

DELFI 2021 – VR/AR Workshop

Drei Eigenschaften von Augmented Reality-Erfahrungen und ihre Relevanz beim Lernen

Jule Krüger & Daniel Bodemer

Psychologische Forschungsmethoden – Medienbasierte Wissenskonstruktion

Universität Duisburg-Essen

jule.krueger@uni-due.de

Augmented Reality

Kombination echt und virtuell

- virtuelle Elemente in physischer Welt hinzugefügt, im Lernkontext z.B.,

instruktionale Elemente



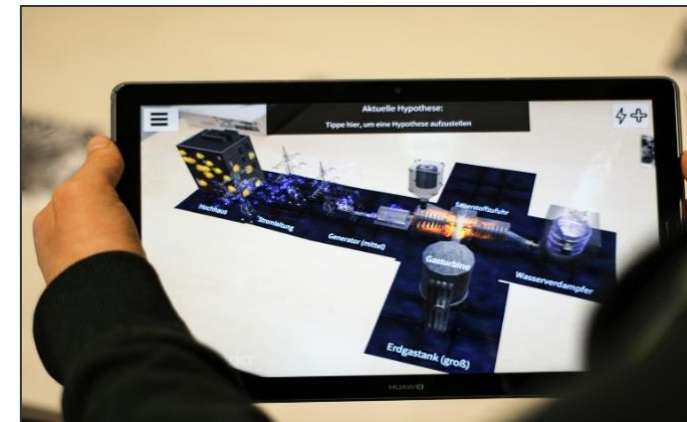
echteweltliche Umgebung



Elemente der echten Welt



instruktionale Umgebung



- allgemein positiver Einfluss Lernmotivation, -prozesse und -ergebnisse (Akçayır & Akçayır, 2017; Cheng & Tsai, 2014; Dunleavy & Dede, 2014; Radu, 2014; Wu et al., 2013)

Augmented Reality

Kombination echt und virtuell

- drei Eigenschaften von AR-Systemen (technologische Perspektive) (Azuma, 1997)
 1. Kombination echter und virtueller Elemente
 2. interaktiv in Echtzeit
 3. Registrierung in 3D
- Erweiterung der **Wahrnehmung** der Realität (Hugues, Fuchs, & Nannipieri, 2011)

Psychologische Perspektive (Krüger, Buchholz & Bodemer, 2019)

Kontextualität

Interaktivität

Räumlichkeit

Aufbau des Vortrags

- Vorstellung drei Eigenschaften AR
 - Beschreibung
 - Erläuterung an beispielhafter Anwendung
 - Lernförderliche Nutzung
- Vorstellung Beispielstudien drei Eigenschaften AR aus eigener Forschungsreihe
- Zusammenfassung und Ausblick

Kontextualität

Definition

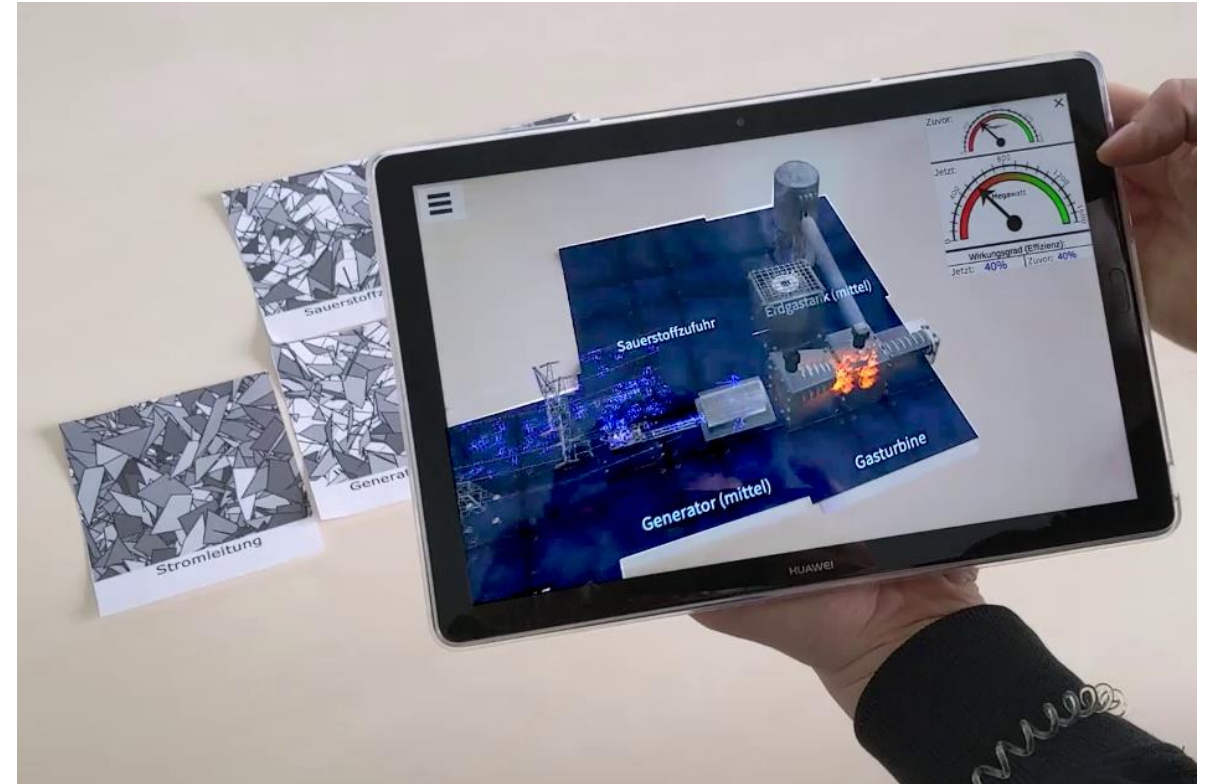
Kontextualität

- kombinierte Wahrnehmung echter und virtueller Elemente (Krüger, Buchholz & Bodemer, 2019)
 - Vergleich VR: Kontext nicht überdeckt
 - Vergleich Desktop-Anwendung: Realitäten nicht getrennt
- zwei Ebenen realer Elemente
 1. Kontextualisierung in **realer Umgebung**
 2. Verankerung an **realen Objekten**
- Variation: thematische Relevanz, Wahrnehmbarkeit des Kontexts

