

Special Issue: Proceedings of the 11th DiNat Forum 2020

RESEARCHED BASED REPORT OF PRACTICE

IMMERSIVE VIRTUELLE REALITÄT MIT VR-BRILLEN IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT: POTENTIALE UND HERAUSFORDERUNGEN

Rolf Bürki¹, Josef Buchner²

¹Pädagogische Hochschule St.Gallen, rolf.buerki@phsg.ch

²Universität Duisburg-Essen, josef.buchner@uni-due.de

ABSTRACT

Obwohl Lernumgebungen mit Virtueller Realität (VR) in vielen Bereichen gewinnbringend eingesetzt werden, stehen entsprechende Anwendungen in der Schule noch in den Anfängen. Der Beitrag zeigt keine eigenen Forschungsergebnisse, sondern versteht sich als Grundlage und Anstoss für den Einsatz von VR im Geographieunterricht. Er stellt die Frage, inwiefern Anwendungen mit VR-Brillen mit einem Mehrwert eingesetzt werden können. Wie bei allen analogen und digitalen Medien darf VR nicht zu einer Herabsetzung der Realbegegnung und des ausser schulischen Lernens führen, sondern zu einer Ergänzung und Bereicherung. Erste praktische Anwendungen zeigen, dass dies gelingen kann. Es bedarf aber noch grosser Anstrengungen, insbesondere in der didaktischen Aufbereitung und Umsetzung von VR-Anwendungen.

Keywords: Virtuelle Realität (VR), Geographieunterricht, Immersion, Presence

Received: April 2020. **Accepted:** August 2020.

1 EINLEITUNG

Wer zum ersten Mal mit einer VR-Brille in die virtuelle Welt eintaucht, kennt das unglaublich realistische, immersive Gefühl und erlebt einen starken „Wow-Effekt“. Auch wenn die Prognosen über den Verkauf von VR-Brillen und VR-Apps bisher nicht erfüllt wurden, steigt ihr Einsatz nicht nur im Spiele- und Medienbereich, in der Industrie oder im Tourismus, sondern auch in der Bildung stark an (z.B. Maas & Hughes, 2020). Verkaufsgesprächs-Übungen, Medizinisches Operationstraining, Pilotenschulung oder die Ausbildung von Lackierern sind nur wenige Beispiele. VR-Anwendungen finden aber nur zögerlich Eingang in die Schulen.

Gerade das Fach Geographie bietet dank der Raumorientierung einen fruchtbaren Boden für Betrachtungen mit VR-Brillen. Wenn ein Gletscher, eine islamische Stadt oder das Mesozoikum nicht real erlebt werden können, ermöglicht VR (z.B. mit google earthVR oder google expeditions) Lernumgebungen mit intensiven Erlebnissen – mit der Gefahr einer oberflächlichen Betrachtung.

In diesem Beitrag wird zunächst Virtual Reality definiert und von anderen Technologien abgegrenzt. Im Anschluss werden die Möglichkeiten von VR für das

Lehren und Lernen skizziert, um daran anknüpfend Ideen für den Geographieunterricht aufzuzeigen. Hinweise zur Anwendung von Lernstrategien und didaktischen Modellen für den VR-Einsatz runden den Beitrag ab.

2 VIRTUELLE REALITÄT

Der Begriff Virtual Reality bzw. Virtuelle Realität (VR) lässt sich zurückführen auf Jaron Lanier, der bereits in den 80er Jahren erste VR-Brillen entwarf und damit in selbst programmierte virtuelle Welten eintauchte. Schon damals konnten er und sein Team digitale Objekte mithilfe eines speziellen Handschuhs in der Virtualität bewegen und modellieren (Virtual Reality Society, 2017). Die Basis für diese Technologie stammt von Ivan Sutherland, der mit dem Sword of Damocles die erste bekannte VR-Brille konstruierte (Sutherland, 1968). Heute verstehen wir unter VR eine gänzlich computergenerierte Welt, die möglichst viele Sinne anspricht, interaktiv ist und als Simulation der Realität wahrgenommen wird (Burdea & Coiffet, 2003; Dörner et al., 2019; Slater & Sanchez-Vives, 2016). Damit unterscheidet sich VR auch von den Technologien Augmented Reality (AR) und Augmented Virtuality (AV), die entsprechend dem Realitäts-Virtualitäts-



Kontinuum (Abb. 1) als Mixed Reality, also eine Vermischung aus realer und computergenerierter Welt, eingestuft werden (Milgram & Kishino, 1994).

