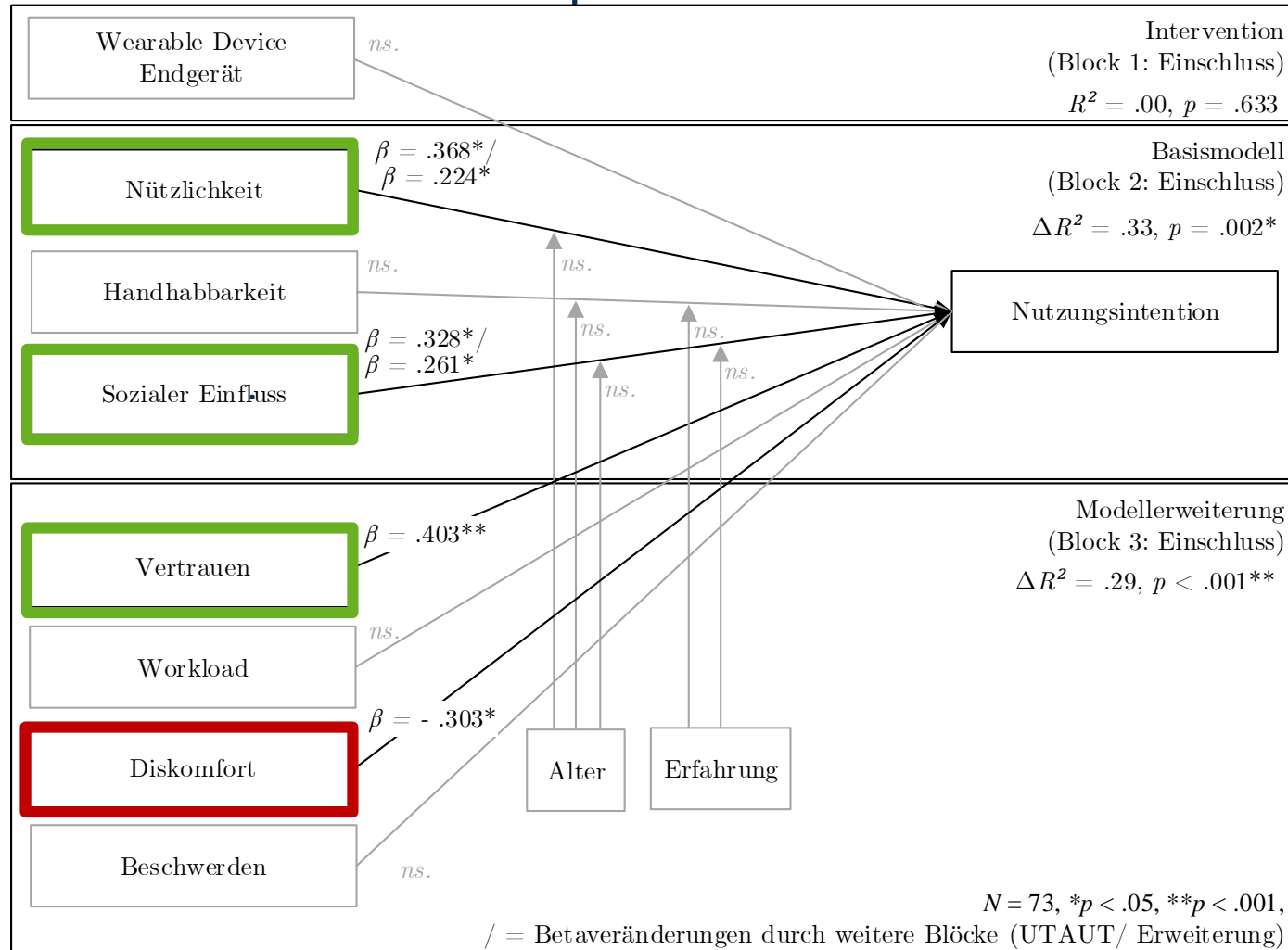
## Ergebnisse – 3. Technikakzeptanz – Gerätevergleich



Höhere Akzeptanz des bekannten Arbeitsmittels Papierliste; Diskrepanz zur Leistung