Kontextualität

Beispielanwendung

Kontextualität



Kontextualität

Lernförderliches Design

Kontextualität

- Lernen in relevanten Umgebungen (Dunleavy & Dede, 2014)
 - Authentizität und Verknüpfung mit Realität (Wu et al., 2013)
 - situiertes Lernen (Cheng & Tsai, 2014; Dunleavy & Dede, 2014; Bower et al., 2014; Wu et al., 2013)
- Immersion (Georgiou & Kyza, 2017): Gefühl, bestimmte Umgebung/Kontext um sich herum zu haben (Witmer & Singer, 1998; Kim, 2013)
 - Einfluss auf Vergnügen (Sylaiou et al., 2010) -> Motivation
- Unterstützung mentale Verknüpfung und Integration virtueller Elemente, echter Objekte, echter Umgebung

Interaktivität

Definition

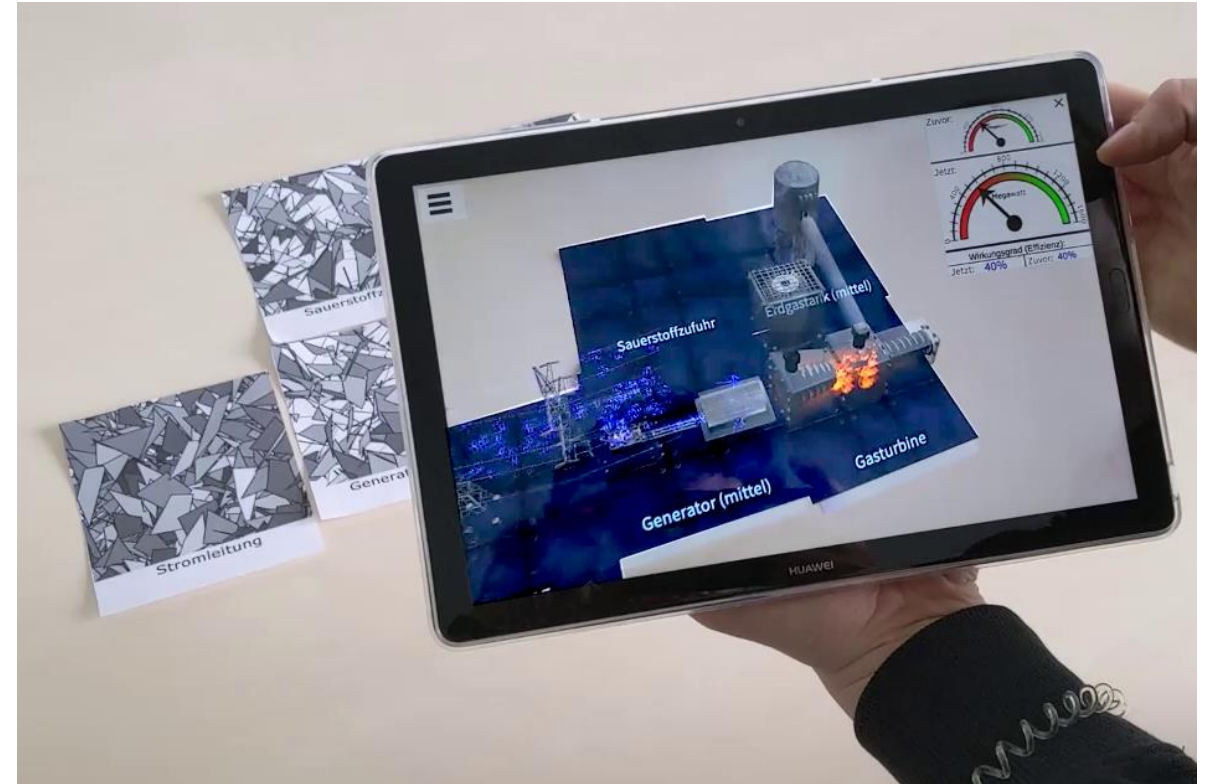
Interaktivität

- unterschiedliche Interaktionsmöglichkeiten (Krüger, Buchholz & Bodemer, 2019)
- drei Ebenen der Interaktion: (Krüger & Bodemer, 2020)
 1. reine reale Interaktion
 2. reine virtuelle Interaktion
 3. Beeinflussung virtueller Elemente durch Manipulation realer Elemente
- mehr oder weniger...
 - ...ausgeprägte Interaktion (Umrunden – neu erstellen)
 - ...Bewegung
 - ...Relevanz körperlicher für mentale Interaktion

