

Marc Bastian Rieger<sup>1</sup>  
 Alexander Engl<sup>1</sup>  
 Björn Risch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Rheinland-Pfälzische Technische  
 Universität Kaiserslautern-Landau,  
 Campus Landau

## Formulierung von Gestaltungsprinzipien für VR-Lernumgebungen

Virtuelle Realität (VR) entwickelt sich immer mehr zu einem wichtigen Bildungswerkzeug für den MINT-Bereich. So lassen sich eine Vielzahl an Lernprozessen durch VR unterstützen: Das Sichtbarmachen unsichtbarer Phänomene (z. B. submikroskopische Vorgänge auf Teilchenebene) oder auch das Aufsuchen von Orten, die normalerweise nicht erreichbar wären, zum Beispiel der Besuch eines außerschulischen Lernorts im Rahmen einer Exkursion. Die Möglichkeit, die Vorteile außerschulischer Lernorte in virtueller Realität (VR) abzubilden, würde zahlreiche Vorteile bewirken: So könnten klassische Hürden der Durchführung von Exkursionen, wie körperliche und psychische Einschränkungen der Schüler:innen, die Finanzierung sowie rechtliche Rahmenbedingungen genommen werden (Stolz & Feiler 2018). Zudem ließe sich eine weltweite Zugänglichkeit von lokalen Lehr- und Lernmöglichkeiten schaffen, die es den Nutzenden ermöglicht, bis dato unmögliche Erfahrungen zu erleben (Mikropoulos & Natsis 2011).

Derzeit setzen sich nur wenige Studien damit auseinander, wie VR-Lernumgebungen im schulischen und außerschulischen Alltag eingesetzt werden können und welche Lernleistungen der Schüler:innen daraus resultieren (Pellas et al. 2020). Lernen in VR wurden von Johnson-Glenberg (2019) bereits zusammenfassend und allgemein analysiert, allerdings ohne konkreten Bezug auf das nationale Bildungssystem. In der schulischen und außerschulischen Praxis mangelt es vor allem an qualitativ hochwertigen und adressatengerechten VR-Lernumgebungen. Dies liegt auch daran, dass potenziellen Entwickler:innen keine unterrichtsbezogenen Designkriterien vorliegen, an denen sie sich bei VR-Konzeptionen orientieren könnten. An dieser Stelle setzt das nachfolgend vorgestellte Forschungsprojekt an.

Zunächst wurde ein Ausschnitt des außerschulischen Lernorts Reallabor Queichland in VR nachgebaut (vgl. Abb. 1). Das Reallabor wurde 2018 im Stadtgebiet von Landau in der Pfalz auf einer Fläche von circa sechs Hektar eingerichtet. Vor Ort werden im Dialog zwischen Wissenschaft, Schule und Zivilgesellschaft, MINT-spezifische Angebote im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) zu den Themen Wasser, Luft und Land erarbeitet sowie der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Die Inhalte basieren auf den Sustainable Development Goals (SDGs) 6 („Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen“), 13 („Maßnahmen zum Klimaschutz“) und 15 („Leben an Land“). In die VR-Lernumgebung wurden drei Stationen einer fächerübergreifenden Lerneinheit zum Thema „CO<sub>2</sub>-Ausgasung in Fließgewässern“ implementiert. Diese kann beispielsweise im Fach Chemie zum Thema „Kohlenstoffkreislauf“ im Themenfeld 11 „Stoffe im Fokus von Umwelt und Klima“ (MBWWK 2014) eingesetzt werden. Inhaltlich thematisieren die VR-Lernstationen ausgewählte Bereiche des globalen Kohlenstoffkreislaufs mit einer relevanten aber bisher noch wenig untersuchten Quelle von CO<sub>2</sub> – den Fließgewässern – und einer effizienten Senke von CO<sub>2</sub>, nämlich dem Baumwachstum.

Auf der Basis der entwickelten VR-Lernumgebung wurden mittels eines Design-based Research Ansatzes gemeinsam mit Schüler:innen der zehnten Klasse relevante Kriterien ermit-

telt und als Gestaltungsprinzipien für die Erstellung von VR-Lernumgebungen formuliert. Die Ergebnisse der empirischen Studie fokussieren die Bereiche „räumliches Präsenzerleben“, „Authentizität“ sowie „Realismus“. Um deren Verknüpfung nachvollziehen zu können, werden die einzelnen Komponenten zunächst einzeln betrachtet.

