

# Simulationen und simulierte Welten

## Lernen in immersiven Lernumgebungen

Wir lernen gut und gerne in unserer natürlichen Umgebung, denn dort können wir miteinander interagieren, unseren Handlungen folgen, meist klare Konsequenzen ziehen und wir finden uns darin wieder. Doch wie lernt man mit Dingen umzugehen, die unsichtbar sind? Wie werden Szenarien trainiert, in denen Fehlverhalten mit gesundheitlichen Schäden oder schlimmstenfalls dem eigenen Tod beziehungsweise dem Tod anderer Menschen einhergeht? Wie wird das richtige Verhalten für Situationen gelernt, die fast nie auftreten und dennoch möglich sind? Als Antwort auf diese und viele weitere Fragen wird in diesem Kapitel das Lernen mit Simulationen und simulierten Welten vorgestellt. Dieses Kapitel vermittelt grundlegende Kenntnisse zum Lernen mit Simulationen und simulierten Welten. Dazu werden zunächst die Begriffe ‚Serious Gaming‘ sowie ‚immersive Lernumgebungen‘ eingeführt. Anschließend stehen sowohl pädagogische und psychologische als auch technische Prinzipien des Lernens mit Simulationen thematisch im Mittelpunkt. Am Ende des Kapitels soll verständlich sein, was von professionellen Entwicklerinnen und Entwicklern getan wird, damit virtuelle Welten der Realität so nah wie möglich kommen, und auf welche Art und Weise diese Methode in Lernprozesse einbezogen wird.

*Autoren: Susan Höntzsch (Jolie), Uwe Katzky, Klaus Bredl, Frank Kappe, Dirk Krause  
Überarbeitet von: Stefan Etzelstorfer*

- Einführung
- Grundlage des Lernens mit Simulationen und simulierten Welten
- Der Einsatz von Simulationen und simulierten Welten als Lernumgebung
- Zentrale Erkenntnisse
- Literatur

# Einführung

Simulationen können als Abstraktion der Wirklichkeit durch Schaffen von Modellen verstanden werden. Der Grad der Abstraktion und die Detailtiefe des Modells bestimmen die Nähe zur Realität. Simulationen werden vielfältig und in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt (Fahr- und Flugsimulationen, Simulation von Zukunftseignissen, Simulation von langsamen und schnellen Abläufen in schnellerem bzw. langsamerem Tempo und vieles mehr) und sind heute ein wesentlicher Bestandteil vieler Ausbildungsbereiche.

Virtuelle Welten können eine spezielle Art sozialer Netzwerke sein und als Simulationen dienen, in denen die Benutzer/innen als sogenannte ‚Avatare‘ in einer virtuellen, meist dreidimensionalen Umgebung dargestellt werden. Mittels Chat oder Voice-Chat kommunizieren Menschen über diese Avatare in Echtzeit miteinander. Sie können mit der virtuellen Umgebung interagieren (zum Beispiel einen Raum betreten oder sich auf einen Stuhl setzen) und in manchen Systemen auch die Umgebung modifizieren (zum Beispiel Geräte bedienen).

In modernen Anwendungen kommt vermehrt Virtual-Reality-Technologie (VR-Technologie) zum Einsatz - insbesondere in Form sogenannter Head-Mounted Displays (HMDs), die auch als Virtual-Reality-Brillen bekannt sind. Dabei handelt es sich um Geräte, die wie herkömmliche Brillen getragen werden und - im Unterschied zu klassischen Bildschirmen - stereoskopisches Sehen ermöglichen. Dadurch kann die virtuelle Umgebung realitätsnäher und noch immersiver erlebt werden. Ergänzend dazu gewinnt auch die Augmented Reality (AR) an Bedeutung. Während VR-Technologie die Nutzer/innen vollständig in eine digitale Welt eintauchen lässt, erweitert AR die reale Umgebung um virtuelle Inhalte (Chandrasekera & Yoon, 2018). So können zum Beispiel Informationen, Grafiken oder Objekte direkt im Sichtfeld eingeblendet werden - auch hier kommen spezielle HMDs zum Einsatz.

Im Gegensatz zu den meisten anderen sozialen Netzwerken bleiben die Nutzer/innen hinter den Avataren üblicherweise anonym. Von den sogenannten ‚MMOG‘ (Massively Multiplayer Online Games), die eine ähnliche Technologie verwenden, unterscheiden sich virtuelle Welten darin, dass sie offener im Verwendungszweck sind und einen gewissen Fokus auf Interaktion und Kreativität legen. Sie sind also kein Spiel mit vordefinierten Zielen, man kann nicht gewinnen oder verlieren. Dadurch wird es möglich, sie als Lernumgebung zu verwenden.

