

Zentrale Merkmale immersiver VR-Lernumgebungen

Eine Taxonomie veranschaulicht
anhand von drei Beispielen

MAXIMILIAN C. FINK / VOLKER EISENLAUER /
DENIS FRISCHBIER / BERNHARD ERTL

Zusammenfassung: Virtual Reality (VR) findet verstärkt Verbreitung und wird zunehmend eine größere Rolle in der Aus- und Weiterbildung spielen. Der vorliegende Beitrag leitet zentrale Merkmale immersiver VR-Lernumgebungen aus der Literatur ab und stellt eine Taxonomie vor, die anhand von drei Beispiel-Lernumgebungen veranschaulicht wird. Daraufhin werden Gemeinsamkeiten und Besonderheiten der Lernumgebungen besprochen und die Bedeutung ihrer zentralen Merkmale diskutiert. Die herausgearbeitete Taxonomie kann für die Beschreibung und den Vergleich von Lernumgebungen genutzt werden, Entwicklungsprozesse unterstützen und Forschenden neue Anregungen bieten.

Schlüsselwörter: Virtuelle Realität, Instruktionsdesign, Gestaltungsmerkmale, Taxonomie

Key Features of Immersive VR Learning Environments

A Taxonomy Illustrated Based on Three Examples

Abstract: Virtual Reality (VR) is gaining popularity and will increasingly play a greater role in training and development. This contribution derives key features of immersive VR learning environments from the literature and presents a taxonomy illustrated by three example learning environments. Then, the commonalities and peculiarities of the learning environments are reviewed, and the significance of their key features is discussed. The taxonomy can be used to describe and compare learning environments, support development processes, and provide researchers with new ideas.

Keywords: Virtual reality, instructional design, design features, taxonomy

1 Einleitung

Virtual Reality (VR) bezeichnet „die Wahrnehmung in einer nicht-physischen Welt präsent zu sein“ (Freina & Ott, 2015, S. 133) sowie die Technologien selbst, die diese Wahrnehmung erzeugen (Kavanagh, Luxton-Reilly, Wuensche & Plimmer, 2017). VR wird in den nächsten Jahren für die berufliche Aus- und Weiterbildung immer mehr an Bedeutung gewinnen. Die Anzahl an Studien und wissenschaftlichen Publikationen, die sich mit dem Lernen in der VR beschäftigen, hat in der Vergangenheit stark zugenommen (Pellas, Dengel & Christopoulos, 2020) und dürfte ebenfalls weiter ansteigen. Es fällt jedoch auf, dass nur wenige Publikationen aus dem Bildungsbereich die Gestaltungsmerkmale von VR-Lernumgebungen differenziert bestimmen und untersuchen (Pellas, Mystakidis & Kazanidis, 2021; Radianti, Majchrzak, Fromm & Wohlgenannt, 2020). Eine nähere Bestimmung zentraler Merkmale von VR-Lernumgebungen bildet jedoch eine wichtige Grundlage für die Ermittlung von pädagogisch-didaktischen Mehrwerten (Radianti et al., 2020). Sie kann einen theoretischen Beitrag leisten, wenn Aspekte von ihr in Literaturreviews, Metaanalysen und theoretische Modelle aufgenommen oder gezielt in längeren empirischen Studienprogrammen variiert werden. Darüber hinaus ist die Herausarbeitung von zentralen Merkmalen hilfreich für die Praxis, da sie den gezielten Vergleich von VR-Lernumgebungen ermöglichen und Entwicklungsprozesse unterstützen kann. Für die Aus- und Weiterbildung bietet immersive VR vielfältige Anwendungszwecke. Erstens können in der VR wichtige Arbeitstätigkeiten eingeübt werden, deren Schulung in der Aus- und Weiterbildung bisher mit einem hohen Planungs-, Ressourcen- und Personalaufwand verbunden ist (Schuster et al., 2016; Zinn, 2020). Zweitens können durch VR-Lernumgebungen relevante emotionale Erfahrungen gemacht werden, die sonst nur durch Exkursionen oder Praktika vermittelt werden können (Schuster et al., 2016). Drittens können VR-Lernumgebungen die Funktionsweise von (technischen) Systemen so abbilden, dass tiefgreifende Einsichten in Systemprozesse und -merkmale ermöglicht werden (Zinn, 2020). Hierbei können Systeme innerhalb der VR sogar in ihrer Komplexität reduziert und mit lehrreichem Material angereichert werden (Zinn, 2019). Außerdem können hierdurch vorbereitungs- oder kostenintensive Laborexperimente, die einen wichtigen Stellenwert in einigen Aus- und Weiterbildungsbereichen einnehmen, ersetzt oder ergänzt werden (Schuster et al., 2016). Im Folgenden wird zunächst auf VR als Technologie eingegangen, bevor zentrale Merkmale von VR-Lernumgebungen aus der Literatur abgeleitet und in einer Taxonomie zusammengetragen werden. Anschließend werden drei VR-Lernumgebungen anhand dieser Taxonomie vorgestellt. Im Resümee werden weitere wichtige Charakteristika diskutiert, die in ausführlichere Taxonomien der Merkmale von VR-Lernumgebungen aufgenommen werden können. Außerdem werden Implikationen der vorgestellten Taxonomie diskutiert.

