

Michael Kerres, Josef Buchner, Miriam Mulders (2021). Immersives Lernen? Didaktisches Design für Augmented / Virtual Reality und reaktive Objekte / Umwelten. In: Karl Wilbers (Hrsg.): Handbuch E-Learning“, Köln: Deutscher Wirtschaftsdienst, Wolter Kluwers [preprint]

Immersives Lernen? Didaktisches Design für Augmented / Virtual Reality und reaktive Objekte / Umwelten

Michael Kerres, Josef Buchner, Miriam Mulders

Learning Lab, Universität Duisburg-Essen

1. Ausgangsproblem

Der Computerbildschirm ist zu einer omnipräsenten Technik geworden, um Informationen darzustellen. In Kombination mit Eingabegeräten, wie Tastatur und Maus, entsteht ein geregeltes System von Mensch und Maschine. Seit kurzen kommen alternative Ein- und Ausgabegeräte hinzu, die die Kommunikation maßgeblich erweitern. Für die Visualisierung interessant sind Brillen, die bei der Wahrnehmung von Umwelt Informationen einblenden (Augmented Reality) oder künstlich-erzeugte, virtuelle Welten (VR) anzeigen. Einen Schritt weiter gehen Räume, in denen computergenerierte Welten über Projektionen und Artefakte erfahrbar werden („Cave“), und Objekte, mit denen Menschen in gestalteten Umwelten interagieren können (z.B. Roboter, Puppen etc.).

[Stand der Forschung]

Bisherige Studien haben vor allem Usability und Immersionserleben untersucht, eher selten die damit verbundenen Lernprozesse und Lernergebnisse, wie eine aktuelle Auswertung von Radianti et al. (2020) aufzeigt. Die häufigsten Einsatzfelder sind die Ausbildung in den Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften und der Medizin (Sirakaya & Alsancak Sirakaya, 2018). Für VR fanden sie lediglich 18 Artikel in wissenschaftlichen Zeitschriften, die den pädagogischen Einsatz (hier: in Hochschulen) untersuchten. Bei AR fand die Auswertung vorliegender Studien von Akçayır & Akçayır (2017) deutliche technische Hürden, die einem nahtlosen Lernen vielfach entgegen stehen. Ibáñez & Delgado-Kloos (2018) stellen fest, dass die meisten AR-Anwendungen lediglich Information einblenden, aber nicht gezielt Lernprozesse unterstützen. Bacca et al. (2014) weisen eine Reihe von Studien aus, in denen die Anreicherung durch eingeblendeten Informationen sogar als störend empfunden werden. Chen et al. (2019) verglichen das Erlernen von TaiChi-Bewegungsabfolgen am Bildschirm, über eine VR-Brille oder in einer CAVE. Der Lernerfolg über die VR-Brille war signifikant schlechter als am Bildschirm, in der CAVE dagegen deutlich besser. Die Intensität des Immersionserlebens korreliert nur gering mit dem Lernerfolg: Auch ein hohes Erleben des Eintauchens in die künstlich-erzeugte Welt führt nicht zuverlässig zu besserem Lernen. Ihr Nutzen für das Lernen ergibt sich keineswegs automatisch, weil sie z.B. ein Eintauchen in angereicherte, zwei- oder dreidimensionale Welten ermöglichen.

[Motivation und Neuigkeitseffekte]

Das Systematic Review von Kavangh et al. (2017) zeigt, dass in den meisten Untersuchungen lediglich Akzeptanz- und Motivationsvariablen erheben, d.h. ob die Lernenden Spaß haben, das System zu nutzen. Bei jeder neuen Bildungstechnologie kann jedoch mit einem Neuigkeitseffekt gerechnet werden, der zunächst Neugier und Interesse auslöst, die für eine nachhaltige Beschäftigung mit dem Lerninhalt jedoch oftmals nicht hinreichend mentale Anstrengung nach sich zieht (Huang, 2020). Der didaktische Nutzen ergibt sich nicht durch die Technologie selbst, sondern ist durch ein didaktisches Design

herauszuarbeiten - durch eine Gestaltung des Lernangebotes, die die Chancen der Technologie erfahrbar macht und mögliche Herausforderungen des Interfaces bewältigt (M. Kerres & Petschenka, 2001).

2. Technologien zur visuellen Präsentation

Die Entwicklung neuartiger Interfaces schreitet voran. Gegenüber dem Bildschirm bieten sie andere Erfahrungsmöglichkeiten:

1. Der **Bildschirm** präsentiert bildhafte Informationen auf einer zweidimensionalen Fläche. Tiefeninformationen tragen dazu bei, dass räumliche Eindrücke – gerade bei der zunehmend größer werdenden Fläche des Bildschirms – entstehen. Gleichzeitig finden sich auch kleinere Displays, die eingebettet in Alltagsgeräte oder -routinen, Informationen bieten und Rückmeldungen geben.
2. Über **Augmented Reality** werden Zusatzinformationen in einem realen Umfeld dargeboten. Mit Markern können etwa QR-Codes auf mobilen Endgeräten eingescannt werden, mit denen weitere Informationen abgerufen werden. Mit speziellen Brillen für Mixed – Reality werden die Informationen in das Gesichtsfeld eingeblendet.
3. Bei **Virtual Reality** – Anwendungen wird dagegen die gesamte Welt erzeugt und dreidimensional über die Brille präsentiert.
4. Bei einer **CAVE** bewegt sich die Person in einem physikalischen Raum, in dem die Wände über (Rück-) Projektionen ausgeleuchtet sind. Über Sprach- oder Bewegungssensoren kann die Darstellung im Raum vom Verhalten der Person abhängig gemacht werden.
5. Roboter, Puppen oder andere digitale **Objekte** können Informationen präsentieren und auf das Verhalten von Personen reagieren.

[Learning Lab]

In verschiedenen Projekten am Learning Lab werden diese Visualisierungstechnologien für didaktische Zwecke untersucht, um Prinzipien der Didaktisierung solcher künstlich-erzeugter Räume zu erarbeiten, die im Folgenden skizziert werden (s.a. das Framework für immersives Lernen bei Mulders, Buchner, & Kerres, 2020). Sie können zu einer begründeten Auswahl einer der Technologien beitragen und Hinweise für das didaktische Design entsprechender Lösungen liefern.

Beispiel: Am Learning Lab ist im Rahmen eines BMBF-Vorhabens z.B. eine Virtual Reality-Anwendung für die Ausbildung von Fahrzeuglackierern entwickelt worden¹. Dabei erlernen die Auszubildenden schrittweise den Lackauftrag an Fahrzeugteilen. Mithilfe einer speziell im 3D-Druck angefertigten Spritzpistole erhalten sie Aufgaben in einer VR-Simulation und bekommen unmittelbare Rückmeldungen zu ihrem Vorgehen (Zender et al., 2020) .

