

Spatial Interface.

Wahrnehmungsfelder und Gestaltungsansätze im Virtuellen Raum

1 Zum Begriff „Spatial Interface“

Die Diskussion über virtuelle Welten – über technologische Bestrebungen einerseits, künstlich erzeugte Information der physiologischen Disposition unseres Wahrnehmungsapparats anzugleichen, sowie die inhaltliche Gestaltung des Interaktionsraums andererseits – geschieht vor dem Hintergrund eines Paradigmenwechsels, den Sybille Krämer wie folgt beschreibt: „[...] wie wir denken, wahrnehmen, kommunizieren hat immer auch Folgen für die Art und Weise, in der unsere Umwelt für uns zur Welt wird, in der sich die Vorstellung über das, was für uns wirklich ist und was Wirklichkeit heisst, ausbildet und verdichtet“.¹ Sie geht von der These aus, dass Medien unsere Erfahrungen, unser Denken und Kommunizieren prägen, aber auch die Bildung unserer Wirklichkeitskonzepte nachhaltig verändern. Dabei formuliert sie die Frage, wie sich unsere Wirklichkeitsvorstellungen im Zusammenhang mit der durch neue Medien eröffneten Virtualisierung neu formen.

Daran anknüpfend betrachten wir die Virtualisierung zunächst als Beziehung zweier unterschiedlich beschaffener Räume, die sich gegenseitig beeinflussen, determinieren und vermeintlich gesicherte Raumqualitäten in Frage stellen. Der virtuelle Raum artikuliert sich dabei über einen liminalen Ort, eine Schnittstelle, welche im Zusammenhang mit Virtual Reality als 3D User Interface bezeichnet wird. Dieses Interface ist unter anderem Gegenstand von Untersuchungen im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion, in der Presence-Forschung oder im Interface Design.

Folgen wir jedoch der Frage, welche räumlichen Qualitäten über dieses Interface vermittelt, welche Rezeptionsmodalitäten durch die Interaktion geschaffen werden, führt uns dies unweigerlich zu einer Modellvorstellung, welche das Interface weniger als Stelle oder konkreten Ort, sondern vielmehr als konstituierende Dimension begreift. Diese Vorstellung reicht über die Verbindung von materiell und immateriell, von real und virtuell hinaus² und beschreibt das Interface als Wahrnehmungskonstrukt, welches die Parameter Raum, Ort, Technologie und Erfahrung miteinander verknüpft und damit einen erweiterten Bezugsrahmen öffnet. Dieses Konzept fassen wir unter dem Begriff des „Spatial Interface“ zusammen, der erstmals in der Arbeit „Mapping the World“ genauer

1 Vgl. Krämer: Medien – Computer – Realität, S. 14.

2 Vgl. Bonsiepe: Interface – Design neu begreifen.

erörtert wurde.³ Hierbei geht es um eine thematische Verknüpfung von Aspekten der Kartographie mit aktuellen Entwicklungen im Bereich des User Interface Design. Um das Aufzeigen räumlicher Bezüge also, die nicht nur geographische sondern insbesondere auch logische und semantische Aspekte menschlicher Lebenswelten thematisieren.

Spatial Interface

In der Post-PC Ära werden Computer- und Netzwerktechnologie zunehmend in räumliche Kontexte integriert – sei dies (1) durch 3D-Interfaces im Bereich Virtual Reality und Augmented Reality, die eine räumliche Interaktion mit Computern ermöglichen, sei dies (2) durch die Anbindung an globale Datennetze wie das Internet, oder sei dies (3) durch portable Geräte, deren Nutzung nicht mehr an einen festen Arbeitsplatz gebunden ist. Darüber hinaus werden sie Bestandteil von alltäglichen Gegenständen wie Rollläden oder Türschlössern. Und Tätigkeiten wie Telefonieren, Fotografieren, Musik hören oder das Lösen eines Billets am Fahrkartenautomat sind, genau betrachtet, Interaktionen mit „Computern“. Die realen Orte, an denen dies geschieht, werden Teil eines „räumlichen Interfaces“, das sich dadurch auszeichnet, dass es uns sehr vertraut ist, nämlich in Form unserer Alltagswelt. Der hier beschriebene Raum bildet das Basisbezugssystem des Menschen. Er ist wohl der wichtigste menschliche Erfahrungsbereich. In ihm und durch ihn orientiert sich der Mensch, verortet Objekte und stellt so seine Umweltbezüge her. Raum beschreibt die Anordnung und Ausdehnung von Menschen und gegenständlichen Körpern.