1.1 VR als Technologie für Lern- und Bildungszwecke

VR wird als Technologie durch ein Zusammenspiel spezieller Hard- und Software ermöglicht. Auf der Hardwareseite lässt sich nicht-immersiver VR von immersiver VR unterscheiden (Freina & Ott, 2015). Unter nicht-immersiver VR wird die Ausführung von VR-Applikationen auf einem Desktop-PC oder Laptop mit einem gewöhnlichen Bildschirm verstanden. Diese Art von VR ist typischerweise mit einer geringen Präsenzwahrnehmung verbunden. Als immersive VR werden zwei Arten von Hardware-Systemen bezeichnet: Cave Automatic Virtual Environments (CAVE) und VR-Brillen. Bei CAVE-Systemen werden mehrere Bildschirme und Bewegungstracker in einem Raum fest installiert, sodass sie den Betrachter umgeben. Diese Art von Hardware erzielt hohe Immersion, ist aber mit einem beträchtlichen Kosten- und Wartungsaufwand verbunden. In den letzten Jahren wurden bei der Entwicklung von VR-Brillen große technische Fortschritte erzielt. Zum einen sind heutzutage VR-Brillen mit besonders hochauflösenden Displays verfügbar, die kabelgebunden an einem leistungsstarken Rechner betrieben werden. Zum anderen gibt es bereits Standalone-VR-Brillen mit scharfen Displays, die über genaues Tracking ohne externe Bewegungstracker verfügen und durch ihre leistungsstarken Prozessoren und Grafikkchips autark betrieben werden können. Da diese Standalone-VR-Brillen zudem immer leichter und komfortabler werden, ist damit zu rechnen, dass sie innerhalb der nächsten Jahre immer besser in Aus- und Weiterbildungskontexte integriert werden können. Als Software kommen auf den genannten VR-Hardware-Systemen für Lern- und Bildungszwecke insbesondere Simulationen, Serious Games, und 360-Grad-Lehrfilme zum Einsatz. Simulationen bezeichnen Software, in der Systeme oder Phänomene abgebildet werden, die durch Manipulation verändert werden können (Plass & Schwartz, 2014); hierdurch kann die Auswirkung von Prozessen oder Vorgängen betrachtet und nachvollzogen werden. Serious Games sind Computerspiele, die mit einem didaktischen Ziel erstellt und eingesetzt werden. Sie verfügen über spielerische Merkmale, wie Belohnungssysteme (Plass & Schwartz, 2014). Ebenso können 360-Grad-Lehrfilme, die aus sphärischen Videos bestehen, mit einem didaktischen Ziel erstellt und eingesetzt werden (Eisenlauer & Sosa, 2022). Die verschiedenen, genannten VR-Softwarearten, die Lern- und Bildungszwecke verfolgen, sollten als relativ grobe Kategorien verstanden werden. Der folgende Beitrag wird zeigen, dass in ihnen mehrere zentrale Merkmale enthalten sind, die stark variieren können.

