

Daniel Laumann¹
Paul Schlummer¹
Adrian Abazi¹
Rasmus Borkamp²
Jonas Lauströer²
Wolfram Pernice³
Carsten Schuck¹
Reinhard Schulz-Schaeffer²
Stefan Heusler¹

¹Universität Münster
²HAWHamburg
³Universität Heidelberg

Lernen mit Mixed Reality zur optischen Polarisation

Einleitung

Bereits seit Ende der 1990er Jahre finden sich Hinweise auf mögliche Anwendungen zur Nutzung von Augmented Reality (AR) in Bildungskontexten (Szalavári, Schmalstieg, Fuhrmann, & Gervautz, 1998). Ausgehend davon finden sich seit Anfang der 2000er Jahre in den Bildungswissenschaften und Fachdidaktiken empirische Studien zur Nutzung von AR (Zhang, Li, Huang, Feng, & Luo, 2022), die diese Technologie als besonders vielversprechend für Lehr-Lernsettings im Allgemeinen beschreiben (Dunleavy & Dede, 2014).

Forschungsstand

Das Potential von AR wird dabei mit Bezug zu unterschiedlichen Variablen untersucht und beschrieben. Zu diesen zählen zunächst affektive Variablen, wie Einstellungen oder die Motivation von Lernenden, die durch AR im Vergleich zu Lehr-Lernsettings ohne AR gemäß einer Meta-Studie mit kleiner bis mittlerer Effektstärke positiv beeinflusst werden (Hedge's $g = 0.49$; Chang et al., 2022). Ebenso finden sich Hinweise darauf, dass kognitive Variablen, wie die kognitive Belastung von Lernenden, durch AR nicht negativ, sondern teilweise ebenfalls positiv beeinflusst werden (Buchner et al., 2021). Ausgehend von diesen Erkenntnissen deutet sich an, dass die Nutzung von AR gegenüber traditionellen Medien gerade den unmittelbaren Lernerfolg, ausgedrückt durch z.B. durch den Zuwachs von Konzeptwissen, mit mittlerer Effektstärke positiv beeinflussen kann (Hedge's $g = 0.64$; Malone et al., 2023).

Während die genannten Studien und Befunde allgemein und ohne spezifischen Fachbezug gültig sind, eröffnen sich sowohl aus theoretischer wie auch aus empirischer Perspektive, besondere Chancen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Ursächlich dafür ist, dass die Nutzung von AR die lehr-lernpsychologisch als förderliche angesehene hohe Kontiguität unterschiedlicher Repräsentationen (Ginns, 2006; Schroeder & Cenkci, 2018) ermöglicht, die im naturwissenschaftlichen Unterricht sonst typischerweise separiert erscheinen. So können durch AR neue Konzepte mithilfe modellbezogener Visualisierungen und realer Experimente auf natürliche Weise räumlich (und zeitlich) integriert erarbeitet werden, wo traditionelle Medien eine solche Integration nur mit besonderen Maßnahmen ermöglicht hätten. Studien zur Nutzung von AR-Anwendungen in den Naturwissenschaften deuten auf positive Effekte sowohl für affektive Variablen als auch für kognitive Variablen (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018) hin, aber untersuchen diese teilweise wenig differenziert oder in wenigen Studien. Auch in den naturwissenschaftlichen Fächern finden sich die stärksten Effekte beim Lernerfolg, der beim Lernen mit AR gegenüber dem Lernen mit traditionellen Medien deutlich positiv

beeinflusst wird (Hedge's $g = 0.74$; Xu, Su, Hu & Chen, 2022). Dabei zeigen sich jedoch erhebliche Unterschiede zwischen den Fächern. Während in der Physik ein mittlerer positiver Effekt von AR beobachtet wird (Hedge's $g = 0.64$; Xu et al., 2022), findet sich z.B. in der Biologie kein signifikanter Vorteil von AR.

Ebenso zeigen sich unterschiedliche Ergebnisse für verschiedene Technologien zur Realisierung von AR, wie der Darstellung von AR auf Smartphones oder Tablets oder der Nutzung spezifischer AR-Headsets. Während bereits zahlreiche Studien im Fach Physik das Lernen mit AR auf Smartphones und Tablets untersuchen, findet sich aktuell lediglich eine Studie, die das Lernen in der Physik mit AR-Headsets fokussiert (Thees et al., 2020). Dies erscheint erstaunlich, da gerade in experimentellen Kontexten AR-Headsets vielversprechend erscheinen, um händische Manipulationen unabhängig von der AR auszuführen und sich dabei frei im Raum bewegen zu können.

