



Zielsetzung

Implementation und empirische Erforschung einer **interaktiven multimedialen Lernumgebung**¹ mittels Smartglasses und **Augmented-Reality**-Technologie (AR) unter Beachtung kognitiver Rahmenbedingungen.

Anreicherung traditioneller Experimente aus den „physikalischen Anfängerpraktika“ mit zusätzlichen 3D-Inhalten zur Fokussierung auf konzeptionellen Wissenserwerb².

Theoretischer Hintergrund

Multiple externe Repräsentationen

- **Grundlage: DeFT-Framework** nach Ainsworth³
- Drei Schlüsselaspekte der simultanen Nutzung von mehreren Repräsentationen
 - 1) Abbildung komplementärer Inhalte
 - 2) Gegenseitige Beeinflussung der Interpretierbarkeit
 - 3) Vertieftes Wissen durch Integration korrespondierender Informationen

Kognitive Belastung beim Lernprozess

- **Grundlage: Cognitive Load Theory** nach Sweller⁴
- Limitierung der Informationsverarbeitung durch Arbeitsgedächtnis
- Unterscheidung von drei Arten der kognitiven Belastung beim Lernen
 - 1) *Intrinsic Load (IL)* durch inhärente Struktur des Lerngegenstandes
 - 2) *Germane Load (GL)* durch Ausbildung neuer Wissensstrukturen
 - 3) *Extraneous Load (EL)* durch Verarbeitung lernirrelevanter Informationen

Multimediale Gestaltung der Lernumgebung

- **Grundlage: Cognitive Theory of Multimedia Learning** nach Mayer⁵
- Förderung von Lernprozessen durch empirisch abgesicherte Design-Prinzipien⁶
 - 1) *Spatial Contiguity* durch räumliche Nähe von korrespondierenden visuellen Informationen
 - 2) *Temporal Contiguity* durch zeitliche Nähe von korrespondierenden visuellen oder auditiven Informationen
 - 3) *Interactivity* durch aktive Beeinflussung des Lernprozesses durch Lernende

Experiment: Wärmeleitung in Metallen

Einsatz im Anfängerpraktikum der Physik

- **Lernziel:** Wärmeleitung in Metallen mit/ohne Isolierung
- **Studienfächer:** Physik (Diplom, B.Sc., B.Ed.), Technophysik, Biophysik
- **Rahmenbedingung:** Tischpraktikum (3 h Präsenz-Zeit), 2er-Teams

Implementation des AR-Assistenzsystems^{2,7}

- Temperatur mit menschlichen Sinnen nur schwer quantifizierbar
 - ⇒ *Visualisierung (Repräsentation)* der physikalischen Größe „Temperatur“ sinnvoll
- Aufbereitung der virtuellen Repräsentationen nach *DeFT-Framework*
 - ⇒ Ergänzende *qualitative* und *quantitative Darstellungen* von Echtzeit-Daten als Falschfarbendarstellung und Graph zum Temperaturverlauf
- AR ermöglicht Einbettung virtueller Elemente in reale Lernumgebung
 - ⇒ Realisierung von *Spatial* und *Temporal Contiguity* durch visuelle Verknüpfung von Experiment und Echtzeit-Messdaten



Bild 1: Experimenteller Aufbau

- (1) Smartglasses (Microsoft HoloLens[®])
- (2) Metallstab, nicht isoliert
- (3) Netzgerät zum Heizen des Metallstabs
- (4) Wärmebildkamera
- (5) Laptop als Datenserver

