

Mediendidaktisches Design immersiver virtueller Lernumgebungen

Stefan Aufenanger

Abstract *Der Beitrag widmet sich der Frage, wie immersive virtuelle Lernumgebungen aus mediendidaktischer Perspektive gestaltet werden können. Auf Grundlage etablierter didaktischer Modelle und multimedialer Gestaltungsprinzipien werden Herausforderungen und Potenziale immersiver Medien im Bildungskontext analysiert. Dabei stehen insbesondere Aspekte der kognitiven Belastung, des verkörperten Lernens, der sozialen Interaktion sowie der inklusiven Gestaltung im Fokus. Ziel ist es, zentrale mediendidaktische Überlegungen mit aktuellen technologischen Entwicklungen zu verknüpfen und aufzuzeigen, wie ein systematisches Design solcher Lernumgebungen zur Förderung nachhaltiger Lernprozesse beitragen kann. Die Analyse betont, dass immersive Lernumgebungen nur dann wirksam werden, wenn sie didaktisch sinnvoll eingebettet, strukturiert gestaltet und kritisch reflektiert werden. Entsprechend plädiert der Beitrag für eine gestaltungsorientierte Mediendidaktik, die Immersion als Bestandteil eines pädagogisch begründeten Designs nutzt.*

Schlagwörter *Virtual Reality; immersive Lernumgebungen; Design; Mediendidaktik*

1. Einleitung

Die zunehmende Integration immersiver Technologien in virtuelle Lernumgebungen eröffnet nicht nur neue Potenziale, sondern stellt auch große Herausforderungen an die didaktische Gestaltung und Umsetzung. Insbesondere stellt sich die Frage, wie immersive Erfahrungen so gestaltet werden können, dass einerseits kognitive Überforderungen vermieden und andererseits interaktive und inklusive Lernerfahrungen nachhaltig gefördert werden. Vor diesem Hintergrund ist es entscheidend, zentrale Gestaltungsprinzipien und

ihre Auswirkungen auf den Lernprozess systematisch zu untersuchen. Jedoch müssen dafür nicht neue Prinzipien entwickelt werden, sondern es kann auf erprobte Konzepte zurückgegriffen werden.

Bereits in den 1990er Jahren gab es erste Überlegungen zur Gestaltung virtueller Lernumgebungen (Aiello et al., 2012), obwohl die dafür notwendige Technik noch weit von den heutigen Entwicklungen entfernt war. Tatsächlich waren es weniger didaktische als lernmethodische Überlegungen, die im Vordergrund standen. Zudem wurde der Begriff ›virtuell‹ sehr häufig für digitale Lernangebote im Internet verwendet, also nicht für eine dreidimensionale Lernumgebung, die als Technik eine entsprechende Brille voraussetzt.

Wenn wir in der deutschsprachigen Tradition von Didaktik sprechen, geht es immer um die Beziehung zwischen drei Faktoren: dem Gegenstand des Lernprozesses, dem Lehrenden und dem Lernenden. Dieses didaktische Dreieck geht auf Comenius und Herbart zurück und wurde in neuerer Zeit vor allem in den didaktischen Ansätzen von Heimann, Otto und Schulz (1965) aufgegriffen. Während die Didaktik in der Schulpädagogik schon immer eine große Rolle gespielt hat, wurde das Modell erst in den letzten Jahrzehnten um den Aspekt der Medien im nicht-traditionellen, das heißt elektronischen bzw. digitalen Sinne ergänzt. Heute spricht man von Mediendidaktik (Kron & Sofos, 2003; Petko, 2020). In jüngerer Zeit haben sich daraus verschiedene Ansätze entwickelt, die unter dem Begriff »gestaltungsorientierte Mediendidaktik« firmieren (Kerres, 2021; Kerres & de Witt, 2011). Dabei geht es nicht nur um die Vermittlung von Inhalten mit Hilfe von Medien, sondern auch um die Gestaltung der Medien selbst. Dadurch sollen Lern- und Bildungsprozesse bei den Lernenden besser angestoßen und gefördert werden.