# Evaluation von Datenbrillen und Smartwatch im Montagetraining

## Ergebnisse – 3. Technikakzeptanz – Einflussfaktoren



# Evaluation von Datenbrillen und Smartwatch im Montagetraining

## Diskussion

### 1. Unterstützungspotenzial während des Anlernprozesses im Montagetraining

- Wearable Devices reduzieren Montagefehler → deskriptiv niedrigste Fehler mit Datenbrille
  - → mobile Verfügbarkeit Ablaufinformation im Sichtfeld
- Nutzungsabbruch → vergleichbare Leistung/Lernprozesse zur Kontrollgruppe (kein Transfer)
- Bearbeitungszeit sinkt pro Durchgang ohne Gruppenunterschied (manuelle Bedienung ≠ Freihändig)

### 2. Nutzungsbarrieren

- Workload: Kein Einfluss der Wearable Devices auf Workload bei der Montage
- Subjektive Beschwerden: niedrig ausgeprägt, doch bei Datenbrille leicht erhöht → Langzeit?
- Diskomfort: bei Datenbrillen gegenüber Smartwatch erhöht

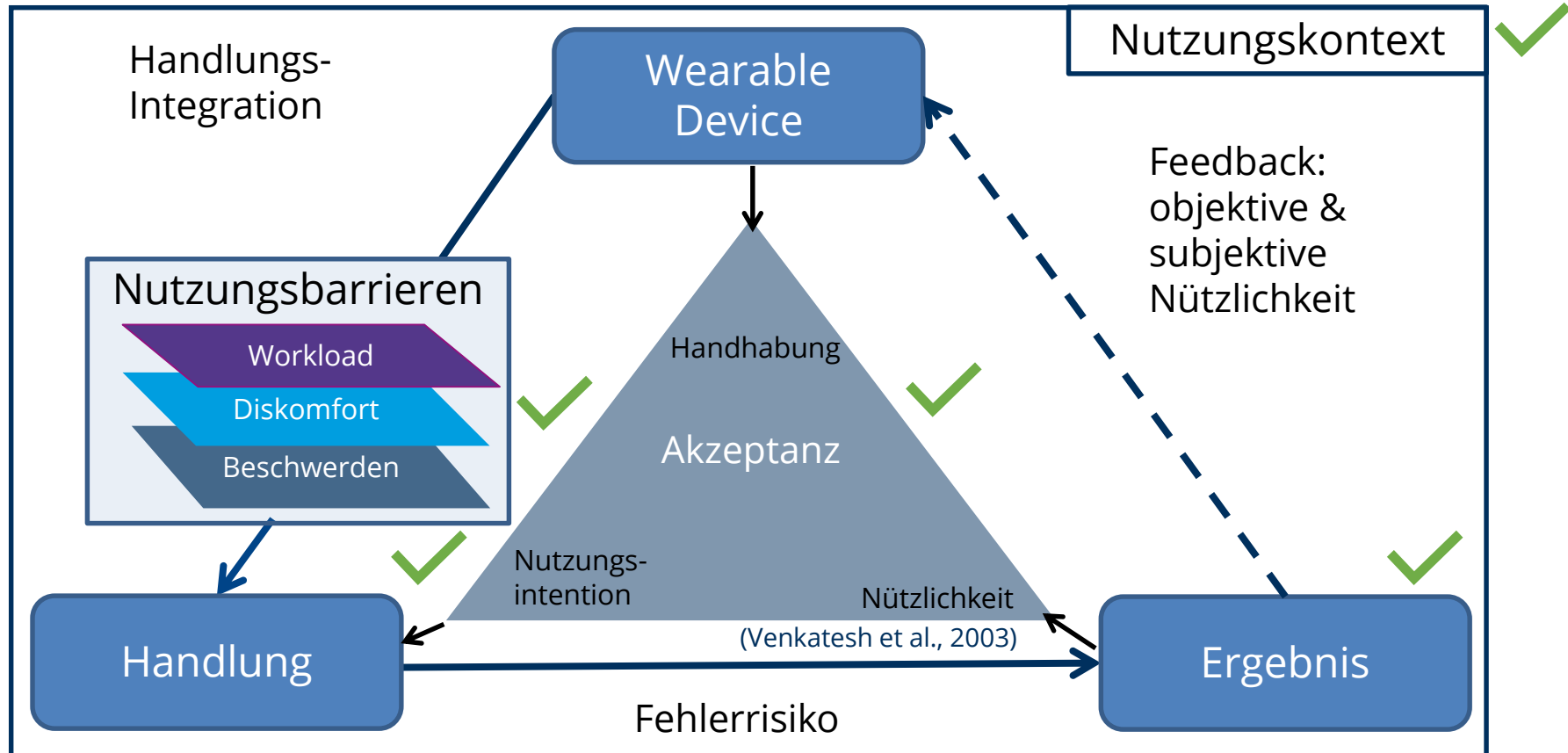
### 3. Akzeptanz

- Positiv; Nützlichkeit > Zufriedenheit → Optimierungsbedarf Endgeräte / Anwendung → Bedienkonzepte
- Höhere Akzeptanz des bekannten Arbeitsmittels im Kontrast zur Leistung → Aufwand – Nutzen? Feedback?
- Nützlichkeit, sozialer Einfluss und Vertrauen wirken positiv auf Nutzungsintention, Diskomfort negativ

Datenbrillen: Pro: Unterstützungspotenzial für Anlernen → mobile Informationen im Sichtfeld  
Contra: Nutzungsbarrieren (Bedienkonzept, Beschwerden, Diskomfort) → kein Einsatz Modell on the Job → andere?

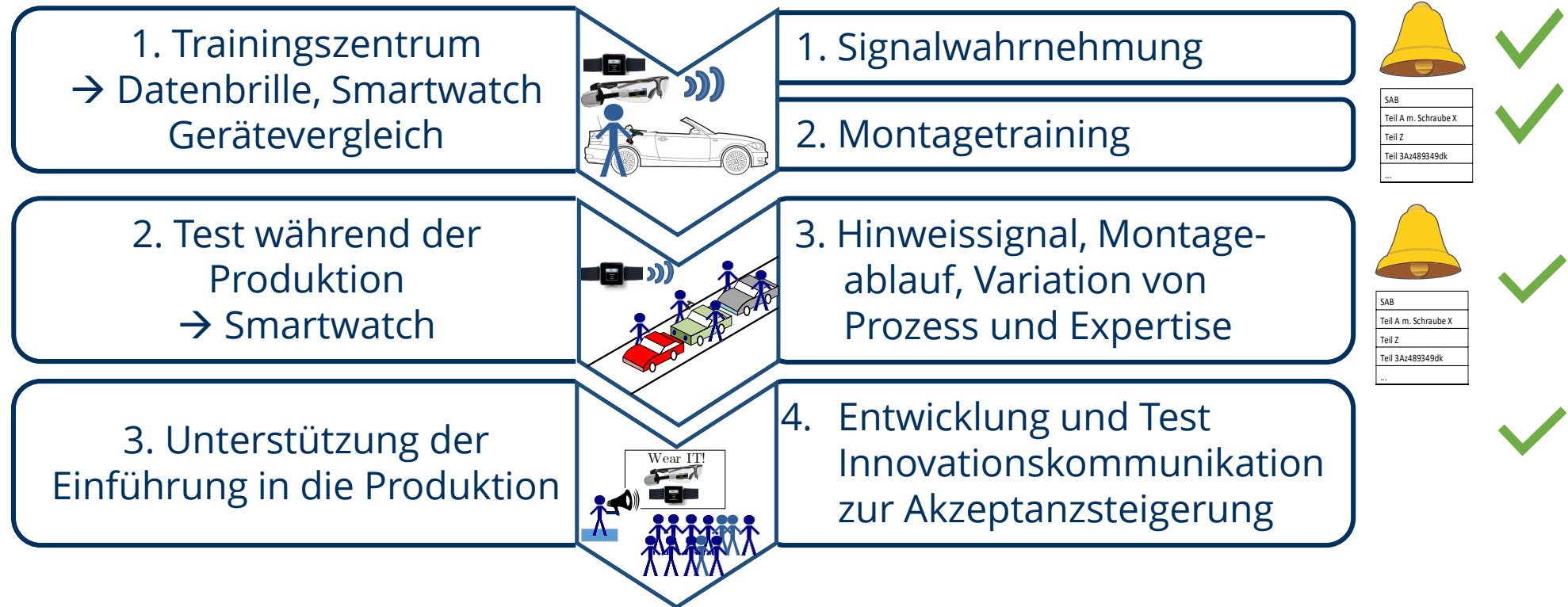
# Evaluation von Datenbrillen und Smartwatch im Montagetraining

## Zusammenfassung und Überblick



Akzeptanz & Nutzung → Einstellungen sowie objektive und subjektive Assistenz durch mobile Informationen  
 Praxisnähe & Gesamtkontext: Match Endgerät, Anwendung, Prozess, Anwendergruppe

