

Diana Zeller¹
Thorben Frohne¹
Claudia Bohrmann-Linde¹
Nils Mack¹
Claudia Schrader¹

¹Universität Wuppertal

VR-Lernsetting zu Verbrennungen: Erkundung der Teilchenebene in 3D

Einleitung

Im Gegensatz zu klassischen Medientypen wie Abbildungen oder Animationen ermöglicht Virtual Reality (Thiele, Mirica, Lau & Habig, 2023) ein immersives Eintauchen in räumliche Darstellungen oder Abläufe und bietet die Möglichkeit zur responsiven Interaktion mit dreidimensionalen Objekten. Ziel der in dem Beitrag vorgestellten Studie war es zu überprüfen, inwiefern VR bei Schüler*innen einen positiven Effekt auf das Verständnis chemischer Fachinhalte haben könnte, da der bisherige Forschungsstand nur wenige Aussagen zum didaktischen Mehrwert zur Verwendung von VR in der Unterrichtspraxis zulässt. Die Studie wurde im Rahmen einer Masterarbeit mit SchülerInnen des Anfangsunterrichts Chemie durchgeführt (Frohne, 2024).

Forschungsstand zu VR im Fach Chemie

Ein Überblick über den aktuellen Forschungsstand zeigt, dass der Einsatz von VR im Fach Chemie vor allem in der Hochschullehre beforscht wurde (van Dinther, Putter & Pepin, 2023) (Lopes et al., 2024) und deshalb die Befunde für die Sekundarstufe, insbesondere zum Verständnis der Teilchenebene, noch unterrepräsentiert sind (Maksimenko et al. 2021; Zhao, Chu & Chen, 2022; Calma-Roddin, Park & Keighron, 2023). Allgemein konnte bisher gezeigt werden, dass die Nutzung von VR-Anwendungen zum Verständnis der Teilchenebene beitragen kann. Dabei wurde auch festgestellt, dass der generelle Lernzuwachs durch die Anwendung von VR mindestens gleichwertig oder etwas höher im Vergleich zu traditionellen Methoden ausfällt (Laricheva & Ilikchyan, 2023; Abbasi, Rasool & Habib, 2023). Aus diesem Grund sollte in der vorliegenden Studie untersucht werden, inwiefern VR-basierte Lernumgebungen einen messbaren Lernerfolg bei Lernenden der 8. Klasse ermöglichen und wie dieser sich zu traditionellen Medien (hier: Animationsvideos) unterscheidet.

Präkonzepte von Lernenden zu Verbrennungen

Das Thema Verbrennungen ist mit einer Bandbreite an Präkonzepten von Lernenden (Barke, 2006; Hundertmark & Schanze, 2017; Petermann, Friedrich & Oetken, 2011) verbunden. So verknüpfen Lernende basierend auf ihren Alltagsbeobachtungen die Verbrennung häufig mit Vernichtungs- oder Zerlegungsprozessen. Weiterhin ist eine fachliche Herausforderung, dass die bei der Verbrennungsreaktion entstehenden farblosen Gase nicht sichtbar sind und somit auch häufig von Lernenden nicht als an der Reaktion beteiligte Stoffe betrachtet werden. Auch bereitet den Lernenden der Übergang von der makroskopischen auf die (sub-) mikroskopische Ebene Schwierigkeiten (Mahaffy, 2004). Für die Adressierung dieser Präkonzepte und das Verständnis der chemischen Prozesse auch auf der Teilchenebene könnte Virtual Reality (VR)

einen neuartigen Zugang auf der Teilchenebene bieten, der bereits in der Einstiegsphase im Fach Chemie von Vorteil sein könnte.