Die entscheidende Frage ist jedoch, ob diese Vorgaben der Mediendidaktik auch auf virtuelle Lernumgebungen anwendbar sind. Aus diesem Grund sollen einige dieser neueren Ansätze vorgestellt werden, die sich auf den Einsatz virtueller Brillen beziehen.

Für Virtual Reality (VR) gibt es eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten in pädagogischen Kontexten. Zum Beispiel können VR-basierte Lernumgebungen Lernenden die Möglichkeit bieten, Orte zu besuchen und Dinge zu tun, die sonst nicht möglich, zu teuer oder zu gefährlich wären. VR kann es Lernenden auch ermöglichen, Informationen aus verschiedenen Quellen zu verarbeiten und ihre Wahrnehmung von bildlichem Lernen auf konzeptuelles Lernen zu verlagern. Darüber hinaus kann VR genutzt werden, um immersive und interaktive Simulationen, Szenarien und Spiele zu erstellen, in denen die Lernenden ihr Wissen und ihre Fähigkeiten in realistischen und

komplexen Situationen anwenden müssen (Makrides et al., 2024). Weitere potenzielle Anwendungen von VR in der allgemeinen (Hellriegel & Čubela, 2018; Aufenanger et al., 2025) und beruflichen Bildung (Dyrna et al., 2020) umfassen personalisiertes Lernen, herausfordernde Lernumgebungen, multisensorische Effekte, Engagement und Motivation für Inhalte und Technologie. Insgesamt gesehen geht es beim Lernen in virtuellen Lernumgebungen darum, »how learning occurs when a student is experiencing a technological, narrative, and challenge-based state of deep mental involvement that dims their awareness of the physical world« (Beck et al., 2023, p. 1).

Insgesamt hat VR das Potenzial, eine effektive pädagogische Ergänzung in der Bildung zu sein, insbesondere bei Themen, die sehr abstrakt oder konzeptionell sind oder sich auf prozedurale Fähigkeiten oder Aufgaben konzentrieren. Dazu ist es jedoch notwendig, durch Designstudien und empirische Forschung besser zu verstehen, wie solche virtuellen Lernumgebungen gestaltet und didaktisch konzipiert werden sollten. Dies könnte zur Entwicklung immersiverer und ansprechenderer Lernerfahrungen für die Lernenden führen, was letztlich die Lernergebnisse und die Qualität der Bildung insgesamt verbessern könnte. Im Folgenden soll deshalb der Frage nachgegangen werden, wie solche virtuellen Lernumgebungen mediendidaktisch gestaltet werden sollten und welche der bisher vorliegenden Ansätze dazu beitragen können.

2. Mediendidaktische Gestaltungsprinzipien

Ausgangspunkt für Überlegungen zu Gestaltungsprinzipien virtueller Lernumgebungen sind bisherige Erkenntnisse aus dem Bereich der Mediendidaktik. Während sich die traditionelle Mediendidaktik relativ wenig mit diesem Thema beschäftigt hat und sich eher an didaktischen Prinzipien des Lehrens orientiert hat, sind mit dem Begriff des »didaktischen Designs« Fragen der Gestaltung von Lernmaterialien in den Mittelpunkt gerückt. Gleichzeitig wurde die Perspektive stärker auf das Lernen bzw. die Lernenden verschoben (Kerres, 2005).

Schon früh haben Reinmann-Rothmeier und Mandl (2001) auf die wesentlichen Gestaltungsprinzipien virtueller Lernumgebungen hingewiesen, die jedoch generell für alle Lernangebote gelten. Jedoch muss einschränkend angemerkt werden, dass der Begriff »virtuell« sich meist auf multimediale Lernumgebung in Online-Angeboten bezog, also nicht den immersiven virtuellen

Raum meinte. Die Autor*innen heben insbesondere folgende Aspekte hervor, die bei der Gestaltung solcher Räume beachtet werden sollten:

- 1) Authentizität und Anwendungsbezug: Lernumgebungen sollten so gestaltet sein, dass sie die Bearbeitung realer Probleme ermöglichen. Dazu gehören authentische Aufgabenstellungen, die den Einsatz neuer Medien sinnvoll machen, zum Beispiel die Suche nach schwer zugänglichen Informationsquellen oder die Zusammenarbeit in virtuellen Gruppen.
- 2) Multiple Kontexte: Um zu verhindern, dass Wissen auf einen bestimmten Kontext fixiert bleibt, sollten Lernumgebungen Inhalte in verschiedene Situationen einbetten und aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten. Dies fördert flexibles Wissen, das unter verschiedenen situativen Bedingungen abgerufen und weiterentwickelt werden kann.
- 3) Soziale Lernarrangements: Soziale Aspekte spielen eine wichtige Rolle im Lernprozess. Lernumgebungen sollten soziale Lernarrangements fördern, um kooperatives Lernen und Problemlösen zu unterstützen und die Entwicklung von Lern- und Praxisgemeinschaften zu fördern.
- 4) Informations- und Konstruktionsangebot: Es sollte ein geeignetes Informationsangebot zur Verfügung gestellt werden, das zur eigenaktiven Konstruktion von Wissen genutzt werden kann, ohne die Lernenden zu überfordern.
- 5) Anleitung und Unterstützung: Neben der Förderung der Eigenaktivität der Lernenden ist auch eine Anleitung und Unterstützung notwendig. Diese unterstützt die Lernenden bei der Bewältigung komplexer Aufgaben und fördert die soziale Interaktion in virtuellen Gruppen.

Diese Ausführungen wurden von den Autor*innen ergänzt, in dem auf die Gestaltung problemorientierter Lernumgebungen hingewiesen wurde (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2002, S. 625ff.). Dabei wird eine »pragmatische Position« als Verbindung von instruktionistischer und konstruktivistischer Ansätze vertreten, die auch als »gemäßigter Konstruktivismus« bezeichnet wird (S. 626). Dieser ist gekennzeichnet durch die Prinzipien: Lernen in situierten und authentischen Kontexten, Lernen in multiplen Kontexten und multiplen Perspektiven sowie Lernen in sozialen Kontexten (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2002, S. 626–627).

Reinmann (2015) zeigt den weiteren Weg zur Gestaltung von Lernmaterialien auf, indem sie auf das Moment der Strukturierung hinweist: »Unter den [sic!] Begriff der Strukturierung subsumiert man im Didaktischen Design in

der Regel zwei Vorgänge: zum einen die Segmentierung von Inhalten und zum anderen die Sequenzierung« (S. 36). Bei der Segmentierung geht es um die thematische und inhaltliche Aufteilung des Lernangebots, das heißt in welche Abschnitte und Kapitel es gegliedert werden kann. Bei der Sequenzierung geht es um die Überlegung, in welcher sinnvollen Reihenfolge diese Segmente aneinandergereiht werden sollten, um das Verständnis des Inhalts und des Lernziels bestmöglich zu unterstützen.

In einem weiteren Schritt geht es nun um die inhaltliche Ausgestaltung. Hierzu liegen vielfältige Vorschläge vor, die im deutschsprachigen Raum insbesondere durch die Arbeiten von Ballstaedt (1997) und Weidenmann (1994) beigesteuert wurden. Als wegweisend für die konkrete Gestaltung multimedialer Lernmaterialien gilt aber auch die systematische Darstellung von Mayer (2021), die sich mit dem Verständnis von Lernmaterialien, insbesondere mit den Gestaltungsprinzipien von Texten und speziell mit dem Verhältnis von Text und Bild beschäftigt. Die wichtigsten dieser Prinzipien, die Mayer (2021) unter Bezugnahme auf empirische Untersuchungen beschreibt, sind folgende:

- Das Prinzip der räumlichen und zeitlichen Kontiguität ist ein multimediales Lernprinzip, das besagt, dass korrespondierende Bilder und Wörter in multimedialen Präsentationen visuell-räumlich und gleichzeitig integriert und nicht getrennt präsentiert werden sollten.
- Das Kohärenzprinzip ist ein weiteres Prinzip des multimedialen Lernens, das besagt, dass durch eine kohärente Präsentation von Informationen die Verarbeitung fremder Informationen reduziert werden kann. Das bedeutet, dass auditive und visuelle Elemente, wenn sie zusammen präsentiert werden, in einem sinnvollen Zusammenhang stehen sollten.
- Das Modalitätsprinzip besagt, dass gesprochener Text oft besser ist als geschriebener, vor allem wenn er mit Bildern oder Animationen kombiniert wird. So wird das visuelle System nicht überfordert, da Sprache auditiv verarbeitet wird. Außerdem sollten überflüssige Informationen vermieden und wichtige Informationen hervorgehoben werden.