¹ <https://handlevr.de/>

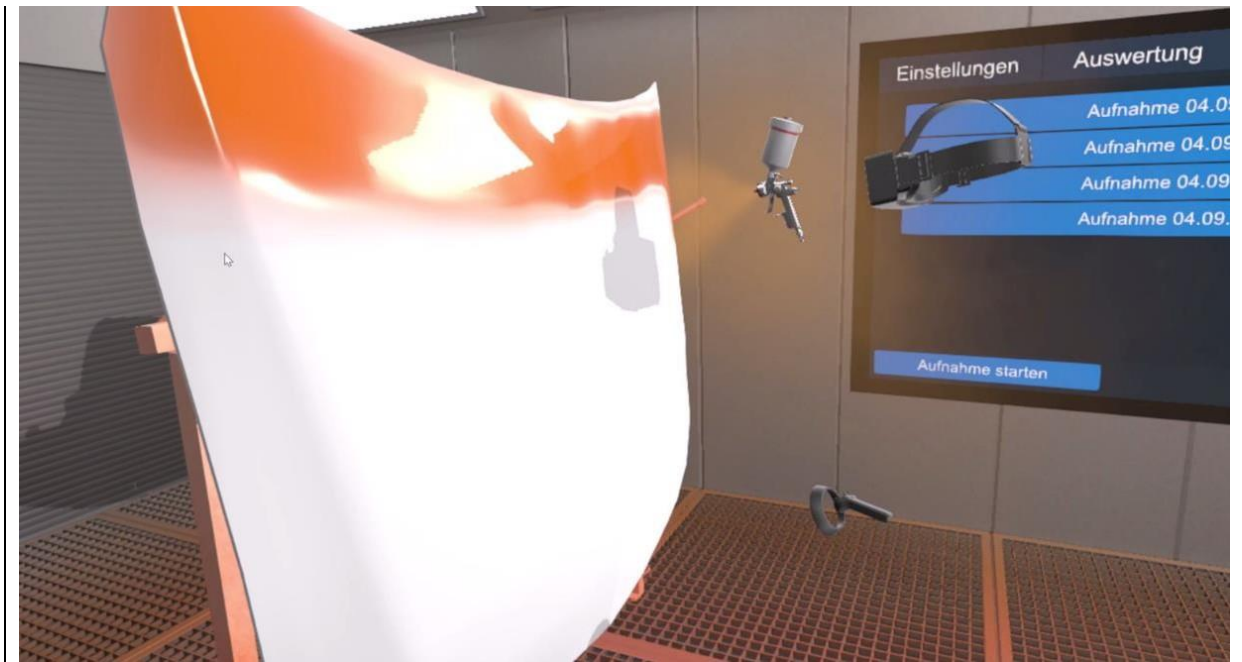


Abbildung 1: VR-Lackierwerkstatt

Beispiel: In einem anderen Projekt der Innovationsstiftung Bildung geht es um Augmented Reality beim Erwerb von Wissen über Computer²: Schüler und Schülerinnen in Klasse 8 betrachten das Innenleben eines Computers und erhalten weitere Informationen zu den Bestandteilen der Hardware eingebildet (Buchner & Kerres, 2020).

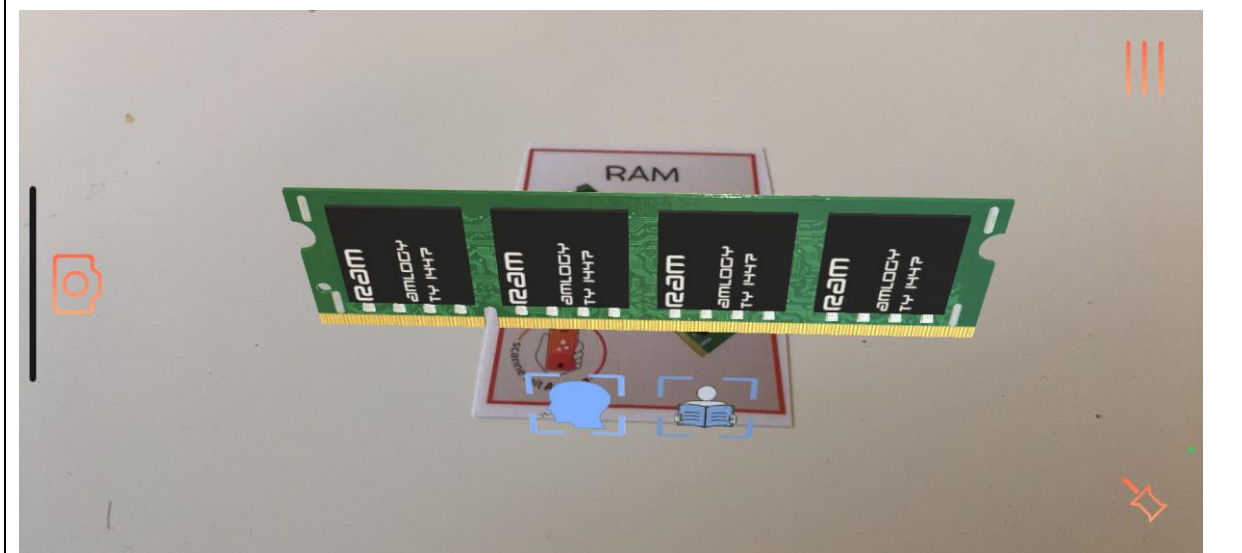


Abbildung 2: AR-Anwendung zum Innenleben des Computers

² <http://www.pcbuild-ar.com/>

3. Bildhafte Darstellungen beim Lernen

Zunächst gehen wir auf grundsätzliche Merkmale der kognitiven Informationsverarbeitung ein, die bei der Wahrnehmung und der Interaktion mit diesen Visualisierungstechnologien stattfinden.

[Bilder und Lernen]

Bildhafte Darstellungen sind in ihrer Bedeutung für das Lernen vielfach untersucht worden. Neben der statischen Darstellung in Fotos oder Diagrammen können dynamische Bildfolgen Entwicklungen und Verläufe – sei es als Aufzeichnung eines realen Geschehens oder von erzeugten Bildsequenzen – sichtbar machen. In Untersuchungen zeigt sich, dass nicht unbedingt die fotorealistische Darstellung und die komplexe Animation die besten Lernerfolge erzielt, sondern gerade die Reduktion hilfreich ist, die den Fokus auf die relevanten Details lenkt und bei der Aneignung („Encodierung“) unterstützt (vgl. Ballstaedt, 1997). Das menschliche Wahrnehmungssystem hat eine begrenzte Verarbeitungskapazität (Broadbent, 1958). Forschung zur Theorie der kognitiven Belastung zeigt, wie sehr das Arbeitsgedächtnis in einer Lernsituation belastet sein kann.

[Interaktion]

Mit dem Computer kommt die Interaktion hinzu: Statische und dynamische Bildobjekte können präsentiert und manipuliert werden. Sie können gedreht werden, vergrößert, verkleinert und z.B. eingefärbt werden. Es können Teile gelöscht oder hinzugefügt werden etc. In Echtzeit kann auf die Interaktionen Feedback gegeben werden. Diese interaktive Beschäftigung kann die Auseinandersetzung mit einem Lerngegenstand intensivieren (s.a. „student engagement“ bei Filsecker & Kerres, 2014). Dabei bleibt es zumeist bei einem *third-person view*: Die Person blickt von außen auf ein Objekt und kann es bearbeiten: Das Objekt bewegt sich dabei, aber nicht die Position der Person.