Diese „natürlichen“ Eigenschaften des physikalischen Raums stellen unserem alltäglichen Denken und Handeln eine massgebliche Grundlage zur Verfügung.

Raum darf jedoch nicht nur als physikalische Grösse gesehen werden, sondern muss auch mediale und kulturelle Raumkonzepte berücksichtigen. Deshalb stellen wir einen Raumbegriff ins Zentrum, der gekennzeichnet ist durch sowohl materielle wie auch symbolische Komponenten. Erst mit einem solchen Raumbegriff kann untersucht werden, wie der Mensch sich und seine Umwelt sinnlich erfahrbar und sinnhaft erfassbar macht.⁴

Das Spatial Interface wird zum Raumkonstrukt, in dem die strikte Grenze zwischen Mensch und Maschine, Alltagsgegenstand und Schnittstelle, Infrastruktur und Interaktion aufgehoben wird – sowohl technisch, als auch in der Wahrnehmung des Betrachters. Es ist interaktives Abbild von inneren und äusseren Positionen des Menschen zu und in seinem Alltag.

3 Vgl. Zwimpfer/Doulis: Mapping the World.

4 Vgl. Doulis: Raum als Interface, S. 16-17.

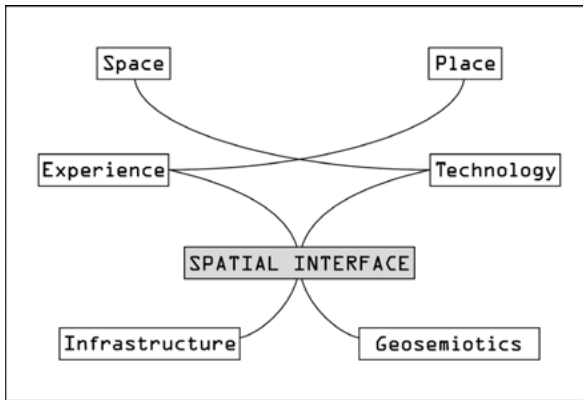


Abbildung 1: Schema des Spatial Interface und seiner raumspezifischen Merkmale³

An dieser Stelle sei erwähnt, dass, in Abgrenzung zum „Ubiquitous Computing“, das Mark Weiser in seinem Aufsatz „The Computer for the Twenty-First Century“ beschreibt⁵, beim „Spatial Interface“ nicht die Integration von (Computer-) Technologie in den Alltag im Fokus der Betrachtung steht, sondern die Handlungsspielräume und -strategien, die sich daraus für den Menschen ableiten lassen. Dies zielt nicht nur auf die Nutzung des „ubiquitären Angebots“, sondern auch auf dessen Ignorierung oder gezielte Verweigerung. Die Suche nach Formen der „Sichtbarkeit technologischer Allgegenwart“ wird daher zum zentralen Thema der Gestaltung.

In einer ersten Annäherung haben wir deshalb wesentliche Aspekte des Spatial Interface zusammengetragen und einzuordnen versucht. Wir betrachten diese Aspekte und deren (teilweise komplementäre) Interdependenz auch als raumspezifische Merkmale, die sowohl auf theoretischer, als auch auf praktischer Ebene als Bezugsrahmen für die Bestimmung von Interface dienen (s. Abb. 1). Es entsteht ein flexibler Verbund von Elementen, welche aus unterschiedlichen Forschungskontexten stammen.

Im vorliegenden Modell wird „Space“ durch Technologie definiert, der mit einer äusseren oder intersubjektiven Sichtweise eine Position zugewiesen wird, welche sich geometrisch beschreiben und geographisch zuordnen lässt. Mit „Place“ hingegen wird die Betrachterposition in Bezug zum gesamten „Bezugssystem“ definiert, die den subjektiven, persönlichen Erfahrungshintergrund berücksichtigt und eine innere Sichtweise vermittelt. Die gekreuzte Verknüpfung mit den Begriffen „Experience“ und „Technology“ verweist auf die Rekombinierbarkeit der Zusammenhänge.

