

# Faktoren für Präsenz in virtueller Architektur

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur  
an der Fakultät Architektur, Stadt- und Regionalplanung  
der Bauhaus-Universität Weimar

vorgelegt von

Holger Regenbrecht  
geb. am 6. Juli 1964

Weimar, Juni 1999

Gutachter:

1. Prof. Dr. ing. D. Donath (Bauhaus-Universität Weimar)
2. Prof. Dr. ing. G. Schmitt (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich)
3. Prof. Dr. phil. habil. W. Frindte (Friedrich-Schiller-Universität Jena)

Tag der Disputation: 12. Januar 2000

# Faktoren für Präsenz in virtueller Architektur

<b>THESEN</b>	<b>5</b>
<b>INHALT UND GLIEDERUNG DER ARBEIT</b>	<b>10</b>
<b>DANKSAGUNG</b>	<b>12</b>
<b>1 GEGENSTAND</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Einführung</b> .....	<b>14</b>
1.1.1 Motivation	14
1.1.2 Derzeitige Relevanz	15
1.1.3 Räumliche Präsenz	16
<b>1.2 Virtual-Reality-Grundlagen</b> .....	<b>17</b>
1.2.1 Technik	17
1.2.2 Anwendungen	24
<b>1.3 Der Einfluß von Präsenz</b> .....	<b>25</b>
1.3.1 Effektivität und Effizienz (task performance)	25
1.3.2 Raumbewußtsein und Orientierung (spatial awareness and orientation)	26
1.3.3 Erinnerungsvermögen (memory)	26
1.3.4 Simulatorekrankheits-Symptome (simulator sickness symptoms)	27
1.3.5 Wohlbefinden und Freude (enjoyment)	27
<b>1.4 Terminologie</b> .....	<b>28</b>
1.4.1 Virtual Reality & Virtual Architecture	28
1.4.2 Präsenz & Immersion	29
<b>1.5 Untersuchungsgegenstände dieser Arbeit</b> .....	<b>31</b>
<b>2 PRÄSENZ IN REALEN UND VIRTUELLEN UMGEBUNGEN (ANNÄHERUNG AN EIN PRÄSENZMODELL)</b>	<b>32</b>
<b>2.1 Einführung</b> .....	<b>32</b>
<b>2.2 Ansätze</b> .....	<b>34</b>
2.2.1 Wissenschaftliche Kommunizierbarkeit: Der Rationalismus	34
2.2.2 Philosophischer Rahmen (M. Heidegger)	36
2.2.3 Mentale Modelle und Metaphern (Johnson-Laird / Schnotz / Lakoff & Johnson)	38
2.2.4 Ganzheitliche Theorien zur Wahrnehmung (Gibson / Fodor & Pylyshyn / Varela, Thompson & Rosch)	41
2.2.5 Interpretation von virtuellen Welten (Eco/Norman)	44
2.2.6 Die Basis für ein Präsenzmodell: Glenberg	46
<b>2.3 Thesen zu Präsenz in immersiven virtuellen Umgebungen</b> .....	<b>48</b>
<b>3 KLASSIFIKATION DER FAKTOREN</b>	<b>51</b>
<b>3.1 Einführung</b> .....	<b>52</b>
<b>3.2 Klassifikation</b> .....	<b>53</b>
3.2.1 Realwelt-Faktoren	55
3.2.2 Immersionstechnische Faktoren	55
3.2.3 Inhaltliche Faktoren	61
3.2.4 Individuelle Faktoren	71
<b>3.3 Messung von Immersion und Präsenz</b> .....	<b>73</b>

<b>4</b>	<b>EMPIRISCHE UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>75</b>
<b>4.1</b>	<b>Experiment „Virtuality Café - VC“ .....</b>	<b>76</b>
4.1.1	Einführung	77
4.1.2	Methode	78
<b>4.2</b>	<b>Erfahrungsbericht „voxDesign/planeDesign – vD/pD“ .....</b>	<b>86</b>
4.2.1	Einführung	86
4.2.2	Methode	87
4.2.3	Ergebnisse und Diskussion	93
<b>4.3</b>	<b>Experiment „Acrophobia - ACRO“ .....</b>	<b>95</b>
4.3.1	Einführung	95
4.3.2	Methode	98
4.3.3	Ergebnisse und Diskussion	101
<b>4.4</b>	<b>Experiment „Doing and Plot - AMT1“ .....</b>	<b>104</b>
4.4.1	Einführung	104
4.4.2	Methode	104
4.4.3	Ergebnisse und Diskussion	107
<b>4.5</b>	<b>Experiment „Imaginary Interaction – AMT2“ .....</b>	<b>110</b>
4.5.1	Einführung	110
4.5.2	Methode	110
4.5.3	Ergebnisse und Diskussion	111
<b>4.6</b>	<b>Experiment „Presence Questionnaire – PQ“ .....</b>	<b>113</b>
4.6.1	Einführung	113
4.6.2	Methode	115
4.6.3	Ergebnisse und Diskussion	116
<b>4.7</b>	<b>Untersuchung „Faktoren- und Pfadanalysen – PQPlus“ .....</b>	<b>121</b>
4.7.1	Einführung	121
4.7.2	Test des Pfadmodells	122
4.7.3	Ergebnisse und Diskussion	123
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>125</b>
<b>5.1</b>	<b>Implikationen .....</b>	<b>126</b>
<b>5.2</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>136</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>137</b>
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>157</b>

# THESEN

- 1. Das Berufsbild des Architekten erfährt durch virtuelle Architektur eine Erweiterung. Solide Architektur wird durch virtuell-solide und virtuell-abstrakte Architektur ergänzt. Diese Bereiche einschließlich ihrer Überlagerungen bilden die Gestaltungsdomänen der Architektur.**

Solide Architektur hat die Gestaltung der baulichen Umwelt zum Gegenstand. Sie stellt die klassische Domäne der Architektur dar und bildet die methodische Grundlage der virtuellen Architektur. Virtuelle Architektur realisiert dreidimensionale, computergenerierte Modelle in Raumstrukturen, die mit Hilfe von Virtual-Reality-Systemen erlebt werden. Die virtuelle Architektur gliedert sich in virtuell-solide und virtuell-abstrakte Architektur. Virtuell-solide Architektur simuliert die bauliche Umwelt. Sie dient damit entweder der Vorwegnahme von zu realisierender stofflicher Architektur oder der Abbildung vergangener bzw. existierender Architektur. Virtuell-abstrakte Architektur dient ausschließlich der Benutzung im digitalen Medium. Sie kann nur in diesem erlebt werden.

- 2. Präsenz, als das Gefühl, an einem Ort zu sein, ist in realen Umgebungen und damit in solider Architektur gegeben und wird als selbstverständlich empfunden.**

Die Bildung eines Präsenzgefühls ist ein entwicklungspsychologisch automatisierter Prozeß. Das Inbeziehungsetzen und damit die Verortung des eigenen Körpers zur natürlichen und gebauten Umwelt wird generell nicht in Frage gestellt. Das Gefühl, an einem Ort (in dieser Welt) zu sein, ist ständig vorhanden und kann kaum in seiner Negation (nicht an einem Ort zu sein) beschrieben werden.

- 3. Präsenz in virtueller Architektur muß ermöglicht werden.**

Präsenz kann auch in virtueller Architektur erlebt werden. Präsenz beschreibt dann das Gefühl eines Benutzers, sich in einer virtuellen Umgebung zu befinden und sich als Teil dieser Umgebung aufzufassen. Das Gefühl, in einem computergenerierten Modell präsent zu sein, setzt die Imagination dieses Modells *als die eigene Umgebung* voraus. Im Gegensatz zu realen Umgebungen muß Präsenz in virtueller Architektur erst ermöglicht werden. Aufgrund der fehlenden Erfahrungen im Umgang mit Virtual-Reality-Systemen ist eine Automatisierung dieses Gefühls im Erleben von virtuellen Umgebungen (noch) nicht gegeben.

- 4. a) Präsenz ist Kernvariable für die Entwicklung und Anwendung virtueller Umgebungen. b) Das Konzept Virtual Reality beruht auf Präsenz.**

Virtual Reality (VR) wird als Technologie und als Konzept verstanden. Technologisch ist Virtual Reality ein computergestütztes System, welches einem Benutzer echtzeit-interaktive, dreidimensionale Ein- und Ausgabekanäle bereitstellt. Konzeptuell ist Virtual Reality die Anregung der Imagination eines Benutzers durch Reize auf verschiedenen Sinneskanälen mit dem Ziel, Präsenz zu erzeugen. Virtuelle Umgebungen sind jene Umgebungen, die vom Benutzer eines VR-Systems wahrgenommen werden. Sie können jede geometrische Dimension und Darstellung annehmen. Virtuelle Architektur ist die am meisten verwendete Spezialisierungsform virtueller Umgebungen. Sie gründet sich auf (dreidimensionale) geometrisch-räumliche Strukturen.

Eine virtuelle Umgebung, und damit insbesondere virtuelle Architektur kann nur als solche konzeptuell als virtuelle Realität wahrgenommen werden, wenn sie Präsenz erzeugt. Präsenz ist damit Haupteigenschaft und Ziel virtueller Architektur.

**5. Präsenz besteht aus mehreren Komponenten. Zu diesen zählen räumliche Präsenz, soziale Präsenz, Involviertheit und das Realitätsurteil.**

Es konnte nachgewiesen werden, daß Präsenz in virtuellen Umgebungen aus mehreren, voneinander abhängenden Komponenten besteht. Räumliche Präsenz ist verkörperte Präsenz in virtueller Architektur. Soziale Präsenz beschreibt das Gefühl der Gruppenzugehörigkeit in VR-Mehrbenutzer-Umgebungen. Involviertheit ist die Lenkung der Aufmerksamkeit auf die virtuelle Umgebung, anstatt auf die reale oder eine andere imaginierte Umgebung. Das Realitätsurteil stellt einen Vergleich mit der realen Welt dar, der jedoch in seiner Art und Weise nicht näher ermittelt werden konnte.

Die räumliche Präsenz bildet den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit.

**6. Räumliche Präsenz ist Präsenz in dreidimensionalen räumlichen Strukturen. Sie entsteht durch verkörperte Wahrnehmung. Der Körper des Nutzers ist Bezugspunkt und Instrument der Wahrnehmung der virtuellen Welt.**

Aus philosophischen, epistemologischen und psychologischen Modellen läßt sich eine Theorie der verkörperten Wahrnehmung für virtuelle Umgebungen herleiten. Sowohl entwicklungspsychologisch als auch verhaltenswissenschaftlich ist jedes Begreifen und Verstehen sowohl an Beobachtung als auch an aktives Handeln gebunden. Das Handeln ist ein körperbezogener Akt. Der eigene Körper ist Referenz der Perzeption und Kognition. Es konnten empirisch Indikatoren für eine verkörperte Wahrnehmung gefunden werden.

**7. Präsenz ist das Ergebnis einer Imaginationsleistung des Benutzers virtueller Umgebungen. Präsenz ist eine psychologische, keine technologische Größe. Das Gefühl der Präsenz ist eine aktive kognitive Leistung.**

Präsenz ist ein Gefühl; Gefühle sind psychologische Größen. Präsenz in virtuellen Umgebungen ist eine vom Benutzer empfundene Größe und keine vom VR-System erzeugte. Ein VR-System kann, im weitesten Sinne, die Imagination des Benutzers stimulieren und damit Präsenz beeinflussen. Das System kann dieses Gefühl jedoch weder kontrollieren noch vorhersagbar erzeugen. Die Präsenzbildung ist ein kognitiver Prozeß.

**8. Virtuelle Umgebungen können reale Emotionen hervorrufen.**

Wird eine virtuelle Umgebung als virtuelle Realität wahrgenommen und besitzt die virtuelle Umgebung für den Benutzer bedeutungstragende Eigenschaften, die in der realen Welt Emotionen stimulieren würden, so können virtuelle Umgebungen, die gleichen Emotionen wie in der realen Welt auslösen. Der empirische Nachweis hierzu konnte am Beispiel von Höhenangst erbracht werden.

**9. Präsenz kann durch subjektiven Report gemessen werden.**

Gefühle des Erlebens virtueller Umgebungen sind mit wissenschaftlichen Methoden bearbeitbar. Der Grad der Präsenz eines Benutzers kann mit Hilfe des entwickelten Fragebogens zuverlässig ermittelt werden. Mehrere empirische Untersuchungen konnten unter erfolgreicher Anwendung dieses Instrumentes durchgeführt werden.

**10. Die Wahrnehmung der virtuellen Umgebung ist eine Interpretationsleistung des Benutzers. Die Gestaltung eindeutig interpretierbarer Umgebungen ist nicht möglich. Vollständige Vorhersagbarkeit ist nicht realisierbar.**

Die Konzeptualisierung der virtuellen Umgebung beim Benutzer über mentale Modelle gründet sich auf Interpretation. Wie die Umgebung interpretiert wird, kann zwar beeinflußt, jedoch nicht eindeutig erzwungen werden. Der Benutzer konstruiert mit seinem Imaginationsprozeß eine (kognitive) Welt über die dargebotenen Stimuli. Es ist weder vorhersagbar, welches Modell beim Benutzer konstruiert wird, noch ob die virtuelle Umgebung für den Nutzer vorhersagbar wird. Der Raum der Interpretation ist in einem praktischen Sinn jedoch nicht beliebig. Die Stimuli der virtuellen Umgebung können die Interpretation stark beeinflussen. Alle durchgeführten Untersuchungen bestätigen diesen Ansatz.

- 11. a) Präsenz hängt vom Grad der Projizierbarkeit der virtuellen Umgebung ab. Nicht-konzeptualisierbare Umgebungen können keine Präsenz hervorrufen. b) Virtuelle Architektur besteht aus handlungs- und orientierungsrelevanten Objekten. Für Präsenz müssen orientierungsrelevante Objekte vorhanden sein.**

Eine grundlegende Voraussetzung für Präsenz ist die Wahrnehmung der virtuellen Umgebung als solche. Räumliche Präsenz kann als Verortung des eigenen Körpers im Raum nur dann entstehen, wenn der Raum im kognitiven Prozeß konzeptualisiert wird. Hierzu sind orientierungsrelevante Eigenschaften, die bereits „vermascht“ im mentalen Modell vorliegen nötig (Versicherungselemente der Welt). Diese Eigenschaften sind dann für den Benutzer unmittelbar projizierbar. Der Unterschied von orientierungs- und handlungsrelevanten Objekten sollte sich in der Gestaltung der virtuellen Architektur ausdrücken.

- 12. a) Die Architektur der virtuellen Umgebung beeinflußt die Präsenz. b) Die Anwendung der Regeln solider Architektur in virtueller Architektur erleichtert die Konzeptualisierung dieser und bestimmt damit Präsenz. c) Die reale Welt ist die Metapher für die virtuelle Welt. Die Gestaltung virtueller Umgebungen muß sich der Metaphern der realen Welt bedienen. d) Die vollständige Simulation der realen Welt in einer virtuellen Umgebung ist nicht möglich und für die Präsenzbildung auch nicht nötig.**

Die Interpretation der virtuellen Umgebung durch den Benutzer ist eine Imaginationsleistung und wird vor dem Hintergrund der bisherigen Erfahrungen vorgenommen. Die grundlegende Erfahrungsdomäne der Benutzer ist die reale Welt. Metaphern der realen Welt können und müssen in der Gestaltung virtueller Architektur angewendet werden.

Die solide Architektur ist ein dominierender Bestandteil in der Wahrnehmung der realen Welt. Sie bildet damit einen Hauptteil der Erfahrungswelt des Benutzers virtueller Architektur. Die Gestaltung virtueller Umgebungen folgt damit architektonischen Regeln.

Eine vollständige Simulation der realen Welt in der virtuellen Umgebung ist jedoch für Präsenzbildung nicht nötig und aus systemtheoretischer Sicht auch nicht möglich.

- 13. a) Präsenz in virtuellen Umgebungen wird durch Immersion ermöglicht. b) Immersion ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für Präsenz.**

Der Imaginationsprozeß wird durch Immersion beeinflußt, die Stimuli der virtuellen Umgebung wirken auf den kognitiven Prozeß der Konstruktion mentaler Modelle. Präsenz ist ein Ergebnis des Imaginationsprozesses. Immersion ist mögliche Ursache, Imagination und Interpretation sind Prozeß, und Präsenz ist eine psychologische Wirkung. Dieses Modell konnte unwiderlegt angewendet werden.

- 14. Immersionskomponenten und damit Präsenzfaktoren ergeben sich aus der realen Umgebung des Benutzers, den immersionstechnischen, inhaltlichen und individuellen Faktoren.**

VR-Systeme umschließen den Benutzer nicht vollständig. Der Benutzer nimmt die virtuelle Umgebung mit Hilfe der Immersionstechnik wahr. Desweiteren ist der Einfluß der realen Welt nicht isoliert. Aus dieser Betrachtung ergeben sich die Komponenten der Einflußfaktoren. Sie dienen einer auf Gestaltung abzielenden Klassifizierung.

- 15. a) Die kompatible Überlagerung von realen und virtuellen Objekten erhöht die Präsenz. b) Die Unterdrückung von Reizen, die nicht kompatibel zur virtuellen Umgebung sind, erzeugt mentale Last. Diese Last führt zur Verminderung von Präsenz. c) Interfaceaufmerksamkeit vermindert räumliche Präsenz. Das Ziel maximaler Präsenz kann nur durch ein "Verschwinden des Mediums" erreicht werden.**

Können Elemente aus der realen Umwelt mit denen der virtuellen Umgebung bedeutungszusammenhängend überlagert werden, so erhöht dies die räumliche Präsenz. Diese Beobachtung konnte bestätigt werden. Müssen Reize aus der realen oder virtuellen Umgebung zugunsten einer Konzeptualisierung des Modells kognitiv unterdrückt werden, so wird Präsenz vermindert. Hierzu zählen auch Reize, die über das Interface der realen Welt (Immersionstechnik) oder über das Interface der virtuellen Umgebung vermittelt werden.

- 16. Die individuell steuerbare Bewegung durch die virtuelle Umgebung erhöht gegenüber fremdgesteuerter Bewegung die räumliche Präsenz.**

Das wirkliche oder simulierte Bewegen des eigenen Körpers durch die virtuelle Umgebung wirkt präsenzerhöhend, wenn die Steuerung dieser Bewegung vom Nutzer selbst übernommen wird (Handeln). Der Nachweis dazu konnte erbracht werden. Interaktive virtuelle Umgebungen erzeugen höhere Präsenz als Computeranimationen.

- 17. Die Erhöhung der Detailliertheit der Darstellung führt nicht notwendigerweise zu höherer Präsenz.**

Wird die virtuelle Architektur soweit im Detail dargestellt, daß eine Bedeutungszuweisung und eine Verortung des Benutzers in dieser Umgebung möglich wird, so steht eine weitere Verfeinerung der Darstellungsqualität in keinem proportionalen Verhältnis zur Steigerung der Präsenz.

- 18. Inhaltliche Faktoren beeinflussen die Präsenz höher als immersionstechnische Faktoren.**

Es konnte empirisch überprüft werden, daß der Einfluß der Qualität der Immersionstechnik auf die räumliche Präsenz des Nutzers geringer ist als der Einfluß der dargestellten virtuellen Architektur. Der Inhalt ist bedeutender als die Technik.

- 19. Räumliche Präsenz wird durch die Vorhersagbarkeit, Explorierbarkeit und die Narration der virtuellen Umgebung, sowie durch die Immersionsqualität und die Interfaceaufmerksamkeit bestimmt.**

Die empirischen Untersuchungen konnten zeigen, daß die Vorhersagbarkeit innerhalb der virtuellen Umgebung den höchsten Einfluß auf die räumliche Präsenz gegenüber allen anderen erhobenen Größen aufweist. Die Möglichkeit, die virtuelle Architektur selbst zu erkunden und narrative und dramatische Inhalte sind ebenfalls maßgebliche Einflußfaktoren. Schwächeren, doch nachweisbaren Einfluß üben die immersionstechnischen Faktoren Immersionsqualität und Interface-Aufmerksamkeit aus.

- 20. Körperangepasste Stimuli erhöhen die räumliche Präsenz.**

Virtuelle Umgebungen, die in ihrer Gestalt, ihrem Maßstab und ihrer Struktur einen wahrnehmbaren Bezug zum menschlichen Körper darstellen, können leichter konzeptualisiert werden. Dies gilt sowohl für den Moment des Erlebens der virtuellen Umgebung als auch für die Gedächtnisleistung.

- 21. a) Die Involviertheit steigt mit der Konzentration des Benutzers auf seine Tätigkeit in der virtuellen Umgebung. Präsenz entsteht somit aufgabenabhängig. b) Präsenz beruht auf Interaktion. Interaktion erfordert aktives Handeln in Bezug auf das Selbst, die Objekte und Subjekte der virtuellen Umgebung.**

Die Involviertheit wird bestimmt durch die Fokussierung des Nutzers auf die virtuelle Umgebung. Ist es dem Nutzer möglich, selbst in der Umgebung aktiv handelnd zu wirken, so steigt damit die Präsenz. Diese Interaktion bedingt eine zugewiesene oder selbst gestellte Aufgabe.

**22. Animierte Objekte in virtuellen Umgebungen erhöhen nicht notwendigerweise die räumliche Präsenz.**

Es wurde hypothetisch angenommen, daß Animation als einfachste Form der Narration die Präsenz positiv beeinflussen würde. Diese Hypothese konnte experimentell nicht bestätigt werden. Animierte Objekte ohne starken raumklärenden Bezug zur virtuellen Architektur erhöhen die räumliche Präsenz nicht. Ein Einfluß auf das Realitätsurteil ist anzunehmen.

**23. Mehrbenutzer-Umgebungen erhöhen die räumliche Präsenz.**

Die Anwesenheit weiterer Personen in der virtuellen Umgebung beeinflusst die räumliche Präsenz positiv. Dieser Zusammenhang wurde empirisch ermittelt.

**24. a) Die individuellen Faktoren beeinflussen die Präsenz erheblich. Präsenz entsteht vor dem psychologischen, sozialen und kulturellen Kontext des Benutzers und wird maßgeblich durch seine Haltung gegenüber der virtuellen Umgebung bestimmt. b) Für eine erfolgreiche Gestaltung von virtueller Architektur sind hinreichende Kenntnisse über die Nutzer Voraussetzung.**

Es konnte nachgewiesen werden, daß bereits die Vorstellung des Nutzers, mit Objekten der virtuellen Architektur zu interagieren zu einer Präsenzerhöhung führt (imaginierte Interaktion). Die Einstellung und Haltung des Nutzers gegenüber der zu erlebenden Umgebung hat damit maßgeblichen Einfluß auf die Präsenz.

Sowohl die Haltung gegenüber der virtuellen Architektur als auch die Interpretation während des Erlebens können durch die Gestaltung der virtuellen Umgebung und des Kontextes beeinflusst werden. Kenntnisse über den Nutzer sind dafür notwendig.

**25. a) Die derzeitige Entwicklungsstufe virtueller Architektur vermag keine der Kunst der soliden Architektur adäquaten Gestaltungsregeln hervorzubringen. b) Die Methoden der empirischen Verhaltenswissenschaften und der Psychologie sind derzeit das geeignete Mittel, um Voraussetzungen für Gestaltungsregeln für virtuelle Architektur zu entwickeln. c) Die Anwendung wissenschaftlicher Methoden der empirischen Forschung ermöglicht die Untersuchung der Faktoren, die in virtueller Architektur zu Präsenzerleben führen.**

Empirische Methoden sind derzeit das geeignete Mittel, um das Präsenzerleben zu untersuchen und beeinflussende Faktoren zu ermitteln. Sie dienen der Bildung von Gestaltungshinweisen. Mit dem zunehmenden Einsatz und der Weiterentwicklung virtueller Architekturen können sich Gestaltungsregeln herausbilden.

**26. Virtuelle Architektur bedarf der Gestaltung. Durch Architekten.**

## Inhalt und Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit richtet sich an Architekten und Computerwissenschaftler, die sich mit der Gestaltung von virtuellen Umgebungen befassen, und an Fachleute, die die Wirkungen im Erleben von virtuellen Welten untersuchen und gestalten. Sie soll (a) den Nachweis erbringen, daß der Autor in der Lage ist, wissenschaftlich zu arbeiten und (b) Beiträge zur Präsenz- und Architekturforschung leisten.

Das Ziel dieser Dissertation besteht in der Analyse, Bestimmung und Evaluierung von Faktoren, die zu räumlicher Präsenz in virtuellen Umgebungen führen. Diesem Ziel folgend gliedert sich die Arbeit in folgende Kapitel:

Im einführenden Kapitel wird die Frage motiviert, warum der Präsenzbegriff im Zusammenhang mit virtuellen Umgebungen von zentraler Bedeutung ist. (Räumliche) Präsenz, im Sinne des „Gefühls, an einem Ort zu sein“, kann in solider Architektur (SA), also in realen Umgebungen vorausgesetzt werden. Nicht so in virtueller Architektur! In dieser muß Präsenz erst ermöglicht werden. Welche Faktoren bestimmen Präsenz, wie kann Präsenz gemessen werden, welches Modell liegt der Präsenz zugrunde? Voraussetzung für die Bearbeitung dieser Fragen ist die Klärung der zugrunde liegenden Terminologie.

Virtual Reality und virtuelle Umgebungen können (vereinfacht) über computer-generierte, dreidimensionale, interaktive Umgebungen definiert werden, die nach Steuer (1992) Präsenz erzeugen. Präsenz kann in Involvierungs- bzw. Aufmerksamkeitspräsenz, soziale Präsenz und räumliche Präsenz unterschieden werden. Die Arbeit betrachtet vordergründig die für den architektonischen Bereich maßgebende räumliche Präsenz im o.g. Sinn. Der Begriff Architektur wiederum muß im Zusammenhang mit virtuellen Umgebungen erweitert werden. Es sollen im Rahmen dieser Arbeit zwei Formen virtueller Architektur unterschieden werden: (a) virtuelle Architektur wirkt in der virtuellen Welt (virtuell-abstrakte Architektur) Architektur, die ausschließlich für den Gebrauch in virtuellen Umgebungen gestaltet wurde und (b) virtuelle Architektur, die in der realen Welt wirkt (virtuell-solide Architektur): Architektur, die im virtuellen Raum existiert, mit dem Ziel, in der realen Welt vergegenständlicht zu werden (z.B. ein digitales Modell einer aktuell vorhandenen, nicht mehr vorhandenen oder zu bauenden Architektur).

Im zweiten Kapitel der Arbeit wird auf Grundlage von philosophischen, psychologischen und epistemologischen Quellen ein Präsenzmodell entwickelt, welches den Nutzer der virtuellen Umgebung in den Mittelpunkt der Betrachtung stellt. Der Ansatz ist (a) handlungsorientiert (Heidegger), geht (b) von der Repräsentation durch mentale Modelle aus (Glenberg, Lakoff) und eröffnet (c) eine Sicht, die den kulturellen, soziologischen und psychologischen Kontext des Nutzers als wesentliche Elemente des Präsenzerlebens herausstellt.

Das dritte Kapitel entwirft auf der Grundlage des Präsenzmodells unter Berücksichtigung einer gestaltungsorientierten Herangehensweise eine Klassifizierung der potentiellen Präsenzfaktoren. Diese werden sowohl aus der wissenschaftlichen Literatur gewonnen, als auch durch den Autor selbst entwickelt. Die Präsenzfaktoren werden in vier Gruppen eingeteilt: (a) realweltliche Faktoren, also Einflüsse der real vorhandenen, physischen Umgebung auf das Erleben der virtuellen Umgebung, (b) immersionstechnische Faktoren, d.h. alle Faktoren, die die VR-Technik betreffen (bei vielen Autoren wurden einzig und allein diese für ein Präsenzerleben verantwortlich gemacht), (c) inhaltliche Faktoren, Faktoren, die sich durch die zur Interpretation dargebotene virtuelle Welt ergeben und schließlich die (d) individuellen Faktoren, der

psycho-soziale und kulturelle Kontext des Nutzers einschl. seiner Haltung und Einstellung. Die Faktoren werden im Detail in diesem Kapitel besprochen, der Grad des Einflusses auf räumliche Präsenz analysiert und Hypothesen für ausstehende Untersuchungen aufgestellt.

Kapitel 4 beschreibt sieben Untersuchungen, die Fragen, Hypothesen und Ansätze aus den vorangegangenen Kapiteln empirisch evaluieren. Neben explorativen Laborexperimenten (Untersuchungen aus der Praxis der Computer-Spiele und des architektonischen Entwerfens in frühen Phasen) werden Hypothesen zu folgenden Problemstellungen empirisch-statistisch geprüft: (a) Die Messung von Präsenz als Grundlage für alle Untersuchungen, (b) der Einfluß der Möglichkeit der Selbststeuerung durch die virtuelle Umgebung auf Präsenz, (c) die Möglichkeit der Interaktion als maßgeblicher Einflußfaktor, (d) die Bedeutung von Narration in virtuellen Umgebungen für räumliche und Involvierungspräsenz, (e) die Einstellung gegenüber der virtuellen Umgebung und des Systems in Bezug auf Präsenz. Die abschließenden Untersuchungen zeigen mittels Faktoren- und Pfadanalysen die Zusammenhänge und das mögliche Gewicht der einzelnen Faktoren auf Präsenz auf. Sie dienen als Grundlage für die abschließende Diskussion der Ergebnisse.

Im letzten, fünften Kapitel werden die gewonnenen Erkenntnisse diskutiert, weitere Thesen aufgestellt, die eine Weiterführung der Arbeit innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft erlauben, Zusammenhänge zum Berufsfeld der Architektur und des Berufsbildes des Architekten hergestellt und eine kritische Auseinandersetzung mit bisherigen Anschauungen über virtuelle Architektur vorgenommen. Es wird versucht, erste Hinweise zum Präsenzdesign zu geben, die sich aus den gewonnenen Erkenntnissen ableiten lassen.

Abbildung 0.1 verdeutlicht den Aufbau dieser Arbeit schematisch.

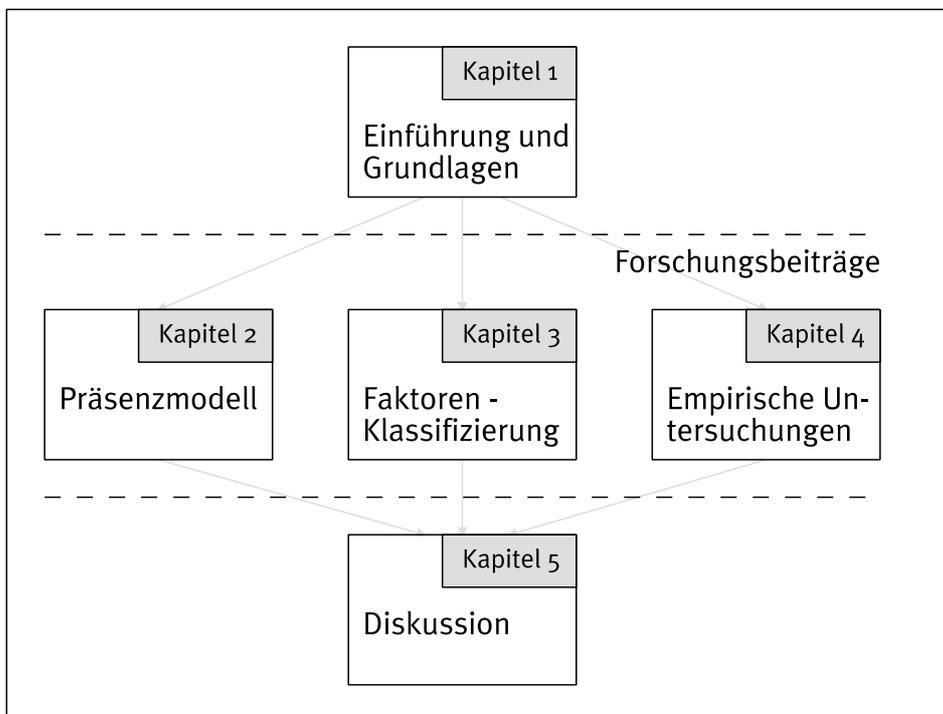


Abb. 0.1: Kapitelübersicht

## Danksagung

Prof. Dirk Donath gab mir in den letzten viereinhalb Jahren die Möglichkeit, auf „meinem“ Gebiet in Forschung und Lehre an der Bauhaus-Universität Weimar zu arbeiten. Für die Schaffung dieses Freiraumes und die (oft kontroversen) Diskussionen sei ihm an dieser Stelle ausdrücklich gedankt. Er ist auch der fiktive Leser dieser Arbeit, den man als Autor in der Vorstellung benötigt, um das, was zu sagen ist, in Worte zu fassen.

Meine Betrachtungen über die Wirkungen von Virtual Reality erweiterten sich im Verlauf dieser Promotion von einer fast ausschließlich technisch-abstrakten zu einer wahrnehmungspsychologischen, theoriegeleiteten und empirisch überprüfbaren Sicht. Diesen Weg zu mehr Ganzheitlichkeit verdanke ich vor allen Dingen Thomas Schubert. Seine Fragen und die hervorragende fünfjährige Zusammenarbeit, die in vielen interessanten und wissensbringenden Untersuchungen, Ideen und Diskussionen mündete, möchte ich nicht missen. Diese Arbeit wäre in dieser Form ohne seine Mitarbeit und seine Impulse nicht entstanden.

Die vorliegende Dissertation kann auch als ein Ergebnis der jahrelangen Bemühungen der Mitglieder des atelier, virtual der Bauhaus-Universität Weimar und der igroup.org gesehen werden. Stets waren die Überlegungen zu einer Präsenzforschung Gegenstand der Diskussion und Arbeit in dieser Gruppe, sie bot mir damit eine Art „Bühne“ für diese Promotion. Mein Dank gilt deshalb Jakob Beetz, Birgit Felsch, Frank Friedmann, Tobias Hofmann, Martin Kohlhaas, Ernst Kruijff, Marko Meister, Thore Schmitt-Tjarksen, Jan Springer, Monica Suckfüll und Charles Wüthrich. Herrn Prof. Hupfer danke ich dafür, mich auf das Themenfeld Virtual Reality gebracht und in diesem gefördert zu haben.

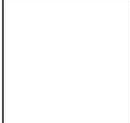
Für die vielen Anregungen, über Ansichten und Urteile neu nachzudenken, danke ich stellvertretend Alexander Gyalokay, Uli Rohmer und den Studierenden aus meinen Lehrveranstaltungen. Mein Dank gilt ebenfalls den zahlreichen Versuchsteilnehmern an den empirischen Untersuchungen, die weder Zeit noch Mühe scheuten, die teilweise anstrengenden Prozeduren zu ertragen.

Gabi und Hartmut Eppel-Schmitt sei dafür gedankt, daß sie mir oftmals die Möglichkeit gaben, bei ihnen in Pfuhsborn ungestört arbeiten zu können. Nicht nur eine Veröffentlichung entstand dort in ländlicher Ruhe.

Rosina Plötze danke ich für die mühevoll orthographische Durchsicht des Manuskriptes, Martin Kohlhaas für das Layout.

Im Voraus möchte ich mich bei den Gutachtern bedanken, die sich die Mühe machen werden, diesen knapp formulierten, aber hoffentlich informationsreichen Text einer Prüfung zu unterziehen.

Last but not least möchte ich mich bei Claudia & Hanna dafür bedanken, daß sie viel zu oft meine Abwesenheit in Kauf nehmen mußten, um mir die Erarbeitung dieser Dissertation zu ermöglichen. Claudias Hinweise zum Inhalt und zur Verständlichkeit des Textes fanden an vielen Stellen Eingang in die Arbeit.



# Kapitel 1 **GEGENSTAND**

„Architektur ist normalerweise die Antwort auf einen Komplex von Bedingungen, die funktionale oder – in unterschiedlicher Abstufung – soziale, ökonomische, politische oder symbolische Inhalte spiegeln, ja sogar merkwürdige, schrullige Hintergründe haben können. Dem vorhandenen Komplex von Bedingungen – dem Problem – steht dabei ein zukünftiger – die Problemlösung – gegenüber, und es ist anzunehmen, daß der vorhandene in jedem Fall weniger zufriedenstellend ist als der zukünftige, die Architektur also einen Prozeß der Problemlösung, das Entwerfen einen Formulierungsprozeß darstellt.“ F. Ching (1991, S. IX)

## 1.1 Einführung

### 1.1.1 Motivation

Mit der seit einigen Jahren zur Verfügung stehenden sogenannten Virtual-Reality-Technologie ist es (zumindest mittelfristig) möglich, alternative räumliche Strukturen neben unserer heute gegenwärtigen natürlichen und künstlichen Umwelt zu erleben. Der größte Teil der künstlichen Umwelt wurde und wird durch Architektur gestaltet. Wer die neuen alternativen, virtuellen Welten gestalten wird, steht noch zur Disposition. Geht man a priori davon aus, daß es wiederum die Architektur sein wird, die Gestalt, Konstruktion und Funktion der digitalen, virtuellen Welten mit Hilfe des neuen Mediums Virtuelle Realität umsetzt, so ergeben sich daraus einige, jedoch entscheidende Konsequenzen, eine wesentliche davon ist Gegenstand dieser Arbeit: die Präsenz in virtueller Architektur.

Francis Ching (1991) spricht vom Komplex der Bedingungen, in dem Problem und Problemlösung wirken. Dieser Komplex wird im Zusammenhang mit der Gestaltung von virtueller Architektur (a) auf einer Makroebene durch den Wechsel des Mediums, in dem das Resultat der Gestaltung wirken soll, bestimmt und (b) auf einer Mikroebene durch eine Änderung der Bedingungen, die dieses Medium und der Umgang mit ihm verlangt, charakterisiert. Die Makroebene mußte bisher nicht benannt werden, es war die Domäne der real existierenden Umwelt mit ihren Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten, die physische Welt als Arbeits- und Lebensraum. Zu dieser Domäne gesellt sich nun eine zweite, die des digitalen, dreidimensionalen Informationsraumes, der, wenn auch nicht als Lebens- wohl aber als Arbeitsraum genutzt werden wird. Folgt man der Annahme, daß Virtual Reality (VR) die Mensch-Maschine Schnittstelle der Zukunft sein wird (z.B. Laurel, 1993a, 1993b; Rheingold, 1992) und daß das Erleben in diesem neuen Medium auf den Erfahrungen im bisherigen Kontext (hier insb. der Architektur) des Benutzers beruht (siehe Kapitel 2 dieser Arbeit), entwickelt sich daraus der Bedarf nach einer Gestaltung dieser zweiten Domäne, der virtuellen Architektur. Diese wiederum wird bestimmt durch (1) die Substitution von Bedingungen, die in der realen (soliden) Architektur herrschen, (2) die Erweiterung bestehender Bedingungen und (3) durch neue, nur in diesem Medium wirkende Bedingungen.

Virtuelle Architektur als räumlich strukturiertes Interface (Schnittstelle) zu digitalen Informationen kann nach dem Zweck unterschieden werden in virtuell-soliden Architektur (virtual solid architecture) und virtuell-abstrakte Architektur (virtual abstract architecture). Erstere soll solide (reale) Architektur simulieren, letztere wirkt nur im digitalen Medium. Daraus ergeben sich unterschiedliche Bedingungen für die Gestaltung dieser Architektur. In virtuell-solider Architektur besteht das vornehmliche Ziel darin, die Erscheinung und das Verhalten solider Architektur möglichst genau nachzubilden. Es geht also darum, unter den Bedingungen des Mediums VR solide Architektur als (möglichst perfekte) Illusion darzustellen. Der Komplex der Bedingungen der Makroebene (Medium VR) substituiert die konstruktiven und stofflichen Bedingungen durch modellierungs- und darstellungstechnische. Das Ergebnis der Modellierung wird nicht in Form von (zweidimensionalen) Schnitten und Ansichten, sondern in gegenständlicher, dreidimensionaler Form dargestellt. Die Bedingungen der Mikroebene sind jedoch die gleichen wie in solider Architektur (die virtuelle Tür soll sich wie eine solide Tür darstellen und sich ebenso verhalten).

Virtuell-abstrakter Architektur fehlen die Pendanten der soliden Architektur, sie soll abstrakte Informationen darstellen und interagirbar machen. Sie kann sich jedoch und wird sich auch (vorerst) der Metaphern der soliden Architektur bedienen, um diese Aufgabe nutzergerecht zu erfüllen (die Tür dient somit noch als Metapher des Übergangs von einem (virtuellen) Raum in den anderen, muß sich jedoch nicht notwendigerweise als perfekte Simulation so verhalten). Die Bedingungen der Mikroebene virtuell-abstrakter Architektur unterscheiden sich damit (teilweise) grundsätz-

lich von denen virtuell-solider Architektur. Funktional gesehen ist ihr Ziel, eine Schnittstelle zu Informationen herzustellen. Der (virtuelle) Raum dient dabei als Vermittler. Die Vernetzung und Globalisierung der Wirtschaftsräume führt zu veränderten ökonomischen und politischen Bedingungen, die sich z.B. in ihren sozialen Inhalten in virtueller Architektur dadurch widerspiegeln, daß Kommunikation nicht lediglich dadurch ermöglicht wird, daß realräumliche Orte des Zusammenkommens realisiert werden, sondern es müssen Strukturen im virtuellen Raum verwirklicht werden, die eine Kommunikation über Distanzen ermöglichen. Die Beliebigkeit des Ortes führt zu einer neuen Symbol- und damit Architektursprache.

Der wesentliche Unterschied im Erleben von solider und virtueller Architektur besteht jedoch darin, daß der Nutzer sich in virtueller Architektur erst präsent fühlen muß, um diese als solche zu begreifen. D.h. er muß das Gefühl haben, sich an diesem (virtuellen) Ort zu befinden und als Teil des Raumes zu verstehen. Die Frage „Ich hatte das Gefühl, an einem Ort zu sein: zutreffend ... weder/noch ... unzutreffend“ (siehe Präsenzfragebogen Anhang) ist für die Bewertung des Erlebens von virtuellen Umgebungen essentiell, in der realen Welt erscheint sie dagegen paradox. Reale Umgebungen und damit auch solide Architektur erzeugen i.d.R. ein Präsenzgefühl in diesen, zweifelsohne befinden wir uns ständig an irgendwelchen Orten und wissen mehr oder weniger, wie wir uns in diesen zu verhalten haben. Schließt man Tagträume, Drogenerfahrungen und ähnliche Randerscheinungen aus, so muß in der realen Umgebung ein *sense of presence* nicht erst hergestellt werden, er ist vorhanden.

Das erfolgreiche Gestalten von virtueller Architektur hängt von der Ermöglichung von Präsenz in dieser Architektur ab. Erst durch die Präsenz des Nutzers in dieser Architektur, durch das In-Beziehung-Setzen des eigenen Körpers zur virtuellen Umgebung kann diese in ihrer architektonischen Form als solche erlebt werden. Diese Arbeit widmet sich den Fragestellungen: (a) Wie kann der (kognitive) Prozeß der Präzenzbildung erklärt werden, (b) welche Faktoren bestimmen Präsenz in virtuellen Umgebungen, (c) wie können diese Faktoren qualitativ und quantitativ determiniert werden, (d) wie kann man Präsenz messen und empirisch bestimmen und (e) welche Konsequenzen ergeben sich daraus für ein Design von virtueller Architektur?

Die Arbeit richtet sich in erster Linie an Architekten, die sich mit der Präsentation und Modellierung von virtueller Architektur beschäftigen oder sich diesem Gebiet nähern wollen. In zweiter Linie sollen praktisch und theoretisch arbeitende Informatiker und Wissenschaftler sowie Praktiker aus „angrenzenden“ Gebieten, wie der Medienpsychologie, der Arbeitswissenschaft usw. angesprochen werden, die sich mit Virtual Reality befassen. Last but not least ist es Ziel der Arbeit, Beiträge zur Präsenzforschung zu liefern. Sie spricht damit die auf diesem Gebiet spezialisierten Wissenschaftler an. Trotz der Breite der Zielgruppen wird versucht, Redundanzen in der Vermittlung des Anliegens zu vermeiden. Der Autor ist sich der Gefahr sehr wohl bewußt, daß einige Ausführungen in Abhängigkeit vom Zielpublikum entweder als zu ausführlich oder auch als zu dicht aufgefaßt werden können. In jedem Falle sollten sie jedoch zu einer Bereicherung hinsichtlich des Wissens um die Gesamtproblematik führen.

### 1.1.2 Derzeitige Relevanz

Der heutige Stand sowohl der Virtual-Reality-Technik als auch der Automatisierung im architektonischen Entwurfs- und Planungsprozeß läßt einen breiten Einsatz von VR derzeit kaum erwarten.

Die VR-Technik hat noch immer ein so hohes Investitionskostenniveau, daß momentan nur im Forschungsbereich und auf multinationaler Konzernebene mit dieser Technologie gearbeitet wird. Dementsprechend wenig entwickelt ist auch die zur Verfügung stehende Technik.

„Daß der Mensch sich dabei [bei VR, Anm. des Autors] mit allerlei komplizierter Technik verkleiden muß und sich damit in ein Verhältnis zur Technik begibt, das

man sonst nur aus Intensivstationen kennt, scheint die Menschen nicht davon abzuhalten, sich darauf einzulassen.“ (Wersig zitiert nach Bormann, 1994, S. 10)

Es ist nicht Ziel dieser Arbeit, diese „Verkleidung“ im Detail zu analysieren und gegebenenfalls Ratschläge zur Verbesserung dieser zu geben, vielmehr soll gezeigt werden, daß für ein Präsenzerleben in VR die technische Umgebung zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Voraussetzung darstellt. Es wird davon ausgegangen, daß a) VR-Technologie einen breiten Markt (u.U. sogar Massenmarkt) erobern wird und b) die technischen Gerätschaften unabhängig von den zentralen Untersuchungsgegenständen dieser Arbeit in Zukunft (weiter-) entwickelt werden.

Auf der anderen Seite dominieren im Planungsprozeß derzeit Bauzeichnungen auf Papier und teilweise digital (i.d.R. zweidimensional) in Form von Vektorgrafiken. Präsentationen über extra dafür angefertigte digitale 3D-Modelle sind eher selten. Es findet kaum 3D-Modellierung statt, die es erlauben würde, daraus die (immer noch) erforderlichen Schnitte, Ansichten und Perspektiven zu erzeugen. Die Ursachen dafür sind vielschichtig und sollen hier nicht erläutert werden. Es existieren jedoch bereits erste Anzeichen dafür, daß in naher Zukunft über die Zeichnung hinausgehende Konzepte der Erstellung, Präsentation und Verwaltung von architektonischen Planungen eingesetzt werden. Insb. im Zusammenhang mit Anforderungen aus dem Facilities Management (FM) werden Gebäudemodelle entwickelt, die dreidimensionale Modelle zur Grundlage haben oder zumindest entsprechende Sichten entwickeln können. Für eine fernere Zukunft kann spekuliert werden, daß neben des (dann selbstverständlichen) Erlebens von dreidimensionalen Modellen mit Hilfe von VR-Technologie auch größere Teile des Entwurfsprozesses selbst innerhalb dieses Mediums (VR) durchgeführt werden.

Diese Arbeit zielt also auf eine mittelfristige bis ferne Zukunft und versteht sich damit als akademische Grundlagenforschung mit praktischen Seiteneffekten für die derzeitige Praxis, wie sie in Kapitel 5 dargestellt werden. In dieser Arbeit wird dabei der räumliche Aspekt im Prozeß des Gestaltens von Architektur betrachtet, andere Größen wie Funktion, Kosten etc. spielen zwar eine wichtige Rolle im Berufsleben eines Architekten, werden hier jedoch nur tangiert, insofern sie einen Beitrag zu (räumlicher) Präsenz leisten.

Die Gestaltung von Virtual-Reality-Systemen steht noch am Anfang ihrer Entwicklung. Eine theoretisch fundierte Auseinandersetzung mit dieser Thematik ist lohnenswert, da hier die Möglichkeit besteht, im **Vorhinein** auf diese Entwicklung Einfluß zu nehmen. Im Vergleich zu anderen Disziplinen, wie der Filmtheorie (siehe Tan (1997) und Burch (1990)), wird also nicht eine bereits vorhandene Institution bewertet und Modelle entwickelt, die diese Institution erklären, sondern es kann auf Grundlage von (meist abduktiven) Modellen die Institution entwickelt werden. Hier liegt eine der größten Chancen für eine Präsenzforschung für virtuelle Umgebungen.

### 1.1.3 Räumliche Präsenz

Wie einführend bereits angedeutet, stellt die Präsenz ein entscheidendes Kriterium für virtuelle Umgebungen i.A. und für virtuelle Architektur im Speziellen dar. Folgt man Jonathan Steuer (1992), so wird eine virtuelle Welt erst durch Präsenz des Nutzers zu einer solchen. Das Phänomen der Präsenz in virtuellen Umgebungen (*sense of presence* - sop) wird allgemein als ein zentrales Element im Erleben von Virtual Reality angesehen (Steuer, 1992); der *sense of presence* ist die „Essenz“ von Virtual Reality (Laurel, 1995).

„Immersing people in a simulated environment is what VEs are designed to do, and that is why VEs have the potential to produce presence.“ (Witmer & Singer, 1998, S. 227) Immersion ist in der Definition von Witmer & Singer gleichzusetzen mit dem Begriff der räumlichen Präsenz in dieser Arbeit, VE steht für Virtual Environment – virtuelle Umgebung.

„It can be argued that advanced forms of virtual reality only differ from previous media in quantity and quality of presence“ (Biocca 1997, S. 9)

Wie sich später zeigen wird, ist Präsenz allerdings kein unäres Konstrukt. Vielmehr ist es sinnvoll anzunehmen, daß Präsenz sich in mehreren Komponenten zeigt. Als erste Annahme soll davon ausgegangen werden, daß Präsenz in virtuellen Umgebungen in drei Formen auftritt, nämlich als:

1. Involvierungspräsenz  
Sie geht der Frage nach, inwieweit der Nutzer in die Handlung (*plot*) der virtuellen Umgebung einbezogen ist und Beziehungen zu den Zusammenhängen der Handlung aufbaut. Inwieweit ist seine Aufmerksamkeit auf die virtuelle (oder reale) Umgebung gerichtet?
2. Soziale Präsenz  
Sie definiert die Beziehungen zu anderen Subjekten der virtuellen Umgebung und untersucht die kommunizierbaren Möglichkeiten der Umgebung. (a.a.O. auch *co-presence*)
3. Räumliche Präsenz  
untersucht die Beziehung des (körperlichen) Nutzers zur räumlichen virtuellen Umgebung.

Auch wenn teilweise alle Formen der Präsenz in VU Gegenstand der Betrachtung sind, konzentriert sich diese Arbeit auf räumliche Präsenz, geht also der Frage nach, wie virtuelle Umgebungen (a) technisch und (b) architektonisch gestaltet werden müssen, um Präsenz zu ermöglichen. Wenn nicht anders angegeben, wird Präsenz in dieser Arbeit mit räumlicher Präsenz gleichgesetzt.

## 1.2 Virtual-Reality-Grundlagen

Im folgenden Abschnitt werden die Grundlagen der Virtual-Reality-Technologie soweit dargestellt, daß dem nicht beruflich mit diesem Thema vertrauten Leser eine Einordnung der in dieser Arbeit untersuchten Gegenstände möglich wird. Für weitergehende Beschreibungen sei auf die zahlreich vorhandene einführende Literatur verwiesen, z.B. Hennig (1997) und Bormann (1994).

### 1.2.1 Technik

Die im Zusammenhang mit VR zum Einsatz kommende Technik ist sehr vielfältig. Im folgenden werden die typischen Lösungen beschrieben, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird.

Im wesentlichen besteht jedes heutige VR-System aus den Hauptkomponenten (Grafik-) Computer, 3D-Eingabegeräte und 3D-Ausgabegeräte. Es handelt sich dabei fast ausschließlich um Spezialtechnik, die bei herkömmlichen Bürocomputern nicht zum Einsatz kommt. Bildschirmorientierte VR-Systeme werden hier nicht im Detail besprochen, der Schwerpunkt liegt auf den sogenannten immersiven Systemen, Systemen also, die eine technische Umschließung des Nutzers realisieren. Desweiteren werden schwerpunktmäßig visuell orientierte Systeme behandelt, sie bilden die große Mehrheit der vorhandenen Lösungen. Analoge Schlüsse können daraus für die anderen Sinnes- und Interaktionskanäle (wie Akustik, Kinästhetik, Olfaktorik etc.) gezogen werden.