1.2 Zentrale Merkmale von VR-Lernumgebungen

Als nächstes werden einige Begriffe beschrieben, die mit zentralen Merkmalen von VR-Lernumgebungen zu tun haben. Die Begriffe Designmerkmale, Designelemente, Design Features, Gestaltungsprinzipien und Gestaltungsmerkmale sind im Instructio-

nal Design, der Lehr-Lernforschung und der Mediendidaktik geläufig (z. B. McKenney & Reeves, 2019; Radianti et al., 2020). In diesen Kontexten werden sie genutzt, um die Natur und Essenz von computerbasierten Lernumgebungen genauer abzubilden. Der ähnliche Terminus pädagogische Affordanzen ist in der Mediendidaktik und den Bildungswissenschaften verbreitet. Unter pädagogischen Affordanzen werden wichtige Eigenschaften von Umwelten oder den darin enthaltenen Objekten verstanden, die bestimmte Nutzungsinteraktionen oder -erlebnisse ermöglichen (Dickey, 2003). Um zentrale Merkmale zu ermitteln, die VR-Lernumgebungen systematisch abbilden und dabei ihre Eigenheiten beachten, haben wir zwei Arten von Publikationen berücksichtigt: Texte, die sich auf computerbasierte Lernumgebungen beziehen, sowie Texte, die sich explizit mit VR-Lernumgebungen beschäftigen. In unsere Sichtung von zentralen Merkmalen gingen Metaanalysen, Literaturreviews, Theoriemodelle, technische Berichte sowie Texte aus dem Instructional Design und der Mediendidaktik ein. Im Folgenden werden inhaltliche, didaktische, entwicklungsmethodische und interaktive Merkmale beschrieben, die eine Taxonomie bilden (siehe Tab. 1) und in den später vorgestellten VR-Lernumgebungen variieren. Verweise auf Quellen, aus denen die vorgestellten Merkmale abgeleitet wurden, finden sich bei den Merkmalen selbst.

1.3 Inhaltliche Merkmale von VR-Lernumgebungen

Thema und Gegenstand stellen wichtige Merkmale von VR-Lernumgebungen dar. Das Thema beschreibt, welche Aspekte und Aufträge im Vordergrund der VR-Lernumgebung stehen (Cook et al., 2013; Huwendiek et al., 2009). Ein Beispiel für ein Thema wäre das Arzt-Patienten-Gespräch, das in einer medizinischen VR-Lernumgebung im Mittelpunkt stehen kann. Das genannte Thema weist bereits auf die Aufträge der Lernenden hin, diagnostisch tätig zu sein und mit dem Patienten zu kommunizieren. Bezüglich des Gegenstands können VR-Lernumgebungen zum einen Situationen abbilden und repräsentieren. Gerade in Domänen wie der Medizin werden berufliche Anforderungssituationen in ihrem Ablauf abgebildet. Hierfür werden diese Situationen durch sogenannte Szenarios näher bestimmt, welche die zeitlichen Verläufe, Handlungs- und Interaktionsmöglichkeiten, sowie Rollen für beteiligte (virtuelle) Personen spezifizieren (Holland, Sadler & Nunn, 2008). Zum anderen können VR-Applikationen auch Systeme abbilden und repräsentieren (Dörner, Broll, Jung, Grimm & Göbel, 2019). Simulierte Systeme finden sich insbesondere in VR-Applikationen für den MINT-Bereich (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik). In diesem Bereich nimmt die Abbildung technischer oder natürlicher Phänomene beziehungsweise das Experimentieren eine wichtige Rolle ein (Hofstein & Lunetta, 2004; Linn, 2003). Darüber hinaus können VR-Applikationen auch die Abbildung und Repräsentation eines Objekts in den Mittelpunkt stellen (Dörner et al., 2019). Ein Bereich, in dem diesem Schwerpunkt eine große Bedeutung zukommt, ist zum Beispiel die