5 Vgl. Weiser: The Computer for the Twenty-First Century.

Hieraus lassen sich zwei Begriffe bestimmen, die als Pole betrachtet werden können, zu denen sich alle Aspekte in Bezug setzen lassen. Während unter „Infrastructure“ in erster Linie alle technischen Aspekte zusammengefasst sind, werden unter dem Begriff „Geosemiotics“ Ansätze vereint, die realen Orten ihre Bedeutung zuweisen und Handlungsspielräume definieren, die sich nicht nur an materiell-technischen Gegebenheiten orientieren, sondern sich unmittelbar über den soziokulturellen Kontext definieren.⁶

Ist im ersten Fall die materielle Welt als konkretes Bezugssystem zu verstehen, hat sie im zweiten Fall eine bedeutungsgenerierende Ebene, welche visuelle, interaktionsbedingte und ortsspezifische Zuordnungen vornimmt.

Virtuelle Welten als Basistechnologie

Bei der Annahme, dass Virtuelle Welten als Basistechnologie für den Einsatz im Bereich von Kunst und Kultur zur Verfügung stehen, wird die Gesamtkonstellation als Basistechnologie verstanden – das heißt als Technologie, deren Entwicklungspotential weitgehend ausgeschöpft und in der Reifephase angelangt ist.⁷ Davon kann bei Virtual Reality (VR) jedoch derzeit nicht ausgegangen werden. Nach wie vor werden VR-Installationen in unterschiedlichen Konfigurationen erprobt, sei dies in Bezug auf Hardwaresettings, Eingabegeräte und Interaktionstechniken oder sei dies bezüglich der Softwaresysteme und -applikationen sowie deren Anbindungen an Netzwerke oder dynamische Datenbanken. Trotzdem stellt sich im Bereich der Einzelkomponenten sehr wohl eine Standardisierung ein. Um diesem Sachverhalt gerecht zu werden, richtet sich unsere Forschungstätigkeit unter anderem nach der bestmöglichen Modularisierung der einzelnen Komponenten.

Das Projekt „4DIVE“,⁸ des Instituts für 4D-Technologien i4Ds der Fachhochschule Nordwestschweiz, welches sich mit der Visualisierung von dynamischen Prozessen in der Bauindustrie beschäftigt und Methoden entwickelt, um raum-zeitliche Prozesse aufzuzeichnen und abzuspielen, zeigt an einem praktischen Beispiel, wie eine solche Modularisierung in einem angewandten Kontext umgesetzt wurde.

Ausgehend von einem 3D-Modell eines Bauwerks sowie zusätzlichen Planungsinformationen wurde ein so genanntes 4D-Modell erstellt, um sowohl den Planungs- als auch den eigentlichen Bauprozess zu unterstützen. Für den Einsatz in Virtual Reality wurde ein Softwaretool entwickelt, welches erlaubt, ein optimiertes, zeitlich animiertes Modell zu erstellen. Ein weiteres Tool er-

6 Vgl. Scollon/Scollon: Discourses in Place.

7 Vgl. Heinrich/Lehner: Informationsmanagement, S. 152 oder Specker: Modellierung von Informationssystemen, S. 200.

8 Vgl. Doulis et al.: 4DIVE.

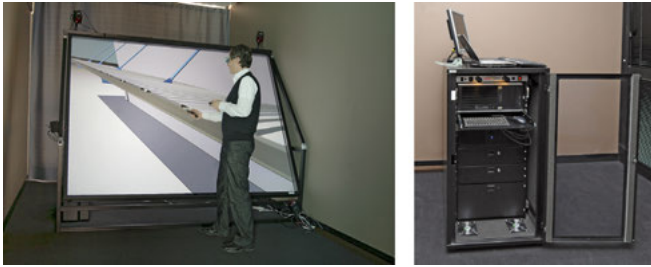


Abbildung 2: 4DIVE auf der mobilen VR-Anlage des i4Ds / 19"-Rack für die Aufbewahrung der technischen Komponenten der VR-Anlage

möglichst, die Navigation durch die räumlichen und zeitlichen Komponenten des Datenmodells als Pfade aufzuzeichnen und abzuspielen, sowie an jedem beliebigen Ort zu löschen oder neu aufzunehmen. Um eine einfache Benutzung zu gewährleisten wurden je ein Eingabegerät für die Interaktion im Virtuellen Raum sowie für das Aufzeichnen und Abspielen der räumlich-zeitlichen Pfade entwickelt.

