

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



D. Zeller, T. Frohne, N. Mack, C. Schrader, C. Bohrmann-Linde

zeller@uni-wuppertal.de

Einführung

Im Gegensatz zu klassischen Medientypen wie Abbildungen oder Animationen ermöglicht Virtual Reality [1] ein immersives Eintauchen in räumliche Darstellungen/Abläufe und bietet eine responsive Interaktion mit dreidimensionalen Objekten. Ziel der vorliegenden 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 ermöglicht. Die Studie wurde im Rahmen einer Masterarbeit mit SchülerInnen des Anfangsunterrichts Chemie durchgeführt [5-7].

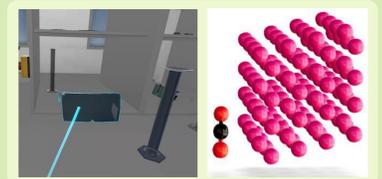


Abb. 1: Einblicke in das VR-Lernsetting der Studierenden.

Forschungsstand 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 [i. A. 5;6] und deshalb die Befunde für die Sekundarstufe, insbesondere zum Verständnis der Teilchenebene, noch unterrepräsentiert sind [8-10]. Allgemein konnte bisher gezeigt werden, dass die Nutzung von VR-Anwendungen zum Verständnis der Teilchenebene beitragen kann. Dabei konnte auch festgestellt werden, dass der generelle Lernzuwachs durch die Anwendung von VR mindestens gleichwertig oder aber höher gegenüber traditionellen Methoden ist [11;12]. Aus diesem Grund sollte in der vorliegenden Studie untersucht werden, inwiefern VR-basierte Lernumgebungen einen effektiven Lernerfolg bei Lernenden der 8. Klasse ermöglichen und ob dieser sich zu traditionellen Medien (hier: Animationsvideos) unterscheidet.

Studiendesign

Als Grundlage der Studie wurde ein VR-Raum zu Verbrennungsreaktionen von Studierenden des Projekts FoPro-VR gewählt. Aufgrund des benötigten Vorwissens zur Teilchenebene wurde die Studie mit zwei 8. Klassen (N = 52) durchgeführt. Für die Studie wurde ein **Triangulationsdesign** im **Mixed-Methods-Ansatz** mit quantitativen und qualitativen Elementen im Pre-/Post-Test gewählt [13]. Die Items aus dem Fragebogen wurden im Wesentlichen aus der Literatur entnommen [14;15]. Hinsichtlich der Erfassung der Transferleistung wurden vier Items passend zu der vermittelten Teilchenebene entwickelt, wobei eine Zeichnungsaufgabe zur qualitativen Auswertung inkludiert wurde.

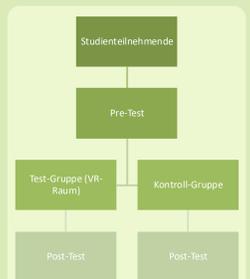


Abb. 2: Studiendesign Masterarbeit Thorben Frohne.

Lernerfolg durch VR vs. Animationsvideos

Die erste Fragestellung war, welchen Einfluss eine VR-basierte bzw. Animations-basierte Lernumgebung auf den effektiven 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 können (Abb. 3). Neben der deskriptiven Daten wurde auch die **Signifikanz** und die **Effektstärke r** berechnet (Abb. 4). 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 abschneidet. Die inferentielle Statistik erfolgte mit einer **zweifaktoriellen Varianzanalyse** mit Messwiederholung. Deren Ergebnisse verdeutlichen, dass für den fachlichen Kontext der Studie beide Methoden einen gleichen Lernerfolg zeigen.

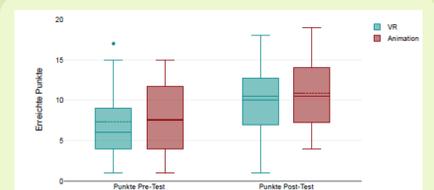


Abb. 3: Box-Plot-Diagramme Pre-/Post-Test (Darst.: Thorben Frohne).

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

Abb. 4: Ergebnisse aus den Wilcoxon-Tests (*p < .05; r = Effektgröße).

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 revidiert werden können. Hierfür wurden die Antworten anhand der Auflistung typischer Schülervorstellungen zum Thema Verbrennungen von Hundertmark & Schanze (2017) qualitativ überprüft [15]. 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 manchen Lernenden scheint sich sogar ein weiteres, klassisches Präkonzept eingestellt zu haben (vgl. KO17).

In der Zeichenaufgabe konnte bei der Reproduktion der Teilchenebene bei beiden Gruppen eine leicht positive Tendenz festgestellt werden, wie es in Abb. 5 und 6 erkennbar ist. Doch nicht immer hat sich die Darstellungsleistung sichtlich verbessert, denn in vielen Zeichnungen sind keine Unterschiede zwischen den Aggregatzuständen oder die Anordnung in einer Gitterstruktur dargestellt. Die Stöchiometrie wird nur von fünf 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.

