

PUMA : Optiklabor – eine WebAR-Anwendung zur Unterstützung der Optiklehre

Hintergrund

Augmented Reality (AR) ist spätestens seit Applikationen wie „Pokémon-Go“ ein bekannter Begriff für die Verschmelzung von Realität und virtuellen Elementen. Auch gibt es inzwischen viele Projekte, bei denen AR in der Lehre eingesetzt wird. Diese Studie geht in zwei Aspekten einen Schritt weiter: Zum einen wird rein auf **Webtechniken** gesetzt, um die Installation einer Applikation auf den Endgeräten der Schülerinnen und Schüler zu umgehen. Dies erhöht die Einsatzfähigkeit der Applikation immens, da wenig Speicherplatz und keine Installationsrechte benötigt werden. Zum anderen wird hier kein Realversuch durch Augmentierung mit zusätzlichen Inhalten angereichert, sondern ein *low-cost*-Labor für Schule und heimischen Schreibtisch konzipiert. Unter dem Begriff „**WebAR-Simulation**“ wird im Rahmen der Arbeitsgruppe **Physikunterricht mit Augmentierung (PUMA)** des Lehrstuhls für Physik und ihre Didaktik der Universität Würzburg (Frank, et al., 2023) eine Optik-Simulation entwickelt, die durch Augmentierung ein signifikant realistischeres haptisches Erlebnis bietet, als reine Bildschirmexperimente. So erhalten die Nutzerinnen und Nutzer „Marker“, welche sie auf den Tisch legen. Auf dem Bildschirm des mobilen Endgeräts werden in das Kamerabild an Stelle der Marker Gegenstände eingeblendet, wie aus Optik-Experimentierkästen bekannt.

Ziel der WebAR-Simulation ist nicht, das klassische Realexperiment zu ersetzen. Vielmehr soll es möglich sein, Versuche ohne großen Kosten- und Materialaufwand durchführen zu können. Dabei sind die Schülerinnen und Schüler nicht wie in anderen Simulationen auf feste Rahmenbedingungen eingeengt, sondern können spielerisch an die durchaus komplexen Modelle herangeführt werden. Durch das Einblenden von Zusatzinformationen und das händische Verschieben der Marker ist ein gänzlich neues Begreifen des Versuchs möglich. Auch können Parameter wie die optische Dichte während des Versuchs geändert und die Folgen live beobachtet werden. Die AR-Simulation kann unabhängig von der Ausstattung der Schule auch jederzeit zu Hause mit dem eigenen Gerät genutzt werden. (Kraus & Trefzger, 2023)

Forschungsfragen

- FF1: Wie nutzen und bewerten Lehrende und Lernende eine webbasierte Augmented Reality Simulation im Bereich der Optik der Sekundarstufe 1 inner- und außerhalb des Unterrichts?
- FF2: Auf welche Weise wirkt der Einsatz einer webbasierten Augmented Reality Simulation im Bereich der Optik auf Präkonzepte und motivational-affektive Merkmale von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe 1?
- FF3: Inwiefern entspricht eine webbasierte AR-Simulation auf der Basis von AR.js den technischen Anforderungen des Unterrichts in einer 8. Klasse in Bezug auf Nutzererfahrung, Technikaffinität und Plattformunabhängigkeit?



Abb. 1 PUMA : Optiklabor

Studie

Ziel der Studie ist die Forschung zum Einsatz einer WebAR-Simulation im Physikunterricht und die gleichzeitige Entwicklung der dabei eingesetzten Applikation nach der Methode **Design-Based-Research**. In mehreren Iterationen soll dabei eine Web-Anwendung entstehen, die nach aktuellen Erkenntnissen und neu gewonnenen Daten sinnstiftend, problemlos und kostenlos im Optikunterricht eingesetzt werden kann. Währenddessen wird sowohl auf der Seite der Lehrkräfte, als auch auf der der Schülerinnen und Schüler beleuchtet, wie sich die Vorteile einer WebAR-Simulation gewinnbringend im Optikunterricht nutzen lassen und wie gut die Technik unter Praxisbedingungen funktioniert. Bei der Auswertung wird es insbesondere darum gehen, welche der Erkenntnisse über das beforschte Produkt hinaus Gültigkeit besitzen. Das hier vorgestellte Studiendesign liegt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des zuständigen Kultusministeriums zum Zeitpunkt der Tagung vor und ist bis zur endgültigen Genehmigung als Arbeitsdokument im Entwurfsstadium zu verstehen.

Testinstrumente

Zunächst werden von Lehrenden wie Lernenden **Basisgrößen** erhoben, die bei der Einordnung der Ergebnisse helfen sollen. So geben sie beispielsweise Alter, Vorerfahrungen mit AR, technische Ausstattung und Schulart an, die Schülerinnen und Schüler zusätzlich die gewählte Ausbildungsrichtung und die Lehrkräfte die technische Ausstattung der Schule an. Hinzu kommt insbesondere der Zugang zu WLAN wie auch die Verfügbarkeit von mobilen Endgeräten im Unterricht.