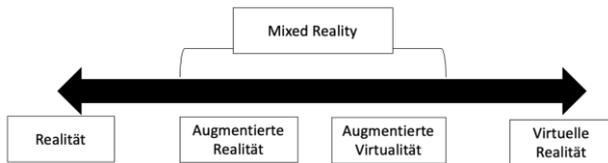


Abb. 1. Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum verändert nach Milgram & Kishino, 1994.

Auch im Bereich der VR lassen sich unterschiedliche Formen differenzieren. Relativ weit verbreitet sind bereits nicht-immersive VR-Anwendungen. In diese Kategorie fallen desktop-basierte Anwendungen, z.B. Computerspiele oder Simulationen wie Second Life, die über klassische Eingabegeräte bedient werden (Lee & Wong, 2014). Anders verhält es sich bei immersiven VR-Welten, die erst über zusätzliche Geräte wie VR-Brillen zugänglich werden. Zentrale Merkmale solcher Umgebungen sind erstens die Immersion und zweitens das Gefühl der Presence (Sanchez-Vives & Slater, 2005; Slater & Wilbur, 1997). Das Immersionserleben entsteht, wenn technische Voraussetzungen dafür geschaffen werden. Diese Voraussetzungen betreffen das Bewegen in der virtuellen Welt, also das Bewegen des Kopfes verändert auch die dargestellte digitale Szene, sowie die Realitätsnähe der Darstellung hinsichtlich Farben, Auflösung und Handlungsmöglichkeiten. Wird die Immersion entsprechend stark erlebt, kann das Gefühl der Presence entstehen. Presence ist ein multidimensionales psychologisches Konstrukt und sorgt schlussendlich dafür, dass Menschen in der VR so handeln wie sie dies auch in der Realität tun würden (z.B. Slater et al., 2006). Der Presence-Begriff wird vorrangig in der psychotherapeutischen VR-Forschungsliteratur verwendet, wohingegen Immersion stärker in der pädagogisch-psychologischen Forschungsgemeinschaft diskutiert wird. Aktuell wird im Kontext von Lehren und Lernen unter «to be immersed», das Gefühl verstanden, emotional, mental und physisch einen gegebenen Kontext wahrzunehmen und in diesen förmlich einzutauchen. Das sorgt dafür, dass Lernende hoch konzentriert mit den Lerninhalten interagieren, ähnlich wie beim Erleben von Flow (Cziksentmihalyi, 1991; Georgiou & Kyza, 2017).

Für den Unterricht sind solche Begriffs-differenzierungen im Hintergrund wichtig, führen jedoch in der praktischen Anwendung eher zu Verwirrungen. Für den folgenden Beitrag vereinfachen wir deshalb den Begriff auf den Kern in den Unterrichtsbeispielen, nämlich den Einsatz von VR-Brillen. Eine VR-Anwendung meint deshalb im Folgenden eine digital generierte Welt, die immersiv mit VR-Brillen erlebt wird. Die generierte Welt kann demnach aus 360°-Bildern oder «VR» bestehen und umfasst den realen sowie imaginären Raum. Das Spektrum der VR-Brillen reicht von einfachen google-cardboards bis zu Highend-Produkten wie zum Beispiel oculus-rift. Augmented und mixed Reality-

Anwendungen, unabhängig der Hardware, werden nicht thematisiert.

3 LERNEN MIT VR

Die Möglichkeit, authentische Darstellungen in der VR zu realisieren, verleitet zunächst zur Annahme, dass diese Visualisierungen Lernen initiieren. Wie für jedes andere Medium gilt jedoch auch für VR, dass didaktische Überlegungen und Lernaktivitäten entscheidend sind (Kerres, 2018; Kerres & Witt, 2003). Für VR-Lernwelten bieten sich nach Schwan & Buder (2002, 2006) sowie Dede (2009) folgende lernerbezogenen Handlungsmöglichkeiten an:

1. Explorationswelten: Sie zielen auf die Vermittlung deklarativen Wissens ab, ermöglichen den Lernenden sich selbstständig und forschend-entdeckend mit virtuellen Umwelten auseinanderzusetzen. Verknüpft mit aktivierenden Lernaufgaben, etwa dem Anfertigen von Mind-Maps, können solche Welten sehr effektiv beim Aufbau neuer Wissensstrukturen sein (Parong & Mayer, 2018).