Kommerziell betriebene Plattformen für virtuelle Welten erfreuen sich großer Beliebtheit, mit der Tendenz zu weiterem Wachstum. Im Jahr 2021 lag die Zahl der monatlich aktiven Nutzer/innen bei 358 Millionen - bis 2023 wurde ein Anstieg auf 665 Millionen verzeichnet (KZero, 2024). Schätzungen zufolge dürfte sie bis zum Jahr 2027 auf rund 2,07 Milliarden anwachsen (KZero, 2024). Ein Großteil dieser Plattformen richtet sich dabei an Kinder und Jugendliche als Zielgruppe. Es existieren jedoch auch Plattformen für virtuelle Welten mit einem Zielpublikum über 30 Jahren (zum Beispiel Second Life oder Horizon Worlds von Meta).

Es existieren Open-Source-Software-Projekte, mit denen man selbst eine virtuelle Welt erstellen kann. Besonders für den Bildungsbereich bieten solche Systeme Vorteile: Sie ermöglichen vollständige Kontrolle über Inhalte und Datenschutz, sind dabei kostengünstig und beliebig auf die jeweiligen Ansprüche adaptierbar. Ein Beispiel ist das weiterhin aktive OpenSimulator-Projekt, das sich an der Funktionsweise von Second Life orientiert und insbesondere seit der Corona-Pandemie wieder zunehmender Beliebtheit erfreut. Diese Entwicklung spiegelt sich auch in den Nutzerzahlen von OpenSimulator wider – so wurde im Juni 2024 mit 48.234 aktiven Nutzer/innen ein neuer Höchststand erreicht (Korolov, 2024). Um detailreichere und realitätsnähere virtuelle Welten (als OpenSimulator) zu gestalten, kommen Entwicklungsumgebungen wie ‚Unity‘, ‚Unreal Engine‘ oder ‚Godot‘ (Open-Source) zum Einsatz.

“

?

Reflektieren Sie vor dem Hintergrund der zunehmenden Digitalisierung in vielen Bereichen die Vor- und Nachteile bei der Verwendung von Avataren in virtuellen Lernszenarien!

# Grundlage des Lernens mit Simulationen und simulierten Welten

## Begrifflichkeiten

Der Begriff ‚Serious Games‘ - dessen deutsche Übersetzungen wie ‚Digitales Lernspiel‘ den Bedeutungsumfang oft nicht vollständig erfassen - bezeichnet Anwendungen, bei denen sich Nutzer/innen mit ernsthaften Inhalten auseinandersetzen und sich dabei auf spielerische Weise Lerninhalte aneignen. Dazu bedienen sich solche Anwendungen der unterhaltenden Elemente und gängigen Mechanismen von Computerspielen. Typische Formen solcher Spiele sind etwa Simulationen, ‚Edutainment‘ (unterhaltsames Lernen) und ‚Advergimes‘ (Werbespiele).

Der Ausdruck ‚Serious‘ verweist dabei auf die inhaltliche Ernsthaftigkeit (dem Erarbeiten der Lerninhalte), während ‚Games‘ die spielerisch gestaltete Vermittlungsform der Lerninhalte betont (Ritterfeld et al., 2009). Ein großer Vorteil von Serious Games liegt vor allem in ihrer interaktiven Natur: Die Lerninhalte werden nicht nur passiv aufgenommen - wie etwa beim Lesen eines Buches oder beim Ansehen eines Films - sondern aktiv durch eigenes Handeln (Interaktion) erarbeitet.

“

!

Mit Serious Games erarbeiten sich Lernende in Szenarien, die sie als spielerisch empfinden, ernsthafte Themen beziehungsweise Lerninhalte.

“

!

Weiterführende Literatur:

- Krause, D. (2008). Serious Games - The State of the Game. Der Zusammenhang zwischen virtuellen Welten und Web 3D. Köln: Pixelpark Agentur.
- Masuch, M. (2006). Entwicklung von Computerspielen. URL: <http://bit.ly/9H5kzK> [2013-08-19].
- Gee, J. (2009): Deep Learning Properties of Good Digital Games: How Far Can They Go? In: U. Ritterfeld; M. Cody & P. Vorderer (Hrsg.), Serious Games. Mechanism and Effects. New York: Routledge, Taylor and Francis, 67-83.

Konzepte für immersive Lernumgebungen und Lernen in 3D (,drei Dimensionen‘) werden seit Ende der 1990er Jahre experimentell erprobt. Die Anwendung virtueller Welten in sozialen Interaktionsprozessen wurde zunächst in ,ActiveWorlds‘ beziehungsweise ,Edu-Worlds‘ und ab circa 2005 in ,Second Life‘ erforscht. Inzwischen stehen mit Technologien wie ,Virtual Reality‘ (VR) und ,Augmented Reality‘ (AR) aber deutlich weiterentwickelte Werkzeuge zur Verfügung, die neue Möglichkeiten zur Implementierung und Gestaltung immersiver Lernumgebungen eröffnen.

Laut Chandrasekera und Yoon (2018) kann ,Virtual Reality‘ (VR) als eine immersive, dreidimensionale, computergenerierte Umgebung verstanden werden, in der sich Nutzer/innen bewegen und mit virtuellen Inhalten interagieren können. Dabei kann entweder eine reale Welt simuliert oder eine fiktive Umgebung erzeugt werden. Auch wenn VR-Anwendungen überwiegend visuelle Reize ansprechen, können sie zusätzlich auditive oder haptische Elemente integrieren. VR findet in zahlreichen Bereichen wie Unterhaltung, Bildung und Forschung Anwendung – besonders dort, wo komplexe Abläufe realitätsnah erprobt und trainiert werden sollen, etwa in der Pilotenausbildung mittels Flugsimulatoren.