[first-person view]

Einen Schritt weiter geht die Visualisierung über einen *first-person view*: Hier erlebt sich die Person als in einem Raum bewegend. Sie kann bestimmte Orte aufsuchen und ihre Position in Relation zu anderen Objekten (oder Personen) verändern. Ein Avatar kann die Person und ihre Bewegungen im Raum dann anzeigen. Die Person interagiert mit dem System durch die Manipulation von Bildobjekten, aber vor allem auch durch die Veränderung ihrer Raumposition. Diese Anordnung hat sich für Spielwelten (z.B. *first-person shooter*) etabliert, in denen die Person Abenteuer erleben, Missionen erfüllen, aber auch Lernaufgaben bewältigen kann. Die Person bewegt sich durch den erzeugten Raum, etwa mithilfe der Maus oder Tastatur. Eine Erweiterung ergibt sich, wenn sich die Person frei in ihrem natürlichen Raum bewegt und ihre Bewegungen über technische Sensoren an das System übermittelt wird. Solche *non-obstructive Interfaces* sind etwa Bewegungssensoren, Datenhandschuhe oder -anzüge. Der Bewegungsraum bleibt eingeschränkt, aber das Bewegungsempfinden ist gänzlich anders als bei Nutzung von Maus oder Tastatur.

[reaktive Objekte]

Als weitere Kategorie ist die Interaktion mit *reaktiven Objekten* einzuordnen, wie z.B. Puppen, Robotern oder anderen Geräte, etwa in einem *skills labs* (A. Kerres, Wissing, & Wershofen, 2021). Sie reagieren auf die Person oder können sich im Dialog, z.B. in ihrem Gesichtsausdruck, an die Person anpassen. Diese Objekte verlassen die traditionelle Darstellung auf Computermonitoren und Präsentationsfläche, und können als fortgeschrittene Visualisierungstechniken verstanden werden. Aus sozialwissenschaftlicher Sicht wären diese Objekte als „reaktiv“, aber bislang eben nicht als „interaktiv“ zu bezeichnen, weil ihnen die Fähigkeit zur Rollenübernahme und zum Aufbau eines Bildes des Gegenübers, das eine längere Handlungssequenz leiten kann, fehlt.

[erfahrbares Lernen]

Neuartige Interfaces unterstützen „erfahrbares Lernen“, das in Alltagsroutinen eingebettet ist: Das Auto, das Rückmeldungen zum Fahrverhalten liefert und zum energiesparenden Fahren ermuntert; der Bewegungstracker, der Rückmeldungen über Körperfunktionen liefert, und zum Sport animieren möchte; das haptisch-visuelle Trainingssystem, das chirurgische Eingriffe an nachgebildeten Organen üben lässt. Das Lernen findet nicht mehr in einer vom Computer nachgebildeten Interaktion über einen Bildschirm statt, sondern in Handlungen mit Objekten in der Lebenswelt. Das Problem des oftmals mangelhaften Lerntransfers von der Lernsituation (z.B. in einem Klassenraum) auf die Anwendungssituation wird versucht durch lebensweltliche Verankerung und Einbettung in natürliche Handlungsrou-tinen (*embodiment*) zu überwinden.

Darbietung	Merkmal	Lernen durch ...
statische und dynamische Bil-dobjekte	Foto, Bild, Diagramm, Skizze, Videoaufnahme, Animation, Si-mulation	Rezeption Genres: Nachrichten, Doku-mentarfilm, Interview, Erklärvi-deo usw.
interaktive Objekte (third-person)	Manipulation von Objekten (Anfassen, Zoomen, Drehen etc.), interaktive Computersi-mulation, Modellbildung etc.	Interaktivität mit Objekten, Versuch & Irrtum, Einsicht / Verstehen-> Konzeptbildung
räumliche Einbettung (first-person)	Bewegung in einem digitalen Raum, auch mit sozialer Inter- aktion	Bearbeitung von Lernaufgaben in räumlicher Perspektive
reaktive Objekte	Puppen, Roboter, Geräte „erfahrbares Lernen“ in neuar-tigen Interfaces	Fertigkeitserwerb im <i>skills lab</i> , Einbettung in alltägliche Hand-lungsroutinen („embodiment“)

Abbildung 3: Darbietungsformen und Lernerfahrungen

4. Visualisierungstechnologien und kognitive Konstruktionsleistungen

Was passiert bei der Wahrnehmung visuell präsentierter Informationen über die verschiedenen Technologien? Die Verarbeitung dieser Informationen unterliegt grundlegenden Mechanismen, die bei der Gestaltung von Lernangeboten zu beachten sind.

[Erleben von Immersion]

Digitalen Brillen und anderen Präsentationstechnologien werden vielfach bestimmte Merkmale zuge-schrieben, wie z.B. Immersion, Authentizität, Präsenz, Anreicherung oder Imagination. So wird z.B. von *immersiven Technologien* gesprochen, und damit der Technologie eine bestimmte Eigenschaft zu-geschrieben. Tatsächlich sind alle genannten Merkmale jedoch als eine Kognitionsleistung der mensch-lichen Wahrnehmung einzuordnen und weniger als eine Eigenart der Technologie.

[Raumerleben]

Digitale Brillen können einen dreidimensionalen Raumeindruck vermitteln und unterstützen dadurch das Eintauchen in Welten („Immersion“) (Sherman & Craig, 2002). Dieses Argument wird regelmäßig als der zentrale Vorteil der VR-Technologie benannt. Das Papierblatt und der Monitor stellen visuelle Information lediglich zweidimensional vor. Über eine stereoskopische Darstellung werden

Tiefeninformation übermittelt, die den räumlichen Eindruck, das Erleben einer räumlichen Anordnung, befördern. Insofern erscheint genau dies der wesentliche Vorteil der VR-Brille für die Darstellung von Lerninhalten im räumlichen Kontext zu sein: Ich kann etwa um eine Maschine laufen, deren Bedienung ich erlernen soll. Ich erhalte einen guten Eindruck von Größenverhältnissen und Details, denen ich mich nähern und entfernen kann.

[kognitive Prozesse]

Doch tatsächlich ist diese Eigenschaft der VR-Brille vergleichsweise wenig bedeutsam für das Lernen. Dies hängt mit dem menschlichen Wahrnehmungsapparat zusammen. Die Netzhaut des menschlichen Auges ist eine Fläche, auf der die distalen Umweltreize abgebildet werden. Diese Abbildung auf der Netzhaut ist immer zweidimensional. Dabei finden automatische Verarbeitungsprozesse (*bottom up*) statt, die diese proximalen Reize *ohne* bewusste Aufmerksamkeitszuwendung in ein Perzept wandeln.