Diese Ansätze des didaktischen Designs bilden wichtige Grundlagen für die Gestaltung immersiver virtueller Lernumgebungen, auf die im Folgenden eingegangen wird.

3. Gestaltungsprinzipien für virtuelle Lernumgebungen

Auch wenn die Gestaltung virtueller Lernumgebungen auf den vorgestellten Prinzipien aufbaut, erfordert sie spezifische Erweiterungen durch immersive und interaktive Gestaltungselemente. Bei der Betrachtung relevanter Forschungsliteratur lassen sich mehrere Themenbereiche identifizieren, die im Folgenden systematisch und detailliert dargestellt werden.

3.1 Immersive Lernerfahrungen

Immersion gilt als Schlüsselmerkmal effektiver Virtual Reality Learning Environments (VRLEs) und umfasst multisensorische Effekte, Interaktivität, dreidimensionale Darstellung, Involvement sowie Motivation (Holopainen et al., 2020). Diese Faktoren sind entscheidend, um Lernende vollständig in die virtuelle Umgebung eintauchen zu lassen und deren Aufmerksamkeit und Lernbereitschaft nachhaltig zu fördern. Kerres et al. (2022) argumentieren dabei, dass Immersion nicht ausschließlich von der eingesetzten Technologie abhängt, sondern vielmehr durch die gezielte didaktische und inhaltliche Gestaltung entsteht. Diese umfasst Dimensionen der Raumwahrnehmung, Realitätsnähe, Bewegungsfreiheit und Präsenzgefühl (Mulders et al., 2020), alles Elemente von Lernerfahrung. Nach Hartmann und Bannert (2022) können immersive Medien komplexe räumlich-situative und episodische Informationen besonders effektiv vermitteln, indem sie authentische, realitätsnahe Szenarien bieten. Dennoch weisen sie darauf hin, dass trotz technologischer Fortschritte noch offene Forschungsfragen bestehen, insbesondere bezüglich der genauen Lernwirksamkeit immersiver Technologien gegenüber traditionellen Lernmedien (Hartmann & Bannert, 2022).

Zudem stellt die Gestaltung interaktiver und verkörperter Lernerfahrungen einen zentralen Aspekt dar. Goodwin et al. (2015) haben mit »Structured Enactive Engagement in Learning« (kurz: SEEL) ein Konzept entwickelt, das Wissen als aktive Handlung begreift. Basierend auf kognitionswissenschaftlichen Erkenntnissen fördert der SEEL-Ansatz Lernen durch Ganzkörperinteraktion, was eine intensivere und nachhaltigere Lernerfahrung ermöglicht. Ergänzend hierzu führen Tahiri et al. (2022) aus, dass Gestaltungsprinzipien aus dem psychomotorischen Bereich wesentlich dazu beitragen, die intuitive Bedienbarkeit und Lernwirksamkeit virtueller Anwendungen zu erhöhen. Dazu zählen einfache Zugänge durch Imitation realer Werkzeuge, klare und verständliche Konzeptualisierungen der Inhalte, präzise Anleitung-

gen zu Lernhandlungen sowie kontinuierliches, unmittelbar wahrnehmbares Feedback während der Nutzung. Diese Faktoren wirken sich positiv auf die Lernerfahrung und das Verständnis komplexer Inhalte aus.