# Assistenz der Montage durch Datenbrillen und Smartwatch Überblick über weitere Ergebnisse





# Assistenz der Montage durch Datenbrillen und Smartwatch

## Fazit und Ausblick

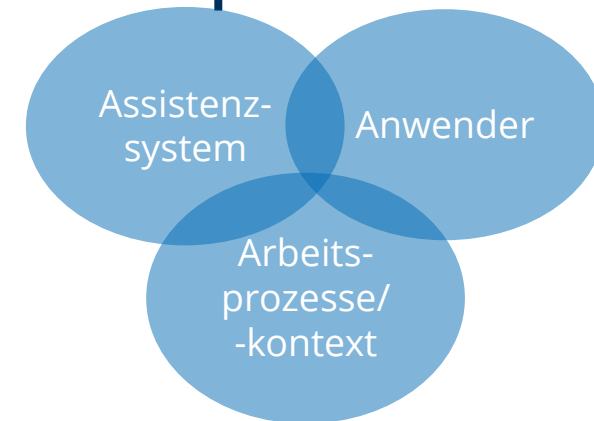
### Wearable Devices: To Wear Or Not To Wear?

**Unterstützungspotenzial**

**Nutzungsbarrieren**

**Technik-Akzeptanz**

- Wear, if ...
  - Wearable Devices Unterstützung in Training oder Linienmontage bieten
  - Für Anwender & Kontext geeignete Endgeräte (Bedienkonzept, Beschwerden, Komfort)
  - Anpassbarkeit an Arbeitsprozess → Flexibilität
  - → individualisierbare Assistenzkonzepte (z. B. Fading, Handlungsmonitoring)
- Implikationen Wearable Devices zur Montageassistenz in der Smart Factory
  - Theorie: mehrdimensionale Evaluation und Vergleich Wearable Devices im Anwendungskontext
  - Praktisch: Mobiles Montageinformationssystem → industrietaugliche Datenbrillen
    - Betroffene beteiligen: Kommunikation und Partizipation → angstfreies Klima
    - Mensch im Mittelpunkt? Autonomie vs. Kontrolle? Chancen und Risiken der Digitalisierung



(z.B. Eiriksdottir & Catrambone, 2011. Richter et al., 2015; Wickens et al., 2013)

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



## Zeit für Fragen

### Kontakt



[nfischer@cit-jena.de](mailto:nfischer@cit-jena.de)



[nele.fischer@isonet.de](mailto:nele.fischer@isonet.de)