Das grundlegende Zusammenwirken der beteiligten Komponenten an einem VR-System verdeutlicht Abbildung 1.1.

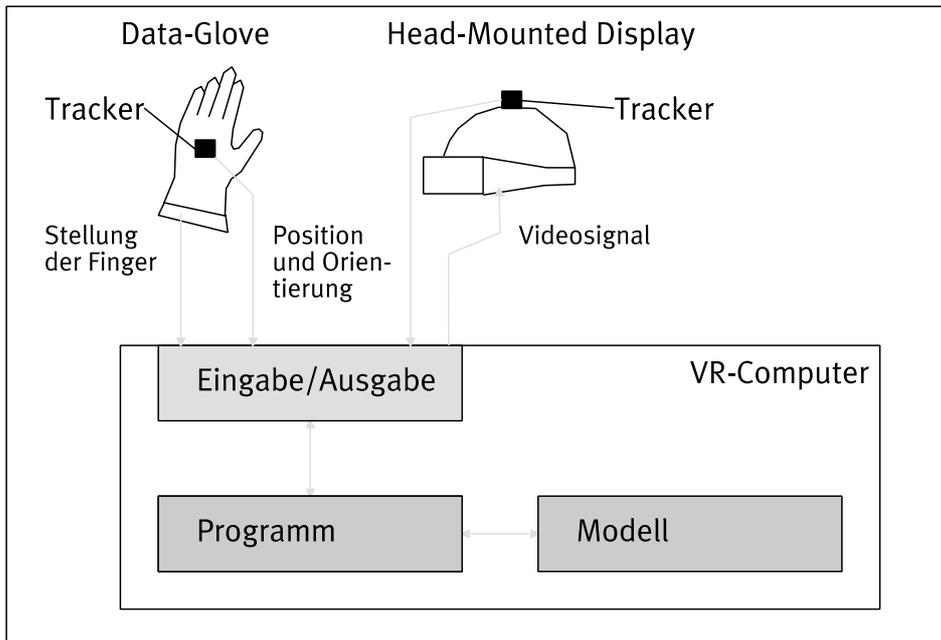


Abb. 1.1: Zusammenwirken der Komponenten eines immersiven VR-Systems

Der VR-Computer bildet das Kernstück des gesamten Systems. Auf ihm wird das VR-Programm (die Applikation) ausgeführt und das VR-Modell (die virtuelle Umgebung) verwaltet. Über die Eingabegeräte (i.d.R. Tracker) werden die Positionen und Orientierungen von Objekten im realen Raum, insb. des Kopfes des Nutzers an den VR-Computer übermittelt. Dieser nutzt diese Daten zur Auswertung im VR-Programm und stellt dann auf den Ausgabegeräten das Ergebnis der Berechnungen dar, hier insb. eine perspektivische Abbildung des Modells auf einem sogenannten Display.

#### 1.2.1.1 VR-Computer

Ein typischer VR-Computer zeichnet sich durch folgende wesentliche Eigenschaften aus:

- a) extrem schnelle Grafikgenerierung
- b) hoher Gesamtdurchsatz in der Berechnung (*number crunching performance*)
- c) schnelle und zuverlässige Schnittstellen zu externen Geräten
- d) großer Arbeitsspeicher, der in der Lage ist, das Programm und das Modell aufzunehmen

Die Notwendigkeit dieser Eigenschaften wird deutlich, wenn man den Prozeß der Generierung der entsprechenden Sichten auf das Modell für den Nutzer betrachtet. Über serielle oder Netzwerkschnittstellen werden dem Programm die Position und Orientierung des Kopfes des Nutzers übermittelt. Diese setzen sich aus drei Orts- (x, y, z) und drei Richtungskomponenten (Azimuth, Höhenwinkel, Neigung) zusammen, man spricht hier von sechs Freiheitsgraden oder 6DOF (*six degrees of freedom*). Diese 6DOF-Daten werden nun vom Programm benutzt, um eine perspektivische, gerenderte Sicht auf das Modell zu erzeugen. Diese Sicht (ein zweidimensionales Abbild) muß danach über die Grafikeinheit des Computers auf das Ausgabegerät übertragen werden. Dieser gesamte Prozeß (6DOF-Ermittlung, Berechnung der Sicht, Ausgabe) läuft in einer Endlosschleife (*loop*) während des gesamten Programmablaufs, also während des gesamten Aufenthaltes des Nutzers in der virtuellen Umgebung. Die Zeit, die für einen Zyklus zur Verfügung steht, ergibt sich aus der gewünschten (bzw. möglichen) Bildwiederholrate (Bilder pro Sekunde, *frames per second*)

- *fps*). Diese liegt im allgemeinen zwischen 10 und 120fps, folglich stehen zwischen 100ms und 8ms pro Zyklus zur Verfügung. Diese Zeit beinhaltet auch alle weiteren Berechnungen, die nötig sind, um die virtuelle Umgebung darzustellen und mit ihr zu interagieren. Hervorzuheben sind hier: die Berechnungen von Animationen und Simulationen, die Bearbeitung von Nutzereingaben (Interaktion), die Verwaltung des Modells (i.d.R. ein sogenannter *scenegraph*, eine in Hierarchien aufgebaute Anordnung von Objekten und deren Beziehungen) und die Berechnungen zur Modellkonsistenz und Sichtdifferenzierung in Systemen mit mehreren Benutzern (Multi-User-Systeme).

Es sollte deutlich werden, daß ein wesentlicher Unterschied zwischen interaktiver Echtzeitvisualisierung (VR) und nichtlinearen Visualisierungstechniken (wie Animationsrendering) besteht. Wird eine Animationssequenz aus Einzelbildern gerendert, so steht dazu wesentlich mehr Zeit zur Verfügung (einige Sekunden bis Wochen, je nach gewünschter Qualität des Ergebnisses) als bei einer VR-Anwendung (Millisekundenbereich). Dementsprechend verhalten sich die Modellkomplexitäten: im Animationsbereich sind Modelle mit mehreren Millionen Polygonen (Flächen) keine Seltenheit, diese in interaktiver Echtzeit mit einem VR-System zu rendern ist derzeit nicht möglich. Aufgrund der Einschränkung der zur Verfügung stehenden Rechenzeit pro Zyklus wird dieser Unterschied immer bestehen. Virtuelle Umgebungen werden bei gleicher Modellgrundlage nie die Detailliertheit von gerenderten Animationen erreichen oder vice versa, Animationen erlauben immer höhere Modellkomplexitäten als VR-Systeme.

Die Realisierung einer verzögerungsarmen Darstellung der virtuellen Umgebung (z.B. ausgedrückt in fps) wird bestimmt durch das Verhältnis und die Geschwindigkeit insb. der Berechnungseinheit (Prozessoren im Rechner) und der Grafikeinheit (i.d.R. Grafikkarte). Beide Einheiten teilen sich die Aufgaben des o.g. Prozesses. Wie diese Aufgaben aufgeteilt werden, hängt von der eingesetzten Hardware ab. Im einfachsten Fall übernimmt die Berechnungseinheit alle zur Visualisierung nötigen Schritte außer der letztendlichen Darstellung der Pixel (Bildpunkte) auf dem Display. Im entgegengesetzten Fall führt die Grafikeinheit alle Schritte selbst aus, bis auf die initiale Bereitstellung des Modells. Es existieren für beide Fälle einschließlich aller Zwischenstufen VR-Systeme. Eine gute Einführung in diese Problematik liefert Kilgard (1996) mit seinem vorgestellten GTXRD-Modell (*generation, traversal, transformation, rasterization, display*). Wesentlich hierbei ist die Tatsache, daß die Gesamtleistungsfähigkeit des Systems betrachtet werden muß und nicht eine Komponente allein.

Bei den für immersive VR-Anwendungen in Frage kommenden Systemen handelt es sich i.d.R. um Workstations auf UNIX-Grundlage oder sehr leistungsfähige Personalcomputer, die jedoch um ein Vielfaches teurer sind als herkömmliche Bürocomputer. Die derzeitige Entwicklung zeigt aber einen eindeutigen Trend zu immer leistungsfähigeren Systemen auch im unteren Preissegment, die die Vermutung bestärkt, daß sich Virtual Reality zu einem breit verfügbaren Medium entwickeln kann. Dies wird insb. durch die Computerspieleindustrie gefördert.

### 1.2.1.2 Eingabegeräte

Die wichtigste Klasse der VR-Eingabegeräte stellen sogenannte Tracker dar. Sie ermitteln die Position und Orientierung von Objekten im realen Raum in sechs Freiheitsgraden (6DOF). Im wesentlichen kommen vier verschiedene Verfahren zum Einsatz: mechanische, magnetische, akustische und optische Abbildung 1.2 zeigt das Wirkungsprinzip eines magnetischen Tracking-Systems.

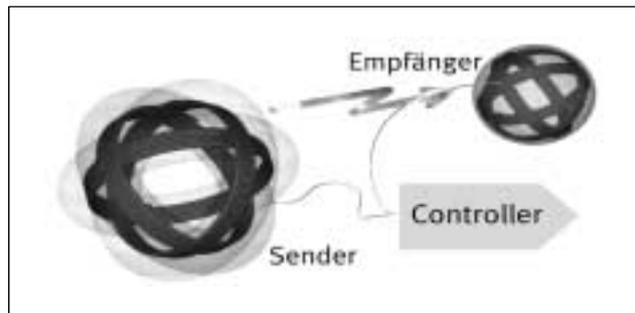


Abb. 1.2: Magnetisches Tracking

Das jeweils gewählte Trackingverfahren hängt vom Einsatzzweck und insb. von den (realen) Umgebungsbedingungen ab. So sind mechanische Tracker sehr schnell und genau, beschränken aber die Bewegungsmöglichkeiten, akustisches Tracking ist sehr preiswert, aber dafür ungenau und stör anfällig, optisches Tracking ist nur möglich, wenn zwischen Sender und Empfänger Sichtkontakt besteht. Am häufigsten werden magnetische Trackingverfahren eingesetzt. Die wesentlichen Vorteile liegen in der nahezu beliebigen Anzahl von Empfängern und damit zu verfolgender Objekte (wie Gliedmaßen des Körpers) und in der relativ großen Trackingentfernung, die bis zu ca. 10 Metern betragen kann. Der Hauptnachteil besteht in der Störanfälligkeit gegenüber (insb. sich bewegenden) metallischen Objekten und Magnetfeldern von anderen Quellen (z.B. Monitore) in der Umgebung. Hierzu wurden und werden zahlreiche Verfahren entwickelt, um diese Störfaktoren zu minimieren. Entscheidende Parameter von Trackingsystemen für den Einsatz in einem VR-System sind die Genauigkeit und Auflösung (im Millimeterbereich), die Update-Rate (ca. 5-120Hz) und insbesondere die Latenzzeit, d.h. wie groß ist die Verzögerung zwischen tatsächlicher Objektbewegung und übermittelter Bewegung. Diese liegt günstigstenfalls bei einigen Millisekunden und beeinflusst maßgeblich den Gesamteindruck der virtuellen Umgebung. So kann zwar ein Idealsystem eine Bildwiederholrate von 120fps besitzen, werden jedoch die eigenen Kopfbewegungen mit einer Verzögerung von 100ms ermittelt, erreicht man unter Ausschließung aller anderen verzögernden Größen praktisch nur eine Modellsichtwiederholrate von 10fps.

In der Regel sind magnetische Tracker kabelgebunden, d.h. die Bewegungsfreiheit des Nutzers wird durch diese Verbindungen eingeschränkt. Abhilfe schaffen hier kabellose Systeme, die jedoch sehr teuer sind oder mechanische Konstruktionen, wie die an der Bauhaus-Universität entwickelte „plattform“, die den Nutzer weitgehend von diesen Behinderungen befreit (siehe Regenbrecht & Donath, 1997).

In den meisten Fällen wird ein Tracker (Empfänger) dazu verwendet, um die Position und Blickrichtung des Nutzers zu ermitteln. Dazu wird das einige Zentimeter große Gerät an einer (im Zusammenhang mit den verwendeten Ausgabegeräten meist vorhandenen) Halterung befestigt, die der Nutzer auf dem Kopf trägt.

Mindestens ein weiterer Tracker befindet sich am Interaktionsgerät, das dem Benutzer eine über das bloße Betrachten der virtuellen Umgebung hinausgehende Interaktion mit Objekten oder der gesamten virtuellen Welt ermöglicht.

Eines der einfachsten Interaktionsgeräte ist ein Zeigergerät mit einem Taster (Knopf), wie z.B. der *Stylus* der Fa. Polhemus. Dieses Gerät besitzt eine stiftförmige Form, wobei auf der Oberseite des Stiftes ein Knopf angebracht ist. Im Inneren des Stylus befindet sich ein Tracker, der die Position und Richtung des Stiftes ermittelt. Mit diesem Gerät sind einfache Interaktionen in der Form „Zeigen und Auslösen“

möglich. Es existiert eine Vielzahl ähnlicher (Zeige-) Geräte, die oft mehr als eine Taste aufweisen (*flying joystick, wand, 3D mouse*). Im Rahmen der Untersuchungen in dieser Arbeit kam der Stylus zum Einsatz.

Ebenfalls häufig eingesetzt werden sogenannte Datenhandschuhe (*data gloves*), sie ermitteln die Stellung der Finger des Nutzers. Die Position und Orientierung der Hand an sich wird wiederum durch einen am Datenhandschuh angebrachten Tracker ermittelt.

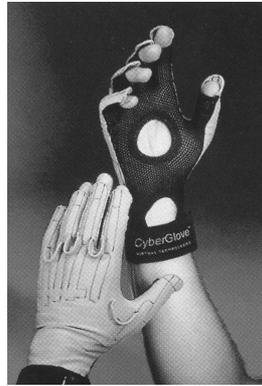


Abb. 1.3: Datenhandschuh

Zum einen ist es mit einem Datenhandschuh möglich, eine Repräsentation der Hand oder Hände des Nutzers in der virtuellen Umgebung zu visualisieren, zum anderen kann mit Hilfe von Handgesten das VR-Programm gesteuert bzw. die virtuelle Umgebung verändert werden.

Neben den genannten im Raum absolut agierenden Geräten existieren viele Eingabegeräte, die eine relative Koordinatenermittlung zulassen und meist noch weitere Steuerelemente besitzen. Sie sind vor allem für den Einsatz von tischgebundenen (*desktop based*) Systemen entwickelt worden, können aber teilweise auch frei im Raum benutzt werden. Ein typisches Beispiel ist das Pendant zur herkömmlichen Mouse (2DOF-Gerät: nur x/y-Koordinaten), die sogenannte *SpaceMouse*.

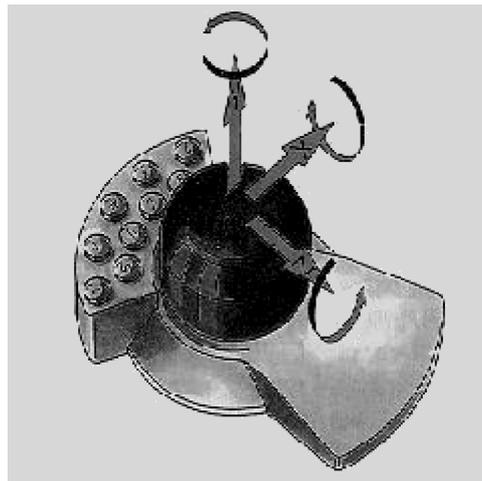


Abb. 1.4: SpaceMouse

Die SpaceMouse liefert, wie alle ähnlichen Geräte (*SpaceBall, SpaceCat* etc.) 6DOF-Koordinaten, die durch translatorische und Winkelbewegungen des Nutzers an diesem Gerät vollzogen werden. Das Ausüben des Drucks in die entsprechenden Dimensionen wird dann als Relativkoordinate (in Abhängigkeit zum vorherigen Wert) übermittelt.

Aus der Vielzahl der weiteren vorhandenen Eingabegeräte sei weiter noch die „Tretmühle“ (*treadmill*) genannt. Sie ermöglicht eine dem Laufen nahe kommende Bewegungsform in virtuellen Umgebungen. Der Nutzer läuft auf einem gesteuerten Laufband und gibt somit seine Laufgeschwindigkeit an und bedient eine lenkradähnliche Konstruktion, um die Laufrichtung zu definieren.



Abb. 1.5: „Tretmühle“

### 1.2.1.3 Ausgabegeräte

Die im Rahmen dieser Arbeit interessierenden wesentlichen visuellen Ausgabegeräte sind:

- a) Desktop-Monitore
- b) Großprojektionen
- c) Head-Mounted-Displays

Desktop-Monitore sind hinlänglich von herkömmlichen Bürocomputern bekannt. Sie werden im Zusammenhang mit VR meist in Computerspielen benutzt. Eine Erweiterung kann die Monitoranstellung dadurch erfahren, daß das Bild stereoskopisch dargestellt wird. Hierzu existieren zahlreiche Verfahren, wobei die beiden wesentlichen über sogenannte Polarisations- und Shutterbrillen realisiert werden. Im erstgenannten Fall wird jeweils für das linke und rechte Auge des Betrachters ein um 90 Grad in seiner Polarisierung versetztes Bild dargestellt. Die Polarisationsbrille enthält dafür ebenfalls versetzte (gedrehte) Polarisationsgläser. Shutterbrillen verdunkeln abwechselnd das linke und rechte Auge synchron zur wechselnden Bilddarstellung auf dem Monitor. Dadurch, daß auf dem Monitor jeweils ein stereoskopisch versetztes Bild dargeboten wird, entsteht eine Tiefenwirkung der Szene (zu Einzelheiten siehe Regenbrecht, 1994).

Die gleichen Verfahren werden auch bei Großprojektionen über einen Beamer auf eine Leinwand verwendet. Der Tiefeneindruck wirkt hierbei wesentlich stärker, da die Tiefe von der Displaygröße abhängt. Eine wesentliche Erweiterung erfährt das Konzept der (Stereo-) Großprojektion durch die Anordnung von mehreren Leinwänden. Zum einen existieren Systeme, die nebeneinander mehrere Leinwände kombinieren, um somit eine größere Displayfläche zu realisieren (z.B. *PowerWall*), zum anderen werden die Leinwände so angeordnet, daß sie den oder die Nutzer mehr oder weniger umschließen. Dieses Konzept wird als CAVE (cave automatic virtual environment) bezeichnet. Im Idealfall wird ein Würfel aus sechs Leinwänden gebildet, die jeweils von einem eigenen Beamer durch Rückprojektion angestrahlt werden. In der Mitte des ca.  $3 \times 3 \times 3 \text{m}^3$  großen Würfels (der 6-Seiten-CAVE) befindet sich der Nutzer. Er ist somit vollständig von den Displays umschlossen. Der Nutzer trägt eine Shutterbrille an der ein Tracker befestigt ist. Meist mehrere VR-Computer erzeugen dann die in Abhängigkeit der Blickrichtung und Position des Nutzers entsprechenden stereoskopischen Darstellungen auf den Leinwänden. Sind mehrere Nutzer in der

CAVE anwesend (ebenfalls mit Shutterbrillen), so müssen sie sich in der Nähe des (getrackten) Hauptnutzers befinden, um einen entsprechenden Stereo-Eindruck zu erhalten.

Die erste 6-Seiten-CAVE wurde gerade fertiggestellt, i.d.R. werden drei- oder vierseitige CAVEs eingesetzt (Leinwände vorn, links, rechts, unten).



*Abb. 1.6: CAVE*

Head-Mounted-Displays (umgangssprachlich auch Datenhelme genannt) bestehen aus einem oder meist zwei Miniaturdisplays die sich unmittelbar vor den Augen des Nutzers befinden. Über spezielle Optiken werden die Miniaturbilder mehr oder weniger blickfeldfüllend vergrößert. Die gesamte Konstruktion wird mittels einer feststellbaren Halterung auf dem Kopf getragen und folgt so immer den Kopfbewegungen des Nutzers. Am Head-Mounted-Display ist ein Tracker angebracht. Head-Mounted-Displays (HMD) sind die in immersiven VR-Systemen am häufigsten eingesetzten Ausgabegeräte. Sie liefern zwar gegenüber einer CAVE-Lösung schlechtere Qualitätsparameter (Auflösung, Blickfeldgröße, Farbtreue etc.) sind dafür aber wesentlich preiswerter (einige zehntausend DM gegenüber einigen hunderttausend DM für ein CAVE).



*Abb. 1.7: Head-Mounted-Display*

## 1.2.2 Anwendungen

Unter VR-Anwendungen sollen hier die Programme und Modelle verstanden werden, die eine virtuelle Umgebung für den Nutzer realisieren. Hierbei ist grundsätzlich zu unterscheiden in:

- a) Programmierbibliotheken
- b) Autorensysteme
- c) Endnutzer-Systeme

Programmierbibliotheken vereinfachen (oder ermöglichen) es dem Programmierer, ein VR-Programm zu entwickeln. Sie bestehen aus Komponenten (meist Klassen), die allgemeine, in den meisten VR-Programmen auftretende Funktionen bereitstellen, insb. solche, die der grafischen Ausgabe dienen. Beispiele für solche Programmierbibliotheken sind *WorldToolKit* (Sense8/EAI) oder *OpenGL Optimizer* (Silicon Graphics). In der Regel sind diese Werkzeuge für den Architekten nicht relevant, da sie nur die Domäne der Informatik betreffen.

Autorensysteme erlauben das Zusammenstellen eines VR-Programms oder einer virtuellen Umgebung aus meist vorgefertigten Komponenten. Mit ihnen können flexibel spezifische Bedürfnisse nach eigener Funktionalität mit wenig oder keinen Programmierkenntnissen erfüllt werden. Zu ihnen zählen z.B. *Superscape* (VRT) oder Editoren für die Virtual Reality Modeling Language (VRML).

Endnutzer-Systeme sind alle Anwendungen, die finale Programmprodukte darstellen. Sie erlauben das Betrachten von und Interagieren mit Modellen (virtuellen Umgebungen). Diese werden im folgenden diskutiert.

Eine weitere Unterscheidung kann bezüglich der Art der Präsentation der virtuellen Umgebung getroffen werden. Faßt man den Begriff Virtual Reality sehr weit, wie es in den Medien und damit in der Umgangssprache geschieht, so existieren grob drei Kategorien von Systemen:

- a) textbasierte Anwendungen,
- b) desktop-basierte Anwendungen und
- c) immersive Anwendungen (*semi* und *full immersive*).

Obwohl im Rahmen dieser Arbeit der Schwerpunkt auf immersiven Systemen liegt, werden auch die beiden anderen Formen betrachtet. Die im folgenden besprochenen Anwendungsbeispiele beziehen sich i.d.R. auf immersive Systeme, d.h., technisch gesprochen, auf Anwendungen, die durch Head-Mounted-Displays oder CAVEs vermittelt werden, den Nutzer also zumindest visuell umschließen.

Die meisten VR-Anwendungen verfolgen das Ziel, ein möglichst realistisches Abbild der realen Welt für unterschiedlichste Zwecke zu schaffen, entweder als Vorwegnahme oder als Nachstellung von existierender oder vergangener Realität. Einen breiten Raum nimmt die Ausbildung ein. Erste VR-Trainingsprojekte wurden beim Militär und der US-amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA initiiert. Auch heute noch ist die Militärindustrie führender Anwender von VR-Technologie. Die Ausbildung von z.B. Piloten oder Panzerfahrern wird mittels VR unterstützt. Es werden virtuelle Schlachtszenarien durchgespielt oder die Bedienung von komplexem Militärgerät simuliert. Ein bedenklicher Nebeneffekt ist das Sinken der Hemmschwelle gegenüber realen Kampfeinsätzen, da ja bereits virtuell Kriege (auch nukleare) mehrfach „gewonnen“ wurden. Ebenfalls beim Militär zuerst etabliert war das sogenannte *Virtual Prototyping*, die Erstellung von digitalen dreidimensionalen Modellen zur Beurteilung von Produktvarianten. Dieses Verfahren wird insb. dort eingesetzt, wo das Fertigen des Produkts oder Modells sehr aufwendig oder teuer ist, so z.B. im Flugzeug- und Fahrzeugbau.

Weitere (aus der Presse hinlänglich bekannte) Beispiele sind wissenschaftliche Visualisierungen (Molekülstrukturen, Windkanalsimulationen etc.), der gesamte Bereich der Unterhaltungsindustrie (Themeparks, Virtuality Cafés), die Telerobotik (Steuerung entfernter Fahrzeuge oder Roboter), die medizinische Ausbildung (am

virtuellen Modell) und Therapie (Höhenangst, Flugangst etc.) und die (gemeinsame) virtuelle Montage von Geräten und Baugruppen (*virtual assembling*). Im Bereich des virtuellen Einkaufens zeichnen sich zwei unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten ab: das Zusammenstellen von Produkten vor Ort unter Zuhilfenahme von VR-Technologie (Kücheneinrichtungen, Garderobe) und das Bestellen von Produkten über das Internet, wobei die Produkte in einer dreidimensionalen Form angeboten werden (desktop based).

Die Darstellung abstrakter Sachverhalte innerhalb virtueller Umgebungen gewinnt zunehmend auch im nicht-wissenschaftlichen Bereich an Bedeutung. So werden z.B. finanzielle Größen in dreidimensionaler (architektonischer!) Form dargestellt (Projekt „Balance Sheet City“, Infobyte+ENEL).

Im architektonischen Kontext existiert eine Vielzahl von Anwendungen. Die einfachste und häufig genutzte Form ist der sogenannte Walkthrough, das Hindurchgehen oder besser –fliegen durch historische, existierende oder geplante Architektur. Beispiele hierfür sind das Kolosseum in Rom, die virtuelle Stadt Berlin oder die Visualisierung der Frauenkirche in Dresden als Planungs- und Bewertungsgrundlage. Walkthroughs werden i.d.R. dadurch realisiert, indem das digitale Modell mit CAD- und Modellierungsprogrammen erstellt wird und durch ein VR-Programm visualisiert wird. Die einzige Interaktionsmöglichkeit besteht im Betrachten des Modells. Einen Schritt weiter gehen Anwendungen, die eine Modifizierung oder gar Erstellung des Modells erlauben. So kann eine Variantenbeurteilung bereits während des Entwerfens/Modifizierens vollzogen werden. Ansätze hierzu werden z.B. von der ETH Zürich (Prof. Schmitt) und der Bauhaus-Universität (Prof. Donath) verfolgt. Eine zusätzliche Erweiterung erfährt dieses Konzept, wenn entweder in der realen Betrachtung nicht darstellbare Objekte visualisiert werden (z.B. die Überlagerung der geometrischen Form mit HKLS-Strukturen) oder nicht-geometrische Größen geometrisch visualisiert werden (z.B. Alter, Zustand eines Bauwerks etc.). Es bleibt der Phantasie des Lesers überlassen, dieses Bild zu vervollständigen. Hier bietet sich nun ein neues Anwendungsfeld der Architektur in der Gestaltung von Informationsarchitekturen (virtuellen Architekturen). Wie im Beispiel „Balance Sheet City“ gilt es für den „Virtual Architect“ architektonische Repräsentationen für Informationen, Funktionen und Zusammenhänge zu entwerfen. Gestalter von einigen 3D-Computerspielen arbeiten genau an diesem Gegenstand. Die möglichen Implikationen für die Architektur und den Beruf des Architekten werden später noch ausführlicher behandelt. Eine besondere Rolle nimmt hier die Präsenz in diesen virtuellen Architekturen ein. Es ist zu ermitteln, welche Faktoren sich in welcher Art und Weise gestalterisch beeinflussen lassen.

### 1.3 Der Einfluß von Präsenz

Bevor in dieser Arbeit eine gestaltungsorientierte und empirisch-theoretische Analyse zur Präsenz in virtuellen Umgebungen vorgenommen werden kann, soll hier dargestellt werden, welchen Einfluß die Präsenz auf die Nutzung und die Wahrnehmung von VR-Programmen hat. Die folgenden Punkte wurden aus der recht breiten internationalen Forschung extrahiert. Sie geben an, welche Korrelationen zur Präsenz bestehen bzw. vermutet werden.

#### 1.3.1 Effektivität und Effizienz (*task performance*)

Im Mittelpunkt vieler Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet steht die Beschleunigung der Erfüllung von Aufgaben, die mit Hilfe von Virtual-Reality-Applikationen erreicht werden soll. Es wird davon ausgegangen, daß die Erhöhung der Präsenz in virtuellen Umgebungen zu einer schnelleren und besseren Abarbeitung von Aufgaben führt (*task performance*).

Auf dem Gebiet der Ausbildung von Militärs mittels VR-Technologie konnten Witmer & Singer (1994, 1997, 1998) unmittelbare Zusammenhänge zwischen task performance und Präsenz (*sense of presence*) ermitteln. Die von ihnen durchgeführten Studien beziehen sich hauptsächlich auf umfangreiche Untersuchungen mit Piloten von Kampfflugzeugen. Taylor (1997) und Heeter (1995) sehen eine mögliche Korrelation von Präsenz zur Erfüllung von minderkomplexen, vornehmlich auf Bewertung und Immersion abzielenden Aufgaben in VR überhaupt. Im Gegensatz dazu vermuten Lombard und Ditton (1997), daß es Aufgabenbereiche geben kann, in denen Präsenz in der Ausführung hinderlich sein kann und schlagen vor, in diesen Bereichen einen vom Nutzer steuerbaren Grad von Präsenz zu ermöglichen. Ellis (1996) konnte an zwei Beispielen zeigen, in denen genau dieser negativ korrelierende Effekt nachgewiesen wurde, die sich beide auf hochkomplexe Visualisierungen im Bereich der Luftfahrtkontrolle beziehen. Die hier gemachten Erfahrungen zeigen, daß bei steigender Informationsdichte, die über das alltägliche Auffassungsvermögen des Menschen hinausgehen, Abstraktionen nötig sind, die durch einen starken *sense of presence* behindert werden können. In diesen Fällen bieten sich nun zumindest zwei Lösungsmöglichkeiten an: entweder wird der *sense of presence* gesteuert (vermindert) oder es müssen andere Darstellungsformen für diese komplexen Informationen gefunden werden.

Hinweise auf Korrelationen zwischen *sense of presence* und task performance bei „normalen“ Aufgabenstellungen konnten u.a. Usoh & Slater (1995), Hoffman, Hullfish & Houston (1995) und Slater, Linakis, Usoh & Kooper (1996) nachweisen, Welch et. al. (1996) vermuten diese ebenfalls.

Gerade wegen der zu erwartenden Steigerung der Arbeitseffektivität über eine hohe Präsenz sind führende Unternehmen an Ergebnissen aus den o.g. Forschungen interessiert. Dies findet z.B. Niederschlag in der Fachzeitschrift zu diesem Thema: Presence – Teleoperators and Virtual Environment, die viermal jährlich bei MIT Press erscheint. Es ist zu vermuten, daß durch das stärker gewordene Interesse der Industrie die Präsenzforschung sich von einer sehr engen Spezialdisziplin zu einem eigenständigen Forschungsgegenstand entwickelt hat. Damit sind die Chancen dieser vorliegenden Arbeit, auf ein breites Publikum zu treffen, erfreulicherweise groß.

### **1.3.2 Raumbewußtsein und Orientierung (*spatial awareness and orientation*)**

Die Wahrnehmung von Räumlichkeit und räumlichen Situationen wird, insofern untersucht, in direktem Zusammenhang zu einem hohen *sense of presence* gesehen (Witmer & Singer, 1994, 1997; Draper, 1995). Dies ist nicht weiter verwunderlich, da die Definition von Präsenz (siehe unten) i.d.R. von dem Gefühl der Anwesenheit an einem Ort ausgeht. Taylor (1997) konnte nachweisen, daß ein hoher *sense of presence* zu einer deutlichen Verminderung von Disorientierung in virtuellen Umgebungen führt.

Gerade im architektonischen Umfeld steht außer Zweifel, daß die Wahrnehmung von und die Orientierung im Raum zu den zentralen Elementen zählen. Mindestens im Zusammenhang mit der virtuellen Vorwegnahme von Architektur stellt sich hier die Frage nach der Präsenz des Nutzers als eine grundlegende heraus. Aber auch rein virtuelle Architektur wird diese Elemente des Raumes und der Orientierung benötigen, um sie erleb- und erfahrbar zu machen.

### **1.3.3 Erinnerungsvermögen (*memory*)**

Neben dem unmittelbaren Einfluß des *sense of presence* auf die aktuelle Anwesenheit in einer virtuellen Umgebung (*affective states*) wird davon ausgegangen, daß ein Zusammenhang zu Gedächtnis- Lern- und Trainingsleistungen besteht (Taylor, 1997; Hoffman, Hullfish, & Houston, 1997; Sheridan, 1992; Winn;

Hoffman, Prothero, Wells, & Groen, 1998), d.h., daß ein hoher *sense of presence* zur Verbesserung der Speicherung der aufgenommenen Informationen und Erlebnisse führt. Welch et. al. (1996) gehen davon aus, daß die in der VR gewonnenen Erfahrungen später durch den Rezipienten erfolgreich auf Situationen in der realen Welt (SA) angewendet werden können und daß hohe Präsenz zu besserer Aufmerksamkeit und Motivation führt. Sheridan (1992) spricht in diesem Zusammenhang von „increase [of] the efficiency of training and planning“. In Kapitel 2 wird auf diesen Punkt im Zusammenhang mit Glenbergs Modell einer verkörperten Wahrnehmung noch eingegangen. Der eigene Körper ist die zentrale Bezugsreferenz für alle Wahrnehmungs- und Gedächtnisleistungen, insofern ist es nicht verwunderlich, wenn erhöhte Präsenz zu besserer Merkfähigkeit von Situationen und Zusammenhängen führt.

### 1.3.4 Simulatorkrankheits-Symptome (*simulator sickness symptoms*)

Das immer wieder auftretende Problem der Symptome der Simulatorkrankheit in virtuellen Umgebungen, wie sie detailliert von Kennedy et. al. (1992, 1993) beschrieben und gemessen werden, wird erheblich vermindert, wenn der *sense of presence* sehr hoch ist. Hierzu wurden und werden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, eine komplette Ausgabe der Zeitschrift *Presence* beschäftigte sich ausschließlich mit diesem Sachverhalt. Sowohl Taylor (1997) als auch Witmer & Singer (1994) wiesen eine negative Korrelation von simulator sickness und *sense of presence* nach. M.a.W. je höher die Präsenz ist, desto geringer sind die Effekte der Simulatorkrankheit in virtuellen Umgebungen.

### 1.3.5 Wohlbefinden und Freude (*enjoyment*)

Der Frage, inwiefern das Erleben von virtuellen Umgebungen den Nutzern Freude bereitet, wurde bisher in wissenschaftlichen Veröffentlichungen nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt, obwohl Untersuchungen dazu offensichtlich sinnvoll sind. Taylor (1997) ergänzte seine Fragen zu Präsenz um einige Items über enjoyment und konnte eine eindeutig positive Korrelation feststellen.

Alle genannten Zusammenhänge wurden über korrelative Studien ermittelt, d.h., daß der Zusammenhang zwischen Präsenz und einer anderen Variablen untersucht wurde, jedoch nicht die Richtung dieses Zusammenhangs. In Kapitel 4 wird eine erste Untersuchung darüber angestellt, welche Ursache-Wirkung-Beziehung zwischen einigen ermittelten Größen besteht.

Aus dieser kurzen Zusammenfassung sollte hervorgehen, daß es sehr gute Gründe gibt, sich dem Einfluß des *sense of presence* in virtuellen Umgebungen umfassend zu widmen. Insbesondere die Erhöhung der Freude, des Spaßes im Umgang mit VR-Applikationen sollte zu einem zentralen Element bei der Gestaltung von virtuellen Umgebungen gehören, damit einhergehen sollten umfassende Studien zum *sense of presence*.

Letztendlich ist eine Auseinandersetzung mit Präsenz erforderlich, da Virtual Reality, also eine scheinbare Realität erst dadurch entsteht, daß der Rezipient in dieser Welt anwesend ist (Steuer, 1992).

„Given the practical and theoretical importance of the concept, what is needed is a systematic program of research to investigate the many aspects of presence“ (Lombard & Ditton, 1997, S.21)

## 1.4 Terminologie

Insgesamt wird in dieser Arbeit der männlichen Form der Bezeichnung der Vorrang gegeben (man statt man/frau, Benutzer statt BenutzerIn, etc.) ohne daß damit beabsichtigt wäre, weibliche Leserinnen diskreditieren zu wollen. Versuche, beide Formen oder nur die weibliche zu gebrauchen, führten leider zu einer erheblich schlechteren Lesbarkeit des Textes. Um einer Weitschweifigkeit durch redundante Erklärungen, die die Lesbarkeit u.U. wieder hergestellt hätten, zu begegnen und damit eine gewisse Dichte in der Arbeit zu erhalten, wurde der Weg der maskulinen Anrede gewählt. Die weibliche Leserschaft möge dies bitte entschuldigen.

Ebenfalls zugunsten der Lesbarkeit wurden viele Begriffe, die ihren Ursprung im Englischen haben und seit Jahren in dieser Form in der wissenschaftlichen Literatur kommuniziert wurden, im Englischen belassen. Dies betrifft z.B. die Begriffe Interface (Schnittstelle), Virtual Reality (Virtuelle Realität), sense of presence (Gefühl der Präsenz, Präsenz), HCI (human-computer interface, Mensch-Maschine Schnittstelle), Computer (Rechenautomat), Tracker (Positions- und Orientierungsmeßgerät) usw. Es wurde jedoch meist versucht, wenn möglich, entweder den deutschen oder beide Termini zu gebrauchen.

Desweiteren sollte der Begriff virtuell nicht im Sinne der deutschen Sprache wörtlich genommen werden, dann müßte man konsequenterweise von virtuell realer Realität sprechen, also von scheinbar realer Realität. Die Begriffsbildung folgt den in der wissenschaftlichen Landschaft üblichen Konventionen.

Im folgenden werden die für diese Arbeit wesentlichen Begriffe definiert.

### 1.4.1 Virtual Reality & Virtual Architecture

Im Rahmen dieser Arbeit werden die (gebräuchlichen) englischen Begriffe Virtual Reality (VR) und Virtual Environment (VE) synonym zu den deutschen Begriffen virtuelle Realität und virtuelle Umgebung verwendet.

Der Terminus Virtual Reality wird immer dann verwendet, wenn das Konzept der Erzeugung virtueller Welten (virtueller Umgebungen) Gegenstand der Betrachtung ist. Die **virtuelle Umgebung** ist jene Umgebung, die vom Nutzer des VR-Systems wahrgenommen wird. Das VR-System beinhaltet alle Elemente (Hard- und Software), die nötig sind, um eine virtuelle Umgebung zu erzeugen.

Die im folgenden vorgenommene Definition von Virtual Reality (VR) basiert auf der Verbindung von technologisch orientierten Definitionsversuchen, wie sie stellvertretend von Slater & Usoh vorgelegt werden:

„A virtual environment (VE) is an environment created by the interaction of a human participant with a world displayed by computer. The displays provide information in the visual, auditory, and kinesthetic (including tactile and force-feedback) modalities. In *immersive* VEs (IVEs) sensory input to the human from the external world is, ideally, wholly provided by the computer generated displays.“ (Slater & Usoh, 1993, S. 221)

und einer auf der Kritik an dieser auf Technologiebasiertheit beruhenden Definition von Steuer:

„A virtual reality is defined as a real or simulated environment in which the perceiver experiences telepresence“. (Steuer, 1992, S. 76f)

**Virtual Reality** ist ein Medium, welches auf einer dreidimensionalen, computer-generierten, echtzeit-interaktiven simulierten Umgebung beruht, in welcher sich ein Nutzer präsent fühlt.

Damit sind die Voraussetzungen geschaffen, um VR von anderen Medien zu differenzieren.

**Virtual Architecture** (virtuelle Architektur) subsumiert alle virtuellen Umgebungen, die auf geometrisch-räumlichen Strukturen beruhen.

#### 1.4.2 Präsenz & Immersion

„Designers know that presence is something their users experience, but don't know exactly what it is. What is presence? This is one of the important questions in VR design.“ (Biocca, 1997, S. 9)

Frank Biocca trifft mit diesem Zitat den Kern des Problems. Auf der einen Seite wird allgemein anerkannt, wie entscheidend der *sense of presence* das Erleben einer virtuellen Umgebung beeinflusst oder gar erfordert, auf der anderen Seite steht eine eindeutige Definition des Begriffes Präsenz aus. Biocca versucht eine auf Illustration gegründete Definition. Er unterscheidet in drei verschiedene Formen von Präsenz: a) *being there: the sense of physical presence in cyberspace*, b) *being with another body: designing the illusion of social presence* und c) *is this body really „me“? self presence, body schema, self-consciousness, and identity*.

Obwohl dieser Ansatz in erster Näherung als Diskussions- und Arbeitsgegenstand dienen kann, bleibt er doch für eine theoretisch fundierte Auseinandersetzung mit dem Präsenzphänomen unbefriedigend.

Sucht man nach einem Definitionsansatz, so wird man z.B. im Oxford Großwörterbuch Englisch [Dudenverlag (1990)] fündig:

„presence [ˈpreznz] *n.* **a)** (*being present*) (*of person*) Gegenwart, *die*; Anwesenheit, *die*; (*of things*) Vorhandensein, *das*; [...]“ (S. 554)

und

„sense [sens] [...] **c)** (*consciousness*) Gefühl, *das*; [...]“ (S. 644)

Somit könnte man *sense of presence* übersetzen zu „das Gefühl der Anwesenheit“ oder „das Gefühl des Vorhandenseins“, m.a.W. also das Gefühl, in Vorhandenem anwesend zu sein.

Im Kontext von virtuellen Umgebungen zielen die meisten Erklärungen auf diese Interpretation ab. So definiert Steuer (1992) *sense of presence* als „... the sense of being in an environment“, Sheridan (1992) „... feeling like you are present in the environment generated by the computer“ oder Towell (1997) in Anlehnung an andere Arbeiten Präsenz einfach als den „sense of 'being there'“. Dieser *sense of being there* wird allgemein als beste Beschreibung dessen erachtet, was Präsenz (und hier genauer räumliche Präsenz) darstellt. Witmer & Singer (1994) sehen hier eine Beschreibung der Erfahrung, sich an einem Ort zu befinden, wenn man gleichzeitig an einem anderen Ort ist, oder Hoffman et. al. (1998) „the experience of being in a place“.

Slater, Usoh, & Steed (1994) definieren Präsenz über berichtete (also gemessene) Größen: „Presence was assessed by the subject's sense of „being there“, the extend to which they experienced the virtual environments as more the presenting reality than the real world in which the experiments take place, and the extend to which the subject experienced the virtual environments as places rather than images seen.“ (S. 130) Diese, nicht unübliche, Methode der Definition via Operationalisierung der zu definierenden Variable ist zwar für eine empirische Forschung ausreichend, bleibt aber für die Entwicklung einer Präsenz-Theorie unbefriedigend. Einen ähnlichen (Meß-) Ansatz verfolgen die Forscher am Massachusetts Institute of Technology (MIT) Sheridan (1992) und Schloerb (1995). Sie sehen Präsenz als Teil von Telepräsenz, nur daß der entfernte,

real existierende Ort durch eine computerbasierte Simulation ersetzt wird. Schloerb unterscheidet weiterhin in objektive und subjektive Präsenz. Objektive Präsenz beschreibt dabei die Wahrscheinlichkeit, eine Aufgabe erfolgreich zu erfüllen (demzufolge aufgabenabhängig; könnte auch mit effektiver Wahrscheinlichkeit der Aufgabenerfüllung übersetzt werden). Subjektive Präsenz ist für Schloerb in jedem Falle mit Ja/Nein-Fragen nach dem Gefühl, psychisch in einer virtuellen Umgebung präsent zu sein, zu beantworten. In beiden Fällen können dann prozentuale Angaben zur Präsenz gemacht werden. Wie sich später in jener Arbeit zeigen wird, wird hier das Messen von Präsenz soweit simplifiziert (auf eine Frage reduziert), daß keine empirisch stichhaltigen Resultate erzielt werden können.

Einen auf die Wahrnehmung des Interfaces, also der Schnittstelle zwischen Mensch und System gegründeten Ansatz, liefern Lombard & Ditton (1997). Sie definieren Präsenz als die „perceptual illusion of nonmediation“ durch a) das Verschwinden des Interfaces (*open window*) oder b) die Transformation des Interfaces zu einer sozialen Entität. Man könnte hier also auch davon sprechen, daß der Gegenstand (die Präsenz) indirekt daran gemessen wird, inwiefern das, was uns hindert, es zu untersuchen, nicht mehr oder anders wahrgenommen wird.

Ebenfalls über den Umweg einer dritten Variablen, hier der realen Umgebung, versuchen Witmer & Singer (1998) Präsenz zu definieren: „*Presence* is described as the subjective experience of being in one place or environment, even when one is physically situated in another. As described by teleoperators, presence is the sensation of being at the remote worksite rather than at the operator's control station. As applied to a virtual environment (VE), presence refers to experiencing the computer-generated environment rather than the actual physical locale.“ (ebenda S. 225) Mit anderen Worten wird der Grad an Präsenz über eine Verschiebung des Ortsgefühls zwischen physischer (realer) und virtueller Umgebung definiert. „How sharply users focus their attention on the VE partially determines the extend to which they will become involved in that environment and how much presence they will report.“ (ebenda S. 226)

Nach Witmer & Singer (1998) hängt Präsenz von zwei Variablen ab: *involvement* und *immersion*.

„*Involvement* is a psychological state experienced as a consequence of focusing one's energy and attention on a coherent set of stimuli or meaningfully related activities and events.“

„*Immersion* is a psychological state characterized by perceiving oneself to be enveloped by, included in, and interacting with an environment that provides a continuous stream of stimuli and experiences“ (ebenda S. 227)

Die hier gegebene Definition von Präsenz durch den Begriff Immersion ist verwirrend, da sie im (begrifflichen) Widerspruch zu den meisten anderen Arbeiten auf diesem Gebiet steht. Immersion steht bei Witmer & Singer für einen „psychological state“ in einer räumlichen Umgebung und sollte deshalb mit räumlicher Präsenz übersetzt werden.

Immersion im klassischen Sinne, auf der anderen Seite, wird stellvertretend durch Slater & Wilbur (1997) definiert:

„Immersion is a description of a technology, and describes the extend to which the computer displays are capable of delivering an inclusive, extensive, surrounding, and vivid illusion of reality to the senses of a human participant. Inclusive (I) indicates the extent to which physical reality is shut out. Extensive (E) indicates the range of sensory modalities acommodated. Surrounding (S) indicates the extend to which the virtual reality is panoramic rather than limited to a narrow field. Vivid (V) indicates the

resolution, fidelity, and variety of energy simulated within a particular modality (for example, the visual and color resolution).“ (Slater & Wilbur, 1997, S. 604f)

und im Gegensatz dazu „Presence is a state of consciousness, the (psychological) state of being in the environment.“ (ebenda S. 605)

Ausgehend von diesen Definitionen sollen im Rahmen dieser Arbeit definiert werden:

**Präsenz** beschreibt das Gefühl des Nutzers, sich an einem Ort zu befinden, der Körper des Nutzers ist dabei Bestandteil des durch den Ort definierten Raumes. Der Körper ist der zentrale Punkt und die fundamentale Basis dieser Wahrnehmung.

**Immersion** beschreibt alle Voraussetzungen, die die Präsenz des Nutzers in einer virtuellen Umgebung bedingen und beeinflussen.

M.a.W. definiert sich Immersion als die Gesamtheit der auf den Nutzer bezogenen internen und externen Stimuli, Präsenz als Ergebnis eines kognitiven Prozesses des Nutzers.

## 1.5 Untersuchungsgegenstände dieser Arbeit

Diese Arbeit versteht sich in ihrer Zielstellung als konsequente Vermittlung zwischen Theorie und Praxis auf wissenschaftlicher Grundlage. Sie versucht aus einer möglichst ganzheitlichen Betrachtungsweise heraus über Fachdisziplinen hinweg in der Praxis anwendbare Schlüsse aus Theorie und Empirie auf den Gegenstand der Architektur zu übertragen. Diesem Ziel folgend ergeben sich die in Kapiteln geordneten Schwerpunkte der Untersuchungen: Es wird erstens ein theoretisches Modell über Präsenz in virtuellen Umgebungen entwickelt, um eine Diskussions- und Untersuchungsbasis zu schaffen. Zweitens werden aus einer gestaltungsorientierten Sicht die Präsenz beeinflussende Größen ermittelt und klassifiziert. Drittens werden auf empirischer Grundlage offene Fragestellungen und Hypothesen in mehreren Untersuchungen evaluiert, um abschließend viertens die gewonnenen Erkenntnisse aus allen vorgenannten Betrachtungen auf den architektonischen Kontext in seiner jetzigen und zukünftigen Form anzuwenden.



## **Kapitel 2**

# **PRÄSENZ IN REALEN UND VIRTUELLEN UMGEBUNGEN**

### **(Annäherung an ein Präsenzmodell)**

## **2.1 Einführung**

Das Ziel dieses Kapitels ist der Entwurf von Thesen zu einem theoretischen Modell über räumliche Präsenz in virtuellen Umgebungen. Hierzu werden naheliegende philosophische, epistemologische und kognitionspsychologische Quellen auf ihre Anwendbarkeit auf den Präsenzbegriff hin untersucht. Es wird versucht, das Wesentliche und das Einende zu finden, um einem möglichst ganzheitlichen Präsenzmodell gerecht zu werden.

Mittelbares Ziel aller Betrachtungen ist die Schaffung eines Rahmenwerks für die Gestaltung von virtuellen Umgebungen unter der Maßgabe, eine möglichst hohe (räumliche) Präsenz für den Nutzer dieser VU zu ermöglichen. In Anlehnung an die Vorgehensweise bei Winograd & Flores (1992) werden philosophische und sozialwissenschaftliche Grundlagen als Ausgangspunkt benutzt, um zu konkreten (praktischen) Thesen zu gelangen.

Wenn, wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, (räumliche) Präsenz aufgefaßt wird als psychologischer Zustand, sich als Teil der virtuellen Welt zu fühlen, an diesem (virtuellen) Ort zu sein, so ergeben sich daraus einige Fragestellungen, die zu klären sind, um zu einem Ansatz für ein Präsenzmodell zu gelangen. Hierzu sind Modelle zu entwickeln oder zu wählen, die zu einer Erklärung von Präsenz geeignet sind. Eine inhärente Eigenschaft von Modellen im allgemeinen ist ihre Eingeschränktheit und ihre teilweise Widersprüchlichkeit zu anderen Modellen. Im folgenden wird deshalb versucht, Modelle zu finden, die a) in Bezug auf den *common sense* plausibel erscheinen, b) in sich möglichst widerspruchsfrei sind und c) sich in Bezug auf einen Theorieansatz zu Präsenz gegenseitig ergänzen. Auf eine umfassende Beschreibung und auf detaillierte Hintergründe wird nur insofern eingegangen, als es für das Verständnis ihres Beitrages zum Präsenzmodell und zu den anderen genannten Modellen nötig ist. Für weitergehende Betrachtungen sei auf die angegebene Literatur verwiesen.