2. Experimentalwelten: In solchen lassen sich die physikalischen Gesetze außer Kraft setzen und kausale Zusammenhänge überprüfen. Mit der Anwendung Nanome (<https://nanome.ai/nanome/>) steht eine solche Experimentalwelt für das Fach Chemie bereits zur Verfügung.

3. Trainingswelten: Lernende üben und trainieren hier Fähigkeiten und Fertigkeiten, die in realen Umgebungen nicht durchgeführt werden können, z.B. weil zu gefährlich, teuer oder gar nicht realisierbar. Solche Welten kommen bereits häufig in der beruflichen Bildung zum Einsatz, etwa in der Automobilbranche oder der Ausbildung von angehenden Lackiererinnen und Lackierern (Zender et al., 2019).

4. Konstruktionswelten: In ihnen können Lernende eigene Objekte oder gar ganze virtuelle Welten eigenständig anfertigen. Sie kommen im Bildungsbereich noch selten zum Einsatz, auch weil sie technisch besonders anspruchsvoll in der Herstellung sind (z.B. Radianti et al., 2020). Niederschwellige Angebote, die auch für Schulen leistbar sind, wären CoSpaces Edu, MinecraftVR oder HoloBuilder. Wössner (2019) hat diese Anwendungen bereits im Fremdsprachenunterricht eingesetzt und gemeinsam mit Schülerinnen und Schülern personalisierte, virtuelle Welten konstruiert.

Zusammenfassend zeigt sich, dass Lernen mit VR motiviert, Spass und Abwechslung bringt. Insbesondere bei aktiver Teilhabe und Interaktionen mit der virtuellen Welt zeigen verschiedene Studien bessere kognitive Erfahrungen und wachsende Lerneffekte mit VR (Freina & Ott, 2015; Jensen & Konradsen, 2018; Krokos et al., 2018; Maas & Hughes, 2020). Dies erscheint insofern plausibel, da das Lernen stärker emotional und immersiv erfolgt und damit die Inhalte eine zusätzliche Relevanz erfahren. Allerdings bleiben kritische Vorbehalte; es fehlen insbesondere Langzeitstudien und gross angelegte Forschungsprojekte (Radianti et al., 2020).

4 VR IM GEOGRAPHIEUNTERRICHT

Die Geographie kennt seit langem den Einsatz virtueller Darstellungen im Unterricht. Im Entferntesten können sogar Karten als virtuelle Formen der Realität angesehen werden. Bereits in den 80er und 90er Jahren wurden an Gymnasien 3D-Luftbildanalysen mit Stereoskopen gemacht. Später folgten "quasi 3D"-Anwendungen in Fernerkundung und GIS (Mikropoulos et al., 1997; Stojšić et al., 2016). Viele didaktische, methodische und philosophisch-ethische Fragen zu Realität & Virtualität sind deshalb nicht oder zumindest kaum neu. Sie stellen sich genauso beim Einsatz anderer, auch älterer und bewährter Medien (Tab. 1). Die entsprechenden didaktisch-methodischen Grundsätze sollen hier nicht wiederholt werden (vgl. Dickel & Jahnke, 2012).

Tab. 1. Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum im Geographieunterricht und im Alltag

	Geographieunterricht	Alltag
Realität	ausserschulische Lernorte	Fussballplatz
Modelle	Tellurium	Legó
Bilder	Satellitenbilder	Instagram
Filme	Lehrfilme	Youtube
Augmented Reality	peakfinder	Pokemon go
VR im realen Raum	Google street view VR	VR-Werbung: Tourismusziele
VR im imaginären Raum	VR-Landschaft in der Jurazeit	VR-Gaming: Star Wars

Die Forderung nach Digitalisierung im Unterricht ist gross und hat mit der Corona-Krise eine neue Dimension erreicht. Der Geographieunterricht ist traditionell eng mit Digitalisierung verknüpft, am sichtbarsten bei der Arbeit mit Geomedien und GIS. Allerdings werden VR-Brillen selten im Geographieunterricht eingesetzt. Das erstaunt insofern nicht, da VR als potentielle Bildungstechnologie noch ein so junges Medium ist, das erst einmal im Studium oder in Weiterbildungen bedeutsamer werden müsste (Radianti et al., 2020, p. 22). Zudem haben viele Lehrpersonen im schulischen und privaten Bereich zu VR kaum Berührungspunkte, z.B. im Gaming (Hellriegel & Čubela, 2018). Dies zeigt auch die Studie über Lehrmittel in einer digitalen Welt von Döbeli u.a. (2018), die VR-Anwendungen nicht thematisiert. Sogar im fachlichen (Gebhardt et al., 2020) und fachdidaktischen (Reinfried et al., 2018) Standardwerk zur Geographie bleibt VR unerwähnt.

