

Sabrina, Syskowski^{1,2}
Isabel, Preuß³
Sandra, Berber^{1,2}

¹Universität Konstanz
²Pädagogische Hochschule Thurgau
³Pädagogische Hochschule Weingarten

Projekt ARiELLE – Augmented Reality in Experimental Laboratory Learning Environments

Zusammenfassung. Augmented Reality (AR) ist eine zukunftsweisende Technologie, die sich in verschiedenen Lebensbereichen, einschließlich der Chemie, etabliert. Die Integration virtueller Elemente in die physische Realität ermöglicht interaktive Lernerfahrungen. Das ARiELLE-Projekt konzentriert sich auf die Gestaltung von AR-Lehr-Lernumgebungen für Experimente in der Chemie. Dabei werden verschiedene Aspekte der Realität in die AR-Umgebung integriert, um Schülern eine immersive und interaktive Lernerfahrung zu bieten. Erste Ergebnisse aus Experteninterviews deuten darauf hin, dass eine vereinfachte Darstellung der Teilchenebene und Anpassungen in der Visualisierung von Experimenten erforderlich sind. Die Platzierung von AR-Elementen beeinflusst das Blickverhalten der Schüler, während das Verständnis der chemischen Prozesse unabhängig von bestimmten Gestaltparametern zu sein scheint. Dieses Projekt trägt dazu bei, das Potenzial von AR in der Chemiebildung zu erforschen und zukünftige Entwicklungen in diesem Bereich voranzutreiben.

Einleitung. Augmented Reality (AR) begegnet uns in verschiedenen Bereichen unseres Lebens, von Spielerfahrungen bis hin zu alltäglichen Aktivitäten wie dem Möbelkauf. Schülerinnen und Schüler könnten durch Spiele wie Pokémon Go bereits mit AR vertraut sein. Im Jahr 2022 hat die IUPAC AR als eine der zehn Zukunftstechnologien in der Chemie identifiziert.

AR ermöglicht die Integration virtueller Elemente in unsere physische Realität und passt somit zu Milgram et al.'s (1995) Konzept des "Reality-Virtuality Continuum," dass von der tatsächlichen Realität über AR, Augmented Vitality, bis hin zur virtuellen Umgebung reicht. Gleichzeitig können wir auch Azumas Definition (1997) in Betracht ziehen, die AR als eine Variante der VR betrachtet. Laut Azuma muss ein System drei wesentliche Merkmale aufweisen, um als AR zu gelten: die Kombination von realen und virtuellen Inhalten, Echtzeit-Interaktivität und eine 3D-Registrierung. In der Bildung kann AR in drei verschiedene Bereichen Anwendung finden, die sich zugleich aber auch überschneiden können. So kann das papierbasierte Lernen mit AR erweitert werden und Hilfen sowie Zusatzinformationen bereitgestellt werden. Zugleich können mittels AR-Experimente komplett nachgebaut oder in Verbindung mit realen Laborgeräten gebracht werden. ARiELLE (Augmented Reality in Experimental Laboratory Learning Environments) untersucht, wie die AR-Lehr-Lernumgebung für Experimente gestaltet sein sollte und wie sich diese Gestaltung auf verschiedene Aspekte der realen Umgebung auswirken kann. Durch die Integration von AR in den Chemieunterricht wird angestrebt, den Schüler:innen eine interaktive und immersive Lernerfahrung zu bieten.

Grundlagen und Ablauf des Projekts. Das Projekt basiert auf zwei Grundlagen. Zum einen wurde ein Review durchgeführt in dem 6 von 27 Studien zu AR mit Anreicherungen von Experimenten im Fach Chemie identifiziert wurden (Abbildung 1). Dieses Review basierte auf einer Suche zwischen 2000 und 2022 in der Web of Science-Datenbank mithilfe der Software "Publish or Perish" (Harzing, 2007). Die folgenden Schlüsselwörter wurden verwendet: "Augmented Reality UND Chemie ODER Biologie ODER Physik ODER STEM ODER STE(A)M UND Experiment ODER Experiment*". In diesem Zusammenhang wurde ein deutlicher Bedarf im Bereich der Chemie festgestellt. Bisher wurden Experimente mithilfe von Augmented Reality (AR) erweitert oder umgesetzt, insbesondere in Bezug auf Labornutzung, Arbeitssicherheit im Labor, Redox-Reaktionen, Biochemie und Titration.