3.2 Kognitive Optimierung und Reduktion der Belastung

Ein weiteres wichtiges Themenfeld betrifft die kognitive Gestaltung virtueller Lernumgebungen. Die Theorie der kognitiven Belastung nach Mayer bietet dafür grundlegende Prinzipien wie Modalität, Signalisierung, Kontiguität und Personalisierung (Nelson et al., 2013). Diese Gestaltungsprinzipien haben zum Ziel, die Informationen in VRLEs möglichst effizient zu organisieren, so dass die Lernenden nicht unnötig belastet werden und sich auf wesentliche Inhalte konzentrieren können. Besonders hervorzuheben ist dabei der Aspekt der Personalisierung, der vorsieht, Lernmaterialien durch realitätsnahe und für Lernende relevante Beispiele aufzubereiten. Dies erhöht nicht nur die Verständlichkeit, sondern stärkt auch die intrinsische Motivation der Lernenden. Kerres et al. (2022) ergänzen, dass trotz aller Vorteile immersiver Technologien das Risiko einer Überforderung des Arbeitsgedächtnisses besteht. Daher sei es entscheidend, eine Balance zwischen technischer Komplexität und inhaltlicher Klarheit herzustellen.

3.3 Inklusion

Inklusionsaspekte gewinnen darüber hinaus zunehmend an Bedeutung, insbesondere durch die Prinzipien des Universal Design for Learning, die von Barahona et al. (2023) und Carreon et al. (2024) ausführlich erläutert werden. Flexible Lernumgebungen würden demnach auch Lernenden mit Beeinträchtigungen eine optimale Lernerfahrung ermöglichen. Intuitive Navigation und unterstützende visuelle sowie auditive Hilfsmittel bieten Nutzer*innen daher Orientierung und Lernhilfe. Carreon et al. (2024) zeigen dabei, dass insbesondere visuelle Hinweise wie Navigationspfeile oder Hinweise auf wichtige Objekte und digitale Fortschrittsanzeigen allgemein die Lernerfahrung verbessern.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die effektive Gestaltung von VRLEs eine interdisziplinäre Integration von Immersion, kognitiver Optimierung, interaktiver und verkörperter Gestaltung sowie systematischer und inklusiver Flexibilität erfordert. Diese Integration bildet den Rahmen für wei-

tergehende Forschungen und Entwicklungen, um das volle Potenzial virtueller Lernumgebungen zu erschließen.

4. Probleme und Risiken

Die Befassung mit virtuellen Lernumgebungen wird üblicherweise positiv gesehen, könnten sie doch in der Lage sein, allgemeine gesellschaftliche oder individuelle, persönliche Herausforderungen zu lösen. An diese eher positive Auslegung eines Einsatzes digitaler Medien zum Zwecke besseren Lernens werden nach Jahrzehnten der Befassung damit aber auch Fragen gerichtet, nicht zuletzt im Zuge der Probleme und Risiken, die infolge eines allzu euphorischen Blicks auf Digitalisierung Ungleichheiten eher verstärken als sie dazu beitragen, diese abzubauen. Ich will daher im Folgenden die Probleme und Risiken, die für mich mit virtuellen Lernumgebungen einhergehen, nochmals zusammenfassen und vor allem auch aus Sicht langjähriger Erfahrung mit der Exploration digitaler Medien einordnen.

Um eine nachhaltige Effektivität virtueller Lernumgebungen sicherzustellen, bedarf es zugleich einer systematischen und währenddessen auch flexiblen Gestaltung, die unterschiedlichen Lernbedürfnissen gerecht wird. Hierfür bieten Ansätze wie das Digital Didactic Design (DDD) nach Jahnke et al. (2017) und das Modell »Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation« (kurz: ADDIE-Modell) nach Nopriana et al. (2023) hilfreiche Rahmenbedingungen. Das betont insbesondere die integrierte Betrachtung von Lernzielen, Aktivitäten, sozialen Beziehungen und technologischer Unterstützung. Das ADDIE-Modell ergänzt diesen Ansatz durch eine strukturierte Vorgehensweise mit den Phasen Analyse, Design, Entwicklung, Implementierung und Evaluation. Beide Modelle gewährleisten eine methodische Entwicklung und Validierung digitaler Lernmodule, die auf die spezifischen Bedürfnisse der Zielgruppe abgestimmt sind.