Studiendesign

Als Grundlage der Studie wurde ein VR-Lernsetting zu Verbrennungsreaktionen ausgewählt, das von Studierenden im Lehrprojekt FoPro-VR (Zeller, Bohrmann-Linde, Mack, Diekmann & Schrader, 2025) entwickelt worden war. Diese VR-Lernsettings bestehen aus zwei Teilen: Der Durchführung von Verbrennungsversuchen in einem virtuellen Labor und die anschließende Erkundung der Reaktionen auf der Teilchenebene. Inhaltlich ging es um die Verbrennung von verschiedenen Stoffen (Eisen, Kohlen oder Magnesium) in einer Sauerstoff- bzw. einer Kohlenstoffdioxid-Atmosphäre (Zeller, Bohrmann-Linde, Mack, Diekmann & Schrader, 2024). Für die Studie wurde ein Triangulationsdesign im Mixed-Methods-Ansatz mit quantitativen und qualitativen Items im Pre-/Post-Test gewählt (Kuckartz, 2014). Aufgrund des benötigten Vorwissens zur Teilchenebene wurde die Studie mit zwei 8. Klassen (N = 52) durchgeführt. Die Klassen wurden dafür halbiert und erarbeiteten die Inhalte entweder über das VR-Lernsetting oder über Animationsvideos. Die Items der Pre-/Post-Befragung wurden im Wesentlichen aus der Literatur entnommen (Barke, 2006) (Hundertmark & Schanze, 2017). Hinsichtlich der Erfassung der Transferleistung wurden vier weitere Items passend zu der vermittelten Teilchenebene entwickelt, wobei auch eine Zeichenaufgabe zur qualitativen Auswertung inkludiert wurde. Über die Zeichnung sollten die jeweiligen Vorstellungen über die Prozesse bei chemischen Reaktionen auf der Teilchenebene erhoben werden.

Lernerfolg durch VR vs. Animationsvideos

Die erste Fragestellung war, welchen Einfluss eine VR-basierte bzw. Animations-basierte Lernumgebung auf den Lernerfolg von Lernenden zum Thema Verbrennungsreaktionen hat. Basierend auf dem aktuellen Forschungsstand waren die hypothetischen Überlegungen, dass bei beiden Methoden eine signifikante Verbesserung des Lernstands zu erwarten gewesen wäre. Die deskriptiven Ergebnisse des Vergleichs von Pre- und Post-Test zeigen, dass dies durch die Ergebnisse zunächst bestätigt werden konnte (Abb. 1). Neben den deskriptiven Daten wurde auch die Signifikanz und die Effektstärke r berechnet. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass beide Lernszenarien einen ausgeprägten effektiven Lernerfolg induzieren und somit für die Vermittlung des Themas geeignet sind. In der zweiten Fragestellung wurde überprüft, inwiefern der Lernerfolg bei der Nutzung von VR im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden ist. Die inferenzielle Statistik erfolgte mit einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung. Deren Ergebnisse verdeutlichen, dass für den fachlichen Kontext der Studie beide Methoden einen gleichen Lernerfolg zeigen.

Gruppe	W	z	p	r
VR (n = 26)	33	-3.221	.001*	.63
Animation (n = 26)	6	-4.226	<-.001*	.83

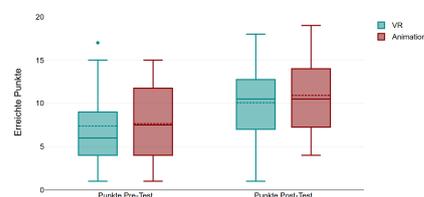


Abb. 1: Links: Box-Plot-Diagramme Pre-/Post-Test, Rechts: Ergebnisse aus den Wilcoxon-Tests (* $p < .05$; r = Effektgröße) (Frohne, 2024).