Interaktivität

Beispielanwendung

Interaktivität



Interaktivität

Lernförderliches Design

Interaktivität

- Embodied Cognition Theory → körperliche Interaktion unterstützt Lernen (Wilson, 2002)
- ICAP Framework → offenkundiges, aktives Lernverhalten ~> kognitive Verarbeitung; Unterstützung, wenn Verhalten relevant für Lernaufgabe (Chi & Wylie, 2014)
- Multimediales Lernen → mentale Interaktion bedeutender als körperliche Interaktion (Clark & Mayer, 2016) → körperliche Interaktion sollte relevante mentale Interaktion anregen
- körperliche Anforderungen und kognitive Verarbeitung der Inhalte in Bezug auf lernrelevante und -irrelevante kognitive Belastung

Räumlichkeit

Definition

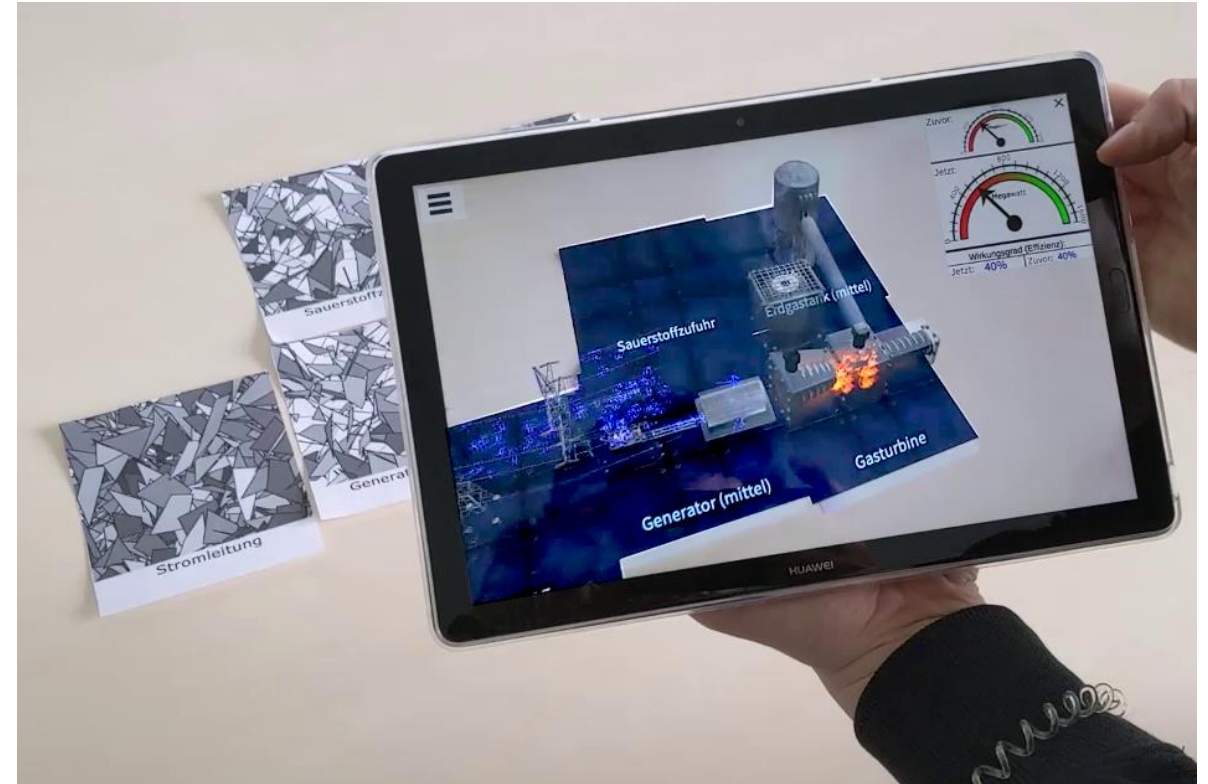
Räumlichkeit

- räumliche Darstellung und Anordnung virtueller Elemente (Krüger, Buchholz & Bodemer, 2019)
 - Räumlichkeit durch Platzierung und Verknüpfung in echter Welt
- räumlich korrekte Nachbildung realer Elemente
 - Dimensionalität: 2D-Abbildungen oder 3D-Objekte
- zwei Ebenen räumliche Verknüpfung reale und virtuelle Elemente
 1. kleinteilig: direkte Verknüpfung Anker- und virtuelles Element
 2. weitläufig: räumliche Platzierung an bestimmten Orten der realen Welt

Räumlichkeit

Beispielanwendung

Räumlichkeit



Räumlichkeit

Lernförderliches Design

Räumlichkeit

- räumliche Integration → Umsetzung räumliche Kontiguität, Unterstützung mentale Integrationsprozesse (Mayer, 2009)
 - Cognitive Load Theory (Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1989; 2019): Verringerung extraneous cognitive load, Erhöhung germane cognitive load
 - 3D-Darstellung zur Lernunterstützung (vgl. Krüger & Bodemer, 2021; Krüger, Palzer & Bodemer, 2021)
 - realistische, authentische Darstellung, mehr Tiefenhinweise (bewegungsbasiert, Craig, 2013)
 - keine Umwandlung von 2D in 3D → vollständigere mentale Modelle (Chen, Hsiao & She, 2015)
- kognitive Verarbeitung und Belastung

Augmented Reality Forschung

Forschung zu AR-basierten Lernerfahrungen

- häufig Medienvergleichsstudien (traditionell vs. AR-basiert)
 - Konfundierung Variablen → häufig keine Rückschlüsse für Wirkmechanismen spezifischer Attribute, Faktoren & Designentscheidungen möglich (Surry & Ensminger, 2001)
- Untersuchung AR-spezifischer Wirkmechanismen, (Design-)Elemente und Personenvariablen
 - systematisch, experimentell
- drei AR-Eigenschaften
 - Beachtung Lernziel
 - Strukturierung AR-spezifischer Wirkmechanismen