Keine dieser Forschungsarbeiten setzt sich jedoch damit auseinander, wo Lehrkräfte das Potenzial von Augmented Reality (AR) erkennen und wie die Anwendung von AR die erzielten Ergebnisse beeinflussen kann. An diesem Punkt knüpft die zweite Grundlage und somit die erste Studie des Projekts ARiELLE an. Die Tatsache, dass Lehrkräfte in den Experimenten Potenzial für AR erkennen, zeigt, dass diese Technologie als wertvolles Werkzeug zur Verbesserung des Lernens in der Chemiebildung betrachtet werden kann. Sie zeigt auch, dass Lehrkräfte AR eine breite Anwendbarkeit und Relevanz in verschiedenen chemischen Themenbereichen beim Experimentieren zuschreiben. Dennoch bedarf es weiterer Forschung, um die Wirksamkeit von AR in verschiedenen Lernkontexten weiter zu belegen, ihre optimale Integration in den Bildungsprozess zu untersuchen und ihre Erscheinungsform zu erforschen (Syskowski et al., 2023). Das Projekt ARiELLE fokussiert sich auf die Entwicklung und Beforschung zweier Lernumgebungen, zum einen die „Titration von Schwefelsäure“. Bei der Titration ist der Indikatorumschlagspunkt auf makroskopischer Ebene beobachtbar und durch AR-Visualisierungen wird submikroskopisch der dynamische Prozess dargestellt. Der Kontext der Leitfähigkeit von Salzen und das dazugehörige Experiment, bei dem beispielsweise in destilliertem Wasser keine Leitfähigkeit mit einer LED gemessen wird, während dies in Salzwasser der Fall ist, werden durch ein Verständnis chemischer Prozesse begleitet und bilden die Grundlage für die zweite Lernumgebung. Um Lernenden dieses Verständnis zu ermöglichen, werden geeignete Experimente im Chemieunterricht durchgeführt. Dabei führt die Beobachtung zur Auswertung auf Basis von Modellen und ermöglicht eine Verbindung zwischen makroskopischer, submikroskopischer und symbolischer Ebene.

Es stellt sich die Frage, wie ein tabletgestütztes, digital und explizit mit Augmented Reality sowie Sensoren angereichertes Lernszenario für Experimente konzipiert sein kann und welche Auswirkungen die Gestaltparameter nach Krug et al. (2021) haben? Konkret untersuchen wir wie die Darstellung der Teilchenebene für den Versuch gestaltet sein sollte und welchen Einfluss die Änderung des Parameters „Inhaltliche Nähe zur Realität“ auf das Blickverhalten und Verständnis der Schüler:innen hat. Als Analyseinstrumente werden Interview und Eye-Tracking somit Video-, Test- und Audioaufnahmen verwendet.

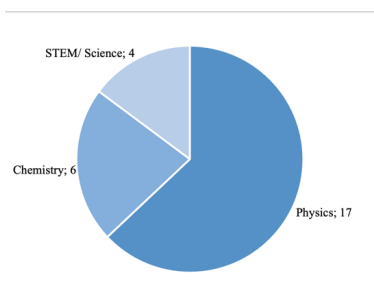


Abbildung 1 Verteilung der Fächer der AR Anreicherungen von Experimenten.

Erste beispielhafte Ergebnisse. Um die Darstellung der Teilchenebene zu analysieren, wurden sechs leitfadenbasierte und teilstrukturierte Experteninterviews durchgeführt, umgesetzt mit drei Chemielehrkräften, einem Fachberater und zwei Fachleitern, mit einer Dauer von 1,5-2 Stunden. Aussagen wie: *SuS zudem nicht genau erkennen könnten, dass im Verlaufe der Reaktion das Oxonium-Ion ein Proton abgibt* (00:21:38 P5) oder *Codierung der CPK-Farben befolgt wurde, da die SuS diese bereits kennen und dies das Verständnis erleichtern würde* (00:25:09-00:33:06 P6) führten zu einer Vereinfachung der Darstellung der Teilchenebene in Bezug auf die farbliche Darstellung und auf die Hydrathüllen bei der Titration und der Leitfähigkeit (Abbildung 2). In diesem Zusammenhang erhielt ein Experiment der Leitfähigkeitslernumgebung die Funktion, Ein- und Ausblenden der Wasserteilchen.