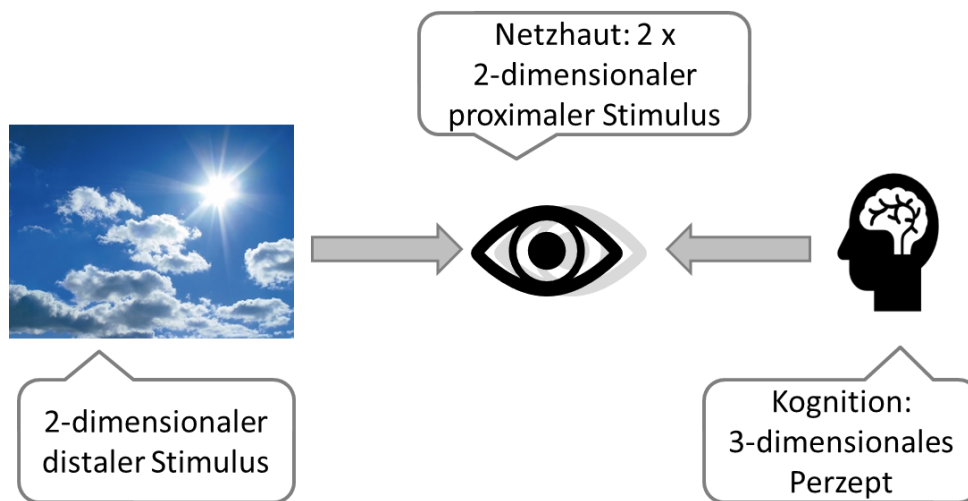


Abbildung 4: Verarbeitung visueller Information

[blinder Fleck]

Dabei existiert auf der Netzhaut ein kleiner Bereich, an dem der Sehnerv eintritt, in dem keine Rezeptoren existieren, und wo keine Informationen von der Netzhaut übermittelt werden können. In der weiteren Verarbeitung werden die objektiv fehlenden Daten „berechnet“, so dass dieser blinde Fleck im Alltag nie bewusst wahrgenommen wird. Ein wesentliches Merkmal der Informationsverarbeitung besteht in den Prozessen der Ergänzung und Konstruktion, die unsere Wahrnehmung auch täuschen kann. Wir sind sicher, etwas Bestimmtes gesehen zu haben, tatsächlich ist dies jedoch einem automatischen *bottom-up* Prozess geschuldet, der sich unserer Aufmerksamkeitssteuerung entzieht.

[Lebenswelt als Raum]

Diese Prozesse kommen wesentlich bei der Erzeugung von Tiefeninformation zum Tragen. Da sich Menschen in ihrer Lebenswelt immer im Raum bewegen, werden kleinste proximale Hinweisreize ausgewertet, als Tiefeninformation interpretiert und erzeugen – auch aus zweidimensionalen Vorlagen – ein dreidimensionales Bild der Umwelt:

„Raum ist eine Abstraktion, welche aus der leiblichen Eingebundenheit in Welt ableitbar ist: Sie entsteht aus unserer körpergebundenen Bewegung in ihm, welche Raum im Sinne von Distanz erlebbar macht. Digitale Räumlichkeit wird hingegen durch Interfaces vermittelt, welche Räume im Zusammenhang multimodaler und vor allem visualisierter Interaktionsformen zugänglich machen.“ (Pietraß, 2018, S. 8).

[Tiefeninformation – bereits in Höhlenzeichnung]

Die kunsthistorische Forschung ist der Frage nachgegangen, ab wann und wie Menschen in zweidimensionalen Bildern Tiefeninformationen eingebracht haben. Üblicherweise wird die Renaissance als Epoche betrachtet, in der Maler wie *Leonardo da Vinci* die Perspektivzeichnung zur Kunstform entwickelte und Gemälde eine räumliche Staffelung von Ebenen entwickelten. Doch Brooks (2017) zeigt, dass bereits frühe Höhlenzeichnungen Tiefeninformationen beinhalteten und die Menschen offensichtlich immer schon Tiefeninformationen in zweidimensionalen Darstellungen dekodieren konnten.

[Erzeugung von Tiefeninformation]

Die räumliche Modellierung der Wahrnehmung wird durch eine stereoskopische Darbietung unterstützt: Die beiden Augen liefern zwei, minimal unterschiedliche Bilder, aus denen der *bottom-up* Prozess die Tiefeninformation errechnet (Hibbard, Haines, & Hornsey, 2017). Entsprechend unterstützt die stereoskopische Präsentation der Bilder über eine Brille das Raumerleben maßgeblich. Der PC erzeugt auf der Grundlage des 3D-Modells zwei unterschiedliche Bilder, die den beiden Augen zugeführt werden. Dabei wird das Raumerleben von der stereoskopischen Darbietung *unterstützt*, aber nicht hängt von ihr ab: Menschen, die auf einem Auge blind sind, haben bei unerwarteten Umweltreizen möglicherweise kurzfristig Schwierigkeiten sich zu orientieren; im Grundsatz werden die proximalen Informationen für eine dreidimensionale Modellierung jedoch problemlos ausgewertet. Dazu reichen z.B. Größeninformationen, auch in Kombination mit Bewegungsinformationen, ggfs. auch gekoppelt mit auditiven Hinweisen, aus, für eine Modellierung (vgl. Jäncke, 2021).

[Automatische Dekodierung]

Die Wahrnehmungspsychologie hat sich etwa mit den Zeichnungen von M.C. Escher beschäftigt. Seine „unmöglichen Figuren“ beinhalten multistabile Wahrnehmungsphänomene („Kippfiguren“), bei denen auf einer zweidimensionalen Fläche unterschiedliche „Lesarten“ möglich sind, die durch widersprüchlich interpretierbare Tiefeninformation entstehen. Interessant ist dabei, dass der menschliche Wahrnehmungsapparat diese Tiefeninformation *automatisch* dekodiert, d.h. auch wenn ich weiß, dass es sich um „unmögliche“ Figuren handelt, wertet der *bottom-up* Prozess aus der zweidimensionalen Darstellung Hinweise auf Tiefeninformation aus und erzeugt ein dreidimensionales Perzept (vgl. Eysenck & Keane, 2020): Ich kann mich den Hinweisreizen der Umwelt, die Tiefeninformation andeuten, nicht entziehen. Auf jedem „flachen“ Bildschirm lassen sich somit Tiefeninformationen einbringen, die einen Raumeindruck erzeugen. Mit den grafischen Benutzeroberflächen ist dies längst umgesetzt: Ich habe den Eindruck, dass der „Button“ nachgibt, wenn ich ihn anklicke, dass ein Fenster sich *vor* einem anderen Fenster auf dem Bildschirm befindet etc. Auch Computersimulationen von z.B. Maschinen oder anderen dreidimensionalen Artefakten können auf der Fläche des Bildschirms dargestellt und von Nutzenden als solche dekodiert werden. Damit wird deutlich, dass die Erzeugung von dreidimensionalen Wahrnehmungseindrücken nur wenig von der zwei- oder dreidimensionalen Darstellung und auch nicht von der Präsentation über ein oder zwei Augen abhängig ist.

Wie wirkt sich das Vorliegen bzw. das Fehlen von dreidimensionaler Information auf den Lernprozess aus? Der Lernprozess ist wesentlich durch die Limitationen des Arbeitsgedächtnis beeinflusst. Die „Theorie der kognitiven Belastung“ (Sweller, van Merriënboer, & Paas, 2019) beschreibt, was bei der Darbietung des Lernangebotes zu beachten ist: Lerninhalte sind prägnant formuliert zu präsentieren, möglichst ohne das Arbeitsgedächtnis unnötig belastende Zusatzinformationen. Dabei kann die Extraktion der Tiefeninformation und die Modellierung des dreidimensionalen Raumes als ein automatischer Informationsverarbeitungsprozess beschrieben werden. Das bedeutet, dass diese Konstruktionsleistung des kognitiven Systems das Arbeitsgedächtnis *nicht* belastet! Die Lernenden extrahieren die Tiefeninformation automatisch, und zwar sowohl von zwei- als auch dreidimensionalen Vorlagen.