# Quellen

- Ames, S. L., Wolffsohn, J. S. & McBrien, N. A. (2005). The Development of a Symptom Questionnaire for Assessing Virtual Reality Viewing Using a Head-Mounted Display. *Optometry and Vision Science*, 82(3), 168–176.
- Brau, H. (2012). Acceptance Engineering – Menschzentrierte Gestaltung von Arbeitssystemen. In M. T. Thielsch & T. Brandenburg (Hrsg.), *Praxis der Wirtschaftspsychologie II* (S. 183–201). MV Wissenschaft. Münster: Monsenstein und Vannerdat.
- Danne, C. (2012): Auswirkungen von Komplexität in Produktionssystemen, insb. auf das Bestandsmanagement, Vorlesungsreihe „Unternehmensführung und -steuerung“ Uni Paderborn. [http://www.hni.uni-paderborn.de/fileadmin/Fachgruppen/Wirtschaftsinformatik/Moduluebersicht/W2334\\_02\\_Unternehmensfuehrung\\_und\\_steuerung/Danne\\_Auswirkungen\\_von\\_Komplexitaet\\_in\\_Produktionssystemen\\_Danne.pdf](http://www.hni.uni-paderborn.de/fileadmin/Fachgruppen/Wirtschaftsinformatik/Moduluebersicht/W2334_02_Unternehmensfuehrung_und_steuerung/Danne_Auswirkungen_von_Komplexitaet_in_Produktionssystemen_Danne.pdf)
- Eiriksdottir, E. & Catrambone, R. (2011). Procedural Instructions, Principles, and Examples: How to Structure Instructions for Procedural Tasks to Enhance Performance, Learning, and Transfer. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 53(6), 749–770.
- Fast-Berglund, Å., Fåssberg, T., Hellman, F., Davidsson, A. & Stahre, J. (2013). Relations between complexity, quality and cognitive automation in mixed-model assembly. *Journal of Manufacturing Systems*, 32(3), 449–455.
- Hart, S. G. (2006). Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50(9), 904–908.
- Kolbeinsson, A., Thorvald, P. & Lindblom, J. (2017). Coordinating the interruption of assembly workers in manufacturing. *Applied ergonomics*, 58, 361–371.
- Knight, J. F. & Baber, C. (2005). A Tool to Assess the Comfort of Wearable Computers. *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 47 (1), 77–91.
- Knight, J. F. & Baber, C. (2007). Effect of Head-Mounted Displays on Posture. *Human Factors*, 49(5), 797–807.
- Ponn, Josef & Lindemann, Udo (2008), *Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte*. Springer
- Reason, J. T. (1990). *Human error*. Cambridge England: Cambridge University Press.
- Richter, A., Heinrich, P., Stocker, A. & Unzeitig, W. (2015). Der Mensch im Mittelpunkt der Fabrik von morgen. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 52(5), 690–712.
- Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T. & Schlund, S. (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Schneider, K. (2011). *Modernes Sourcing in der Automobilindustrie* (1. Aufl.). Gabler Research : Informationsmanagement und Computer Aided Team. Wiesbaden: Gabler.
- Theis, S., Mertens, A., Wille, M., Rasche, P., Alexander, T. & Schlick, C. M. (2015). Effects of data glasses on human workload and performance during assembly and disassembly tasks. In G. Lindgaard & D. Moore (Hrsg.), *Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA* (S. 1–8).
- Thorvald, P., Högberg, D. & Case, K. (2014). The effect of information mobility on production quality. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 27 (2), 120–128.
- Van der Laan, J. D., Heino, A. & de Waard, D. (1997). A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. *Transportation Research- Part C: Emerging Technologies*, 5, 1–10.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27 (3), 425–478.
- Wickens, C. D., Hollands, J. G., Banbury, S. & Parasuraman, R. (2013). *Engineering psychology and human performance* (4. edition). London: Pearson Education.
- Wille, M. (2016). *Head-Mounted Displays – Bedingungen des sicheren und beanspruchungsoptimalen Einsatzes: Psychische Beanspruchung beim Einsatz von HMDs*. (1. Aufl.). Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

# Bildquellen:

- Folie 1: Fahrzeug: [www.bmw.de/de/neufahrzeuge.html](http://www.bmw.de/de/neufahrzeuge.html)
- Folie 1: Grundlage/Aufbau Bild Variantenvielfalt: Danne, 2012: [www.hni.uni-paderborn.de/fileadmin/Fachgruppen/Wirtschaftsinformatik/Moduluebersicht/W2334\\_02\\_Unternehmensfuehrung\\_und\\_steuerung/Danne\\_Auswirkungen\\_von\\_Komplexitaet\\_in\\_Produktionssystemen\\_Danne.pdf](http://www.hni.uni-paderborn.de/fileadmin/Fachgruppen/Wirtschaftsinformatik/Moduluebersicht/W2334_02_Unternehmensfuehrung_und_steuerung/Danne_Auswirkungen_von_Komplexitaet_in_Produktionssystemen_Danne.pdf)
- Folie 1: Bild Industrie 4.0 : [www.karcher.cz/cz/o-nas/novinky-a-informace/ze-sveta-cisteniprumysl-4-0.html](http://www.karcher.cz/cz/o-nas/novinky-a-informace/ze-sveta-cisteniprumysl-4-0.html)
- Folie 1: Bild Fahrzeugmontage: [www.tagesschau.de/wirtschaft/bmw136.html](http://www.tagesschau.de/wirtschaft/bmw136.html) 2009
- Bilder Vuzix M100 Smartglasses: [www.cnet.de/wp-content/uploads/2013/12/M100\\_safety1.jpg](http://www.cnet.de/wp-content/uploads/2013/12/M100_safety1.jpg)
- Bilder Iconbit Callisto 300 B Smartwatch: [www.sortierbar.de/smartwatch/iconbit-callisto-300](http://www.sortierbar.de/smartwatch/iconbit-callisto-300)
- Weitere Grafiken: Fischer, N. M. (2018). To Wear Or Not To Wear? Wearable Devices als Informationsassistentz für die variantenreiche Automobilmontage. Dissertation TU Dresden. URN Qucosa: urn:nbn:de:bsz:14-qucosa2-331658