Seitens der Software wurden modulare Komponenten mit definierten Schnittstellen implementiert, die sich an beliebige VR-Systeme sowie externe Applikationen oder Datenbanken anbinden lassen. So können sie auch in anderen Anwendungsbereichen eingesetzt werden.

Die Eingabegeräte sind modular in Bezug auf die Gehäusekonstruktion sowie die Austauschbarkeit und Rekonfigurierbarkeit aller technischer Komponenten. Dies erlaubt es Entwicklern, die Eingabegeräte einfach und kostensparend an die jeweiligen Anforderungen anzupassen oder unterschiedliche Konfigurationen zu evaluieren.

VR-Studio i4Ds

Wie bereits erwähnt, legen wir bei unseren Arbeiten grossen Wert auf die Entwicklung modularer Konzepte, die sich über einfache und stabile Schnittstellen zu komplexen Systemen unterschiedlicher Ausprägung zusammenfügen lassen.

Es lag nahe, auch unser VR-Studio anhand dieser Kriterien zu planen. Die Anlage ist daher so konzipiert, dass sie innerhalb kürzester Zeit an jeden beliebigen Ort transportiert und dort installiert werden kann. Das projektionsbasierte System verwendet Komponenten, mit denen auf den Einsatz spezieller Projektionsflächen verzichtet werden kann. Alle technischen Komponenten sind platzsparend und transportgesichert in einem mobilen 19"-Rack untergebracht.

Für den festen Standort in unserem Labor haben wir darüber hinaus ein Experimentalsetting mit kippbarer Projektionsfläche realisiert, das es uns erlaubt, unterschiedliche Systeme einfach nachzustellen (gerade und schräge

Wände unterschiedlicher Grösse sowie tischähnliche Systeme). Diese untersuchen wir auf ihre unterschiedlichen Qualitäten und Einsatzbereiche hin. Bei der Fertigung von Eingabegeräten greifen wir auf Rapid-Prototyping Verfahren zurück, die die Entwicklung qualitativ hochwertiger Funktionsmodelle bei kurzen Fertigungszeiten ermöglichen, was besonders bei der Erforschung neuartiger Interaktionstechniken und deren Evaluierung von zunehmender Bedeutung ist.

Unsere Entwicklungs- und Untersuchungsansätze erlauben, auf einen spezifischen Forschungsfokus einzugehen sowie schnell auf die Bedürfnisse des jeweiligen Kontexts zu reagieren.

2 Von der Technologie zum Medium: Wahrnehmungsfelder im Virtuellen Raum

Fassen wir Virtuelle Welten als Technologie auf, geht dieses Konzept von einer getrennten Sichtweise von technologischen und inhaltlichen Fragestellungen aus. In Anlehnung an die wechselseitige Abhängigkeit von Form und Funktion untersuchen wir jedoch, in welcher Art Inhalte durch Virtuelle Welten vermittelt werden. Dies führt uns zum Konzept des Spatial Interface, welches diese beiden Felder zusammenführt und die medialen Qualitäten in den Vordergrund stellt.

Die Ideengeschichte virtueller Kunst blickt auf eine Entstehungskette von Repräsentationsformen, Kulturtechniken und Illusionsmedien zurück, innerhalb derer Virtuelle Welten geschichtlich verortet werden können. Oliver Grau vertritt in „Virtual Art“ die These, dass Kunst in Virtuellen Welten nicht unabhängig als neues Medium betrachtet werden kann, sondern im Kontext einer Kulturgeschichte der Illusionsmedien steht.⁹ Er zeigt auf, wie die Herstellung von Illusionen, das Verwischen der Betrachtergrenze zum Bildraum gleichsam als anthropologische Konstante aufgefasst werden kann.