4.1 Unterrichtsbeispiele

Am naheliegendsten für den Geographieunterricht sind zwei Anwendungen, auf die hier kurz eingegangen wird: VR-Betrachtungen ausserschulischer Lernorte und Anwendungen mit google earth bzw. street view. Wobei die beiden Anwendungen sich zu einem gewissen Grad überlagern und teilweise sogar austauschbar sind.

VR-Filme oder VR-Simulationen dienen als Anschauungsmaterial von Orten, die nicht real besucht werden. Insofern ist der Einsatz von VR eine immersive Ergänzung zu bestehenden Medien, wie Fotos, Filmen oder Internetseiten. Dies können in einem ersten Schritt einseitige Betrachtungen sein, wie 360°-Filme (z.B. von National Geographic) oder 3D-Simulationen (z.B. Sternatlas). In einem zweiten Schritt sind es interaktive Formen, entweder mit dem Inhalt selbst (z.B. anklickbare Zusatzinformationen/Avatar wie z.B. auf einer virtuellen Grubenfahrt in eine Kohlezeche) oder mit anderen Schülern oder der Lehrperson (z.B. mit google expeditions). Nebst dem spezifischen Schulbereich ergänzen immer mehr kommerzielle und staatliche Einrichtungen, wie z.B. Museen, Sehenswürdigkeiten oder Tourismusdestinationen, ihre traditionelle Informations-Angebotspalette mit VR-Anwendungen. Einige solcher geographisch ausgerichteten VR-Anwendungsmöglichkeiten werden bereits im Geographieunterricht eingesetzt und sind z.T. prämiert (z.B. Stein 2019) und auf den Mehrwert untersucht worden (z.B. Jitmahantakul & Chenrai, 2019; Minocha, 2018).

Google earth bzw. google street view werden schon lange sinnvoll im Geographieunterricht eingesetzt, kaum aber deren VR-Anwendungen. Gerade google street view VR benötigt bloss das eigene Smartphone der Lernenden und günstige cardboard. So kann in einem einfachen Unterrichtsbeispiel die räumliche Vorstellung an einem Standort anhand einer Karte mit der «realen» Sicht mittels VR-street view (oder eines eingefügten 360°Bildes) verglichen werden. Leider zeigt sich aber gerade an einem solchen Beispiel, dass man vor technischen Problemen nicht gefeit ist; google street view-VR funktioniert derzeit nicht mit allen Smartphones. Google earth läuft bislang nicht auf einfachen cardboard oder auch günstigeren VR-Brillen wie oculus go, sondern es braucht eine teure Brille mit leistungsfähigem Computer, insbesondere schneller Grafikkarte. Im schulischen Einsatz kann google earth-VR deshalb realistischerweise nicht im Klassenverbund eingesetzt werden, sondern nur als eine Lernstation. Wer es einmal benutzt, wird jedoch vom Erlebnis begeistert sein, und zwar Schüler und Schülerinnen als auch Lehrpersonen.

4.2 Vor- und Nachteile

Es liegt auf der Hand, dass der Einsatz von VR Vor- und Nachteile bringt, die zum Teil offensichtlich sind und hier nicht alle thematisiert werden sollen, z.B. die Infrastruktur- und Kostenfrage oder die kritische Abhängigkeit von Technologie-Grosskonzernen. Der grösste Vorteil von VR in der Schule liegt in der Immersion und den damit verbundenen positiven affektiven und motivationalen Empfindungen, welche sich positiv auf das Lernen auswirken können (Wong & Adesope, 2020). Gerade für den Geographieunterricht (und natürlich je nach Anwendung auch in anderen Fächern) sind drei weitere Vorteile wichtig. Erstens spielt sich VR immer in einem Raum ab, egal ob real, virtuell oder imaginär. Zweitens wird das "Unerfahrbare" für Schüler und Schülerinnen mit VR erfahrbar, so ermöglicht VR die Betrachtung von geographischen Orten, die ausserschulisch kaum (z.B. Vulkanaktivität auf

dem Stromboli) oder gar nicht (z.B. Dinosaurier im Mesozoikum) betrachtet werden können. Drittens löst ein VR-Erlebnis Empathie aus, welche in einem handlungsorientierten Unterricht gewinnbringend genutzt werden kann (vgl. Fell 2020).