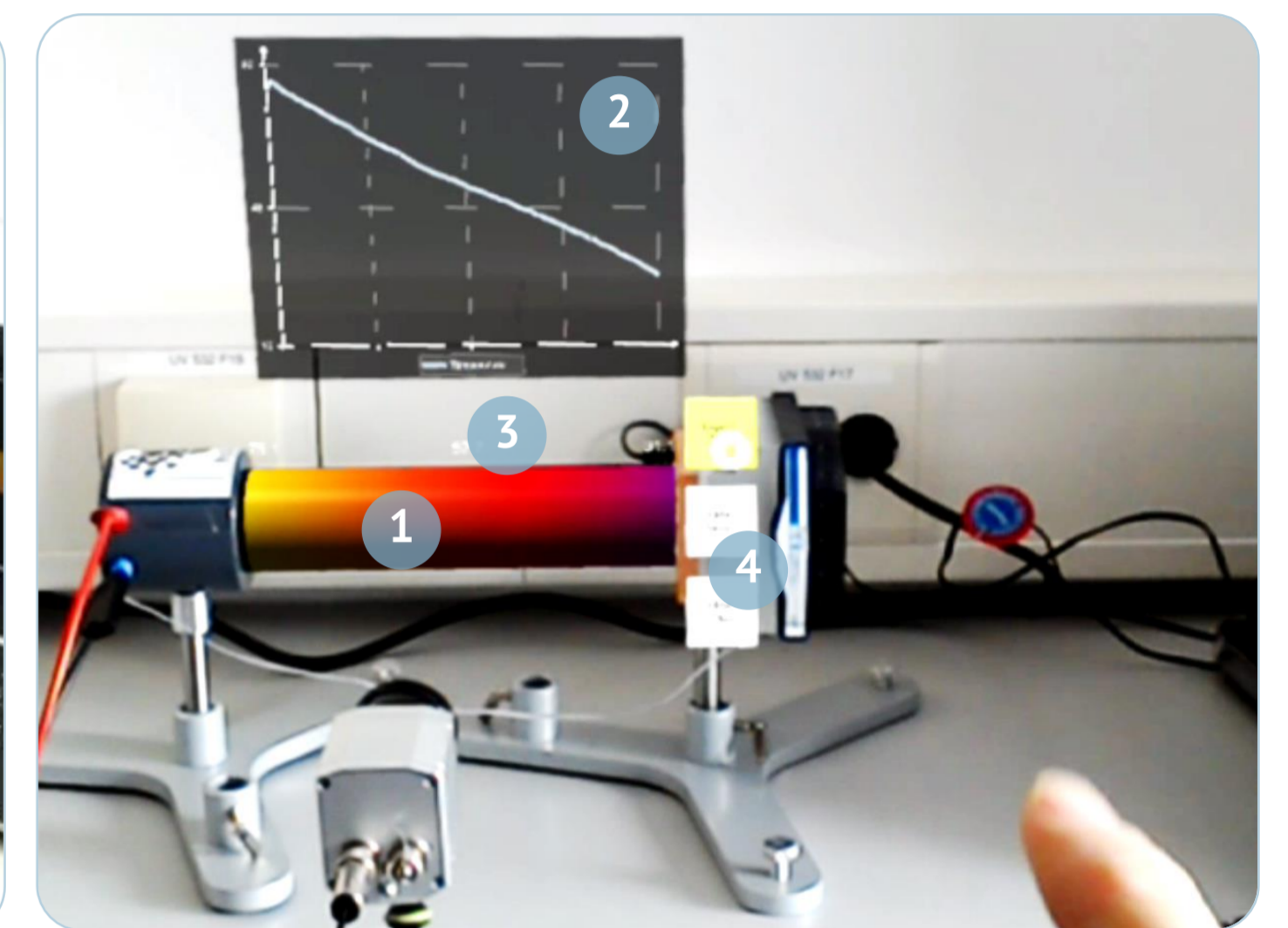


Bild 2: Blick durch Smartglasses

- (1) Zylinder mit Falschfarbendarstellung
- (2) Graph zum Temperaturverlauf
- (3) Numerische Werte
- (4) Interaktive Schaltflächen (Menü zum Einblenden und Exportieren der Werte)