,Augmented Reality‘ (AR) ist nach Chandrasekera und Yoon (2018) eine Erweiterung der physischen Umgebung durch digitale, computergenerierte Inhalte. Im Unterschied zur Virtual Reality, die Nutzer/innen vollständig in eine virtuelle Welt eintauchen lässt, wird bei AR die reale Welt mit virtuellen Informationen überlagert – etwa in Form von Texten, Bildern, 3D-Objekten oder Audio. Diese virtuellen Elemente erscheinen in Echtzeit und ergänzen nahtlos die physische Realität.

Ein besonderer Vorteil von VR- und AR-Technologien im Bildungswesen liegt in ihrer Fähigkeit, abstrakte oder komplexe Inhalte auf anschauliche Weise zu vermitteln - in dieser Hinsicht sind sie klassischen Lernmethoden überlegen. Dies wird auch durch empirische Forschung gestützt: Eine Metaanalyse von Zhao et al. (2021) untersuchte den Einsatz von Virtual Reality in der medizinischen Ausbildung und verglich die Wirksamkeit von VR-basiertem Lernen mit traditionellen Lehrmethoden. Die Analyse umfasste sechs Studien mit insgesamt 633 Teilnehmenden aus verschiedenen Bereichen der Gesundheitsberufe – darunter Medizinstudierende, Assistenzärzte/Assistenzärztinnen und Angehörige anderer medizinischer Fachrichtungen. Die Ergebnisse zeigten, dass Teilnehmende in der VR-Gruppe eine deutlich höhere Chance hatten, die Prüfung zu bestehen als jene, die mit traditionellen Lehrmethoden unterrichtet wurden – mit einer berechneten Odds Ratio von 1,85 (95 %-Konfidenzintervall: 1,32-2,58).

Auch für AR lassen sich vergleichbare positive Effekte nachweisen: Eine umfassende systematische Übersichtsarbeit mit integrierter Metaanalyse von Zhang et al. (2022) untersuchte 129 empirische Studien zum Einsatz von Augmented Reality im schulischen Kontext (K-12; primärer und sekundärer Bildungsbereich), die im Zeitraum von 2000 bis 2020 veröffentlicht wurden. Die Ergebnisse der Metaanalyse zeigen eine deutlich positive Wirkung von AR auf das Lernen, mit einer hohen Gesamteffektstärke ( $g = 0,919$ ) zugunsten von AR-basierten Lernsettings. Durch diese Studie konnten zusätzlich zentrale Trends identifiziert werden:

- Am häufigsten kommt AR in den Naturwissenschaften (Physik, Geologie, Biologie) sowie in den Gesellschaftswissenschaften (Geschichte, Kultur) zum Einsatz, gefolgt vom Sprachunterricht.
- Mobile Geräte – insbesondere Tablets – haben sich als bevorzugte Plattform für AR-Anwendungen etabliert.
- Die meisten AR-Anwendungen dienen der Vermittlung von Fakten- und Konzeptwissen.
- Anwendungen mit Übungsanteilen erwiesen sich als besonders wirksam und führten zu den besten Lerneffekten, obwohl sie in den analysierten Studien vergleichsweise selten eingesetzt wurden.

“

?

- Was unterscheidet Augmented Reality grundsätzlich von Virtual Reality?
- Welche Sinneskanäle werden in VR-Anwendungen typischerweise angesprochen?
- Welche Formen digitaler Inhalte können in AR eingeblendet werden?

Eine These bei der Verwendung dreidimensionaler virtueller Welten - und damit auch von VR und AR - ist die mögliche unterstützende Wirkung der Immersion auf Lernprozesse. Immersionseffekte hängen mit Flow (Csikszentmihalyi, 2010) und Präsenz-Erleben (Pietschmann, 2009) zusammen, werden aber auch im Zusammenhang mit Computerspielsucht genannt (Grunewald, 2009).

Immersion bezeichnet den Grad, in dem Individuen wahrnehmen, dass sie mehr mit ihrer virtuellen als mit ihrer realen Umgebung interagieren (Guadagno et al., 2007, 3) und beschreibt somit das individuelle Gefühl des „Sense-of-being-there“. Bezüglich einer virtuellen Realität scheint Immersion durch den Grad der Repräsentation der Lernenden und ihrer Präsenz (Presence) bestimmt zu sein (Davis et al., 2009; Bredl & Herz, 2010; Bredl & Groß, 2012, 2). Ihre Repräsentation ist dabei geprägt von den Zuständen und dem Erscheinungsbild ihrer virtuellen Repräsentantinnen und Repräsentanten sowie ihrer Interaktionsmöglichkeiten (Bouras et al., 2001).

?