Künstlerische Ansätze reflektieren dabei entweder Virtuelle Welten als Medium oder sie hinterfragen die Technologie als Werkzeug und thematisieren deren Auswirkungen. Die Frage, welche Raumqualitäten Virtuelle Welten vermitteln, führt uns damit weg vom Technologiebegriff hin zu einem Verständnis von Virtuellen Welten als Medium, als vermittelnde Instanz, welche neue Wirkungsformen ermöglicht, neue Wahrnehmungsdispositionen von Raum schafft und damit an die eingangs zitierte These anknüpft, wie sich unsere Wirklichkeitsvorstellungen im Zusammenhang mit der durch neue Medien eröffneten Virtualisierung verändern.

Zentraler Bestandteil dieser Konstellation ist die Interaktivität, welche nicht nur ein wesentliches Merkmal dieses Mediums darstellt, sondern auch die Trennung von Inhalt und Technologie in Frage stellt.¹⁰ Interaktive Gestaltungs-

9 Vgl. Grau: Virtual Art.

10 Vgl. Tholen: Platzverweis, S. 111.

formen konfrontieren uns mit der Frage, ob Wahrnehmung und Partizipation mit Bestandteil eines künstlerischen Werks sind. Dies schafft den Bezug zu Positionen aus der Medienkunst,¹¹ zeigt aber auch auf, dass Inhalt und Technik sich gegenseitig bedingen. Die Interaktivität ist eng verknüpft mit dem Begriff der Immersion, die sich nun überlagert mit der Alltagswelt des Menschen. Diese Position vertreten auch Bolter und Gromala in „Windows and Mirrors“:¹² Sie gehen von der Vorstellung von Fenstern und Spiegeln aus, um zu beschreiben, wie ein interaktives System beschaffen sein sollte, um eine konsistente mediale Erfahrung zu gewährleisten. Einerseits soll es dem User einen inhaltlichen Zugang ermöglichen, also transparent werden wie ein Fenster, und andererseits soll es ihm ein Gefühl der Präsenz vermitteln, indem es ihn stets mit den Inhalt in Bezug setzt, ihn also reflektiert wie ein Spiegel. Wichtig für das mediale Funktionieren eines Interfaces sei insbesondere der Rhythmus der Oszillation zwischen Fenster und Spiegelfunktion.

Wie die Brüchigkeit der Grenze zwischen diesen beiden Bereichen zum Feld künstlerischer Intervention, aber auch Gegenstand wissenschaftlicher Betrachtung wird, diskutieren Doulis und Simon in „Amalgamation“.¹³ Sie beziehen sich auf Fragen aus dem Produktedesign, um grundsätzliche Ansätze für die Interaktion in Virtual Reality Umgebungen aufzuzeigen. Dabei gehen die Autoren davon aus, dass diese aus einem realen Anteil – irgendeiner Art von Eingabegerät oder Aktion, z.B. einer Geste – und einem virtuellen Anteil, der Repräsentation eines spezifischen „funktionalen Verhaltens“ – eines virtuellen Objekts oder einer abstrakten Softwarefunktion – im Virtuellen Raum bestehen, die unmittelbar aufeinander Einfluss nehmen. Wichtig sei, das Verhältnis dieser Anteile zu bestimmen und auf den jeweiligen Kontext anzupassen. Dies umso mehr, da Interaktion mit und in virtuellen Welten nicht an physikalische und technische Bedingungen geknüpft ist und somit per se keinen aus dem Alltag bekannten Regeln folgen muss. Gleichwohl referenziert der Mensch in Virtual Reality stark auf seine Erfahrungen und Erwartungen in der realen Welt, was bei der Gestaltung berücksichtigt werden muss. Auf diesen Erkenntnissen aufbauend wurden im Projekt SpaceActor von Studierenden des Studiengangs Industrial Design Interaktionstechniken und Eingabegeräte konzipiert und gestaltet, die den Aspekt der „Amalgamation“ untersuchten.¹⁴