Einfluss von VR auf Präkonzepte

In der dritten Fragestellung wurden die qualitativen Items der Tests dahingehend ausgewertet, inwiefern bekannte, lernhinderliche Präkonzepte durch die Intervention in fachlich fundierte Konzeptionen eine Änderung erfahren haben. Hierfür wurden die Antworten der Freitext- und Zeichnungs-Items anhand der Auflistung typischer Schülervorstellungen zum Thema Verbrennungen von Hundertmark & Schanze (2017) qualitativ überprüft. In den Pre-Tests konnten an den entsprechenden Freitext-Items gängige Präkonzepte identifiziert werden: Dabei wurde am häufigsten angeführt, dass es sich bei Verbrennungen um einen Zerlegungsprozess handeln würde. In den Post-Tests konnte bei diesen Lernenden dann in der Regel auch keine Revision der Vorstellung festgestellt werden. Bei wenigen Lernenden schien sich sogar ein weiteres, klassisches Präkonzept eingestellt zu haben. Bspw. wurde im Pre-Test von KO17 (anonymer Code) bei dem Freitextitem „Handelt es sich bei einer Verbrennung um eine chemische Reaktion?“ angegeben, dass sich ein Objekt bei einer Verbrennung in Rauch „auflöst“. Bei dieser Formulierung handelt es sich um das klassische Präkonzept, dass es sich bei einer Verbrennung um einen Zerlegungsprozess handelt. Im Post-Test dagegen wurde von KO17 beschrieben, dass „der Zustand des Objekts“ sich verändert habe. Diese Formulierung könnte darauf hindeuten, dass nach der Intervention die Vorstellung vorliegt, dass bei der chemischen Reaktion nicht eine neue Verbindung entstanden ist, sondern lediglich der Aggregatzustand gewechselt habe.

In der Zeichenaufgabe konnte aber bei der Reproduktion der Teilchenebene bei beiden Gruppen eine leicht positive Tendenz festgestellt werden. Nicht immer hat sich die Darstellungsleistung sichtlich verbessert, da in vielen Zeichnungen keine Unterschiede zwischen den Aggregatzuständen oder die Anordnung in einer Gitterstruktur zu erkennen sind. Die stöchiometrischen Verhältnisse werden nur von wenigen Lernenden beachtet. Aufgrund der gemischten Befundlage lässt sich diese Fragestellung nicht allgemeingültig beantworten. Insbesondere in den Darstellungen der Teilchenebene zeigte sich, dass Schülervorstellungen nicht zwangsläufig durch den neuen Zugang zu den fachlichen Inhalten mit VR korrigiert werden konnten.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der Studie bestätigen, dass sowohl VR-basierte als auch Animationsvideosbasierte Lernmethoden effektiv sind, um das Verständnis von Verbrennungsreaktionen zu verbessern. Dabei ließ sich kein Unterschied zwischen den beiden methodischen Vorgehensweisen feststellen: So waren sie hinsichtlich ihrer Effektivität identisch und haben somit jeweils eine unabhängige Daseinsberechtigung zur Vermittlung des hier verwendeten Themengebiets. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse auf, dass beide Lernmethoden bei der Vermittlung der Teilchenebene erfolgreich sind, jedoch eine Korrektur lernhinderlicher Präkonzepte nicht erkannt werden konnte. Hier stellt sich natürlich die Frage, inwiefern diese einmalige Intervention für eine nachhaltige Korrektur auch erfolgreich sein könnte.

Vor diesem Hintergrund ist die verwendete VR-Umgebung dennoch eine passende Möglichkeit zum Erreichen von einer Methodenvielfalt im Chemieunterricht ohne Einbußen des Lernerfolgs. Mit Blick auf die Erprobung von VR in der Schulpraxis wäre ein nächster Schritt zu überprüfen, inwiefern die Ergebnisse im Unterrichtseinsatz bestätigt werden können. Wenn es auch einige Nachteile bezüglich des Einsatzes von VR im regulären Unterricht, wie den hohen Bedarf an personellen und technischen Ressourcen, gibt, bietet die Technologie eine neuartige Lernmethode, die durch den hohen motivationalen Charakter (Schrader et al., 2024) für Lernende den Chemieunterricht bereichern könnte.