Neben den beschriebenen Gestaltungsprinzipien für virtuelle Lernumgebungen sollten bei deren Entwicklung auch kulturell und gesundheitlich relevante Aspekte berücksichtigt werden, wie sie Zender et al. (2022) ausführlich beschreiben. Zu ersteren zählen beispielsweise das Nicht-Berührt-Werden-Wollen oder Vorbehalte gegenüber VR-Anwendungen. Bei den gesundheitlichen Aspekten werden unter anderem »Motion Sickness« sowie Schwindelgefühle genannt. Zudem scheinen die genannten Effekte das Gefühl der Immersion bei der Nutzung von VRLEs zu beeinträchtigen (Weech et al., 2019).

Das Risiko von Übelkeit und Schwindel kann durch eine sorgfältige Gestaltung, zum Beispiel die Reduzierung von Verzögerungen (Latenz) und die Vermeidung von unnatürlichen Bewegungen, minimiert werden. Auch ein gewisser visueller Komfort durch die Verwendung hochauflösender Displays und Anpassungsmöglichkeiten an individuelle Sehbedürfnisse ist notwendig. Sie tragen zu einem angenehmen Nutzungserlebnis bei. Dies betrifft zum Beispiel das Gewicht der VR-Brille und die Befestigung am Kopf.

Aus medizinischer Sicht ist besonders zu beachten, dass der Einsatz von VR-Brillen bei jüngeren Kindern sowie bei Menschen mit bestimmten Beeinträchtigungen wie Epilepsie oder Augenerkrankungen gut überlegt sein muss. Auch sollte die Dauer des Eintauchens in virtuelle Räume begrenzt werden, da es sonst bei einigen Personen zu starker Ermüdung kommen kann.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Mediendidaktik hat eine lange Tradition in der Pädagogik bzw. in der Erziehungswissenschaft. Sie hat sich größtenteils den jeweiligen Medienentwicklungen angepasst, manchmal mit zeitlicher Verzögerung. Vor allem mit dem Aufkommen multimedialer Lernumgebungen wurden aufbauend auf dem Konstruktivismus wichtige didaktische Prinzipien für die Gestaltung entsprechender Lernanwendungen entwickelt. Darauf aufbauend wurde die Frage diskutiert, ob diese Konzepte auch für virtuelle Lernumgebungen gelten und angewandt werden können, welche sich auf dreidimensionale Räume beziehen, die mit virtuellen Brillen erfahren werden müssen. Dazu wurden zum einen neuere Ansätze und Konzepte vorgestellt, die vor allem die Immersivität virtueller Lernumgebung berücksichtigen. Dazu zählen unter anderem der Umgang kognitiven Herausforderungen, dem anderen Körpergefühl sowie die Navigationsgestaltung. Zum anderen wurde auch deutlich gemacht, welche Probleme und Risiken beim Lernen in solchen Lernumgebungen aufkommen können. Dies betrifft vor allem Unwohlsein und Körpererfahrung. Auch wurde die Notwendigkeit aufgezeigt, die bestehende Ansätze auf ausgewählte Zielgruppen zu konkretisieren und durch empirische Forschung zu überprüfen.

Wie gezeigt wurde, ist also ein durchdachtes mediendidaktisches Design, das bewährte multimediale Prinzipien integriert, individuelle Unterschiede berücksichtigt, in den Bildungskontext eingebettet ist und mögliche Barrieren adressiert, entscheidend für die Akzeptanz und den Erfolg immersiver

virtueller Lernumgebungen. Die bereits vor einigen Jahrzehnten entwickelten so genannten ›multimedialen Gestaltungsprinzipien‹ sind auch für Anwendungen virtueller Lernumgebungen nach wie vor gültig, sie müssen nur an die technischen Gegebenheiten immersiver Erfahrungen angepasst werden. Hier sind also sehr gute Vorarbeiten geleistet worden. Entscheidend für die mediendidaktische Gestaltung virtueller Lernumgebungen ist daher nach wie vor, dass vielfältige Angebote, die verschiedene Sinne ansprechen, interaktive Möglichkeiten wie die Manipulation von Objekten, Interaktionen mit anderen Lernenden sowie ein konstruktivistischer Ansatz, der die Lernenden mit Problemen konfrontiert, als Gestaltungselemente aufgegriffen werden. Vor allem in den sozial- und geisteswissenschaftlichen Fächern sollten verstärkt entsprechende Modelle – wie sie zuvor teilweise vorgestellt wurden – entwickelt und erprobt werden. Die Chancen, dass dadurch das Lernen angeregt wird, sind groß.