Eine „flache“ Information, wie z.B. einen Text, in einem dreidimensionalen Raum darzustellen lässt dagegen wenig Vorteil erkennen. Die Rauminformation hat hier nur ausschmückenden Charakter; die Abtrennung von irrelevanten Informationen belastet – gerade bei einem niedrigem Level an Expertise – das Arbeitsgedächtnis unnötig. Bei VR-Brillen kommt hinzu, dass eine Orientierung im Raum erforderlich ist, die Aufmerksamkeit und mentale Anstrengung erforderlich macht, und insofern den Lernprozess zunächst eher belastet. Hat sich die Person im Raum akkommodiert, sollte die Verarbeitung der Tiefeninformation jedoch erneut automatisch stattfinden.

Die bisherigen Erläuterungen haben die Bedeutung der kognitiven Verarbeitung deutlich werden lassen. Die folgenden Erfahrungen im Umgang mit Visualisierungstechnologien sind damit als Konstruktionsleistungen des kognitiven Systems zu werten:

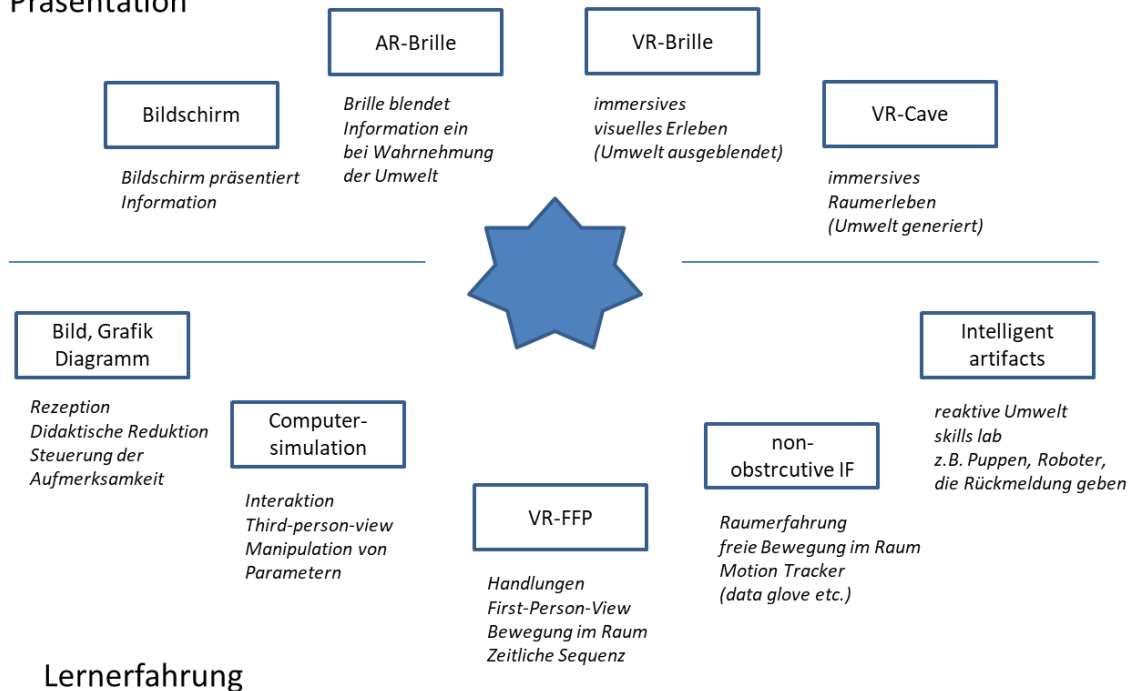
- **Raumerleben:** Eine räumliche Tiefeninformation kann bereits bei zweidimensionalen Darstellungen erzeugt werden. Sie ist nicht abhängig von einer stereoskopischen Darstellung. Das kognitive System extrahiert (auch) aus zweidimensionalen Darstellungen Tiefeninformationen und konstruiert automatisch (und fast immer) ein räumliches Modell (auch wenn dabei „unsinnige“ Konstrukte entstehen, s. die unmöglichen Figuren bei Escher).
- **Präsenzerleben:** Eine Internet-Plattform kann ein hohes Maß an sozialem Präsenzerleben ermöglichen. Das Erleben von sozialer Präsenz kann bereits mit minimalen Hinweisreizen erzeugt werden (z.B. durch Avatare), sie ist auch in Videokonferenzen oder Messenger-Diensten erfahrbar.
- Die **Erfahrung von Authentizität** bezieht sich auf die *Zuschreibung* von Echtheit. Auch Texte können eine hohe Authentizität in ihrer Schilderung von Schicksalen und Ereignissen zum Ausdruck bringen. Es kommt weniger darauf an, ob eine Welt „optimal“ nachgebildet ist, es kommt darauf an, wie stark die Affordanzen („Handlungsaufforderungen“) der Welt empfunden werden.
- **Immersionserleben:** Ein guter Film kann die Zuschauenden in seinen Bann ziehen. Ein Buch kann zu Tränen rühren. Das Empfinden, in ein Geschehen eingebunden zu sein („Immersion“), hängt von vielen Faktoren ab, u.a. von der Handlung und Dramaturgie, der Darstellung und den handelnden Charakteren, aber vergleichsweise wenig von dem genutzten Präsentationsmedium.

Dabei soll nicht infrage gestellt werden, dass bestimmte Technologien solche Erfahrungen stärker unterstützen als andere. Es wäre aber irreführend anzunehmen, der Einsatz bestimmter Technologien würde das Erleben dieser Phänomene erzeugen, es ist vielmehr das Ergebnis einer bestimmten Aufbereitung in der Darstellung.

5. Didaktische Kriterien

Unterschiedliche mediale Formate, wie Bilder, Videos oder Animationen, können über unterschiedliche Visualisierungstechnologien präsentiert werden. Ein Bild kann z.B. auf einem Bildschirm dargestellt werden, es kann aber auch in einer künstlich-generierten Welt präsentiert werden, ebenso wie in einer CAVE. Die Interaktion mit reaktiven Artefakten wird man am ehesten in einem *skills lab* vermuten, das als CAVE angelegt ist, es könnte aber auch in einer virtuellen Welt eingebracht werden. Aus der Art der medialen Information (Bild, Video etc.) kann also nicht unmittelbar das Präsentationsmedium abgeleitet werden. Abbildung 5 zeigt Präsentationstechnologien, die sich den unterschiedlichen Lernerfahrungen zwar nicht beliebig, aber doch vielfältig zuordnen lassen.