### **Räumliches Präsenzerleben**

Räumliches Präsenzerleben ist eine subjektive Erfahrung, die eine physische Anwesenheit in einem virtuellen Raum vermittelt (Hartmann et al. 2015). Bedingt durch die technischen Gegebenheiten der jeweils genutzten VR-Brille hat diese Erfahrung damit eine technische Abhängigkeit, die das Immersionslevel beeinflusst. Räumliches Präsenzerleben wird als ein konstanter Prozess verstanden, der in jeder Sekunde durchlaufen wird und nicht als andauernder Zustand (Wirth et al. 2007). Dieser Prozess erfragt mit einem Hypothesentest, ob die wahrgenommenen Reize dominant und überzeugend genug sind, um sie als neue Realität anzunehmen (Hartmann et al. 2015). Dieser Hypothesentest ist das entscheidende Kriterium, um räumliches Präsenzerleben zu erzeugen und um damit alle Lernvorteile der VR nutzen zu können. Bei der Nachbildung eines außerschulischen Lernorts in VR ist ein entscheidendes Kriterium der Grad an Realismus, der erreicht werden kann, um den Nutzenden das Gefühl zu vermitteln live vor Ort zu sein. Dieser Realismus hat auch einen erheblichen Einfluss auf die Wahrnehmung der Authentizität der Umgebung, was wiederum das räumliche Präsenzerleben beeinflusst. Räumliches Präsenzerleben nach Hartmann et al. (2005) kann in zwei Subskalen aufgeteilt werden: Selbstlokation und Handlungsmöglichkeiten. Die Selbstlokation erhebt, wie die eigene Position im Raum wahrgenommen wird und ob man sich in der neuen Umgebung präsent fühlt. Die Handlungsmöglichkeiten erfragen, inwiefern man der Meinung ist, in der virtuellen Umgebung aktiv sein zu können.

### **Authentizität**

Einen außerschulischen Lernort in VR nachzubilden, erfordert einen hohen Grad an Realismus und damit einhergehend auch eine hohe Authentizität. Virtuelle Realität erzeugt eine geringere Menge an sensorischen Stimulationen als die reale Welt. Bei der Konzeption der VR-Lernumgebung ist es daher wichtig, dass beim Design darauf geachtet wird, die Annahmen und Erwartungen der Nutzenden mit einzubeziehen und Merkmale die diese stützen hervorzuheben (Gilbert 2016). Dies stärkt die Wahrnehmung der Authentizität der Umgebung und hilft dabei, diese als neue Realität anzunehmen und somit die Bildung des räumlichen Präsenzerlebens zu stärken.

### **Realismus**

Bei der Nachbildung eines außerschulischen Lernorts kann angenommen werden, dass die Nutzenden erwarten, eine möglichst detailgetreue Umgebung vorzufinden, die nach den uns bekannten Naturgesetzen funktioniert und mit realitätsnahen 3D Modellen ausgestattet ist. In unserer VR-Lernumgebung wurde darauf geachtet die benötigten Stimuli, die von den Nutzenden erwartet wird vorzufinden, zu stärken und hervorzuheben. Hierfür wurde die Unreal Engine 4 genutzt, da sie eine der stärksten Physik-Engines besitzt. Die virtuelle Fläche wurde mit einem Höhenmodell kombiniert, um die Blickperspektiven sowie Höhenunterschiede auf der Fläche herzustellen. Es wurde darauf geachtet möglichst viele 3D Modelle von heimischen Pflanzen zu nutzen und die Positionen der Bäume auf der Fläche einzuhalten. Eben-

so wurde die Erwartung an die Windbewegung durch einheitliche Gras- und Blätterbewegungen simuliert. Realitätsnahe Lichtbrechungen und -reflektionen konnten dank der modernen Technologie auch in den von uns wahrgenommenen Ausmaßen umgesetzt werden.

### VR-Lernstationen

Die Lernangebote des Reallabor Queichland sind sehr vielfältig und auf der gesamten Grünfläche verteilt. Deswegen wurde sich dazu entschieden als eine der Lernstationen ein mobiles Experiment in VR umzusetzen: Die Messung von ausgasendem CO<sub>2</sub> mit Hilfe einer sogenannten Floating Chamber. Es ist eine mit Alltagsutensilien gebaute Angel an deren Ende eine schwimmende Schale befestigt ist, in der Bluetooth Sensoren zur Messung von CO<sub>2</sub> und Temperatur befestigt sind (vgl. Abb. 1). Diese schwimmende Schale wird auf dem Fluss aufgesetzt, wodurch eine Ansammlung von ausgasendem CO<sub>2</sub> darunter erzeugt wird. Man kann nun auf einem Tablet nachverfolgen, wie der CO<sub>2</sub> Gehalt unter der Schüssel ansteigt.

Beim Design wurde darauf geachtet, dass die durchzuführenden Arbeitsschritte der Station so realistisch wie möglich sind. Die Floating Chamber befindet sich auf dem Arbeitstisch und muss von den Nutzenden mit den Sensoren bestückt sowie mit einem Deckel verschlossen werden. Danach muss die Floating Chamber auf dem Fluss platziert werden und es kann über das bereitgestellte Tablet die CO<sub>2</sub> Ausgasung beobachtet werden.