Als erstes offenbaren sich im Zusammenhang zum o.g. Präsenzbegriff ontologische Fragen. Wie ist Sein in der realen Welt erklärt? Daraus abgeleitet läßt sich fragen: Was ist die Welt, was ist das Ich und wie ist das Verhältnis vom Ich zur Welt, einschließlich der elementaren Existenzfragen von Welt und Ich. Diese Fragen gehen in der Philosophiegeschichte mindestens bis auf die Sophisten zurück. Äußerst grob läßt sich hier zwischen objektivistischen und subjektivistischen Ansätzen sowie zwischen materialistischen und idealistischen Ansätzen unterscheiden. (Wuchterl, 1990; Engels, 1974; siehe auch Regenbrecht, 1994) Eine objektivistisch-materialistische Sicht in Form des Rationalismus soll hier als Grundlage der Anschauung und Begrifflichkeit und damit der *Kommunizierbarkeit* (hier, wie in den meisten wissenschaftlichen Abhandlungen) dienen, die im ersten Abschnitt umrissen wird. Es wird auf die Widersprüche und die Unverzichtbarkeit einer rationalistischen Betrachtung eingegangen. Den philosophischen Rahmen bilden die Theorien Martin Heideggers, da diese die Frage nach dem In-der-Welt-Sein in den Mittelpunkt stellen und somit vielversprechend für eine Erklärung von Präsenz sind. Der zweite Abschnitt versucht in sehr konzentrierter Form einen Einblick in die Gedankengänge und Begriffe Heideggers zu geben. Auf diese wird im Verlauf der Arbeit mehrfach zurückgegriffen.

Da Präsenz auf Kognition beruht, ist zu klären, wie durch den Nutzer ein kognitives Modell über die ihn umgebene virtuelle Welt aufgebaut wird. Hierzu gibt es unterschiedliche Auffassungen, die sich in zwei wesentliche Richtungen teilen lassen: symbolisch-diskrete Abbildungen und (holistische) mentale Modelle. Im Zusammenhang mit Architektur und damit mit vornehmlich räumlichen Situationen wird als primäre Sicht die der Konstruktion von mentalen Modellen angenommen, die mit Hilfe der Arbeiten von Johnson-Laird (einem Begründer dieser Theorie) und Schnotz erklärt wird.

Im vierten Abschnitt wird versucht darzustellen, wie ein ganzheitlicher Ansatz zu einem Modell der Wahrnehmung, als Grundlage für Präsenz, aufgebaut werden kann. Ganzheitlich bedeutet in diesem Zusammenhang, daß versucht wird, keine Separierung in der Betrachtung der Wahrnehmung der einzelnen Sinneskanäle vorzunehmen. Im Zusammenhang mit einem grundlegenden Präsenzmodell ist dies weder nötig noch sinnvoll. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Kanäle und Elemente, wie sie im Kapitel über die Klassifizierung der Präsenzfaktoren vorgenommen wird, kann so vor dem Hintergrund des Zusammenhanges dieser Beschreibungen besser beurteilt werden.

In der Virtual-Reality-Forschung wird in jüngster Zeit von einigen Veröffentlichungen auf die Theorien von J.J. Gibson zurückgegriffen, die gerade durch die Interaktionsmöglichkeiten in diesem neuen Medium eine vielversprechende Ausgangsbasis darstellen. Gibsons Ansatz, der im Zusammenhang mit Heidegger als philosophische Grundlage gesehen werden kann, wird in diesem Abschnitt dargestellt und durch kritische Ansätze von Fodor & Pylyshyn ergänzt.

Die von Gibson bereits als Basis der Wahrnehmung angesehene Kopplung von Wahrnehmendem und wahrzunehmender Umwelt wird durch Varela, Thompson & Rosch im wörtlichen Sinn zu einem Konzept der Verkörperung der Wahrnehmung erweitert. Es kommt zu einer vollständigen Aufhebung von Objekt und Subjekt. Wie oben bereits erwähnt, werden dennoch die rationalistischen Termini zur Beschreibung dieser Theorie verwendet, um ein gleichbleibendes Verständnis über alle vorgestellten Modelle zu gewährleisten.

Mit Varela et al verdichten sich die Ansätze hin zu einem körperbezogenen Präsenzmodell.

Den offenen Fragen, welche (virtuellen) Inhalte konzeptualisiert werden können und wie mögliche Interpretationen der virtuellen Umgebung entstehen können widmet sich der fünfte Abschnitt, der sich auf U. Eco und D. Norman gründet. Da Präsenz einen psychologischen Faktor darstellt, also mit dem „System Mensch“ operiert, ist es nicht sinnvoll, von einem reinen Informationsaustausch-Modell zwischen Rezipient und System auszugehen (siehe Shannon & Weaver, 1962). Die virtuelle Umgebung wird immer subjektiv interpretiert und, da es sich um mentale Konstruktionen handelt, muß die VU vorstellbare Inhalte vermitteln.

Letztendlich wird A. Glenbergs Modell einer *embodied cognition*, die aus einer Theorie des Textverstehens in eine Theorie der Präsenz adaptiert werden kann als Basis benutzt, um im letzten Teil dieses Kapitels, ein Präsenzmodell in Thesenform vorzustellen. Die Thesen geben in ihrer Gesamtheit einen erklärenden Definitionsansatz über das Phänomen (räumliche) Präsenz. Sie sind ein bisher in der Veröffentlichungslandschaft fehlender Ausgangspunkt für eine Diskussion und insbesondere Untersuchung von räumlicher Präsenz in virtuellen Umgebungen.

## 2.2 Ansätze

### 2.2.1 Wissenschaftliche Kommunizierbarkeit: Der Rationalismus

In der Wissenschaftsgeschichte haben rationalistische Ansätze eine lange Tradition und gehen bis auf die klassische griechische Philosophie zurück. Vereinfacht dargestellt geht der Rationalismus von einer objektiv vorhandenen und beschreibbaren Welt aus, trennt Subjekt von Objekt (psychisches von physischem), weist den Objekten (dem Objektiven) das Primat zu und erklärt die Zusammenhänge dieser Welt über logische Schlüsse und Regeln (Ursache-Wirkung-Prinzipien).

Die objektive Welt wird über unsere Sinnesorgane subjektiv wahrgenommen, in wahrnehmungspsychologischen Theorien wird auch von Abbildungen oder Überführungen der realen Welt gesprochen, die meist in Form von symbolisch-begrifflichen Kategorien gefaßt sind. „Wirkliche“ Abbildung entsteht dann, wenn die reale Welt, mindestens in Teilen, mit der mentalen Welt übereinstimmt. Die Schwierigkeit besteht nun in der Messung der mentalen Abbildung, um zu einer Aussage über die Wirklichkeit und damit Wahrhaftigkeit zu gelangen.

Für die Wissenschaft entsteht ein formales, geschlossenes System zum Problemlösen in bestimmten Situationen/Kontexten.

Winograd & Flores (1992) stellen illustrierend den rationalistischen Ansatz durch folgende Schritte dar:

- „1. Beschreiben Sie eine Situation in der Begrifflichkeit identifizierbarer Gegenstände mit wohldefinierten Eigenschaften. 2. Suchen Sie dann nach allgemeingültigen Regeln, die sich auf Situationen in der Begrifflichkeit

solcher Gegenstände und Eigenschaften anwenden lassen. 3. Wenden Sie schließlich diese Regeln logisch auf die betreffende Situation an und leiten Sie die nächsten, notwendigen Schritte daraus ab.“ (S. 37)

In den Computerwissenschaften wird dieser Ansatz deutlich, wenn von mentalen Funktionen des Programms oder von der Gleichsetzung von Gehirn und Hardware gesprochen wird. Neben anderen kritisierten besonders Dreyfus & Dreyfus (1988) diesen Ansatz mit den Argumenten, daß a) das Gedächtnis nicht wie ein digitaler Computer funktioniert, b) Programme keine Gedanken und Gefühle formalisieren können und c) die Daten der Umgebung (Umwelt) nicht aus diskreten und expliziten Einheiten bestehen, die algorithmisch verarbeitet werden können.

Gerade aus dem letztgenannten Punkt ergibt sich die Konsequenz, daß es nicht möglich ist, die menschliche Umgebung vollständig in einem (digitalen) Modell abzubilden. Hierfür gibt es zahlreiche, insb. systemtheoretische Gründe. Beispielhaft sei angeführt, daß a) ein System sich selbst nicht enthalten kann, b) die diskrete Aufnahme (Messung) dieser Welt entsprechend der Heisenbergschen Unschärferelation nicht vollständig durchgeführt werden kann, c) es keine zeitpunktunabhängige Aufnahme aller Zustände dieser Welt gibt und d) der Messende (Aufnehmende) selbst zum aufzunehmenden System gehört und die Messung damit rekursiv wird.

Trotz der Widersprüche im rationalistischen Ansatz, Gödel spricht hier von einem Grundwiderspruch aller axiomatischen Systeme, ist die Wissenschaft auf den Rationalismus angewiesen, da nur so die Modell- und Theoriebildung mit der damit verbundenen Kommunikation möglich ist. Selbst die Wissenschaftler, die eine Alternativposition zum Rationalismus beziehen, müssen sich der Terminologie des Rationalismus (wie Objekt/Subjekt) bedienen, um kommunizierbar zu sein.

Die Präsenzforschung basiert ebenfalls auf einem rationalistischen Ansatz. Es wird zwischen objektiven Umgebungen (real und virtuell) und subjektiven Erfahrungen (*sense of presence*) unterschieden. Die Verbindung zwischen Subjekt und Objekt wird über a) technische Apparaturen und b) über die Sinnesorgane realisiert.

Die virtuelle Umgebung wird formal durch Geometrien, Animationen etc. beschrieben und bildet somit die objektive Welt. Folgerichtig aus diesem Ansatz heraus ist Präsenz eine Funktion des Transfers von gewissen Informationen in die Abbildung beim Nutzer. Die übertragene Informationsmenge wird dabei so zerlegt, daß die zur Perzeption angebotenen Stimuli meß- und beschreibbar sind. Dies impliziert a) eine mögliche Atomarisierung der objektiven Welt und b) die Möglichkeit der vollständigen Beschreibung im Kontext des Rationalismus. Der auftretende Widerspruch wird offensichtlich.

Auswege bieten sich hier in einer Verbindung von wissenschaftlichen und metaphysischen Gedanken mit der damit zusammenhängenden Gefahr der Fehlinterpretation, der Zuschreibung von Inkompetenz und der u.U. fehlenden Nachvollziehbarkeit.

„Die Wissenschaft versteht es bestens, metaphysische Antworten zu zerstören, sie bietet aber keinen Ersatz. Sie nimmt uns die Grundlagen, ohne neue zu schaffen. Ob wir es wollen oder nicht, die Wissenschaft hat uns gezwungen, ohne Grundlagen zu leben.“ Nietzsche zitiert nach (Varela, Thompson, & Rosch, 1995, S. 297)

In der Beschreibung eines Präsenzmodells muß auf rationalistische Grundlagen gesetzt werden (es gibt kaum andere) und gleichzeitig versucht werden, in dieses (wiederum rationalistische) Modell alternative Perspektiven zu integrieren. Die Konsequenzen sind: a) Zergliederung der eigentlich ganzheitlich zu betrachtenden Einheit Wahrnehmender-Umwelt, b) der objektivierten Beschreibung und Messung dieser zergliederten Elemente um c) eine objektivierte Beschreibung des Gesamtmodells zu erhalten.

## 2.2.2 Philosophischer Rahmen (M. Heidegger)

Der deutsche Philosoph Martin Heidegger (1899-1973) gilt als einer der klassischen Existenzphilosophen (obwohl er diesen Terminus ablehnte). In seiner ersten Schaffensperiode stellte er die Frage nach dem Sinn des Seins, des In-der-Welt-Sein. Seine Spätphilosophie, die „Kehre“ genannt, ist durch ein Zurücktreten der existenzphilosophischen Fragen gekennzeichnet und behandelte u.a. die Frage nach dem Verhältnis von Mensch und Technik. Beide Fragen können offensichtlich höchst relevant in ihrer Beziehung zum Präsenzbegriff sein, die erstgenannte scheint direkt auf den *sense of being there (in the [virtual] world)* abzuzielen, die zweitgenannte ist u.U. für das Verständnis des technischen Phänomens der Einbettung des Menschen in eine virtuelle Umgebung maßgebend.

Zu Beginn seiner Untersuchungen fragt Heidegger nach der Definition des Seienden und nach dem Sinn des Seins. Alles hat am „Sein“ teil, alles ist „Seiendes“. Das „Seiende“ begegnet uns in materiell-stofflichen Objekten, in abstrakten Zahlengrößen, in Vorstellungen, in Subjekten (Personen) und im Absoluten (das Göttliche, das Unbedingte). Was ist aber das Sein, fragt er und grenzt sich damit von der klassischen Ontologie (Aristoteles, Plato) ab, die das Seiende (s.o.) in den Vordergrund stellte.

Die menschliche Seinsweise wird als „Dasein“, als alltägliche oder eigentliche Verhaltensform definiert. Das alltägliche Dasein bezieht sich darauf, daß der Mensch schlicht und einfach da ist. Das eigentliche Dasein ist die Bezugnahme auf sich selbst, auf das eigene Sein selbst, auf die Existenz. „Das Wesen des Daseins liegt in seiner Existenz“ (Heidegger, 1957, S.42). Er führt den Begriff der Existenzialien ein, die die Formen des seinsverstehenden Daseins (ontologisch) „kategorisieren“ oder besser fundamentieren.

Heideggers zentrales Existential ist das „In-der-Welt-Sein“. Er betont hiermit, daß das Ich von der Welt untrennbar ist, selbst der Zweifel am Ich findet in der Welt statt. Mensch und Welt bilden eine ursprünglich gegebene Einheit, die erst im Nachhinein in die künstlichen Konstrukte Subjekt und Objekt aufgespalten wurde. Durch das Verstehen, das Erschliessen der den Menschen umgebenden Welt kommt der Mensch vom In-der-Welt-Sein zum Dasein.

Ein weiterer zentraler Begriff ist die „Geworfenheit“. Wir werden in diese Welt geworfen (ob wir wollen oder nicht) und sind gezwungen zu handeln! Der Mensch befindet sich ständig in diesem Zustand der Geworfenheit und ist unter normalen Umständen nicht in der Lage, Situationen analytisch zu bewerten. Die geworfene Existenz beschreibt die grundlegende Natur des menschlichen Seins, des In-der-Welt-Seins.

Die Welt wiederum, rationalistisch gesprochen auf der anderen Seite, ist nicht einfach Vorhanden. Das „Welthafte“ wird vielmehr zum „Zeug“, zu „Zuhandenen“. Das Welthafte erscheint also nicht in seiner Objektivität und wird rezipiert, die Welt offenbart sich durch ihre „Zeuge“, durch ihr Zuhandenes. Die Dinge dieser Welt äußern sich in der Art, was mit ihnen gemacht werden kann, wozu sie nützen (eben Zuhandensein), sie werden damit selbst als „Medium“ offenbar. Heidegger nennt hier das Beispiel des Hammers. Der Hammer selbst ist erst dadurch ein Ding dieser (individuellen) Umwelt, daß ich mit ihm hammern kann. Er ist zuhanden. Während des Prozesses des Hammerns verschwindet das Medium Hammer, es ist vorhanden und erfüllt seine Aufgabe. Erst wenn der Hammer nicht in seiner erwarteten Weise funktioniert (Nagel nicht getroffen, Hammer bricht entzwei), wird er offensichtlich.

In Heideggers Ansatz erscheint es sinnvoll, die Dinge dieser Welt nicht nach ihren Oberflächeneigenschaften zu benennen sondern nach ihrer Zuhandenheit.

Für Präsenz in virtuellen Umgebungen läßt sich folgende Interpretation anwenden:

Da es sich, zumindest aus rationalistischer Sicht, um die Einbettung einer virtuellen in eine reale Welt handelt, müssen ausreichend Anzeichen vorhanden sein, um initial die Geworfenheit in diese (virtuelle) Welt überhaupt zu erkennen. Wird z.B. die virtuelle, dreidimensionale Welt als Abfolge von (zweidimensionalen) Bildern rezipiert, so ist der Fakt der Geworfenheit lediglich darauf zu reduzieren, daß innerhalb der realen Welt eine erwartete oder unerwartete Erscheinung auftritt, die im Kontext der realen Welt zum Handeln zwingt. Von einem In-der-virtuellen-Welt-Sein kann hier jedoch nicht gesprochen werden. Wird jedoch, auf der anderen Seite, die virtuelle Welt als Zuhandenheit oder als Komplex von Zuhandenheiten erkannt, kann durch Erschliessen, sprich Handeln das Zuhandene in Vorhandenes überführt werden. Das In-der-Virtuellen-Welt-Sein wird zum Dasein in der virtuellen Welt, wird zur Präsenz. Mit anderen Worten: Nur durch Handeln in der virtuellen Umgebung kommt man zum Dasein in dieser Umgebung. Voraussetzung dafür ist das Bereitstellen einer „Geworfenheits-Situation“, es müssen Stimuli vorhanden sein, die eine virtuelle Umgebung als Welt möglich machen. Diese werden i.d.R. durch technische Apparaturen bereitgestellt, die ebenfalls Gegenstand Heideggerscher Betrachtung sind.

Ausgehend vom Existential der „Sorge“, als Enthüllung des Daseins, entwirft Heidegger eine Philosophie, die von einer beunruhigenden Grundstimmung ausgeht. Die Faktizität der Geworfenheit in das „Da“ erfüllt uns mit Angst. Angst, als Grundbefindlichkeit des Daseins, ist im Gegensatz zur Furcht ohne Zielgerichtetheit auf eine Ursache, sozusagen ohne Objekt. Angst ist ein Zurückschrecken vor dem Nichts, sie hat keinen Bezug zum Seienden (jedoch zum Sein!).

Ohne auf die vollständige Begriffswelt Heideggers näher einzugehen, die gerade in seiner zweiten Schaffensperiode wesentlich von der bis dahin gewöhnlich gebrauchten Terminologie abweicht, charakterisierte in übertragenem Sinn Heidegger in mehreren Aufsätzen die Technik in ihrer alltäglichen Interpretation als das Nichts, als das nicht in dieser Begrifflichkeit zum Seienden gehörende, nur als Abstraktum vorhandene Schein-Objekt der Furcht, die aber wiederum aufgrund dieser Argumentation Angst ist.

Er fragt nach der Technik an sich. Was ist das? Einerseits Technik als Mittel für Zwecke und andererseits Technik als Tun des Menschen. Zur Technik gehört das Verfertigen, das Zeug, Maschinen, das Verfertigte, das Benutzte, die Bedürfnisse, letztendlich selbst der Mensch. Das Wesen der Technik, so führt er aus, beruht im Ge-stell. Stark reduziert kann das Ge-stell gesehen werden als alles, was den Rahmen gibt für die Weise des Hervorbringens von Verborgenen. In Heideggerschem Deutsch gesprochen: „Wenn wir jedoch das Wesen der Technik bedenken, dann erfahren wir das Ge-stell als ein Geschick der Entbergung.“ (Heidegger, 1962 / 91, S. 25). Das Ge-stell fordert die Menschen heraus, es subsumiert alle Formen des Stells: das Her-stellen, das Dar-stellen, das Be-stellen usw.

Der Grundfehler in der Annahme über das Ge-stell besteht in der Hoffnung auf die naturwissenschaftlichen Berechenbarkeit oder Vorhersagbarkeit des selbigen. Und weitaus kritischer: Die Herausforderung, die das Ge-stell dem Menschen stellt, ist, sich selbst als einen Angesprochenen zu betrachten. Meist sieht er jedoch den Anspruch im Ge-stell an sich. Ein „Entbergen“ ist somit nicht möglich, damit keine Wahrheit, die im Unverborgenen liegt („west“).

In erster Näherung adaptiert und interpretiert kann hieraus geschlußfolgert werden, daß wenn wir schon nicht das Wesen des Ge-stells entbergen können, so sollte doch wenigstens bewußt werden, daß das Angebot, das Hin-stellen, der Gegen-stand, also das, was im Falle VR dem Menschen virtuell entgegensteht, den Nutzer selbst ansprechen sollte und nicht das System (als „Bestandstück“) des Ge-stells. Das Entbergen wird dem Nutzer überlassen, er interpretiert den Gegenstand. Noch weiter trivialisiert bedeutet das, daß das Primat in der inhaltlichen Komponente der virtuellen Welt zu suchen ist und nicht in der technischen. Die Zuhandenheit der Technik wird nach dem Eintritt in die virtuelle Umgebung zur

Vorhandenheit und damit vorerst unsichtbar. Sichtbar wird die Zuhandenheit der virtuellen Welt, des Inhaltes. Diese Zuhandenheit kann nunmehr durch eigenes Handeln zur Vorhandenheit der Interpretation des Inhalts werden.

Die hier ausgewählten Ansätze Heideggers beruhen auf der primären Ausrichtung auf mögliche Beiträge zu einem Präsenzmodell, sie sind stark vereinfacht, stehen aber in keinem bewußten Widerspruch zum Werk Heideggers.

Festzuhalten bleiben fünf Argumente, die sich vor dem Hintergrund der Gedanken Heideggers in Bezug auf Präsenz entwickeln lassen:

1. Präsenz in VU kann beschrieben werden als der Prozeß des Übergangs vom Sein zum Dasein in dieser VU. Dieser Prozeß ist eingebettet in die übergeordnete reale (physische) Welt mit ihren Übergängen (Betreten, Verlassen) zur virtuellen Umgebung unter Zuhilfenahme der VR-Technik.
2. Sowohl das Sein als auch das Dasein beziehen sich immer auf das Selbst; der Nutzer der VU ist der zentrale Ausgangspunkt für eine Erforschung von Präsenz; Präsenz ist nicht allein durch die virtuelle Welt zu erzielen, nur Individuum und Welt können zu Präsenz führen.
3. Präsenz entsteht durch Handeln in der (virtuellen) Welt,
4. Präsenz in einer virtuellen Umgebung kann erst entstehen, wenn diese Umgebung als virtuelle Umgebung für den Nutzer (das Selbst) erkannt wird.
5. VR-Technik ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für Präsenz; die Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Technik führt zu einer Ablenkung vom Nutzer (dem Angesprochenen).

### 2.2.3 Mentale Modelle und Metaphern (Johnson-Laird / Schnotz / Lakoff & Johnson)

Wie in der Einführung bereits erwähnt, gibt es zwei unterschiedliche Standpunkte über die Art und Weise der mentalen Repräsentation von Umwelt. Auf der einen Seite die (noch vorherrschende) propositionale Theorie, die von einer symbolisch-abstrakten Kodierung ausgeht und die Theorie der mentalen Modelle, die von einer vornehmlich gegenständlichen oder analogen Repräsentation ausgeht.

Aus mehreren Annahmen heraus wird hier auf die letztgenannte Theorie Bezug genommen, da sie einen vielversprechenden Ansatz für ein Modell der räumlichen Präsenz in virtuellen Umgebungen offeriert.

Ausgehend von einer Betrachtung des Textverstehens reflektiert Schnotz (1994) eine Theorie der mentalen Modelle, die auf Johnson-Laird (1983) aufbaut.

Mentale Modelle sind analoge mentale Repräsentationen von Sachverhalten, die dazu genutzt werden, um Konstruktionen über Gegenstand, Struktur und Funktion von „Welt“ aufzubauen. Schnotz spricht hier von einem hypothetischen „... Quasi-Objekt, das aufgrund einer entsprechenden Analogie zum Wissensgegenstand dazu dient, bestimmte Aufgaben und Probleme mental zu lösen.“ (S. 158) Interpretiert man nun die Summe und das Zusammenwirken dieser Quasi-Objekte, so ist es sicher angemessen, von einer mentalen virtuellen Welt zu sprechen, die also die eigentliche Konstruktion von „Welt“ darstellt.

Inwieweit eine physikalische oder gegenständliche (analoge) Abbildung stattfindet, muß offen bleiben, es wird aber auf jeden Fall eine gestaltähnliche Abbildung vorgenommen, die einen individualabhängigen Imaginationsgehalt besitzt.

Mentale Modelle weisen nach Johnson-Laird (1983) a priori drei wesentliche Prinzipien auf:

- „1. The principle of computability: Mental models, and the machinery for constructing and interpreting them, are computable. [...]

2. The principle of finitism: A mental model must be finite in size and cannot directly represent an infinite domain. [...]

3. The principle of constructivism: A mental model is constructed from tokens arranged in a particular structure to represent a state of affairs.“ (S. 398)

Diese Prinzipien lassen erkennen, daß mentale Modelle a) in jedem Falle interpretierte Konstruktionen beim Wahrnehmenden darstellen, b) diese Konstruktionen soweit vereinfacht bzw. angepaßt sind, daß sie „berechenbar“ sind und damit Vorhersagen zulassen und c) eine vollständige Überführung der physisch vorhandenen Welt in eine (objektive) interne Repräsentation nicht möglich ist. Darüberhinaus wirft gerade das dritte Prinzip (constructivism) folgende Fragen auf:

- *Wie* repräsentieren mentale Modelle die externe Welt?
- Welche Prozesse konstruieren und interpretieren mentale Modelle?
- Welche Konzepte werden in/durch mentale Modelle verkörpert?
- Was sind die grundlegenden Strukturen der mentalen Modelle und wie unterscheiden sie sich von anderen mentalen Repräsentationen?

Johnson-Laird kann diese Fragen nicht vollständig klären, da es nicht möglich ist, ein objektives Abbild der kognitiven Prozesse eines Wahrnehmenden (auch nicht des Selbst durch Introspektion) herzustellen. Mentale Modelle müssen immer vor dem Hintergrund des bisherigen Modells und der aktuellen sensorischen Erfahrungen gesehen werden. „...our view of the world is causally dependent on both on the way the world is and on the way we are.“ (S. 402). Alles Wissen um diese Welt ist abhängig von der Art und Weise des Wahrnehmenden, mentale Modelle zu konstruieren.

Es ist nicht zu klären, welche individuelle Repräsentation von Welt konstruiert wird, da sie vom Wahrnehmenden selbst abhängt. Es wird aber mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Repräsentationsform gewählt, die einfach zu berechnen (Vorhersagbarkeit) ist. Johnson-Laird spricht hier auch vom (vierten) „principle of economy in models“ (S. 408). Ein Beispiel soll dies illustrieren: Der Wahrnehmende befindet sich in einem Zimmer mit einer Pendeluhr. Das Zimmer wird wahrscheinlich in seiner räumlichen Struktur mental repräsentiert, ebenso die Position der Uhr im Raum. Das ausschlagende Pendel hingegen wird als dynamische Struktur (Gelenk und Hebel, schwingend) repräsentiert. Es können also nebeneinander räumliche, funktionale, relationale und andere Strukturen in unterschiedlichen mentalen Modellen abgebildet sein. Es spielt dabei keine Rolle, ob diese unvollständige (auch subjektiv darum wissend) Beschreibungen darstellen. Werden die mentalen Modelle komplexer und damit nicht mehr berechenbar, so werden neue Modelle aufgebaut, die diese Komplexität reduzieren: „...there is not an exponential growth in complexity.“ (S. 409). Aktuelle mentale Modelle lassen somit immer Vorhersagen zu, die sich auf die (reduzierte) Komplexität und damit auf die jeweilige Modellsicht beziehen.

Die möglichen Konzepte, die mental repräsentiert werden können, kategorisiert Johnson-Laird wie folgt: Zeit, Raum, Möglichkeit, Erlaubnis, Ursache und Intention. Mentale Modelle organisieren Plausibilitätsstrukturen über „semantische Operatoren“ unter Nutzung dieser Konzepte. Die Modelle selbst werden eingeteilt in relationale, räumliche, zeitliche, kinematische, dynamische und bildhafte. Johnson-Laird geht davon aus, daß perceptive Prozesse normalerweise ein dynamisches, metrisches 3D-Modell erzeugen, welches die Volumina der Objekte und deren Relationen zueinander in einem objektzentrierten Koordinatensystem abbilden.

Rein propositionale Konzepte, wie Symbole oder Worte werden von Johnson-Laird mit besonderem Verweis auf das Verhalten kleiner Kinder als nicht haltbar angesehen und damit abgelehnt. Bestärkt wird diese Meinung durch die Nichtunterscheidbarkeit von Objekt und Glauben (nicht notwendigerweise in einem religiösen Sinn). Es bleibt unerheblich, ob eine Tatsache (insofern es diese gibt), eine

Erinnerung, ein Glauben an, eine reine Imagination etc. mental repräsentiert wird, entscheidend ist die mentale Repräsentation an sich. „What Meister Eckart believed about God could not be expressed in words ...“ (S. 432).

Johnson-Laird begründet damit eine kognitive Theorie, die es ermöglicht, räumliche Strukturen (kartesisch und strukturell) und damit auch die Relation des Selbst zum Raum in mentale Kategorien zu fassen.

Bei Schnotz (1994) bilden mentale Modelle quasi-räumliche Modelle aus unterschiedlichen Perspektiven ab. Es können nebeneinander mehrere mentale Modelle aus gleichen und/oder unterschiedlichen Perspektiven entstehen. Diese Modelle werden durch „mapping“ aufeinander bezogen, wobei Eigenschaften der einzelnen Modelle in den anderen Modelle enthalten sein können oder nicht. Es ist somit für den Interpretierenden möglich, Gemeinsamkeiten und auch Inkonsistenzen zu erkennen.

Das mentale Modell enthält alle Informationen, die für ein Ableiten (ein „Ablesen“) von Schlüssen notwendig sind. Ob hierfür implizites oder explizites Wissen und Regeln benötigt werden, ist an dieser Stelle nicht mehr von Belang. Die Überprüfung von gesetzten Prämissen erfolgt direkt und ausschließlich am mentalen Modell.

Schnotz verweist jedoch, gerade bezogen auf das Textverstehen, auf Zusammenhänge von propositionaler und mentaler Repräsentation. Er spricht hier von einer „mentalen Sprache“ die durch „Beziehungstiftung“ zum Sachverhalt zugewiesen wird. Geht man von einer gleichberechtigten und kooperierenden Existenz beider Modelle aus, so ergänzen sich die Modelle dergestalt, daß mentale Modelle Begriffe (propositional) enthalten, die nicht-morphologische Beziehungen innerhalb des mentalen Modells herstellen und andererseits analoge Repräsentationen (mentale Modelle) innerhalb der propositionalen Begriffswelt Beziehungen herstellen, die (aktuell oder tatsächlich) nicht durch Begriffe faßbar sind. Wann welche Form bevorzugt angewendet wird, hängt von der Art der zu bewältigenden Situation ab.

Selbst wenn man wie Lakoff & Johnson (1980) von einer eher propositionalen Abbildung ausgeht, so werden dennoch in den für VR relevanten Situationen räumliche, strukturelle und temporale Begriffe verwendet, die eine mentale Repräsentation des erfahrenen Raumes zulassen. Die Autoren schlagen hier ein primär metaphorisches Modell vor, d.h. sie gehen davon aus, daß eine Vielzahl von Erfahrungen dadurch gemacht wird, daß erlebte Sachverhalte über Ähnlichkeiten und Analogien konzeptualisiert werden. Auf der anderen Seite weisen sie darauf hin, daß, besonders von einem entwicklungspsychologischen Punkt aus betrachtet, Erfahrungen auf direkter Interaktion mit der Umgebung beruhen. Der Gegenstand der Wahrnehmung ist jedoch nicht ein einzelnes Objekt oder Merkmal, sondern vielmehr die *experiential gestalt*, die erfahrene Gestalt.

„Domains of experience that are organized as gestalts in terms of such natural dimensions seem to us to be *natural kinds of experience*. They are *natural* in the following sense: These kinds of experience are a product of **Our bodies** (perceptual and motor apparatus, mental capacities, emotional makeup, etc.)

**Our interactions** with our physical environment (moving, manipulating objects, eating, etc.)

**Our interactions** with other people within our culture (in terms of social, political, economic, and religious institutions)“ (Lakoff & Johnson, 1980, S. 117)

Über das Selbst und die Interaktionen mit der Umwelt wird die Gestalt der Umwelt erfahren. Dieser Vorgang ist eingebettet in den jeweiligen psychologischen, sozialen und kulturellen Kontext. Dieser Kontext schließt derzeit Erfahrungen mit virtuellen Umgebungen im Sinne von VR-Systemen nicht mit ein. Insofern besteht hier

ein gravierender Unterschied zum alltäglichen realweltlichen Erleben: es existieren noch (fast) keine eigenen Metaphern, die in der Gestaltung dieser Systeme zum Tragen kommen können. Die virtuelle Umgebung wird (immer noch) im Kontext der Erfahrungen aus der realen Welt erlebt. Die reale Welt ist die Metapher für die virtuelle Welt.

Im Gegensatz zu anderen Formen von Präsenz (Involviertheit, soziale Präsenz) scheint es sinnvoll anzunehmen, daß bei der Herstellung räumlicher Präsenz mentale Modelle die adäquate Betrachtungsweise darstellen, da ein räumlicher Zusammenhang zwischen Wahrnehmenden und Umwelt und damit mit den Objekten der Umwelt gebildet wird. Die Bildung von vordergründig propositionalen Modellen ist vermutlich auf situations- und kontextabhängige Phasen der Selbstreflexion beschränkt. Diese wiederum ist mit mentaler Last zur Bildung von Abstraktionen verbunden.

#### 2.2.4 Ganzheitliche Theorien zur Wahrnehmung (Gibson / Fodor & Pylyshyn / Varela, Thompson & Rosch)

Der amerikanische Wahrnehmungspsychologe Gibson beschriftet 1979 mit seinem „ökologischen Ansatz zu einer visuellen Perzeption“ einen Weg, dem heute insb. einige Medienwissenschaftlern und Psychologen folgen. Er geht davon aus, daß die Wahrnehmung auf offensichtlichen Eigenschaften (*pickup properties*) der Umgebung (des *optical array*) beruhen. Sie werden aus einem reichen Informationsangebot ausgewählt, wobei diese Eigenschaften die Umwelt (individuelle Umgebung) eindeutig spezifizieren. Die Wahrnehmung erfolgt direkt aufgrund der in der unmittelbaren Umgebung enthaltenen Eigenschaften. Es wird keine mentale Repräsentation über diese Umgebung aufgebaut.

Die Umgebung ist hierbei sowohl das Objekt der Wahrnehmung, als auch die Wahrnehmungsinformation an sich. Der wahrnehmende Organismus und die Umwelt bilden eine gekoppelte Einheit. Informationen aus der Umwelt werden als relevant erachtet, insofern sie Handlungen in dieser Umgebung hervorrufen bzw. unterstützen, die sogenannten ökologischen Objekte. Hierfür führt Gibson den (nur schlecht ins Deutsche zu übersetzenden) Begriff *Affordance* ein. Die Umwelt besteht also aus Affordances, und nur solche haben eine Bedeutung. Anders ausgedrückt wird die Umwelt nur danach mit Bedeutung belegt, wie sich dem Wahrnehmenden ihre Affordances offenbaren.

Dies führt zu einer ontologischen Konsequenz: Die Natur der Existenz der Organismen, und eben auch des Menschen, kann nur betrachtet werden als Zusammenspiel von Organismus und Umwelt bzw. Wahrnehmung. Der Wahrnehmende beeinflusst die Umwelt, die Umwelt beeinflusst den Wahrnehmenden. Damit ist eine Trennung von Subjekt und Objekt nur noch bedingt möglich. In weiteren Ausführungen zur Entwicklung der Organismen im Allgemeinen und zur Evolution auf der Basis der Kopplung von Organismus und Natur weist er eine Separierung von Subjekt/Objekt vollständig zurück.

Letztendlich ist das Maß für die Wahrnehmung das erfolgreiche Handeln in der Umgebung. Alle anderen Größen sind überflüssig, wie die Bildung von mentalen Modellen über die Umgebung.

Hier finden wir auch die zwei hauptsächlichen Kritikpunkte an der Theorie Gibsons:

Erstens ist zu spezifizieren, was erfolgreiches Handeln bedeutet. Für virtuelle Welten interpretieren Zahorik & Jenison (1998) erfolgreiches Handeln als gesetzmäßiges Handeln. D.h., werden die Handlungen in der virtuellen Welt genauso ausgeführt wie in der realen Welt und reagiert das System wie in der realen Welt, so kann von Erfolg gesprochen werden. Der naheliegende Einwand, daß virtuelle Welten anderen Gesetzen unterliegen können als reale Welten, wird mit dem

Argument begegnet, daß die bisherige Entwicklung des Menschen (kulturell und individuell) in der realen Welt stattfand und somit nur diese Gesetze angewendet werden können.

Andererseits betont Gibson eine Objektivität in der Bewertung der Wahrnehmung und es könnte geschlossen werden, daß damit erfolgreiches Handeln meßbar ist, z.B. in Form von Zeit, die zur Erledigung einer Aufgabe nötig ist.

Eine tiefgehende Kritik äußern Fodor & Pylyshyn (1981) insb. in folgenden Punkten:

Außer in einer Unterscheidung mikroskopischer (neurobiologischer) und makroskopischer (verhaltensbiologischer) Bereiche erfolgt keine Unterscheidung von ökologischen und nicht-ökologischen Objekten. „...., if *any* property can count as an invariant, and if any psychological process can count as the pickup of an invariant, then the identification of perception with the pickup of invariants excludes nothing.“ (S. 141)

Fodor & Pylyshyn setzen ihr Modell der Wahrnehmung als Alternative zum Gibson-Modell:

„Our argument will be that (a) the prototypical perceptual relations (seeing, hearing, tasting, etc.) are extensional [...] (b) whereas, on the contrary, most other prototypical cognitive relations (believing, expecting, thinking about, seeing as, etc.) are intentional; and (c) the main work that the mental representation construct does in cognitive theory is to provide a basis for explaining the intentionality of cognitive relations.“ (S. 188)

Ein Lösungsansatz wird geboten, indem die Eigenschaften der Wahrnehmung in zwei Klassen unterteilt werden: in projizierbare und nicht-projizierbare Eigenschaften (projectable and non-projectable properties). Die Projizierbaren Eigenschaften sind solche, die ausschließlich aus der Umgebung erkannt werden. Diese sind damit vergleichbar mit dem optical flow field bei Gibson, obwohl Fodor & Pylyshyn diese Eigenschaften nicht auf die Handlungsmöglichkeiten mit diesen Objekten beschränken. Nicht-Projizierbare Eigenschaften sind durch ihre offensichtliche (bzw. gerade nicht-offensichtliche) Unterdeterminiertheit in Bezug auf die Perzeption bestimmt. Zur Wahrnehmung von nicht-projizierbaren Eigenschaften sind zusätzliche Informationen aus dem kognitiven Modell des Nutzers notwendig.

Objekte im Allgemeinen können dem Wahrnehmenden in ihrer Eigenschaft des Zweckes, des Nutzens gegenüberreten oder in ihrem „being a“, im Deutschen in ihrer „-heit“ Sie bringen hierfür das Beispiel eines Schuhs. Ein Schuh kann als Schuh in seiner Schuhheit erkannt werden (da dieser Gegenstand schon immer Schuh genannt wurde und deshalb einfach Schuh ist) oder weil ich einen Gegenstand wahrnehme, den ich anziehen kann und mit dem ich meine Füße beim Laufen schütze.

Unabhängig von der Gegensätzlichkeit der Darstellungen bei Gibson und bei Fodor & Pylyshyn können einige wertvolle Kernpunkte für Wahrnehmung von virtuellen Umgebungen und Präsenz aus diesen extrahiert werden:

1. Die Wahrnehmung von virtuellen Umgebungen basiert auf einer Handeln-Perzeption-Schleife, eine vom Handeln (*action*) unabhängige Wahrnehmung gibt es nicht.
2. Die Elemente der Umwelt werden in ihrer „-heit“ oder in ihrer Affordance wahrgenommen. Der Akt der Wahrnehmung beruht auf dem Handeln
3. Es gibt projizierbare und nicht-projizierbare Eigenschaften der Objekte der Umgebung.

Die Kognitionswissenschaftler Francisco Varela, Evan Thompson und Eleanor Rosch (1991) versuchen mit einem sogenannten „Mittleren Weg der Erkenntnis“ Objekt-Subjekt-Gegenüberstellungen, wie sie im extremsten Fall zwischen Rationalismus und Solipsismus verankert sind, zu verbinden. Sie entwerfen eine neue Theorie zur Kognitionswissenschaft, die letztendlich ihre Wurzeln aus der buddhistischen Philosophie bezieht und auf dem Konzept der verkörperten Wahrnehmung beruht.

Ontologisch läßt sich ihre Anschauung zusammenfassen durch: „Der Erkennende und das Erkannte, der Geist und die Welt, bestimmen einander wechselseitig oder entstehen in gegenseitiger Abhängigkeit“ (Varela, Thompson, & Rosch, 1995; S. 209).

Die beiden zu verbindenden Ansichten (als Henne- und Ei-Position bezeichnet) beziehen sich auf die Frage nach der Objektivität dieser Welt. Auf der einen Seite (Henne) wird argumentiert, daß die objektive Welt existiert und eine Abbildung oder Wiederherstellung dieser Welt beim Wahrnehmenden entsteht. Auf der anderen Seite (Ei) wird die Welt ausschließlich beim Wahrnehmenden selbst konstruiert, lediglich die internen Gesetze des Systems werden widerspiegelt (konstruktivistischer Ansatz, wie er auch früher von Varela, Maturana, von Foerster etc. vertreten wurde). Es ist also die Frage nach dem Primat von Objekt oder Subjekt.

Offensichtlich wird in beiden Positionen von Repräsentationen ausgegangen, der Unterschied liegt in der Zuordnung des Bereiches, in welchem sich diese Repräsentationen befinden, extern (in der „Außenwelt“) oder intern (im Weltmodell des Wahrnehmenden).

Varela et. al. setzen der Repräsentationsgrundlage das verkörperte Handeln entgegen. Sie argumentieren, daß Kognition nicht vom biologischen, psychologischen und kulturellen Erfahrungshintergrund des Wahrnehmenden gelöst werden darf und daß sich diese Erfahrungen sensorisch und motorisch (Wahrnehmung und Handlung) entwickelt haben. Hieraus folgern sie ihr Modell der „Inszenierung“ (*enaction*), in welchem auf der einen Seite Wahrnehmung immer wahrnehmungsgeleitetes Handeln ist und auf der anderen Seite die Kognitionsstrukturen aus sensomotorischen Mustern bestehen. Erst diese Strukturen ermöglichen eine Lenkung des Handelns durch Wahrnehmung. Das kognitive Modell ist auf Erfahrungen des Ich (des Körpers in seiner sensomotorischen Dimension) aufgebaut.

Man kann also strenggenommen nicht mehr allein von Wahrnehmung sprechen, sondern immer nur von Wahrnehmung/Handlung.

Schließt man sich diesem Modell an, so ist Präsenz in virtuellen Umgebungen nur möglich, wenn die virtuelle Welt sensomotorische Wahrnehmung des Nutzers zuläßt, d.h. wenn sie Interaktionsmöglichkeiten, die einen Bezug zum Körper des Nutzers haben, bereitstellt.

Methodisch gesehen können Varela, Thompson & Rosch zum Vorbild genommen werden, um in einem Präsenzmodell in der Betrachtung des Gegenstandes eine Vermittlung zwischen streng objektivistischer und streng subjektivistischer Position vorzunehmen. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, das zu entwickelnde Modell nicht einer bestehenden Kategorie zuordnen zu müssen und damit (erzeugte) Begründungen liefern zu müssen, birgt aber auf der anderen Seite die Gefahr des Opportunismus hinsichtlich möglicher Interpretationen zugunsten der einen oder anderen Position.

## 2.2.5 Interpretation von virtuellen Welten (Eco/Norman)

In Anlehnung an Eco (1995) sollen hier Welten unterschieden werden, die bezüglich ihrer Vorstellbarkeit und ihrer Möglichkeit beschrieben werden. Es gibt vorstellbare und mögliche (wahrscheinliche, plausible) Welten, die zumindest in der Intention des Gestalters der virtuellen Umgebung den Regelfall darstellen. Es wird eine Umgebung zur Perzeption und Interpretation angeboten, die möglichst nahe an die realweltlichen Erfahrungen des Wahrnehmenden angelehnt ist, damit sowohl plausibel als auch vorstellbar und damit konzeptualisierbar ist.

Auf der anderen Seite existieren sowohl in VR-Systemen als auch in anderen Medien Welten, die wenig plausibel erscheinen, jedoch vorstellbar sind. Es bedarf seitens des Wahrnehmenden der Bereitschaft, diese unwahrscheinliche Welt zumindest kurzzeitig als wahr zu akzeptieren, um sie vorstellbar zu machen. Eco nennt hier das Beispiel der sprechenden Tiere (wie im Märchen „Rotkäppchen und der Wolf“): eine zwar wenig wahrscheinliche Situation, jedoch vorstellbar.

Mögliche und unmögliche nicht vorstellbare Welten können z.B. über das Medium Text vermittelt werden, für VR scheinen diese jedoch (vorerst) nicht applikabel. Es handelt sich hierbei um Welten, die zwar erwähnt, aber nicht imaginiert werden können. Als Extrembeispiel nennt hier Eco nicht vorstellbare unmöglich mögliche Welten, Welten also, die nur insofern vorstellbar sind, um zu begreifen, daß sie unvorstellbar sind.

In Bezug auf Architektur in virtuellen Umgebungen kann man davon ausgehen, daß in virtuell solider Architektur die Welten sowohl vorstellbar als auch möglich sein sollten, um die Intention dieser VU zu vermitteln. In virtueller Architektur kann es vorstellbare mögliche und unmögliche Inhalte geben.

Nicht vorstellbare virtuelle Umgebungen sollen hier im Zusammenhang mit räumlich-architektonischen virtuellen Welten die auf Präsenz abzielen nicht Gegenstand der Betrachtung sein, obwohl es in anderen Disziplinen Anwendungen dafür geben kann, wie z.B. im Ästhetischen.

Jede vorstellbare Welt kann aber nunmehr unterschiedlich interpretiert werden. Auf der einen Seite gibt es die Intention des Gestalters der virtuellen Umgebung, die als Angebot zur Interpretation an den Rezipienten gemacht wird. Eco spricht hier im auf der Grundlage des Textlesens und -verstehens vom Rezipienten als dem Modell-Leser, also einer fiktiven Person oder Personengruppe, die während des Gestaltungsprozesses bewußt oder unbewußt als Angesprochener fungiert. Dieser Modell-Akteur (im Falle von VR-Systemen) hat während der Interpretation der VU auf der anderen Seite ein Bild von einem Modell-Autor, eine ebenfalls fiktive Person, oder bei computerbasierten Systemen und den damit verbundenen Einstellungen sogar eine technische Instanz, wie Maschine, Algorithmus etc. Ein ähnliches Modell findet sich bei Norman (1989), der diese Reihe der Modelle fortsetzt und die hier bezüglich der Gestaltung von virtuellen Umgebungen illustriert werden sollen:

Die Gestaltung einer virtuellen Umgebung aus der Sicht des Autors, also das Gestaltungsziel, drückt sich über die Form (Erscheinung, [narrative] Handlung, Handlungsmöglichkeiten) aus. Die VU ist somit ein Angebot des Autors zur Interpretation durch den Akteur. Der Gestaltungsprozeß der VU ist neben den technisch-organisatorischen Rahmenbedingungen bestimmt durch folgende Konstruktionen:

$MM_{\text{Autor1}}$  (real-world): Das mentale Modell (MM) des Autors über die [Um]welt in der er lebt an sich. Dieses ist gekennzeichnet durch Faktoren wie Erbgut, Erziehung, Bildung, bisherige Erfahrungen, Kulturkreis.

$MM_{\text{Autor2}}$  (VU): Das mentale Modell des Autors über die zu erschaffende virtuelle Umgebung. Dieses Modell ändert sich häufig während des Gestaltungsprozesses.

$MM_{\text{Autor3}}$  (Akteur): Das mentale Modell des Autors über den zu erwartenden Nutzer der VU. Entweder ist der Nutzer (Akteur) bekannt, z.B. eine bestehende soziale Gruppe oder er stellt sich dem Autor als fiktive Gestalt (u.U. Prototyp) dar.

$MM_{\text{Autor4}}$  ( $MM_{\text{Akteur}}$  (VU)): Das mentale Modell des Autors über das Modell des Akteurs über die virtuelle Umgebung. Dieses Modell zielt auf die Frage ab, welche Konstruktion sich der Akteur über die durch die Formen vermittelte VU machen wird.

$MM_{\text{Autor5}}$  ( $MM_{\text{Akteur}}$  (Autor)): Das mentale Modell des Autors über das Modell des Akteurs über den Autor der virtuelle Umgebung. Was hat sich der Autor dabei gedacht? Ob dieses Modell, genau wie alle weiteren Rekursionen ( $MM_{\text{Autor}}$  ( $MM_{\text{Akteur}}$  ( $MM_{\text{Akteur}}$  (...))) wirklich vorhanden ist, bleibt fraglich.

Der Autor versucht den Akteur mit Stimuli (über die Form der VU) zu versorgen, von denen er glaubt, daß diese seinem  $MM(VU)$  möglichst nahe kommen. Äquivalente Interpretationen sind hier ausgeschlossen (siehe weiter unten)

Aus der Sicht des Akteurs kann die Notwendigkeit der Nutzung einer VU sehr unterschiedliche Ursachen haben. Der Akteur möchte eine Aufgabe erledigen und hofft, dies mit Hilfe dieser VU bewerkstelligen zu können (aufgabenorientiert) oder eine alternative Welt erleben, entweder aus Wissen oder aus Unwissen um die Möglichkeiten einer VU (erlebnisorientiert). In beiden Fällen soll entweder das mentale Modell über die VU bestätigt werden („ist ja genau so wie ich mir das gedacht habe“) oder verändert werden („na mal sehen, was mich da erwartet“). In jedem Falle ist dies abhängig von der Bereitschaft, sich in Bann ziehen zu lassen („willingness to suspend disbelief“).

Folgende mentalen Modelle treten beim Akteur auf:

$MM_{\text{Akteur1}}$  (real-world): Das mentale Modell des Akteurs über die [Um]welt, in der er lebt, an sich.

$MM_{\text{Akteur2}}$  (VU): Das mentale Modell des Akteurs über die angebotene virtuelle Umgebung. Dieses Modell ändert sich während des Nutzungsprozesses. Wir haben es hier also eigentlich mit drei  $MM$  zu tun: das mentale Modell vor der Nutzung, während der Nutzung und nach der Nutzung der VU.

$MM_{\text{Akteur3}}$  (Autor): siehe oben.

$MM_{\text{Akteur4}}$  ( $MM_{\text{Autor}}$  (VU)): siehe oben.

$MM_{\text{Akteur5}}$  ( $MM_{\text{Autor}}$  (Akteur)): Welches Modell hat der Autor über mich?

Der aus Sicht des Gestalters (Autors) anzustrebende Idealzustand wäre, daß sein Modell über die angebotene virtuelle Umgebung äquivalent durch den Akteur (Nutzer) interpretiert wird. Das hieße: über die Form, also die bereitgestellte virtuelle Umgebung allein kann ein eindeutiges mentales Modell beim Nutzer induziert werden. Dieser Fall tritt nach Eco nicht ein. Es gibt keine äquivalente Interpretation. Da Interpretation immer vor dem bisherigen Erfahrungshorizont des Nutzers stattfindet und es keine zwei Nutzer mit den gleichen Erfahrungen gibt, kann es auch keine 1:1-Interpretation von zwei unterschiedlichen Personen geben. In diesem Falle auch keine objektiv gleiche (selbe) Interpretation von Gestalter und Nutzer der VU.

Auf der anderen Seite wird eine nach dieser Aussage naheliegenden Annahme der Beliebigkeit der Interpretationen durch Eco ebenfalls widerlegt. Bei Eco durch den Text, hier durch die VU wird ein Angebot unterbreitet, welches zwar unendlich viele, jedoch abzählbar viele Interpretationen zuläßt. Mit anderen Worten gibt es Interpretationen, die mit Sicherheit als inadäquat zu betrachten sind: „Zu sagen, daß ein Text potentiell unendlich sei, bedeutet nicht, daß *jeder*

Interpretationsakt gerechtfertigt ist. Selbst der radikalste Dekonstruktivist akzeptiert die Vorstellung, daß es Interpretationen gibt, die völlig unannehmbar sind.“ (Eco, 1995, S. 22)

Die Interpretation einer VU durch den Nutzer (Akteur) findet also innerhalb der Grenzen von äquivalenter und beliebiger Interpretation statt, unter Ausschließung der Extreme.