Wie alle (digitalen) Medien, bringt auch der Einsatz von VR per se keinen Mehrwert. Gerade die Motivation kann sehr schnell in demotiviertes "Spielen" kippen. Erst mit guten pädagogischen Szenarien wird VR zu einem sinnvollen Medium. Gerade hier klafft jedoch eine grosse Lücke von VR-Lernumgebungen ausserhalb der Schule und den Angeboten im Geographieunterricht. Zwar liegen viele VR-Filme, Animationen, Simulationen und Apps auch für den Geographieunterricht vor, jedoch fast immer ohne entsprechende Konzepte mit Zusatzmaterialien, Lernaufgaben, Interaktionsmöglichkeiten usw. Natürlich lässt sich sagen, das sei Aufgabe des Lehrers und der Lehrerin. Doch es muss nicht nur von Lehrerseite, sondern auch von Lehrmittelverlagen, geographie-didaktischen Zeitschriften und in fachdidaktischen Entwicklungsprojekten angepackt werden.

5 FAZIT

VR ist im Trend, eine technologische Revolution und grundsätzlich ein sinnvolles Medium. Es spielt überhaupt keine Rolle, ob VR längerfristig zu einem Megatrend wird. Es lohnt sich auf jeden Fall, VR jetzt einzusetzen. Gerade mit günstigen cardboarden können ohne grossen Aufwand gute Lernergebnisse erzielt werden. Wie bei allen Medien kann aber auch VR in sinnlose Spielerei kippen. Wie immer gilt der triviale Grundsatz für alle Medien im Unterricht: Das Lernen wird mit VR besser, wenn es gut gemacht wird. Orientieren können sich Lehrende dabei an good practice Beispielen wie bei Buchner & Aretz (2020), Lernstrategien, die im Rahmen von Medieneinsatz zu Lerneffektivität beitragen können (z.B. Generative-Learning-Theory; Fiorella & Mayer, 2016) sowie didaktischen Modellen wie dem 3C-Modell (Kerres & Witt, 2003): Technologieunterstützte Lernumgebungen sollen demnach stets den Content (die Inhalte) im Blick haben, zusammen mit kommunikativen Elementen (Communication) sowie Lernaufgaben und -aktivitäten (Constructive) für die Schülerinnen und Schüler anbieten.

Die Zukunft von VR lässt sich schwer abschätzen. Bereits heute sind Erweiterungen im Bereich der immersiven virtuellen Realität möglich, die noch vor kurzer Zeit nicht vorstellbar waren oder höchstens in Science Fiction Filmen, z.B. Anwendungen mit einem haptisch-gefühlsechten Anzug oder der Ersatz des Lehrers, der Gesprächspartnerin oder von Kunden mit einem Avatar in einer virtuellen Interaktion. Die junge „VR-Szene“ spricht oft von «We Change The World» und hebt das grosse Potential von VR hervor. Abseits der grundsätzlichen „Verweigerern“ einer Digitalisierung des Lernens wird jedoch kaum konstruktiv-kritisch über die Chancen, Grenzen und Gefahren nachgedacht, geforscht und an Lernkonzepten mit VR gearbeitet. Dies sollte insbesondere auch unsere Aufgabe an den (Pädagogischen) Hochschulen sein.

LITERATURVERZEICHNIS

Buchner, J. & Aretz, D. (2020). Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X>

Burdea, G. C. & Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology* (2nd Edition). Wiley-IEEE Press. <https://books.google.de/books?id=0xWgPZbcz4AC>

Cziksentmihalyi, M. (1991). *Flow – The Psychology of optimal experience*. New York: Harper Collins Publishers.

Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement and Learning. *Science*, 323(5910), 66–69.

Dickel, M. & Jahnke, H. (2012): Realität und Virtualität. In: Haversath, J.-B. (ed.): *Geographiedidaktik*. 236–248

Döbeli, B. et al. (2018): *Lehrmittel in einer digitalen Welt*. Ilz.