Architektur, in der die Betrachtung von Gebäuden und Landschaften aus verschiedenen Blickwinkeln wichtig ist. Komplexe Lernumgebungen können selbstverständlich mehrere der genannten Abbildungen und Repräsentationen von Gegenständen enthalten und miteinander vereinen. Ein weiteres wichtiges inhaltliches Merkmal sind die Stoffeigenschaften. Zuerst muss betrachtet werden, welchen Umfang der Stoff hat. Der Umfang des Stoffes kann beispielsweise in der Dauer der VR-Applikation oder der Anzahl der Textseiten der Stoffvorlage angegeben werden. Auch die Stoff- und Aufgabenschwierigkeit sollte berücksichtigt werden. Die Schwierigkeit konkreter Inhalte zu beschreiben ist kein einfaches Unterfangen. Sie ergibt sich im Zusammenspiel der Fähigkeiten der Lernenden (z. B. Vorwissen, Intelligenz, Motivation) und den vielfältigen Anforderungen, die Stoff und Kontext stellen (Bloom, 1976). Unter diese Anforderungen fallen Eigenschaften wie die Stoffmenge, Stoffkomplexität, Aufgabenstellungen, und das Prüfungsformat. Eine Angabe des Schwierigkeitsgrads durch die Entwickelnden der VR-Lernumgebung für eine bestimmte Zielgruppe kann eine sinnvolle erste Orientierung bieten, auch wenn sie nicht all diese Faktoren vollumfänglich und systematisch berücksichtigt und nicht auf empirischen Daten basiert. Darüber hinaus ist interessant, wie der Stoff gegliedert beziehungsweise strukturiert ist (Meyer, 2003). Da VR-Lernumgebungen auf verschiedenen didaktischen Rationalen basieren können (Luo, Li, Feng, Yang & Zuo, 2021), kann der Stoff unter anderem in thematische Einheiten, einzelne oder mehrere (Experimentier- und Beobachtungs-) Stationen, sowie einzelne oder mehrere zu bearbeitende Fälle untergliedert sein. Interessant ist hierbei auch, ob die Bestandteile des Stoffes aufeinander aufbauen oder voneinander unabhängig sind. Relevant sind Stoffeigenschaften wie Umfang, Schwierigkeit und Gliederung, weil sie auf Navigationsverhalten einwirken und kognitiv-affektive Lernprozesse beeinflussen könnten, die in Rahmenmodellen des Lernens in der VR (z. B. Makransky & Petersen, 2021) eine wichtige Rolle einnehmen. VR-Lernumgebungen werden außerdem beim Einsatz in der Praxis häufig durch begleitende Materialien ergänzt und strukturiert (Mulders, Buchner & Kerres, 2022). Zur Vor- und Nachbereitung kommen hierfür sogenannte Briefings, Tutorials und Debriefings zum Einsatz. In Briefings werden vorrangig die Lernziele und Aufgaben erläutert. Tutorials dienen zur Einführung in die Steuerung und zur Orientierung der Lernenden. Debriefings werden vor allem dazu genutzt, über die Leistung bei der Teilnahme zu reflektieren. In konkreten Aus- und Weiterbildungskontexten wäre es außerdem erstrebenswert, dass sowohl Sequenzpläne zur Planung zusammenhängender thematischer Einheiten als auch eine Planung für Einzelstunden vorliegen. Sequenzpläne und Planungen für Einzelstunden können weitere Aktivitäten des Lernens und Lehrens bestimmen und die Rolle und Funktion der VR-Lernumgebung in größeren Kontexten spezifizieren.