Präsentation



Lernerfahrung

Abbildung 5: Zuordnung von Präsentationsmedien und Lernerfahrungen

[didaktische Kriterien]

Im Folgenden werden weitere Kriterien dargestellt, wie die Auswahl und Gestaltung der verschiedenen Technologien den Lernprozess unterstützen können. Dabei sind zunächst die gleichen Kriterien heranzuziehen, wie sie in der Mediendidaktik üblicherweise angelegt werden: Ausgehend von einem Bildungsproblem, sind Lehr-Lernziele zu spezifizieren, die Zielgruppe und weitere Akteure zu analysieren, eine didaktische Methode auszuwählen und die Lernorganisation zu bestimmen (M. Kerres, 2018).

Dabei lassen sich weitere Kriterien benennen, die spezifischer an dem möglichen Nutzen der unterschiedlichen Visualisierungstechnologien ansetzen:

- Sollen abstrakte Konzepte, Zusammenhänge, Prozesse anschaulich gemacht werden (Diagramme, Skizzen, Flussdiagramme)? Inwieweit ist eine räumliche Darstellung dabei hilfreich?
- Sollen konkrete Beispiele, Situationen oder Kontexte sichtbar gemacht werden (Fotos, Videoaufnahmen, Zeichentrick, Simulationen)? Inwieweit handelt es sich dabei um Phänomene, die von einer räumlichen Darstellung profitieren?
- Sollen Fertigkeiten vorgestellt und trainiert werden? Inwieweit beziehen sich diese Fertigkeiten auf Settings, in denen eine räumliche Darstellung den Lernprozess unterstützt?
- Kann das Lernen in alltägliche Handlungsrountinen eingebettet werden, die durch neuartige Interfaces Informationen oder Rückmeldungen liefern? Kann die Einblendung von Informationen und Rückmeldungen den natürlichen Handlungsfluss stören?
- Geht es um die Vermittlung von emotionalen Erfahrungen und Einstellungen? Inwieweit besteht die Gefahr, dass diese Empfindungen als emotional „überwältigend“ bewertet werden?

Folgende Aspekte können darüber hinaus bei der Didaktisierung einer künstlich-erzeugten (Um-) Welt weiterhelfen:

Bewegung in einem Raum

- Trägt die eigene Bewegung in einem (virtuellen / realen) Raum zum Lernen bei, z.B.
 - o um einen Bewegungsablauf oder Prozedur zu beherrschen,

- um eine Geschichte oder Ablauf erfahrbar zu machen,
- um Lerngegenstände oder -erfahrungen räumlich zu ankern,
- um Neugier, Suchen und Überraschung anzuregen, oder
- um in Kontakt mit anderen Menschen zu treten.

Einblendung von Information und Rückmeldungen

- Können Information und Rückmeldungen in eine Handlung eingebettet werden?
 - ohne unangemessene Störung und Belastung des Handlungsvollzugs?
 - über in Alltagsobjekte eingebettete Interfaces, die körpernah arbeiten („embodiment“)?

Interaktion mit Objekten

- Basiert der Lernprozess auf der Interaktion mit Objekten?
 - durch Zoomen, durch Drehen, durch Hervorhebung, durch Einfärben oder andere Manipulationen eines vorliegenden Objektes
 - durch Veränderung von Parametern (bei Darstellung komplexer Systeme), etwa interaktive Computersimulationen, -planspiele etc.?
 - durch Erzeugen, Hinzufügen oder Löschen von Teilen des Objektes (Modellbildungssysteme)?

Interaktion mit reaktiven und adaptiven Artefakten

- Wird der Lernprozess durch Interaktion mit Artefakten angeregt (z.B. Puppen in einem *skills lab*)?
 - wenn das Artefakt auf das Verhalten der Person reagiert.
 - wenn das Artefakt sich auf die Person adaptiv einstellt.

Interaktion mit Menschen

- Wie sind die Personen in der Interaktion mit anderen Menschen sichtbar?
 - über einfache Präsenz-Indikatoren (z.B. grün, gelb, rot, abwesend)?
 - über die Anwesenheit von Avataren?
 - über die Sichtbarkeit der Person (mit Webcam)?
- Durch welche Information wird die soziale Interaktion unterstützt?
 - durch Sprache?
 - durch Übertragung des eigenen Bildes mit nonverbaler Information (per Webcam)?
 - durch die eigene Bewegung im Raum (d.h. Aufsuchen von Personen, Zuwenden zu Personen)?
 - durch einen persönlich erstellten/personifizierten Avatar?

Damit wird deutlich, dass erst mit einer entsprechenden Ausgestaltung der technischen Möglichkeiten ein didaktisch begründetes Lernangebot entsteht – nicht aber der Einsatz der Technologie als solches diese Möglichkeiten bereits einlöst.

6. Gestaltung künstlich-erzeugter Räume

[Bildungs- und Anwendungsraum]

Bei Räumen in VR oder Caves werden z.B. ein Hörsaal oder ein Seminarraum als *Bildungsraum* oder z.B. ein Operationsaal, eine Notfall-Situation bei der Rettung eines Menschen, eine Werkstatt oder ein Fertigungssystem in der Produktion als *Anwendungsraum* dargestellt:

[Bildungsräume]

Bei *Bildungsräumen* stellt sich die Frage, ob diese möglichst nahe an bekannten Räumen ausgestaltet werden sollen oder sich bewusst davon lösen sollten. Wenn ich einen Hörsaal in einer VR-Welt betrete, werden Verhaltensskripte aufgerufen, die ich im Umgang mit dieser Welt entwickelt habe. Dies betrifft Rollen und Normen: Im Hörsaal wird es Redner/innen geben, Zuhörer/innen und vielleicht Moderator/innen. Dieses Wissen, dass ich aus anderen Welten einbringe, schafft für alle Beteiligten eine einfache Orientierung; soziale Aushandlungsprozesse werden nicht nötig. Doch VR-Welten bieten die Möglichkeiten, bekannte – oftmals als einengend empfundene – Umgebungen zu „überwinden“, und alternative Welten zu kreieren, die zu anderen Verhaltensweisen einlädt. Schlenker (2015) konnte den Effekt unterschiedlicher Gestaltungen von Seminarräumen in virtuellen Welten auf die soziale Wahrnehmung der Teilnehmenden nachweisen. Es bleibt die grundsätzliche Frage der didaktischen Konzeption, inwieweit die erzeugte Welt bekannte Handlungsmuster („Skripte“) und die damit verbundenen Rollen- und Normerwartungen aufrufen möchte, oder aber bewusst „durchkreuzen“ möchte, etwa wenn es um Kreativität, sozialen Austausch und Innovation gehen soll.

[Anwendungsräume]

Bei *Anwendungsräumen* besteht ebenfalls die Frage, wie „realitätsnah“ diese auszugestalten sind. Auf den ersten Blick wird man dazu neigen, eine möglichst hohe Detailgenauigkeit anzustreben, und eine Welt erschaffen wollen, die eine exakte Kopie der natürlichen Anwendungssituation darstellt. Im Zugang zu der Welt wird dies sicherlich zum Immersionserleben beitragen, doch aus didaktischer Sicht ist eine gezielte Reduktion der Komplexität regelmäßig vorzuziehen. Bei der Ausbildung von Pilot:innen im Flugsimulator wird es zentral sein, dass die Bedienelemente farblich korrekt abgebildet und an der richtigen Stelle platziert sind.