Eine Möglichkeit, innerhalb dieser Grenzen zu einer wahrscheinlichen Interpretation im Sinne des Gestalters zu kommen, liegt in dem Schluß von Norman & Draper (1986): „Know the user!“. Diese Aussage ist so banal wie entscheidend für eine erfolgreiche Gestaltung von virtuellen Umgebungen und damit für eine hohe Präsenz des Nutzers in diesen. Die Konstruktion von Welt, also die Interpretation des Angebots obliegt einzig und allein dem Nutzer. Je besser die bisherige Modellwelt des Nutzers bekannt ist, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, den Nutzer mit den Stimuli (gerade inhaltlich) zu versorgen, die ihn diese Welt als Alternative erkennen lassen und ihn damit einen Teil dieser Welt werden zu lassen.

### 2.2.6 Die Basis für ein Präsenzmodell: Glenberg

Der Kognitionswissenschaftler Arthur M. Glenberg (1997) beschreibt in seiner Theorie einer verkörperten Kognition (embodied cognition) ein Modell über die mentale Repräsentation von Wahrnehmung in ihrem Zusammenhang von Mensch-Umwelt-Interaktion und Gedächtnis. Sein Ansatz konzentriert sich auf das Gedächtnis, d.h. darauf, in welchen Strukturen das Gedächtnis Wahrnehmungs- und Erfahrungsprozesse erfaßt. Damit einhergehen Betrachtungen über die Wahrnehmung an sich, hier insbesondere das Sprachverstehen und die Prozesse bei der Verarbeitung von Mensch-Umwelt-Situationen. Auf das letztgenannte wird hier besonders eingegangen.

Ebenso wie Varela und Gibson sieht Glenberg in der im Zusammenspiel zu betrachtenden sensomotorischen Wahrnehmung/Handlung die Grundlage aller Perzeptionsprozesse. Ausgehend von einem holistischen Modell der mentalen Modellrepräsentation (Johnson-Laird) ist der Körper das zentrale Element in dieser Wahrnehmungsschleife. Einerseits ist der Körper die zentrale Bezüglichkeit, andererseits ist er aber auch das Instrument für die sensomotorische Wahrnehmung: rezipierend und agierend. Die so gewonnenen Erfahrungen werden als körperliche Erfahrungen im Gedächtnis gespeichert.

Die Eigenschaften der Objekte der Wahrnehmung werden wie bei Fodor & Pylyshin (1981) in projizierbare und nicht-projizierbare Eigenschaften unterteilt, jedoch wird bei Glenberg davon ausgegangen, daß die Objekte nur in der Art und Weise erkannt werden, inwieweit Handlungsmöglichkeiten für den Wahrnehmenden daraus resultieren. Auf eine mögliche „-heit“ der Objekte wird nicht eingegangen.

Die verkörperte Wahrnehmung stellt also immer Beziehungen her zwischen dem Körper des Wahrnehmenden und Handlungsmöglichkeiten bzw. Handlungsmustern in der Umgebung. Diese Beziehungen entstehen durch Handlung (auch Bewegung) des Körpers mit seinen motorischen Möglichkeiten in der Umwelt des Wahrnehmenden.

Auf der einen Seite gibt es Objekte in der Umgebung, die unmittelbar sensorisch erfahren werden können (projizierbare Eigenschaften). Vergleichbar mit den Affordances bei Gibson wird hier eine Konstruktion beim Wahrnehmenden erzeugt, die das Objekt in seinen Möglichkeiten beschreibt, welche Handlungsmöglichkeiten es bietet.

Außerdem existieren Objekte mit nicht-projizierbaren Eigenschaften, bei welchen die Konstruktion auf der Basis von bereits im Gedächtnis abgelegten Erfahrungen erzeugt wird. Diese Erfahrungen liegen verkörpert vor, d.h. sie sind nicht unabhängig von der Situation, in der sie sensomotorisch hervorgebracht wurden.

Die ständige Vermaschung (*meshing*) von projizierbaren und nicht-projizierbaren Eigenschaften aus dem Gedächtnis ist die (unbewußte) Gedächtnisleistung in jeder Situation (*indirect, implicit memory*). „When we are walking the path home, we do not need to consciously recall which way to turn at each intersection;“ (Glenberg, 1997; S. 10). Im Gedächtnis werden diese Handlungsmuster (*meshed set of patterns of action*) konzeptualisiert.

Mit Verweis auf Gefahrensituationen im alltäglichen Leben erläutert Glenberg, daß in den Vermaschungen in der Regel die projizierbaren Eigenschaften dominieren. Diese erfordern keine Gedächtnisleistungen („...may not require any sort of representation of the environment and they may not require memory.“ (S. 4)), sie werden nach Glenberg „eingeklammert“ (*clamping*). Innerhalb dieser geklammerten (projizierbaren) Eigenschaften werden nun durch den Wahrnehmenden verschiedene nicht-projizierbare Eigenschaften in die Klammerung eingesetzt und somit unterschiedliche, der Situation entsprechende Konzeptualisierungen hergestellt. Hierdurch entstehen unterschiedliche Bedeutungen der Situation, nämlich in Abhängigkeit davon, wie aktuell in der Situation interagiert werden kann: „...the world is conceptualized (in part) as patterns of possible bodily interactions, that is, how we can move our hands and fingers, our legs and bodies, our eyes and ears, to deal with the world that presents itself?“ (S. 3). Die Betonung bei Glenberg liegt hierbei auf der Bedeutungszuweisung durch mögliche Handlungen.

Teilweise ist es aber nötig, geklammerte Eigenschaften (projizierbare Sinneseindrücke) zu unterdrücken (*suppression*), um mentale Ressourcen für gedankliche Leistungen freizugeben. Dies ist insb. dann der Fall, wenn Modelle konzeptualisiert werden, die mit den Sinneseindrücken der aktuellen Situation im Widerspruch stehen. Diese Unterdrückung erfordert mentale Leistung.

Glenberg geht davon aus, daß sich die Konzeptualisierungen ständig ändern und diese Änderungen sich in Form von Trajektorien (*trajectories*) enkodiert werden. Konzeptualisierungen ändern sich infolge einer Änderung der Situation oder infolge der wechselnden Vermaschung durch Rückgriffe auf das Gedächtnis. Der Abgleich (*update*) des Gedächtnisses geschieht hierbei automatisch: „Here is the proposal for updating memory: memory is updated automatically (that is, without intention) whenever there is a change in conceptualization (mesh).“ (S. 7). Auf diese Gedächtnisinhalte (*trajectories*) wird später über das Erinnerungsgefühl (*feel of memory*) zurückgegriffen, um es in neuen Konzeptualisierungen zu vermaschen. Die Trajektorien sind verkörpert, d.h. sie beschreiben die erinnerte Situation im Zusammenhang des Wahrnehmenden als seine eigene Handlung zu diesem Zeitpunkt, sie lassen sich somit leicht auf die aktuelle Situation anwenden, die wie oben angedeutet, ihre Bedeutung aus den Handlungsmöglichkeiten bezieht.

„...memory is embodied by encoding meshed (i.e. integrated by virtue of their analogical shapes) sets of patterns of action. How the patterns combine is constrained by how our bodies work. A meshed set of patterns correspond to a conceptualization.“ (S. 3)

Das Glenbergsche Konzept scheint ein guter Ausgangspunkt zu sein, um ein Präsenzmodell auf Basis einer verkörperten Wahrnehmung aufzubauen.

Räumliche Präsenz kann demnach u.a. erzeugt werden, wenn die Bewegung des eigenen Körpers durch die virtuelle Umgebung (selbstgesteuerte Navigation) als Handlungsmöglichkeit durch den Wahrnehmenden angesehen wird. Die Präsenz

kann erhöht werden, wenn weitere Interaktionsmöglichkeiten hinzukommen und so weitere, der Situation angemessene Konzeptualisierungen hergestellt und erfahren werden.

Weiterhin kristallisiert sich heraus, daß die Handlungsmöglichkeiten, die in den Objekten der Umgebung selbst liegen, ein Verstehen der Umgebung bewirken. Werden diese Möglichkeiten in Bezug auf den eigenen Körper gesehen, führt dies zu Präsenz in dieser Umwelt. Körperangepasste Stimuli erhöhen die Präsenz.

Andererseits wird die Präsenz verringert, wenn die Sinneseindrücke der aktuellen Situation unterdrückt werden müssen, um eine (nicht in der virtuellen Umgebung verankerte) Konzeptualisierung aufzubauen. Werden z.B. die Stimuli aus der realen Umgebung zur Störung der virtuellen Stimuli, so müssen diese unterdrückt werden, dies erfordert mentale Leistung, die zulasten der Konzeptualisierung der virtuellen Welt geht.

Inwiefern die Konzeptualisierungen durch Trajektorien abgebildet werden oder nicht, ist im Zusammenhang mit Präsenz von minderer Bedeutung. Entscheidend für ein Verständnis einer verkörperten Präsenz ist jedoch, daß die im Gedächtnis abgebildeten Konzeptualisierungen immer in Bezug zum eigenen Körper beschrieben sind. Verlangt also die virtuelle Umgebung einen Rückgriff auf abstrakte mentale Elemente, so wird dies die Präsenz vermindern. Weiterhin sei hier auf folgenden entscheidenden Unterschied zwischen aktueller Wahrnehmung und mentaler Repräsentation hingewiesen. Selbst wenn (entwicklungspsychologisch) jede mentale Modellbildung ausschließlich auf der Erfahrung durch Handlung und Handlungsmöglichkeiten beruht, so wird diese Erfahrung in der Wahrnehmungssituation nicht bewußt nachvollzogen. D.h., daß bestimmte Objekte der (virtuellen) Umgebung einfach nur in ihrer Existenz („-heit“), i.d.R. als Versicherungselemente, wahrgenommen werden, obwohl diese „-heit“ durch frühere Handlungen mit diesen Elementen erfahren wurde. Für die Gestaltung von virtuellen Umgebungen ist diese Differenzierung von größerer Bedeutung als für die Erklärung von Präsenz an sich. Außerdem kann damit eine „Selbstverständlichkeit“ in der Perzeption bei wiederholter Nutzung der selben oder einer ähnlichen VU erklärt werden. Eine Unterscheidung in orientierungs- und handlungsrelevante Elemente der VU kann somit aus gestaltungsbezogener Sicht vorgenommen werden, unabhängig davon, ob ein epistemologischer Beweis dafür erbracht werden kann.

### 2.3 Thesen zu Präsenz in immersiven virtuellen Umgebungen

Räumliche Präsenz kann am besten über mentale Modelle erklärt werden (im Gegensatz zu rein propositionalen Ansätzen). Ob innerhalb dieser mentalen Modelle propositionale Elemente relevant sind in der Betrachtung von räumlicher Präsenz (die Beziehung des eigenen Ich/Körper zur virtuellen Umgebung), ist von untergeordneter Bedeutung. Inwiefern andere Modelle bessere Erklärungen für andere Formen von Präsenz (Involviertheit, soziale Präsenz) liefern können, bleibt im Rahmen dieser Arbeit unbehandelt.

Präsenz ist eine Imaginationsleistung des Nutzers, er konstruiert seine Welt und seine Beziehung zu dieser Welt. Dies setzt a) Bereitschaft zur Wahrnehmung einer alternativen (virtuellen) Welt und b) Bereitschaft zur Erbringung dieser Imaginationsleistung voraus.

Präsenz kann erst entstehen, wenn die VU als (dreidimensionale) Welt erkannt wird. Es müssen Stimuli bereitgestellt werden, die eine entsprechende Interpretation zulassen. Die Gestaltung der VU entscheidet über den Raum der Interpretierbarkeit, dieser ist nicht beliebig. Das heißt nicht, daß Interpretationen außerhalb der Intention des Gestalters erfolgen können.

Präsenz wird im biologischen, psychologischen und kulturellen Kontext des Nutzers aufgebaut. Präsenz kann also nicht losgelöst von den Erfahrungen des Nutzers betrachtet werden. Diese Erfahrungen beruhen fast ausschließlich auf realweltlicher Grundlage.

Die wahrzunehmende Umwelt besitzt projizierbare und nicht-projizierbare Eigenschaften. Projizierbare Eigenschaften werden unmittelbar sensorisch aufgenommen und benötigen keine kognitive Leistung des Nutzers. Nicht-projizierbare Eigenschaften werden durch Erfahrungen aus dem Gedächtnis ergänzt, es entstehen wechselnde Konzeptualisierungen der Situation.

Die Objekte der virtuellen Umgebung sind entweder orientierungs- oder handlungsrelevant. Orientierungsrelevante Objekte werden in ihrer „-heit“ wahrgenommen, benötigen keine (oder zumindest wenige) mentale Ressourcen und besitzen somit projizierbare Eigenschaften. Handlungsrelevante Objekte erscheinen dem Nutzer in dem Sinne, welche Handlungsmöglichkeiten mit ihnen bestehen. Sie können sowohl projizierbare als auch nicht-projizierbare Eigenschaften besitzen.

Das selbe Objekt in einer virtuellen Umgebung kann vom Nutzer situationsabhängig als orientierungs- oder handlungsrelevant interpretiert werden. Das aktuelle Ziel der Handlung in der virtuellen Umgebung bestimmt die Interpretationsweise.

Projizierbare Eigenschaften müssen in der virtuellen Umgebung überwiegen, um eine Präsenz innerhalb der intendierten virtuellen Welt mit entsprechender Wahrscheinlichkeit herzustellen.

Je mehr nicht-projizierbare Eigenschaften die virtuelle Umgebung enthält, je höher ist der Bedarf an Interaktion, um Präsenz herzustellen. Interaktion ermöglicht bzw. erleichtert Konzeptualisierungen der virtuellen Umgebung.

Bsp.: Im 4D-Würfel-Experiment von *von Foerster* (1992) besaß die virtuelle Umgebung für die Nutzer fast ausschließlich nicht-projizierbare Eigenschaften, erst durch die Interaktion mit der VU konnten entsprechende Konzeptualisierungen hergestellt werden.

Präsenz entsteht durch Handeln (Interaktion) mit der virtuellen Umgebung. Es können drei Formen von Interaktion unterscheiden werden:

1. selbstgesteuerte Bewegung des Nutzers durch die VU,
2. Interaktion mit Objekten der VU,
3. Interaktion mit Subjekten der VU (Kommunikation).

Präsenz entsteht aus einer Handeln-Wahrnehmung-Schleife, also aus sensorischer Wahrnehmung, die einerseits nicht zergliederbar ist, andererseits jedoch für eine wissenschaftliche (rationalistische) Modellbildung in die Bestandteile Aktion und Wahrnehmung zerlegt werden muß.

Die Handlung in einer VU ist körperbezogen. Die Objekte des virtuellen Raumes werden in Beziehung zum eigenen Körper interpretiert. Erstens bedeutet das, daß alle kartesischen Größen (Abstände, Ausmaße, Lage im Raum, örtliche Beziehungen) ins Verhältnis zum eigenen Körper gesetzt werden (in ihren projizierbaren und nicht-projizierbaren Eigenschaften) und zweitens, daß sich alle Handlungsmöglichkeiten auf das Interaktionsinstrument eigener Körper beziehen.

Handlungsrelevante Objekte der virtuellen Umgebung erhöhen Präsenz, wenn sie körperangepaßt dargestellt werden. Orientierungsrelevante Objekte der virtuellen Umgebung erhöhen Präsenz, wenn sie innerhalb des Erfahrungskontextes in ihrer „-heit“ dargestellt werden, somit unmittelbar projizierbar sind.

Die Unterdrückung von Stimuli aus der nicht-virtuellen Umgebung (i.d.R. die reale, physische Umgebung) erfordert mentale Ressourcen. Können diese nicht erbracht werden, verringert sich die Präsenz. Daraus leiten sich zwei Konsequenzen ab: a) Je leichter eine (intendierte) Konzeptualisierung der virtuellen Welt gelingt, je geringer muß unterdrückt (supressed) werden und b) je weniger Stimuli aus der nicht-virtuellen Umgebung wahrgenommen werden, um so leichter gelingt eine Konzeptualisierung.

Die Bedeutung einer virtuellen Umgebung (der gesamten Umgebung, nicht notwendigerweise der einzelnen Elemente) entsteht durch die in ihr möglichen Handlungen des Nutzers (körperbezogene Handlung). Sie wird bestimmt durch die angebotenen Handlungsmuster (Intention des Gestalters) und die Handlungsmuster des Nutzers. Über Konzeptualisierungen entstehen Handlungsmöglichkeiten in der virtuellen Umgebung.

Je relevanter die Bedeutung der VU für den Nutzer ist, je höher ist die (auch nicht-räumliche) Präsenz. Räumliche Präsenz entsteht durch körperbezogene Handlungsmöglichkeiten des Nutzers im Raum der VU.



## Kapitel 3

# KLASSIFIKATION DER FAKTOREN

In diesem Kapitel wird eine Bestandsaufnahme zur internationalen Präsenzforschung (im Sinne des *sense of presence* in virtuellen Umgebungen) vorgenommen, die die Einflußfaktoren auf Präsenz zum Gegenstand hat. Es werden die zentralen Probleme bei der Erforschung dieses Phänomens aufgezeigt und Lösungs- und Forschungsansätze entwickelt. Daraus abgeleitete Hypothesen werden in dieser Arbeit verfolgt.

Es werden drei zentrale Ziele mit diesem Kapitel verfolgt. Erstens wird eine in der Präsenzliteratur bisher fehlende Klassifizierung der potentiellen Faktoren vorgenommen, um eine mögliche gemeinsame Kommunikationsbasis zu schaffen. Zweitens wird, insofern dies auf Grundlage der vorliegenden Daten möglich ist, der Zusammenhang der einzelnen Faktoren zu Präsenz an sich oder zu einer Präsenzkomponente hergestellt. Drittens wird versucht zu beschreiben, wie sich die Faktoren in virtuellen Umgebungen ausdrücken und gegebenenfalls Gestaltungsvorschläge gegeben.

Die Ziele werden auf einer gestaltungsorientierten Basis verfolgt, d.h. selbst wenn aus theoretischer Sicht ein alternatives Modell gerechtfertigt gewesen wäre, so wird einer auf die Gestaltung von virtuellen Umgebungen gerichteten Sicht der Vorrang gegeben.

### 3.1 Einführung

Wie aus dem vorangegangenen Kapitel ersichtlich geworden sein sollte, ist Präsenz ein psychologisches Phänomen, welches nicht losgelöst von der Interpretation durch den Benutzer betrachtet werden kann. Diese Interpretation umfaßt den Prozeß der mentalen Konstruktion der virtuellen Welt. Dieser Prozeß ist eine Imaginationsleistung des Nutzers und kann durch immersive Faktoren beeinflußt werden.

Es muß also an dieser Stelle grundsätzlich unterschieden werden in:

- a) Immersion
- b) Imaginationsprozeß
- c) Präsenz

Die Kategorie Immersion wird definiert durch alle Komponenten der Erlebens einer virtuellen Welt, die den Imaginationsprozeß beeinflussen. Immersion schließt alle Stimuli der realen Welt, der technischen Umfassung des Benutzers (Immersionstechnik) und der angebotenen virtuellen Welt (Inhalt) sowie das beim Benutzer vorhandene mentale Modell über die virtuelle Welt ein.

Der Imaginationsprozeß ist gekennzeichnet durch ein ständiges Abgleichen des mentalen Modells aufgrund der eintreffenden Stimuli (Immersion, projizierbare Eigenschaften aus der Umgebung) und durch das Ergänzen und Assoziieren mit Elementen des mentalen Modells. Dieser Prozeß wird maßgeblich durch die Interaktion mit der virtuellen Umgebung beeinflußt (vgl. Heidegger).

Die Kategorie Präsenz beschreibt das gefühlsmäßige Ergebnis des Imaginationsprozesses, in dieser Umgebung präsent zu sein. Neben Präsenz treten unzählige weitere Gefühle beim Benutzer auf, die hier jedoch nicht Gegenstand der Betrachtung sind. Das Gefühl, an diesem virtuellen Ort zu sein, genauer Bestandteil des virtuellen Raumes zu sein, wird hier mit räumlicher Präsenz bezeichnet und ist Hauptuntersuchungsfeld. Neben der räumlichen Präsenz existieren noch weitere Präsenzformen (z.B. soziale und Aufmerksamkeitspräsenz), die ebenfalls in die Betrachtung mit einbezogen werden.

Vereinfacht kann also zwischen Immersion und Präsenz dadurch unterschieden werden, daß Immersion die Voraussetzungen für den Imaginationsprozeß beschreibt und Präsenz das entstehende Gefühl (Ergebnis) aus diesem Prozeß.

Abb. 3.1 verdeutlicht den Zusammenhang und die Komponenten Präsenzbildung.

Um die Wirkung der Faktoren auf die (insb. räumliche) Präsenz zu betonen, wird meist der Begriff Präsenzfaktor verwendet, obwohl die Präsenz über den Imaginationsprozeß vermittelt wird. Strenggenommen müßte also von Immersionsfaktoren gesprochen werden. Das Ziel dieser Arbeit besteht aber in der Erklärung des Phänomens Präsenz und seiner potentiell begünstigenden Faktoren, deshalb wird hier zu Präsenzfaktor abgekürzt.

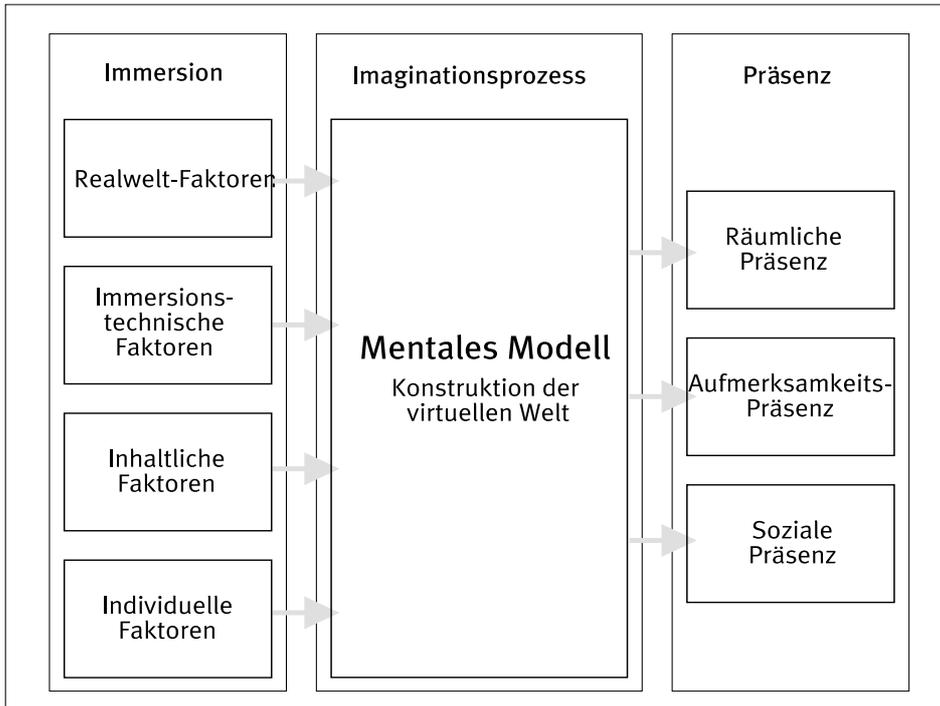


Abb. 3.1 Schema zur Präsenzbildung in virtuellen Umgebungen

### 3.2 Klassifikation

Bisher wurden in der internationalen Forschungslandschaft keine umfassenden Klassifikationen der Faktoren für den *sense of presence* vorgenommen, die es erlauben, alle oben genannten Komponenten in ein Modell aufzunehmen. Die zum Zeitpunkt vorliegenden Arbeiten untersuchen entweder a) einzelne, meist immersionstechnische Einflußfaktoren, b) nur psychologische Faktoren (hier IndF) unter Vernachlässigung aller anderen Einflußgrößen oder c) vergleichende Untersuchungen mit anderen Medien (i.d.R. Film).

Zweitens werden bis auf einige Ausnahmen Immersion und Präsenz synonym verwendet und damit Ursache und Wirkung nicht hinreichend in der Betrachtung getrennt.

Drittens gehen viele Autoren von einem idealisierten VR-System nach Abbildung 3.2 aus, bei dem der Benutzer (Mensch) vollständig von der virtuellen Welt umschlossen ist. Selbst die in der Abb. vorgenommene Trennung in Immersionstechnik und virtuelle Umgebung wird meist nicht vorgenommen. Zwar entspricht diese Anschauung einem futuristischen Bild über Virtual Reality, ist aber (bisher) in keinem real existierenden System implementiert. Es ist also fraglich, ob mit diesem Modell Untersuchungen, und hier gerade empirische Untersuchungen, zu sinnvollen Ergebnissen führen können.

In dieser Arbeit wird deshalb ein Modell gemäß Abbildung 3.3 zugrunde gelegt. Der Mensch ist auch während des Aufenthaltes in der virtuellen Welt Teil der realen Welt (physische Umgebung). Über die Ausgabegeräte kann die dargebotene virtuelle Umgebung (Inhalt) wahrgenommen und über die Interaktionsgeräte der immersionstechnischen Umgebung beeinflusst werden. Es müssen also zu jedem Zeitpunkt die Einflüsse aus allen genannten Domänen zuzüglich zum mentalen Modell, welches der Nutzer an sich besitzt, betrachtet werden.

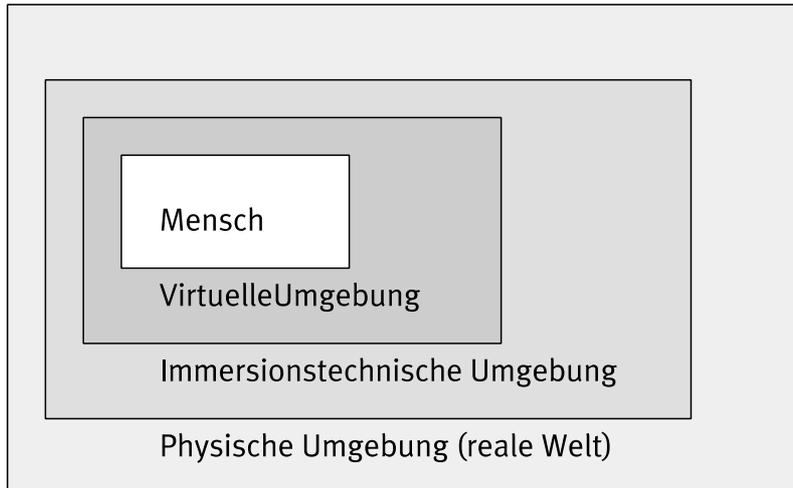


Abb. 3.2: Schematische Darstellung der idealisierten Umgebungen in einem immersiven VR-System

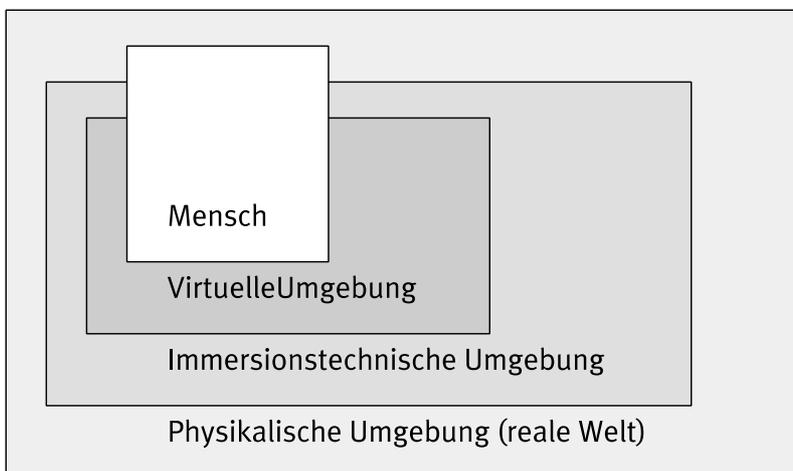


Abb. 3.3: Schematische Darstellung der tatsächlichen Umgebungen in einem immersiven VR-System

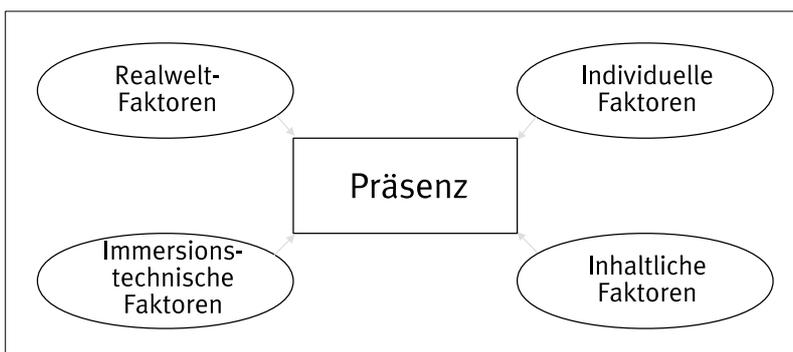


Abb. 3.4: Präsenzfaktoren

Diesem Modell folgend wird hier eine Vierteilung der Faktoren vorgenommen, die Einfluß auf die Präsenz ausüben. Der Einfluß der realen Welt (RwF) ist ein oft unterschätzter erster Faktor, die VR-Interface-Technik bildet die zweite Klasse der immersionstechnischen Faktoren (ItF). Die dritte Klasse, inhaltliche Faktoren (InhF), bezieht sich auf die virtuelle Umgebung an sich, d.h. auf alles was dem Nutzer über die Displays (ItF) angeboten wird, und auf alles, was der Nutzer in der VU beeinflussen kann. Die vierte Klasse, die Klasse der individuellen Faktoren

(IndF) faßt alle Faktoren zusammen, die Aussagen über den Zustand und die Veränderung des mentalen Modells des Nutzers als Einflußgrößen auf die Präsenz haben.

### 3.2.1 Realwelt-Faktoren

Die Realwelt-Faktoren (RwF) beschreiben alle Einflüsse der realen Welt auf den Nutzer des immersiven VR-Systems, da die reale Umgebung weder ausgeschaltet noch vollständig simuliert werden kann (und soll). Die RwF lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

- a) präsenzstörende Faktoren und
- b) präsenzerhöhende Faktoren.

Präsenzstörende Faktoren ergeben sich aus der Nichtübereinstimmung der Wahrnehmung innerhalb der virtuellen Umgebung mit Stimuli aus der realen Umgebung. Beispiele hierfür sind:

- Umgebungsgeräusche
- einfallendes Licht in das Head-Mounted display
- Luftzug in der realen Umgebung.

Es gibt allerdings Situationen, in denen reale Stimuli mit den virtuellen Stimuli beabsichtigt oder unbeabsichtigt übereinstimmen und damit präsenzerhöhend wirken. Diese Eigenschaft soll hier in Anlehnung an den von Carlin, Hoffman & Weghorst (1997) eingeführten Begriff *tactile augmentation*, *real-world augmentation* genannt werden. Vom Nutzer können hier die (meist akustischen oder taktilen) Stimuli der realen Umgebung mit denen der virtuellen Umgebung in Übereinstimmung gebracht werden. Zwei Beispiele sollen dies illustrieren:

Bei der im Rahmen des atelier virtual verwendeten Lauf-Metapher, d.h. die Fortbewegung im virtuellen Raum wird über eine eins-zu-eins Bewegung im realen Raum realisiert, wird *real-world augmentation* dadurch erreicht, daß der Nutzer tatsächlich auf dem Boden (hier der platform-Konstruktion) läuft. Da dies meist ohne Schuhwerk geschieht, wird der Effekt noch verstärkt. In der virtuellen Umgebung wird ebenfalls ein Fußboden dargestellt. Somit ist eine fast ideale *real-world augmentation* gegeben, die nur dadurch gestört wird, daß die Fußbodenkonstruktion aus Holz teilweise nachgibt und Geräusche verursacht.

Die Nutzung von *real-world augmentation* für Therapiezwecke demonstrierten Carlin, Hoffman & Weghorst (1997; Hoffman, 1998a) in einem Experiment zur Behandlung von Arachnophobie (Spinnenangst). Dem Nutzer wurde neben der Darstellung einer virtuellen Spinne eine reale Spinne in die Hand gegeben, die der virtuellen Spinne in ihrer Erscheinung nahezu identisch war.

Der Haupteffekt der *real-world augmentation* besteht darin, daß aus der „Echtheit“ eines (ertasteten) Objekts auf die Echtheit der anderen Objekte im virtuellen Raum geschlossen wird. Zumindest kann sie nicht mehr Sicherheit ausgeschlossen werden.

Die in Einzelfallstudien bereits überprüfte Präsenzerhöhung durch *real-world (tactile) augmentation* wird von den o.g. Autoren gerade empirisch evaluiert.

### 3.2.2 Immersionstechnische Faktoren

Generell wird davon ausgegangen, daß die Anzahl, Art und Qualität der sensorischen Ein- und Ausgabekanäle eines VR-Systems maßgeblich die Präsenz des Nutzers im System beeinflußt (z.B. Zeltzer, 1992). Begriffe, wie der Grad der sensorischen Information (bei Sheridan (1996) gemessen in übertragenen Bits), die sensorische Bandbreite (Barfield & Weghorst, 1993) oder die *Vividness* (das simultane Auftreten von sensorischen Dimensionen und die Auflösung in jeder dieser Dimensionen) bei Steuer (1992) können hier als Stellvertreter für diese Art der Betrachtung verwendet

werden. Die gemeinsame Hypothese lautet: je höher die technische Qualität der Ein- und Ausgabegeräte ist und je mehr Geräte (Kanäle) dem Nutzer zur Perception und Interaktion angeboten werden, desto höher ist die Präsenz. Dieser Hypothese folgend existiert eine breite Forschungslandschaft zum Einfluß dieser, hier immersionstechnische Faktoren (ItF) genannten Größen. Dinh, Walker & Hodges (1999) wiesen in einer umfangreichen Studie nach, daß die Kombination des Angebots von mehreren sensorischen Kanälen zu einem höheren *sense of presence* führt und kamen interessanterweise zu dem Ergebnis, daß eine Erhöhung der visuellen Displayqualität keine weitere Steigerung der Präsenz nach sich zieht. Ebenfalls in dieser Studie wurde der Einfluß der Multisensorik auf die Erinnerungsleistung nachgewiesen. Leider ist bei dieser Studie nicht klar erkennbar, ob das Erinnerungsvermögen ein Effekt der Präsenz oder der Multisensorik ist. Ebenfalls trennt leider der verwendete Präsenzfragebogen nicht Immersion von Präsenz.

Die immersionstechnischen Faktoren lassen sich entsprechend der Zuordnung zu Kanälen unterteilen in:

- visuelle Aspekte
- akustische Aspekte
- haptische Aspekte

Im folgenden werden die o.g. Faktoren im Einzelnen besprochen und jeweils der Zusammenhang zur Präsenz hergestellt.

### 3.2.2.1 Visuelle Aspekte

Der in VR-Anwendungen vorherrschende Ausgabekanal ist die bildliche Darstellung der virtuellen Umgebung. Visuelle Ausgaben werden über unterschiedliche Ausgabegeräte (Desktop-Bildschirm, Head-Mounted Display, Großbildprojektion) realisiert und bedingen gewisse Anforderungen an das übrige VR-System, insb. an die Grafikeinheit. Das Zusammenwirken aller Komponenten ist verantwortlich für die Qualität der visuellen Ausgabe.

Die **Bildqualität** drückt sich aus in Auflösung, Farbechtheit, Konvergenz, Schärfe, Helligkeit, Kontrast und unterdrücktem Rauschen (einschl. „Geisterbild“ etc.). Sie hängt in erster Linie von der Qualität des verwendeten Displays ab. Vereinfacht kann davon ausgegangen werden, daß Desktop-Bildschirme eine höhere Bildqualität liefern als Projektoren, diese wiederum eine bessere Qualität als Head-Mounted Displays. Andererseits muß der VR-Computer in der Lage sein, diese Displayqualität zu liefern. Auf beiden Seiten (Display und Ansteuerung) wird intensiv geforscht. Als Beispiele seien genannt: die direkte Projektion des Bildes auf die Netzhaut des Auges, um somit wesentlich höhere Auflösungen zu erreichen und andererseits die Entwicklung von massiv-parallelen Grafikeinheiten, die in der Lage sind, Renderleistungen in Echtzeit für diese hochauflösenden Displays bereitzustellen. Das verfolgte Ziel dieser Entwicklungen ist es, Bildqualitäten zu erreichen, die eine Unterscheidbarkeit von realer und virtueller Welt vermindern oder gar unmöglich machen sollen, um somit ein System bereitzustellen, daß über diese technische Qualität von sich aus Präsenz erzeugen kann.

Flusser (1991) spricht in diesem Zusammenhang von der Dichte der Streuung von Punktelementen oder von der Dichte der Möglichkeiten. Je höher diese Dichte innerhalb eines VR-Systems realisiert werden kann, desto höher ist der „Realitätsgrad“ und die damit verbundene mögliche Nicht-Unterscheidbarkeit von der realen Welt. Obwohl Flusser sich nicht auf technische Qualitäten festlegt (genaugenommen spricht er diese Details nicht an), wird er von einigen Forschern entsprechend interpretiert.

Ein weiteres Charakteristikum für die visuelle Qualität ist die **Bildgröße** und das **Blickfeld** (auch *Field of View-FOV*). Die Bildgröße ist entscheidend dafür, inwiefern virtuelle Umgebungen in einem Maßstab dargestellt werden können, der eine sinn-

volle Relation zur Größe des Nutzers ergibt. Sich als Teil eines Raumes zu fühlen gelingt um so leichter, je eher der dargestellte Raum in seinen Abmaßen als Raum erfahrbar ist. Es sollte demnach mit einer Leinwand in Kinogröße leichter fallen, dieses Gefühl hervorzurufen als an einem 14-Zoll-Computerbildschirm.

Bei Projektionen ergibt sich das Blickfeld aus dem Abstand des Nutzers zur Projektionsfläche in Abhängigkeit von der Bildgröße. Bei Head-Mounted Displays ergibt sich das Blickfeld durch die Displaygröße, den Abstand der Augen zum Display (zu den Displays) und insbesondere durch die verwendeten Vorsatzlinsen.

Das Blickfeld ist der Bereich, der dem Nutzer bei geradem Blick nach vorn über die Displays angeboten wird. Es wird in horizontaler und vertikaler Richtung in Grad gemessen (teilweise auch diagonal). Eine eindeutige, und damit vergleichbare Messung des Blickfeldes ist sehr schwierig und wird z.B. von Rinalducci et al (1996) für Head-Mounted-Displays vorgeschlagen. Die verschiedenen Verfahren zur Messung unterscheiden sich jedoch letztlich nur in einigen Grad Abweichung und können deshalb hier vernachlässigt werden. Entscheidend ist hier, daß drei verschiedene Blickfeldgrößen (FOV) existieren: 1) Der FOV des immersionstechnischen Gerätes (z.B. HMD: 40 bis 120 Grad), 2) der FOV der Software (nahezu beliebiger Wert), d.h. mit welchem perspektivischem Blick wird softwareseitig in die virtuelle Umgebung „geschaut“ und 3) der FOV des Nutzers (>180 Grad). Diese drei Größen müssen aufeinander abgestimmt sein, um einen angemessenen Raumeindruck zu bieten. Am Beispiel der Konstruktion eines Head-Mounted-Display finden sich dazu bei Tjarksen & Kohlhaas (1997) detaillierte Aussagen.

Neben dem Blickfeld existiert die Größe des **Blickraumes**. Sie bestimmt, in welchem Maße die virtuelle Umgebung als umschließend wahrgenommen werden kann. Slater & Wilbur (1997) belegen diesen Umstand mit den Begriffen *surrounding* und *panoramic* und sehen darin eine Grundvoraussetzung für Präsenz in virtuellen Umgebungen. Abbildung 3.5 illustriert die Zusammenhänge von Blickfeld und -raum für drei verschiedene Konfigurationen.

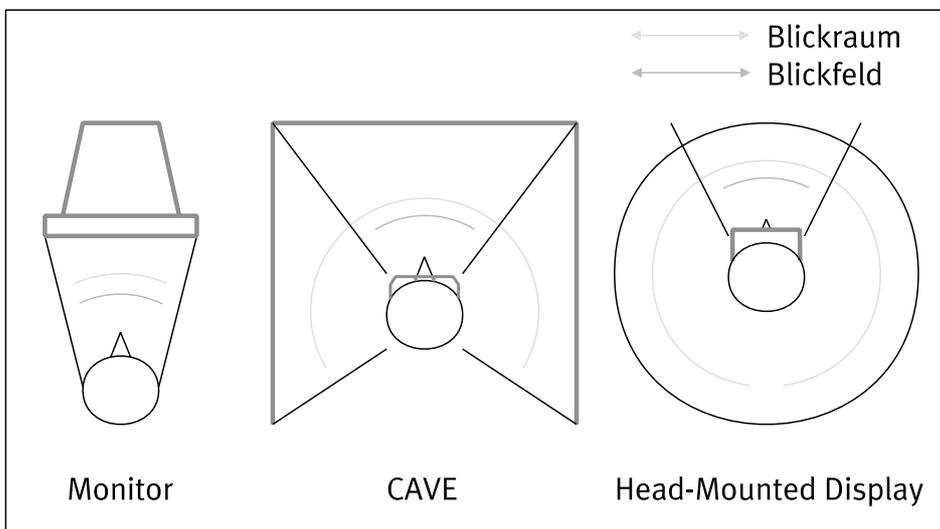


Abb. 3.5: Blickraum und Blickfeld für Monitor, 3-Seiten-CAVE, HMD

In mehreren Studien wurde nachgewiesen, daß ein größeres Blickfeld zu höherer Präsenz führt. So führten Reeves, Detenber & Steuer (1993) ein Experiment durch, bei welchem sich die Versuchspersonen Ausschnitte aus Filmen auf einem 70-Zoll- und einem 35-Zoll-Bildschirm ansahen. Die Gruppe, die im gleichen Abstand vor dem größeren Bildschirm saß stimmte der Frage „I felt like I was part of the action“ signifikant größer zu als die andere Gruppe. Hier ist also ein Hinweis auf größere Aufmerksamkeits- oder Involvierungspräsenz gegeben. Ähnliche Untersuchungen mit Fragen zu „sensation of reality“, „sense of movement“, „sense of

participation“ und „involvement“ werden bei Lombard & Ditton (1997) beschrieben. Arthur (1996) beschreibt den Zusammenhang zwischen der Vergrößerung des Blickfeldes und der Verbesserung der task performance.

Vermutungen über eine positive Korrelation zwischen der Größe des Blickfeldes und räumlicher Präsenz (Biocca & Delaney, 1995; Held & Durlach, 1992) wurden u.a. durch Arbeiten von Hendrix & Barfield (1995) und Prothero & Hoffman (1995) empirisch bestätigt. Eine Vergrößerung des Blickfeldes führt zu höherer Präsenz in der virtuellen Umgebung.

Ein weiterer, naheliegender Zusammenhang zu räumlicher Präsenz könnte in der Räumlichkeit der Darstellung über die Displays liegen. Diese wird in VR-Systemen im Wesentlichen über die **Stereoskopie** realisiert und Heeter (1992) weist hier auf einen möglichen Präsenzzusammenhang hin, der leider bisher noch nicht empirisch belegt ist. Jedoch konnten Muhlbach, Bocker & Prussog (1980) in einer Untersuchung an einem Videokonferenzsystem zeigen, daß ein positiver Zusammenhang zwischen stereoskopischer Darstellung und den Operationalisierungen „I felt I was face-to-face“ und „I felt as if we were in the same room“ besteht. Überträgt man diese Untersuchung auf virtuelle Umgebungen, so ist zu erwarten, daß stereoskopische Darstellungen positiv auf soziale und räumliche Präsenz wirken. Hendrix & Barfield (1995) untersuchten an stereoskopischen Systemen Zusammenhänge zwischen Präsenz und Unzulänglichkeiten in der Darstellung. Sie fanden heraus, daß schlecht konfigurierte Stereo-Systeme präsenzmindernd wirken. Zahlreiche Veröffentlichungen beschreiben die Probleme und die Komplexität der Realisierung einer korrekten stereoskopischen Darstellung.

In diesem Zusammenhang sei herausgestellt, daß ungenaue Stereo-Darstellungen (individueller Abstand zwischen den Augen nicht beachtet, Nutzer-Standpunkt und Blickrichtung nicht präzise ermittelt, etc.) u.a. verantwortlich zeichnen für den sogenannten Simulatorkrankheit-Effekt (*simulator sickness*). Dieser Effekt hat nun wieder nach Witmer & Singer (1994) und Taylor (1997) unmittelbaren Einfluß auf die Präsenz. Je höher der Grad des Simulatorkrankheit-Effekts, desto niedriger ist die Präsenz. Werden also stereoskopische Systeme eingesetzt, kann es zu unerwarteten Präsenzminderungen kommen, insofern das System nicht genau (für jeden Nutzer) konfiguriert ist. Auf der anderen Seite könnten sehr gut konfigurierte Stereo-Systeme zu einer wesentlichen Präsenzerhöhung führen.

Ebenfalls einen starken Zusammenhang zur Simulatorkrankheit hat die **Bildwiederholrate** (*frame rate update time*). Diese wird durch fast alle Komponenten des VR-Systems beeinflusst: die Geschwindigkeit, in welcher die Trackerdaten geliefert und verarbeitet werden, die Geschwindigkeit, in der das Modell und die Projektionen auf das Modell berechnet werden und die Geschwindigkeit der Grafikeinheit und der Displays. Besonders nachteilig wirken sich Verzögerungen im Bereich des Trackings des Head-Mounted Displays aus (Hendrix & Barfield, 1995).

Viele Untersuchungen zeigen einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen niedriger Bildwiederholrate und verminderter Präsenz auf (z.B. Barfield & Hendrix, 1995; Welch et. al., 1996; Heeter, 1992). Hodges et. al. (1996) ermittelten während ihrer Acrophobie-Experimente, daß eine Bildwiederholrate von 11 Bildern pro Sekunde (11Hz) ausreichend ist, um Präsenz in virtuellen Umgebungen zu erzeugen. Eigene Erfahrungen (Regenbrecht, Schubert & Friedmann, 1998) zeigen, daß auch Werte unterhalb 11Hz genügen können.

Die Bildwiederholrate schließt noch einen weiteren, wichtigen Faktor mit ein: die Reaktionsgeschwindigkeit des Systems. Es genügt nicht, daß ein Bild in hinlänglicher Zeit dargestellt wird, es muß auch das zu diesem Zeitpunkt korrekte

Abbild des Modells sein. D.h. die Berechnungen im Modell, die sich insbesondere durch die Interaktionen des Nutzers ergeben, müssen ebenfalls innerhalb der Bildwiederholrate durchgeführt werden.

Gefordert wird bei fast allen Autoren eine gewisse Konstanz der Bildwiederholrate (*perceptual/environmental stability*), die auch für alle weiteren Parameter, die hier nicht besprochen werden, da sie den Rahmen dieser Arbeit überschreiten würden, gilt, wie korrekte *tracking prediction*, Positions- und Winkelabweichungen etc.

### 3.2.2.2 Akustische Aspekte

Die **Qualität** der akustischen Ausgabe wird im wesentlichen bestimmt durch den Frequenzumfang, den Dynamikumfang und den Rauschabstand. Es wäre anzunehmen, daß eine höhere akustische Qualität zu einer höheren Präsenz führt. Reeves, Detenber & Steuer (1993) zeigten jedoch in einem Experiment zur Filmwahrnehmung, daß qualitativ höherwertiger Klang zwar als „realistischer“ wahrgenommen wird, der minderwertigere Klang jedoch eher bei den Versuchspersonen das Gefühl hervorrief, Teil der Handlung zu sein. Ähnliche Beobachtungen konnten auch bei eigenen Arbeiten gemacht werden. Ein Erklärungsmodell könnte sein, daß a) nur die qualitative Übereinstimmung von visuellem und akustischem Kanal zu höherer Präsenz führen kann und daß b) nur diegetische akustische Elemente, also Elemente, die zur virtuellen Welt gehören (siehe auch Faktoren der virtuellen Welt) präsenzerhöhend wirken.

Neben der Qualität spielt die **räumliche Charakteristik** eine wesentliche Rolle für die Wahrnehmung der virtuellen Umgebung. Sie ist bestimmt dadurch, ob Objekte der virtuellen Welt in ihrer örtlichen Position und Ausrichtung sowie in ihren Eigenschaften (Abstrahlverhalten etc.) durch den Nutzer erfahrbar sind. Zur Unterstützung des Raumeindrucks werden mehrkanalige Verfahren angewendet, die aber nicht zwingend einen positiven Einfluß auf die Präsenz haben müssen, wie u.a. bei Reeves et al gezeigt wurde, daß der alleinige Einsatz von Dolby Surround zu keiner Präsenzerhöhung führte. Hodges et. al. (1996) führten in ihrem Experimentaldesign mehrere Voruntersuchungen zum Einsatz von Akustik in ihrer Umgebung durch und entschieden sich für monauralen Sound, der jedoch mit der visuellen Umgebung korrelierte (siehe diegetischer Effekt). Anderson & Casey (1977) formulieren die Forderung nach dem gezielten Einsatz von Umgebungs-Klang (ambient sound), um eine „atmosphere or sense of place“ (S. 47) zu erreichen.

Eine umfassende Darstellung zum Einsatz von akustischen Elementen und deren Einfluß auf die Wahrnehmung von virtuellen Umgebungen findet sich bei Kramer (1995).

Werden akustische Elemente gemeinsam mit anderen Kanälen eingesetzt, so kann die Präsenz erhöht werden, wenn diese Elemente mit den Elementen der anderen Kanäle, insb. des visuellen Kanals in Zusammenhang stehen. Bei ungenügender Korrelation tritt der gegenteilige Effekt auf (siehe auch Barfield et al, 1995; Barfield & Hendrix, 1995).

### 3.2.2.3 Kinästhetische Aspekte

Die Simulation von **Bewegung** wird meistens im Zusammenhang mit Flug-simulatoren oder LBE- (*local based entertainment*) Systemen eingesetzt. Es wird versucht, Größen wie Beschleunigung, Bremsen, Gravitation etc. zu simulieren. Der Effekt dieser Bemühungen auf die Präsenz ist bisher nicht untersucht, Lombard & Ditton (1997) beschreiben die Berichte über die Wahrnehmung von real-simulierter Bewegung als „only anecdotal“. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit dieser (aufwendigen) Systeme ist in nächster Zeit auch kaum mit statistisch gesicherten Erkenntnissen über den Zusammenhang von Präsenz und Bewegung in diesem Sinne zu rechnen. Unbestritten sind die Unterhaltungseffekte dieser Gerätschaf-

ten („Rummelplatz-Effekt“). Es ist jedoch zu vermuten, daß bei wohldefiniertem Zusammenwirken von visuellem und Bewegungssimulationskanal präsenz-erhöhende Effekte auftreten.

Die **haptische Simulation** unterteilt sich in taktile und Kraftrückkopplung (*tactile* und *force feedback*), von beiden wird angenommen, daß sie präsenz-erhöhend wirken (Heeter, 1992; Biocca & Delaney, 1995). Leider liegen auch hier noch keine gesicherten Daten vor.

Im „atelier, virtual“ der Bauhaus-Universität Weimar wurden durch Thore Tjarksen (Projekt TouchIt!) Untersuchungen bezüglich eines möglichen Zusammenhanges zwischen haptischer Unterstützung und Aufgabenerledigung in virtuellen Umgebungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten eine Tendenz zu besserer räumlicher Orientierung bei Interaktionen mit virtuellen Objekten, wenn die visuelle durch haptische Rückkopplung ergänzt wird.

Es ist zu erwarten, daß haptische Simulationen zu erhöhter Präsenz führen, wie dies analog im Falle der *real-world augmentation* geschieht.

#### 3.2.2.4 Weitere immersionstechnische Faktoren

Zu den bisher nicht genannten Sinnen (und damit Kanälen) ist bisher keine oder kaum Forschungsmaterial vorhanden. Es gibt Versuche und auch bereits Umsetzungen, um **thermisch** zu stimulieren, jedoch ohne bisherige Bezüge zu Präsenz. Der Einsatz von **olfaktorischen** Stimuli wurde bisher exemplarisch im Unterhaltungsbereich umgesetzt und akademisch diskutiert (Barfield & Danas, 1996). Da aber dazu noch eine ganzheitliche Theorie fehlt, ist mit einer systematischen Umsetzung universeller olfaktorischer Displays in mittelfristiger Zukunft nicht zu rechnen. Demnach auch nicht mit Aussagen zur Präsenz in olfaktorischen oder olfaktorisch unterstützten Welten.