1.4 Didaktische Merkmale von VR-Lernumgebungen

Innerhalb der didaktischen Merkmale spielt das didaktische Rational eine zentrale Rolle. Mehrere Metaanalysen und Literaturreviews nehmen dieses Merkmal auf, welches die verfolgten pädagogischen Ansätze der Entwickelnden beschreibt (z. B. Luo et al., 2021; Radianti et al., 2020). Es ist davon auszugehen, dass das intendierte didaktische Rational kognitive und affektive Prozesse anstoßen und viele kleinere Entscheidungen im Entwicklungsprozess beeinflussen kann. Beispiele für ein didaktisches Rational sind entdeckendes Lernen sowie fallbasiertes Lernen. Auch pädagogische Ansätze und Modelle mit einem engeren VR-Bezug, wie der Verweis auf das Extended Model of Immersive Learning in Virtual Reality (Vogt, 2021), können hier angeführt werden. Aus diesen Beispielen wird bereits ersichtlich, dass sich das didaktische Rational auf übergreifende Sammelbegriffe und einzelne Theorien mit weiterem oder engerem VR-Bezug richten kann. Beim gleichzeitigen Bestehen von mehreren didaktischen Rationalen empfiehlt es sich jedoch, diese einzeln zu nennen, um eine klare Beschreibung zu erreichen. Lernziele spielen bei der Erstellung und Planung von VR-Lernumgebungen ebenfalls eine wichtige Rolle. Bloom et al. (1956) unterscheiden in einer bekannten Taxonomie zwischen den sechs kognitiven Lernzielen Wissen, Verstehen, Anwendung, Analyse, Synthese und Evaluation. Zusätzlich zu diesen kognitiven Lernzielen können die affektiven Lernziele in VR-Lernumgebungen auch mit Taxonomien beschrieben werden (Krathwohl, Bloom & Masia, 1964). Bei der vergleichenden Beschreibung von VR-Lernumgebungen in Literaturreviews werden Lernziele aber häufig nicht anhand detaillierter Taxonomien angegeben, sondern mit breiteren, allgemein-verständlichen Begriffen benannt (Kavanagh, Luxton-Reilly, Wuensche & Plimmer, 2017; Radianti et al., 2020). Beispielsweise stellen einige VR-Lernumgebungen Wissensvermittlung in den Vordergrund, während andere einen Schwerpunkt auf emotional-motivationale Förderung oder die Förderung kommunikativer Kompetenzen legen (Kavanagh et al., 2017; Radianti et al., 2020). Neben den beschriebenen Merkmalen sind in VR-Lernumgebungen auch Unterstützungsmaßnahmen eingebettet (Luo et al., 2021; Vogt, 2021). Diese Unterstützungsmaßnahmen wirken als Scaffolding und ermöglichen den Lernenden die erfolgreiche Bewältigung anspruchsvoller Aufgaben (Wood, Bruner & Ross, 1976): Sie vereinfachen die Schwierigkeit von Aufgaben so, dass Lernende die gesamte Aufgabe ausführen können, und lenken die Aufmerksamkeit auf relevante Aufgabenmerkmale oder -inhalte, die die Bearbeitung erleichtern (Reiser, 2004). Prompts und Feedback können als Ausprägungsbeispiele solcher Unterstützungsmaßnahmen gesehen werden (Belland, 2014). Zudem können Lernumgebungen den Einsatz bestimmter Lernstrategien anregen (Mulders, Buchner & Kerres, 2020). So können bestimmte generative Strategien induziert werden, indem Aufgaben zu einer tieferen Auseinandersetzung mit dem Lernstoff gestellt oder Lernprodukte erstellt werden (Fiorella & Mayer, 2016). Ein Beispiel hierfür ist das Verfassen kurzer mündlicher Zusammenfassungen, das in VR-Lernum-

gebungen integriert werden kann (Mulders et al., 2020). Die Betrachtung explizit-angeregter Lernstrategien ist auch deshalb interessant und vielversprechend, da viele klassische Lernstrategien in VR-Lernumgebungen durch das Tragen einer VR-Brille nur eingeschränkt oder gar nicht möglich sind.