Forschung zu Kontextualität

Beispielstudie

Kontextualität

- positive Effekte relevanter Kontext (z.B. Georgiou & Kyza, 2021; Kamarainen et al., 2013)
- Forschungsfrage: Wie beeinflussen Relevanz des Kontexts und räumliche Integration virtueller und echtweltlicher Elemente Immersion und Lernergebnis?
 - Hypothesen: höhere Relevanz → höhere Immersion und Wissen
- Methode
 - 2x2 Between-Subjects Design (relevant. vs. nicht relevant; integriert vs. nicht integriert)
 - $N = 136$; 39 m., 90 w., 3 d., 4 nicht ang.; 18-65 Jahre alt ($M = 27.83$, $SD = 8.81$)
 - Fragebogen Immersion (Level „Total Immersion“) (Georgiou & Kyza, 2017); selbst erstellter Wissenstest

Forschung zu Kontextualität

Beispielstudie

Kontextualität

Integration

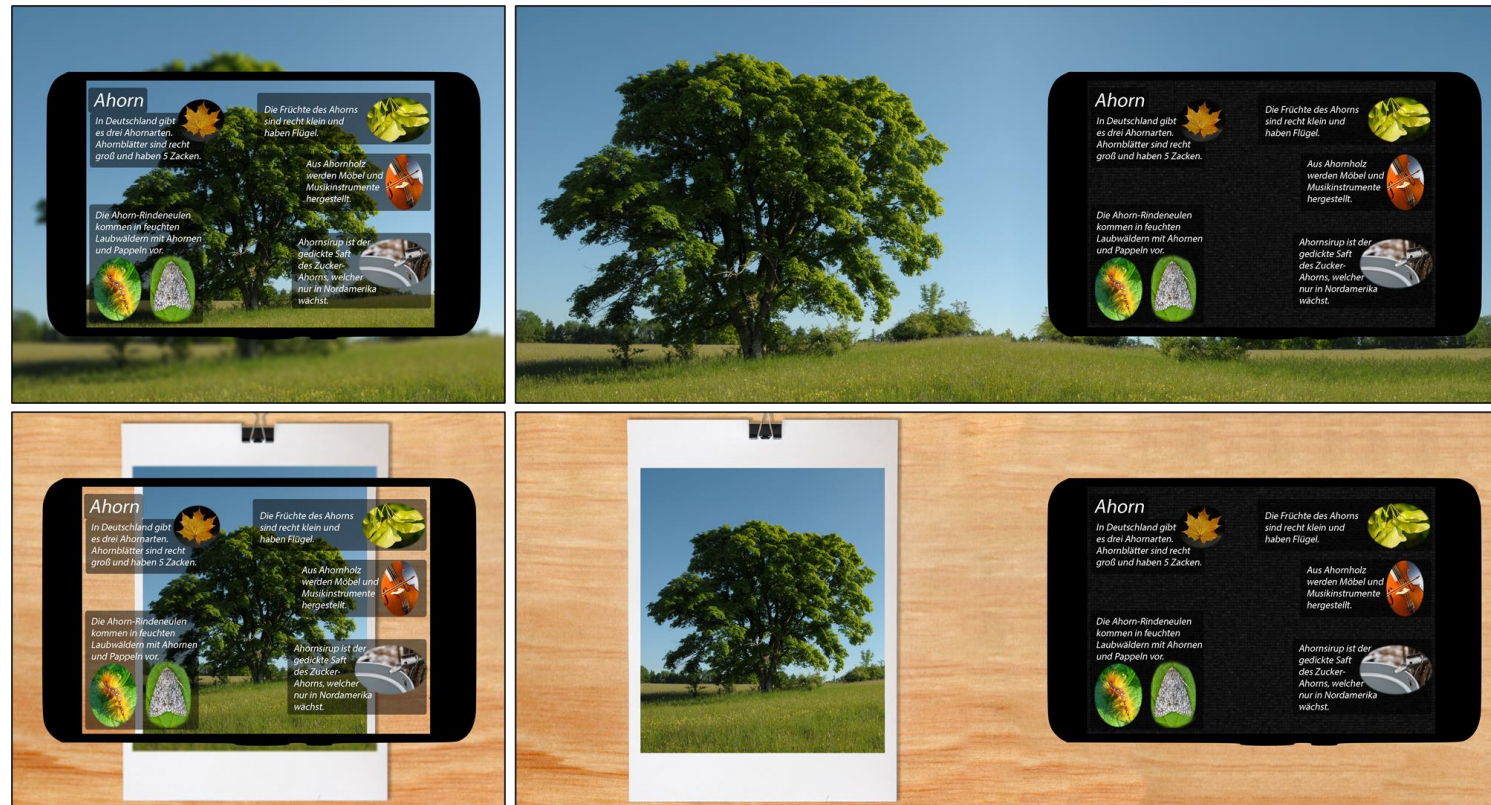
integriert

geteilt

relevant

Kontext

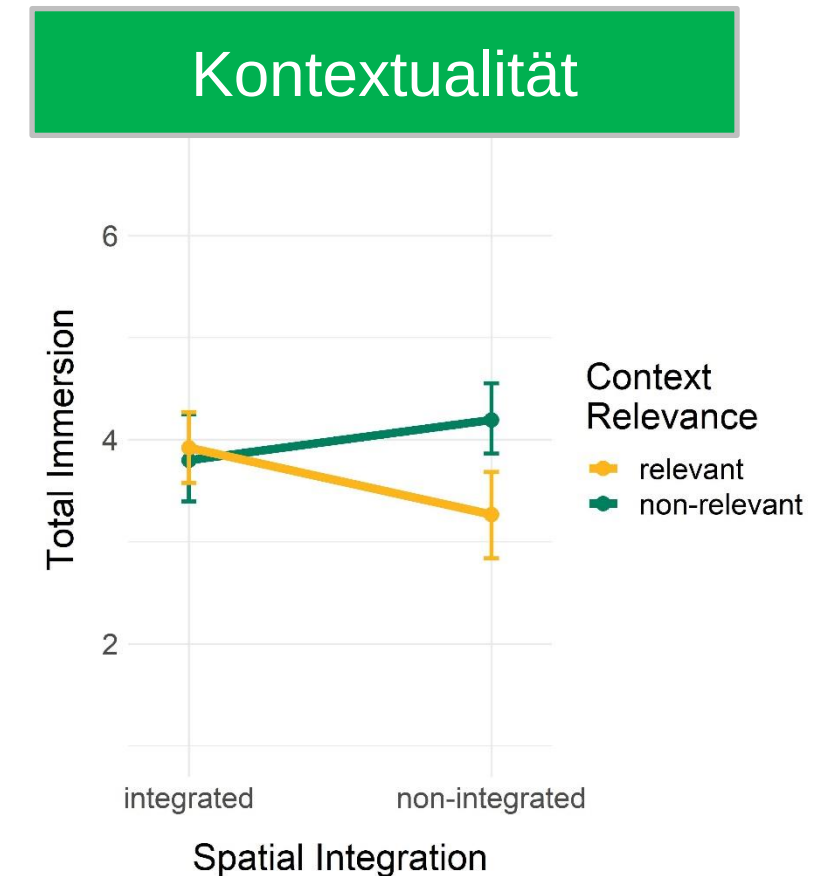
nicht relevant



Forschung zu Kontextualität

Beispielstudie

- Ergebnisse
 - signifikante Interaktion Total Immersion (höchste in nR&nI; niedrigste in R&nI)
 - interessantes Muster Wissen: interrealitäre Items: höchste in R&I; intrarealitäre Items: höchste in nR&nI
- Diskussion
 - Immersion auch durch Vertrautheit des Settings beeinflusst?
 - besonders Wissen mit Bezug zu Verknüpfung der beiden Realitäten positiv beeinflusst → mentale Verknüpfung unterstützt?
