

Zur Lernwirksamkeit einer AR-App und einer Simulation für die E-Lehre

Einleitung, theoretischer Hintergrund und Forschungsinteresse

Im Rahmen des BMBF-Forschungsverbunds „CoTeach“ wurden digitale Unterstützungsmaterialien (in Form einer Simulation und einer Augmented Reality (AR)-Applikation) für die Vermittlung der Grundlagen der Elektrizitätslehre konzipiert und entwickelt (Frank, Stolzenberger & Trefzger, im Druck). Dafür wurden ausgehend von Aussagen der Theorie der kognitiven Belastung (Sweller, van Merriënboer & Paas, 2019) die für die Lernvorgänge in der Elektrizitätslehre wichtigen Ressourcen identifiziert: das Realexperiment, die am Realexperiment erhobenen Messdaten und die (häufig analogiebasierten) Modellvorstellungen, die zur Veranschaulichung der Gesetzmäßigkeiten des Realexperiments dienen (Frank, Stolzenberger & Trefzger, 2024). Eine gleichzeitige und -räumliche Darbietung aller für einen Lernprozess notwendigen Ressourcen entlastet die Schüler*innen im Lernprozess und kann damit das Lernen erleichtern (Mayer, 2014; Mayer & Fiorella, 2014). Entsprechend dieser Zielsetzung kann die im Projekt entwickelte Simulation genutzt werden, um passend zu einem Experiment adaptive Repräsentationen ausgewählter Modellvorstellungen darzustellen. Die Tablet-basierte AR-Applikation verfolgt dasselbe Ziel, indem mittels video-see-through das Realexperiment auf dem Tablet-Bildschirm mit denselben adaptiven Darstellungen der Modellvorstellungen überblendet wird. Zusätzlich unterstützt die AR-Applikation auch die Verbindung zwischen Realexperiment und Messdaten, indem am Realexperiment erhobene Daten mittels Bluetooth-Messbox an die Applikation übermittelt und am Experiment angezeigt werden (Stolzenberger, Frank & Trefzger, akzeptiert). In einer Schülerlaborstudie wurde geprüft, ob der Einsatz digitaler Unterstützungsmaterialien das Lernen beeinflusst.

Zentrale Forschungsfragen sind „*Welchen Einfluss haben verschiedene Arten der Modelldarstellung beim Experimentieren auf das Lernen?*“ und „*Welchen Einfluss haben verschiedene Arten der Messwerterfassung und -darstellung beim Experimentieren auf das Lernen?*“.

Im Beitrag werden die Ergebnisse der Prüfung folgender Hypothesen vorgestellt:

- H1.1: Die Art der Modelldarstellung beeinflusst die Entwicklung des Konzeptwissen.
- H1.2: Die Art der Modelldarstellung beeinflusst die Bearbeitungszeit an den Stationen.
- H2.1: Die Art der Messwerterfassung und -darstellung beeinflusst die Entwicklung des Konzeptwissen.
- H2.2: Die Art der Messwerterfassung und -darstellung beeinflusst die Bearbeitungszeit an den Stationen.

Methodik der Studie und Interventionsdesign

Zur Untersuchung wurde ein quasi-experimentelles Prätest/Posttest-Studiendesign mit einer Kontroll- und drei Testgruppen gewählt. Die Kontrollgruppe (IG & MM) arbeitete im Verlauf der Intervention mit per Informationsgrafiken (IG) dargestellten Modellvorstellungen und nutzte Multimeter (MM) zur Erhebung der Messdaten. Testgruppen 2 und 3 (SIM & MM bzw. AR & MM) nutzten ebenso Multimeter zur Messwerterfassung, arbeiteten aber für die Modelldarstellung mit der Simulation bzw. der AR-Applikation. Testgruppe 4 (AR & AR) arbeitete ebenso wie Gruppe AR & MM mit per AR-Applikation dargestellten Modellvorstellungen

und nutzte die AR-Applikation zusätzlich auch zur Messwerterfassung und -darstellung. (Frank, Stolzenberger, Elsholz & Trefzger, 2024)

