

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 ‚Advergames‘ (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 Einbezogeneins 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.

Revision #3

Created 28 February 2025 21:14:30 by Bernd Grabner

Updated 14 February 2026 08:48:07 by Github Admin