Literatur

- Aiello, Paola, D'Elia, Francesca, Di Tore, Stefano & Sibilio, Maurizio (2012). A constructivist approach to virtual reality for experiential learning. *E-Learning and Digital Media*, 9(3), 317–324. <https://doi.org/10.2304/elea.2012.9.3.317>
- Aufenanger, Stefan, Bastian, Jasmin, Bastos, Glória, Castelhana, Maria, Dias-Ferreira et al. (2025). Immersive virtual reality learning environments for higher education: A student acceptance study. *Computers & Education: X Reality*, 7, 100105. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cexr.2025.100105>
- Ballstaedt, Steffen-Peter (1997). *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterialien*. Beltz.
- Barahona, Malba, David, Viviana, Gallegos, Francisca, Reyes-Rojas, Jose, Ibaceta-Quijanes, Ximena & Darwin, Stephen (2023). Analysing preservice teachers' enactment of the UDL framework to support diverse students in a remote teaching context. *System*, 114, 103027. <https://doi.org/10.1016/j.system.2023.103027>
- Beck, Dennis, Morgado, Leonel & O'Shea, Patrick (2023). Educational Practices and Strategies with Immersive Learning Environments: Mapping of Reviews for using the Metaverse. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 319–341.

- Carreon, Adam, Rowland, Amber, Smith, Sean, Lowery, Alisa & Mosher, Maggie (2024). Designing for Successful Educational Experiences in Virtual Reality Environments. *Journal of Special Education Technology*, 40(3), 298–313. <https://doi.org/10.1177/01626434241277191>
- Dyrna, Jonathan, Liebscher, Maximilian, Fischer, Helge & Brade, Marius (2020). Implementierung von VR-basierten Lernumgebungen Theoretischer Bezugsrahmen und praktische Anwendung. In Claude Müller Werder & Jennifer Erlemann (Hg.), *Seamless Learning – lebenslanges, durchgängiges Lernen ermöglichen* (S. 59–68). Waxmann.
- Goodwin, Martin S., Wiltshire, Travis J., & Fiore, Stephen Martin (2015). Applying Research in the Cognitive Sciences to the Design and Delivery of Instruction in Virtual Reality Learning Environments. In Randall Shumaker & Stephanie Lackey (Eds.), *Virtual, augmented and mixed reality. VAMR 2015. Lecture Notes in Computer Science*, 9179, 280–291. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21067-4_29
- Hamilton, David, McKechnie, Jim, Edgerton, Edward & Wilson, Claire (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>
- Hartmann, Christian & Bannert, Maria (2022). Lernen in virtuellen Räumen: Konzeptuelle Grundlagen und Implikationen für künftige Forschung. *MedienPädagogik*, 47(AR/VR – Part 1), 373–391. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.18.X>
- Heimann, Paul, Otto, Gunter & Schulz, Wolfgang (1965). *Unterricht – Analyse und Planung*. Verlag Schroedel.
- Hellriegel, Jan & Čubela, Dino (2018). Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht – Eine konstruktivistische Sicht. *MedienPädagogik*, 2018(Occasional Papers), 58–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>
- Holopainen, Jani Markus, Lähtevänoja, Antti Juhani, Mattila, Osmo, Södervik, Ilona, Pöyry, Essi & Parvinen, Petri (2020). Exploring the learning outcomes with various technologies: Proposing design principles for virtual reality learning environments. *Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences*, (S. 12–21). <https://doi.org/10.24251/HICSS.2020.004>
- Jahnke, Isa, Bergström, Peter, Mårell-Olsson, Eva, Häll, Lars, & Kumar, Swapna. (2017). Digital Didactical Designs as research framework: iPad in-