 - beachten: Simulation AR-Setting!



Forschung zu Interaktivität

Beispielstudie

Interaktivität

- positive Effekte Interaktion mit Material (z.B. Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz, 2017; Lindgren, Tscholl, Wang, & Johnson, 2016)
- Forschungsfrage: Welche Rolle spielen mentale und körperliche Interaktion mit AR-Lernmaterial für kognitive Belastung und Lernergebnisse? (vgl. Krüger & Bodemer, 2020)
 - Hypothesen: höhere ment. Int. → höherer GCL und Wissen;
höhere körp. Int. → höheren ECL, geringfügig höheren GCL und Wissen
- Methode
 - 2x2 Between-Subjects Design (hohe vs. niedrige ment. Int.; hohe vs. niedrige körp. Int.)
 - $N = 128$; 39 m., 89 w.; 18-40 Jahre alt ($M = 22.55$, $SD = 3.90$)
 - Fragebogen Cognitive Load (Subskalen ECL und GCL) (Klepsch, Schmitz & Seufert, 2017); selbst erstellter Wissenstest

Forschung zu Interaktivität

Beispielstudie



**Physical
Interaction:
AR Markers**

Interaktivität

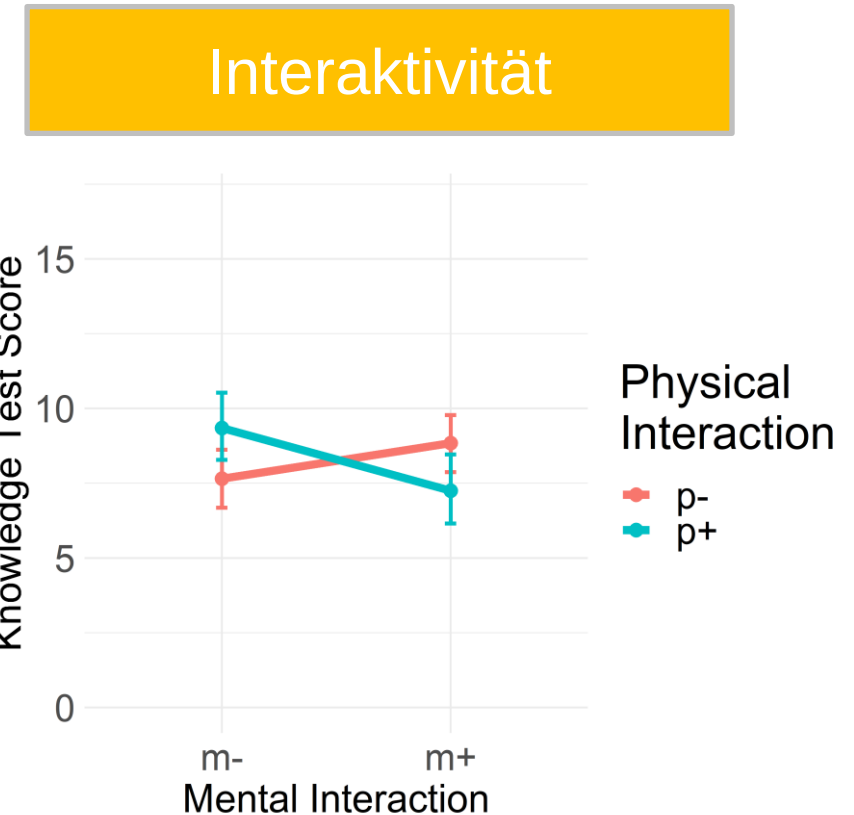
Mental Interaction: Instructions

	low	high
low	Instruction: Compare these power plant configurations	Instruction: Compare the relevant power plant configurations
high	Instruction: Compare these power plant configurations	Instruction: Compare the relevant power plant configurations