Alle bisher genannten Aspekte betrifft die **Mehrbenutzerfähigkeit** des Systems, d.h. die technische Realisierung des gemeinsamen Erlebens einer virtuellen Umgebung durch mehrere, auch voneinander örtlich getrennte Benutzer. Bereits die Anwesenheit anderer (virtueller) Personen im gleichen virtuellen Raum führt zu einem starken Anwachsen der Präsenz. „Placing more than one person in a virtual world may be an easy way to induce a sense of presence regardless of the other perceptual features of the world“ (Heeter, 1992, S. 270)

Diese Präsenzerhöhung ist unabhängig von der Erscheinung und der Art der Interaktion der Subjekte der virtuellen Umgebung (siehe Faktoren der virtuellen Welt).

Ein wesentliches Merkmal der meisten VR-Systeme ist die Möglichkeit, eine **egozentrische Sicht** und Bewegung des eigenen Körpers durch die virtuelle Umgebung zu realisieren. Sie führt zu höherer Präsenz als eine fremdgesteuerte Bewegung/Sicht wie z.B. in Animationen (Slater et al, 1996; Slater & Wilbur, 1997). Im Experiment AMT1 wird in einem späteren Kapitel nochmals gesondert auf diesen Aspekt eingegangen.

Letztendlich kann die Präsenz eines Nutzers von der Art der zur Verfügung gestellten **Interaktionsgeräte** abhängen. Hierbei kann gelten: je ergonomischer die Geräte sind und je intuitiver sie sich bedienen lassen, um so leichter fällt es, Präsenz zu erzeugen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die höchste Präsenz (im Rahmen der immersionstechnischen Faktoren) erreicht werden kann, wenn das Medium, in diesem Falle die VR-Technik als Störgröße verschwindet („obtrusiveness of the medium“ bei Lombard & Ditton (1997)), also nicht auf sich selbst als Artefakt referenziert. Dies hat folgende Implikationen: a) unabhängig von der Spezifik des einzelnen Ka-

nals muß die Qualität so hoch sein, daß sie subjektiv nicht als fehlende Qualität offenbar wird (das heißt nicht, daß die maximal technisch machbare Qualität erreicht werden muß!), b) werden mehrere Kanäle angeboten, so müssen sie in einem inhaltlich sinnvollen Zusammenhang stehen (Beispiel Diegetik), c) können Kanäle nicht in hinreichender Qualität angeboten werden, so sollte ein Verzicht in Betracht gezogen werden (siehe auch Regenbrecht (1994)), da sie zur Präsenzminderung beitragen können.

### 3.2.3 Inhaltliche Faktoren

Die inhaltlichen Faktoren bestimmen sich durch die virtuelle Umgebung an sich. Der Inhalt ist der Gegenstand des Gestalters der virtuellen Umgebung. Im Inhalt drückt sich die Absicht des Gestalters aus.

Etwas vereinfacht kann man sagen, daß der Inhalt durch die Software definiert ist, also durch das Computerprogramm einschl. aller aus der Sicht dieses Programmes externen Informationen (i.d.R. Modell-Daten). Wie oben erwähnt, kann der Inhalt jedoch nur in den Grenzen der technischen Umfassung, also der Immersionstechnik realisiert und dargestellt werden. Das bedeutet konkret, daß sich die Gestaltung der virtuellen Umgebung danach zu richten hat, welche immersionstechnischen Möglichkeiten vorhanden sind. So ist es z.B. nicht sinnvoll, Interaktionsmöglichkeiten in der VU anzubieten, für die kein technisches Interaktionsgerät vorhanden ist. Analog gilt dies für die Bildqualität, das Blickfeld etc.

Dieser Abschnitt ist in drei Teile gegliedert, die in ihrer Gesamtheit die inhaltlichen Faktoren beschreiben: das architektonische Gestell, die Handlung und das Handeln. Diese Gliederung wurde gewählt, um

- a) statische von dynamischen Größen zu trennen, und damit genauer beschreiben zu können,
- b) einen besseren Bezug zum „klassischen“ und potentiellen Feld der Architektur aufzuzeigen und
- c) Verbindungen zu theoretischen und praktischen Forschungsinhalten (z.B. Filmtheorie, Interaktionsforschung) herstellen zu können.

#### 3.2.3.1 Das architektonische Gestell

Wie in Kapitel 2 bereits festgestellt wurde, ist Präsenz in virtuellen Umgebungen immer vor dem Hintergrund der bisherigen Erfahrungen des Nutzers zu sehen. Diese basieren in allererster Linie auf der realen Welt. Erst in zweiter Linie kommen hier Erfahrungen hinzu, die mit Virtual Reality oder anderen artifiziellen Medien, insb. mit dem Medium Computer gemacht wurden. Wird das Ermöglichen von Präsenz einer virtuellen Umgebung als Gestaltungsziel gesetzt, so ergibt sich daraus folgerichtig, daß

- a) diese Welt primär auf der Grundlage der bisherigen Erfahrungen des Nutzers in der realen Welt gestaltet werden muß und
- b) daß sekundär die Erfahrungen des Nutzers mit diesem oder verwandten Medien berücksichtigt werden müssen.

Der größte Teil der uns umgebenden Artefakte in der realen Welt besteht aus (solider) Architektur. Es ist die Aufgabe der Fachdisziplin Architektur, diese, uns umgebende (bauliche) Welt zu gestalten.

Bei der Gestaltung von virtueller Architektur sind also (vorerst) die die Form betreffenden Grundsätze und ästhetischen Rahmenbedingungen der „klassischen“ Architektur anwendbar. Gestaltung von virtueller Architektur folgt also dem Grundsatz nach solider Architektur.

Die Funktion von virtueller Architektur dagegen ist meist eine grundsätzlich verschiedene, so müssen vornehmlich Funktionen und Interfaces realisiert werden, die keine Entsprechungen in solider Architektur besitzen (z.B. *hyperlink*, *search result*, *data size*). Hier ist unter Berücksichtigung bisheriger architektonischer Elemente und Strukturen eine neue Sprache der Architektur zu entwickeln, die den neuen Anforderungen gerecht wird.

Ebenfalls verschieden ist die Konstruktion der virtuellen Architektur. Statische, klimatische oder materialstoffliche Konstruktionsprinzipien sind in VA gegenstandslos. An ihre Stelle treten Culling-Prinzipien (z.B. Einseitigkeit von Flächen), Aliasing (Diskretisierung von Kanten und Flächen) oder Hyper-Räume.

Dieser Teil der inhaltlichen Faktoren wird in Anlehnung an Heidegger das architektonische Gestell genannt. Es ist also der Teil des gesamten Gestells, der sich mit der geometrischen Erscheinung der virtuellen Umgebung befaßt. Das architektonische Gestell bildet den Rahmen und die Grundlage für die in diesem Gestell stattfindende Handlung und das Interagieren mit der virtuellen Umgebung (das Handeln).

Daß das architektonische Gestell Einfluß auf die Präsenz des Nutzers in der virtuellen Umgebung hat, ist weder verwunderlich noch bestritten. Die Frage ist, welche Elemente haben möglicherweise Einfluß auf die (insb. räumliche) Präsenz des Nutzers?

Ein erstes, naheliegendes Element ist bei vielen Autoren der **Realismus** der Darstellung, d.h. wie real im Vergleich zu der uns umgebenden Welt erscheint die virtuelle Umgebung. Leider existieren in der Präsenzliteratur keine genauen Definitionen zum Begriff des Realismus, insb. in den englischsprachigen Quellen ist der „feine“ Unterschied zwischen Realität und Wirklichkeit aufgrund des fehlenden sprachlichen Konstrukts nicht bekannt. Es wird also Realismus in zwei verschiedenen Lesarten interpretiert: a) als möglichst realistische Visualisierung (eigentlich Display, da auch in anderen Kanälen Displays existieren können) der geometrischen Elemente (z.B. bei Witmer & Singer, 1994) und b) als authentische, glaubwürdige Darstellung der Welt (z.B. bei Lombard & Ditton, 1997). Während Lesart a) eher eine Detailliertheit, eine „Dichte“ der Darstellung beschreibt, geht Lesart b) von einer sinnvollen, auf die reale Welt übertragbare Anordnung und Geometrie aus.

a) und b) stehen insofern in einem Zusammenhang, als daß eine hinreichende Detailliertheit nötig ist, um eine Interpretation im Sinne von Plausibilität der dargestellten Welt zu erlauben. Andererseits ist die genannte Detailliertheit nicht darauf angewiesen, Abbildung der realen Welt sein zu müssen. Alle anderen semiotischen Formen können ebenso zu Plausibilität führen, diese müssen aber dann eben als Zeichen erkennbar sein. Die Notwendigkeit der Erkennbarkeit führt nun wieder zur Forderung nach einer gewissen Detailliertheit.

Usoh & Slater (1995) sowie Slater et al (1996) vermuten einen Zusammenhang zwischen dem Realismus im Sinne von Detailliertheit und Präsenz. Leider konnten sie den nötigen Grad dieser Detailliertheit jedoch noch nicht darstellen. Witmer & Singer (1994) konnten diesen Zusammenhang innerhalb ihrer Präsenzuntersuchungen im militärischen Bereich ebenfalls nicht signifikant nachweisen. Welch et al (1996) stellten lediglich einen schwachen empirischen Zusammenhang von Realismus in der (visuellen) Darstellung und Präsenz her. Regenbrecht, Schubert & Friedmann (1998) verwendeten in ihrer Untersuchung eine vergleichbar gering detaillierte virtuelle Umgebung und erzielten trotzdem hohe Präsenzwerte aufgrund der hohen Bedeutungszuweisung durch die Versuchspersonen.

Diese Bedeutungszuweisung war auch Gegenstand einer empirischen Untersuchung von Hoffman et al (1998). Sie ermittelten einen starken Zusammenhang zwischen dem Sinngehalt einer virtuellen Darstellung und dem *sense of presence*. Schach-

spielen unterschiedlicher Wissensgrade wurden sinnvolle und sinnlose Schachbrettsituationen in einer VU angeboten. Für versierte Schachspieler erhöhte sich die Präsenz im System bei sinnvollen Brett-Situationen. In allen anderen Fällen konnte keine Präsenzerhöhung festgestellt werden. Demzufolge kann argumentiert werden, daß das Zusammenbringen der virtuellen Situation mit früheren Erfahrungen oder mit früherem Wissen zu einer Steigerung der Präsenz führt. Bei Prothero (1997) wird dieser Gedanke auf einen Zusammenhang von Intuitivität in der Benutzung einer VU, dem Sinngehalt (*meaningfulness*) und Präsenz erweitert.

Besonders gut nachvollziehbar wird die Schwierigkeit im Umgang mit dem Realismusbegriff bei der Darstellung des eigenen Körpers (*Virtual Body*) in virtuellen Umgebungen. Die aufgrund der (selbst nur als Oberflächeneigenschaften gesehenen) Komplexität des menschlichen Körpers aufkommende Frage nach einer realitätsgetreuen Darstellung wird nur vage beantwortet. Heeter (1992) fordert für die Präsenz einen gewissen Grad der Ähnlichkeit des virtuellen Körpers mit dem Körper des Nutzers, Slater, Usoh & Steed (1994) nennen diesen Grad „appropriate virtual body“.

Den Einfluß des Vorhandenseins eines virtuellen Körpers, unabhängig von seinem Grad der Ähnlichkeit, auf die Präsenz weisen Usoh & Slater (1995) nach („some experimental evidence“). Sie betonen dabei, daß insb. die virtuelle Darstellung der eigenen Hand einen hohen Einflußfaktor darstellt, da sie sich zum einen meist im Sichtbereich des Nutzers befindet und zum anderen dem natürlichen Interface des Greifens dient.

Einen generellen Zusammenhang zwischen der Darstellung des eigenen Körpers in der VU und der sogenannten „spatial awareness“ sieht Draper (1995), wobei die *spatial awareness* in diesem Sinne als eine schwächere Form von räumlicher Präsenz gesehen werden kann, die beschreibt, daß der virtuelle Raum als Raum wahrgenommen wird, unabhängig davon, ob der eigene Körper als Teil dieses Raumes erlebt wird.

Als besonders kritisch für die Bewertung von Präsenz wird die **Tiefenwahrnehmung** in der virtuellen Umgebung angesehen. Zahlreiche Arbeiten befassen sich mit diesem Thema (z.B. Lackner & DiZio, 1998; Henry & Furness, 1993). Die Elemente der Tiefenwahrnehmung sind sehr vielschichtig und lassen sich nicht auf die Bereitstellung eines stereoskopischen Kanals reduzieren. Stereoskopie ist eine Möglichkeit, einen Tiefeindruck zu vermitteln, ob es die bedeutendste für das Präsenzerleben ist, bleibt fraglich. Im folgenden werden die aus Gestaltungssicht wichtigsten Elemente besprochen, wobei die von der Immersionstechnik bestimmten Größen (Linearität der Perspektive, Bewegungsanalyse, Binokularer Versatz, Schärfefokussierung, Augenkonvergenz, Astigmatismus, Pupillengröße) keine Berücksichtigung finden (siehe Regenbrecht, 1994).

Genannt seien im folgenden (entscheidende) Parameter zur Tiefenschätzung und damit höchstwahrscheinlich auch für die räumliche Präsenz: Detaillierung und Auswirkungen der „Luft“ (aerial pollution): die Detaillierung und Farbigkeit der Objekte nimmt mit der Entfernung ab; Interposition: durch Konzentration auf bestimmte Helligkeitsbereiche können Vorder- und Hintergrundbildinformationen voneinander getrennt werden, dabei ist bemerkenswert, daß dunklere Flächen eine höhere Signalwirkung besitzen als hellere; Gestalt: Erkennen von Gebilden, Mustern, Organisationen in einem Bild; relative Objektgröße und Größe des eigenen Körpers: bekannte reale Objekte werden als Maßstab zur Größen-/Tiefenfindung benutzt, um Größenverhältnisse im virtuellen Raum zu schaffen, sollten demzufolge wiedererkennbare Gegenstände mit schätzbarer Größe vorhanden sein, besonders die eigene Größe (des Akteurs) und die Abmaße der Gliedmaßen spielen eine entscheidende Rolle bei der Tiefenwahrnehmung; relative Helligkeit: das beim Betrachter ankommende Licht nimmt mit dem Quadrat zur Entfernung ab; Wirkung von Licht und Schatten: gerichtete Lichtquellen

erzeugen Schatten, die Auskunft über Orientierung und Position von Objekten geben, von Oberflächen reflektiertes Licht vermittelt eine Vorstellung von der Beschaffenheit des Materials und von lokalen Abweichungen; Objektbewegung: wird ein Objekt bewegt, so gibt der kinetische Tiefeneffekt Anhaltspunkte über die relativen (bezogen auf das Objekt) Positionen von Punkten, Kanten und Flächen des Körpers; Sichtebeue: zur Entfernungsbestimmung von Objekten wird auch deren Höhe über dem Horizont herangezogen, entfernte Objekte erscheinen höher gelegen als nähere; Bewegungsanalyse: beim Wenden des Kopfes verändern Objekte im Vordergrund ihre scheinbare Position schneller als entfernte Objekte, die Fähigkeit der Unterscheidung dieser Geschwindigkeit liegt beim Menschen bei einigen Bogensekunden je Sekunde, der perspektivische Verlauf der Körperkanten ändert sich mit der Bewegung kontinuierlich.

Diese knappe Aufzählung soll die Möglichkeiten der Beeinflussung der Tiefenwahrnehmung durch den Gestalter der virtuellen Umgebung darstellen.

Generell kann vermutet werden, daß aufgrund des Erfahrungskontextes des Nutzers eine an die reale Welt angepaßtes architektonisches Gestell zu höherer Präsenz führt als ein von ihr wesentlich abweichendes.

### 3.2.3.2 Die Handlung

Es mag im Rahmen dieser Arbeit ungewöhnlich erscheinen, daß Handlung, also eigentlich ein Thema der Theater- oder Filmwissenschaften diskutiert wird. Eine Analyse der Einflußfaktoren auf Präsenz wäre aber ohne diese wichtige Klasse der Faktoren zu unvollständig und würde damit zu einer Verzerrung der Betrachtung führen. Über mögliche Ableitungen für die Architektur wird in Kapitel 5 diskutiert.

Unter Handlung soll im Rahmen dieser Arbeit jede bedeutungstragende zeitliche Veränderung innerhalb des architektonischen Gestells verstanden werden. Die Handlung betrifft also alle vom Gestalter der virtuellen Umgebung beabsichtigten dynamischen Prozesse. Damit überdeckt dieser Begriff das gesamte Spektrum von Animation bis Drama und erweitert die statische Architektur.

Steuer (1995) geht davon aus, daß jegliche Handlung, die innerhalb der VU stattfindet, zu einer Präsenzerhöhung führen kann. Obwohl Steuer den Begriff so nicht verwendet, ist Handlung das „temporal and spatial ordering of the objects and events in the VE“ und entspricht damit der hier gegebenen Definition. Slater & Wilbur (1997) verwenden den Begriff Handlung (*plot*) für eine Erzählstruktur, die eher schon dramatische Züge trägt.

„The more the “plot” line potentially removes a person from everyday reality and presents an alternate self-contained world, the greater the chance for presence.“ (Slater & Wilbur, 1997, S. 606)

Die Filmwissenschaft beschäftigt sich naturgemäß mit (besonders emotionalen) Wirkungen auf die Nutzer (Zuschauer) und behandelt zumindest präsenzzähnliche Konzepte. Das Kino hat im Vergleich zu Virtual Reality schon eine sehr lange Tradition und es liegen zahlreiche theoretische Arbeiten zur Filmwissenschaft vor. Der Zusammenhang von Film und Präsenz in VU wird deutlich, wenn man sich die folgende Situation vor Augen führt: In Lumières Film „L'Arrivée d'un train en gare de La Ciotat“ (1895) fährt, wie der Titel bereits verrät, ein Zug in einen Bahnhof so ein, daß er quasi aus der Leinwand heraus auf die Zuschauer zufährt. Die (emotionalen) Reaktionen der Zuschauer gingen so weit, daß sich einige unter ihren Sitzen versteckten. Auch in heutigen Filmen sind emotionale Reaktionen ein zentrales Ziel insb. des Hollywoodfilms. Entscheidend im Zusammenhang mit räumlicher Präsenz ist, daß

die Zuschauer im o.g. Zugbeispiel sich offensichtlich (örtlich und räumlich) von der virtuell bewegten Lokomotive bedroht fühlten. Sie fühlten sich präsent im Raum vor der Leinwand.

Dieses Gefühl, in einem Film präsent zu sein, wird in der Filmtheorie mit dem Begriff „diegetischer Effekt“ bezeichnet und wird z.B. in den Arbeiten von Noël Burch (1990) und Ed Tan (1997) thematisch aufgegriffen.

Eine Grundvoraussetzung für das Filmerleben generell und den diegetischen Effekt im speziellen ist für Burch im Rückgriff auf Coleridge „willing suspension of disbelief“. Damit ist gemeint, daß sich der Zuschauer sehr wohl bewußt ist, wenn er in ein Kino geht, daß es sich beim Film um ein Artefakt handelt, er aber bewußt dieses Wissen verdrängt, um diesen Film zu sehen. Mit anderen Worten: der Zuschauer ist nicht in diesen Film gegangen, um eine Abfolge von schnellen Einzelbildern zu sehen, sondern um eine Geschichte erzählt zu bekommen, um unterhalten zu werden.

Im Film werden diegetische und nicht-diegetische Gestaltungselemente eingesetzt, um emotionale Wirkungen hervorzurufen. Nicht-diegetische Elemente sind alle jene, die keinen (insb. räumlichen) Zusammenhang zur Welt der im Film handelnden Charaktere darstellen. Dies betrifft insbesondere die Filmmusik, sie wird von den Darstellern nicht wahrgenommen, nur von den Zuschauern. Diegetische Elemente gehören zur Welt der Darsteller, wie das tickende Geräusch einer Uhr im Raum, alle Gegenstände der Szene, die einen Bezug zu den Darstellern haben etc. Als diegetischen Effekt beschreiben die Filmwissenschaften jenen Effekt, der den Zuschauer in die Handlung versetzt, ihn also psychologisch in die Welt der Charaktere integriert. Hier besteht eine offensichtliche Analogie zum Konzept der Präsenz.

Unterschieden werden prinzipiell zwei Formen dieses diegetischen Effektes: der Zuschauer wird zum (unsichtbaren) Zeugen der Handlung (*witness*) oder der Zuschauer versetzt sich in die Rolle eines der Darsteller und betrachtet die Welt sozusagen aus den Augen dieser Person.

Neben Erzählstrukturen in soliden und virtuellen Architekturen, wie inszenierte Raumfolgen und Wege, bietet sich in virtuellen Umgebungen diese Form der inhaltlichen Faktoren zur Präsenzbeeinflussung an. Da in solider Architektur Präsenz per se vorausgesetzt werden kann, müssen in virtuellen Architekturen zusätzliche Faktoren genutzt werden, um diese erst zu ermöglichen. Eine Form ist die Erzählung und u.U. eine ihrer wohlstrukturiertesten Formen, das Drama.

Im folgenden soll das Konzept Narration definiert und erklärt werden und besonders auf dramatische Elemente eingegangen werden. (Brenda Laurel etablierte dramatische Strukturen bereits 1993 (1993b) als grundlegende Basis für Computerprogramme und Interfaces.)

Monika Suckfüll (1997) erklärt narrative Strukturen und mißt Wirkungen dieser auf den Rezipienten anhand eines ausgewählten Filmes („Das Piano“ von Jane Campion). Sie geht unter Bezugnahme auf Ohler (1994) davon aus, daß der Rezipient bei der kognitiven Verarbeitung auf mehrere korrespondierende Wissensbestände zurückgreift:

- generelles Weltwissen
- narratives Wissen
- Wissen um filmische Darbietungsformen

Diese Wissensbestände bilden damit die Grundlage, ob und wie ein Film (oder in unserem Falle eine virtuelle Umgebung) verstanden wird und welche Wirkungen er beim Zuschauer auslösen kann (damit auch Präsenz).

Das Filmerlebnis selbst wird dabei nach Lynch (1972) durch folgenden Prozeß gekennzeichnet: Der Zuschauer stellt während der Rezeption des Films Vermutungen über die Weiterentwicklung des Films an. Die Erwartungen hängen dabei von von früheren Filmerfahrungen und den Erwartungen an den Film selbst ab. Die Zuschauer machen bewußte oder unbewußte Voraussagen über die Wahrscheinlichkeit, mit der bestimmte Ereignisse eintreten. Die Fähigkeit, korrekte Voraussagen zu treffen nimmt im Verlauf des Filmerlebens zu. Die Qualität des Films bestimmt sich durch das Zusammenwirken von Zuschauererwartungen und dem tatsächlichen Verlauf des Films.

Übertragen auf virtuelle Umgebungen kann daraus abgeleitet werden, daß Präsenz wahrscheinlich a) vom „Wissensbestand“ des Nutzers, b) von der Vorhersagbarkeit innerhalb des Erlebens und c) von der (mentalen) Interaktion des Nutzers abhängt.

Eine filmische Darbietung an sich wird inhaltlich im wesentlichen durch folgende Begriffe charakterisiert: Story, Plot, Narration und Drama. Die Story beschreibt alles, was in chronologischer Reihenfolge stattfindet, einschließlich der Zeit vor und nach dem präsentierten Ausschnitt (Plot). Ebenfalls Bestandteil der Story sind alle Nebeneffekte, wie Seitenhandlungen, Annahmen, Schlüsse, vermeintlich oder tatsächliche Gelerntes. Thorndyke (1980) definiert Story als die Summe von *setting*, *theme*, *plot* und *resolution*. Der Plot besteht aus allen Elementen, die präsentiert werden. Die zeitliche Reihenfolge kann dabei von der der Story abweichen. Die Narration ist die Gesamtheit (Anordnung, Darstellung, Entwicklung) der Story (oder *stories*), sie ist abhängig vom kulturellen und historischen Kontext des Zuschauers und der Story. Vereinfacht läßt sich Narration definieren als *screenplay (script)* + *storyboard*. Die Narration schließt dabei alle genrespezifischen Gestaltungselemente wie Kameraführung, Schnitt, Ausstattung der Szenen, den sogenannten *on-screen* und *off-screen space* usw. mit ein. Lombard & Ditton (1997) gehen davon aus, daß in traditionellen Medien (insb. TV und Film) die Präsenz verringert wird, wenn spezielle Techniken des Mediums (*flashback*, *wipes*, Hintergrundsprecher, Musik, etc) eingesetzt werden. Der Nutzer/Betrachter wird erinnert, daß es sich um etwas Hergestelltes, Künstliches handelt. Hier sind Zweifel angebracht. Ein gezielter Einsatz dieser Mittel könnte durchaus zu einer Präsenzerhöhung führen, wie z.B. durch dramaturgische Elemente, die erst durch diese Mittel sichtbar werden.

Bordwell & Thompson (1993) sprechen im Zusammenhang mit Narration von einem Prozeß, durch welchen der Plot die Informationen der Story übermittelt oder zurückhält (Wissen, Gedanken, Wahrnehmung der Charaktere). Für Holman (1975) ist Narration kurz das Berichten über tatsächliche oder fiktive Ereignisse. Das Drama ist nach Meyer (1995) eine Narration, die so gestaltet ist, daß sie ein Thema über eine *compelling story* (überzeugend, zeitlich aufbauend strukturiert) kommunizieren kann. Zur Frage, was eine *compelling story* ist, existieren zahlreiche Modelle (siehe z.B. Freytag, 1863/1985). Es existieren ebenfalls unterschiedliche (Werk-) Modelle über die Formalisierbarkeit von Narration und Drama. Suckfüll nennt hier als wesentliche Vertreter Bordwells Neoformalismus und das PKS-Modell nach Wuss (1993).

Unabhängig vom gewählten Modellansatz (der sicherlich für eine qualifizierte Analyse und letztendlich für die erfolgreiche Gestaltung einer virtuellen Umgebung notwendig ist) stellt sich die Frage, inwieweit narrative Elemente zu höherer Präsenz in virtuellen Umgebungen führen. Die von Slater & Wilbur (1997) auf den Plot reduzierte Annahme, dieser erhöhe die Präsenz, muß hypothetisch folgendermaßen korrigiert werden: Erstens kann eine Präsenzerhöhung nur dann maximiert werden, wenn alle narrativen Strukturen bei der Gestaltung einer virtuellen Umgebung genutzt werden. Das heißt insb., daß der Erzählstruktur eine Prämisse zugrunde liegt, die über die dargestellten Stimuli hinausgeht, die ein „Davor“, ein „Danach“ und ein Ziel besitzt. Dieses Ziel muß überzeugend über den gesamten Plot hinweg dargestellt und verfolgt werden. Zweitens, auf einer anderen Ebene, fehlen neben der empiri-

schen Überprüfung des Zusammenhanges von Narration und Präsenz theoretische Modelle über die Präsenzbildung während des Erlebens von Handlung. Der Glenbergsche Ansatz einer vermaschten, verkörperten Kognition könnte ein guter Ausgangspunkt dafür sein. Werden verkörperte Inhalte über die Handlung transportiert, und zwar entweder in Form von Stellvertretersubjekten (Nutzer ist Zeuge der Handlung) oder in Form des Sich-Hineinversetzens in eine Rolle der Handlung, so ist durch die Vermaschung dieser Inhalte wahrscheinlich mit erhöhter Präsenz zu rechnen. Die Frage, die bleibt, ist drittens, welche Präsenzkomponeuten durch die Handlung beeinflusst werden. Zu vermuten ist, daß eine verstärkte Involviertheit (Involvierungspräsenz) beobachtbar sein sollte. U.U. wird dadurch auch die räumliche Präsenz betroffen. Dies ist empirisch zu prüfen und wird in Kapitel 4 experimentell untersucht.

Auf die Probleme, die entstehen, wenn zugleich narrative und interaktive Elemente in virtuellen Umgebungen eingesetzt werden, wird im übernächsten Abschnitt eingegangen.

### 3.2.3.3 Das Handeln

Wir sind in diese Welt „geworfen“, um zu handeln. Eine sehr allgemeine Aussage, die konkretisiert werden muß, um (zumindest für die Gestaltung virtueller Umgebungen) konkrete (wiederum) Handlungsmöglichkeiten für die Gestaltung von virtuellen Umgebungen abzuleiten. Nutzer von VR-Systemen werden mehr oder weniger zum Handeln, zur Interaktion mit dieser Umgebung aufgefordert. Die Spanne reicht hier vom einfachen Betrachten einer Umgebung ohne spezifizierte Aufgabe bis zur Bewältigung hochkomplexer Zusammenhänge in virtuellen Umgebungen, die nur dadurch möglich wird, daß interaktiv in die virtuelle Welt eingegriffen wird.

Fast alle Definitionen von Virtual Reality beinhalten Interaktion (als Synonym für Handlung) als Basisbestandteil. Erst durch Interaktion kann diese (alternative) Welt begriffen werden, wie bereits in den Ausführungen zum Konstruktivismus in Kapitel 2 hervorgehoben wurde. Es bleiben jedoch zwei zentrale Fragen in dieser Betrachtung offen: 1) Welche Interaktionsformen sind in virtuellen Umgebungen möglich oder zumindest vorhanden und 2) wie beeinflusst die Interaktion die Präsenz?

Prinzipiell gehen die meisten Forscher davon aus, daß jegliche Form von Interaktionsmöglichkeiten die Präsenz erhöhen (siehe z.B. Wittmer & Singer, 1994; Welch et. al., 1996; Slater, Usoh, & Steed, 1994). Zeltzer (1992) liefert mit seinem AIP-cube ein Werkzeug zum Vergleich von grafischen Applikationen, wobei die Achsen dieses Würfels mit Autonomie (A), Interaktion (I) und Präsenz (P) belegt sind. (siehe auch Regenbrecht, 1994) Geht man davon aus, daß das ideale VR-System durch  $A=1$ ,  $I=1$  und  $P=1$  charakterisiert wird so kann daraus geschlossen werden, daß Autonomie und Interaktion einen direkten Zusammenhang zu Präsenz bilden, wobei die autonome Komponente im Rahmen dieser Arbeit der Handlung zugeschrieben wird.

Je mehr Interaktionsmöglichkeiten geboten werden, desto höher wird vermutlich die Präsenz. Die in den o.g. durchgeführten Untersuchungen verwendeten Formen der Interaktion sind dabei sehr vielgestaltig, sie umspannen einen Bereich von der Flugzeugsteuerung und *missile control* bei Witmer & Singer bis zur Navigation in virtuellen Gebäuden bei Slater et. al.

Im folgenden sollen drei Formen der Interaktion unterschieden werden:

- a) Die Möglichkeit der Selbstbewegung durch die virtuelle Umgebung. Sie wird entweder dadurch realisiert, daß eine gerätevermittelte Fortbewegung stattfindet (Joystickbewegung führt zum „Fliegen“ in der Welt) oder seltener durch eine natürliche Bewegungsform (das Laufen in der realen Umgebung führt zum

- Laufen in der virtuellen Umgebung). In immersiven VR-Systemen wird die einfachste Form der Selbstbewegung, nämlich die Möglichkeit des Umherblickens über die Kopplung von Trackern mit der Sichtsteuerung des Nutzers in die virtuelle Welt realisiert. In nicht-immersiven Konfigurationen ist dazu ebenfalls ein Gerät, wie die Tastatur oder Maus, notwendig.
- b) Die Möglichkeit, mit Objekten der virtuellen Welt zu interagieren. (Objektinteraktion)
  - c) Die Möglichkeit, mit Subjekten innerhalb der virtuellen Umgebung zu interagieren. Hier spricht man auch von computervermittelter Kommunikation. (Subjektinteraktion)

Obwohl bisher keine empirisch gesicherten Daten dazu vorliegen, wird von vielen Autoren vermutet, daß ein direkter Zusammenhang zwischen Präsenz und der Möglichkeit der Selbstbewegung besteht. In diesem Zusammenhang betonen Usoh & Slater (1995) die Wichtigkeit einer *first person perspective* beim Erleben von virtuellen Umgebungen. Diese Perspektive ist in zweierlei Hinsicht zu betrachten. Zum einen ist damit die Sichtsteuerung aus der eigenen Perspektive gemeint (*egocentric*), im Gegensatz z.B. einer Draufsicht auf das Modell (*exocentric*), selbst wenn in diesem Modell der Nutzer selbst vorhanden ist und zum anderen der o.g. Effekt, Zeuge einer Handlung zu sein versus die Rolle und damit Sicht eines Charakters zu übernehmen.

Ebenfalls noch nicht untersucht ist die von Lombard & Ditton (1997) getroffene Unterscheidung zwischen „live vs. recorded or constructed experience“ als Einflußfaktor auf die Präsenz. Dieser Frage wird in einer Untersuchung im Kapitel 4 nachgegangen.

Der Frage der Art der Fortbewegung in virtuellen Umgebungen widmeten sich Slater, Usoh & Steed (1994), indem sie das virtuelle „Fliegen“ mit dem Laufen in Bezug auf Präsenz untersuchten. In ihrem Experiment benutzten sie die sogenannte „Tretmühle“, um eine Laufmetapher zu realisieren. Das Fliegen wurde über einen Flying Joystick ermöglicht: Das Zeigen mit diesem Gerät in die gewünschte Flugrichtung führt nach Betätigen eines Knopfes am Joystick zum Auslösen des Fliegens innerhalb der VU. Sie kamen zu dem Schluß, daß das Laufen wegen seiner Natürlichkeit gegenüber dem virtuellen Fliegen zu einem höheren *sense of presence* führt. Zu beachten ist hier, daß nicht etwa, wie in einigen Experimenten in Kapitel 4, eine wirkliche Laufbewegung genutzt wurde, um sich in der VU fortzubewegen, sondern eine mediierte Form über ein Laufband. Trotzdem trat dieser Effekt bereits auf.

Sie sprechen hier auch von einer „simple connection of action and effect“, d.h. die Präsenz korreliert mit dem visuell-kinästhetischem Zusammenwirken. Dieses Zusammenwirken ist ebenfalls für die beiden anderen Interaktionsformen (Objekt- und Subjektinteraktion) bedeutsam.

Schon in den Anfängen einer sich etablierenden Präsenzforschung wies Sheridan (1992) auf den Einfluß der Möglichkeit, die virtuelle Umgebung verändern zu können auf den *sense of presence* hin. M.a.W. geht man über das einfache Betrachten (und Erleben) einer virtuellen Umgebung hinaus und läßt den Nutzer die Umgebung an sich nach seinen Bedürfnissen oder Aufgaben gestalten. Steuer (1992) definiert diese Form der Interaktivität als den Grad, in welchem der Nutzer seine medial-vermittelte Umgebung in Echtzeit in Form oder Inhalt verändern kann. Sie hängt ab von der Geschwindigkeit, der Breite der Möglichkeiten und von natürlichen und vorhersagbaren Steuerungsmöglichkeiten. Heeter (1992) nennt hier als wesentliche Veränderungsparameter die Größe (*size*), die Dauer (*duration*) und das (zeitliche) Schrittmaß (*pace*). Steuer konkretisiert und erweitert diese Parameterliste 1995 um Größen wie die zeitliche und räumliche Ordnung (*temporal ordering and spatial organization*), Intensität (*volume, brightness, color, etc.*) und Frequenz-Charakteristika (*timbre, color,*

etc.). Allgemein kann man sagen, daß es um die Veränderbarkeit der Anzahl, des Typs und der Qualität der Charakteristik der medierten Präsentation oder Erfahrung geht. Es wird vermutet, daß je größer das „Vokabular der Befehls-erkennung“ ist, um so interaktiver ist das System und um so höher ist die Präsenz. Hierbei sollten nach Lombard & Ditton (1997) der Typ der Nutzereingaben mit dem Typ der Antwort des Mediums übereinstimmen, sie graduieren diese Übereinstimmung zwischen *arbitrary* (Eingabe per Tastatur) und *natural* (wie in der realen Welt).

Subjektinteraktion muß unterschieden werden in Interaktion mit artifiziellen, computergenerierten Charakteren und in Interaktion mit jeglichen Formen von Stellvertreterobjekten real existierender Personen. Beide Formen werden in vielen Fällen durch sogenannte Avatare dargestellt.

Im weitesten Sinn ist das gesamte VR-System eine (para-) soziale Instanz. Das System wird als Kommunikationspartner betrachtet. Lombard & Ditton (1997) vermuten in diesem Zusammenhang, daß der Umgang mit Programmen (oder Programmteilen), die eine Transformation aus der realen Welt darstellen (*bank teller, teacher*), eher zu einer parasozialen Beziehung zum Medium führen als Programme, die per se nur mit diesem Medium existieren (*word processor, data base management*). Desweiteren führt eine natürliche und informale Ein-/Ausgabe-Sprache (insofern sie nicht lächerlich wirkt) zu einer höheren Präsenz. Künstliche (insb. computerspezifische) Ausgaben und Eingabeaufforderungen führen zu einer stärkeren Präsenz des Mediums und damit zu einer schwächeren Präsenz des Nutzers. Stimmen (Sprache), die eher „menschlich“ klingen, erhöhen die mögliche Illusion, mit einer sozialen Entität zu interagieren (Sprachausgabe als soziale Komponente). Der Grad der Lernfähigkeit des Systems bezüglich der Nutzer-Eingaben (*memory of recent events*) bestimmt darüber, ob das System u.U. als soziale Entität angesehen wird.

Die Präsenzerhöhung durch die Interaktion mit anderen, „realen“ Personen in der virtuellen Umgebung wird von vielen Autoren betont (z.B. bei Towell, 1997). Heeter (1992) sieht bereits eine Erhöhung des *sense of presence* bei der bloßen Anwesenheit anderer Personen in der VU und eine weitere Steigerung bei Interaktion mit diesen Personen; er nennt diese die sozialen Faktoren für Präsenz. Diese Aussagen sind uneingeschränkt nachvollziehbar und sollen hier nicht weiter untersetzt werden.

### 3.2.3.4 Handeln und Handlung

Werden innerhalb des architektonischen Gestells sowohl narrative (Handlung) als auch interaktive (Handeln) Elemente eingesetzt, um die Präsenz der Nutzer in virtuellen Umgebungen zu beeinflussen, so ergeben sich einige Besonderheiten und Probleme, die im folgenden diskutiert werden. Das zentrale Problem liegt im Widerspruch zwischen der (teilweise strengen) Strukturierung der Narration und der Möglichkeit der Interaktion in VR. Wie kann erreicht werden, daß die narrativen Strukturen erhalten bleiben (das „Erzählziel“ erreicht wird) und es dem Nutzer trotzdem erlaubt ist, mit der virtuellen Umgebung in einer oder mehreren der o.g. Formen zu interagieren?

Meyer (1995) untersuchte diesen Widerspruch anhand der am strengsten strukturierten narrativen Form, dem Drama. In Anlehnung an diese Untersuchung sollen hier die Hauptprobleme für interaktiv-narrative Formen von virtuellen Umgebungen genannt und Lösungsansätze aufgezeigt werden.

- Es werden Charaktere benötigt, die auf Interaktionen reagieren, im Gegensatz zum Theater oder Film, dort werden Rollen „ungestört“ gespielt. Ein Lösungsansatz besteht in der Nutzung von AI (*Artificial Intelligence* – Künstliche Intelligenz) -basierten Charakteren. Die Ergebnisse, Personen (also in „vernünftiger“ Art und Weise reagierende Entitäten) AI-gestützt zu implementieren sind allerdings bisher unbefriedigend.

- Die Struktur des Dramas wird durch Interaktionen dynamisiert. Es werden Regeln für eine (gute) Erzählung benötigt, die darauf Rücksicht nehmen. Leider schlugen bisher alle Versuche fehl, Narration und Drama zu formalisieren, jedoch nur was formalisierbar ist, läßt sich mittels Computer umsetzen. Wiederum besteht die einzige unbefriedigende Lösung in der Nutzung von AI. In diesem Zusammenhang tritt ein interessantes Teilproblem auf: insb. beim Drama ist es erforderlich, daß das Ende der Erzählung definiert ist. Nach Meyer scheiterten aber bisher alle Versuche mit einem unscharfen, alternativen oder nicht definierten Ende. Seinem daraus folgendem Schluß, daß das „Go-anywhere-do-anything VR-Drama“ (bisher?) nicht realisierbar ist, soll hier gefolgt werden. Verallgemeinert heißt das, daß eine in jeder Beziehung interaktive virtuelle Umgebung nicht in der Lage ist, eine Handlung zu kommunizieren. Die Handlung wird durch die unbegrenzten Interaktionsmöglichkeiten mit hoher Wahrscheinlichkeit zerstört. Ein Lösungsansatz besteht in einer narrativen virtuellen Umgebung mit begrenzter Interaktivität, d.h. die Interaktivität wird in gewissen Grenzen erlaubt und trotzdem können narrative oder gar dramatische Strukturen erhalten bleiben.
- Dem Nutzer der virtuellen Umgebung ist es gestattet, seinen Standort und seine Blickrichtung selbst zu wählen (Selbstbewegung). Der Gestalter muß nun sicherstellen, daß die relevanten narrativen Elemente durch den Nutzer erkannt und erfahren werden. Mögliche Lösungsansätze sind:
  1. Ein (computergenerierter) Charakter führt den Nutzer in der VU: in der einfachsten Form als „Platzanweiser“, in einer komplexen Form als begleitender Erzähler und Berater in der Handlung
  2. Die möglichen Positionen des Nutzers werden eingeschränkt (siehe z.B. Fahrzeuge in Disneyland)
  3. Dem Nutzer werden vor oder während des Erlebens Instruktionen gegeben („Folge keiner Person!“, „Gehe nicht in diesen Raum!“, etc.)
  4. Es wird nur das Wechseln in den Sichtbereich von (bestimmten) Charakteren erlaubt.

Anmerkung: Die Freiheit der Bewegung (auch der eingeschränkten) kann zu einem höheren Involvement führen.

- Parallel ablaufende Handlungen können beliebig vom Nutzer gewählt/gewechselt werden, hier besteht die Gefahr der Mißinterpretation oder Nichtwahrnehmung der Story. Andererseits besteht hier eine neue Chance in der Gestaltung von virtuellen Umgebungen. Erst durch mehrmaliges Erleben/Wechseln erzielt der Nutzer ein Verständnis der gesamten Story.
- Die Interaktionen des Nutzers können die erzählte Zeit beeinflussen. Im Gegensatz zur Erzählzeit, also jener während des Erlebens vergangene Zeit. Diese kann der Nutzer in jedem Falle durch Abbruch und Fortsetzung selbst bestimmen. Somit entsteht eine *event based time*, eine erzählte Zeit, die sich nach den Reaktionen des Nutzers richtet. Dieses Problem offenbart sich zugleich als Chance für ein neues VR-Storytelling und wird in anderen Medien bereits angewendet (z.B. multimediale CD-ROM).
- Der Nutzer einer virtuellen Umgebung beansprucht den gleichen Raum wie die Story. Er ist Bestandteil der Handlung. Die Handlung muß ihn also mit einbeziehen. Vergleichbar ist dies mit einem Theaterstück, auf dessen Bühne die Zuschauer mitspielen. Hier müssen neue Formen der Gestaltung sowohl der Handlung als auch Handlungsmöglichkeiten des Nutzers entwickelt werden, die dieser Situation Rechnung tragen.

Abschließend sei bemerkt, daß aus praktischer Sicht die Kombination von Handeln und Handlung im Rahmen von virtuellen Architekturen sicher erst in fernerer Zukunft realisiert werden wird. Zu komplex sind die Zusammenhänge als daß hier mittelfristig mit Lösungen zu rechnen ist. Ein gravierender Einfluß auf die Präsenz ist allerdings zu erwarten.

### 3.2.4 Individuelle Faktoren

Alle Nutzer von Virtual-Reality-Systemen sind individuell unterschiedlich. Neben den körperlichen Unterschieden, dem Alter, dem Geschlecht usw. bringt jeder seinen psychologischen, sozialen und kulturellen Kontext mit in die virtuelle Umgebung. Da der Imaginationsprozeß als wesentliche Komponente der Präsenzbildung eine individuelle Leistung darstellt, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß die individuellen Faktoren einen erheblichen Einfluß auf das Erleben der virtuellen Welt haben. Somit ist Präsenz in diesen Umgebungen nur vor diesem persönlichen Hintergrund zu betrachten.

Es ist sicher nicht möglich, alle Persönlichkeitseigenschaften zu ermitteln, die einen unmittelbaren Einfluß auf die Präsenz haben. Hier sollen deshalb diejenigen Faktoren dargestellt werden, die in der (multidisziplinären) Literatur als wesentliche Einflußfaktoren vermutet werden, um insb. für eine zukünftige (empirische) Forschung einen Ausgangspunkt zu schaffen. Die Untersuchung AMT2 in Kapitel 4 wird exemplarisch den Einfluß eines individuellen Faktors auf die Präsenz zum Gegenstand haben.

Die Modellbildung über die virtuelle Umgebung vollzieht sich in den zeitlichen Stufen: vor dem Erleben, während des Erlebens und nach dem Erleben. Der Nutzer hat, bevor er die virtuelle Umgebung betritt, ein oder mehrere alternative Modelle über die ihn erwartende Umgebung, dieses Modell wird während des Erlebens durch die insbesondere mittels Interaktionen gemachten Erfahrungen erweitert resp. verändert, als Ergebnis verläßt der Nutzer die virtuelle Welt mit einem neuen (veränderten) Modell (siehe Abb. 3.6).

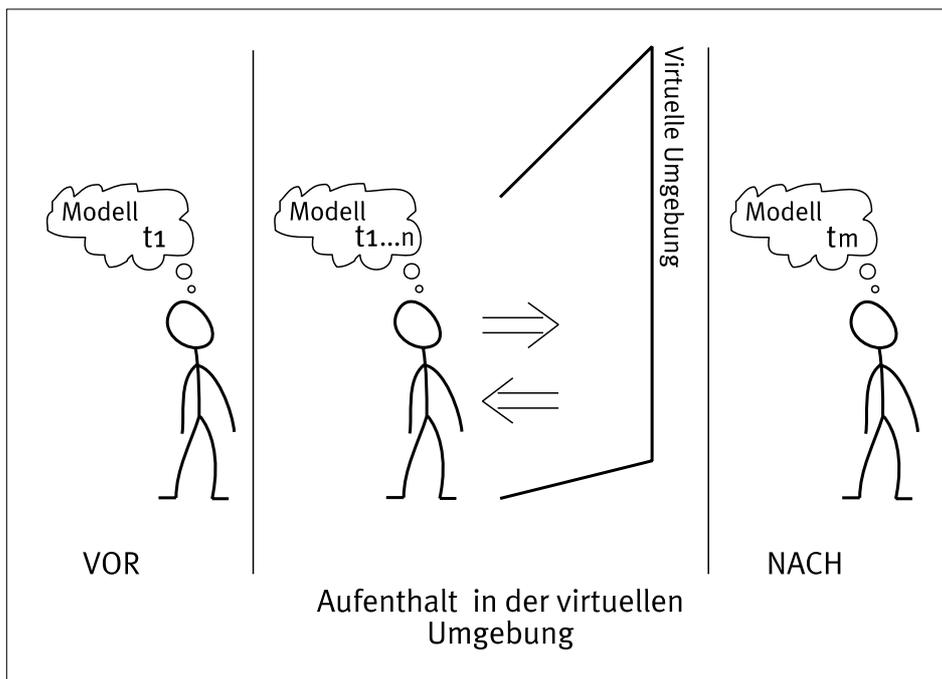


Abb. 3.6: Modellbildungsprozess

Dies bedeutet nicht notwendigerweise, daß eine alternative Welterfahrung in ein Modell überführt wird. Es ist ebenfalls möglich, daß eine adäquate (räumliche) Konstruktion während des Aufenthaltes in der virtuellen Umgebung nicht zustande kam und der Nutzer u.U. zu dem Schluß gelangt, daß Virtual Reality z.B. lediglich eine „bunte Verwirrung“ darstellt. Ebenfalls möglich ist eine nur sehr geringe Veränderung des Modells, insb. bei häufiger Benutzung ein und derselben Umgebung. Eigene Erfahrungen in virtuellen Umgebungen bestätigen das.

Eine entscheidende Voraussetzung ist die bereits a.a.O. genannte **willingness to suspend disbelief**, um zu Präsenz in virtuellen Umgebungen zu gelangen (siehe z.B. Lombard & Ditton, 1997). D.h. eine gewisse „positive“ Einstellung dazu, sich darauf einzulassen, etwas Artifizielles als wirklich gelten zu lassen. Jedem Nutzer einer VU ist sehr wohl bewußt, daß es sich hierbei nicht um eine wirklich andere Welt handelt. Er weiß genau, daß dies eine durch einen Computer erzeugte (dreidimensionale) Welt ist, die den Zweck verfolgt, eine Illusion aufzubauen.

Es ist wahrscheinlich kaum möglich, jemanden in eine virtuelle Welt zu involvieren, ihn Präsenz erleben zu lassen, wenn er sich weigert, diese Grenze zur Imagination zu überschreiten. Auf der einen Seite ist dies ein für die Gestalter von virtuellen Umgebungen negativer Faktor, da es nicht möglich wird, jeden Nutzer mit dieser Welt anzusprechen. Auf der anderen Seite besteht damit die Chance und Freiheit für nichtgewillte Nutzer, das Erlebnis Virtual Reality abzulehnen.

Für den „willigen“ Nutzer besteht die (kognitive) Hauptaufgabe darin, sich in die virtuelle Umgebung hineinzusetzen („to get into the experience“), dabei übersieht er (absichtlich) Inkonsistenzen und Hinweise auf den künstlichen Ursprung und muß z.B. versuchen, sich (wie im Theater) in Charaktere hineinzusetzen etc. (siehe auch Laurel, 1991). Es obliegt ihm, jederzeit diesen Unterdrückungsmechanismus (*supression*) zu verstärken oder abzuschwächen, was bei einigen Aufgaben in virtuellen Umgebungen auch ständig nötig ist (siehe Beispiel Luftfahrtkontrolle bei Ellis, 1996).

Neben der generellen Einstellung, sich auf die virtuelle Umgebung einlassen zu wollen („sich in Bann ziehen lassen“), wird Präsenz durch die allgemeinen oder aktuellen **Annahmen und Haltungen** gegenüber dieser speziellen Umgebung oder gegenüber VR-System an sich beeinflußt (siehe z.B. Heeter, 1992). Die Annahmen beziehen sich auf die Erwartungen an die zu erlebende virtuelle Umgebung, die Haltung drückt sich in dem Vorsatz aus, wie auf die Umgebung reagiert werden soll. Geht z.B. ein Computerspiele-Benutzer unter der Annahme, eine entwurfsunterstützende Applikation vorzufinden, mit der Haltung, mit dem System spielen zu wollen, in die VU, so wird u.U. die Enttäuschung während der Konfrontation mit der tatsächlichen Umgebung zu einer erheblichen Präsenzminderung führen.

Entscheidende Einfluß auf diese Annahmen haben die früher mit diesem oder verwandten Medien gemachten **Erfahrungen** und das **Wissen** um dieses Medium. Lombard & Ditton (1997) vermuten einen Zusammenhang zwischen den früher gemachten Erfahrungen aktuellen *sense of presence*. Auf der einen Seite, so wird bemerkt, sinkt die aktuelle Präsenz bei vorhandenem Wissen um das Medium und seine interne Wirkungsweise. Andererseits könnte bei wiederholten Erfahrungen oder längerem Aufenthalt ein Ansteigen der Präsenz zu verzeichnen sein (auch bei Held & Durlach, 1991). Zu diesen Erfahrungen zählt im speziellen Fall auch die Vertrautheit und Praxis des Nutzers mit der aktuellen Szene (Heeter, 1992), sie kann sowohl positiv als auch negativ mit Präsenz zusammenhängen.