- Diskutieren Sie die mit der Immersion in virtuellen Welten zusammenhängenden Phänomene in Bezug auf Lernprozesse!
- Was prägt den Grad der Repräsentation einer beziehungsweise eines Lernenden in einer dreidimensionalen virtuellen Umgebung?

Das Präsenzerleben der Lernenden in 3D-Umgebungen hängt im Wesentlichen mit der Wahrnehmung ihrer eigenen virtuellen Präsenz zusammen. Heeter (1992) spricht unter anderem von einer sozialen Präsenz, welche sich auf das Vorhandensein anderer Personen in der virtuellen Umgebung bezieht. Dieses Phänomen kann auch in Lern-, Beratungs- und Coachingsituationen eingesetzt werden (Bredl et al. 2012).

# Pädagogische und psychologische Grundlagen

Ausschlaggebend beim Lernen mit Simulationen und simulierten Welten ist die stete Interaktion mit dem Lernstoff, aber auch mit anderen Nutzerinnen und Nutzer, Subjekten, Inhalten und Kontexten. Gelernt wird in realitätsgetreu nachgebildeten Umgebungen und oft mit realen Eingabegeräten. Burdea und Coiffet (2003, 3) sprechen von den ‚drei I‘ des Lernens mit virtuellen Realitäten: Imagination, Immersion und Interaktion. Imagination beschreibt die Vorstellungskraft und das Einbildungsvermögen der Lernenden, sich in eine Simulation hineinzusetzen. Durch Echtzeitvisualisierungen und -reaktionen des Systems erhalten die Nutzenden sofortiges Feedback auf ihre Eingaben (Interaktion). Die Informationsaufnahme erfolgt zudem multimodal (siehe Abbildung 1), das heißt, mit mehreren Sinnen. Dadurch wird ein Gefühl der Immersion erzeugt, also des direkten Einbezogenseins in der simulierten Welt.

Abb. 1: Multimediale Informationsaufnahme

Abb. 1: Multimediale Informationsaufnahme

Wissen wird in diesen Lernumgebungen nicht vorgegeben, sondern explorativ erarbeitet. Dieses entdeckende Lernen führt zu einer Erweiterung des persönlichen Erfahrungsraumes sowie der Generierung und Überprüfung von Hypothesen. Allerdings können nach Hofmann (2002, 2) die Erkenntnisse aus diesen Lernprozessen nur dann auf die Realität übertragen werden, wenn die eingebauten Komponenten so wahrheitsgetreu wie möglich simuliert und wahrgenommen werden. Studien zeigen, dass das Lernen mit Simulationen motivierender und lernförderlicher ist als rein textorientierte Lernformen. Diese Lernweise resultiert jedoch nicht per se in einer höheren Qualität beziehungsweise Quantität der kognitiven Verarbeitung und des Fertigkeitserwerbs. Vielmehr fühlen sich Nutzer/innen ohne Anleitung leichter überfordert als bei textorientierten Lernformen

und verlieren die Lust am Lernen mit der Simulation. Um dies zu vermeiden sind unterstützende Maßnahmen notwendig:

- klare Lernziele, Arbeitsaufträge und Instruktionen,
- permanent verfügbare Hintergrundinformationen sowie
- Hinweise und Übungen, die zur Reflexion anregen, zum Beispiel das Einstellen eines bestimmten Zustandes der Simulation.

Diese Techniken in Verbindung mit situierten Lernansätzen (Mandl et al., 2002) sind empirisch überprüft und haben einen positiven Einfluss auf die Lernmotivation, die Tiefe der Informationsverarbeitung und den Lernerfolg (weitere Techniken und Verweise auf Studien zum Beispiel bei De Jong & van Joolingen, 1998).

“

?

- Was sind die Prinzipien des Lernens mit Simulationen und simulierten Welten, die sich hinter den drei ‚I‘ verbergen? Beschreiben Sie, wie die drei ‚I‘ zusammenhängen!
- Was wird unter multimodaler Informationsaufnahme verstanden und was könnten Gründe dafür sein, dass Multimodalität positive Effekte auf den Lernerfolg aufweist?
- Wie könnte die Formulierung eines klaren Lehr- und Lernziels für das Lernen mit einer Simulation lauten?

## Technische Grundlagen

Zur Erzeugung eines Gefühls der Immersion werden häufig dreidimensionale Darstellungen auf eigentlich zweidimensionalen Monitoranzeigen genutzt. Doch auch stereoskopisches Sehen ist mit ‚Head Mounted Displays‘ (HMDs) bereits möglich. Dadurch entsteht bei den Lernenden der Eindruck einer virtuellen Welt, in der sie sich bewegen können. Moderne HMDs wie die Meta Quest 3 oder die Apple Vision Pro ermöglichen ein vollständiges Eintauchen in virtuelle Welten (Virtual Reality) ebenso wie die Erweiterung der realen Welt durch digitale Inhalte (Augmented Reality). Möglich wird dies durch die sogenannte Passthrough-Technologie, bei der integrierte Kameras und Sensoren die reale Umgebung in Echtzeit aufzeichnen und auf das Display im Inneren der Brille übertragen, wodurch virtuelle Inhalte in das angezeigte Bild integriert oder die reale Umgebung bei Bedarf vollständig ausgeblendet werden kann (Bailenson et al., 2024). Der Grad der Immersion ist dabei nicht festgelegt, sondern kann – sofern vom Gerät oder der Software unterstützt – flexibel angepasst werden.