Forschungsfragen

Die bisher vorliegenden Studien zur Nutzung von AR in den Naturwissenschaften sowie speziell in der Physik liefern nur wenige systematische Befunde zu kombinierten Untersuchungen von affektiven Merkmalen des Lernens und affektiven sowie kognitiven Variablen. Weiterhin finden sich trotz des enormen Potentials aus Praxisperspektive nahezu keine Studien für den Vergleich von AR-Headsets mit traditionellen Medien in experimentellen Lernsettings. In der vorliegenden Studie soll untersucht werden, wie der Einsatz eines AR-Headsets als Teil eines physikalischen Praktikumsversuch bei Studierenden gegenüber einem klassischen Lernsetting, die Motivation zum Lernen, die kognitive Belastung beim Lernen sowie die Ausbildung von Konzeptwissen beeinflusst.

Methode

Die Studie nutzt ein quasi-experimentelles Vergleichsgruppendesign und Vergleich das Lernen in einem physikalischen Praktikumsversuch zur optischen Polarisation ergänzt durch ein AR-Headsets mit einem entsprechenden Versuch, der um inhaltlich entsprechendes gedrucktes Lernmaterial sowie ergänzende experimentelle Werkzeuge ergänzt wurde. Eine inhaltliche Beschreibung des Versuchs sowie ein Einblick in die AR-Anwendung findet sich bei Schlummer et al. (2023). Die zur Beantwortung der Forschungsfragen notwendigen Daten wurden über einen Konzepttest zur optischen Polarisation (19 Items, Eigenkonstruktion) vor und nach der Intervention sowie für die Motivation der Lernenden (6 Items der Subskalen „Vergnügen“ und „Kompetenz“ des KIM, 5-stufige Likert-Items; Wilde, Bätz, Kovaleva & Urhahne, 2009) und deren kognitive Belastung (7 Items, 7-stufige Likert-Items; Klepsch, Schmitz, & Seufert, 2017) zu vier Zeitpunkten während des Praktikums jeweils nach inhaltlich definierten Teilversuchen erhoben. Zudem wurde die Technikaffinität der Lernenden bestimmt (TA-EG; Karrer, Glaser, Clemens, & Bruder, 2009). Insgesamt nahmen $N = 75$ Studierende an der Studie teil ($N = 39$ mit AR, $N = 36$ ohne AR). Die Studierenden bearbeiteten den Versuch in überwiegender Anzahl im vierten Fachsemester des Bachelorstudiums Physik und Lehramt Physik.

Ergebnisse & Diskussion

Die Analysen zur Motivation der Lernenden zeigen, dass die Lernenden mit AR ($M = 3.62$, $SD = 0.64$) gegenüber den Lernenden ohne AR ($M = 3.29$, $SD = 0.70$) eine größere Motivation äußern und sich in einer mixed ANOVA ein statistisch signifikanter mittlerer Effekt ergibt ($F(1,70) = 4.40$, $p = .039$, partielles $\eta^2 = 0.06$), der sich insbesondere auf das Vergnügen,

weniger auf die wahrgenommene Kompetenz zurückführen lässt. Dieses Ergebnis erscheint konsistent mit den Ergebnissen vorheriger Studien (Chang et al., 2022). Interessant ist, dass sich die wahrgenommene Kompetenz der Lernenden in beiden Gruppen nicht signifikant unterschied, was überraschend ist, wenn man bedenkt, dass nur etwa die Hälfte der Lernenden in der AR-Gruppe über vorherige Erfahrungen mit immersiven Headsets berichtete (19 von 39 Lernenden).

Die Analysen zur kognitiven Belastung der Lernenden in Form einer mixed ANOVA zeigen, dass sich diese weder insgesamt noch bei separater Analyse der extrinsischen und lernbezogenen kognitiven Belastung zwischen der Gruppe der Lernenden mit AR und der Gruppe der Lernenden ohne AR unterscheidet. Lediglich für die intrinsische kognitive Belastung findet sich ein Gruppenunterschied zwischen der AR-Gruppe ($M = 3.12, SD = 1.04$) und der Gruppe ohne AR ($M = 2.65, SD = 0.97$), der statistisch signifikant erscheint ($F(1,70) = 4.28, p = .042$, partielles $\eta^2 = 0.06$). Besonders überraschend erscheint jedoch der fehlende Unterschied in der extrinsischen kognitiven Belastung. Aufgrund einer breiten empirischen Basis zum räumlichen Kontiguitätseffekt (Ginns, 2006; Schroeder & Cencki, 2018) wäre anzunehmen gewesen, dass die räumliche Integration der experimentellen Komponenten sowie der modellbezogenen Visualisierungen die extrinsische kognitive Belastung in der AR-Gruppe reduziert hätte.