Erfahrung und Wissen um das Medium sind sehr relativ zu bewerten, wie eine Studie von Turkle (1984) zeigt, nach der Erwachsene im Computer i.d.R. nur eine Maschine sehen, Kinder hingegen „soziale Beziehungen“ mit dem Computer eingehen. Auf der anderen Seite ziehen Erwachsene die Möglichkeit von „*self conscious machines*“ eher in Betracht als Kinder. Unabhängig davon fand Taylor (1997) in einer Studie mit Schülern unterschiedlichen Alters (*elementary, middle* und *high school*) heraus, daß jüngere Schüler eher zu Präsenz neigen als ältere. Somit könnte auch das **Alter** eine Rolle bei der Präsenzbildung spielen.

Nach der Theorie des Neurolinguistischen Programmierens (NLP) besitzt jeder Mensch ein bevorzugtes **individuelles Repräsentationssystem** (eigentlich Perzeptionssystem): visuell (V), akustisch (A) oder kinästhetisch (K). Werden z.B. vornehmlich visuelle Kanäle angeboten (wie bei den meisten VR-Systemen), kann davon ausgegangen werden, daß sich Nutzer vom V-Typ eher präsent fühlen als Nutzer vom A- oder K-Typ und vice versa. (Slater & Usoh, 1993 mit weiterführenden Verweisen auf NLP)

Neben vielen anderen weisen besonders eindrücklich Lombard & Ditton (1997) auf den Zusammenhang von **Aufgabe** und möglicher Präsenz hin, der besonders in der Schwierigkeit der Aufgabe liegen kann. U.a. stellen sie die These auf, daß potentiell höher präsente Medien (i.A. visuelle, im speziellen virtuelle Umgebungen) für personenbezogene Aufgaben geeignet sind, niedrig präsente Medien (wie Telefon, Schrift) für den Informationsaustausch. Barfield & Weghorst (1993) vermuten einen allgemeinen Zusammenhang, Heeter (1992) die aktuelle Dauer des Aufenthaltes in der virtuellen Umgebung und Welch et. al. (1996) das Interesse an der (interaktive) Aufgabe. Teilweise belegen konnten Wittmer & Singer (1994), daß der aktuelle Fokus auf die Aufgabe (Konzentration) zu höherer *awareness* und zu höherer Präsenz führt.

Im Zusammenhang mit der gestellten Aufgabe steht die **Relevanz** der virtuellen Umgebung oder der Aufgabe selbst für den Nutzer. Eine Umgebung, die von außerordentlicher Bedeutung für den Nutzer ist, er also ohne Schwierigkeiten einen Sinn interpretieren kann und diese Welt auf sich beziehen kann, ermöglicht eine „schnellere“ Präsenz in dieser Umgebung als unrelevante Umgebungen. Insbesondere im Bereich der Werbung kommt diesem Aspekt eine besondere Bedeutung zu (Lombard & Ditton, 1997).

Viele Autoren vermuten **allgemeine Persönlichkeitsmerkmale** als Präsenzfaktoren, bisher liegen dazu allerdings noch keine gesicherten Untersuchungen vor. Diese Faktoren werden nicht näher spezifiziert und unter Begriffen wie *cognitive style of the user*, *degree of „screen“ complex stimuli*, *level of sensation seeking*, *need to overcome loneliness*, *mood before and during use*, *introversion / extroversion*, *locus of control*, *dominance / submissiveness* zusammengefaßt. (Lombard & Ditton, 1997; Richardson, 1977; Mehrabian, 1976; Apter, 1992; Zuckerman, 1994). Da es nicht möglich ist, alle Persönlichkeitsmerkmale zu erfassen und diese in Relation zu Präsenz zu setzen, sind hier in Zukunft fundierte Modelle gefragt, die den Suchraum einschränken.

### 3.3 Messung von Immersion und Präsenz

Betrachtet man den in Abb 3.1 dargestellten Prozeß der Präzenzbildung, so wird klar, daß drei meßbare Kategorien vorliegen. Die Messung der Immersionsfaktoren, des Imaginationsprozesses und der Präsenz.

Hier werden in Form einer „Black-Box“-Methode Immersion und Präsenz gemessen, die Messung der kognitiven Prozesse der Imaginationsleistung des Nutzers bilden die Black-Box.

Während sich das Gefühl, an einem Ort präsent zu sein, als rein psychologische Meßgröße darstellt, können Immersionsfaktoren teilweise auch objektiv erfaßt werden. So ist z.B. die Bildschirmauflösung (immersionstechnischer Wert) eine objektiv meßbare Größe, die Einstellung und Haltung zur virtuellen Umgebung (individueller Wert) eine psychologische und damit subjektive Größe. Präsenzfaktoren auf der anderen Seite sind immer psychologische Größen (Variablen).

Prinzipiell existieren drei Meßansätze zur Datenerhebung psychologischer Variablen (siehe z.B. Lang, 1993; Suckfüll, 1997):

- a) Beobachtung des Ausdrucksverhaltens (*observation*)

Während der Exposition (mit der virtuellen Umgebung) wird beobachtet, wie sich die Versuchsperson in ihren Bewegungen, Handlungen, der Mimik und Gestik etc. verhält. Diese Beobachtungen werden dann zeitlich mit den angebotenen Stimuli des Experiments überlagert und ausgewertet.

Für dieses Verfahren ist es notwendig, daß a) für die Fragestellung relevante Operationalisierungen von Verhaltensmustern aufgestellt werden und b) diese dann von mehreren Beobachtern gleichzeitig (z.B. per Strichliste) gemessen werden. Im Anschluß werden die von den verschiedenen Beobachtern notierten Meßergebnisse auf ihre Übereinstimmungen hin überprüft und das Ergebnis in Beziehung zu den zeitlich erfaßten Stimulations- oder Ereignispunkten des Experiments gesetzt.

Es handelt sich hier um ein sehr aufwendiges Verfahren, bei welchem leider auch oft die Übereinstimmungen der Beobachtungen zu gering sind, um gesicherte Ergebnisse zu gewinnen. Es müssen i.d.R. viele Voruntersuchungen durchgeführt werden, um zu brauchbaren Operationalisierungen des Verhaltens zu gelangen.

b) Erfassung physiologischer Indikatoren (*physiological measurements*)

Verschiedene physiologische Reaktionen können Auskunft über mögliche (auch emotionale) Ursachen geben. Es ist z.B. möglich, die Herzfrequenz, den Hautwiderstand oder einzelne Muskelreaktionen zu messen und diese dann in Beziehung zu den angebotenen Stimuli des Experiments zu setzen. In der Auswertung kommen dann hier meist Zeitreihenanalysen zum Einsatz, die untersuchen, welche Zusammenhänge zwischen gemessener Größe und dargebotenen Reizen bestehen.

Dieses Verfahren ist nicht nur im Design sehr aufwendig, sondern auch in der Auswertung (siehe z.B. Suckfüll, 1997), bietet jedoch den Vorteil, während des Erlebens messen zu können.

c) Erfassung des subjektiven Erlebens (*verbal report*)

Der Bericht über das Erleben ist die am häufigsten angewendete Methode zur Datenerhebung. Es können vor und nach dem Erleben subjektiv berichtete Größen erfaßt werden. Teilweise wird auch während des Erlebens erhoben (gefragt).

Zu Einsatz kommen meist Fragebögen, Interviewtechniken oder die sogenannte *think-aloud*-Methode, für alle existieren eine Vielzahl standardisierter Lösungen für sehr unterschiedliche Fragestellungen.

Auf der einen Seite ist es wünschenswert, alle drei Meßmethoden anzuwenden, um ein objektives Bild über die Reaktionen, Emotionen und Phänomene zu gewinnen. Auf der anderen Seite widersprechen sich in der Regel die Ergebnisse (Lang, 1993). Erfolgreichstes und zugleich ökonomischstes Mittel ist der *verbal report* (Sheridan, 1996). Zudem bietet sich mit diesem Verfahren die Möglichkeit, verschiedene Fragestellungen und potentielle Variablen zu explorieren. Der Hauptnachteil in der Anwendung von Fragebögen und Interviewtechniken zur Messung von Präsenz liegt darin, daß nicht während des Erlebens Daten erhoben werden können, da die Messung das Erleben (zer-) stört. (Es ist unmöglich, eine Versuchsperson von „außen“ zu fragen, ob sie denn jetzt „drinnen“ sei. Spätestens mit dieser Frage ist sie es nicht mehr.)

Dieser Nachteil ist durch ein besonders sorgfältiges Design des Fragebogens/Interviews und des Experiments auszugleichen (siehe Bortz & Döring, 1995).

Dem Vorgehen der meisten anderen Forscher auf dem Gebiet der Präsenzforschung folgend werden in den im nächsten Kapitel vorgestellten Untersuchungen Fragebögen zur Messung von Immersion und Präsenz eingesetzt. Da bisher keine standardisierten Skalen zu diesen Größen vorliegen, wird ein eigener Fragebogen entwickelt und im Verlauf der Untersuchungen ständig verbessert. Für die Erfassung anderer Variablen, wie Dissoziationsneigung oder *simulator sickness*, werden dagegen bewährte Skalen aus der internationalen Literatur eingesetzt.



## **Kapitel 4**

# **EMPIRISCHE UNTERSUCHUNGEN**

Es werden sieben Untersuchungen vorgestellt, die zum Ziel haben, Präsenz und Immersion zu explorieren. Im wesentlichen ist jede Untersuchung schematisch gleich aufgebaut: in einem einführenden Teil werden die Bezüge zu Immersion und Präsenz hergestellt, die Art und Weise der Exploration vorgestellt und Hypothesen und Erwartungen abgeleitet. Der methodische Teil beschreibt die Teilnehmer an der jeweiligen Untersuchung, das System mit seinen Materialien und Ausrüstungen, das Design des Versuchs und abschließend die Prozedur. Jede Untersuchung endet mit einer Darstellung der Ergebnisse und deren Diskussion. Die Diskussion bezieht sich hierbei nicht auf die Architekturspezifik der Untersuchung, diese wird in Kapitel 5 vorgenommen, sondern vielmehr auf mögliche Interpretationen der Ergebnisse im Zusammenhang mit den vorgestellten Modellen und Kategorien.

Insgesamt wird über alle Untersuchungen versucht, einen inhaltlich zusammenhängenden und aufbauenden Charakter zu gewährleisten. Die vorgestellten Arbeiten werden im Wesentlichen in der chronologischen Reihenfolge ihrer Durchführung vorgestellt, sie fanden in den Jahren 1994 – 1999 statt.

Die hier beschriebenen Untersuchungen spiegeln auch einen Teil des persönlichen Werdeganges des Autors wider. Standen zu Beginn der ersten Beobachtungen über die Wirkung von Virtual Reality noch vornehmlich (immersions-) technische Fragen im Vordergrund so wurden diese zunehmend durch wahrnehmungspsychologische erweitert und ersetzt. Es wurde immer deutlicher, daß das Erleben virtueller Umgebungen nicht vornehmlich von der Qualität der angebotenen Stimuli abhängt sondern vielmehr davon, in welcher Art und Weise der Benutzer dieser Umgebungen seine virtuelle Welt konstruiert.

Diese, sich immer weiter festigende Erkenntnis erforderte ein gründliches Überdenken der eigenen Methoden und Fragestellungen. Das alleinige Wissen um informationstechnische Zusammenhänge genügte nicht mehr, um der Wahrheit über die besondere Erlebnisqualität in diesem Medium näherzukommen. Es entstand eine kontinuierlich anwachsende Begeisterung für die empirische Forschung. Sie erlaubt es, auf wissenschaftlicher Grundlage Untersuchungen an dem „Gegenstand“ durchzuführen, der die zentrale Betrachtung innerhalb des gewählten Themas darstellt: der Mensch.

Die empirische Forschung (empirisch: auf Erfahrung beruhend) fußt u.a. auf dem Grundsatz, daß durch systematische Auswertung einer Stichprobe (hier die Teilnehmer an einem Experiment) aus einer Grundgesamtheit (hier: alle Menschen, für die allgemeine Schlüsse aus der Untersuchung gezogen werden sollen) „wahre“ Ursachen oder Zusammenhänge gefunden werden. Ein Experiment ist also so sorgfältig zu planen, durchzuführen und auszuwerten, damit diese wahren Ursachen auch gefunden werden. Im besten Fall liegt der Untersuchung ein theoretisch fundiertes Modell zugrunde, wie es versucht wurde, in Kapitel 2 zu entwickeln. Dieses dort beschriebene Modell ist ebenfalls Ergebnis eines langen Prozesses, der vor allen Dingen durch die gewonnenen Erfahrungen aus den ersten Experimenten und der Freude an der Forschung auf diesem Gebiet entstand. Die Untersuchungen dieses Kapitels veranschaulichen diesen Prozeß durch eine immer konkretere Annäherung an das Phänomen Präsenz. War z.B. im Experiment „Virtuality Café“ noch nicht klar, daß zwischen Immersion, Imaginationsprozeß und Präsenz unterschieden werden sollte, so bilden sich in „Presence Questionnaire II“ selbst innerhalb dieser Komponenten wesentliche Teilaspekte heraus. Über den gesamten Zeitraum hinweg befruchteten sich die Ergebnisse und Erfahrungen der Experimente und die Suche nach einer geeigneten Modellbasis gegenseitig. Es geht darum, zu „entbergen“, was dort im Verborgenen liegt, sowohl in der Forschung als auch „unter dem Head-Mounted-Display“, theoretisch wie empirisch.

Es ist dem Autor wohl bewußt, daß er hier den vermeintlich gesetzten Rahmen seiner Wissenschaftsdisziplin verläßt. Der hier unternommene Versuch der wissenschaftlichen Grenzüberschreitung ist jedoch einzig und allein darauf gegründet, Präsenz in einer systematischen Art und Weise zu explorieren. Es ist ein Stück auf dem Weg auf der Suche nach der „Wahrheit“ in diesem (speziellen) Kontext.

#### **4.1 Experiment „Virtuality Café - VC“**

Die im folgenden beschriebene Untersuchung war Bestandteil der Diplomarbeit des Autors (Regenbrecht, 1994) und dient der ersten Exploration der Wirkungen von Virtual Reality auf den Nutzer. Es wird VR als besondere Form der medialen Darbietung empirisch durch Fragebögen, freie Interviewtechniken und Observation untersucht. Dieses, schon durch die zum Einsatz kommende Technik gegen-

über herkömmlichen Computersystemen, andersartige Medium hat vermutlich auch eine besondere Form des Erlebens zur Folge. Ziel war es, Besonderheiten zu ermitteln und mögliche Schlüsse abzuleiten.

Es konnte exploriert werden, daß es Verhalten gibt, welches Präsenz anzeigt, daß der Realismus der Darstellung (im Sinne von Detailliertheit, Realweltabbildung) nicht wie angenommen den zentralen Faktor für ein Präsenzerleben darstellt und eine erste Evaluierung über die Anwendung von Fragebögen hinsichtlich einer Präsenzanalyse durchgeführt werden. Insbesondere wurde der selbst entwickelte Fragebogen kritisch überprüft.

#### 4.1.1 Einführung

Empirisch fundierte Aussagen über die Wirkung von Virtual Reality auf Nutzer dieser Technologie sind selten. Die Gründe dafür liegen auf der Hand: es gibt bisher sehr wenig VR-Systeme, an denen entsprechende Untersuchungen durchgeführt werden könnten, damit haben bisher wenig Menschen Erfahrungen mit diesem neuen Medium sammeln können und weiterhin liegen dadurch nur zu speziellen Fragestellungen gesicherte Daten vor.

Zur Bestimmung des Forschungsfeldes war es nötig, eine erste Bestandsaufnahme über mehrere, interessant erscheinende Fragen durchzuführen. Es sollte exploriert werden, welche Variablen Beiträge zum zu untersuchenden Immersionseffekt leisten können. Vordergründiges Ziel war das Formulieren eines Fragenraumes für weitere (spätere) Forschungen.

Für die Untersuchung stand zum damaligen Zeitpunkt keine spezielle funktionsfähige VR-Technik zur Verfügung. Desweiteren sollte auch keine Software für dieses Experiment entwickelt werden. Der Aufwand sollte ein sinnvolles Maß nicht überschreiten, da es sich um eine erste Annäherung an das Thema handelte, die eine Entsprechung in der Aufbringung der Mittel erfahren sollte. Im Vorhinein wurden erste Erklärungsmodelle über die Wirkungen von virtuellen Umgebungen aufgestellt, die sich in der folgenden Kategorisierung von möglichen Beitragsvariablen für Immersion (Präsenz) ausdrückten:

- Gefühl und Wohlbefinden,
- Orientierung im virtuellen Raum,
- Raumeindruck,
- Immersion und technische Unzulänglichkeiten,
- Kommunikationsaspekte in virtuellen Umgebungen,

Zusätzlich wurden Fragen formuliert und ausgewertet, die sich mit Gewalt im Medium VR befassen. Die Gründe hierfür sind a) daß der Inhalt der in der Untersuchung vorhandenen Anwendung eine gewisse Gewalttätigkeit (wenn auch nur in einem virtuellen Sinn) beherbergt und b) in der Medienlandschaft zunehmend Zusammenhänge zwischen Gewalt in neuen Medien und Gewalt im Alltag diskutiert wurden und werden.

Als mögliche, generelle Einflußgrößen auf die o.g. Kategorien und damit u.U. auf Präsenz werden vermutet:

- Alter, Geschlecht, Bildung, Beruf
- Vorkenntnisse und Erfahrungen mit Computertechnik und VR
- Motivation, sich für einen solchen Versuch zu melden, Erwartungshaltungen

## 4.1.2 Methode

### 4.1.2.1 Teilnehmer

Es konnten 26 Versuchspersonen gewonnen werden, die alle dem universitären Bereich angehören (22 Studierende und 4 Professoren). Der Altersdurchschnitt lag bei 29 Jahren (ohne Professoren bei 24 Jahren). Es nahmen nur 6 weibliche Personen an diesem Versuch teil.

Vornehmlich waren Versuchspersonen vertreten, die sich primär visuell und räumlich ausdrücken und in diesen Kategorien denken (Architektur- und Gestaltungsbereiche), also „ideale“ Kandidaten für Virtual Reality.

### 4.1.2.2 System

Zur Verfügung standen zwei Geräte „Cyber 1000 CS“ der britischen Firma W. Industries. Diese Geräte sind für den Spielhallenbetrieb konzipiert. Jedes System besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

#### **Grundgerät**

Auf einer kreisförmigen Grundplatte mit ca. 1 Meter Durchmesser wird stehend interagiert. In ca. 1,10m Höhe befindet sich ein Ring. Dieser dient zum einen dazu, ein „Herauslaufen“ aus dem Kreis zu verhindern, zum anderen befinden sich darin die Tracking-Einheiten. Die Rechnerbasis bilden im Grundgerät fest eingebaute Commodore-Amiga-Computer mit entsprechenden Grafikkarten.

#### **Joystick**

Zur Interaktion und Fortbewegung im System wird ein FlyingJoystick mit zwei Knöpfen benutzt. Dieser ist mit einem um die Hüfte zu schnallenden Gurt verbunden. Ca. 2 Meter lange Kabel verbinden Gurt und Grundgerät.

#### **Head-Mounted Display**

Das Head-Mounted Display beinhaltet zwei LCD-Monitore mit einer Auflösung von 320x200 Bildpunkten und realisiert ein Blickfeld von ca. 40 Grad. Die Darstellung ist stereoskopisch. Das (sehr schwere) Head-Mounted Display ist über Kabel mit dem o.g. Gurt verbunden.

#### **Monitor**

Zur externen Darstellung des Spielablaufs wird ein Bild des Head-Mounted Display auf einen Monitor projiziert. Damit ist es Außenstehenden möglich, das Spiel zu verfolgen.



Abb. 4.1: Hardware: Cyber 1000 CS

### Der Inhalt des Spiels

Die virtuelle Umgebung, die nach Eintritt in das System wahrgenommen werden konnte, bestand aus einer ca. 10m<sup>2</sup> großen quadratischen Grundfläche mit an jeder Seite angebrachten Treppen, die auf jeweils eine ca. 5m höher liegende Ebene führten. Das Ambiente war angereichert durch einige geometrische Körper (Pyramide, Thorus, ...). Dieser Aktionsraum war von einem „All“ umgeben, d.h. ein unendlicher schwarzer Raum mit einigen Lichtpunkten.

Durch die zur Verfügung stehenden Systeme war es möglich, daß sich jeweils zwei Personen gleichzeitig in der Umgebung aufhalten konnten. Die Darstellung der Personen bestand aus Gestalten mit quaderförmigen Gliedmaßen. Beide Gestalten waren männlich (mit Bart), eine war rot, die andere grün dargestellt. Es wurde eine laufende Bewegung simuliert, die durch Drücken auf einen Joystickknopf ausgelöst wurde. Außerdem wurde eine Pistole mit großem Projektil an der rechten Hand sichtbar, wenn man die Hand in das eigene Sichtfeld brachte. Außerdem befand sich ein, ebenfalls grobgerasterter, feuerspeiender Flugdrache (Daktylus) in der virtuellen Umgebung, der durch den Computer gesteuert wurde. In den Displays des Head-Mounted Display wurden die verbleibende Spielzeit sowie der eigene Punktestand und der des „Gegners“ eingeblendet (rot und grün).

Die eigentliche (von den Herstellern intendierte) Idee des Spiels („Dactyl Nightmare“) bestand darin, den Spielpartner in der Umgebung ausfindig zu machen, um ihn alsdann mit der Pistole zu erschießen. Bei einem Treffer zerbarst dieser dann in mehrere Teile. Außerdem mußte von Zeit zu Zeit darauf geachtet werden, daß man nicht vom fliegenden Daktylus angegriffen wird, dieser sollte dann ebenfalls „liquidiert“ werden. Dafür gab es allerdings keine Punkte.

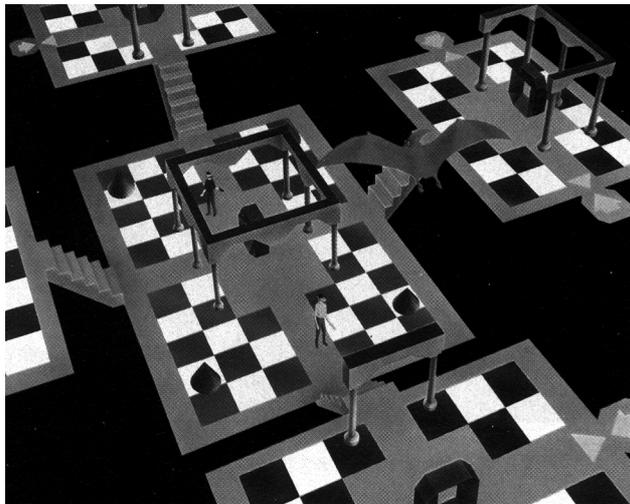


Abb 4.2: Virtuelle Umgebung: Dactyl Nightmare

#### 4.1.2.3 Design

Prinzipiell kommen drei Meßansätze der empirischen Datenerhebung in Frage: a) die Erfassung des subjektiven Erlebens mittels standardisierter Skalen, Eigenschaftswörterlisten, Fragebogenmethoden oder offener Interviewtechniken, b) die Beobachtung des Ausdrucksverhaltens und c) die Erfassung physiologischer Größen. Die Ansätze b) und c) haben den Vorteil, daß während der Exposition gemessen werden kann, leider sind sie sehr aufwendig und deshalb dem Anliegen dieser Untersuchung nicht angemessen.

Um erste Hypothesen zu gewinnen und die Erwartungen an die Untersuchung zu überprüfen, wurde zur Datenerhebung eine Kombination von Fragebogenmethode, Interviewtechnik und einfacher Beobachtung gewählt, wobei der Schwerpunkt auf den Einsatz des Fragebogens gelegt wurde.

Die Beobachtung bestand in der Aufzeichnung des Verhaltens der Versuchspersonen während des Aufenthaltes auf Video von einer festen Kameraposition aus. Die Videos wurden zur späteren Begutachtung archiviert. Sie dienen dazu, spezifische Auffälligkeiten im Ausdruck (Verhalten) der Versuchspersonen herauszufinden. Die Interviews wurden auf ein Diktiergerät aufgezeichnet und zusätzlich handschriftliche Notizen vorgenommen. Der Hauptschwerpunkt der Befragung lag dabei auf der Erlebnisqualität der Erfahrung, die in der virtuellen Umgebung gemacht wurde.

Der erste entwickelte Fragebogen ist in zwei Teile gegliedert, einen Teil der vor dem Versuch auszufüllen ist mit den Schwerpunkten Erfahrung mit Computertechnik und Einstellung/Motivation und Erwartungen an die virtuelle Realität und einen zweiten Teil, der die Auswirkungen des Erlebens exploriert. Insgesamt sind 12 Fragen zur offenen, verbal-textlichen Beantwortung angeboten, da keine konkreten Hypothesen zum Untersuchungszeitpunkt vorlagen. Die potentiellen Zielvariablen für die Formulierung der Fragen sind: Räumlichkeit und Stereoskopie, Wirkung der technischen Ausrüstung, Auftreten von Effekten der sogenannten Simulatorkrankheit (Schwindelgefühl) und Variablen, die sich auf den gemeinsamen Aufenthalt von mehreren Personen in der virtuellen Umgebung beziehen.

Ein weiterer, zusätzlicher ergänzender Fragebogen versucht die Phänomene des Immersionseffektes („Eintauchen“) und des Realismus der Darstellung zu erheben.

Die Fragebögen sind im Anhang dieser Arbeit abgedruckt.

#### 4.1.2.4 Prozedur

Die Untersuchung wurde an einem existierenden System (kein Laborsystem) durchgeführt, welches sonst zur öffentlichen Nutzung zur Verfügung steht. An zwei Terminen im Sommer 1994 kamen dazu die Versuchspersonen in das „Virtuality Café“ in Erfurt, Magdeburger Allee. Das Café wurde während dieser Zeit nicht von Personen besucht, die nicht zur Untersuchung gehörten (Versuchspersonen, Versuchsleiter).

Nach dem Ausfüllen des Fragebogens Teil 1 begaben sich jeweils zwei Versuchspersonen in die virtuelle Umgebung. Das Anlegen der Ausrüstung dauerte ein bis zwei Minuten und wurde von einem Mitarbeiter des Cafés assistiert. Die Art der Fortbewegung in der virtuellen Umgebung, das Drücken auf einen Knopf am FlyingJoystick und damit das Aktivieren einer „Flugmetapher“ in Richtung des Blickes und die Möglichkeit, eine Aktion durch Betätigen eines anderen Knopfes auszulösen, wurden kurz demonstriert. Die Spielidee, den „Gegner“ zu finden um ihn alsdann zu „vernichten“ wurde den Teilnehmern nicht mitgeteilt. Sie sollten selbst herausfinden, was in der Umgebung möglich ist.

Jede Versuchsperson hielt sich dann 5 Minuten in der virtuellen Umgebung auf. Nach dem Ablegen der Gerätschaft füllten die Teilnehmer den zweiten Teil des Fragebogens aus. Beim zweiten Termin wurden zusätzlich die Fragen des Ergänzungsfragebogens beantwortet.

Die Exposition wurde in einem zweiten Durchgang noch einmal wiederholt, so daß sich die Versuchspersonen insgesamt 10 Minuten in der virtuellen Umgebung aufhielten (siehe Anhang).

Die freie Zeit für die Versuchsteilnehmer, die vor und nach den Expositionen zur Verfügung stand, wurde für Einzelpersonen-Interviews durch die Versuchsleiter genutzt.

Alle nicht in der virtuellen Umgebung befindlichen Teilnehmer hatten die Möglichkeit, über zwei Monitore den Spielverlauf zu verfolgen. Diese Möglichkeit wurde nur teilweise genutzt, es schauten im Durchschnitt jeweils drei Personen zu, während zwei Personen „spielten“. In der Regel störte dies die aktuellen Versuchspersonen nicht.

Die Versuchspersonen wurden nicht bezahlt. Als zusätzlicher Anreiz, an der Untersuchung teilzunehmen (im Vorhinein wurde darauf hingewiesen), wurde kostenlos Getränke offeriert und teilweise die Kosten für das Spiel (2 x 5,- DM) übernommen.

Die Fragebögen wurden anonym (ein beliebiger Name zur Identifizierung konnte gewählt werden) ausgefüllt. Die Teilnehmer wurden mehrfach darauf hingewiesen.

#### 4.1.2.5 Ergebnisse und Diskussion

##### **Erfahrungshintergrund**

Auf die Frage nach der Einstellung zum Medium Computer antworteten fast alle, daß der Computer ein nützliches Werkzeug zur Bewältigung und Beschleunigung von alltäglicher Berufsarbeit sei. Gefahren werden vor allem darin gesehen, daß der Computer kreativitätshemmend wirke. Außerdem besteht eine unbestimmte Angst vor der Beherrschung durch den Computer, die wahrscheinlich auch auf den geringen Kenntnissen über die Möglichkeiten und Grenzen der Computertechnik beruhen.

Die Auswertung der Erfahrungen mit den einzelnen Anwendungsgebieten der Informatik vermittelte ein vielfältiges Bild, welches die nachfolgende Abbildung verdeutlichen soll.

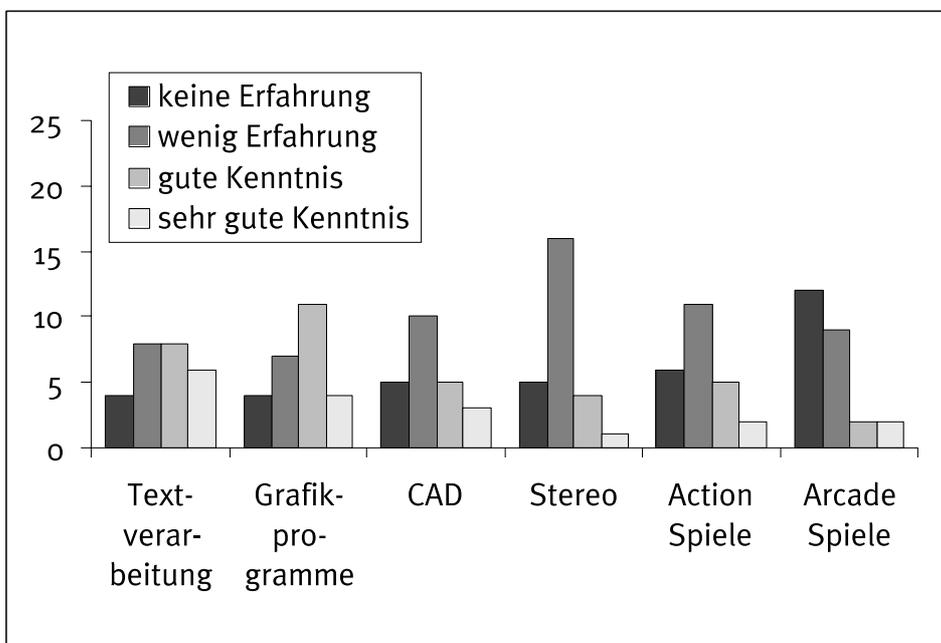


Abb. 4.3: Erfahrungen in der Anwendung des Computers  
(Anzahl Personen, keine Mehrfachangaben)

Insgesamt zeigte sich, daß mit den Anwendungen der Informatik sehr wenig oder wenig Erfahrungen gesammelt wurden (67% der Teilnehmer).

### Erwartungen

Fast 90% aller Befragten nannten Neugier bzw. das Sammeln von Erfahrungen als Hauptmotiv, sich an der Untersuchung zu beteiligen (Frage 1/2). 5 Personen konkretisierten ihre Motivation durch die Frage nach einer anderen Realität.

Die (meist unklaren) Vorstellungen über Virtual Reality resultieren aus der Darstellung in den Medien. Die Antworten auf die Frage nach den Quellen des Wissens (Frage 1/1) verdeutlicht die folgende Abbildung:

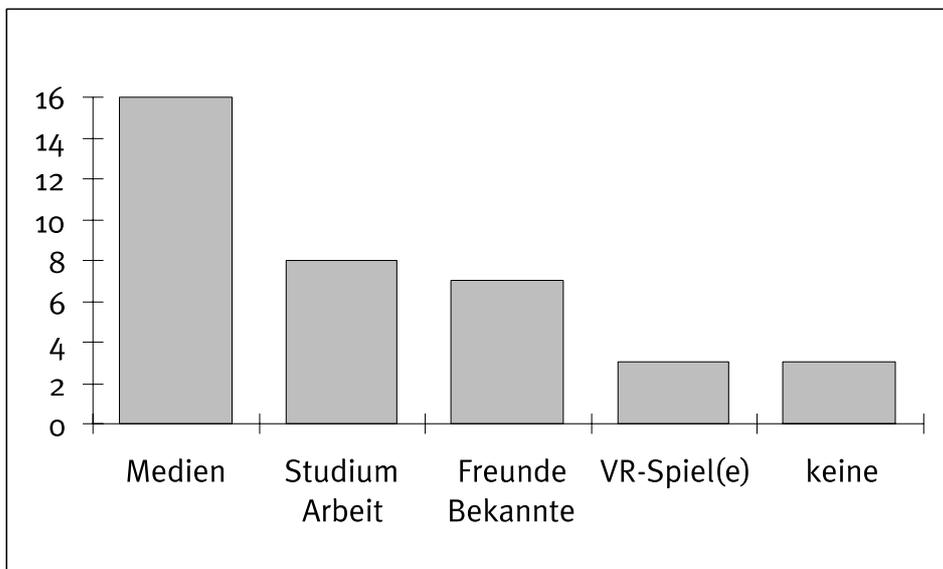


Abb. 4.4: Bisheriges Wissen über VR

### Das Erlebnis Virtual Reality

Nach der Beantwortung des ersten Fragenblocks (Seite 1 des Fragebogens) wurden die Versuchspersonen gebeten, sich in die VR zu begeben. Fast alle hatten erhebliche Schwierigkeiten beim Anlegen der Ausrüstung. Es dauerte teilweise sehr lange, bis der korrekte Sitz des Head-Mounted Display eingestellt war und die beiden Knöpfe am Joystick gefunden wurden. Interessant war, daß ca. die Hälfte aller Versuchspersonen auf ein Ansprechen von außen nicht mehr reagierte. Dies ist vielleicht ein Indiz für einen anfänglichen Immersionseffekt, der durch die Neuheit des zu erkundenden Mediums entsteht.

Jeder Versuchsperson wurde zunächst eine Eingewöhnungszeit von mindestens einer Minute gewährt, um sich mit der (virtuellen) Umgebung vertraut zu machen und die Fortbewegungssteuerung (durch gleichzeitiges Zeigen und Drücken auf einen Joystickknopf) zu üben.

Nach dem Start des Spiels drehten sich viele in die am Rücken befestigten Kabel. Oft wurde der Sitz des Head-Mounted Display korrigiert. Viele Personen hielten sich über lange Zeit mit einer Hand an dem sie umgebenden Ring (in der realen Welt) fest.

Nach dem Spiel wurde durch die Versuchspersonen der zweite Teil des Fragebogens ausgefüllt.

### Gefühl und Orientierung

Auf die Frage, wie sich die Person in der VR gefühlt habe (Frage 2/1), antworteten lediglich 5, daß sie sich wohl fühlten. Der Rest empfand die virtuelle Umgebung eher als eine künstliche, unreelle Atmosphäre („Pappmodell“, „Puppenhaus“). Eine hinreichende Orientierung (Frage 2/2) gelang jedoch den meisten (siehe Abbildung 4.5).

### 3D-Darstellung

70% aller Versuchspersonen empfanden die visuelle Darstellung als stereoskopisch (2/6). Ein erwarteter Zusammenhang zwischen 3D-Eindruck und korrekter Schätzung der Raumabmaße oder besserer Orientierung konnte allerdings nicht festgestellt werden. Ebenso konnten keine Aussagen zum Zusammenhang aus der Tatsache gewonnen werden, daß 80% die akustische Darstellung als monaural empfanden.

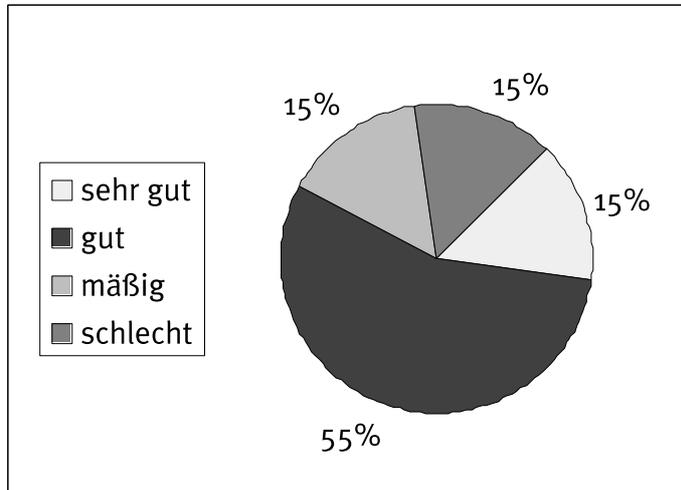


Abb. 4.5: Orientierung in der VR

### Räumliche Abmaße

Nach einer Untersuchung von Henry und Furness (1993) hängt die Schätzgenauigkeit von räumlichen Größen stark von der Breite des Blickfeldes (*field of view*) ab. Da diese beim verwendeten System nur sehr gering war, konnten auch keine genauen Schätzungen erwartet werden. Die Frage nach der Größe der Grundfläche und der Höhe der Ebenen über der Grundfläche (Frage 2/5) wurde sehr unterschiedlich beantwortet. Die Werte lagen für die Grundplatte zwischen 1 und 250m<sup>2</sup> und für die Höhe zwischen 0,5 und 20m.

Auf anschließende Fragen, wonach die Größen geschätzt wurden, konnten viele nicht antworten. Einige gaben an, sich an den geometrische Elementen im Raum orientiert zu haben, andere an der Größe des Partners im Spiel.

### Wohlbefinden

Die Versuchspersonen sollten angeben, ob sie beim Eintritt, während des Aufenthaltes und nach dem Verlassen der virtuellen Welt Schwindelgefühle hatten (Fragen 2/3 und 2/4). Eine Versuchsperson bejahte dies für den Eintritt in die VR, 6 hatten zumindest teilweise dieses Gefühl während des Aufenthaltes. Ein Drittel der Befragten hatte Schwindelgefühle nach dem Verlassen des Spiels. Dies ist bedenklich, zumal der Aufenthalt nicht länger als 10 Minuten währte und bestätigt Untersuchungen bezüglich der Güte der Ein- und Ausgabekanäle.

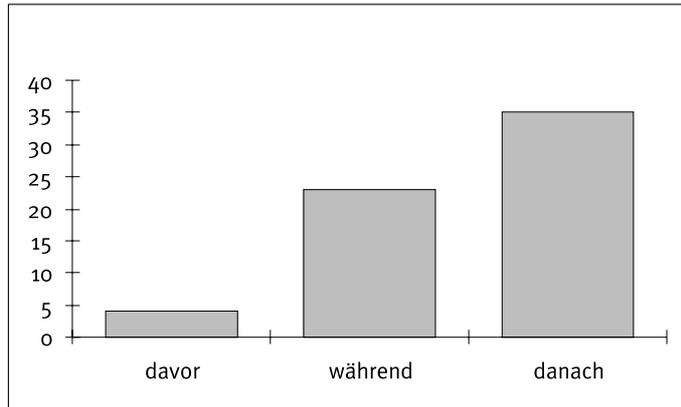


Abb. 4.6: Schwindelgefühl (von Gesamtbeteiligten in Prozent)

### Darstellung der Personen

Auf die Fragen nach der Darstellung der eigenen Person und der des Spielpartners in der virtuellen Realität (Fragen 2/11.2 und 2/12) antworteten die meisten, daß diese zu „klotzig“, „unreal“ etc. sei. Außerdem wurde bemängelt, daß der Partner immer männlich (mit Bart) erschien. Aus den Interviews ergab sich außerdem der störende, „gelähmte“ Eindruck des linken Armes, der in der virtuellen Welt ständig nach unten hing, unabhängig von der realen Bewegung des Armes (es war kein Tracker am linken Arm).

### Ausrüstung

Die technische Ausrüstung des Systems (Head-Mounted Display, Gurt mit Kabeln, Joystick, Ring) wurde meist als sehr hinderlich eingeschätzt. Dies geht sowohl aus den Fragebögen (Fragen 2/7, 2/8 und 2/14) als auch aus den nachfolgenden Interviews hervor. Als besonders störend wurden die in Abbildung 4.7 dargestellten Geräte empfunden (Frage 2/7):

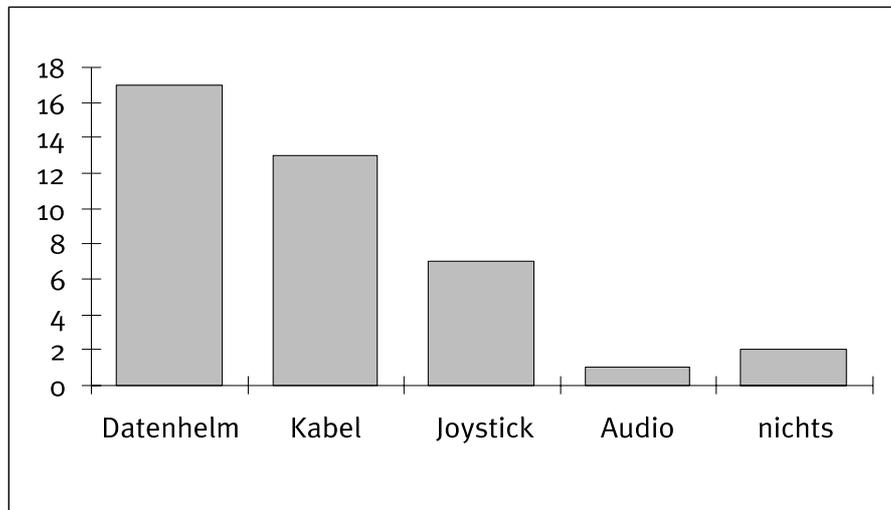


Abb. 4.7: Störende technische Ausrüstung

### Unzulänglichkeiten der Darstellung

Hervorzuheben ist, daß die Hälfte der Befragten die rasterhafte Darstellung der Objekte und der Personen als unzulänglich einschätzte. Dies ist auch kaum verwunderlich, da die Auflösung des Systems weit unterhalb des VGA-Standards (640 x 480 Bildpunkte<sup>2</sup>) liegt. Weiterhin wurde die Verzögerung zwischen Kopfbewegung und Bilddarstellung als großer Nachteil angesehen. Dies bestätigte sich auch in den nachfolgenden Interviews.

Das „Wandern durch Wände“ war zwar für einige belustigend, trübte jedoch den realistischen Eindruck der virtuellen Welt (in Abbildung „keine Kollision“).

Ein zu geringes Blickfeld konnte man durch Interpretation einiger Bemerkungen erkennen. Dieses Phänomen wurde aber so nicht benannt und findet deshalb keinen Eingang in die Grafik. Abbildung 4.8 verdeutlicht die Auswertung von Frage 2/8:

### Erwartungen für die Zukunft

Aus der Verteilung der beteiligten Berufsgruppen ergab sich ein entsprechendes Bild bei der Frage nach den möglichen Gebieten des zukünftigen Einsatzes von VR (Frage 2/20). Das Erleben von nicht gebautem Raum wurde von vielen als die zentrale Anwendung gesehen. Aber auch die Darstellung von abstrakten und damit schwer verständlichen Sachverhalten konnten sich einige der Befragten in VR gut vorstellen (Informationsdarstellung).

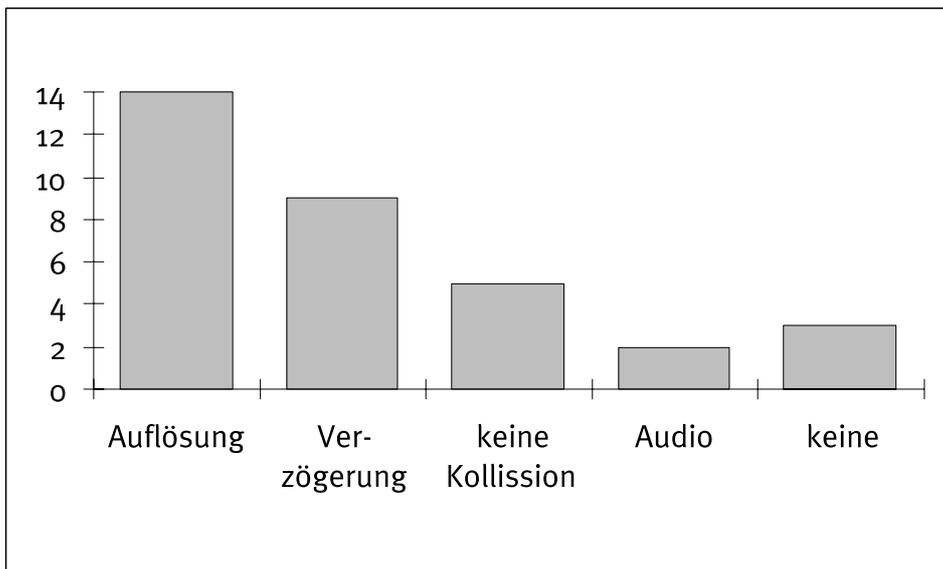


Abb. 4.8: Unzulänglichkeiten der Darstellung

### Der Ergänzungsfragebogen

Zum zweiten Termin wurde dem bisherigen Fragebogen ein Ergänzungsblatt beigelegt. Aus ihm ließen sich zwei (nicht statistisch signifikante) Erkenntnisse ableiten. Erstens empfanden alle 11 Beteiligten die virtuelle Umgebung als Spiel und nicht als Realität.

Zweitens gab keiner der Befragten an, vollständig immersiv im System zu sein und nur einer, daß er sich die ganze Zeit psychisch außerhalb des VR-Systems befand. Der gemittelte Wert der 1-7-Skala lag bei 3,6. Dieses Ergebnis bestätigt die Auswertung der Interviews des ersten Termins.

### Zusammenfassung

Die erhobenen Daten erlauben keine statistische Analyse, schon deshalb da wenig Personen befragt wurden. Es lassen sich dennoch einige Erkenntnisse aus der Untersuchung ableiten, die Eingang in nachfolgende Forschungsaktivitäten haben können. Die folgenden Ergebnisse könnten später untersucht werden:

1. Die Darstellung von Virtual Reality in den Medien erzeugt spezifische Erwartungshaltungen. Mit dem Stand der VR-Entwicklung von 1994 werden Erwartungen an Virtual Reality nicht erfüllt. Es ist anzunehmen, daß sich diese Aussage auch 1999 noch aufrecht erhalten läßt.
2. Es bestehen Zusammenhänge zwischen Kanal Güteparametern (Blickfeld, Verzögerung, Auflösung, stereoskopischer Eindruck, ...) und der Wahrnehmung von Raumgröße und Orientierung.

3. Zwischen Vorkenntnissen und Erfassen der Spielidee besteht ein Zusammenhang.
4. Der Eindruck der Immersion („Präsenz“) ist über eine Skala angebbar und damit auswertbar.
5. Eine behindernde Ausrüstung verschlechtert den immersiven Eindruck.
6. Eine individualabhängige Personendarstellung erhöht Immersion und Bereitschaft zur Kommunikation.
7. Fehlende Kollisionsmechanismen verringern die Immersion.
8. Zwischen Aggressionsbereitschaft in VR und Computerspielerfahrungen besteht ein Zusammenhang.

## 4.2 Erfahrungsbericht „voxDesign/planeDesign – vD/pD“

Im folgenden werden die Ergebnisse des Einsatzes von zwei an der Bauhaus-Universität entwickelten Programmen in der Ausbildung von Architekturstudenten diskutiert. Diese Studie reflektiert damit den Einsatz von Virtual Reality auf einem im Sinne der empirischen Forschung nicht-experimentellen Gebiet. Die Ergebnisse geben Hinweise auf die Wirkung von Virtual-Reality-Technologie, wenn diese über relativ lange Zeiträume benutzt wird. Insofern besteht die Einmaligkeit dieser Studie in der Annäherung an einen praxis-orientierten Einsatz von virtuellen Umgebungen, natürlich mit der Einschränkung auf den universitären Ausbildungsbereich.

Die Ausführungen in diesem Abschnitt basieren auf einem Beitrag in „Designing Digital Space – An Architect’s Guide to Virtual Reality“, 1997 herausgegeben von D. Bertol (Regenbrecht & Donath, 1997).

### 4.2.1 Einführung

Heutige CAD- (Computer Aided Design) Systeme sind im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß das Ziel in der Erstellung zweidimensionaler Zeichnungen und nicht-geometrischer Informationen (Texte, Bilder) besteht. Der Prozeß der Modellbildung ist ebenfalls zweidimensional orientiert: Arbeiten am zweidimensionalen Bildschirm, Interaktion mittels Maus, Darstellung in Ansichten (Grundriß, Schnitt, Perspektive).

Auf der anderen Seite ist das zu entwickelnde (architektonische) Modell i.d.R. dreidimensionaler Natur.

Mit Hilfe von Virtual Reality könnte es nun möglich sein, den Entwurfsprozeß in großen Teilen bereits in sehr frühen Phasen dreidimensional zu gestalten. Dies betrifft sowohl die Darstellung als auch die Interaktion und Bewertung des Modells.

Ein erster Ansatz in diese Richtung ist die Entwicklung und der Einsatz der VR-Programme „voxDesign“ und „planeDesign“. Beide Programme haben zum Ziel, die frühen Phasen des architektonischen Gestaltungsprozesses durch Formen des dreidimensionalen Zeichnens zu unterstützen. Es soll damit exploriert werden, a) welche Vor- und Nachteile diese Art des Gestaltens gegenüber den „traditionellen“ computergestützten Techniken (CAD) bringt, b) ob es für den Gestalter (Architekten) möglich ist, während des Entwurfsprozesses das (interime) Entwurfsergebnis zu bewerten, c) wie das Gestalten von architektonischen Objekten im Maßstab 1:1 innerhalb einer virtuellen Umgebung auf den Gestalter wirkt und d) zu beobachten, welche Faktoren dazu beitragen, daß 1.) der Gestalter dieser 1:1-Welt sich als Teil dieser virtuellen Umgebung versteht und 2.) sich der Benutzer (Betrachter) dieser Welt als Teil dieser Welt fühlt und sie damit aus seiner Perspektive bewerten kann.

## 4.2.2 Methode

### 4.2.2.1 Teilnehmer

Die Programme voxDesign und planeDesign wurden am Lehrstuhl Informatik in der Architektur und Raumplanung (Prof. Donath) der Bauhaus-Universität Weimar im Rahmen der Lehrveranstaltung CAAD-Spezialkenntnisse in den Jahren 1995 bis 1998 eingesetzt. Insgesamt absolvierten ca. 60 Studierende diese Kurse erfolgreich. Da die Lehrveranstaltungen ausschließlich im Hauptstudium angeboten wurde und außerdem die erfolgreiche Teilnahme am CAAD-Grundlagenkurs vorausgesetzt wurde, konnte von folgenden Grundlagen bei den Studierenden ausgegangen werden:

- Kenntnisse der Grundlagen des Computer Aided Architectural Design (CAAD)
- Erfahrungen im architektonischen Entwerfen mit „traditionellen“ Techniken (Zeichnung, Modell, Plan)
- die Bereitschaft, sich neuen Techniken zuzuwenden

Zu Beginn der Veranstaltung hatte keiner der Studierenden Kenntnisse oder Erfahrungen auf dem Gebiet Virtual Reality.