Den Grad der Einbindung in das Spielgeschehen wird weiterhin durch verschiedene Stimuli beeinflusst. Neben visuellen Eindrücken nutzen Hersteller/innen beispielsweise auch auditive und taktile Elemente oder Gamecontroller (Joysticks, Tastatur, Maus, Touchscreen etc.). Ergänzend zu den klassischen Eingabegeräten kommen zunehmend haptische Handschuhe und Anzüge zum Einsatz, die physisch spürbare Berührungen simulieren (Chatzopoulos et al., 2021).

Bei der Erstellung von Simulationen und simulierten Welten sind zudem verschiedene Parameter zu erzeugen. Dazu gehören

- die Umgebungen (level),
- die Regeln zur Interaktion mit der Umgebung (zum Beispiel Gravitation, Berührungsmessung, physikalische Gesetze),
- die Regeln zur Aufnahme und Abgabe von Objekten (zum Beispiel items) und
- das Vorhandensein von Avataren beziehungsweise computergestützten Akteurinnen und Akteuren (bots).

Soll die Lernumgebung durch mehrere Personen gemeinsam genutzt werden, müssen außerdem die Interaktion und die Kommunikation von Avataren sichergestellt werden.

Zur technischen Realisierung, insbesondere der Interaktion und Kommunikation, werden sogenannte ‚Game Engines‘ genutzt, also Software-Pakete, die die beschriebenen Funktionalitäten als Programmschnittstelle (engl. ‚application programming interface‘, API) bereitstellen. Game Engines gehen über reine 3D-Engines hinaus, da sie neben der grafischen Darstellung beispielsweise auch Module für Sound, Physik, Steuerung und Netzwerk beinhalten. Um den Realisierungsprozess zu vereinfachen, stellen Hersteller/innen von Game Engines darüber hinaus integrierte Entwicklungsumgebungen (engl. ‚integrated development environments‘, IDE) zur Verfügung. Mit diesen können auf intuitive Weise Inhalte (‚media assets‘) und Skriptcode bearbeitet werden (beispielsweise im ‚Blueprint Visual Scripting System‘ der Unreal Engine). Weitere bekannte Beispiele neben der Unreal Engine von Epic Games sind die weitverbreitete Unity Engine, die insbesondere im Bereich mobiler Spiele sowie Virtual und Augmented Reality zum Einsatz kommt, sowie die quelloffene Godot Engine (Open-Source).

Ein bekanntes Werkzeug, das insbesondere seit der Corona-Pandemie neue Beliebtheit erlangt hat und auch im Bildungsbereich häufig zum Einsatz kommt, ist das OpenSimulator-Projekt. Die Open-Source-Plattform existiert bereits seit 2007 und ermöglicht das Erstellen virtueller 3D-Welten. Während der COVID-19-Pandemie stieg die Nutzung von OpenSimulator deutlich an. Dieser Trend setzte sich fort und im Juni 2024 wurde mit 48.234 aktiven Nutzer/innen ein neuer Höchststand erreicht (Korolov, 2024). Zwar existieren mittlerweile zahlreiche (realistischere und modernere) Alternativen wie Vircadia oder VRChat, doch Pädagoginnen und Pädagogen setzen weiterhin auf OpenSimulator – vor allem aufgrund seiner hohen Flexibilität und den vergleichsweise geringen Kosten (Kariuki, 2021).



?

- Welche wesentlichen Parameter einer Game-Engine sind unabhängig vom Spieltyp zu erzeugen? Welche Parameter werden abhängig vom Spieltyp eingestellt?
- Welche Herausforderungen bestehen bei der Zusammenstellung von Teams im Rahmen von Serious-Gaming-Projekten?
- Welche verschiedenen Modalitäten lassen sich auf welche Weise mit Simulationen und virtuellen Welten ansprechen?

## In der Praxis: Flugsimulatoren

Flugzeuge gehören zu den komplexesten und wohl auch teuersten Maschinen, die von Menschen bedient werden. Gerade am Anfang der Ausbildung ist es jedoch nicht möglich, reale Flugzeuge für das Training einzusetzen – sei es aus Sicherheitsgründen, aufgrund begrenzter Verfügbarkeit oder wegen der hohen Kosten. Um angehende Pilotinnen und Piloten dennoch auf ihren Beruf vorzubereiten, kommen seit vielen Jahren Flugsimulatoren zum Einsatz, die einen fixen Bestandteil in der Ausbildung darstellen.

Flugsimulatoren, wie sie beispielsweise in der offiziellen Pilotenausbildung von Verkehrspiloten eingesetzt werden, sind offiziell zertifiziert und bieten ein Training, das dem realen Flugbetrieb mit dem jeweiligen Flugzeugtyp äußerst nahe kommt. Dabei existieren verschiedene Zertifizierungsstufen - von einfacheren Modellen bis hin zu sogenannten Level-D-Simulatoren, die so realistisch sind, dass Pilotinnen und Piloten kaum einen Unterschied zum echten Flugzeug feststellen können (Theuermann, 2024).