11 Vgl. z.B. Gendolla/Schmitz/Schneider: Formen interaktiver Medienkunst oder Giannetti: Ästhetik des Digitalen.

12 Vgl. Bolter/Gromala: Windows and Mirrors.

13 Vgl. Doulis/Simon: The Amalgamation.

14 Vgl. Doulis et al.: SpaceActor.

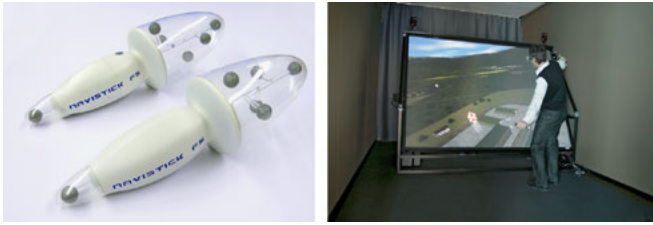


Abbildung 3: 3D-Eingabegeräte/Navigation in VR; Entwurf: Till Haldimann¹⁵

3 Gestaltungsansätze im Virtuellen Raum

Mit dem Erkenntnisinteresse im Bereich der angewandten Forschung nehmen wir medienimmanente Gestaltungsparameter auf und erschliessen damit ein Gestaltungspotential, welches an bestehende Konditionierungen anknüpft.

Unter dem Titel „Das unsichtbare Medium – zwischen Angleichung und Imagination. Untersuchungen zur Raumwahrnehmung in Virtuellen Umgebungen“ thematisiert eines unserer Projekte die bestehenden Forschungsbestrebungen aus dem VR-Bereich, welche darauf abzielen, eine vollständige Sinnestäuschung herbeizuführen. Es zeigt auf, wie die Verbesserung der künstlich erzeugten Information und deren Angleichung an die physiologische Disposition des Betrachters die Wahrnehmungsschwelle des Illusionsmediums möglichst tief herabsetzen soll. Die Intensität der transportierten Information wird damit maximiert, das Medium gleichsam unsichtbar.

Während die technische Entwicklung durch die VR- und Presence-Forschung vorangetrieben wird, liegt die Betrachtung der medialen Entwicklung für diesen Bereich bisher im Hintergrund. Die Ideengeschichte künstlerischer Immersionskonzepte zeigt jedoch, dass Virtuelle Umgebungen keine neuartige Erscheinung sind, sondern in der Tradition einer bildlichen Illusionsgeschichte stehen.

Mit dem vorliegenden Projekt knüpfen wir an dieses Problem an, greifen mediale Parameter auf, welche bislang abseits des technisch orientierten Diskurses standen und versuchen, diese mit Blick auf räumliche Wahrnehmungskonventionen in aktuelle 3D-Interface-Modelle einzuordnen. Wir werden Begrifflichkeiten wie Immersion, Illusion, Virtualität, Präsenz oder Aufmerksamkeit untersuchen und beobachten, wie sich Wahrnehmungsebenen dadurch verändern und welchen Stellenwert beispielsweise die Imagination innerhalb dieses Systems einnehmen kann. Viel versprechende Ansätze aus anderen medialen Bereichen wie Leerstellenfunktionen, Heterotopien, Hybridisierungen oder interaktive Narrationsstrategien können so innerhalb dieses Anwendungsfelds geprüft werden. Mit dieser Methode wollen wir ein Gestaltungspotential

¹⁵ Vgl. Doulis et al.: SpaceActor.

erschliessen, welches neben technischen auch mediale Aspekte mit einbezieht und auf bestehende Konditionierungen zurückgreift. Neben der spezifischen Theoriebildung für den technik-, kultur- und designtheoretischen Diskurs sollen konkrete gestalterische Strategien für virtuelle Arbeitsumgebungen aufgestellt, erprobt und evaluiert werden.

4 Resümee

Aufbauend auf der These, dass sich unsere Wirklichkeitsvorstellungen im Zusammenhang mit der durch neue Medien eröffneten Virtualisierung verändern, spannt das Konzept des „Spatial Interface“ einen Bezugsrahmen zwischen der realen und der virtuellen Welt auf und beschreibt ein Wahrnehmungskonstrukt, welches die wechselseitige Abhängigkeit der Parameter Raum, Ort, Technologie und Erfahrung aufzeigt. Hierbei dienen uns die Begriffe „Infrastructure“ und „Geosemiotics“ als Pole, zwischen denen sich unsere Forschung bewegt.