Ein Hauptziel der Veranstaltung war die Vermittlung der Möglichkeiten und Grenzen von Virtual Reality insbesondere in ihrem zukünftigen Arbeitsfeld, der Architektur. Nach Absolvierung des Kurses sollten die Studierenden in der Lage sein, zwischen Fakten und Fiktionen unterscheiden zu können, persönlich Entscheidungen treffen zu können, inwiefern der Einsatz dieser Technologie sinnvoll ist und den Einfluß von VR auf das soziale Leben und hier besonders auf die Gestaltung und das Erleben von Architektur treffen zu können. Die Lehrveranstaltung gliedert sich in die Komponenten Vorlesung/Seminar und praktische Übung am VR-System, welche parallel durchgeführt wurden. Es fand also ein gleichzeitiges Aneignen von Kenntnissen und ein unmittelbares Bewerten am System statt. Die Vorlesungen und Seminare vermittelten folgende Schwerpunkte:

- Grundlagen Virtual Reality
- VR-Anwendungen im Allgemeinen und in der Architektur
- Geschichte der Computergrafik und VR
- Grundlagen von vernetzten Workstation-Computern
- Grundlagen im Umgang mit digitalen Daten (3D-Modelle, Bilder)
- aktuelle und zukünftige soziale und psychologische Einflüsse von VR
- ökologische Aspekte von VR- und Computertechnologie
- Perzeptions- und Kognitionsaspekte bei der Nutzung virtueller Umgebungen
- Ausgewählte philosophische und medientheoretische Betrachtungen über dieses Medium

Bei der Auswertung des beobachteten Umgangs mit den angebotenen VR-Programmen ist also zu beachten, daß sich die Einstellung und das Wissen im Verlauf der Lehrveranstaltung durch die o.g. Vermittlung ständig konkretisierte und veränderte. Der Ablauf des praktischen Teils steht also in engem Zusammenhang mit den vermittelten theoretischen Grundlagen. Er wird im Abschnitt „Prozedur“ beschrieben.

Neben dem Einsatz der Programme im Kurs CAAD-Spezialkenntnisse wurden die Programme außerdem Studierenden der Fakultät Gestaltung (Studiengänge Produktdesign, Visuelle Kommunikation und Freie Kunst) angeboten. Allerdings nutzten nur drei Teilnehmer die Möglichkeit des praktischen Umgangs mit dem System, was übrigens aus Sicht des Autors nicht nachvollziehbar ist.

voxDesign wurde desweiteren während der Präsentation auf der Computermesse CeBit 1996 in Hannover von mehreren Duzend Messebesuchern benutzt, allerdings war die Aufenthaltsdauer meist auf einige Minuten beschränkt. Die dort gewonnenen Erfahrungen wurden jedoch teilweise mit berücksichtigt.

#### 4.2.2.2 System

Der Einsatz der Programme voxDesign und planeDesign basiert auf den Bemühungen des Projektes „atelier, virtual“ der Bauhaus-Universität Weimar. Dieses Projekt wurde 1994 etabliert und versucht über einen multidisziplinären Ansatz, unterschiedliche Sichten auf Virtual Reality durch eine projektorientierte Herangehensweise zu entwickeln. Die Diversität der beteiligten Disziplinen (Informatik, Architektur, Produktdesign, Psychologie, Ingenieurwesen) hat sich hierbei als ein erfolgreicher Ansatz herausgestellt, neue und komplexe Aufgabenstellungen zu formulieren und bewältigen. Die Ergebnisse der Diskussionen innerhalb des „atelier, virtual“ in seiner ersten Phase (1994/95) sind in (HAB Weimar, 1995) zusammengefaßt, die weitere Entwicklung ist im WorldWideWeb unter <http://www.uni-weimar.de/iar> und <http://www.igroup.org> dargestellt.

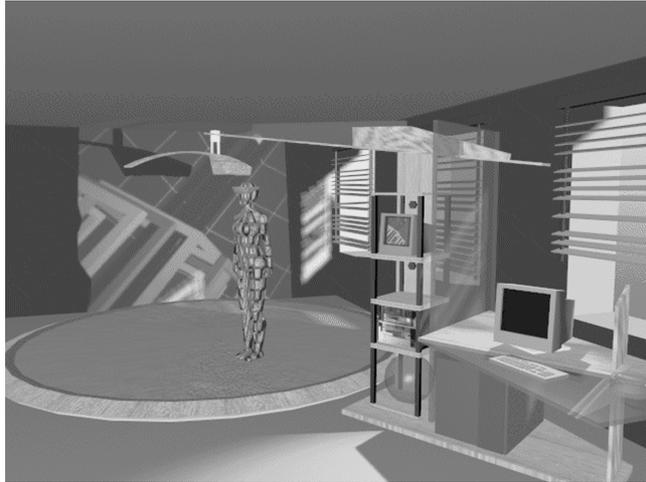
Die für diesen Beitrag wesentlichen Realisierungen innerhalb des „atelier, virtual“ sind die Projekte „platform“, „voxDesign“ und „planeDesign“.

Die **Immersionstechnik**, die in beiden Programmen zur Anwendung kommt, stellt einen hinreichenden Ansatz dar, virtuelle Umgebungen erfahrbar zu machen. Im einzelnen wurden folgende Komponenten benutzt:

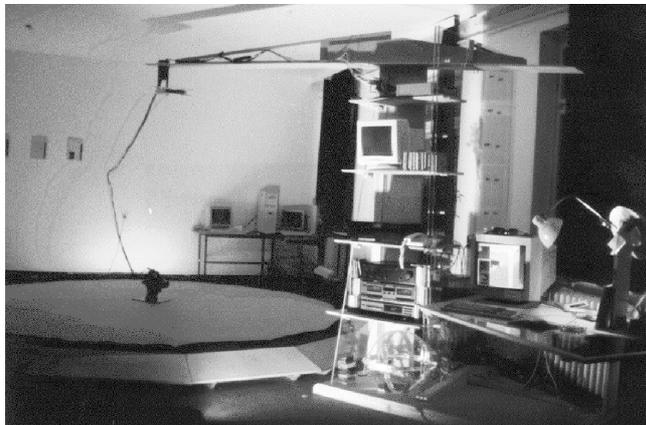
- ein Graphik-Computer Silicon Graphics IRIS Crimson VGXT
- ein Head-Mounted-Display (HMD) Virtual Research VR4
- ein magnetisches Tracking-System Polhemus Fastrak mit einem HMD-Empfänger und einem Zeigestift (Stylus)
- weitere Technik, insbesondere zur Präsentation (Videoverstärker, extra Monitor, teilweise Beamer)

Das HMD wurde monoskopisch mit einem farbigen NTSC- (US-amerikanische Fernsehnorm) Signal angesteuert: 646x480 Bildpunkte bei 60Hz Bildwiederholfrequenz (interleaced). Das Trackingsystem arbeitet in einem Bereich von ca. 5 Metern mit einer theoretischen, jedoch praktisch nie erreichten Abtastrate von 60Hz.

Als ein Ergebnis der ersten Phase des „atelier, virtual“ wurde ein für die Durchführung von Untersuchungen zur Benutzbarkeit (usability), zu Mensch-Computer Schnittstellen (human-computer interfaces) und zu anderen empirischen Studien eine physische Umgebung durch drei Studierende des Produktdesigns und der Architektur (Kohlhaas, Tjarksen und Wendler) unter Mitbetreuung des Autors dieser Arbeit entwickelt und umgesetzt. Entstanden ist das Technologie-Möbelstück **platform**, welches bis heute (1999) im Rahmen des „atelier, virtual“ eingesetzt wird. Im Kontrast zu anderen VR-Labor-Testumgebungen ist es mit Hilfe von platform möglich, den Benutzer des VR-Systems weitgehend von den durch die Immersionstechnik bedingten Behinderungen bei der Interaktion im realen Raum zu befreien. Dies betrifft insbesondere die Vermeidung der Behinderung durch die zum HMD und zu den Tracker-Empfängern führenden Kabel. Ein Hauptziel der Entwicklung der platform war das Bereitstellen eines innerhalb der technischen Grenzen maximalen Bewegungsraumes für den Nutzer. Es wurde eine kreisrunde Fläche mit einem Durchmesser von 4.5 Metern und einem freien Aktionsraum von ca. 2 Meter Höhe geschaffen, in welchem sich der Nutzer frei bewegen kann. Desweiteren wurde die gesamte Ausrüstung (Immersionstechnik) in das Möbel integriert und ein Arbeitsplatz für die Entwicklung und Evaluierung von virtuellen Umgebungen geschaffen. Die Abbildungen 4.9 und 4.10 zeigen Bilder des Computermodells (a) und des realisierten Projekts (b).



*Abb. 4.9: Computermodell platform*



*Abb. 4.10: Realisierte platform im atelier, virtual*

Das 1995 entwickelte Programm **voxDesign** (Springer, Grützmacher, Meister, Regenbrecht) nutzt die reale Umgebung platform und implementiert innerhalb der oben beschriebenen Immersionstechnik eine virtuelle Umgebung, in welcher es möglich ist, auf eine spezielle Art und Weise im dreidimensionalen Raum zu zeichnen.

Die Hauptziele der Entwicklung von voxDesign waren: a) Die Realisierung eines einfach zu bedienenden und in hinlänglicher Zeit (ein halbes Jahr) zu implementierenden Virtual-Reality-Aided-Design (VRAD)-Programms zur Unterstützung der frühen Phasen des architektonischen Entwurfsprozesses, welches b) als Experimentalsystem für das Studium von Human-Computer Interfaces und für den Einsatz in der Ausbildung von Architekten und anderen Designern eingesetzt werden kann, c) die Formulierung der Anforderungen an eine architektur-gerechte Funktionalität von VRAD-Programmen ermöglicht, d) den Übergang von Virtual Reality aus einem Labor in die reale Nutzung vollzieht und e) die Möglichkeiten und Grenzen von Virtual-Reality-Technologie darstellen kann.

Die frühen Phasen des architektonischen Entwerfens sind gekennzeichnet durch Unschärfe, Grobheit der Strukturen und Elemente und durch eine Trial-And-Error Herangehensweise. Die Suche nach Gestalt ist das primäre Ziel dieser Phase. Die in voxDesign implementierten Würfel (Voxel) als atomares Ausdrucksmittel sind ein mögliches Element, um diese Charakterisierung in einem VRAD-Programm zu instanzieren. Man könnte diese Voxel auch als das virtuelle Äqui-

valent zu Lego-Bausteinen bezeichnen: sie sind einfach zu handhaben, bieten nahezu unbegrenzte Ausdrucksmöglichkeiten und erfordern keine umfangreiche vorherige Anleitung oder Ausbildung, um mit ihnen arbeiten zu können.

Die (begrenzte) Funktionalität von voxDesign besteht in der Möglichkeit, kleine Würfel (Voxel) mit einer Kantenlänge von 2,5cm mit Hilfe des stiftähnlichen Zeigegerätes (Stylus) frei im durch die platform vorgegebenen Raum zu plazieren und zu löschen. Die Farbe der Voxel kann aus einer Palette von 16 aus 16 Millionen möglichen Farben gewählt werden. Zusätzliche Funktionen zum Importieren von DXF (*Drawing Exchange Format*) und Bildern als Entwurfsumgebung sowie die Möglichkeit, Fotos (*snapshots*) aus der virtuellen Umgebung zu machen, ergänzen die Basisfunktionalität. „This simple functionality allows initial design thoughts to be expressed in an easy-to-use way.“ (Regenbrecht & Donath, 1997, S. 163)

Die Steuerung der Programmodi erfolgt durch ein im Raum plaziertes dreidimensionales Menü, welches durch das Drehen des Stylus in Richtung des eigenen Kopfes (HMD) aufgerufen wird (*twist*).

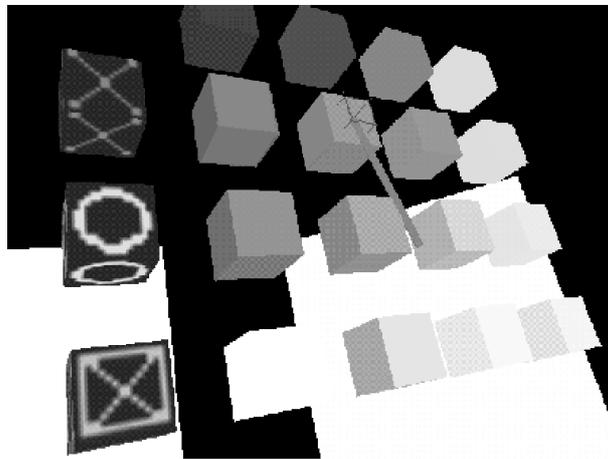


Abb. 4.11: Stylus und Menü in voxDesign

Um eine weitere Form der Unterstützung der frühen Entwurfsphasen anbieten und untersuchen zu können, wurde das Programm **planeDesign** entwickelt (Regenbrecht). Es wurde die Idee aus voxDesign aufgegriffen, ein atomares Element als Ausdrucksmittel einzusetzen, in diesem Falle zweidimensionale Flächen im dreidimensionalen Raum. Während voxDesign eher geeignet ist, um skulpturale (virtuelle) Objekte zu erstellen, dient planeDesign der Formulierung räumlicher Sachverhalte. Außerdem wurden mit Hilfe von planeDesign alternative Interface-Elemente bereitgestellt und evaluiert.

Die Basisfunktionalität von planeDesign besteht im Erzeugen, Löschen und Verändern von rechteckigen und dreieckigen Flächen, die (wie in voxDesign) in einem 1:1-Maßstab im Raum entworfen werden können. Als Eingabegerät kommt wiederum der Zeigestift zum Einsatz.

Das Auswahlménü ist an einer fixierten Position im Raum plazierte und erlaubt zusätzlich das Betrachten und Laden von vorher erzeugten Modellen durch in einem regalähnlichen Element dargestellte 1:10 verkleinerte Visualisierungen dieser Entwürfe.

Der Aktionsbereich wurde durch eine neue Fortbewegungstechnik „Virtual Platform Move – VPM“ virtuell vergrößert und ist somit nicht mehr auf den Kreis von 4,5 Metern beschränkt.



Abb. 4.12: Regalmenü in planeDesign

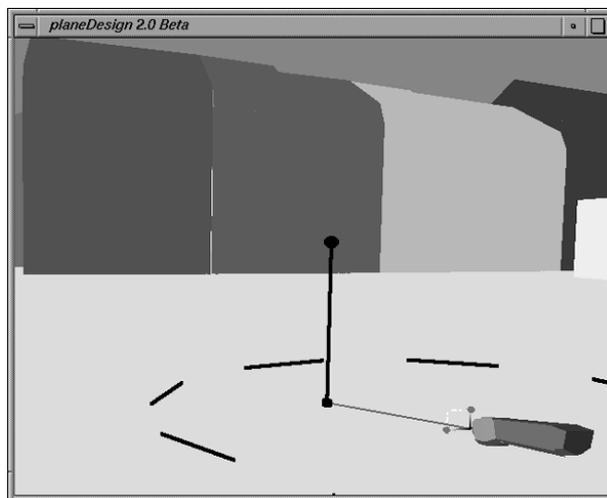


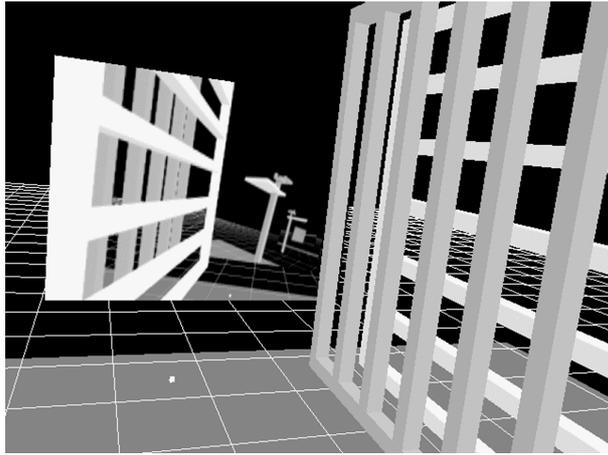
Abb. 4.13: Fortbewegung mittels VPM

#### 4.2.2.3 Design

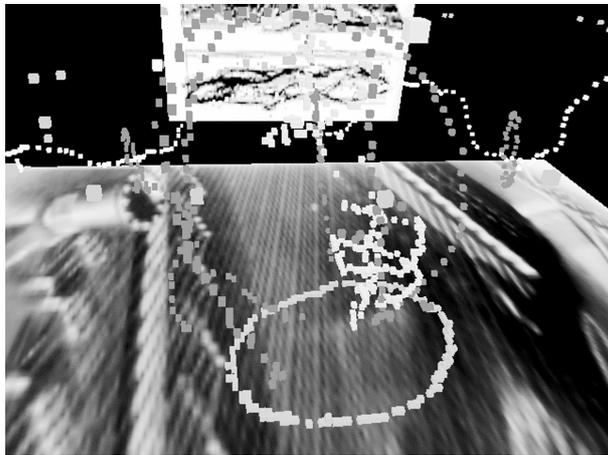
Mit der beschriebenen Technik und den vorhandenen Programmen war es möglich, den Studierenden der Bauhaus-Universität Lehrangebote zu unterbreiten, die einen praktischen Umgang mit Virtual-Reality-Technologie erlauben.

Neben der Bearbeitung der o.g. theoretischen Grundlagen von Virtual Reality bestand für die Studierenden die Aufgabe, selbständig Entwurfsaufgaben innerhalb der angebotenen virtuellen Umgebungen zu lösen. Sie sollten mit Hilfe der Funktionalität von voxDesign resp. planeDesign architektonische Ideen im virtuellen Raum ausdrücken. Der Umfang der Aufgaben war sehr gering gehalten, da erwartungsgemäß relativ viel Zeit darauf verwendet werden würde, das neue Medium zu explorieren. Die Themen lauteten alternativ: Entwurf eines virtuellen Studentenzimmers, Interpretation des Goethe-Gartenhauses, architektonische Darstellung von Kommunikationsformen im virtuellen Raum.

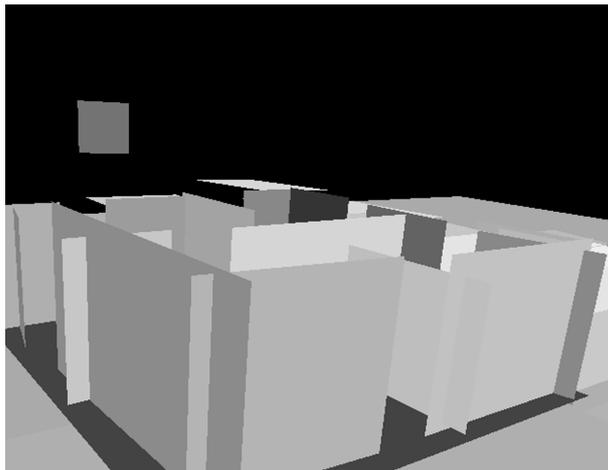
Ausgewählte Ergebnisse sind in den Abbildungen 4.14 bis 4.16 dargestellt.



*Abb. 4.14: Beispiel voxDesign*



*Abb. 4.15: Beispiel voxDesign*



*Abb. 4.16: Beispiel planeDesign*

#### 4.2.2.4 Prozedur

Die praktischen Übungen fanden ausschließlich im Raum des „atelier, virtual“ statt. Dieser Raum wird neben der Lehrausbildung für die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Virtual Reality Interfaces benutzt. Neben der platform einschl. der damit verbundenen Immersionstechnik befinden sich noch mehrere Computerarbeitsplätze im atelier, virtual.

Über ein Listeneinschreib-System wurde jedem Studierenden die Möglichkeit geboten, das VR-System insgesamt mindestens 4 Stunden zu benutzen. Insbesondere die Abend- und Nachtstunden wurden für die praktische Übung benutzt, da zu dieser Zeit keine weiteren Veranstaltungen oder Arbeitszeiten stattfanden.

Die durchschnittliche Dauer einer Übungssitzung betrug ca. eine Stunde (Extrema: 10 Minuten bis 3 Stunden).

Die Zeit der Anwesenheit der Studierenden wurde außerdem zu Diskussionen und zu Befragungen über die Wirkung und Handhabbarkeit des Systems benutzt. Teilweise wurden auch explorative Fragebögen eingesetzt.

#### 4.2.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse waren zunächst verblüffend. Es stellte sich heraus, daß es sehr schwierig ist, sich in der dritten Dimension zu orientieren und dort auch noch in einem 1:1-Maßstab dreidimensionale „Zeichnungen“ zu hinterlassen. Gerade diese Schwierigkeiten aber führten zu einem Begreifen der dritten Dimension im Medium Computer/Virtual Reality. Insgesamt konnte das System natürlich nicht vollständig befriedigen, zumindest, was einen tatsächlichen Einsatz im Architektorentwurf anbelangt. Die Ergebnisse zeigten jedoch eine Abkehr von gewohnten architektonischen Ausdrucksmitteln. Gerade wenn sich die Teilnehmer öfter und länger im Umgang mit den Programmen beschäftigten, entwickelten sie teilweise Ideen, die sich in ihrer Art und Weise nur in diesem Medium anwenden lassen. So wurden dreidimensionale Geometrien geschaffen, die aus verschiedenen Blickwinkeln sehr unterschiedliche zweidimensionale Darstellungen ergaben oder Texturelemente (an den Wänden der Umgebung) als „Kopier- oder Spiegelfläche“ der entwickelten skulpturalen Architektur genutzt. In diesem Zusammenhang war es i.d.R. auch nicht hinderlich, daß in voxDesign nur eine Palette von 16 wählbaren Farben zur Verfügung standen. Die Vorstellung, einen exakten (Werk-) Plan mit Hilfe von voxDesign oder planeDesign erstellen zu können, wurde spätestens nach der ersten längeren Benutzung aufgegeben, damit wurde auch die nicht vorhandene Komplexität der Farbwahl zu einem untergeordneten Thema. Das gleiche gilt für die Voxelgröße (Kantenlänge 2,5cm), sie wurde als ausreichend für die gestellte Aufgabe eingeschätzt.

Generell konnte beobachtet werden, daß zuerst versucht wurde, sowohl a) realweltliche Strukturen innerhalb der virtuellen Umgebung zu entwerfen als auch b) die bekannten CAD-Funktionen zu suchen bzw. zu erwarten. Gerade in der Diskussion um die vermißten, aus der CAD-Arbeit bekannten Funktionen (wie Polyline, Fang, Dateimanagement, etc.) wurde durch die Teilnehmer erkannt, daß diese Funktionalität entweder in dieser Form des Entwerfens nicht mehr relevant ist oder daß eine Übernahme der entsprechenden 2D-GUI (Graphical User Interfaces) aus den ihnen bekannten CAD-Programmen kaum möglich ist. Die Notwendigkeit neuer Interaktionsformen und neuer Interfacegestaltung für dieses Medium wurde offensichtlich. Von einigen Teilnehmern wurde dieser Umstand auch in ihren Entwürfen thematisiert.

Daß als Interaktionsgerät ein Stift (Stylus) für die beiden Programme eingesetzt wurde, hat sich als günstig erwiesen. In den allerersten Sitzungen wurde anstatt des Stiftes ein 3Ball (Billardkugel mit Knopf) benutzt. Der Stift assoziiert wesentlich stär-

ker die Metapher des Zeichnens als der 3Ball, sowohl im Zusammenhang mit voxDesign als auch mit planeDesign. Es ist jedoch zu vermuten, daß zukünftige Generationen von VR-Benutzern andere Geräte auch für diese Aufgaben bevorzugen werden, da sich dann u.U. der Kontext nicht mehr auf die „traditionellen“ Entwurfswerkzeuge stützt, sondern bereits genügend Erfahrungen mit dem neuen Medium gesammelt wurden, die dann wiederum die Herangehensweise und Einstellungen verändert haben.

Besonders Erstbenutzer des Systems berichteten über den eindrucklichen Effekt, um das Modell herumgehen zu können, es von allen Seiten und Blickwinkeln aus zu betrachten. Das Modell „schwebt wirklich“ im Raum. Dieser Effekt wurde mit zunehmender Benutzung schwächer, diese Möglichkeit wurde zur neuen Normalität. Das beobachtete und berichtete Präsenzgefühl scheint mit diesem Effekt zu korrespondieren. Teilweise konnte anfänglich beobachtet werden, wie bei der ersten Benutzung des Systems die Teilnehmer nicht mehr „von außen“ ansprechbar waren. Später traten diese Beobachtungen nur noch auf, wenn die Teilnehmer intensiv an ihrer Aufgabe arbeiteten, also stark in ihre Interaktion involviert waren. Diese Beobachtungen stützen eindeutig a) die These des unmittelbaren Zusammenhangs von Interaktion und Präsenz und b) die Annahme, daß die eigenen Bewegung durch die virtuelle Umgebung bereits Interaktion darstellt. Diese Zusammenhänge bedürfen allerdings einer wissenschaftlichen Überprüfung, da die Fragestellungen und Beobachtungsmodelle zu unpräzise waren, um sie als gesicherte Aussage gelten zu lassen. Im Sinne der empirischen Forschung kann weder von einer Stichprobe noch von der Ermittlung der „wahren Ursachen“ noch von einer wissenschaftlichen Methode gesprochen werden. Spätere Untersuchungen werden sich diesem Thema widmen.

Die immersionstechnischen Bedingungen des verwendeten Systems konnten nur teilweise befriedigen. Zwar wurde Präsenz berichtet und damit das System als präsenzzulassend gelten, dies aber wahrscheinlich auf einem gerade zumutbaren Niveau. Die entscheidenden Mängel waren hier: a) der ungenügende Tragekomfort und die Darstellungsqualität des Head-Mounted-Display, b) die begrenzte Möglichkeit des Systems, große Flächenanzahlen in interaktiver Echtzeit darstellen zu können (z.B. wurde die Antwortzeit des Systems ab Voxelanzahlen über 1000 Voxel erheblich reduziert, so daß nur noch Bildwiederholraten von einigen Bildern pro Sekunde erreicht wurden) und damit c) i.d.R. bei Übungssitzungen über einer Stunde bei einem Drittel der Teilnehmer Effekte der sogenannten Simulatorkrankheit auftraten, in Ausnahmefällen auch schon früher.

Die Verminderung der Tiefenwirkung durch die monoskopische Ansteuerung des Head-Mounted-Display wurde dadurch hinreichend kompensiert, daß insb. die Möglichkeit der eigenen Bewegung durch die virtuelle Umgebung (Herumlaufen, -gucken) bestand. Allerdings besteht hier eindeutig Verbesserungsbedarf der Tiefenwirkung durch insb. a) eine exaktere Anpassung des Tracking-Systems an die visuelle Darstellung und b) in der Bereitstellung von zusätzlichen Tiefenstimuli innerhalb der virtuellen Umgebung (inhaltliche Faktoren).

Um die Wirkung der virtuellen Umgebung auf den einzelnen Teilnehmer besser kalibrieren zu können, bestand die Möglichkeit das (softwareseitige) Blickfeld in einem Bereich von 1 bis 179 Grad individuell einzustellen. Diese Möglichkeit wurde von vielen genutzt. Die Unterschiede waren teilweise erheblich: von 30 bis 100 Grad in den Extrema (Standard 50 Grad).

Die Art der Interaktion mit der virtuellen Umgebung, d.h. das Umherlaufen als Fortbewegungsform und das Entwerfen im Maßstab 1:1, bereitete den Teilnehmern erwartungsgemäß keine Probleme. Abgesehen von den Unstimmigkeiten im Abgleich des Tracking-Systems und des Gewinnens der Sicherheit beim Laufen (physische Begrenzung durch Kissenumrandung auf der platform) war ein sofortiger Umgang mit dem System möglich. Bei langen Übungssitzungen legten sich viele Studierende auf den Boden, da es offensichtlich zu anstrengend ist, über längere Zeiträume ste-

hend zu arbeiten. Die Ergebnisse waren dann i.d.R. auch „bodenständig“, wogegen die ersten Entwürfe eher als in Armhöhe „schwebend“ bezeichnet werden können.

Unabhängig von der Länge der Aufenthaltsdauer schätzten die Studierenden die Zeit, die sie innerhalb der virtuellen Umgebung verbrachten, immer als kürzer ein, als die tatsächlich vergangene Zeit. Dieses Phänomen wurde immer wieder beobachtet und kann u.U. darauf zurückzuführen sein, daß keine zeitvergänglichen Attribute in der virtuellen Umgebung vorhanden sind (kein Sonnenstand, keine Uhr, keine Alterung, etc.) oder dadurch, daß die Aufmerksamkeit sehr stark von der virtuellen Umgebung in Anspruch genommen wurde.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Wirkung von virtuellen Umgebungen auf den Benutzer dieser mit dieser Beobachtungsstudie (als Erweiterung der ersten Untersuchung) unter konkreten, aufgabenbezogenen Bedingungen soweit exploriert werden konnten, daß sich zentrale Fragestellungen herausbilden: Wie ist das Phänomen der Präsenz in virtuellen Umgebungen 1.) zu erklären, 2.) zu messen und 3.) welche Faktoren tragen zu diesem Phänomen bei? Welche Elemente der Aktionen des Nutzers und der Darstellung der virtuellen Welt haben Einfluß auf die Wirkung und insb. auf die Präsenz? Wie gestaltet sich virtuelle Architektur und das architektonische Entwerfen innerhalb dieses Mediums?

Die nachfolgenden Untersuchungen und Diskussionen tragen zur Klärung dieser Fragestellungen bei.

### **4.3 Experiment „Acrophobia - ACRO“**

Die vorliegende empirische Untersuchung bedient sich acrophobischer Effekte (Höhenangst) in virtuellen Umgebungen, um a) zu überprüfen, inwiefern virtuelle Stimuli (reale) Emotionen hervorrufen können, b) ein Verfahren zu entwickeln, mit dem Präsenz gemessen werden kann, c) eine Modellsicht zu entwickeln, die das Erleben und Verhalten in realen Situationen in Beziehung setzt zu Situationen in virtuellen Umgebungen und d) außerdem die Beziehung zwischen erfahrener Präsenz und entwickelter Angst zu ermitteln.

Diese Studie wurde in (Regenbrecht, Schubert & Friedmann, 1998) erstmals veröffentlicht und wurde von der Körber-Stiftung Hamburg mit einem Preis ausgezeichnet (Schubert et al., 1997).

#### **4.3.1 Einführung**

##### **4.3.1.1 Angsttherapie in virtuellen Umgebungen**

In Verhaltenstherapien, die im Medium Virtual Reality stattfinden, ist Präsenz eine Bedingung für den Erfolg der Therapie. Nur wenn vergleichbare Reaktionen zur realen Welt beim Klienten (Patienten) in der virtuellen Welt auftreten, kann das therapeutische Verfahren in dieses Medium übertragen werden. Obwohl in dieser Studie keine Therapie durchgeführt wird, macht sie sich den Umstand zunutze, daß ein angstbesetzter Stimulus, der in der virtuellen Umgebung simuliert wird, wenn er als solcher in dieser Umgebung wirkt, das Vorhandensein von Präsenz voraussetzt. Es wird also Präsenz als Voraussetzung zur Anwendung in einem therapeutischen Verfahren benutzt.

In der verhaltens-orientierten Angsttherapie werden stark überdurchschnittliche emotionale Reaktionen dadurch abgebaut, daß der Klient dazu gezwungen wird, angstbesetzte Situationen in kontrollierten Umgebungen zu imaginieren.

Prinzipiell unterteilt sich diese Therapie in zwei Verfahren: die vom Klienten berichtete angstauslösende Situation wird entweder a) allein in der Vorstellung des Klienten (in sensu) aufgebaut (Vorlesen von Texten, Betrachten von Bildern) oder es wird b) eine entsprechende Situation real (in vivo) gemeinsam mit dem Therapeuten aufgesucht (z.B. Spinnen im Zoo, Hochhaus, kleiner Raum). Die Therapie der Angstsituationen erfolgt in beiden Verfahren entweder durch eine wiederholte, sich steigernd annähernde Entspannung (systematische Desensibilisierung) oder durch massive Konfrontation mit einem sehr starken angstauslösenden Stimulus (in sensu: Implosion, in vivo: *Flooding*), die solange aufrechterhalten wird, bis der Klient die Situation kontrollieren kann.

Virtuelle Umgebungen bieten nun eine drittes Verfahren (in virtu), um angstbesetzte Situationen herzustellen. Knox, Schacht & Turner (1993) schlagen den Einsatz von Virtual Reality zur Therapie von Testangst bei Hochschulstudenten vor, North, North & Coble (1996) diskutieren dieses Verfahren zur Anwendung bei psychisch kranken Patienten und bei Platzangst (Agoraphobie). Erste durchgeführte Phobiotherapien in virtuellen Umgebungen liegen von Rothbaum et al. (1995a, 1995b) zur Acrophobie (Höhenangst), von Carlin, Hoffman & Weghorst (1997) zur Arachnophobie (Spinnenangst) und zur Flugangst von Hodges et al. (1996) vor.

Auf der Grundlage von Kooper (1994) stellten Rothbaum et al. 1995 als erste ein VR-System zur Behandlung von Patienten, die an Höhenangst leiden, vor. In ihren Experimenten wurden die Patienten mit angstproduzierenden Situationen, wie der Fahrt in einem (halboffenen) Fahrstuhl und dem Stehen auf einer Brücke konfrontiert. Die Stärke der Stimuli in diesen Situationen wurde schrittweise erhöht. Die Patienten wurden erst in die nächst höhere Stufe der Therapie gebracht, wenn sie die vorherige Situation kontrollieren konnten (systematische Desensibilisierung).

Die von den Autoren berichteten Erfolge lassen den Schluß zu, daß sich Phobiotherapien in virtuellen Umgebungen potentiell als drittes Verfahren etablieren können, zumindest in Kombination mit den bisherigen Verfahren. Im Rahmen dieser Arbeit ist jedoch entscheidender, daß durch die o.g. Autoren mehrfach betont wird, daß die beobachteten und gemessenen physiologischen und psychologischen Effekte der Patienten äquivalent waren zu denen in Situationen in der realen Welt. Die Angst wurde im virtuellen Raum wirklich erlebt. Es scheint also erfolgversprechend zu sein, diesen präsenzbedingten Effekt für eine Validierung und Brauchbarkeit der Messung von Präsenz zu nutzen.

#### 4.3.1.2 Voraussetzungen und Ziele

Hauptvoraussetzung und interimisches Ziel des Experiments ist das Bereitstellen einer virtuellen Umgebung, die nachweislich Präsenz erzeugt. Es sollen physiologische und psychologische Reaktionen über virtuelle Stimuli provoziert werden, die wirkliche Emotionen hervorrufen. D.h. der Nutzer konstruiert ein mentales Modell des Raumes, welches sowohl die virtuellen Stimuli als auch ihn selbst beinhaltet. Die Emotion wird dann aus der Situation in diesem mentalen Modell heraus affektiert. Die virtuellen Stimuli sind also so zu wählen, daß die erwarteten Effekte verstärkt auftreten, wenn der Nutzer sich selbst in der virtuellen Umgebung präsent fühlt.

Für dieses Experiment wurde ausgehend von den Untersuchungen am Georgia-Tech-Institut (Rothbaum et al., 1995a, 1995b, Kooper, 1994, Hodges et al., 1995) Höhe als Stimulus gewählt. Es hätte auch ein anderer Stimulus gewählt werden können, es ist aber sinnvoll, a) die von diesen Autoren gemachten Erfahrungen als Grundlage für eigene Ansätze zu nutzen, b) Höhe eine räumliche Komponente darstellt, die naturgemäß am besten mit räumlicher Präsenz korrelieren kann (z.B. im Gegensatz zu Testangst), c) das Design eines solchen Experiments einfacher zu realisieren ist als z.B. bei Spinnenangst und d) Höhenangst eine weit verbreitete, latent bei jedem vorhandene Angst ist.

Zusammenhänge zwischen Angst und Präsenz stellte bereits Kooper (1994) fest: „the SUD [subjective units of discomfort; a technique for measuring anxiety] were used by us to get an idea of presence“. Die Mitarbeiter am GeorgiaTech untersuchten diesen Zusammenhang aber nicht weiter, sondern nahmen als Grundlage an, daß Präsenz in virtuellen Umgebungen mit der Entwicklung von Angst gleichgesetzt werden kann. Gerade im Rückgriff auf Emotionstheorien (siehe Lang, 1993) ist diese Gleichsetzung jedoch unzulässig. Man kann davon ausgehen, daß Angst nur dann entsteht, wenn nach Lang (1993) sogenannte Angstprototypen beim Nutzer vorhanden sind. Diese Prototypen resultieren aus früheren Erfahrungen mit angstauslösenden Stimuli. Es muß also prinzipiell erst einmal zwischen Präsenz und Angst unterteilt werden.

Des Weiteren ist zu unterscheiden zwischen der tatsächlich im Moment der Konfrontation mit dem angstauslösenden Stimulus auftretenden Angst (*fear as a state*) und der „Anlage“ zur Angst (*fear as a trait*) gegenüber dieser Art Stimuli an sich. Personen mit einer Neigung zu Höhenangst werden wahrscheinlich eher entsprechend emotional auf den Stimulus reagieren als Personen mit einer geringen Neigung zu dieser Angst.

Hier kommt allerdings ein gegenläufiger Aspekt hinzu, nämlich der, daß Nutzer mit einer Angst-Neigung (*trait*) versuchen, im Falle einer Konfrontation diese Situation zu vermeiden. Dieses Vermeidungsverhalten ist also ebenfalls zu berücksichtigen, um zu einem Angst-Modell zu gelangen, welches empirisch nachvollzogen werden kann.

Letztlich ist zu vermuten, daß Personen mit einer Neigung zu Dissoziationen, eher präsent in einer virtuellen Umgebung sind. Diese Personen vergessen (in der realen Welt) Teile ihrer Umwelt und führen Handlungen unbewußt und automatisiert aus, da sie während der Interaktion mit der aktuellen Umwelt parallel in einer anderen, vorgestellten Welt (teilweise) präsent sind. Sie lassen sich leicht von Filmen mitreißen, erleben diese scheinbar mit und haben starke emotionale Reaktionen.

Zusammenfassend ist also der vom GeorgiaTech angenommene Ansatz soweit simplifiziert, daß er zwar dem pragmatischen Ziel der Phobientherapie dienen kann, jedoch für eine Untersuchung von Präsenz in der hier dargestellten Art und Weise erweitert werden muß. Die Untersuchungsvariablen betreffen demnach die Neigung zu Höhenangst (*trait acrophobia*), das Vermeidungsverhalten (*avoidance behavior*), die Dissoziationsneigung, die tatsächlich erlebte Angst (*state acrophobia*) und die erlebte Präsenz.

Die Ziele dieser Studie lauten:

- Es sollte der Nachweis geführt werden, daß virtuelle Situationen die emotionale Reaktion *Angst* erzeugen können, indem sie einen im realen Leben mit Angst besetzten Stimulus (hier Höhe) simulieren.
- Es soll ein Verfahren entwickelt werden, mit dem Präsenz gemessen werden kann.
- Die Beziehung zwischen der erfahrenden Präsenz und der entwickelten Angst soll untersucht werden.
- Die Ergebnisse dieser Studie sollen generalisierbar für a) nicht-phobische Nutzer und b) für nicht-phobische Situationen sein.

#### 4.3.1.3 Hypothesen

Folgende Hypothesen bilden die Grundlage für das im folgenden im Detail beschriebene Experiment ACRO:

1. Je höher die Präsenz desto höher die State-Angst.
2. Je höher die Trait-Angst ist desto höher ist die State-Angst.
3. Je höher das Vermeidungsverhalten desto niedriger die State-Angst.

4. Je höher die Dissoziationsneigung desto höher die Präsenz und damit nach Hypothese 1 auch die State-Angst.

### 4.3.2 Methode

#### 4.3.2.1 Teilnehmer

An der Untersuchung nahmen 37 Studierende und Mitarbeiter der Bauhaus-Universität Weimar und der Friedrich-Schiller-Universität Jena teil. Das Alter der 23 männlichen und 14 weiblichen Teilnehmer lag zwischen 20 und 46 mit einem Mittelwert von 27 Jahren. Die Teilnehmer wurden über öffentliche Aushänge an beiden Universitäten geworben. Diese Aushänge luden zu einer Untersuchung über das Erlebnisverhalten in virtuellen Welten ein, wobei sie keine Hinweise auf Acrophobie oder Höhe enthielten. Die Untersuchung war zeitlich und räumlich gekoppelt mit anderen Untersuchungen in virtuellen Umgebungen, die aber keinen Bezug zu diesem Experiment darstellten.

Die Versuchspersonen wurden nicht für die Teilnahme bezahlt, sie erhielten als kleine Aufmerksamkeit ein mit ihrem Foto gestaltetes Blatt über ihren Aufenthalt in der virtuellen Umgebung. Die Fotos wurden so aufgenommen, daß es die Teilnehmer während der Exposition nicht bemerkten, um keine Störung des Erlebens zu verursachen.

Alle Teilnehmer hatten keine oder nur wenig Erfahrung mit Virtual Reality. Es wurde darauf Wert gelegt, daß keine Teilnehmer mit Höhenangst an dem Experiment teilnehmen, weil a) das Ziel dieser Untersuchung darin bestand, ein Verfahren zu entwickeln, welches im nicht-therapeutischen Bereich, also explizit nicht für eine Acrophobie-Therapie, einsetzbar sein soll und b) schätzten die Versuchsleiter ihre Kompetenz bezüglich therapeutischer Erfahrung auf diesem Gebiet als nicht vorhanden bzw. viel zu gering ein, um mit acrophobischen Patienten in dieser erwartungsgemäß Höhenangst erzeugenden Umgebung zu arbeiten.

#### 4.3.2.2 System

Die Untersuchungen fanden im „atelier, virtual“ der Bauhaus-Universität Weimar unter Nutzung der bereits beschriebenen „platform“ statt. Diese Konstruktion ermöglicht ein nahezu ungestörtes Laufen und Interagieren (in der physischen Welt) auf einer Grundfläche von ca. 4 Metern im Durchmesser.

Die immersionstechnische Grundlage bildete eine Silicon Graphics Graphik-Workstation IRIS Crimson VGXT, ein Head-Mounted-Display Virtual Research VR4 in Color-NTSC-Auflösung mit monoskopischer Ansteuerung und ein magnetisches Tracking-System Polhemus Fastrak mit Long Range Transmitter. Die Software (virtuelle Umgebung) wurde speziell für diesen Test entwickelt (Programm acrophobia).

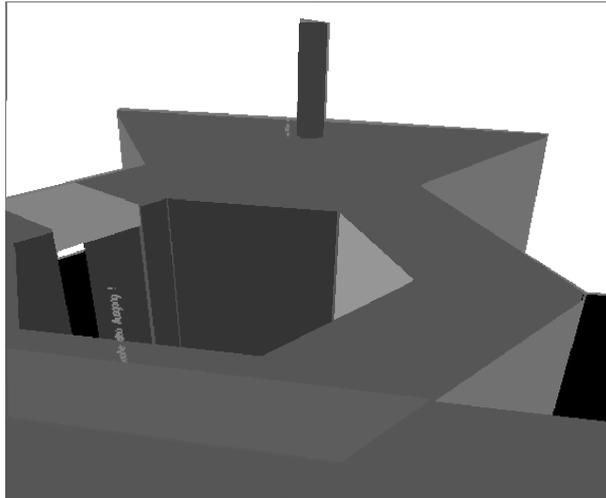


Abb. 4.17: Blick in die virtuelle Umgebung von acrophobia

#### 4.3.2.3 Design

Die virtuelle Umgebung (Software), die den Teilnehmern präsentiert wurde, beinhaltete einen virtuellen Abgrund mit einer Tiefe von ca. 8 Metern. Der Rest der Umgebung befand sich auf Bodenhöhe oder darüber. Es wurden die Bereiche mit und ohne Tiefe derart räumlich getrennt, daß die Stelle der Konfrontation mit dem Stimulus nachvollziehbar ist. Durch selbständiges Laufen kann sich der Nutzer unmittelbar an die Kante des Abgrundes bewegen. An dieser Kante soll der Unterschied in gemessener Angst und Präsenz zwischen den Nutzern am größten sein.

Durch mehrere partielle Vortests wurde ermittelt, daß die dargebotene Tiefe für nicht acrophobische Personen ausreichend ist. Im Gegensatz zu Rothbaum et al. (1995a) wurden keine Fahrstühle als Träger des Höhenstimulus benutzt, da Nicht-Übereinstimmungen zwischen visuell erfahrener Bewegung (Geschwindigkeit und Beschleunigung) und tatsächlich erlebter Bewegung (keine) auftreten können. Die Wahl fiel deshalb auf den virtuellen Abgrund. Die Wege, die um diesen Abgrund herumführen, sind so angelegt, daß es keine gerade Strecke gibt, die am Abgrund vorbeiführt, es muß um ihn herum gelaufen werden. Auf der initial hinter dem Abgrund befindlichen Seite wurde ein „Attraktor“ positioniert, eine Säule mit einem bewegten Symbol, um die Aufmerksamkeit in diese Richtung zu lenken.

Obwohl die immersionstechnische Ausrüstung des „atelier, virtual“ eher einfach zu nennen ist, konnte ein realistischer Eindruck der virtuellen Umgebung durch Techniken wie der starken Ausnutzung perspektivischer Kantenverläufe, Schattierungssimulation etc. erreicht werden. Der Programmierer (Autor dieser Arbeit) fühlte selbst Unwohlsein beim „Betreten“ des Abgrundes, obwohl natürlich gerade er genau wußte, daß dies nur ein virtueller Abgrund ist. Andere im Vorfeld beteiligte Mitarbeiter des „atelier, virtual“ berichteten über ähnliche Erlebnisse. Es konnte also davon ausgegangen werden, daß der Abgrund realistisch genug dargestellt wurde, also wahrscheinlich als solcher wahrgenommen wird.

Auf der Grundlage einer umfassenden Recherche zur Präsenzliteratur wurde ein deutschsprachiger Fragebogen entwickelt, der Präsenz in virtuellen Umgebungen mißt. Neben selbstentwickelten Fragen auf der Grundlage der Befragung von „Langzeit-VR-Nutzern“ des „atelier, virtual“ und umfangreicher Diskussionen innerhalb einer Interface-Interessengruppe ([www.igroup.org](http://www.igroup.org)) wurden (teilweise mit der Übersetzung modifizierte) Fragen von Slater, Usoh & Steed (1994) und Hendrix (1993) aufgenommen. Der finale Präsenz-Fragebogen bestand aus 14

Fragen, jede Frage wurde auf 5-Punkt Likert-Skalen abgebildet, die mit „völlig zutreffend“ und „unzutreffend“ verankert sind. Der Fragebogen ist im Anhang abgedruckt.

Zum Messen der State-Angst wurde die entsprechende Skala aus dem Fragebogen STAI (State-Trait-Angstinventar) von Laux (1981) benutzt. Dieser Fragebogen besteht aus 20 Fragen mit 4-Punkt Likert-Skalen.

Zur Messung der acrophobischen Angst und des Vermeidungsverhaltens wurde der selbe, auf Cohen (1977) beruhende Fragebogen (20 Fragen) wie bei Rothbaum et al. (1995a) benutzt.

Der Ablauf und die Beantwortung der Fragebögen wurde vor dem eigentlichen Experiment mit ca. 20 Personen getestet, um eine möglichst hohe Reliabilität zu erzielen.

#### 4.3.2.4 Prozedur

Unmittelbar vor dem Test in der virtuellen Umgebung beantworteten die Versuchspersonen (Vpn) die Fragen zur Höhenangst-Neigung und zum Vermeidungsverhalten auf dem entsprechenden Fragebogen. Somit wurde den Teilnehmern klar, daß sich das Experiment mit der Frage Höhe beschäftigt.

Sie wurden darüber informiert, daß a) während der Exposition der Versuchsleiter nicht von sich aus mit ihnen sprechen wird und sie somit alle nötigen Fragen vorher stellen müssen, b) daß sie innerhalb der virtuellen Umgebung eine Aufgabe zu erfüllen hätten, die ihnen über dargestellte Texte (in der VU) vermittelt wird und c) daß sie natürlich jederzeit das Experiment abbrechen können. Danach wurde das Head-Mounted-Display erklärt und aufgesetzt, einige Zeit zur Anpassung vorgesehen und die virtuelle Welt präsentiert.

Nach einer Eingewöhnungsphase, in der in der virtuellen Umgebung umhergelaufen werden konnte, hatten die Vpn die Aufgabe, nach den nacheinander auftauchenden Textdarstellungen zu suchen und den dort dargestellten Anweisungen zu folgen. In dieser anfänglichen Phase wurde noch kein Abgrund dargestellt, die Vpn liefen real wie virtuell auf einer ebenen Fläche.

Nach ca. 2 Minuten wurde der mittlere Teil der virtuellen Umgebung kontinuierlich auf die Tiefe von 8 Metern abgesenkt. Der Text, der während des Absenkens gezeigt wurde, war so plziert, daß die Vpn diesen Vorgang mit Sicherheit bemerken mußten. Die Anweisung forderte die Vpn auf, sich in der virtuellen Welt zu bewegen. Es standen drei (sichtbare) Optionen zur Verfügung: a) direkt über den Abgrund hinweg, b) über einen Weg mit einer kleinen Brücke, die den Tiefeneindruck noch verstärkte oder c) über einen Weg ohne Brücke.

Die Aufgabe galt als erfüllt, wenn die Vpn das Ausgangssymbol gefunden hatten. Die Gesamtdauer des Aufenthaltes betrug ca. 20 Minuten pro Vpn. Wurde diese Zeit wesentlich überschritten, so wurde durch die Versuchsleiter der Aufenthalt in der Umgebung unterbrochen.

Unmittelbar nach dem Verlassen der virtuellen Umgebung füllten die Vpn die Fragen über die erlebte Angst und Präsenz aus.

Während des gesamten Aufenthaltes in der virtuellen Umgebung wurden die Vpn nicht gestört. Die Reaktionen (in der realen Welt) wurden auf Videoband aufgezeichnet.

### 4.3.3 Ergebnisse und Diskussion

Von den 37 Teilnehmern am Experiment wurde ein Teilnehmer wegen Nichtbefolgen der Instruktionen von der Analyse ausgeschlossen. Bei einem weiteren Teilnehmer konnte aufgrund eines Softwareproblems die State-Angst nicht ermittelt werden. Für die Korrelationsanalyse wurden deshalb 36 Teilnehmer und für die Regressionsanalyse 35 Teilnehmer berücksichtigt.

Für jede der vier Fragebögen (Skalen) wurden die vorläufigen *total scores* berechnet. Die Items- (Fragen-) Analyse wurde auf Grundlage der Korrelation (Punkt-Moment-Korrelation: Maß für den linearen Zusammenhang zweier intervallskalierter Merkmale) zwischen jedem Item und dem total score der Skala berechnet. Items, die unter 0.3 mit dem total score der Skala korrelierten, wurden ausgeschlossen. Außerdem wurden aus den Skalen, diejenigen Items ausgeschlossen, die durch z.B. unglückliche Formulierung oder andere Störgrößen fehlinterpretiert werden könnten. Im einzelnen wurden ausgeschlossen: aus dem Präsenz- (PRES) und dem State-Angst-Fragebogen (STAI) jeweils 2 Fragen, aus dem Höhenangstfragebogen (ACRO) 3 Fragen und aus dem Fragebogen zum Vermeidungsverhalten (AVOI) 4 Fragen. Für die daraus hervorgegangenen Skalen wurde die Reliabilität (interne Konsistenz) mittels Cronbachs Alpha geschätzt. Der Wert Alpha ( $\alpha$ ) gibt an, wie zuverlässig die Skala anwendbar wäre, wenn man eine beliebige(!) Hälfte der Fragen ausschließen würde. Die ermittelten Werte (PRES:  $\alpha=0.775$ , ACRO:  $\alpha=0.791$ , STAI:  $\alpha=0.886$ , AVOI:  $\alpha=0.771$ ) lassen auf eine befriedigende bis gute Zuverlässigkeit der Skalen schließen.

Die aus den Skalen errechneten Mittelwerte und Korrelationen sind in Tabelle 4.1 aufgeführt.

Tab. 4.1: Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen der beobachteten Variablen

	ACRO	AVOI	PRES	STAI
Mittelwert	1.0507	0.2813	2.0787	1.2032
Standardabweichung	0.5764	0.2013	0.6146	0.4852
ACRO	1.000	-	-	-
AVOI	0.654	1.000	-	-
PRES	-0.263	0.011	1.000	-
STAI	0.137	-0.148	0.251	1.000
Wertebereiche: ACRO 0..6, AVOI 0..2, PRES 0..4, STAI 0..3				

Diese Korrelationsanalyse zeigt nur geringe und nicht-signifikante Korrelationen zwischen Höhenangst und tatsächlich erfahrener Angst ( $r = 0.137$ ) und eine nicht-signifikante zu Präsenz ( $r = 0.251$ ). Das bedeutet, daß Angst höchstens ein schwacher Indikator für Präsenz ist. Um das gesamte Modell zu testen, wurde eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt. Die multiple Regressionsanalyse ist eine Technik zur empirisch-analytischen Gewichtsbestimmung, die ermittelt, welche Bedeutung verschiedene Indikatorvariablen für ein bestimmtes Kriterium (abhängige Variable) haben (vgl. auch Faktorenanalyse in Untersuchung PQ). Das Kriterium bildet hierbei die erfahrene Angst in der virtuellen Umgebung (ACRO). Diese Analyse zeigt ein anschaulicheres und umfassenderes Bild als die einfache Korrelationsanalyse. Alle drei Indikatorvariablen haben ein signifikantes Gewicht auf das Kriterium ( $p < 0.05$ ). (siehe standardisierte Koeffizienten in Tabelle 4.2).