Häufige Antworten zum Freitext-Item „Handelt es sich bei einer Verbrennung um eine chemische Reaktion?“

Pre
- „Ja, weil ein Objekt verbrennt und sich zu z.B. Gas oder Rauch auflöst“ (KO17, VR)
- „Ja, ich denke, dass es vielleicht Stoffe freigibt bei der Verbrennung“ (AU30, AN)
Post
- „Ja, weil sich der Zustand des Objektes ändert“ (KO17)
- „Ja, weil sie verschiedene Reaktionen haben und mit anderen Stoffen anders reagieren, z.B. Magnesium.“ (AU30)

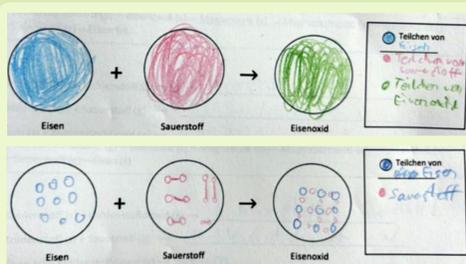


Abb. 5: Teilchendarstellung aus den Pre-Tests (oben) und den zugehörigen Post-Tests von der Schülerin HE30 (Anim.) (unten).

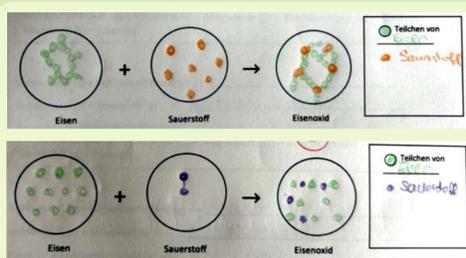


Abb. 6: Teilchendarstellung aus den Pre-Tests (oben) und den zugehörigen Post-Tests von der Schüler MA27 (VR) (unten).

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der Studie bestätigen, dass sowohl VR-basierte als auch Animationsvideos-basierte 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 konnte.

Vor diesem Hintergrund ist die verwendete VR-Umgebung 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 kontrollieren, inwiefern die Ergebnisse im Unterrichtseinsatz bestätigt werden können. Wenn es auch Nachteile für den Nutzen von VR, wie dem hohen Bedarf an personellen und technischen Ressourcen, gibt, bietet die Technologie eine neuartige und effektive Lernmethode, die durch den hohen motivationalen Charakter für Lernende den Chemieunterricht bereichern könnte. Die hohe Motivation der Lernenden konnte auch in den Post-Tests der Studie bestätigt werden.

Literatur

- [1] Thiele, G., Mirica, K. A., Liu, K. C., Habig, S. (2023). AR, VR, and the Metaverse in Teaching: An Advocacy for Precise Differentiation. *J. Chem. Educ.* 100/11, 4177–4180.
- [2] 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.
- [3] Zeller, D., Bohrmann-Linde, C., Mack, N., Schrader, C. Produktion eigener VR-Lernsettings im Projekt FoPro-VR. Ein interdisziplinärer Lehransatz für die Lehramtsausbildung. In: Wrohs, L., Franz, J., Herrmann, D., Lindner, K., Staake, T. (2025). Digitales Lehren und Lernen an der Hochschule. Strategien – Bedingungen – Umsetzung. Transcript Verlag (im Erscheinen).
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] van Dinther, R., Putter, L. de, Papi, B. (2023). Features of Immersive Virtual Reality to Support Meaningful Chemistry Education. *J. Chem. Educ.* 100/6, 1537–1546.
- [7] Lopes, R. M., Braga, L. A. M., Serrão, A. S. R., Teixeira, L. G. A., Comaró, 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.
- [8] Maksimenko, N., Okolizina, 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.
- [9] Zhao, R., Chu, Q., Chen, D. (2022). Exploring Chemical Reactions in Virtual Reality. *J. Chem. Educ.* 99/4, 1635–1641.
- [10] Calma-Rodriguez, 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.
- [11] Laricheva, E. N., Illichyan, A. (2023). Exploring the Effect of Virtual Reality on Learning in General Chemistry Students with Low Visual-Spatial Skills. *J. Chem. Educ.* 100/7, 589–596.
- [12] 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.
- [13] Kuckartz, U. (2014). *Mixed Methods. Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*. Springer VS, Wiesbaden.
- [14] Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [15] Hundertmark, S., Schanze, S. (2017). Was wird bei Verbrennungen vernichtet? Von einem Alltagsphänomen zum Konzept der chemischen Reaktion. *NIU-C* 25/159, 19–25.

Projektwebsite



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

DIDAKTIK
DER
CHEMIE