- tegration in Nordic schools. *Computers & Education*, 113, 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.006>
- Kerres, Michael (2005). Gestaltungsorientierte Mediendidaktik und ihr Verhältnis zur Allgemeinen Didaktik. In Bernhard Dieckmann & Peter Stadtfeld (Hg.), *Allgemeine Didaktik im Wandel* (S. 214–234). Klinkhardt.
- Kerres, Michael (2021). *Didaktik. Lernangebote gestalten*. Waxmann/UTB.
- Kerres, Michael & de Witt, Claudia (2011). Zur (Neu-)Positionierung der Mediendidaktik: Handlungs- und Gestaltungsorientierung in der Medienpädagogik. In Heinz Moser, Petra Grell & Horst Niesyto (Hg.), *Medienbildung und Medienkompetenz. Beiträge zu Schlüsselbegriffen der Medienpädagogik* (S. 259–270).
- Kerres, Michael, Mulders, Miriam, & Buchner, Josef (2022). Virtuelle Realität: Immersion als Erlebnisdimension beim Lernen mit visuellen Informationen. *MedienPädagogik*, 47(AR/VR – Part 1), 312–330. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.15.X>
- Kron, Friedrich Wilhelm & Sofos, Alivisos (2003). *Mediendidaktik: Neue Medien in Lehr- und Lernprozessen*. Ernst Reinhardt Verlag.
- Makrides, Gregory, Aufenanger, Stefan, Bastian, Jasmin, Gavalas, Damianos, et al. & Pedrosa Daniela (2024). *Manual for VR-powered lessons*. https://revealing-project.eu/wp-content/uploads/2024/07/Manual_eng_2024_07_15_-compressed.pdf (21.10.2025).
- Mayer, Richard E. (2021). *Multimedia Learning* (3rd. Edition). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355>
- Mulders, Miriam, Buchner, Josef & Kerres, Michael (2020). A framework for the use of immersive virtual reality in learning environments. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 15(24), 208–224.
- Nelson, Brian C., Ketelhut, Diane Jess, Kim, Younsu, Foshee, Cecile & Slack, Kent (2013). Design Principles for Creating Educational Virtual Worlds. In Chrystalla Mouza & Nancy C. Lavigne (Hg.), *Emerging Technologies for the Classroom: A Learning Sciences Perspective* (S. 205–222). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4696-5_14
- Nopriana, Tri, Herman, Tatang & Martadiputra, Bambang Avip Priatna (2023). Digital Didactical Design: The Role of Learning Obstacles in Designing Combinatorics Digital Module for Vocational Students. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 17(2), 4–23. <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i02.34293>
- Petko, Dominik (2020). *Einführung in die Mediendidaktik: Lehren und Lernen mit digitalen Medien*. Beltz.

- Reinmann, Gabi (2015). *Studententext Didaktisches Design*. Universität Hamburg.
- Reinmann-Rothmeier, Gabi & Mandl, Heinz (2001). Einführung: Anforderungen an die Gestaltung virtueller Lernumgebungen. In Gabi Reinmann-Rothmeier & Heinz Mandl (Hg.), *Virtuelle Seminare in Hochschule und Weiterbildung. Drei Beispiele aus der Praxis* (S. 9 – 25). Huber.
- Reinmann-Rothmeier, Gabi & Mandl, Heinz (2002). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In Andreas Krapp & Bernd Weidenmann (Hg.), *Pädagogische Psychologie* (Bd. 4, S. 602–646). Beltz
- Tahiri, Yasamin, Florian, Lena & Hartmann, Mutfried (2022). Intuitive Werkzeuge gestalten: Designprinzipien zur Entwicklung einer dynamischen Geometriesoftware im virtuellen Raum. *MedienPädagogik*, 47(AR/VR – Part 1), 94–117. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.05.X>
- Weech, Seamas, Kenny, Sophie & Barnett-Cowan, Michael (2019). Presence and Cybersickness in Virtual Reality Are Negatively Related: A Review. *Frontiers in Psychology*, 10, 158. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00158>
- Weidenmann, Bernd (1994). *Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen*. Hogrefe.
- Zender, Raphael, Buchner, Josef, Schäfer, Caterina, Wiesche, David, Kelly, Kathrin & Tüshaus, Ludger (2022). Virtual Reality für Schüler:innen: Ein »Beipackzettel« für die Durchführung immersiver Lernszenarien im schulischen Kontext. *MedienPädagogik*, 47(AR/VR – Part 1), 26–52.