Die **Technikaffinität** wird mithilfe des etablierten „Affinity for Technology Interaction“ (ATI) Tests eingeordnet (Franke, Attig, & Wessel, 2019). Dieser mit neun Items kurze Fragebogen ist allgemein formuliert und wird so auch in anderen Bereichen verwendet.

Sowohl vor als auch nach der Unterrichtsreihe wird das **Fachwissen** zur Optik im Konzepttest Strahlenoptik und Abbildungen (KTSO-A) geprüft (Hettmansperger, Müller, Scheid, Kuhn, & Vogt, 2021). Dieser geht insbesondere auf die Lichtausbreitung, die Bildentstehung und das Strahlenmodell bzw. die Bildkonstruktion im Kontext „Abbildungen an der Sammellinse“ ein. Regelmäßig wird auch die **Nutzererfahrung** untersucht. Dabei wird der vielfach erprobte „User Experience Questionnaire“ (UEQ+) verwendet (Schrepp & Thomaschewski, 2019). In einer verkürzten Version betrachtet er die Dimensionen Attraktivität, Stimulation und Nützlichkeit nach jeder Benutzung der Web-Applikation. Dadurch, dass bei jeder Nutzung der fachliche Kontext verknüpft wird, können Zusammenhänge zwischen Nutzererfahrung und dem behandelten Inhalt beforscht werden. Am Ende der Unterrichtsreihe führen alle Nutzerinnen und Nutzer die verlängerte Variante mit den zusätzlichen Feldern Visuelle Ästhetik, Intuitive Bedienung und Wertigkeit durch.

In den letzten Jahren wurde zunehmend die Aussagekraft des Geschlechts zur Erklärung gruppenpezifischer Erscheinungen in Zweifel gezogen. Ein alternatives Konzept ist die Kategorisierung in sogenannte „**Brain Types**“, die sich durch Stärken im empathisierenden und/oder systematisierenden Denken auszeichnen (Greenberg, Warrier, Allison, & Baron-Cohen, 2018). Auch der dazu gehörige Fragebogen mit 28 Items wird von allen Teilnehmenden einmalig zu Beginn der Unterrichtssequenz ausgefüllt.

Während aufgrund recht einfachen Inhalts die Erwartungen in einen großen Fachwissenszuwachs durch die Nutzung der AR-Applikation gedämpft sind, ist es durchaus denkbar, dass sich **affektive Faktoren** gerade in dieser Anfangsphase des Physikunterrichts beeinflussen lassen. Natürlich lässt sich argumentieren, dass der Einsatz eines neuen Mediums immer kurzzeitig steigende Effekte hat. Deshalb wird der Kontrollgruppe kein strikt vorgegebener, wenig

repräsentativer Unterricht erteilt, sondern ein Unterricht, wie ihn die Lehrkräfte aus ihrer eigenen Erfahrung mit ihrem Feingefühl und ihrer Erfahrung gestalten würden. Zudem ist die Unterrichtssequenz mit etwa acht Wochen groß genug, um Kurzeffekte größtenteils zu eliminieren (Clark, 1983). Für die Messung der affektiven Faktoren wird ein Fragebogen aus der Chemiedidaktik angepasst (Habig, 2017). Dieser umfasst die Dimensionen Fachinteresse, Sachinteresse, intrinsische und extrinsische Motivation, physikbezogenes Selbstkonzept, Selbstwirksamkeitserwartung in der Physik und wertbezogenes, individuelles Interesse.

Um die Daten besser einordnen zu können, führen die Lehrkräfte ein kategorisiertes **Unterrichtstagebuch**. Die hier hinterlegten Informationen wie Inhalt der Stunde, genutzte Methode und Zeitpunkt im Unterrichtsverlauf werden über eindeutige Nutzercodes mit den Durchführungen verknüpft.

Auch die technische Weiterentwicklung gehört zum iterativen Prozess des Design-Based-Research. Daher werden bei jeder Nutzung der WebAR-Applikation **technische Daten** über den genutzten Browser, das Betriebssystem und die Dauer der Nutzung hinterlegt. Über die Uhrzeit der Nutzung lässt sich der Einsatz im Unterricht von der am Nachmittag unterscheiden.

Studiendesign

Die geplante Studie baut sich aus zwei relativ ähnlichen Phasen auf. Beide beginnen mit der Information und Werbung von Lehrkräften durch überregionale Onlinefortbildungen. Nach der Klärung aller nötigen Einwilligungen füllen die Teilnehmenden die Fragebögen zu Basisdaten, Technikaffinität, Braintype und Ausstattung durch.