Forschung zu Interaktivität

Beispielstudie

- Ergebnisse
 - sig. Interaktion Wissen (hoch in m+/k- & m-/k+; niedrig in m+/k+ u& m-/k-)
 - keine sig. Effekte in Bezug auf Cognitive Load
- Diskussion
 - schlechteres Lernergebnis wenn zu viel oder zu wenig Unterstützung
 - Beobachtung VPs: bei weniger Unterstützung teilweise mehr Fehler und somit eventuell Miskonzeptionen
 - ein wenig (aber nicht zu viel) Unterstützung (mental oder körperlich) vermutlich gerade bei der ersten Verwendung einer interaktiven AR-Anwendung hilfreich sein → siehe auch Forschung zu Computersimulationen (de Jong, 2016)



Forschung zu Räumlichkeit

Beispielstudie

Räumlichkeit

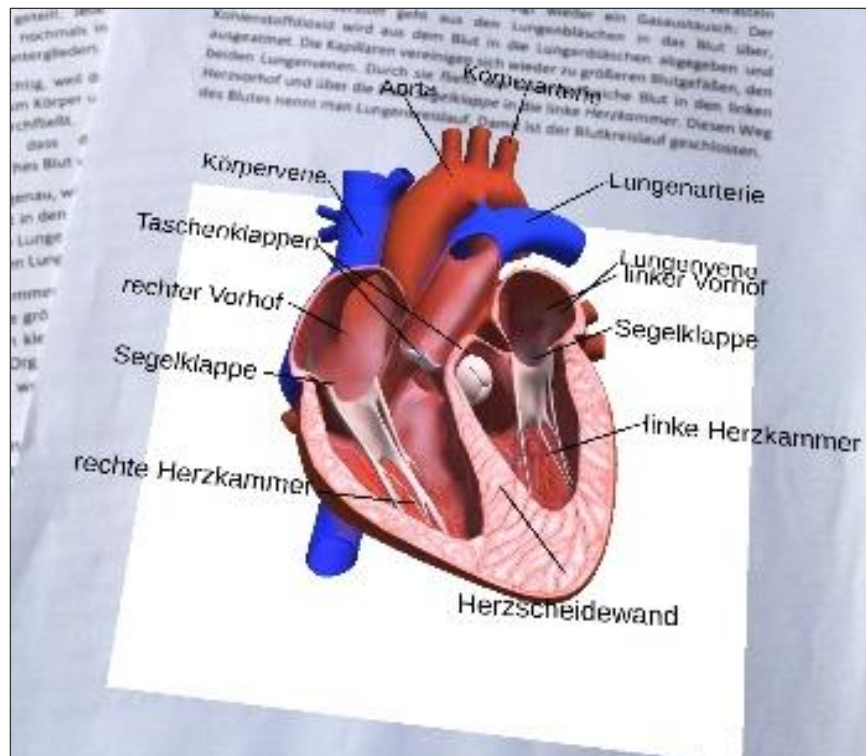
- positive Effekte 3D-Darstellung von Objekten (z. B. Hackett & Proctor, 2016; Stull & Hegarty, 2016); räumliche Fähigkeiten relevant (z.B. Krüger & Bodemer, 2021; Stull & Hegarty, 2016)
- Forschungsfrage: Wie beeinflusst die Dimensionalität einer Darstellung in AR kognitive Belastung und Lernergebnis, und welche Rolle spielen räumliche Fähigkeiten dabei?
 - Hypothesen: 3D → höherer GCL und Wissen, niedriger ECL;
bei geringen räumlichen Fähigkeiten → mehr profitieren von 3D
- Methode
 - 2-Gruppen Design (3D- vs. 2D-Darstellung)
 - $N = 150$; 41 m., 109 w.; 17-31 Jahre alt ($M = 21.98$, $SD = 2.98$)
 - Fragebogen Cognitive Load (Subskalen ECL und GCL) (Klepsch, Schmitz & Seufert, 2017); Mental-Rotation Test (Peters et al., 1995); selbst erstellter Wissenstest