1.5 Entwicklungsmethodische Merkmale von VR-Lernumgebungen

Ein wichtiges entwicklungsmethodisches Merkmal liegt in der Entwicklungsart, mit der die technische und konzeptionelle Entwicklung der Software stattfindet. Erstens kann es dazu kommen, dass keine Entwicklung stattfindet. So existieren für einige Themen bereits professionelle Serious VR Games oder Simulationen. Solche Applikationen könnten für bestimmte Zwecke in der Aus- und Weiterbildung ohne Anpassung verwendet werden. Zweitens kann eine Eigenentwicklung stattfinden. Die technische und konzeptionelle Entwicklung wird dann von Personen geleistet, die am Einsatz der VR-Lernumgebungen in der Praxis beteiligt sind. Drittens kann eine Fremdentwicklung erfolgen. Hierbei steuern die am Einsatz der VR-Lernumgebung beteiligten Personen häufig inhaltliches Wissen bei und helfen bei der Planung. Die technische Entwicklung findet dann durch externe Partner statt. Das Entwicklungsvorgehen muss ebenfalls betrachtet werden. Eine Möglichkeit VR-Applikationen zu entwickeln, liegt in der Modifizierung vorhandener Software. Hierbei werden zum Beispiel Texturen oder Objekte in Lernumgebungen eingesetzt, oder Level selbst gestaltet (de Freitas, 2006). Auch durch die Nutzung von Videoschnittprogrammen und Autorentools können VR-Lernumgebungen erstellt werden. Videoschnittprogramme wie Adobe Premier Pro ermöglichen es aus 360-Grad-Einzelvideos zusammenhängende Filme zu erstellen und Inhalte, wie visuelle Hervorhebungen, in diese einzufügen. Autorentools erlauben eine schnelle und komfortable Entwicklung von VR-Lernumgebungen ohne zu programmieren. Diese Programme stellen Standardfunktionen, wie die räumliche Navigation durch Teleportation, bereit und erlauben kleinere Anpassungen über einen Editor. Ein bekanntes Autorentool für die Erstellung von 360-Grad-Video-Touren ist 3DVista Für die Erstellung von VR-Applikationen, die Computerspielen ähneln und aus 3D-Leveln bestehen, ist Mozilla Hubs ein bekanntes Autorentool. Darüber hinaus können VR-Applikationen auch durch Programmierung mit Game Engines entwickelt werden. Der Vorteil von Game Engines liegt darin, dass System-Simulationen und individuelle Anpassungen möglich sind. Der Nachteil von Game Engines besteht darin, dass die Entwicklung relativ viel Zeit und tiefergehende Kenntnisse erfordert. Die verbreitetsten Game Engines für die Erstellung von VR-Applikationen sind aktuell die Unreal Engine und die Unity Engine. Für beide Game Engines gibt es Bibliotheken, Pakete und Add-ons, die die Entwicklung erleichtern. Auch die Art der Objekte in der Lernumgebung kann sich zwischen VR-Lernumgebungen unterscheiden. Je nach gewähltem technischem Vorgehen kommen hier 360-Grad-Videos, mit Grafikpro-

grammen erstellte 3D-Modelle, und durch Photogrammetrie sowie Laserscanning erstellte 3D-Modelle vor. Unter 360-Grad-Videos werden sphärische Videos verstanden. Diese Art von Videos kann für Aus- und Weiterbildungskontexte erzeugt werden, indem Handlungen und Situationen basierend auf didaktischen Überlegungen gezielt ausgewählt werden und dann Drehbücher erstellt werden. Anschließend werden die Videos mit Schauspielern, Komparsen und Requisiten verfilmt und geschnitten (Eisenlauer & Sosa, 2022). Durch Grafikprogramme erstellte 3D-Modelle finden sich in vielen Serious VR Games und Simulationen. Für die Erstellung dieser Objekte kommt Software wie blender zum Einsatz, mit der 3D-Gittermodelle, Texturen und Animationen erstellt werden. Durch Photogrammetrie und Laserscanning werden 3D-Objekte automatisch aus Sensordaten von Kameras beziehungsweise Laserscannern erzeugt. Computerprogramme wie RealityCapture ermitteln dann mit Algorithmen die Übereinstimmungen verschiedener Aufnahmen und erzeugen ein kohärentes 3D-Modell. Die hierbei erzeugten 3D-Gittermodelle und -texturen versprechen einen hohen Grad an Realitätstreue und Authentizität (Nebel, Beege, Schneider & Rey, 2020) und werden in den nächsten Jahren immer mehr Eingang in VR-Lernumgebungen finden (Fink, Sosa, Eisenlauer & Ertl, 2023).

1.6 Interaktive Merkmale von VR-Lernumgebungen

Ein wichtiges interaktives Merkmal ist die Bearbeitungsart. In dieser Hinsicht muss zwischen einem individuellen und kollaborativen Bearbeitungsmodus unterschieden werden. Bei einer individuellen Bearbeitung nehmen einzelne Lernende an der VR-Applikation teil, bei einer kollaborativen Bearbeitung mehrere. Diese Unterscheidung der Bearbeitungsmodi hat große Relevanz, da beim kollaborativen computerunterstützten Lernen zusätzliche und andere Lernprozesse, wie der Austausch von Informationen, auftreten, die beim individuellen Lernen nicht anzutreffen sind (Vogel & Fischer, 2020). In (kollaborativen) Bearbeitungssituationen können zudem verschiedene Zielstrukturen vorherrschen (Deutsch, 2011). Ist die Zielerreichung der Lernenden voneinander unabhängig, liegt eine individualistische Zielstruktur vor. Wenn alle Lernenden die Möglichkeit haben ein Ziel zu erreichen, und sich hierbei unterstützen können, spricht man von einer kooperierenden Zielstruktur (Deutsch, 2011). Ähnlich dazu ist die kollaborative Zielstruktur, bei der eine gleichzeitige Zusammenarbeit zur Zielerreichung notwendig ist. Kann hingegen nur ein Teil der Lernenden ein Ziel erreichen, ist von einer kompetitiven Zielstruktur die Rede (Deutsch, 2011). Diese Zielstrukturen beeinflussen maßgeblich Zusammenarbeitsprozesse, aber auch Emotionen der Lernenden. Auch die Interaktionspartner in den VR-Lernumgebungen müssen näher betrachtet werden. Individuelle Lernumgebungen können – aber müssen nicht – einen großen Fokus auf die Betrachtung von Objekten oder Systemen legen. In solchen Fällen kann es sein, dass Lernumgebungen keine Partner enthalten.