Phase I konzentriert sich auf FF1 und lässt den Lehrkräften daher freie Hand beim Einsatz der WebAR-Applikation. Dabei dokumentieren die Lehrkräfte vor jeder Durchführung ihre Intentionen und Erwartungen. Nach den Durchführungen wird jeweils die Nutzererfahrung aufgezeichnet. Am Ende der Phase I werden die Lehrkräfte in Interviews zu ihren Erfahrungen befragt. Die ersten Auswertungen werden zur Gestaltung der Phase II und ersten Überarbeitung verwendet. Zudem ist es hilfreich für Phase II, wenn sich die Lehrkräfte für das folgende Schuljahr mindestens zwei 8. Klassen wünschen.

Phase II beginnt wiederum mit Online-Fortbildungen zur weiteren Verbreitung. Möglichst sollen nun nur Lehrkräfte mit mind. zwei Klassen teilnehmen. Der Prätest wird um die Testschülervorstellungen und affektive Merkmale erweitert. Anschließend werden die Klassen zufällig einer AR und einer Kontrollgruppe zugewiesen. Durch das Losverfahren wird verhindert, dass bei der Auswahl der Klassen Vorwissen der Lehrkraft miteingeht. Jede Lehrkraft unterrichtet im Anschluss mindestens eine Klasse aus der Treatment- und eine aus der Kontrollgruppe. Dadurch soll die Lehrkräftevariable vermindert werden. Die Kontrollgruppe erhält den Unterricht so, wie ihn die Lehrkraft auch unabhängig der Studie durchführen würde. Dadurch soll mit ausreichend großer Stichprobe ein echter Vergleich zum konventionellen Unterricht möglich werden. Die Treatmentgruppe wird nun eine fest vorgegebene Anzahl von Übungen des PUMA : Optiklabors durchführen. Dokumentiert wird dies weiterhin mit einem Unterrichtstagebuch und Fragebögen zur Nutzererfahrung. Am anschließenden Post-Test nehmen alle Schülerinnen und Schüler teil und füllen wiederum den Fachwissenstest und den Fragebogen zu affektiven Merkmalen aus. Auch nach Phase II sind Interviews geplant, um noch mehr über die Erfahrungen der Nutzerinnen und Nutzer zu lernen.

Zuletzt erfolgt die Auswertung, eine weitere Überarbeitung der Materialien aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse und die Bereitstellung des digitalen Schülerübungskastens „Puma : Optiklabor“.

Literatur

- Clark, R. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research* 53(4), 445-459.
- Frank, F., Kraus, S., Kreikenbohm, A., Schwanke, H., Stolzenberger, C., & Trefzger, T. (2023). Das Projekt PUMA (Physik-Unterricht Mit Augmentierung). *Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) Hannover 2023 (Poster)*. doi:10.13140/RG.2.2.19624.14081
- Franke, T., Attig, C., & Wessel, D. (2019). A Personal Resource for Technology Interaction: Development and Validation of the Affinity for Technology Interaction (ATI) Scale. : *International Journal of Human-Computer Interaction* 35, 456-467. doi:10.1080/10447318.2018.1456150
- Greenberg, D., Warrier, V., Allison, C., & Baron-Cohen, S. (2018). Testing the Empathizing-Systemizing theory of sex differences and the Extreme Male Brain theory of autism in half a million people. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115, S. 12152–12157. doi:10.1073/pnas.1811032115
- Habig, S. (2017). *Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren (Studien zum Physik- und Chemielernen 223)*. Logos Verlag.
- Hettmansperger, R., Müller, A., Scheid, J., Kuhn, J., & Vogt, P. (2021). KTSO-A: Konzepttest Strahlenoptik - Abbildungen. Entwicklung eines Konzepttests zur Erfassung von Konzepten der Lichtausbreitung, Streuung und der Entstehung reeller Bilder im Bereich der Strahlenoptik. *Progress in Science Education (PriSE) Vol. 4 No. 1*, 11-35. doi:10.25321/prise.2021.1015
- Kraus, S., & Trefzger, T. (2023). WebAR-Techniken unterstützen die Optik-Lehre. *49. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP)*, (S. 865-868). Aachen.
- Schrepp, M., & Thomaschewski, J. (2019). *Eine modulare Erweiterung des User Experience Questionnaire*. doi:10.18420/muc2019-up-0108
- Schwanke, H., & Trefzger, T. (2023). Augmented Reality in Schülerversuchen – Entwicklung und Evaluierung der Applikation PUMA: Magnetlabor. In J. Roth, M. Baum, K. Eilerts, G. Hornung, & T. Trefzger, *Die Zukunft des MINT-Lernens: Digitale Tools und Methoden für das Lehren und Lernen* (S. 77-91). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Stolzenberger, C., Frank, F., Trefzger, T., Wilhelm, T., & Kuhn, J. (2023). Spannung mit PUMA : Spannungslabor. *Physik in unserer Zeit* 54, S. 44-45. doi:10.1002/piuz.202370109