Forschung zu Räumlichkeit

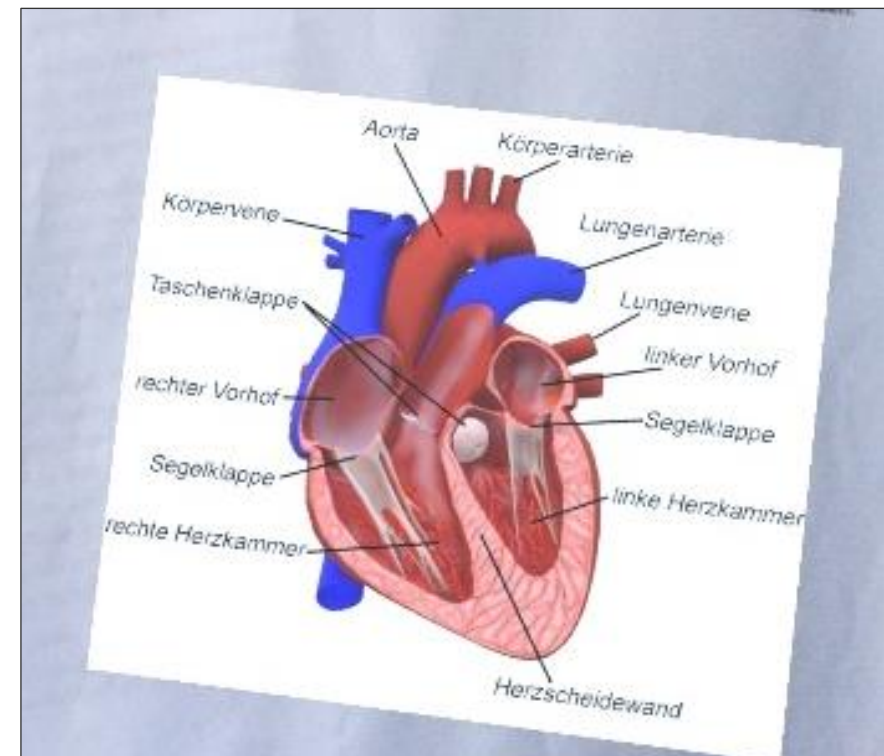
Beispielstudie

Räumlichkeit

3D



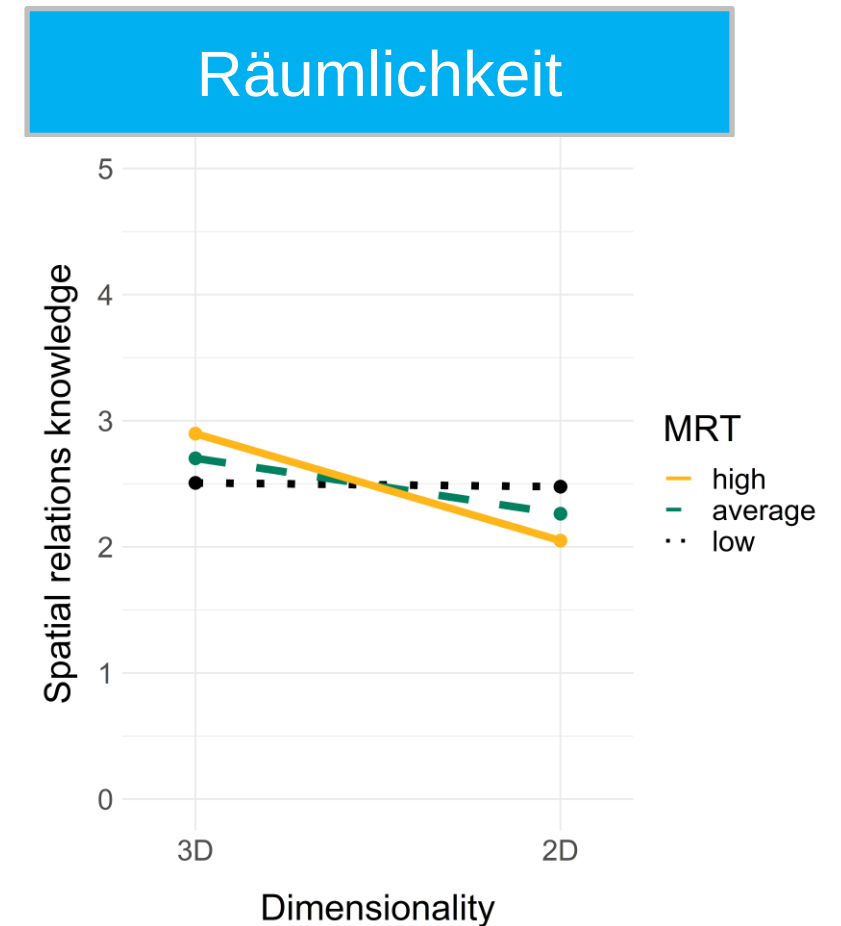
2D



Forschung zu Räumlichkeit

Beispielstudie

- Ergebnisse
 - sig. Unterschiede GCL und Wissen räumliche Zusammenhänge Komponenten (höher für 3D als 2D)
 - kein sig. Unterschied ECL
 - Moderation: Personen mit hohen räumlichen Fähigkeiten profitieren
- Diskussion
 - 3D-Darstellung scheint Lernen zu fördern
 - evtl. gewisser Grad an räumlichen Fähigkeiten notwendig für Verarbeitung
 - Relevanz räumlicher Fähigkeiten für Lernen mit 3D in AR



Zusammenfassung

Kontextualität

Interaktivität

Räumlichkeit

- drei Eigenschaften zur Strukturierung Forschungsreihe
 - Ergebnisse zu Kontextualität noch nicht aussagekräftig → Kontrolle mit echter AR; verschiedene Arten von Wissen scheinen relevant
 - Ergebnisse zu Interaktivität: bestimmtes Maß an Interaktion lernförderlich, aber einige Hilfestellungen wichtig
 - Ergebnisse zu Räumlichkeit: 3D Darstellung unterstützt, aber bestimmter Grad räumlicher Fähigkeiten notwendig
- kognitive Belastung, Immersion, verschiedenes Wissen können beeinflusst werden; Personenvariablen wie räumliche Fähigkeiten auch relevant