Zudem können individuelle und kollaborative Lernumgebungen virtuelle Agenten enthalten (Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt & Davis, 2014). Diese virtuellen Agenten können unter Verwendung von Avataren oder Videoclips Personen und ihre Handlungen simulieren. In kollaborativen Lernumgebungen können zudem Personen eingebunden sein. Hierbei ist es möglich, dass die Personen im Sinne eines Multiplayer-Modus gemeinsam an der Bearbeitung von Aufgaben teilnehmen, oder – zum Beispiel per Videochat – miteinander kommunizieren. Ein weiteres interaktives Merkmal ist die räumliche Navigation (Schmeil, Eppler & de Freitas, 2012). Es gibt VR-Lernumgebungen, in denen eine limitierte räumliche Navigation möglich ist. Ein Beispiel hierfür sind 360-Grad-Lehrfilme, die mit einer VR-Brille dargeboten werden und ohne umfangreichere Nutzerinteraktionen abgespielt werden. Teilnehmende können sich hier nicht an andere Orte fortbewegen, aber ihre eigene Perspektive am aktuellen Ort verändern. Ein anderes Beispiel hierfür sind VR-Applikationen, in denen 3D-Modelle und Animationen betrachtet werden, ohne dass sich Teilnehmende räumlich fortbewegen. Darüber hinaus kann die limitierte räumliche Navigation (temporär) vorliegen, wenn Videoclips und Zwischensequenzen gezeigt werden. In anderen VR-Lernumgebungen findet eine räumliche Navigation durch Teleportation oder eine Auswahl über Menüs statt. In diesen VR-Lernumgebungen kann an eine determinierte, aber eingeschränkte Auswahl an Orten navigiert werden. Wieder andere VR-Lernumgebungen ermöglichen eine Navigation durch freies Bewegen (Schmeil et al., 2012). Das freie Bewegen im Raum kann zu mehr Simulationsübelkeit führen als die anderen Navigationsmöglichkeiten, erlaubt es aber an viele Orte in der Lernumgebung zu gelangen und diese aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten.

Als letztes muss die inhaltliche Navigation als interaktives Merkmal genauer angesehen werden (Huwendiek et al., 2009). Unter diesem Begriff werden die inhaltlichen Pfade durch die Lernumgebung verstanden. Eine lineare Navigation erlaubt es Nutzenden sich entlang eines Pfades von Inhalten in einer vorgegebenen Reihenfolge zu bewegen. Rückwärtsbewegungen können hierbei zum Teil eingeschränkt werden. Am Ende des Pfades befindet sich ein fixer Endpunkt, der besucht werden soll. Eine verzweigende Navigation gestattet es Nutzenden, sich an bestimmten oder allen Punkten frei von Punkt zu Punkt zu begeben. Obwohl es eine größere Freiheit als bei der linearen Navigation gibt, können Pfade auch durch getätigte Eingaben, Systemzustände oder die Bearbeitungszeit eingeschränkt werden. Am Ende der verzweigenden Navigation können mehrere, unterschiedliche Endpunkte stehen. Natürlich kann es in VR-Lernumgebungen auch zu Mischformen dieser Navigationsarten kommen. Beispielsweise kann in einem Abschnitt einer VR-Lernumgebung eine lineare Navigation, in einem anderen Abschnitt aber eine verzweigende Navigation vorliegen.