Von Dez. 2022 bis Feb. 2024 nahmen insgesamt 412 Schüler*innen aus 19 Klassen der bayesischen gymnasialen 8. Jahrgangsstufe teil. In die Analysen gingen 360 Datensätze ein (davon 86 aus der Gruppe IG & MM, 80 aus der Gruppe SIM & MM, 84 aus der Gruppe AR & MM, und 110 aus der Gruppe AR & AR). Die Klassen wurden randomisiert in drei Gruppen geteilt und jede der Gruppen einer Interventionsart zugewiesen. Die einer Interventionsart zugeteilten Schüler*innen bearbeiteten die Aufgabenstellungen zu zweit oder dritt in Kleingruppen.

Im Schülerlabor, in dessen Rahmen die Studie durchgeführt wurde, erarbeiten die Schüler*innen die Inhalte der Elektrizitätslehre anhand eines Arbeitsbuches, eines Experimentiersatzes und des zwischen den Gruppen variierenden digitalen Zusatzmaterials. Das Schülerlabor besteht aus vier einzelnen Stationen, die in vorgegebener Reihenfolge durchlaufen werden. In Station 1 werden die bekannten Konzepte Stromstärke und Spannung wiederholt. Dafür werden die zuvor unbekannten digitalen Unterstützungsmaterialien (Simulation und AR-Applikation) genutzt. Station 2 behandelt den elektrischen Widerstand. Dabei werden U-I-Kennlinien eines Ohm'schen und eines Nicht-Ohm'schen Widerstands gemessen und ausgewertet. Diese Station fokussiert auf die Messwerterfassung und -darstellung mittels der Multimeter bzw. der AR-Applikation. Stationen 3 und 4 umfassen sowohl Modelldarstellung und Messwerterfassung und -darstellung. Die Schüler*innen erarbeiten hier die Gesetzmäßigkeiten an Parallelschaltungen bzw. Reihenschaltungen. (Frank, Stolzenberger & Trefzger, 2023)

Um die Entwicklung des Konzeptwissens abzubilden, wurde dieses vor und nach dem Schülerlabor mittels des 2T-SEC-Tests (Ivanjek, Morris, Schubatzky, Hopf, Burde, Haagen-Schützenhofer, Dopatka, Spatz & Wilhelm, 2021) erhoben. Die Bearbeitungszeit an den Stationen wurde durch die betreuenden Studierenden minutengenau protokolliert. Zusätzlich wurden die letzten Zeugnisnoten der Schüler*innen in den Fächern Mathematik und Physik erfragt.

Auswertung und Diskussion

Die Daten zum Konzeptwissen wurden gemäß der probabilistischen Testtheorie (Neumann, 2014; Embretson & Reise, 2009, S. 110-115) aufbereitet. Im Rahmen der Aufbereitung wird jedem Antwortmuster (und damit jeder Person) ein Fähigkeitswert zugeordnet. Ein hoher Fähigkeitswert deutet dabei auf ein hohes Konzeptwissen hin. Die der Konzeptwissensentwicklung zugeordneten Hypothesen H1.1 und H2.1 werden auf Personen-Ebene untersucht. Für die Prüfung der Hypothesen werden jeweils Kovarianzanalysen mit Messwiederholung (für das vor und nach der Intervention erhobene Konzeptwissen) durchgeführt. Als Kovariate wird als Maß für die physikalisch-mathematische Grundkompetenz der Schnitt der Zeugnisnoten hinzugezogen.

Für die Bearbeitungszeiten wurden die Zeitspannen protokolliert, nach der alle Schüler*innen die Inhalte der jeweiligen Station erfolgreich bearbeitet hatten. Daher werden die Hypothesen H1.2 und H2.2 auf Großgruppen-Ebene getestet. Für jede Klasse geht pro Interventionsart nur ein Datenpunkt in die Analyse ein. Geprüft wurden die Hypothesen jeweils mittels Varianzanalysen mit Messwiederholung (für die Bearbeitungszeiten der vier Stationen).

