

Hagen Schwanke<sup>1</sup>  
Markus Elsholz<sup>1</sup>  
Thomas Trefzger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Würzburg

## **Augmentierte Experimente in der E-Lehre: Ein Praxistest in einem Lehr-Lern-Labor**

### **Kurzfassung**

Das Projekt PUMA: Magnetlabor untersucht den Einsatz einer eigens entwickelten Augmented-Reality(AR)-Applikation in einem Lehr-Lern-Labor. Ca. 400 Schülerinnen und Schüler der zehnten Jahrgangsstufe aus dem Raum Würzburg absolvierten ein Stationenlernen an sechs verschiedenen Schülerexperimenten zum Themenfeld Elektromagnetismus. Die für das jeweilige Experiment relevanten Visualisierungen der Magnetfeldlinien wurden entweder direkt über die AR-Applikation dem experimentellen Aufbau überlagert oder den Schülerinnen und Schülern über eine Simulation oder über statische 2D-Grafiken dargeboten. Mittels quantitativer Testinstrumente wurden als abhängige Variablen die Konstrukte situationales Interesse und Cognitive Load erhoben. Die Analyse fokussiert auf die Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Darbietungsformen und den abhängigen Variablen. Der Beitrag gibt einen Überblick über die durchgeführte Studie und fasst die Ergebnisse zusammen.

### **Einleitung**

Es gibt nur wenige quantitative Studien mit hohen Teilnehmerzahlen zu Augmented Reality (Wyss et al., 2022). AR kann genutzt werden, um theoretische Modelle direkt auf reale Experimente zu überlagern, was besonders im Physikunterricht von Vorteil ist. Experimente motivieren Lernende (Lindlahr, 2014) und helfen ihnen, ihre Hypothesen zu überprüfen. Modelle und Visualisierungen gelten dabei als lernförderlich (Kircher et al., 2020; Mikelskis-Seifert, 2004), daher ist die Kombination von AR und realen Experimenten sinnvoll. Das Design der Lernmaterialien beeinflusst die kognitive Belastung (R. E. Mayer, 2014; Sweller et al., 1998) und die Gestaltung der Lernumgebung das situationale Interesse der Schülerinnen und Schüler (Krapp, 2002; Schiefele, 2009).

Die Studie untersucht, wie verschiedene Darbietungsweisen der Visualisierung von Magnetfeldlinien das situationale Interesse und den Cognitive Load der Lernenden bei der Durchführung der ausgewählten Schülerexperimente beeinflussen. Es wird analysiert, ob die Verwendung einer AR-Applikation, die extrinsische kognitive Belastung (ECL) reduziert und die Komponenten des situationalen Interesses erhöht. Die verschiedenen Darbietungsformen werden den Lernenden ausschließlich über Tablets zur Verfügung gestellt. So soll gewährleistet werden, dass der Neuigkeitseffekt, welcher durch die Nutzung technischer Geräte entsteht, reduziert wird. Um Zeiteffekte zu reduzieren, durchlaufen alle Lernenden die drei Stationsblöcke in unterschiedlicher Reihenfolge. Dabei ergeben jeweils zwei Stationen einen Block. Nach jedem Block werden mittels eines Zwischentests die abhängigen Variablen gemessen. Das zu Grunde liegende Studiendesign wird in Schwanke et al. (2023) näher dargestellt. Die Studie startete im Dezember 2022 und endete im Februar 2024. Insgesamt liegen 396 Datensätze von Schülerinnen und Schüler der zehnten Jahrgangsstufe aus dem Raum Würzburg vor.

### **Forschungsfrage und Hypothesen**

Mit dem Hintergrund der Cognitive Load Theory (CLT) nach Sweller et al. (1998) und dem Split-Attention Effekt nach Ayres und Sweller (2014) sollte sich durch die Verwendung der AR-Applikation und einer damit verbundenen erhöhten örtlichen Kontiguität die extrinsische kognitive Belastung reduzieren. In der Studie wird lediglich die extrinsische kognitive Belastung durch das Lernmaterial analysiert, da die intrinsische Belastung aufgrund des gleichen Inhalts gleichbleiben sollte und die lernbezogene Belastung (GCL) stark von den Belastungen durch Inhalt und Lernmaterial abhängt. Die Interessantheit eines Gegenstandes steht in direktem Zusammenhang mit dem individuellen und dem situationalem Interesse eines Lernenden (Krapp, 2002). Da sich die Lernumgebungen nur hinsichtlich der Darbietungsweise unterscheiden, wird die Interessantheit eines Gegenstandes hier mit der Art der Darbietungsmethode gleichgesetzt. Es wird überprüft, ob nach der Person-Gegenstands-Konzeption von Krapp (2002) die Verwendung einer AR-Applikation einen positiven Einfluss auf das situationale Interesse hervorruft. Das situationale Interesse gliedert sich in zwei Komponenten. Die Komponente der wertbezogenen Valenz beschreibt die persönliche Bedeutsamkeit eines Themas für das Individuum und wird in dem Testinstrument durch Items zur wertbezogenen Valenz (wert) und Items zum themenbezogenen Interesse (kon) abgebildet. Die emotionale Valenz umfasst Gefühle und Empfindungen, die eine Person einem Thema gegenüber hat und ist stark mit der ausgeführten Handlung verknüpft. Diese Komponenten werden im Fragebogen durch Items zur emotionalen Valenz (emo) und zur aktivitätsbezogenen intrinsischen Motivation (exin) gemessen. Es wird der Frage nachgegangen, ob sich bei der Verwendung einer AR-Applikation im Hinblick auf das situationale Interesse und den Cognitive Load der Lernenden ein Unterschied feststellen lässt im Vergleich zu Experimenten, die mit Simulationen oder statischen Abbildungen angereichert wurden. Konkret werden die folgenden vier Hypothesen untersucht:

H1.1. Die Verwendung von AR reduziert die extrinsische Belastung.

H1.2. Technik affine Lernende werden bei der Verwendung der AR-App geringer belastet.

H2.1. Die Verwendung von AR steigert die emotionale Valenz.

H2.2. Die Verwendung von AR steigert die wertbezogene Valenz.

### **Auswertung und Ergebnisse**

Durch eine explorative Hauptachsen-Faktorenanalyse mittels Promax-Rotation ergaben sich die zu erwartenden Faktoren des Cognitive Load – Intrinsische Belastung (ICL), extrinsische Belastung (ECL) und lernbezogene Belastung (GCL). Das situationale Interesse teilt sich nur in zwei Faktoren (Faktor 1: emo & exin; Faktor 2: kon & wert), statt vier Faktoren auf. Diese entsprechen somit den Komponenten der wertbezogenen und emotionalen Valenz. Diese Tatsache war auch bereits mit den Daten der Vorerhebung zu beobachten, siehe Schwanke et al. (2023). Die zugrunde liegenden Skalen wiesen für alle einzelnen Messzeitpunkte eine akzeptable interne Konsistenz auf und lagen in folgenden Bereichen:  $\alpha(\text{ECL}) = 0.73-0.76$ ,  $\alpha(\text{emo}) = 0.64 - 0.71$ ,  $\alpha(\text{exin}) = 0.80 - 0.84$ ,  $\alpha(\text{wert}) = 0.67 - 0.76$ ,  $\alpha(\text{kon}) = 0.81 - 0.87$ . In Abbildung 1 (links oben) ist zu erkennen, dass AR als Methode die extrinsische kognitive Belastung in dieser Lernumgebung nicht senkt, bzw. keine signifikanten Unterschiede zu den anderen Darbietungsweisen vorliegen. Hypothese 1.1 muss demnach verworfen werden. Wird die AR-Applikation verwendet, so lässt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Lernenden mit hoher und niedriger Technikaffinität (ATICat) beobachten ( $F(1,387)=16.693$ ,  $p = 0.041$ ) (siehe Abbildung 1: rechts oben). Hypothese 1.2 kann demnach bestätigt werden

und eine gesteigerte Technikaffinität reduziert die extrinsische Belastung dieser Lernumgebung. Dass AR die Möglichkeit besitzt, das situationale Interesse dieser Lernumgebung zu steigern, muss auch verworfen werden. Im Vergleich zu den beiden anderen Darbietungen steigert die Verwendung von AR weder die emotionale noch die wertbezogene Valenz. Aus den Berechnungen (ANOVA) zwischen den Gruppen und den daraus folgenden Graphen in Abbildung 1 (links und rechts unten) ist zu erkennen, dass kein signifikanter Unterschied zwischen der Art der Darstellung vorliegt. Auch im zeitlichen Verlauf sind keine signifikanten Unterschiede zu sehen. Beide Hypothesen (H2.1 und H2.2) müssen demnach verworfen werden.