Bei anderen Elementen irritiert vielleicht, wenn die „Kopie“ der Anwendungssituation eben doch nicht 100% identisch ist. Hier können bereits kleine Details verwirren („Bei uns sehen die Steckdosen aber ganz anders aus.“), obwohl diese eigentlich für den Lernprozess unbedeutend sind. Die gezielte Reduktion der Komplexität der Darstellung fördert insofern das Einfinden in die zu bewältigende Lernaufgabe.

Bei einer Lernaufgabe, die als exploratives *Adventure* angelegt ist, bei der z.B. Objekte in der Umwelt gefunden oder Orte aufgesucht werden müssen, kann eine komplexer angereicherte Umgebung angezeigt sein, um die Neugier anzuregen. Bei Lernaufgaben, bei denen mit einem bestimmten, definierten Objekt (z.B. in einer Werkstatt oder einem medizinischen Behandlungsraum) interagiert werden soll, sind diese Ausschmückungen dagegen nicht zwingend, sondern möglicherweise irritierend. Es bleibt damit eine grundsätzliche Frage des didaktischen Designs, inwieweit die Komplexität der erzeugten Welt den Lernprozess tatsächlich unterstützt oder belastet. In jedem Fall gilt: Eine komplex ausgearbeitete, möglichst fotorealistische Welt ist aus didaktischer Sicht *keineswegs* einer auf die wichtigen Details reduzierten Darstellung vorzuziehen.

[Affordanz]

Bei der Gestaltung der Räume ist zu überlegen, welcher Aufforderungscharakter einem Raum eingeschrieben werden soll. Durch ihre Gestaltung legen Räume bestimmte Handlungsmuster nahe, die wir in anderen Kontexten als Routinen („Skripte“) entwickelt haben. Durch die Bereitstellung unterschiedlich gestalteter Räume mit ihren jeweiligen „Affordanzen“ können unterschiedliche Lernerfahrungen und -bedürfnisse adressiert werden.

[zeitliche Organisation]

Lehren bedeutet, Lernprozesse entlang der Zeitachse zu organisieren, sei es mithilfe eines Lehrbuchs oder eines Videos, das eine bestimmte Sequenz der Progression von Lehrinhalten nahelegt, und den Lernprozess vorstrukturiert. Bei Hypertext-Anwendungen, wie z.B. einer Webseite, ermöglichen Links

Verweise auf Seiten anzubringen, die den Lernpfad steuern können oder Verzweigungen (auf Erläuterungen oder Vertiefungen) anbieten können.

[Lernpfade]

In erzeugten Welten können in ähnlicher Weise Lernpfade angelegt werden, die den Aneignungsprozess unterstützen. Im Sinne eines Stationenlernens kann es sich anbieten, Räume anzulegen, in denen bestimmte Inhalte und Aufgabe zu bearbeiten sind, die (nicht-) sequentiell besucht werden können. In diesem Fall zeigt der in der Welt angelegte „Weg“ tatsächlich einen Lernpfad an, der in der Hypertext-Anwendung nur durch Schaltflächen sichtbar gemacht werden kann. Auf diese Weise kann die Struktur der Lehrinhalte in die räumliche Darstellung eingebracht werden, wobei die räumliche Anlage der Welt nicht zu komplex werden und nicht die kognitive Last erhöhen darf.

[Dramaturgie]

Die Dramaturgie des Lernpfades beinhaltet eine Abfolge von Aktivitäten und Aufgaben. Sie wird dabei unterschiedliche Schwierigkeitsgrade, abnehmende Unterstützung („Scaffolding“) und möglicherweise auch „Level“ vorsehen, die sich öffnen, wenn bestimmte Aufgaben gelöst wurden. Das beinhaltet auch, dass die jeweiligen Aktivitäten und Aufgaben eine festgelegte Zeitspanne umfassen. Sie sollten in einer bestimmten Zeit beendet werden können, d.h. die Dramaturgie sieht Segmente vor (von z.B. 20-30 Minuten), mit denen jeweils ein Abschnitt beendet werden kann. Es wird damit leichter, Pausen einzulegen, in denen z.B. die Brille abgelegt werden kann.

[soziale Lernorganisation]

Eine besondere Frage stellt sich im Hinblick auf die soziale Dimension der Welt: Bearbeitet die Person die Aufgaben alleine oder wird sie auf andere Personen treffen (können)? Auch hier bleibt zu klären, welche Rolle die anderen Personen haben und welche Interaktionen mit den anderen Personen vorgesehen sind? Dabei ist keineswegs zwingend, die soziale Interaktion in der künstlichen Welt zu organisieren, hier wäre z.B. denkbar eine selbstgesteuerte Arbeitsphase in der künstlichen Welt mit einer anschließenden Videokonferenz zu koppeln.

[soziale Interaktion]

Die Besonderheit der sozialen Interaktion in der künstlich-erzeugten Welt besteht darin, dass relationale Beziehungsinformationen - in der Regel über Avatare - sichtbar werden: Ich kann „mich“ (meinen Avatar) zu einer Gruppe hinbewegen, mich einer Person zuwenden, neben eine Person setzen, mich von ihr abwenden etc. Ich kann eine Aufstellung im Raum veranlassen und Interessensgruppen im Raum bilden lassen. Gleichzeitig sind andere non-verbale Informationen, wie der Gesichtsausdruck, in der künstlich-erzeugten Welt der Avatare in der Regel nicht wahrnehmbar. Insofern bleibt die Frage, wie der zusätzliche Nutzen der künstlich-generierten Welt gestaltet werden kann.

[Didaktisierung]

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die bloße Präsentation eines nachgebildeten Objektes, etwa einer Maschine oder eines Organes, oder ein künstlich-erzeugter Raum keine didaktische Umgebung darstellt, die Lernprozesse sicherstellt. Eine solche Welt lädt lediglich zu Versuchs-und-Irrtums Erprobungen ein, die die Aneignung von Kompetenzen in der Regel nicht ermöglichen. Das Framework für immersive Lernwelten von Mulders, Buchner & Kerres (2020) nennt drei zentrale Ziele, die das Didaktische Design erreichen muss:

- die erforderlichen kognitiven und emotionalen Prozesse benennen und auf *Lernziele* ausrichten,
- die für den Lernprozess relevanten *Details* bzw. den Detaillierungsgrad der Welt herausarbeiten und umsetzen sowie
- *generative Lernaktivitäten* anregen, bei denen Aufgaben in Interaktion mit Objekten in der Welt bearbeitet werden.

Die Didaktisierung entsprechender (Um-) Welten erfordert demnach in jedem Fall

- die Spezifikation einer Folge von Aktivitäten, durch Aufgabenstellungen, zu denen - möglichst im System – Rückmeldung erfolgen,
- in einer didaktisch begründeten – komplexen oder weniger komplexen – erzeugten (Um-) Welt mit Objekten,
- in der weiterführende Informationen (Audio/Video, Informationstexte mit Diagrammen etc.) bereitgestellt werden und
- ggfs. (medial vermittelte) soziale Interaktionen möglich sind.