Literatur

- Abbasi, I., Rasool, S., Habib, U. (2023). Virtual Reality as a Medium of Asynchronous Content Delivery for Teaching about Enzymes. *J. Chem. Educ.* 100/3, 1203–1210.
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Calma-Roddin, N., Park, K., Keighron, J. (2023). Exploring the Structure of Proteins and Other Biomolecules with a VR Museum: Lessons in Classroom Integration. *J. Chem. Educ.* 100/7, 2574–2582.
- Frohne, T. (2024). Konzeption, Durchführung und Auswertung einer Untersuchung zum fachlichen Verständnis von Verbrennungsreaktionen auf der Teilchenebene mithilfe von VR im Abgleich zu Animationen, Masterarbeit. Universität Wuppertal.
- Hundertmark, S., Schanze, S. (2017). Was wird bei Verbrennungen vernichtet? Von einem Alltagsphänomen zum Konzept der chemischen Reaktion. *NiU-C* 25/159, 19–25.
- Kuckartz, U. (2014). *Mixed Methods. Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*. Springer VS, Wiesbaden.
- Laricheva, E. N., Ilikchyan, A. (2023). Exploring the Effect of Virtual Reality on Learning in General Chemistry Students with Low Visual-Spatial Skills. *J. Chem. Educ.* 100/2, 589–596.
- Lopes, R. M., Braga, L. A. M., Serrão, A. S. R., Teixeira, L. d. A., Comarú, M. W., Souza, R. A. de, Souza, C. A. M. de, Mota, F. B. (2024). Virtual Reality to Teach Students in Laboratories: A Bibliometric and Network Analysis. *J. Chem. Educ.* 101/2, 501–513.
- Mahaffy, P. G. (2004). The Future Shape of Chemistry Education. *Chem. Educ. Res. Pract.* 5/3, 229–245.
- Maksimenco, N., Okolzina, A., Vlasova, A., Tracey, C., Kurushkin, M. (2021). Introducing Atomic Structure to First-Year Undergraduate Chemistry Students with an Immersive Virtual Reality Experience. *J. Chem. Educ.* 98/6, 2104–2108.
- Petermann, K., Friedrich, J., Oetken, M. (2011). Die Quantifizierung des „Horror vacui“. Ein Gedankenexperiment zur Bestimmung der mittleren Teilchenabstände im gasförmigen Zustand. *PdN-ChiS* 60/2, 45–48.
- Schrader, C., Diekmann, C., Schulz, P., Mack, N., Bohrmann-Linde, C., Zeller, D. (2024). Hands-on training: Effects on virtual presence, learning-centered emotions, cognitive load and learning outcome when learning with virtual reality. *Computers in Human Behavior Reports*, 100487.
- Thiele, G., Mirica, K. A., Lau, K. C., Habig, S. (2023). AR, VR, and the Metaverse in Teaching: An Advocacy for Precise Differentiation. *J. Chem. Educ.* 100/11, 4177–4180.
- van Dinther, R., Putter, L. de, Pepin, B. (2023). Features of Immersive Virtual Reality to Support Meaningful Chemistry Education. *J. Chem. Educ.* 100/4, 1537–1546.
- Zeller, D., Bohrmann-Linde, C., Mack, N., Schrader, C. Produktion eigener VR-Lernsettings im Projekt FoPro-VR. Ein interdisziplinärer Lehransatz für die Lehramtsausbildung, In: Mrohs, L., Franz, J., Herrmann, D., Lindner, K., Staake, T. (2025). *Digitales Lehren und Lernen an der Hochschule. Strategien – Bedingungen – Umsetzung*. Transcript Verlag (im Erscheinen).
- Zeller, D., Bohrmann-Linde, C., Mack, N., Diekmann, C., Schrader, C. (2024). Virtual Reality für den Chemieunterricht. *Nachrichten aus der Chemie* 72/6, 15–20.
- Zhao, R., Chu, Q., Chen, D. (2022). Exploring Chemical Reactions in Virtual Reality. *J. Chem. Educ.* 99/4, 1635–1641.