Fazit zur Umsetzung

- ✓ Visuelle Verknüpfung zwischen Repräsentationen und Experiment
- ✓ Ergänzende qualitative und quantitative Darstellung von Echtzeit-Daten
- ✓ Hände bleiben frei zum Manipulieren des Experiments
- ✓ Kooperation im Team, da visuelle Inhalte geteilt werden („shared sessions“)

Hypothesen und Forschungsfragen

Hypothesen

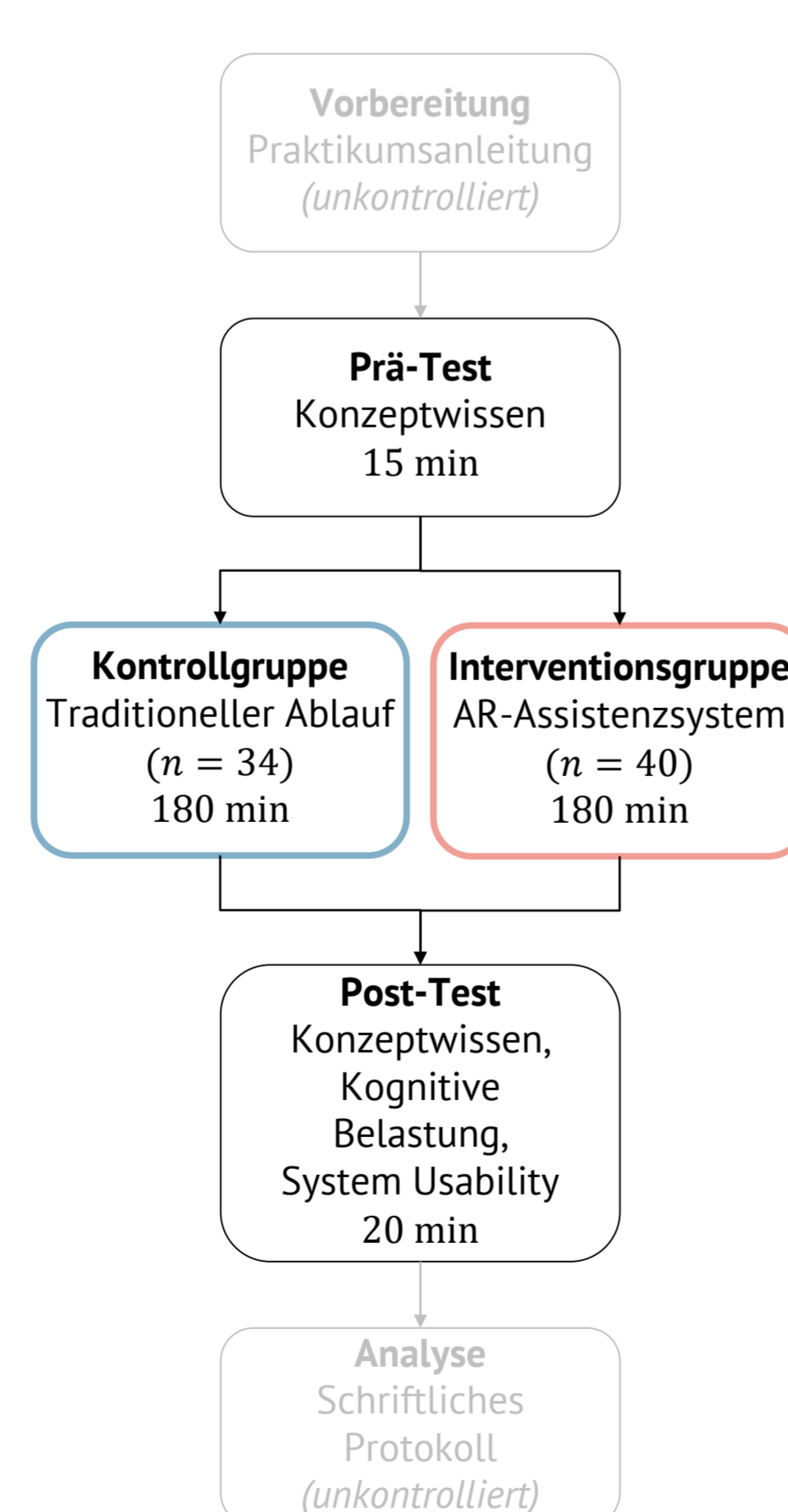
1. Die Verwendung des Assistenzsystems erhöht den Zuwachs beim **Konzeptwissen** unabhängig vom Hauptfach der Studierenden.
2. Die Verwendung des Assistenzsystems reduziert **lernirrelevante kognitive Belastungen** („Extraneous Cognitive Load“) beim Experimentieren.