Ausblick

Kontextualität

Interaktivität

Räumlichkeit

- getrennte, unkonfundierte Untersuchung einzelner Wirkmechanismen
- weitere Forschung:
 - komplexere, authentische Lernsettings
 - Kombination und Interaktion verschiedener Eigenschaften → sinnvolle Zusammenstellung
 - Verschiedene Lernziele, -ergebnisse und -aufgaben in der Praxis
 - Übertragung bekannter Wirkmechanismen aus anderen Bereichen
 - verschiedene Personenvariablen (z.B. Motivation, Fähigkeiten)
 - andere Technologien, die Eigenschaften besser ausnutzen können
- viele Lernmöglichkeiten → weitere empirische Erforschung nötig

References

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented reality in education—Cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- Chen, S.-C., Hsiao, M.-S., & She, H.-C. (2015). The effects of static versus dynamic 3D representations on 10th grade students' atomic orbital mental model construction: Evidence from eye movement behaviors. *Computers in Human Behavior*, 53, 169–180. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.003>
- Cheng, K.-H., & Tsai, C.-C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449–462. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9>
- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). Engagement in e-Learning. In R. C. Clark & R. E. Mayer (Eds.), *E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning* (4th ed., pp. 219–238). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119239086.ch11>
- Craig, A. B. (2013). Chapter 2—Augmented reality concepts. In A. B. Craig (Ed.), *Understanding augmented reality* (pp. 39–67). Boston: Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-240-82408-6.00002-3>
- de Jong, T. (2006). Technological Advances in Inquiry Learning. *Science*, 312(5773), 532–533. <https://doi.org/10.1126/science.1127750>
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (4th ed., pp. 735–745). New York, NY: Springer New York.
- Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2017). The development and validation of the ARI questionnaire: An instrument for measuring immersion in location-based augmented reality settings. *International Journal of Human Computer Studies*, 98(September 2016), 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.09.014>
- Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2021). Bridging narrative and locality in mobile-based augmented reality educational activities: Effects of semantic coupling on students' immersion and learning gains. *International Journal of Human-Computer Studies*, 145, 102546. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102546>
- Hackett, M., & Proctor, M. (2016). Three-dimensional display technologies for anatomical education: A literature review. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 641–654. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9619-3>
- Hugues, O., Fuchs, P., & Nannipieri, O. (2011). New augmented reality taxonomy: Technologies and features of augmented environment. In B. Furht (Ed.), *Handbook of Augmented Reality* (pp. 47–63). New York, NY: Springer New York.
- Johnson-Glenberg, M. C., & Megowan-Romanowicz, C. (2017). Embodied science and mixed reality: How gesture and motion capture affect physics education. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s41235-017-0060-9>
- Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers and Education*, 68, 545–556. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.018>

References

- Kim, M. J. (2013). A framework for context immersion in mobile augmented reality. *Automation in Construction*, 33, 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.020>
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997>
- Krüger, J. M., & Bodemer, D. (2020). Different types of interaction with augmented reality learning material. In D. Economou, A. Klippel, H. Dodds, A. Peña-Rios, M. J. W. Lee, D. Beck, J. Pirker, A. Dengel, T. M. Peres, & J. Richter (Eds.), *2020 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)* (pp. 78–85). IEEE. <https://doi.org/10.23919/iLRN47897.2020.9155148>
- Krüger, J. M., & Bodemer, D. (2021). Space, a central frontier—The role of spatial abilities when learning the structure of 3D AR objects. In D. Economou, A. Peña-Rios, A. Dengel, H. Dodds, M. Mentzelopoulos, A. Klippel, K. Erenli, M. J. W. Lee, & J. Richter (Eds.), *2021 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)* (pp. 258–265). IEEE. <https://doi.org/10.23919/iLRN52045.2021.9459365>
- Krüger, J. M., Buchholz, A., & Bodemer, D. (2019). Augmented reality in education: Three unique characteristics from a user's perspective. In M. Chang, H.-J. So, L.-H. Wong, F.-Y. Yu, & J. L. Shih (Eds.), *Proceedings of the 27th International Conference on Computers in Education* (pp. 412–422). Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Krüger, J. M., Palzer, K., & Bodemer, D. (2021). *Learning with Augmented Reality: Impact of Dimensionality and Spatial Abilities*. Manuscript submitted for publication.
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers and Education*, 95, 174–187. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.01.001>
- Mayer, R. E. (2009). Spatial Contiguity Principle. In R. E. Mayer (Ed.), *Multimedia Learning* (2nd ed., pp. 135–152). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R., & Richardson, C. (1995). A redrawn Vandenberg and Kuse mental rotations test—Different versions and factors that affect performance. *Brain and Cognition*, 28(1), 39–58. <https://doi.org/10.1006/brcg.1995.1032>
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533–1543. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>
- Stull, A. T., & Hegarty, M. (2016). Model manipulation and learning: Fostering representational competence with virtual and concrete models. *Journal of Educational Psychology*, 108(4), 509–527. <https://doi.org/10.1037/edu0000077>
- Surry, D. W., & Ensminger, D. (2001). What's Wrong with Media Comparison Studies? *Educational Technology*, 41(4), 32–35.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Sylaiou, S., Mania, K., Karoulis, A., & White, M. (2010). Exploring the relationship between presence and enjoyment in a virtual museum. *International Journal of Human Computer Studies*, 68(5), 243–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2009.11.002>
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9(4), 625–636. <https://doi.org/10.3758/BF03196322>
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
Fragen? Anmerkungen?**

jule.krueger@uni-due.de
www.uni-due.de/psychmeth