Für Hypothese H1.1 ergab die Analyse, dass die Art der Modelldarstellung einen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung des Konzeptwissens hat ($F(2, 246) = 3.482, p = .032, \eta^2 = .028$, Abb. 1). Post-Hoc-Tests ergaben, dass das Konzeptwissen in der Gruppe AR & MM signifikant stärker angestiegen ist als in der Gruppe SIM & MM ($\Delta = .392, p = .027$). Für Hypothese H1.2 ergab die Analyse, dass die Art der Modelldarstellung einen signifikanten Einfluss auf die Bearbeitungszeit hat ($F(6, 99) = 3.848, p = .002, \eta^2 = .189$, Abb. 2). Post-Hoc-Tests für

die einzelnen Stationen ergaben, dass die Schüler*innen der Gruppe AR & MM bei Station 1 signifikant länger gebraucht haben als die Schüler*innen der Gruppe IG & MM ($\Delta = 9.2$, $p < .001$) und die Schüler*innen der Gruppe SIM & MM ($\Delta = 8.8$, $p = .001$). Zusätzlich wurde auch für Station 3 eine signifikant längere Bearbeitungszeit bei der Gruppe AR & MM im Vergleich zu der Gruppe SIM & MM gefunden ($\Delta = 5.9$, $p = .039$).

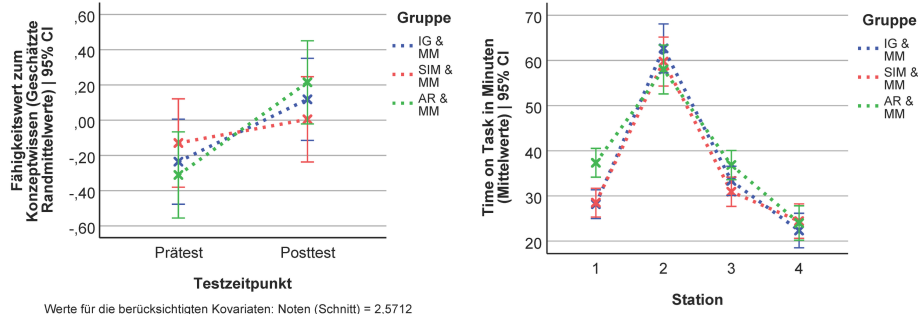


Abb. 1 & 2: Konzeptwissen und Bearbeitungszeit in Abhängigkeit der Modelldarstellung

Für Hypothese H2.1 ergab die Analyse, dass die Art der Messwerterfassung und -darstellung keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung des Konzeptwissens hat ($F(1,191) = 2.453$, $p = .119$, $\eta^2 = .013$, Abb. 3). Für Hypothese H2.2 ergab die Analyse, dass die Art der Messwerterfassung und -darstellung einen signifikanten Einfluss auf die Bearbeitungszeit hat ($F(3, 87) = 6.748$, $p < .001$, $\eta^2 = .189$, Abb. 4). Post-Hoc-Tests für die einzelnen Stationen ergaben, dass bei Stationen 2 und 3 die Gruppe AR & AR eine signifikant kürzere Bearbeitungszeit aufweist als die Gruppe AR & MM (S2: $\Delta = 10.2$, $p < .001$; S3: $\Delta = 9.6$, $p < .001$).

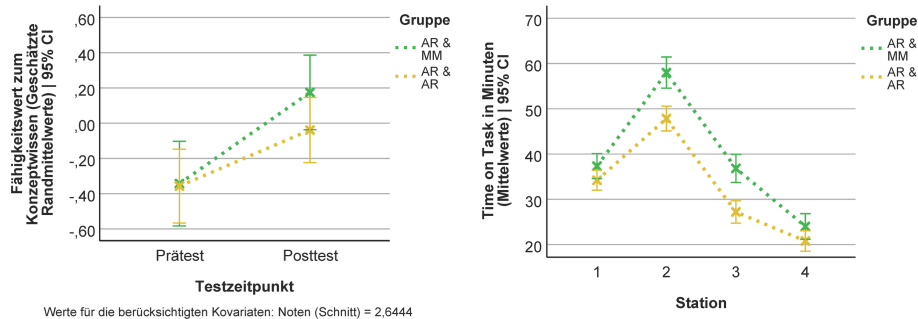


Abb. 3 & 4: Konzeptwissen und Bearbeitungszeit in Abhängigkeit der Messwerterfassung