Für den technologischen Bereich erklären die Beispiele von „4Dive“ und des Experimentalsettings des VR-Studios die Modularisierungsbestrebungen als Grundlage für die einfache Konzeption komplexer Systeme und Inhalte.

Mit dem Schritt von Technologiebegriff hin zum medialen Verständnis von Virtuellen Welten schliesslich ist die Wahrnehmung durch die Interaktivität geprägt. Welche gestaltungsrelevanten Konsequenzen sich daraus für konkrete Anwendungsszenarien ergeben, zeigt sich in unseren Ansätzen aus der angewandten Forschung, welche unterschiedliche Wirkungsbereiche des „Spatial Interface“ untersuchen.

Wir versprechen uns von unserer Arbeit, dass sie technischen und künstlerischen Disziplinen gleichermassen eine Hilfestellung bietet, inhaltlich komplexe, virtuelle Erfahrungswelten zu gestalten, die einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden können.

Literatur

- Bolter, Jay David/Gromala, Diane (2003): *Windows and Mirrors: Interaction Design, Digital Art, and the Myth of Transparency*, Cambridge.
- Bonsiepe, Gui (1996): *Interface – Design neu begreifen*, Mannheim.
- Doulis, Mario (2004): *Raum als Interface*, Aarau: Diplomfestschrift 2004, Fachhochschule Aargau Gestaltung und Kunst.
- Doulis, Mario/Simon, Andreas (2005): *The Amalgamation – Product Design Aspects for the Development of Immersive Virtual Environments*, in: Bullinger, A./B., Wiederhold/Meise, U./Mueller-Spahn (Hrsg.): *Applied Technologies in Medicine and Neuroscience*, Innsbruck, S. 51–58.

- Doulis, Mario/Vogel, Manfred/Pflüger, Jan/Rietmann, Marco/Raps, Michael (2007): 4DIVE – A 4D Interface for the Visualization of Construction Processes in a Virtual Environment, in: Proceedings of CONVR 2007, University Park PA, S. 28–39.
- Doulis, Mario/Zwimpfer, Viktor/Pflüger, Jan/Simon, Andreas/Stern, Christian/Haldimann, Till/Jenni, Christoph (2006): SpaceActor – Interface Prototypes for Virtual Environments, in: Proceedings of IEEE 3DUI'06, Alexandria, S. 171–174.
- Gendolla, Peter/Schmitz, Norbert M./Schneider, Irmela (2001): Formen interaktiver Medienkunst. Geschichte, Tendenzen und Utopien, Frankfurt a.M. [\(URL: http://www.medienkunstnetz.de/\)](http://www.medienkunstnetz.de/).
- Giannetti, Claudia (2004): Ästhetik des Digitalen. Ein intermediärer Beitrag zu Wissenschaft, Medien- und Kunstsystemen, Wien.
- Grau, Oliver (2003): Virtual Art: From Illusion to Immersion, Cambridge.
- Heinrich, Lutz/Lehner, Franz (2005): Informationsmanagement. Planung, Überwachung und Steuerung der Informationsstruktur, München.
- Krämer, Sybille (Hrsg.) (1997): Medien – Computer – Realität. Wirklichkeitsvorstellungen und Neue Medien, Frankfurt a. M..
- Scollon, Ron/Scollon, Suzie Wong (2003): Discourses in Place. Language in the Material World, London.
- Specker, Adrian (2001): Modellierung von Informationssystemen, Zürich.
- Tholen, Georg Christoph (1994): Platzverweis. Unmögliche Zwischenspiele von Mensch und Maschine, in: Bolz, Norbert et al. (Hrsg.): Computer als Medium, München, S. 111–136.
- Weiser, Mark (1991): The Computer for the Twenty-First Century, in: Scientific American, 265, Nr. 3, S. 94–110.
- Zwimpfer, Victor/Doulis, Mario (2007): Mapping the World. Digital Qualities of Everyday Life, in: Vision Plus 12, Schwarzenberg.