Dörner, R., Broll, W., Jung, B., Grimm, P. & Göbel, M. (2019). Einführung in Virtual und Augmented Reality. In R. Dörner et al. (Eds.), *Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (2. Auflage, pp. 1–42). Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1>

Fell, T. (2020). www.torstenfell.com

Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2016). Eight Ways to Promote Generative Learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 717–741. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9>

Freina, L. & Ott, M. (2015). A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives. *E-Learning and Software Education (ELSE)*, 7, 273–279. <https://doi.org/10.1007/BF00398472>

Gebhardt, H. et al. (2020): *Geographie*. Berlin: Springer.

Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2017). The development and validation of the ARI questionnaire: An instrument for measuring immersion in location-based augmented reality settings. *International Journal of Human-Computer Studies*, 98, 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.09.014>

Hellriegel, J., & Čubela, D. (2018). Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht—Eine konstruktivistische Sicht. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 58–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>

Jensen, L. & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515–1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>

- Jitmahantakul, S. & Chenrai, P. (2019): Applying Virtual Reality Technology to Geoscience Classrooms. *Rigeo*, 9(3), 577–590.
- Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote* (5. Auflage). De Gruyter Oldenbourg Verlag.
- Kerres, M., & Witt, C. D. (2003). A Didactical Framework for the Design of Blended Learning Arrangements. *Journal of Educational Media*, 28(2–3), 101–113. <https://doi.org/10.1080/1358165032000165653>
- Krokos, E., Plaisant, C. & Varshney, A. (2018). Virtual memory palaces: Immersion aids recall. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0346-3>
- Lee, E. A.-L. & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>
- Maas, M. J., & Hughes, J. M. (2020). Virtual, augmented and mixed reality in K–12 education: A review of the literature. *Technology, Pedagogy and Education*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/1475939X-2020.1737210>
- Mikropoulos, T., Chalkidis, A., Katsikis, A. & Kossivaki, P. (1997). Virtual realities in environmental education: The project LAKE. *Education and Information Technologies*, 2, 131–142.
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information System*, 77(12), 1321–1329.
- Minocha, S., Tilling, S. & Tudor, A.-D. (2018). Role of Virtual Reality in Geography and Science Fieldwork Education. In: *Knowledge Exchange Seminar Series*, Belfast.
- Parong, J. & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J. & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Reinfried, S. et al. (2018): *Geographie unterrichten lernen*. Berlin: Cornelsen.
- Sanchez-Vives, M. V. & Slater, M. (2005). From presence to consciousness through virtual reality. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(4), 332–339. <https://doi.org/10.1038/nrn1651>
- Schwan, S. & Buder, J. (2002). Lernen und Wissenserwerb in virtuellen Realitäten. In G. Bente et al. (Eds.), *Virtuelle Realitäten* (pp. 109–129). Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Schwan, S. & Buder, J. (2006). *Virtuelle Realität und E-Learning*. <https://www.e-teaching.org/materialien/literatur/schwan-buder-2005>
- Slater, M., Antley, A., Davison, A., Swapp, D., Guger, C., Barker, C., Pistrang, N. & Sanchez-Vives, M. V. (2006). A Virtual Reprise of the Stanley Milgram Obedience Experiments. *PLoS ONE*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000039>
- Slater, M. & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3. <https://doi.org/10.3389/frobt.-2016.00074>
- Slater, M. & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603–616. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- Stein, Ch. (2019). Wie Geographieunterricht Afrika verändern kann. *Geographie heute*, 343, 35–37.
- Stojišić, I., Ivkov Džigurski, A., Maričić, O., Ivanović Bibić, L. & Đukičin Vučković, S. (2016). Possible Application Of Virtual Reality In Geography Teaching. *Journal of Subject Didactics*, 1(2), 83–96. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.438169>
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I on - AFIPS '68 (Fall, Part I)*, 757. <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>
- Virtual Reality Society. (2017). When was virtual reality invented? *Virtual Reality Society*. <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/invention.html>
- Wong, R. M., & Adesope, O. O. (2020). Meta-Analysis of Emotional Designs in Multimedia Learning: A Replication and Extension Study. *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09545-x>
- Wössner, S. (2019). Immersives Fremdsprachenlernen. *Computer+Unterricht*, 114, 28–31.
- Zender, R., Sander, P., Weise, M., Mulders, M., Lucke, U. & Kerres, M. (2019). Action-oriented Learning in a VR Painting Simulator. *Proceedings of the 4th International Symposium on Emerging Technologies for Education, Magdeburg*