Die Analysen zum Lernerfolg beider Gruppen in Form einer mixed ANOVA zeigen zunächst, dass sich in beiden Gruppen zwischen Prä- und Posttest ein statistisch signifikanter Lernzuwachs einstellt ($F(1, 70) = 24.59, p < .001$, partial $\eta^2 = .26$). Dieser unterscheidet sich zwischen den Gruppen jedoch nicht statistisch signifikant ($F(1, 70) = 0.08, p = 0.781$). Sowohl allgemeine Anwendungen von AR ohne spezifischen Fachbezug (Malone et al., 2023) als auch für den speziellen Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung (Xu et al., 2022) deuten bisherige Meta-Analysen eindeutig auf positive Effekte von AR gegenüber traditionellen Lernmedien hin. Dieser positive Effekt von AR konnte bereits von Thees et al. (2020) in der bisher einzigen empirischen Studie zur Realisierung von AR durch AR-Headsets in Physik-Laborkursen nicht gefunden werden. Die vorliegenden Daten stützen die Befunde von Thees et al. (2020) und eröffnen die Frage, wie sich der spezifische Einsatz von AR-Headsets von anderen Anwendungsfeldern von AR und anderen Technologien unterscheidet.

Ausblick

Die vorliegenden Ergebnisse der Studie können das Potential von AR-Headsets als lernförderlicher Technologie in experimentellen Lernsettings der Physik nur sehr eingeschränkt nachweisen. Die Ergebnisse der Studie verdeutlichen dabei, die Notwendigkeit systematischer Untersuchungen zur Nutzung digitaler Lerntechnologien und zeigen auf, dass die unmittelbare Übertragung von Befunden zwischen Technologien und Lernsettings nur auf Grundlage entsprechender empirischer Daten erfolgen sollte. Im Gegensatz zu den umfangreich beschriebenen Lernvorteilen von Smartphone- und Tablet-ARs, finden sich somit bislang keine empirischen Hinweise auf die Lernförderlichkeit von AR-Headsets in experimentellen Lernsettings der Physik. Bei zukünftigen Studien sollte insbesondere berücksichtigt werden, inwiefern die inhaltliche Dimension, d.h. die inhaltlichen Erfordernisse der Lernsettings in Zusammenhang zur Lernförderlichkeit bestimmter Lerntechnologien stehen.

Literatur

- Buchner, J., Buntins, K., & Kerres, M. (2021). The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38 (1), 285-303
- Chang, H.-Y., Binali, T., Liang, J.-C., Chiou, G.-L., Cheng, K.-H., Lee, S. W.-Y., & Tsai, C.-C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, 191, 104641
- 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 in Educational Communications and Technology*. New York: Springer, 735-745
- Ginns, P. (2006). Integrating information: A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. *Learning and Instruction*, 16 (6), 511-525
- Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123
- Karrer, K., Glaser, C., Clemens, C., & Bruder, C. (2009). Technikaffinität erfasse – der Fragebogen TA-EG. In A. Lichtenstein, C. Stöbel, & C. Clemens (Hrsg.), *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme*. 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme 7. bis 9. Oktober 2009. Düsseldorf: VDI, 196-201
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Frontiers in Psychology*, 8, 1997
- Malone, S., Garzón, J., & Kuhn, J. (2023). Three decades of augmented reality in education: A second-order meta-analysis and research synthesis. *OSF Preprints*, 4. July 2023, Accessed 27. October 2023, doi:10.31219/osf.io/amw4t
- Schlummer, P., Abazi, A., Borkamp, R., Lauströer, J., Schulz-Schaeffer, R., Schuck, C., Pernice, W., Heusler, S., & Laumann, D. (2023). Seeing the unseen – enhancing and evaluating undergraduate polarization experiments with interactive Mixed-Reality technology. *European Journal of Physics*, 44 (6), 065701
- Schroeder, N. L., & Cenkci, A. T. (2018). Spatial Contiguity and Spatial Split-Attention Effects in Multimedia Learning Environments: a Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 30 (3), 679-701
- Szalavári, Z., Schmalstieg, D., Fuhrmann, A., & Gervautz, M. (1998). „Studierstube“: An Environment for Collaboration in Augmented Reality. *Virtual Reality*, 3 (1), 37-48
- Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108, 106316
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A., & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1, 31-45
- Xu, W.-W., Su, C.-Y., Hu, Y., & Chen, C.-H. (2022). Exploring the Effectiveness and Moderators of Augmented Reality on Science Learning: a Meta-Analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 31 (5), 621-637
- Zhang, J., Li, G., Huang, Q., Feng, Q., & Luo, H. (2022). Augmented Reality in K-12 Education: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Literature from 2000 to 2020. *Sustainability*, 14 (15), 9725