Zudem ermöglichen diese Simulatoren das gezielte Trainieren unterschiedlichster Szenarien, die in der realen Welt nur schwer oder gar nicht simuliert werden können (Theuermann, 2024). Hierzu zählen unter anderem seltene Extremsituationen wie Triebwerksausfälle, plötzliche Wetteränderungen oder auch Fehlfunktionen der Instrumente. In solchen Fällen können die angehenden Pilotinnen und Piloten sicher und vor allem auch ohne Risiko üben, um im Ernstfall korrekt reagieren zu können.

Abb. 2: Beispiel eines Flugsimulators - Airbus A320

Abb. 2: Beispiel eines Flugsimulators - Airbus A320

Neben den klassischen Flugsimulatoren – siehe Beispiel in Abbildung 2 – kommen auch Technologien wie Virtual Reality zunehmend in der Pilotenausbildung zum Einsatz. Dies zeigt ein aktuelles Praxisbeispiel des Unternehmens Varjo (2023) in Zusammenarbeit mit TRU Simulation. Durch den Einsatz einer VR-Brille (HMD) wird das komplette Cockpit des zu simulierenden Flugzeugs dreidimensional visualisiert - einschließlich der Instrumente und Bedienelemente, mit denen die Pilotinnen und Piloten direkt interagieren können. Während konventionelle Simulatoren

meist fest installiert und an bestimmte Flugzeugtypen gebunden sind (etwa den Airbus A320), ermöglichen VR-basierte Lösungen einen einfachen Wechsel zwischen den konkreten Flugzeugtypen, ohne dass die Hardware (das Cockpit) adaptiert werden muss. Auch in puncto Kosten bieten VR-Simulatoren Vorteile, da sie weniger Infrastruktur benötigen und der damit verbundene Wartungsaufwand entsprechend geringer ist.

# Der Einsatz von Simulationen und simulierten Welten als Lernumgebung

Lernen mit Simulationen und simulierten Welten ist immer dann besonders gut anzuwenden, wenn Prozesse trainiert werden sollen, in denen Fehlverhalten riskante und lebensbedrohliche Auswirkungen haben kann. In einer Simulation trainiert es sich gefahrlos. Lernende können also problemlos verschiedene Verhaltensweisen ausprobieren, ohne sich Sorgen über mögliche Konsequenzen machen zu müssen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt für den Einsatz von Simulationen ist die Tatsache, dass Fahrzeuge (zu Land, zu Wasser oder in der Luft), Maschinen und Geräte oft nicht in ausreichender Anzahl für Ausbildungszwecke zur Verfügung stehen. Um also den richtigen Umgang mit ihnen realitätsnah zu trainieren, kann daher eine Simulation sogar zwingend notwendig werden.

Im Gegensatz zur Realität können simulierte Welten bestimmte Dinge sichtbar und damit begreifbar machen. Ebenso werden sehr unwahrscheinliche (dennoch mögliche) Szenarien trainierbar. So ergibt sich aus der Simulation selbst ein Nutzen, der den des Lernens in der Realität übersteigen kann.

Simulationen zeichnen sich durch ihre Kosteneffizienz aus. Ihre Anschaffungskosten können sich in einigen Fällen bereits nach zwei bis drei Jahren amortisieren, in anderen Fällen erst nach weit mehr Jahren der Nutzung. Schnelle Amortisierungen ergeben sich häufig bei Simulationen von Hardware (zum Beispiel Fahrzeuge), deren Bedienung sehr oft geschult werden muss. Längere Amortisierungszeiten ergeben sich meist dann, wenn der Erfolg der Simulation nicht direkt messbar ist, beispielsweise bei der Simulation von menschlichem Verhalten. Hier ist der Lernerfolg erst in der realen, meist lange nach der Schulung auftretenden Situation, sichtbar. Weitere Vorteile beim Einsatz von Simulationen sind unter anderem:

- Ungefährlichkeit,
- Mobilität,
- kein Materialverschleiß teurer Geräte,
- keine Schäden an teuren Geräten,
- praxisnahe, realistische Ausbildungssituation und

- Modifikation von Umgebungsvariablen (Wetter, Lichtverhältnisse, Fehlermeldungen von Geräten).

Die möglichen Nachteile beim Einsatz von Simulationen sollen nicht unerwähnt bleiben. So können beispielsweise Schwindelgefühle auftreten, wenn sichtbare Bewegungen nicht den wahrgenommenen entsprechen (die so genannte ‚Simulatorkrankheit‘). Da die Technik aber inzwischen so weit fortgeschritten ist, dass neben Sehen und Hören auch die haptische Wahrnehmung angesprochen wird, findet man sich noch realer in das virtuelle Geschehen hinein. So wird dieses ‚spürbar‘ und das Risiko physischer Einschränkungen noch weiter minimiert. Weil Lernen in virtuellen Welten immer in einer ‚ästhetischen Distanz‘ zur Realität stattfindet, können auch in dieser Hinsicht Probleme entstehen. Je größer die ästhetische Distanz ist, desto schwieriger wird der Transfer des Gelernten in die Praxis. Zum Beispiel könnten angehende Pilotinnen und Piloten, die bisher nur am Simulator trainiert haben, beim ersten Praxiseinsatz aufgrund der veränderten Verantwortung unter enormem Druck stehen und alleine deshalb Fehler machen.