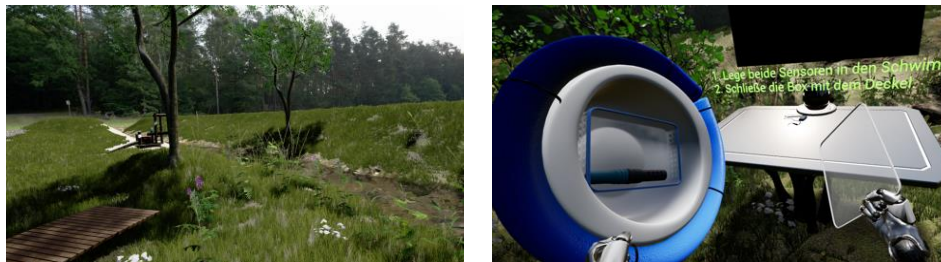


Abb. 1: Realistische 3D Modelle, um die Authentizität der Umgebung zu stärken (links) sowie Zusammenbauen der Floating Chamber in der VR-Lernstation 1 (rechts).

### Ergebnisse der Design-based Research Studie

Die Ergebnisse zeigen (Rieger et al., in Druck), dass in einer VR-Lernumgebung mit realitätsnahen 3D Modellen und Interaktionen hohe Werte der Selbstlokation sowie bei den Handlungsmöglichkeiten erreicht werden (vgl. Abb.2).

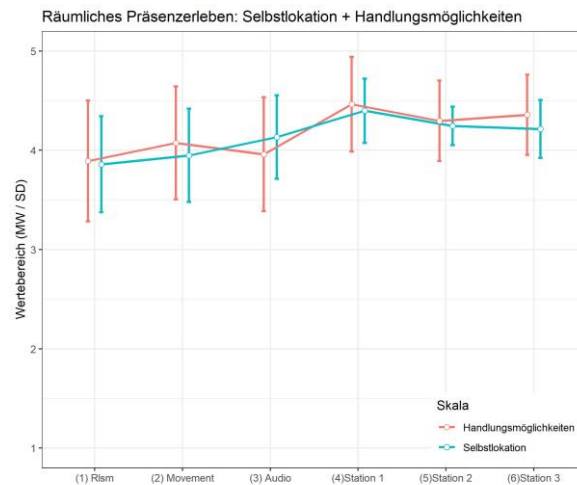


Abb 2: Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD) der Skalen Selbstlokation und Handlungsmöglichkeiten.

Ebenso wurde ermittelt, dass eine mehrfache Nutzung der VR-Lernumgebung zu einem Interessenszuwachs führt. Dies kann unter anderem mit der hohen Authentizität und der Unterstützung der Erwartungen der Nutzenden zusammenhängen. Wenn die Erwartungen und Annahmen der Nutzenden positiv unterstützt werden, neigen sie eher dazu, ein stärkeres Interesse an der Nutzung zu zeigen, als wenn dies nicht der Fall ist.

#### Literatur

- Gilbert, S. B. (2016). Perceived Realism of Virtual Environments Depends on Authenticity. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 25(4), 322–324. Doi: 10.1162/PRES\_a\_00276
- Hartmann, T., Böcking, S., Schramm, H., Wirth, W., Klimmt, C., Vorderer, P. (2005). Räumliche Präsenz als Rezeptionsmodalität. Ein theoretisches Modell zur Entstehung von Präsenzerleben. In: Gehrau, V., Bilandzic, H., Woelke, J. (Hrsg.): *Rezeptionsstrategien und Rezeptionsmodalitäten*, 21-37. München: Fischer, Reinhard.
- Hartmann, T., Wirth, W., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H., Böcking, S. (2015). Spatial Presence Theory: State of the Art and Challenges Ahead. In: Lombard, M., Biocca, F., Freeman, J., IJsselstein, W., & Schaevitz, R. J. (Hrsg.): *Immersed in Media*, 7. Cham: Springer International Publishing, 115–135.
- Johnson-Glenberg, M. C. (2019). The Necessary Nine: Design Principles for Embodied VR and Active Stem Education. In: Díaz, P., Ioannou, A., Bhagat, K. K., & Spector, J. M. (Hrsg.): *Smart Computing and Intelligence. Learning in a Digital World*, 70, 83-112. Springer Singapore. Doi: 10.1007/978-981-13-8265-9\_5
- Mikropoulos, T.A. & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999-2009). *Computers & Education*, 56(3). 769-780, 2011. Doi: 10.1016/j.compedu.2010.10.020
- Pellas, N., Dengel, A. & Christopoulos, A. (2020). "A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education," in *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 13, no. 4, 748-761. Doi: 10.1109/TLT.2020.3019405
- Rieger, M.; Wallrath, S.; Engl, A. & Risch, B. (in Druck). Formulierung von Gestaltungsprinzipien für schulisch geeignete VR-Lernumgebungen. In Roth et al. (Hrsg.): *Perspektiven auf digitalen MINT-Unterricht und Lehrkräftebildung der Zukunft. Die Zukunft des MINT-Lernens Band 2 – Digitale Tools*. Springer Verlag.
- Stolz, C. & Feiler, B. (2018). *Exkursionsdidaktik. Ein fächerübergreifender Praxisratgeber für Schule, Hochschule und Erwachsenenbildung*. 1. Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer (UTB, 4945).
- Wirth, W., Hartmann, T., Böcking, S., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H. (2007): A Process Model of the Formation of Spatial Presence Experiences. In: *Media Psychology*, 9 (3), 493–525. Doi: 10.1080/15213260701283079.