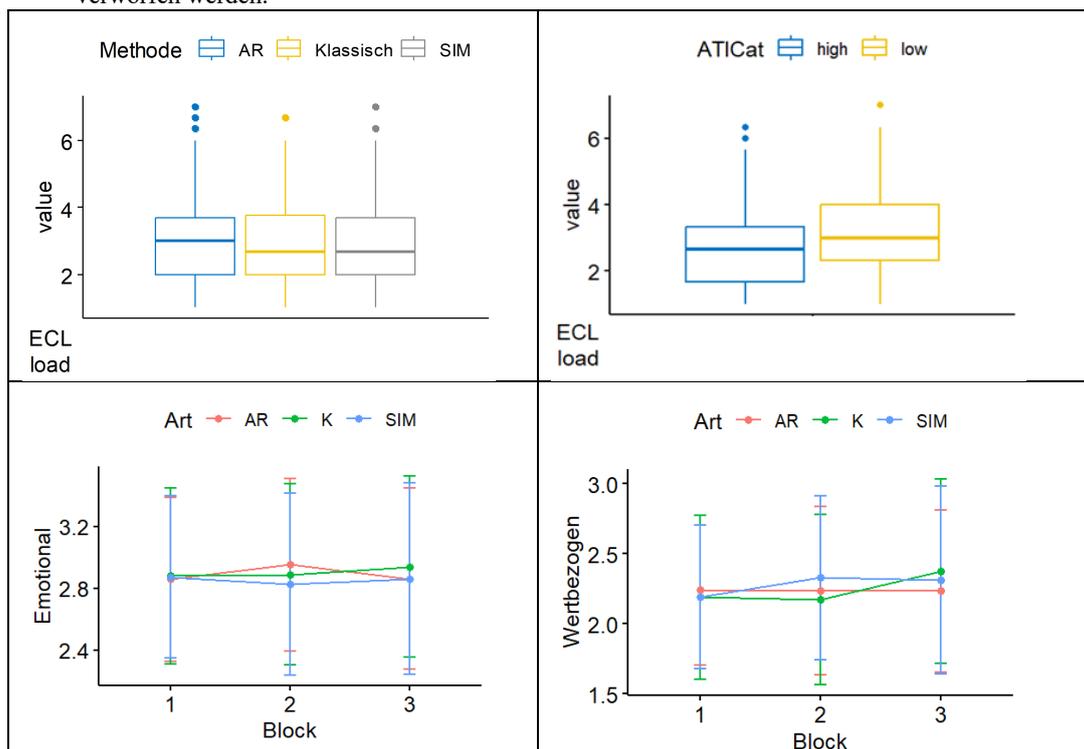


Abbildung 1: Überprüfung der Hypothesen - links oben H1.1; rechts oben H1.2; links unten H2.1; links unten H2.2

### Diskussion

Auf der Jahrestagung wurden gemeinsam folgende mögliche Gründe erörtert. So könnte es sein, dass die Testinstrumente durch die lange Interventionszeit (pro Block 1h) am Ende kein präzises Bild der gemessenen Konstrukte repräsentieren können. Die Itemformulierung beider Tests ist sehr allgemein gehalten, sodass der einzige Unterschied der Lernumgebungen – die Visualisierung – durch die Teststruktur nicht detailliert genug erfasst werden kann.

Möglicherweise hat auch das Erhebungsverfahren Einfluss. Alle Testinstrumente sind via Tablet erhoben worden. Wie sich die Erhebungsmethoden zwischen „digital“ und Paper-Pencil unterscheiden, ist auch in der Literatur noch nicht abschließend geklärt (Frey & Hartig, 2013; Rothe et al., 2022).

### Literaturverzeichnis

- Ayres, P. & Sweller, J. (2014). The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In R. Mayer & R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (Second edition, S. 206–226). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.011>
- Frey, A. & Hartig, J. (2013). Wann sollten computerbasierte Verfahren zur Messung von Kompetenzen anstelle von papier- und bleistift-basierten Verfahren eingesetzt werden? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 16(S1), 53–57. <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0385-1>
- Kircher, E., Girwidz, R. & Fischer, H. E. (2020). *Physikdidaktik | Grundlagen* (4. Auflage). Springer Spektrum.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12(4), 383–409. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00011-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00011-1)
- Lindlahr, W. (2014). Virtual-Reality-Experimente für Interaktive Tafeln und Tablets. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Naturwissenschaften. Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 90–97). Joachim-Herz-Stiftung Verlag.
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. Mayer & R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (Second edition, S. 43–71). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.005>
- Mikelskis-Seifert, S. (2004). *Erforschen, Entdecken, Erklären. Modulbeschreibungen des Programms SINUS-Transfer Grundschule. Naturwissenschaften. G2*. <https://www.fachportal-paedagogik.de/literatur/vollanzeige.html?FId=1003631>
- Rothe, J., Visser, L., Görgen, R., Kalmar, J., Schulte-Körne, G. & Hasselhorn, M. (2022). Mobile First? Ein Vergleich von Lese-/Rechtschreibtests in traditionellem Papier-und-Bleistift-Format versus App-Format. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 25(4), 947–973. <https://doi.org/10.1007/s11618-022-01068-1>
- Schiefele, U. (2009). Situational and Individual Interest. In K. R. Wentzel & A. Wigfield (Hrsg.), *Educational psychology handbook series. Handbook of motivation at school* (1. publ, S. 211–236). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203879498-16>
- Schwanke, H., Elsholz, M. & Trefzger, T. (2023). Augmentierte Schülerexperimente in der E-Lehre: Wie förderlich ist diese Visualisierung? In Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung: Jahrestagung 2023* (S. 814–817). [https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2024/06/P072\\_Schwanke.pdf](https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2024/06/P072_Schwanke.pdf)
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Wyss, C., Degonda, A., Bühner, W. & Furrer, F. (2022). The Impact of Student Characteristics for Working with AR Technologies in Higher Education—Findings from an Exploratory Study with Microsoft HoloLens. *Information*, 13(3), 112. <https://doi.org/10.3390/info13030112>