“

!

Durch Simulationen werden gefährliche oder sehr selten auftretende Situationen praxisnah und realistisch trainierbar.

“

?

Nennen Sie mindestens drei Gründe, warum Simulationen eingesetzt werden!  
Recherchieren Sie jeweils drei Beispiele für Einsatzbereiche von Simulationen als Lernumgebung außerhalb des militärischen Bereichs!

# Zentrale Erkenntnisse

Grundlage des Lernens mit Simulation und simulierten Welten ist das Handeln in virtuellen, meist dreidimensionalen Umgebungen in Echtzeit. Mit Hilfe verschiedener technischer Komponenten, sogenannten Game-Controllern, steuern Lernende ihren Avatar beziehungsweise virtuelle Fahrzeuge, Maschinen oder Geräte. Tastatur und Maus, aber auch Joysticks, Touchscreens sowie Original-Bediengeräte kommen dabei zum Einsatz. In den letzten Jahren kamen weitere Eingabegeräte wie Head Mounted Displays (stereoskopisches Sehen) hinzu. Zentral in der technischen Umsetzung von Simulationen ist nicht nur der Einbezug visueller und auditiver Elemente, sondern vielmehr die exakte physische Nachbildung realistischer Prozesse mit Hilfe von Game Engines oder dem Einbau hydraulischer Komponenten (zum Beispiel im nachgebildeten Cockpit eines Flugsimulators). Diese technischen Gestaltungsprinzipien sind es, die ein Gefühl des direkten Einbezogenseins in der virtuellen Welt erzeugen und somit positiv auf Lernprozesse wirken. Der Fokus dieses Lernwegs liegt dabei stets auf der Interaktion mit dem Lernstoff, denn dieser wird in der virtuellen Umgebung spielerisch entdeckt und erforscht. Lernende können also problemlos Verhaltensweisen ausprobieren, Fehler haben keine gravierenden Konsequenzen. Obwohl die präsentierten Szenarien als spielerisch empfunden werden, sind es ernsthafte Inhalte, die zu erarbeiten sind. Denn trainiert werden beispielsweise das Steuern von Fahr- und Flugzeugen, bis hin zu medizinischen Operationstechniken oder Managementprozessen. Aus diesem Grund wird das entdeckende Lernen in virtuellen Welten häufig auch als Serious Gaming bezeichnet. Die große Chance dieses didaktischen Ansatzes liegt in seiner äußerst positiven Wirkung auf Lernprozesse. Die Lernenden werden besser motiviert, die Lernprozesse zu realisieren als in rein textorientierten Lernformen. Allerdings sind auch beim Lernen mit virtuellen Welten unterstützende Maßnahmen in Form von klaren Lehr- und Lernzielen sowie Hintergrundinformationen und erreichbaren Ansprechpartnerinnen und -partnern nicht zu vernachlässigen. Simulationen und simulierte Welten ermöglichen somit aufgrund ihrer technischen und didaktischen Prinzipien ein realistisches und gleichzeitig ungefährliches Training. Verschiedenste Prozesse und Verhaltensweisen können mit dieser Methode gelernt und geübt werden. Dadurch ist sie unverzichtbar in der heutigen Aus-, Fort- und Weiterbildung.