Die Auswertungen zur Modelldarstellung ergaben, dass die Nutzung einer AR-Applikation einerseits den höchsten Zuwachs im Konzeptwissen, andererseits aber auch die längste Bearbeitungszeit mit sich bringt. Es scheint, als müsse der Umgang mit der AR-Applikation erst (im Rahmen von Station 1) zeitintensiv erlernt werden, führe aber anschließend zu einer tieferen Beschäftigung mit dem Lernmaterial. Im Vergleich der Nutzung der AR-Applikation und der Multimeter zur Messwerterfassung zeigt sich keine signifikant unterschiedliche Konzeptwissensentwicklung. Der Konzeptwissenstest erfasst dabei nicht die experimentelle Kompetenz, welche sehr wahrscheinlich zwischen den Gruppen variiert. Im Blick auf die Bearbeitungszeit lässt sich erkennen, dass die zur Vermittlung notwendige Zeit durch den Einsatz der AR-Applikation zur Messung signifikant gesenkt wird (Gesamtunterschied 26 Minuten).

Literatur

- Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2009). Item response theory for psychologists (Reprinted 2009 by Psychology Press). Psychology Press
- Frank, F., Stolzenberger, C., Elsholz, M., & Trefzger, T. (2024). Using Augmented Reality and Simulations to Support Learning of Fundamental Electrical Concepts. In M. Sardag, G. Kaya, & M. Sogut (Hrsg.), *Proceedings Book Series-1 of the ESERA 2023 Conference. Connecting Science Education with Cultural Heritage*, Strand 4 (co-ed. M. Napal & L. Garcia-Romano) (S. 290–304). Nobel Bilimsel Eserler
- Frank, F., Stolzenberger, C., & Trefzger, T. (2023). Schülerlaborstudie zum Einsatz von Augmented Reality in der Elektrizitätslehre. In H. Grötzebach & S. Heinicke (Hrsg.), *PhyDid B - Didaktik der Physik—Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*
- Frank, F., Stolzenberger, C., & Trefzger, T. (2024). Studie zur Wirkung digitaler Medien in Schülerlaboren für die E-Lehre. In H. van Vorst (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung—Beiträge zur Jahrestagung der GDCP* (Bd. 43)
- Frank, F., Stolzenberger, C., & Trefzger, T. (im Druck). Über Elektrizität lernen mit AR-Applikation und Simulation. In A. Fütting-Lippert, M. Eisenmann, S. Grafe, H.-S. Siller, & T. Trefzger (Hrsg.), *Digitale Medien in Lehr-Lern-Konzepten der Lehrpersonenbildung in interdisziplinärer Perspektive: Ergebnisse des Forschungsprojekts Connected Teacher Education*. Springer VS
- Ivanjek, L., Morris, L., Schubatzky, T., Hopf, M., Burde, J.-P., Haagen-Schützenhöfer, C., Dopatka, L., Spatz, V., & Wilhelm, T. (2021). Development of a two-tier instrument on simple electric circuits. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 020123
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 43–71). Cambridge University Press
- Mayer, R. E., & Fiorella, L. (2014). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 279–315). Cambridge University Press
- Neumann, K. (2014). Rasch-Analyse naturwissenschaftsbezogener Leistungstests. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 355–369). Springer Berlin Heidelberg
- Stolzenberger, C., Frank, F., & Trefzger, T. (akzeptiert). Multimedia-supported electricity teaching via the application “PUMA : Spannungslabor”. *Journal of Physics: Conference Series*
- 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

Förderung

Die Julius-Maximilians-Universität Würzburg und das Projekt „Connected Teacher Education“ wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.