Forschungsfragen

1. Lässt sich eine adäquate **Usability** des Assistenzsystems erreichen?
2. Welchen Einfluss zeigen **motivationale und affektive Variablen** auf die Lernwirkung des Assistenzsystems?
3. Lassen sich durch die zeitliche und räumliche Anordnung von Repräsentationen (Kontiguitätsprinzipien) bekannte **Präkonzepte adressieren und überwinden?**

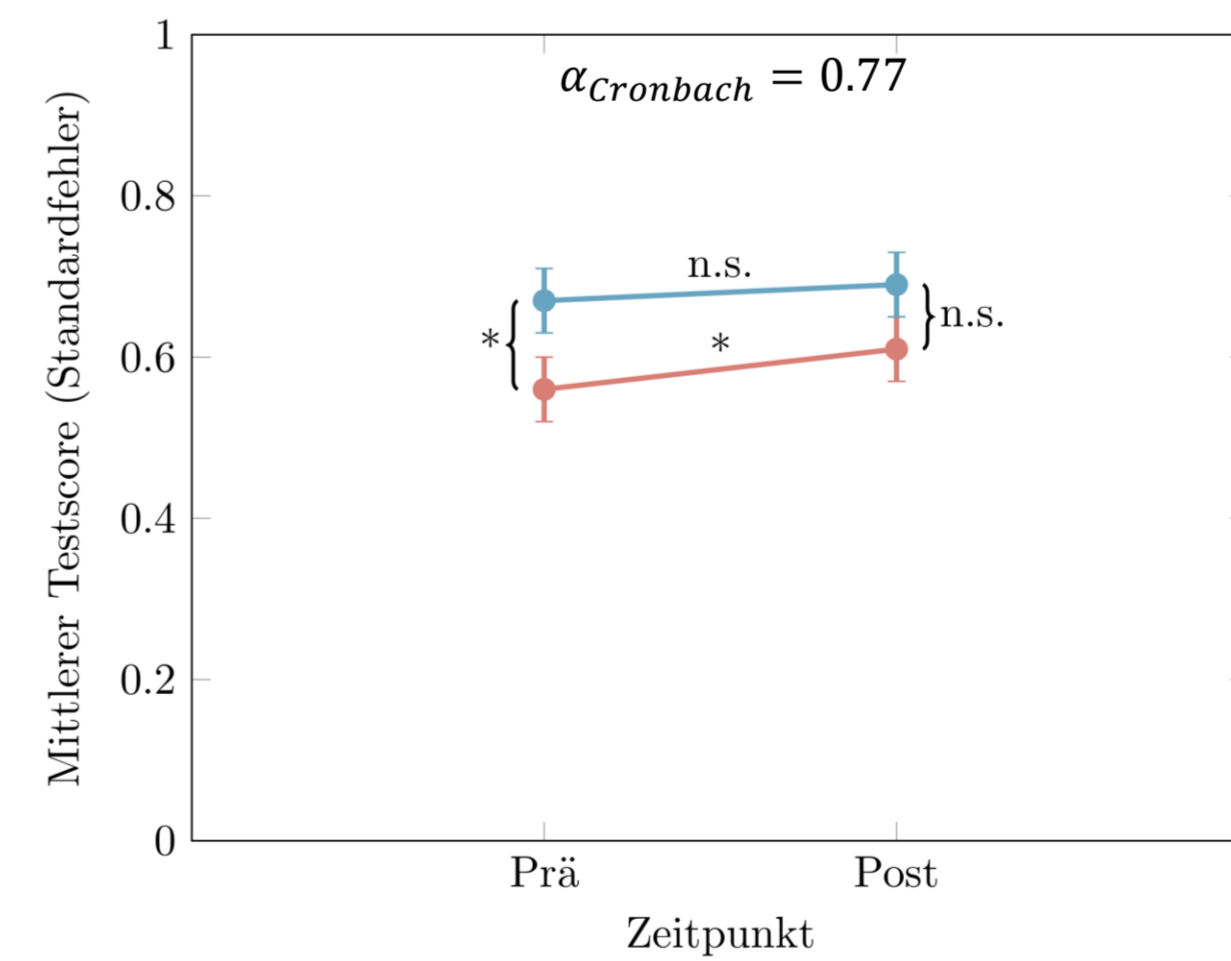
Empirische Ergebnisse

Studiendesign



Konzeptwissen

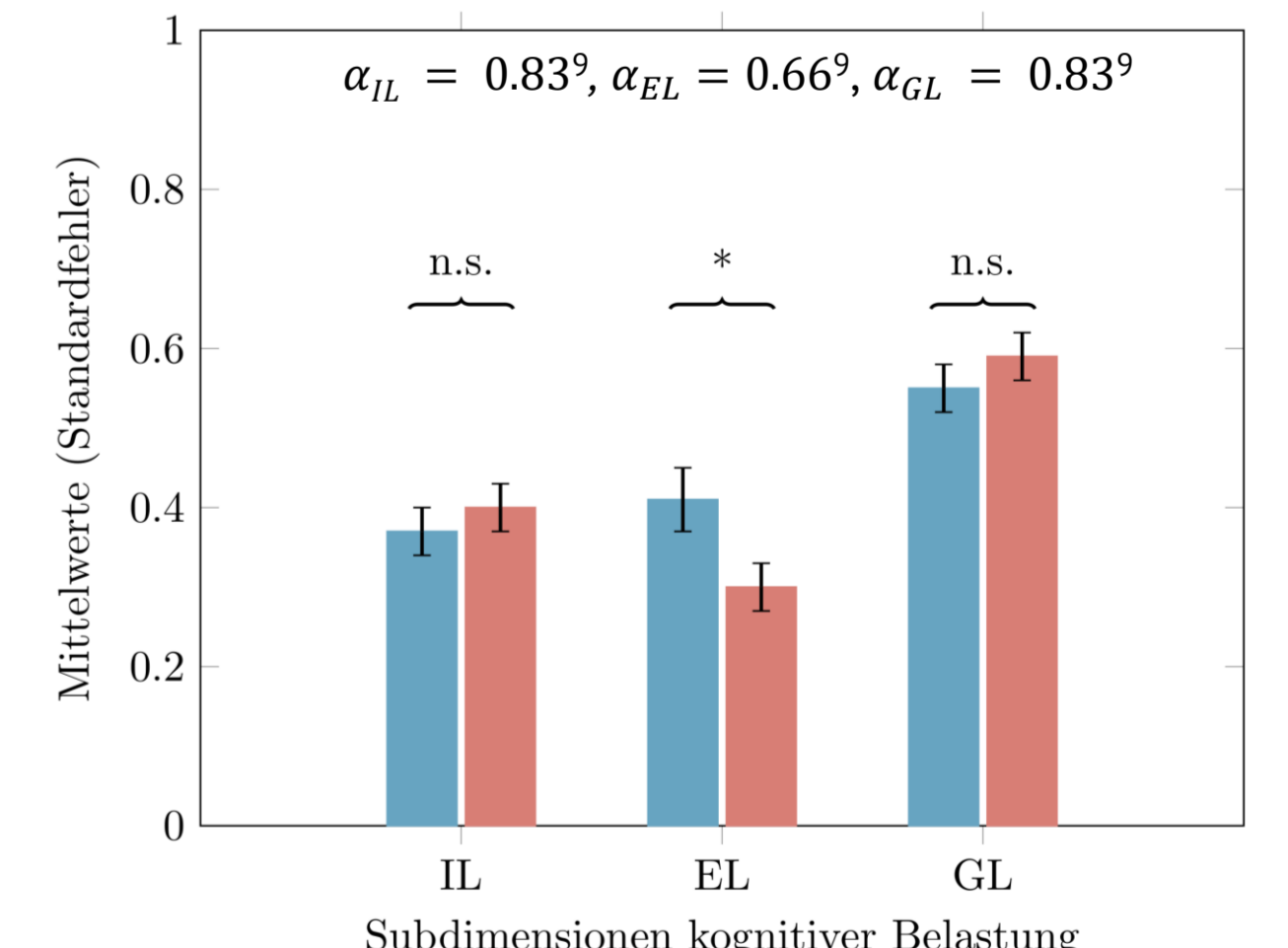
Heat and Temperatur Concept Evaluation^{2,10}