# Literatur

- Bailenson, J. N.; Beams, B.; Brown, J.; DeVeaux, C.; Han, E.; Queiroz, A. C. M.; Ratan, R.; Santoso, M.; Srirangarajan, T.; Tao, Y. & Wang, P. (2024). Seeing the World Through Digital Prisms: Psychological Implications of Passthrough Video Usage in Mixed Reality. *Technology, Mind, and Behavior*. URL: <https://doi.org/10.1037/tmb0000129> [2025-04-06]
- Bouras, C.; Triantafillou, V. & Tsiatsos, T. (2001). Aspects of a collaborative learning environment using distributed virtual environments. Paper presented at ED-MEDIA 2001 Conference, Tampere, Finland. URL: <https://www.learntechlib.org/primary/p/8362/> [2025-04-06]
- Bredl, K. & Groß, A. (2012). Gestaltung und Bewertung von Lernszenarien in immersiven virtuellen Welten. *Zeitschrift für E-Learning*, vol. 7, issue 1/2012, Innsbruck: Studienverlag, 36-46.
- Bredl, K. & Herz, D. (2010). Immersion in virtuellen Wissenswelten. In: T. Hug & R. Maier (Hrsg.), *Medien - Wissen - Bildung: Explorationen visualisierter und kollaborativer Wissensräume*, Innsbruck: Innsbruck University Press, 212-224.
- Bredl, K., Bräutigam, B., & Herz, D. (2012). Avatarbasierte Beratung Und Coaching In 3D. In: H. Geißler & M. Metz (Hrsg.) *E?Coaching und Online-Beratung*, Wiesbaden: Springer VS, 121-136.
- Burdea, G. C. & Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology*. Hoboken (NJ): Wiley.
- Chandrasekera, T.; Yoon, S. (2018). Augmented Reality, Virtual Reality and their effect on learning style in the creative design process. ERIC. URL: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1171588> [2025-04-05]
- Csikszentmihalyi, M. (2010). *Das Flow-Erlebnis*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Davis, A.; Murphy, J.; Dawn, O.; Deepak, K. & Ziguers, I. (2009). Avatars, People, and Virtual Worlds: Foundations for Research in Metaverses. In: *Journal of the Association for Information Systems*, 10 (2), Artikel 2, 90-119; URL: <http://aisel.aisnet.org/jais/vol10/iss2/1> [2013-06-23]
- De Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. In: *Review of Educational Research*, 68 (2), 179-201.
- Gee, J. (2003). *What Video Games Have To Teach Us About Learning And Literacy*. New York: Palgrave Macmillan.
- Grunewald, M. (2009). Ausflüge in virtuelle Welten - eine Darstellung der Internet-Spielwelten von Second Life, World of Warcraft und Counter-Strike. In: J. Hardt; U. Cramer-Düchner & M. Ochs (Hrsg.), *Verloren in virtuellen Welten. Computerspielsucht im Spannungsfeld von Psychotherapie und Pädagogik*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 44-67.
- Guadagno, R.E.; Blascovich, J.; Bailenson, J.N. & McCall, C. (2007). Virtual humans and persuasion: The effects of agency and behavioral realism. In: *Media Psychology*, 10 (1), 1-22.

- Heeter, C. (1992). Being There: The Subjective Experience of Presence. URL: <http://commtechlab.msu.edu/randd/research/beingthere.html> [2013-06-23]
- Hofmann, J. (2002). Raumwahrnehmung in virtuellen Umgebungen: Der Einfluss des Präsenzempfindens in Virtual Reality-Anwendungen für den industriellen Einsatz. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Kariuki D. (2021). Educator compares virtual worlds for education, prefers OpenSim. Hypergrid Business. URL: <https://www.hypergridbusiness.com/2021/11/educator-compares-virtual-worlds-for-education-prefers-opensim/> [2025-04-06]
- Kato, P. M.; Cole, S. W.; Bradlin, A. S. & Pollock, B. (2008). A video games improve behavioral outcomes in adolescents and young adults with cancer: A randomized trial. In: Pediatrics, 122(2), e305-e317. URL: <http://pamkato.com/recent-publications/> (2013-08-21)
- KZero (2024). Metaverse monthly active user forecast. SlideShare. URL: <https://de.slideshare.net/slideshow/kzero-metaverse-monthly-active-user-forecast/273072267> [2025-04-03]
- Mandl, H.; Gruber, H. & Renkl, M. (2002). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen, In: P. Klimsa (Hrsg.), Information und Lernen mit Multimedia und Internet: Lehrbuch für Studium und Praxis, 3. Aufl., Weinheim: Beltz, 139-148.
- Rakkolainen, I.; Farooq, A.; Kangas, J.; Hakulinen, J.; Rantala, J.; Turunen, M. & Raisamo, R. (2021). Technologies for Multimodal Interaction in Extended Reality—A Scoping Review. Multimodal Technologies and Interaction. URL: <https://doi.org/10.3390/mti5120081> [2025-04-06]
- Ritterfeld, U.; Cody, M. & Vorderer, P. (2009). Serious Games: Explication of an Oxymoron. Introduction. In: U. Ritterfeld; M. Cody & P. Vorderer (Hrsg.), Serious Games. Mechanism and Effects, New York: Routledge, Taylor and Francis, 3-10.
- Sommer, S. (2012). Spielen für die Karriere. In: Manager-Magazin Online. URL: <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/karriere/0,2828,844534,00.html> [2013-07-01]
- Theuermann, C. (2024). Qualifying flight simulators – how to ensure quality training. Axis. URL: <https://www.axis-simulation.com/2024/08/02/qualifying-flight-simulators/> [2025-04-08]
- Varjo (2025). TRU Simulation Delivers the Next Evolution in Flight Training with Varjo. Varjo. URL: <https://varjo.com/case-studies/tru-simulation-delivers-the-next-evolution-in-flight-training-with-varjo> [2025-04-08]
- Zhang, J.; Li, G.; Huang, Q.; Feng, Q. & Luo, H. (2022). Augmented Reality in K-12 Education: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Literature from 2000 to 2020. MDPI. URL: <https://doi.org/10.3390/su14159725> [2025-04-05]
- Zhao, G.; Fan, M.; Yuan, Y.; Zhao, F. & Huang H. (2021). The comparison of teaching efficiency between virtual reality and traditional education in medical education: a systematic review and meta-analysis. PubMed Central. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7940910/> [2025-04-05]