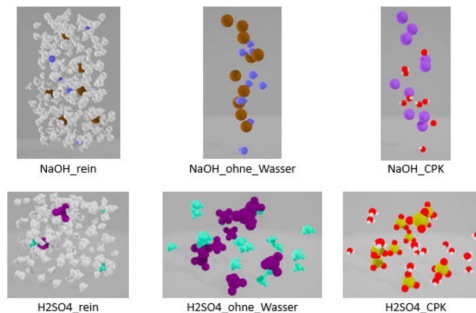


Abbildung 2 Entwicklung der Darstellung von der Teilchenebene der Edukte bei der Schwefelsäuretitration mit Natronlauge.

Bei einer Pilottestung mit 5 an Schüler:innen der 9. Klasse wurde angemerkt, dass bei der Leitfähigkeit von Salzen das Salzwasser als auch das Leitungswasser auf Teilchenebene in der AR visualisiert werden soll und nicht wie anfangs nur das Salzwasser. Dies wurde für die Hauptstudie entsprechend angepasst siehe Abbildung 3.

Bezüglich der Untersuchung des Parameters „Inhaltliche Nähe zur Realität“ wurde die Platzierung der Teilchenebene in Bezug auf das Experiment Titration angeschaut. Version 1: die Legende und Teilchenebene sind links vom realen Experiment platziert. Version 2: die Legende ist links und die Teilchenebene rechts vom realen Experiment platziert. 72 Schüler:innen der 10. Klasse von Gymnasien aus Baden-Württemberg nahmen an der Studie teil. Diese Teilnahme beinhaltete eine 45 min Einzelunterrichtsstunde, bei der sie die Glasses3 bei der Durchführung einer Titration und ihrer Auswertung begleitete und somit Eye-

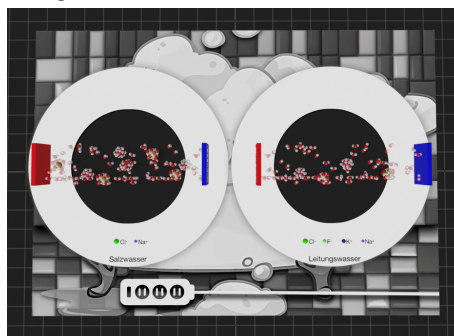


Abbildung 3 AR nach der Überarbeitung nach der Pilotstudie mit der Darstellung der Teilchenebene des Salzwassers und des Leitungswassers, hier mit Hydrathüllen.

Tracking-Daten aufgenommen wurden. Ein erster Blick in die Daten (12 Eye-Tracking-Daten) lassen darauf schließen, dass die Darstellung in Version 2 das Experiment stärker betrachten lässt, wenn die Teilchenebene und die Legende betrachtet wurden. Das Verständnis und die korrekte Aufstellung der Reaktionsgleichung bei der Titration scheinen unabhängig von Version 1 oder 2.

Diskussion und Ausblick. Ein angestrebtes Ziel, die Erstellung von AR, die Experimente unterstützt wurden umgesetzt, deren Veröffentlichung noch aussteht. Die Studien wurden durchgeführt und die Materialien stehen zur Auswertung bereit. Werden die ersten Eindrücke durch die anderen Daten bestätigt?

Danksagung. Das Projekt ARiELLE – Augmented Reality in Experimental Laboratory Learning Environments wird von der Joachim Herz Stiftung im Rahmen des Programms "Kolleg Didaktik:digital" finanziert. Wir sind außerordentlich dankbar für die umfassende Unterstützung unseres Projekts. Darüber hinaus möchten wir den beteiligten Lehrkräften für ihre Begleitung bei der Entwicklung der AR-Anwendung und die Durchführung der Studien an den Schulen danken, ebenso wie den Schüler:innen für ihre Teilnahme.

Literatur

- Azuma, R. T. (1997). "A survey of augmented reality." *Presence: teleoperators & virtual environments* 6(4): 355-385.
- Krug, M., Czok, V., Weitzel, H., Müller, W., & Huwer, J. (2021). Gestaltungsparameter für Lehr-Lernszenarien mit Augmented-Reality-Anwendungen im naturwissenschaftlichen Unterricht: ein Review.
- Krug, M., Thoms, L.-J., & Huwer, J. (2023). Augmented Reality in the Science Classroom—Implementing Pre-Service Teacher Training in the Competency Area of Simulation and Modeling According to the DiKoLAN Framework. *Education Sciences*, 13(10), 1016. <https://doi.org/10.3390/educsci13101016>
- Milgram, P., et al. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. Telemanipulator and telepresence technologies, Spie.