zweifaktorielle ANOVA:
(Gruppe x Zeit)-Interaktionsterm:
 $\chi^2(1) = 1.18, p = 0.28$ (nicht signifikant)

Subjektive kognitive Belastung

Cognitive Load Scale^{9,11}



ANCOVA (Usability als Kovariate für EL):
 $F(2,71) = 5.06, p = 0.028^*$
 $d_{Cohen} = 0.53$ (mittlere Effektstärke)

Ergebnis nach dreisemestrigem Einsatz

- ✓ Die Verwendung des Assistenzsystem erhöht die *Effizienz* des Experimentierens durch eine *signifikante Reduktion der lernirrelevanten kognitiven Belastung*.

Referenzen

1. Moreno, R. & Mayer, R. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educ. Psychol. Rev.* 19, 309pp.
2. Strzys, M. P., Kapp, S., Thees, M., Klein, P., Lukowicz, P., Knieirim, P., Schmidt, A. & Kuhn, J. (2018). Physics holoLab learning experience: Using Smartglasses for Augmented Reality labwork to foster the concepts of heat conduction. *Eur. J. Phys.* 39(3), 035703 (12pp)
3. Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183–198.
4. Sweller, J. (1999). *Instructional design in technical areas*. Camberwell, ACER Press.
5. Mayer, R. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (43pp). New York, NY: Cambridge University Press.
6. Mayer, R., & Fiorella, L. (2014). 12 principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: Coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 279–315). New York, NY: Cambridge University Press.
7. Thees, M., Kapp, S., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2019, June). Best of Germany: Smartglasses as Assistive Tools for Higher Science Education: Towards a Descriptive Model of AR-based Science Laboratories. In *EduMedia+ Innovate Learning* (pp. 53–62). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
8. We use the Microsoft HoloLens (This poster is an independent publication and is neither affiliated with, nor authorized, sponsored, or approved by, Microsoft Corporation).
9. Strzys, M., Thees, M., Kapp, S., & Kuhn, J. (2018, August 1–2). Smartglasses in STEM laboratory courses – the augmented thermal flux experiment. Paper presented at Physics Education Research Conference 2018, Washington, DC. Retrieved March 11, 2019, from <https://www.compadre.org/Repository/document/ServerFile.cfm?ID=14857&DocID=5004>
10. Thornton, R., & Sokoloff, D. (2001). *PhysPort*. Retrieved 04 2019, from <https://www.physport.org/assessments/assessment.cfm?i=16&A=HTCE>
11. Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C., Van Gog, T., & van Merriënboer, J. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavioral Research*, 45, 1058–1072.

Kontakt und Förderung



Michael Thees (M.Ed.)
 theesm@physik.uni-kl.de
 0631 / 205 - 2673

GEFÖRDERT VOM