6. Schluss

[Forschungsdesigns]

Häufig werden Argumente für AR-/VR-Technologien und reaktive Objekte / Umwelten vorgebracht, die aus didaktischer Sicht eher wenig tragfähig sind. Viele Publikationen versuchen einen Beleg zu liefern, dass die jeweiligen Technologien „gut“ oder „besser geeignet“ sind als andere. Regelmäßig geht es darum, ihre Vorteile in überlegenen Lernleistungen sichtbar zu machen. Wie in allen Medienvergleichsstudien, die „neue“ digitale Medien mit traditionellen Ansätzen vergleichen, besteht das Problem darin, dass die Effekte eher niedrig sind. Dies liegt jedoch nicht an der Mächtigkeit der jeweiligen Technologie, sondern an einem problematischen Verständnis, der den Medien für das Lernen zugeschrieben wird. Es wird davon ausgegangen, dass die Medien als solches auf den Lernprozess einwirken würden. Das „Treatment“ besteht jedoch nicht im Einsatz der jeweiligen Technologie, sondern in der mehr oder weniger gut didaktisch aufbereiteten Lernumgebung, die die Technologie mehr oder weniger gut nutzt. Neue Technologien der Visualisierung und Interaktion sind nicht a priori besser als Bildschirmpräsentationen oder Darstellungen an einer Tafel; wir müssen vielmehr herausarbeiten, wann und unter welchen Bedingungen diese Technologien einen Nutzen für das Lernen entwickeln.

[Potenziale einlösen]

Die Annahme, der Einsatz neuer Technologien zur Visualisierung und Interaktion würde bereits einen Nutzen erzeugen, geht oftmals mit Enttäuschungen und einer Desillusionierung einher. Auf dem Hintergrund dieser Erfahrung stellt der Beitrag mediendidaktische Kriterien und Überlegungen für die Gestaltung dieser Technologien dar. Die Anwendung dieser Kriterien trägt dazu bei, ihren Nutzen in der didaktischen Konzeption klarer herauszuarbeiten. Eine didaktische Sichtweise versteht Medien grundsätzlich als ein „Potenzial“, das auf ein gegebenes Bildungsanliegen auszurichten gilt (M. Kerres, 2000).

[Didaktisches Design]

Zunächst ist nach den intendierten Lernerfahrungen zu fragen und danach ist zu überlegen, welche Präsentations- und Interaktionstechnologien am besten geeignet sind, um diese Lernerfahrungen zu ermöglichen. Eine unmittelbare Zuordnung von Lernerfahrung auf der einen Seite und Darstellungstechnologie auf der anderen Seite ist nicht möglich, und würde die mediendidaktische Entscheidung in die falsche Richtung lenken. Es gilt vielmehr zu erkennen, dass bestimmte Attribute, wie Authentizität, Präsenz oder Immersion keine Merkmale der Technologie sind, und sich damit auch nicht die Auswahl einer bestimmten Technologie begründen lassen. Sie sind vielmehr Ergebnisse einer Konstruktionsleistung der wahrnehmenden Person, die in bestimmten Settings sich mehr oder weniger gut darstellen lässt: Auch ein einfaches Foto kann hochgradig Authentizität vermitteln, und virtuelle Welten können sehr verlassen sein und wenig soziale Präsenz erleben lassen.

Literatur

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133–149.
- Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung: Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Beltz PVU.
- Brooks, K. R. (2017). Depth Perception and the History of Three-Dimensional Art: Who Produced the First Stereoscopic Images? *i-Perception*, 8(1). <https://doi.org/10.1177/2041669516680114>
- Buchner, J., & Kerres, M. (2020). Applying Instructional Design Principles on Augmented Reality Cards for Computer Science Education. In C. Alario-Hoyos, M. J. Rodríguez-Triana, M. Scheffel, I. Arnedillo-Sánchez, & S. M. Dennerlein (Hrsg.), *Addressing Global Challenges and Quality Education* (S. 477–481). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57717-9_48
- Chen, X., Chen, Z., Li, Y., He, T., Hou, J., Liu, S., & He, Y. (2019). ImmerTai: Immersive Motion Learning in VR Environments. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 58, 416–427. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2018.11.039>
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2020). *Cognitive Psychology: A Student's Handbook* (8th ed Edition). Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, NY: Taylor & Francis Ltd.
- Filsecker, M., & Kerres, M. (2014). Engagement as a Volitional Construct: A Framework for Evidence-Based Research on Educational Games. *Simulation & Gaming*. (Sage CA: Los Angeles, CA). <https://doi.org/10.1177/1046878114553569>
- Hibbard, P. B., Haines, A. E., & Hornsey, R. L. (2017). Magnitude, precision, and realism of depth perception in stereoscopic vision. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s41235-017-0062-7>
- Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Jäncke, L. (2021). *Lehrbuch Kognitive Neurowissenschaften* (3., aktualisierte und ergänzte Auflage 2021). Hogrefe AG.
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of Virtual Reality in education. *Themes in Science and Technology Education*, 10(2), 85–119. Abgerufen von <https://www.learn-tech-lib.org/p/182115/>
- Kerres, A., Wissing, C., & Wershofen, B. (Hrsg.). (2021). *Skillslab in Pflege und Gesundheitsfachberufen: Intra- und interprofessionelle Lehrformate*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kerres, M. (2000). Medienentscheidungen in der Unterrichtsplanung. Zu Wirkungsargumenten und Begründungen des didaktischen Einsatzes digitaler Medien. *Bildung und Erziehung*, 53(1), 19–39.
- Kerres, M., & Petschenka, A. (2001). Didaktische Konzeption des Tele-Lernens für die Weiterbildung. In *Online-Pädagogik*. Trier: Schneider.
- Kerres, Michael. (2018). *Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote* (5. Aufl.). Berlin: de Gruyter.
- Mulders, M., Buchner, J., & Kerres, M. (2020). A Framework for the Use of Immersive Virtual Reality in Learning Environments. *International Journal of Emerging Technologies in Learning iJET*, 15.
- Pietraß, M. (2018). Die Ermöglichung von Lernen und Bildung im digitalen Raum. Medienpädagogische Perspektiven. In M. Pietraß, J. Fromme, P. Grell, & T. Hug (Hrsg.), *Jahrbuch Medienpädagogik 14: Der digitale Raum—Medienpädagogische Untersuchungen und Perspektiven* (S. 11–32). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-19839-8_2
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Schlenker, D. L. (2015). Bauen für die Bildung 2.0 – Virtuelle Lern- und Arbeitsräume in Second Life. In W. Wittwer, A. Diettrich, & M. Walber (Hrsg.), *Lernräume* (S. 231–239). Springer Fachmedien Wiesbaden. Abgerufen von http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-06371-9_14
- Sirakaya, M., & Alsancak Sirakaya, D. (2018). Trends in Educational Augmented Reality Studies: A Systematic Review. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 6(2), 60–74. Abgerufen von <https://eric.ed.gov/?id=EJ1174807>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 1–32.
- Zender, R., Sander, P., Weise, M., Mulders, M., Lucke, U., & Kerres, M. (2020). HandLeVR: Action-Oriented Learning in a VR Painting Simulator. In E. Popescu, T. Hao, T.-C. Hsu, H. Xie, M. Temperini, & W. Chen (Hrsg.), *Emerging Technologies for Education* (S. 46–51). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38778-5_6