Tab. 4.2: Ergebnisse der Regressionsanalyse

Modell			
R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>kor</sub>	Std. Fehler der Schätzung
0.517 <sup>a</sup>	0.267	0.196	0.435
a. Indikatoren: (Konstante), PRES, AVOI, ACRO			

ANOVA <sup>b</sup>					
	Summe der Quadrate	df	Summe/df (mean square)	F	Sig F
Regression	2.140	3	0.713	3.770	0.020 <sup>a</sup>
Residual	5.866	31	0.189		
Summe	8.006	34			

a. Indikatoren: (Konstante), PRES, AVOI, ACRO  
b. Kriterium: STAI

Koeffizienten <sup>a</sup>					
	Nicht-standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten		
	B	Std. Fehler	Beta	t	Sig t
(Konstante)	1.017	0.464		2.193	0.036
ACRO	0.505	0.182	0.603	2.779	0.009
AVOI	-1.286	0.499	-0.537	-2.578	0.015
PRES	0.329	0.129	0.420	2.539	0.016

a. Kriterium STAI

Zur Bestimmung der Erklärungskraft der vorgenommenen Analyse kann entweder das Bestimmtheitsmaß  $R^2$ , ein korrigiertes Bestimmtheitsmaß  $R^2_{\text{kor}}$  oder der F-Test herangezogen werden. Im Falle dieser Studie ist der F-Test das adäquate Maß, da die Beobachtungsanzahl relativ hoch gegenüber der Anzahl der Freiheitsgrade df (Indikatorvariablen) ist. Da  $F_{\text{Emp}}(3,31)$  mit 3.77 wesentlich größer als der Tabellenwert  $F_{\text{Tab}}(3,30)$  mit 2.92 nach (Backhaus et al. 1996) ist, was sich auch durch  $\text{Sig F} = 0.02 < 0.05$  ausdrückt, kann geschlossen werden, daß die Regressionsanalyse einen signifikanten Teil der Varianz erklärt.

Um eine Vergleichbarkeit des Gewichtes der einzelnen Indikatoren auf das Kriterium zu erreichen (Bortz, 1993), werden die Strukturkoeffizienten  $c$  errechnet, die sich aus den Korrelationen dividiert durch den multiplen Korrelationskoeffizienten  $R$  der Regressionsrechnung ergeben:  $c_{\text{ACRO}} = 0.265$ ;  $c_{\text{AVOI}} = -0.286$ ;  $c_{\text{PRES}} = 0.485$ . Interessant ist hierbei, daß  $c_{\text{AVOI}}$  ein negatives Vorzeichen besitzt, das läßt vermuten, daß es Teilnehmern mit einem starken allgemeinen Vermeidungsverhalten gelingt, ihre Angst auch in der virtuellen Umgebung zu verringern.

Insgesamt kann man also davon ausgehen, daß die getroffenen Annahmen über die Rolle von Präsenz bei der Entwicklung von Angst in virtuellen Umgebungen bestätigt wurden. Aufgrund der durchgeführten Auswertung kann begründet zusammengefaßt werden: Virtuelle Umgebungen können reale Emotionen hervorrufen. Teilnehmer, die in realen Situationen Höhenangst empfinden, tun dies auch in virtuellen Situationen. Die Indikatoren Höhenangst-Neigung (ACRO), Präsenz (PRES) und Vermeidungsverhalten (AVOI) sind signifikant für das Erleben von Angst (STAI) in der virtuellen Umgebung, sie erklären einen maßgeblichen Teil der Angst. Obwohl die multiplen Korrelationen nicht sehr hoch sind, kann gefolgert werden, daß Präsenz ( $c_{\text{PRES}} = 0.485$ : größter Absolutwert) als Hauptindikator anzusehen ist. Die Angst vor dem virtuellen Abgrund ist ein Effekt der Präsenz. Die Teilnehmer konzeptualisierten ein mentales Modell der Situation der virtuellen Umgebung und plazierten sich selbst (mindestens im Konfrontationsmoment) in diesem Modell vor den Abgrund. Betrachtet man Höhenangst in der realen Welt als Entwicklungsfaktor für Angst in virtuellen Umgebungen, so wird diese Angst erst durch die Präsenz vermittelt. Die Person muß sich in der virtuellen Umgebung anwesend fühlen und ihren eigenen Körper als Teil dieser Umgebung empfinden, um Angst entwickeln zu können. Die Vorstellung, den Abgrund wahrzunehmen, führt zu Angst (Erregung). Angst ist demnach nicht, wie von den Mitarbeitern am GeorgiaTech-Institut dargestellt,

ein einfacher Indikator für Präsenz. Präsenz hat einen signifikanten Einfluß auf die Entwicklung von Angst. Mit dem entwickelten Fragebogen ist es (u.a.) möglich, diesen Einfluß zu evaluieren.

Mit dem angewendeten Präsenz-Fragebogen wurde ein Instrument entwickelt, welches es ermöglicht, in beliebigen immersiven virtuellen Umgebungen Präsenz zu messen. Im Vergleich mit anderen Verfahren (Prä- und Post-Report, Beobachten, physiologische Messungen) ist die Anwendung des Fragebogens einfach und erfordert kaum zusätzlichen Aufwand, indem unmittelbar nach einer Exposition mit einer virtuellen Umgebung ca. ein Duzend Fragen durch die Teilnehmer beantwortet werden.

Die aus Übersichtsgründen nicht dargestellten Ergebnisse des Einflusses der Dissoziationsneigung korrelierten nur sehr gering mit Präsenz. Auch die nachfolgende Regressionsrechnung brachte keine signifikanten Ergebnisse ( $b=0.02$ ,  $t=0.127$ ,  $p=0.899$ ). Die Nullhypothese wurde dadurch angenommen und die Dissoziationsneigung nicht weiter berücksichtigt. Daß wirklich kein Zusammenhang besteht, kann damit nicht notwendigerweise geschlußfolgert werden. Die Gründe können vielschichtig sein, z.B. der u.U. methodisch nicht einwandfrei gestaltete Fragebogen (Maximum-Anker der Skala mit „100%“ kann „sehr oft“ oder „kontinuierlich anhaltend, immer“ bedeuten und damit fehlinterpretiert werden). Ein weiteres Erklärungsmodell wäre, daß bei Personen mit starken Dissoziationsneigungen eine Präsenzvermeidung durch Aufrechterhalten der (parallelen) realen Welt auftritt.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen abschließend folgende Ergebnisse betont werden: a) das Erleben und Verhalten in realen Umgebungen ist vergleichbar mit dem Erleben und Verhalten in virtuellen Umgebungen. Das entscheidende vermittelnde Kriterium ist Präsenz. Es ist demzufolge folgerichtig in weiteren Betrachtungen und Untersuchungen Präsenz als abhängige Variable zu definieren und Einflußgrößen auf Präsenz zu ermitteln. b) Präsenz ist mit hinreichender Reliabilität mit dem entwickelten Präsenz-Fragebogen meßbar. Der Fragebogen ist so aufgebaut, daß er in (nahezu) beliebigen virtuellen Umgebungen eingesetzt werden kann. Die Anwendung ist unkompliziert und erfordert nur einen geringen Zeitaufwand. c) Präsenz kann auch in virtuellen Umgebungen mit einfachen (nicht hoch detaillierten) Darstellungen entwickelt werden, da es sich um mentale Repräsentationen handelt, die einen Interpretationsakt des Nutzers darstellen. d) die in virtuellen Umgebungen entwickelten Emotionen sind reale Emotionen, sie werden durch Neigungen/Anlagen (traits) beeinflußt.

## 4.4 Experiment „Doing and Plot - AMT1“

Das vorliegende Experiment untersucht zwei inhaltliche Immersionsfaktoren, nämlich Interaktion und Narration auf grundlegender Ebene hinsichtlich ihres Einflusses auf Präsenz. Hierbei werden beide Faktoren dem Benutzer in ihrer einfachsten Erscheinung angeboten: a) Eigenbewegung durch Laufen als Interaktionsform und b) Animation als Form der Narration. Es wird gezeigt, daß beide Faktoren bereits auf diese einfache Art und Weise die Präsenz beeinflussen. Die statistischen Ergebnisse und Schlußfolgerungen werden dargestellt.

### 4.4.1 Einführung

In den bisherigen Untersuchungen wurden die Grundlagen geschaffen, um konkrete Einflußfaktoren auf Präsenz zu ermitteln: der Präsenz-Fragebogen als Meßinstrument entwickelt, die Unterscheidung in Immersion und Präsenz vorgenommen, Immersionskomponenten aus gestaltungsorientierter und empirischer Sicht aufgestellt und Komponenten der Präsenz ermittelt.

Aus vorher beschriebenen Gründen ist es sinnvoll, die inhaltlichen Faktoren genauer zu untersuchen, besonders deshalb, da sie den unmittelbaren Gestaltungsbereich des Architekten betreffen. Kann für die Gestaltung des architektonischen Gestells vorerst davon ausgegangen werden, daß Präsenz dadurch erhöht wird, daß das Erscheinungsbild dieser Komponente in realweltlicher Analogie geschaffen wird, so steht für die beiden anderen Komponenten Handeln und Handlung eine empirische Untersuchung zu deren Einfluß noch aus. Diese wird hier auf einer minimalistischen Basis durchgeführt, d.h. es werden aus beiden Komponenten möglichst einfache Instanzen gebildet, um eine weitgehende Generalisierbarkeit zu gewährleisten.

Als einfache Form des Handelns wird die Eigenbewegung gewählt und in Kontrast gesetzt zu einer fremdgesteuerten Bewegung. Der entsprechende empirische Faktor hierzu ist die Vorhersagbarkeit und Interaktion (PRED, siehe Untersuchung PQ). Als einfache Form der Handlung (empirischer Faktor Narration – DRA) wird eine im Kontext bedeutungstragende Animation angeboten und durch eine statische virtuelle Umgebung kontrastiert.

Die Hypothesen dieses Experiments lauten:

1. Eigenbewegung erhöht maßgeblich die räumliche Präsenz.
2. Animationen erhöhen die Aufmerksamkeitspräsenz (Involviertheit).
3. Der Einfluß der Eigenbewegung ist höher als der Einfluß der Animation.
4. Findet keine Eigenbewegung statt, so erhöht Animation die Präsenz gering oder überhaupt nicht.

### 4.4.2 Methode

#### 4.4.2.1 Teilnehmer

An der Hauptuntersuchung (ohne Vortest) nahmen 56 Teilnehmer aus dem Umfeld der Friedrich-Schiller-Universität Jena und der Bauhaus-Universität Weimar teil. Über einen Zeitraum von ca. 3 Monaten wurden nacheinander die Versuchspersonen zum Experiment bestellt. Die Teilnehmer wurden nicht bezahlt und i.d.R. durch private oder dienstliche Kontakte geworben. Die meisten Versuchsteilnehmer hatten keine oder nur geringe Erfahrungen mit Virtual Reality.

## 4.4.2.2 Design

Zur Überprüfung der Hypothesen bietet es sich an, die Konditionen in einem gekreuzten 2x2-Design einer Varianzanalyse zu unterziehen. Es ergeben sich folglich die gegensätzlichen Bedingungen zum Handeln: Interaktion versus Nicht-Interaktion und zur Handlung: Animation versus Nicht-Animation.

Die 56 Teilnehmer werden den vier Konditionen zufällig zugeordnet (siehe Tabelle 4.3).

Tab. 4.3: Konditionierung des Experiments

N=56	Interaktion/Eigenbewegung	Nicht-Interaktion/ fremdgesteuerte Bewegung
Animation	n=14	n=14
keine Animation	n=14	n=14

### Interaktion vs. Nicht-Interaktion

Wie bereits angesprochen wurde als einfachste Interaktionsform die Eigenbewegung gewählt. Diese wird durch zwei sich überlagernde Interaktionsformen realisiert. Erstens der Möglichkeit, die Blickrichtung frei zu wählen (Head-Mounted Display) und zweitens durch die Möglichkeit, sich laufend durch die reale wie virtuelle Umgebung im 1:1-Maßstab zu bewegen. Diese Form der Eigenbewegung erfordert keinen Lernaufwand und abgesehen von einer Eingewöhnungsphase entspricht sie der natürlichen Bewegung in der realen Welt. Slater & Usoh (1993) prägten dafür den Begriff *body centered interaction*.

In der Nicht-Interaktions-Kondition wird dieselbe virtuelle Umgebung aus einer fremdgesteuerten Sicht durch die Versuchspersonen erlebt. Um Störgrößen auszuschließen, wird hier ebenfalls ein Head-Mounted-Display verwendet. Die Fremdsteuerung wird realisiert, indem der Bewegungspfad eines anderen Nutzers vorgespielt wird, analog zu einem Video-Film.

In einem metaphorischen Sinn wird also versucht, den Unterschied zwischen dem Blick „through the looking glass“ (Walker, 1990) und einem „inside/surrounded view“ (Slater & Wilbur, 1997) zu finden.

### Animation vs. Nicht-Animation

Wird Handlung (plot) als eine zeitliche, auf einander Bezug nehmende Folge von Ereignissen definiert, so kann die Computeranimation als eine einfache Form von Handlung gesehen werden. Steht diese Animation in einem sinntragenden Zusammenhang zum architektonischen Gestell, so ist eine erhöhte Präsenz als Folge zu vermuten.

„The more the ‘plot’ line potentially removes a person from everyday reality and presents an alternate self-contained world, the greater the chance for presence.“ (Slater & Wilbur, 1997, S. 606) Weiterhin äußern Slater & Wilbur, daß „[we] know of no study that directly attempts to examine the influence of plot in the sense of story line.“ (S. 608). Genau dies versucht diese Studie zu untersuchen.

In der Animations-Kondition öffnen und schließen sich Türen in einer sinnvollen Art und Weise und andere Personen werden durch die Bewegung ihrer Füße (Schuhe) repräsentiert.

### Gemessene Variablen

Die hauptsächlich zu messende Variable ist die Präsenz in ihren drei Komponenten räumliche Präsenz, Involviertheit und Realitätsurteil. Daneben werden weitere Kontrollvariablen erfaßt: Alter, Geschlecht, Erfahrungen mit VR, Einstellung und Gefühlszustand, Symptome der Simulatorkrankheit und Dissoziationsneigungen (siehe Untersuchung ACRO).

#### 4.4.2.3 Prozedur

Vor dem Eintritt in die virtuelle Umgebung wurden mittels Fragebogen Vortest-Variablen wie der Gefühlszustand etc. erfaßt. Durch Münzwurf wurde die Kondition für den jeweiligen Teilnehmer ermittelt (Interaktion/Nicht-Interaktion, Animation/Nicht-Animation). Jeder Versuchsperson wurde zur Eingewöhnung eine virtuelle Umgebung zum Erleben angeboten, die nicht in Zusammenhang mit dem aktuellen Experiment steht.

Während des Aufenthaltes in der virtuellen Umgebung haben die Versuchsteilnehmer die Aufgabe, alle in der Welt vorkommenden Schilder zu entdecken und zu zählen. Es handelt sich hierbei um eine Pseudo-Aufgabe, da es für die Auswertung der erhobenen Daten irrelevant ist, wieviele Schilder die Umgebung enthielt.

Unmittelbar nach der Exposition mit der virtuellen Umgebung füllten die Versuchsteilnehmer Fragebögen zur Präsenz und den individuellen Kontrollvariablen aus.

Die verwendete Umgebungs- und immersionstechnische Ausrüstung entsprach der im Experiment ACRO und in den Studien vd/pD: Silicon Graphics Workstation Crimson VGXT, Polhemus-Tracking-System Head-Mounted-Display Virtual Research VR4 in Kombination mit der platform, die eine Lauffläche von über 4 Metern im Durchmesser bot.

Die virtuelle Umgebung (inhaltliche Faktoren) wurde speziell für das Experiment entwickelt und bestand aus einer im architektonischen Sinn relevanten Situation: Ein Teil eines Amtes (daher der Name des Experiments), welcher hauptsächlich aus Fluren mit Türen, einigen Hinweistafeln, Beleuchtung etc. besteht (siehe Abbildung 4.18). Der Kreuzungspunkt der Flure bildete die mögliche Lauffläche für die Versuchsteilnehmer (siehe Abbildung 4.19).



Abb. 4.18: Blick aus Nutzersicht in die virtuelle Umgebung

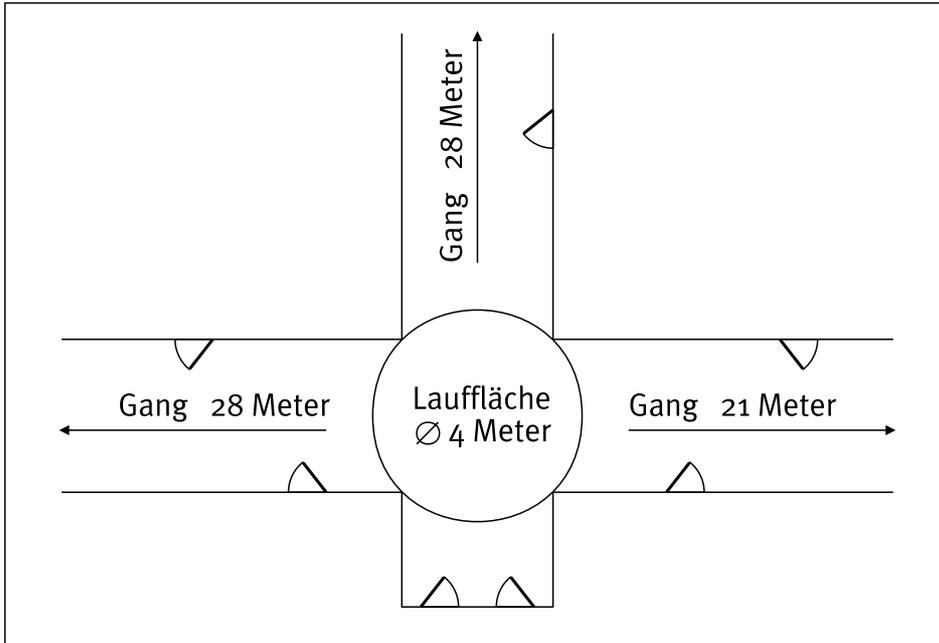


Abb. 4.19: Schematischer Übersichtsplan

#### 4.4.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Reliabilitäten der Skalen zur Erfassung der räumlichen Präsenz und Involviertheit sind mit Werten für Cronbachs Alpha von 0,8236 bzw. 0,8689 sehr gut, für die Skala zum Realitätsurteil mit 0,6898 hinreichend.

Tabelle 4.4 gibt die gemessenen Mittelwerte in allen Kombinationen der Konditionen an.

Tab. 4.4: Mittelwerte (Interaktion \* Animation)

			Mittelwert	Standard- abweichung	95% Vertrauensintervall	
Abhängige Variable	Interaktion	Animation			min	max
räumliche Präsenz	eigen	ohne	3.796	,279	3.235	4.357
		mit	3.793	,279	3.232	4.353
	fremd	ohne	2.916	,279	2.355	3.476
		mit	3.200	,279	2.639	3.761
Realitäts- urteil	eigen	ohne	2.643	,403	1.834	3.452
		mit	3.500	,403	2.691	4.309
	fremd	ohne	1.857	,403	1.048	2.666
		mit	2.571	,403	1.762	3.381
Involviertheit	eigen	ohne	3.316	,368	2.577	4.055
		mit	3.235	,368	2.496	3.974
	fremd	ohne	3.378	,368	2.639	4.116
		mit	3.194	,368	2.455	3.933

Tab. 4.5: Tests von Between-Subjects Effekten

Quelle	Abhängige Variable	df	Mean Square	F	Sig.
Interaktion	räumliche Präsenz	1	7,594	6,950	,011
	Involviertheit	1	0,0015	,001	,978
	Realitätsurteil	1	10,268	4,519	,038
Animation	räumliche Präsenz	1	,276	,253	,617
	Involviertheit	1	,246	,130	,720
	Realitätsurteil	1	8,643	3,797	,057
Interaktion * Animation	räumliche Präsenz	1	,289	,264	,609
	Involviertheit	1	0,0364	,019	,890
	Realitätsurteil	1	0,0714	,031	,860

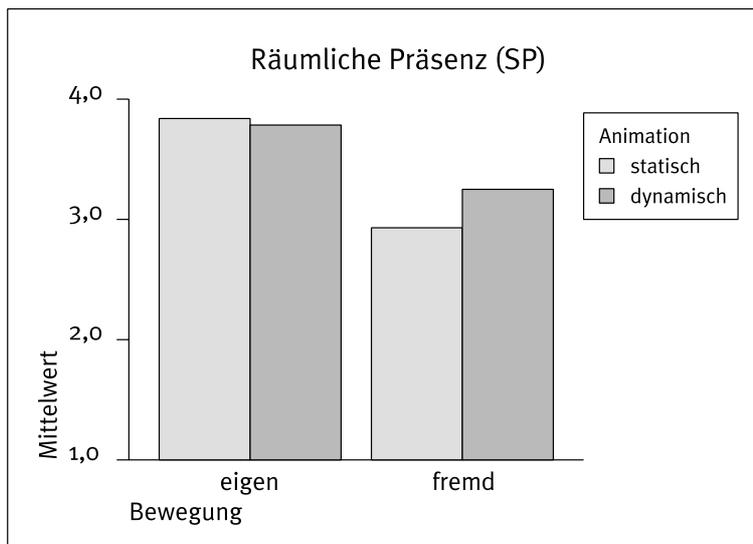


Abb. 4.20: Mittelwerte Räumliche Präsenz

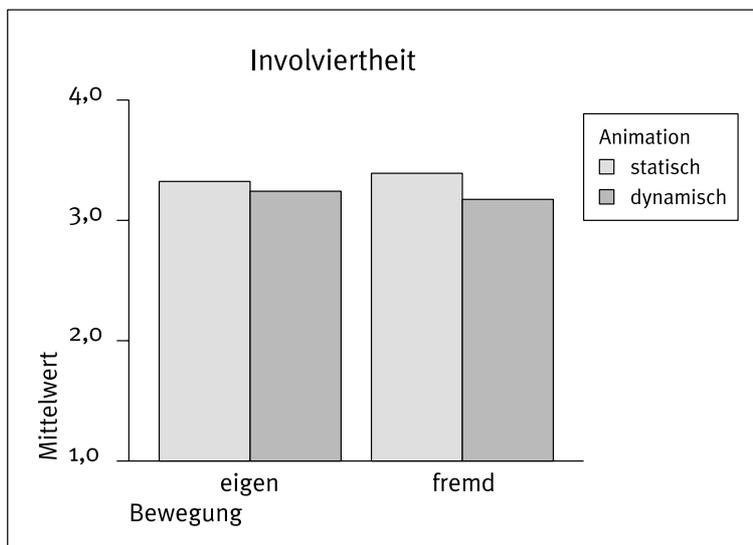


Abb. 4.21: Mittelwerte Involviertheit

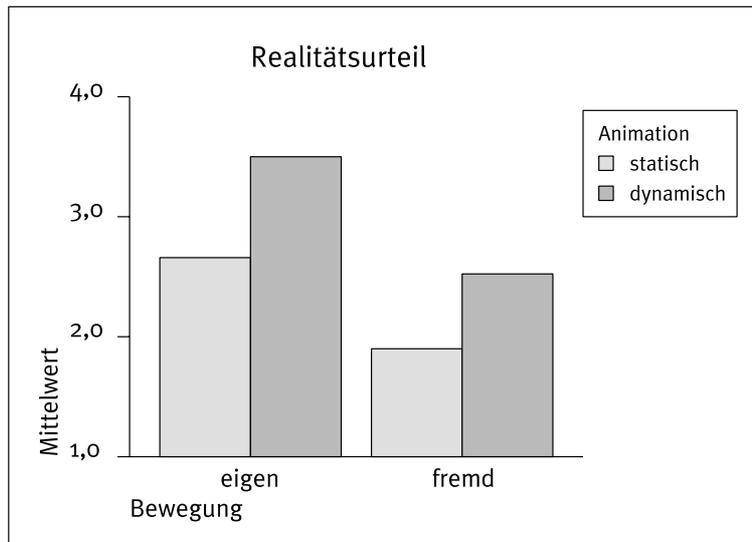


Abb. 4.22: Mittelwerte Realitätsurteil

Wie aus Tabelle 4.5 ersichtlich und in den Abbildungen 4.20 und 4.22 illustrierend dargestellt, wirkt sich die Eigenbewegung gegenüber der fremdgesteuerten Bewegung signifikant auf die räumliche Präsenz (0,011) und das Realitätsurteil (0,038) aus, das heißt, es liegt ein statistisch gesicherter positiv korrelierender Zusammenhang zwischen diesen Größen vor. Damit wird die Haupthypothese bestätigt, daß die eigene Bewegung in der virtuellen Umgebung (mindestens in Kombination mit einer „natürlichen“ Lauf-Metapher) zu einer deutlich höheren räumlichen Präsenz führt.

Entgegen der zweiten Hypothese liegt kein Zusammenhang zwischen Animation und Involviertheit vor. Vielmehr ist ein Trend (0,057) in Richtung Realitätsurteil erkennbar, der die berechtigte Vermutung zuläßt, daß bei Wiederholung des Experiments oder durch Konkretisierung der Operationalisierung ein Effekt zwischen Animation und Realitätsurteil auftritt. Im Rahmen dieser Arbeit soll diese Aussage genügen, da lediglich 0,008 Punkte fehlen, um von einer Signifikanz (wie im Falle der ersten Hypothese) des beobachteten Zusammenhangs innerhalb eines 95%-igen Vertrauensintervalls zu sprechen.

Die verwendeten Skalen wurden erfolgreich angewendet.

Die hier vorgelegte Studie ist ein guter Ausgangspunkt für weitere Forschungen über Interaktion und Handlung in virtuellen Umgebungen. Es wurde eine solide Basis für theoretische Entwicklungen und weitere empirische Tests geschaffen.

## 4.5 Experiment „Imaginary Interaction – AMT2“

Das Experiment AMT2 untersucht das Konzept der imaginierten Vermaschung (Glenberg) als Einflußgröße auf Präsenz. Es wird gezeigt, daß bereits die Manipulation eines individuellen Faktors ohne Veränderung der weiteren Immersionsfaktoren die räumliche Präsenz erhöhen kann.

In dieser Studie wird die Einstellung gegenüber der virtuellen Umgebung insofern manipuliert, als daß die Versuchsteilnehmer lediglich die Illusion hatten, mit der virtuellen Welt zu interagieren.

### 4.5.1 Einführung

Das Erleben von (realen und) virtuellen Umgebungen beruht auf der Interpretations- und Imaginationsleistung des Nutzers. Der Nutzer konstruiert vor dem Hintergrund seines kulturellen, sozialen und individuellen Kontextes sein Modell über die virtuelle Welt. Handlungsmöglichkeiten in dieser virtuellen Umgebung entstehen nach dem in Kapitel 2 erklärten Modell über die Vermaschung der eigenen Interaktionen mit der interpretierten, genauer imaginierten Welt. Die Bewegung des eigenen Körpers in der virtuellen Umgebung und die daraus resultierenden wirklichen oder vermeintlichen Reaktionen der Umgebung werden in „meshed sets of patterns of possible action“ konzeptualisiert. Genau hier setzt dieses Experiment in seiner Argumentation an:

Die Wahrnehmung der virtuellen Umgebung vollzieht sich auf drei möglichen Ebenen, a) die Handlungsmöglichkeiten wurden bereits soweit konzeptualisiert, daß sie nur noch als Versicherungselemente vorhanden sind („-heit“). Dies betrifft im Allgemeinen alle Elemente der virtuellen Welt, die aus den Erfahrungen in der realen bekannt sind (projizierbar), hier i.d.R. das architektonische Gestell. b) die Handlungsmöglichkeiten werden durch Interaktion mit der virtuellen Welt exploriert, die Reaktionen der virtuellen Umgebung erklären die Handlungsmöglichkeiten. c) da es sich um eine kognitive Leistung des Nutzers handelt, werden Handlungsmuster auch dann erzeugt, wenn die Aktionen-Reaktionen des Paares Wahrnehmender-Umwelt nur als solche durch den Nutzer interpretiert werden, d.h. unabhängig von den tatsächlichen Reaktionen der virtuellen Umgebung werden vorgestellte Reaktionen vermascht.

Diese Studie nimmt den letztgenannten Punkt zum Anlaß, folgende hypothetische Argumentation aufzubauen:

Es reicht die Vorstellung des Nutzers darüber, daß die virtuelle Umgebung auf ihn reagiert, um diese Erfahrung zu konzeptualisieren. Sollte dies zutreffen, so müßte sich seine räumliche Präsenz in der virtuellen Umgebung erhöhen, da er (imaginiert) interagiert. Interaktion erhöht Präsenz, wie in dem Experiment AMT1 nachgewiesen wurde. Es müßte also die reine Vorstellung (Einstellung) über eigene Interaktionen in der virtuellen Umgebung genügen, um die Präsenz zu erhöhen. Diese Hypothese wird hier untersucht.

### 4.5.2 Methode

#### 4.5.2.1 Teilnehmer

Für das Experiment AMT2 konnten insgesamt 32 Personen geworben werden, die sich hauptsächlich aus Studierenden der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden und Jenaer Schülern einer 9. Klasse zusammensetzten.

#### 4.5.2.2 Design

Es werden zwei Gruppen gebildet: eine Experimental- und eine Kontrollgruppe, die jeweils mit unterschiedlichen Instruktionen die selbe virtuelle Umgebung erleben.

Das verwendete System ist das selbe, wie das, welches bereits im Experiment AMT1 zum Einsatz kam: platform mit Grafik-Workstation, Polhemus-Tracking-System und Head-Mounted-Display. Als virtuelle Umgebung wird die Kondition Eigenbewegung mit Animation aus dem Experiment AMT1 angeboten.

Die Aufgabe, das Entdecken und Zählen der Schilder in der virtuellen Umgebung, wurde ebenfalls beibehalten.

Gruppe 1 erhielt zum grundsätzlichen Instruktionsblatt (siehe Anhang) den Hinweis, daß die sich bewegenden Objekte der virtuellen Umgebung in keiner Weise auf sie reagieren, vielmehr sind sie als Nutzer stiller Beobachter (Zeuge) dieser Welt.

Gruppe 2 wurde mitgeteilt, daß die Objekte der virtuellen Welt in irgendeiner (nicht weiter spezifizierten) Art und Weise auf ihre eigenen Bewegungen reagieren. In mehreren Vortests wurde ermittelt, daß dieser Eindruck auch entstehen könnte, da sich die „Personen“ der virtuellen Umgebung sehr vielfältig bewegen und es damit auch möglich wäre, daß sie auf die eigene Bewegung durch die Umgebung reagieren.

Es wurden keine neuen Fragebögen entwickelt, sondern jene aus AMT1 noch einmal verwendet. Im einzelnen sind dies 10 Fragen zu räumlicher Präsenz, 7 Fragen zur Involviertheit, 2 Fragen zum Realitätsurteil sowie weitere Fragen zum Wohlbefinden, Simulatorkrankheitseffekten, Erfahrungen mit VR, Dissoziationsneigungen etc.

#### 4.5.2.3 Prozedur

Nach der ersten Erfassung der Vortest-Variablen mittels Fragebogen wurde der Versuchsteilnehmer durch Münzwurf einer der beiden Gruppen zugeordnet und das entsprechende Instruktionsblatt zum Lesen ausgegeben. Nachdem durch Nachfragen sichergestellt wurde, daß die Instruktionen verstanden wurden, begab sich die Versuchsperson in eine nicht zum Experiment zugehörige virtuelle Umgebung, um eine Gewöhnung an die Immersionstechnik und die Umstände zu gestatten. Im Anschluß an diese Phase wurde der Versuchsperson die virtuelle Umgebung aus AMT1 in animierter Form für 5 Minuten dargestellt. Die Versuchsteilnehmer wurden darauf hingewiesen, daß während der Exposition in der Experimentalumgebung keine Fragen an den Versuchsleiter möglich sind, außer dem Wunsch, das Experiment abzubrechen.

Nach der Exposition füllte der Teilnehmer die Fragebögen zu den Kontrollfragen und zur Präsenz aus.

Den Teilnehmern wurde vor Beginn des Experiments der wahre Grund der Untersuchung nicht mitgeteilt. Sie wurden einige Wochen später mündlich darüber aufgeklärt.

### 4.5.3 Ergebnisse und Diskussion

Über den gesamten Zeitraum der Untersuchung (ca. 2 Monate) wurde keine Liste darüber geführt, wieviel Versuchsteilnehmer bereits in welcher Kondition befragt wurden. Durch die Zufälligkeit des Münzwurfs entstanden deshalb zwei Gruppen mit unterschiedlicher Anzahl an Teilnehmern: 18 Personen in der nicht vermaschten Kondition (Instruktion: Objekte reagieren nicht) und 14 in der vermaschten Kondition (Instruktion: Objekte reagieren).

#### 4.5.3.1 Exklusion

6 der 32 Personen beantworteten eine oder mehrere der Kontrollfragen

- „Ich konnte meine Bewegungen in der virtuellen Welt selbstständig steuern.“,
- „Ich habe in der virtuellen Umgebung sich bewegende Objekte gesehen.“,
- „Diese sich bewegenden Objekte schienen aufeinander zu reagieren und einen Sinn zu ergeben.“,
- „Ich habe selbst auf diese Veränderungen geachtet und auf sie reagiert.“

derart, daß davon ausgegangen werden konnte, sie haben die Welt nicht in der beabsichtigten Art und Weise erlebt. Sie wurden deshalb von der Analyse ausgeschlossen. Es verblieben danach 16 Personen in der nicht vermaschten und 10 Personen in der vermaschten Kondition (gesamt 26).

#### 4.5.3.2 Reliabilitäten

Die Skalen weisen sehr gute Reliabilitäten auf:

Räumliche Präsenz: SP ( $N_{\text{Fragen}}=10$ ,  $N_{\text{Personen}}=26$ ): Alpha=0,8019

Involviertheit: INV ( $N_{\text{Fragen}}=7$ ,  $N_{\text{Personen}}=26$ ): Alpha=0,8209

Simulatorkrankheit: SSQ ( $N_{\text{Fragen}}=16$ ,  $N_{\text{Personen}}=20$ ): Alpha=0,8406

#### 4.5.3.3 Varianzanalyse

Die multivariate Varianzanalyse mit räumlicher Präsenz und Involviertheit als abhängigen Variablen ergibt bei 16 nicht vermaschten und 10 vermaschten Teilnehmern einen Trend der Vermaschung auf die räumliche Präsenz. Der Wert liegt mit 0,055 knapp am Signifikanzniveau für ein 95%-Konfidenzintervall. Abbildung 4.23 verdeutlicht dieses Ergebnis.

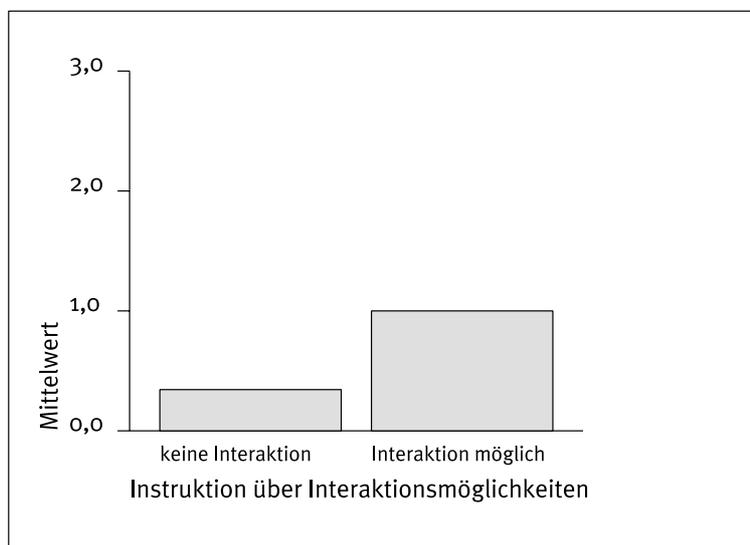


Abb. 4.23: Mittelwerte

Die Hypothese konnte damit zumindest im Trend bestätigt werden, d.h. bereits die Vorstellung darüber, daß man selbst die virtuelle Umgebung beeinflussen kann, erhöht die räumliche Präsenz. Damit wird auch der theoretische Ansatz der (mentalen) Konstruktion der virtuellen Welt beim Nutzer untermauert.

Um zu einem signifikanten (statistisch gesicherten) Ergebnis zu kommen, müßten a) der Stichprobenumfang vergrößert werden und b) die beiden Gruppen gleich stark besetzt werden. Im Rahmen dieser Arbeit soll diese Trendbeobachtung jedoch genügen.

## 4.6 Experiment „Presence Questionnaire – PQ“

Wurde in den vorangegangenen Untersuchungen noch von einem nahezu geschlossenen und damit relativ einfach zu erklärendem Präsenzbegriff ausgegangen, soll hier nun etwas detaillierter auf die Komplexität des Präsenzkonzeptes eingegangen werden. Es soll gezeigt werden, daß es a) mehr als eine Präsenzkomponente gibt, b) daß eine Unterscheidung in Immersion und Präsenz subjektiv meßbar ist und c) daß es mehrere Immersionskomponenten gibt. Diese Untersuchung bildet damit die Grundlage für die Klärung der Frage, welche Faktoren räumliche Präsenz beeinflussen.

Mittels einer Faktorenanalyse über die erhobenen Daten von 246 Teilnehmern an einer internetbasierten Umfrage werden gewichtete Präsenz- und Immersionskomponenten ermittelt und in einem Erklärungsmodell zusammengeführt. Eine detaillierte Beschreibung einschließlich der methodischen Einzelheiten wird in (Schubert, Friedmann & Regenbrecht, 1999b) vorgenommen.

### 4.6.1 Einführung

Neben der insb. für die Messung von Präsenz relevanten Unterscheidung in subjektiv berichtete und objektiv beobachtete Präsenz (siehe Kapitel 3) besteht vor allem Klärungsbedarf auf zwei Ebenen: 1) in einer Differenzierung zwischen Immersion und Präsenz und 2) in der Ermittlung der Komponenten innerhalb dieser Konzepte.

#### 4.6.1.1 Immersion vs. Präsenz

In den vorangegangenen Kapiteln wurde bereits besprochen, daß eine Trennung in Immersion und Präsenz sowohl aus sozialwissenschaftlicher als auch aus gestaltungsorientierter Sicht naheliegt. In dieser Untersuchung wird nun versucht, diese Trennung auch empirisch nachzuweisen. Immersion sollte demnach alle Faktoren beschreiben, die die Stimuli zur Konstruktion der virtuellen Welt (Imaginationsprozeß) bereitstellen. Präsenz auf der anderen Seite ist der psychologische Zustand, das Gefühl zu haben, Teil der virtuellen Umgebung zu sein. Diese Unterscheidung wird nochmals in der von Slater & Wilbur (1997) vorgelegten Definition deutlich:

„We distinguish between immersion and presence. *Immersion* is a description of a technology, and describes the extent to which the computer displays are capable of delivering an inclusive, extensive, surrounding, and vivid illusion of reality to the senses of a human participant. ... Immersion can be an objective and quantifiable description of what any particular system does provide. ... Presence is a state of consciousness, the (psychological) sense of being in the virtual environment.“ (ebenda, S. 604f)

Handelt es sich hier um eine gültige Unterscheidung, müßten sich also unterschiedliche Faktoren für Immersions- und Präsenzkomponenten herausbilden.

#### 4.6.1.2 Komponenten der Präsenz (Faktoren)

Aufgrund der Komplexität des Phänomens Präsenz liegt es nahe, davon auszugehen, daß Präsenz nicht ein einheitliches, singuläres Phänomen darstellt. Hinweise auf eine Vielgestaltigkeit der Präsenz finden sich sowohl in dieser Arbeit als auch bei anderen Autoren (Sheridan, 1992b, 1996; Welch et al., 1996; Kalawsky 1998; Biocca & Delaney 1995). Allerdings fehlen konkrete empirische Untersuchungen, die diese Hypothesen und Vermutungen validieren.

Konkrete Hinweise auf (intra-konzeptuelle) Komponenten von Präsenz finden sich bei Witmer & Singer (1998), sie unterscheiden in Involvement und Immersion, wobei Immersion hier als räumliche Präsenz zu verstehen ist:

„Involvement is a psychological state experienced as a consequence of focusing one's energy and attention on a coherent set of stimuli or meaningfully related activities and events.“ (ebenda, S. 227)

„Immersion is a psychological state characterized by perceiving oneself to be enveloped by, included in, and interacting with an environment that provides a continuous stream of stimuli and experiences.“ (ebenda, S. 227).

Es ist also zu erwarten, daß bei einer faktorenanalytischen Untersuchung mindestens zwei Faktoren zu Tage treten, die diese Komponenten erklären.

M.a.W. kann also vermutet werden, daß Involviertheit (Aufmerksamkeitspräsenz) und räumliche Präsenz zwei Komponenten der Präsenz darstellen. Diese beiden Komponenten beeinflussen sich gegenseitig, d.h. erhöhte Involviertheit führt zu erhöhter räumlicher Präsenz und vice versa. Diese Hypothese ist empirisch zu prüfen.

#### 4.6.1.3 Komponenten der Immersion

Eine Aufteilung der Immersionsfaktoren aus gestaltungsorientierter Sicht wurde in Kapitel 3 vorgenommen. Welche Komponenten sich im Erleben niederschlagen, wurde bisher noch nicht untersucht. Die Aufgabe besteht darin, aus der Vielzahl der immersionstechnischen und inhaltlichen (Barfield & Weghorst, 1993; Witmer & Singer, 1998; Steuer, 1992) sowie individuellen Faktoren (Slater et. al., 1994; Lombard & Ditton, 1997) Komponenten zu ermitteln, die Aufschluß darüber geben, welche Faktoren Gemeinsamkeiten aufweisen. Dieses Vorgehen ist nötig, um nicht jeden potentiellen Faktor für sich untersuchen zu müssen, sondern vielmehr später Aussagen über generelle Zusammenhänge von Immersion und Präsenz machen zu können. Eine Einzeluntersuchung jedes möglichen Faktors würde a) aufgrund des Umfangs nicht durchführbar sein und würde b) die Sichtweise auf die Problemdomäne zu stark einschränken und damit einer ganzheitlichen Betrachtungsweise nicht gerecht werden.

Es werden also in dieser Untersuchung die in Kapitel 3 vorgestellten Klassifizierungen nicht vorausgesetzt, sondern die potentiellen Faktoren in ihrer Gesamtheit in die Analyse einbezogen.

#### 4.6.1.4 Bezug zu Vorarbeiten

Die einzige, dem Autor bekannte empirische Studie, die versucht, Komponenten von Immersion und Präsenz zu ermitteln, wird von Witmer & Singer (1994, 1998) vorgelegt. Die Durchführung dieser Untersuchung basierte allerdings auf einer unklaren Differenzierung von Immersion und Präsenz, wie sich im folgenden Zitat zeigt:

„A valid measure of presence should address factors that influence involvement as well as those that affect immersion [räumliche Präsenz, Anm. des Autors].“ (S. 228)

Es wird also versucht, zwei Komponenten zu messen (involvement, immersion) unter Auslassung des Messens von Präsenz. Anders ausgedrückt wird versucht, einen Effekt (Präsenz) zu messen, indem man die Ursachen (Immersion) mißt und dabei voraussetzt, daß die Ursachen den Effekt vollständig beschreiben. Unter Bezugnahme auf das vorgestellte Modell der Präsenzbildung (Kapitel 3) wird angenommen, daß die Immersionsfaktoren ohne Betrachtung des Imaginationsprozesses Präsenzfaktoren vollständig determinieren.

Konkret äußert sich dieses Vorgehen in ihrem vorgelegten Fragebogen mit der anschließenden Cluster-Analyse. Durch Witmer & Singer wurde ein aus 32 Fragen bestehender Fragebogen entwickelt, der nach Datenerhebung und -auswertung in folgende (vermeintliche) Präsenz-Cluster zerlegt wurde: 11 Fragen zu „Involved/Control“ (Involviertheit, Steuerbarkeit), 3 Fragen zu „Natural“ (Natürlichkeit) und 3 Fragen zur „Interface Quality“ (Interface-Qualität). Nach der hier vorgenommenen Unterscheidung sind die Cluster Natürlichkeit und Interface-Qualität den Immersionsfaktoren zuzurechnen. Der erste Cluster „Involved/Control“ enthält sowohl Fragen zur psychologischen Wirkung (Präsenz) der virtuellen Umgebung als auch zur Technologie selbst (Immersion), wobei selbst die Involvierungsitems auf Immersion (Ursache) abzielen. Die Anwendung des Fragebogens nach Witmer & Singer ist also nur eingeschränkt möglich, wenn a) Immersion und Präsenz einzeln und in ihrer Wirkungsrichtung meßbar sein sollen und b) die in diesen Komponenten enthaltenen Faktoren ermittelt werden sollen.

Bevor also (dem allgemeinen Ziel dieser Arbeit folgend) Einflußfaktoren auf räumliche Präsenz (empirisch) bestimmt werden können, müssen die o.g. Fragen geklärt werden. Dazu dient diese Untersuchung.

#### 4.6.1.5 Ziele und Hypothesen

Hauptziel dieser Studie ist die Messung von Präsenz und nicht das Messen der Einflußfaktoren auf Präsenz. Die Einflußfaktoren werden jedoch mit berücksichtigt und in nachfolgenden Studien untersucht.

Die Hypothesen und Erwartungen im einzelnen:

1. Es besteht ein Unterschied zwischen Immersion und Präsenz. Dieser wird getestet.
2. Involviertheit und räumliche Präsenz sind zwei Komponenten der Präsenz. Dies wird getestet.
3. Es werden neben den in 2) genannten weitere Präsenz-Komponenten exploriert.
4. Es existieren mehrere Immersionskomponenten. Diese werden exploriert.

#### 4.6.2 Methode

Zur empirischen Validierung der aufgeführten Hypothesen und Ziele wurde ein Fragebogen entwickelt, der im WorldWideWeb öffentlich sechs Monate lang zur Beantwortung angeboten wurde. Zielgruppe waren Benutzer dreidimensionaler Programme und Spiele.

##### 4.6.2.1 Teilnehmer

246 Personen beteiligten sich an der Umfrage „PQ“, wobei die große Mehrheit nicht aus dem Umfeld der Bauhaus-Universität Weimar (einschließlich des atelier, virtual) kam.

Es kann davon ausgegangen werden, daß eine hohe Motivation bzw. großes Interesse an der Beantwortung der Fragen bestand, da das Ausfüllen die Teilnehmer immerhin 20-30 Minuten in Anspruch nahm.

Die große Mehrheit erlebte virtuelle Umgebungen auf einem Monitor mit stereophoner akustischer Darstellung. Nur ca. 8% der Teilnehmer benutzten immersive VR-Technik (Head-Mounted-Display oder CAVE).

Die meisten Teilnehmer nutzten Computerspiele, überraschenderweise über die Hälfte davon Multi-User-Applikationen (siehe Tabelle 4.6).

Tabelle 4.6: Applikationstyp und Anwesenheit anderer Personen in der VU

		Applikationstyp			Summe
		Visualisierung/Walkthrough	3D-Spiel, egozentrisch	Rollenspiel	
Andere Personen in der VU anwesend	nein	20	77	7	104
	ja	4	114	24	142
Summe		24	191	31	246

Es nahmen ca. 10% weibliche und 90% männliche Personen an der Untersuchung teil. Das Durchschnittsalter betrug 24,5 Jahre (Standardabweichung 5,3; Extrema 10 und 45). Die meisten Teilnehmer (72,5%) gaben an, daß sie an den Ergebnissen dieser Umfrage interessiert sind und hinterliessen dafür ihre e-mail-Adresse.

#### 4.6.2.2 Design und Prozedur

Im Internet wurde ein 75-Item-Fragebogen zum Beantworten angeboten. Die Fragen stammen aus Veröffentlichungen anderer Forscher, eigenen Fragen aus der Untersuchung ACRO sowie neu entwickelten Fragen. Im einzelnen wurde der Fragebogen aus folgenden Quellen zusammengestellt:

Es wurden 30 Fragen von Witmer & Singer (1994) übernommen, wobei es sich meistens um Fragen zur Immersion handelte (siehe oben). Eine Frage zur subjektiv empfundenen Realismus von virtuellen Objekten aus Ellis et. al. (1997), 4 Präsenz-Fragen von Carlin, Hoffman & Weghorst (1997), 3 Präsenz-Fragen von Hendrix (1994), jeweils eine von Slater, Usoh & Steed (1994) und Towell (1997). Diese Fragen wurden ergänzt durch Fragen aus Regenbrecht, Schubert & Friedmann (1998) sowie durch neu entwickelte Items. Alle Fragen, die im Original in Englisch vorlagen, wurden von drei Personen unabhängig ins Deutsche übersetzt.

Neben den Fragen zu Immersion und Präsenz wurde die Art der Applikation (Visualisierung, Animation, Walkthrough, Computerspiel, text-basiertes Rollenspiel), die verwendete technische Gerätschaft (Monitor/immersive Technik, Sound, etc.), die Dauer der Benutzung, das Vorhandensein von anderen Personen in der virtuellen Umgebung und das Alter und Geschlecht erfaßt. Außerdem konnten die Teilnehmer sich mit ihrer e-mail-Adresse registrieren lassen, um von den Ergebnissen dieser Studie zu erfahren.

Über Werbung im WWW, Postings in Newsgroups und über eine Anzeige auf der WWW-Seite eines Computerspiel-Magazins wurden Anwender unterschiedlichster Formen von virtuellen Umgebungen aufgefordert, an der Untersuchung teilzunehmen. Die im Fragebogen formulierte Aufgabe für die Teilnehmer bestand darin, sich an ihr letztes Erlebnis mit einer virtuellen Umgebung zu erinnern und die Fragen in Bezug auf dieses eine Erlebnis zu beantworten.

Der komplette Fragebogen ist im Anhang dieser Arbeit aufgeführt.

### 4.6.3 Ergebnisse und Diskussion

#### 4.6.3.1 Erste Faktorenanalyse

Das generelle Ziel von Faktorenanalysen besteht nach Bortz & Döring (1995) darin, korrelierende Variablen auf einer höheren, abstrakten Ebene zusammenzufassen. Sie kann sowohl zur Hypothesengewinnung als auch zur Hypothesenprüfung eingesetzt werden. Faktorenanalysen sind besonders dann von Vorteil,

wenn sehr viele Variablen vorliegen, so daß Einzeluntersuchungen entweder schwer oder nicht durchführbar sind. Außerdem dient sie der inhaltlich sinnvollen Interpretierbarkeit von erhobenen Datenmengen.

Das Verfahren nimmt für  $x$  ausgewählte Objekte (Befragte) Messungen auf  $y$  Variablen vor, wobei die Anzahl der Objekte deutlich größer sein sollte als die der Variablen. Kline (1994) schlägt hier ein Verhältnis von 2:1 vor, welches innerhalb dieser Studie mit 3.62 deutlich übertroffen wird. Weitere Kriterien betreffen die Anzahl der Objekte, das Verhältnis der Objekte zu den gefundenen Faktoren etc. Diese Kriterien wurden bei der vorliegenden Studie ebenfalls betrachtet, es soll jedoch an dieser Stelle nicht näher auf sie eingegangen werden. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in (Schubert, Friedmann & Regenbrecht, 1999).

Ausgangspunkt der Faktorenanalyse ist die Korrelationsmatrix der  $y$  Variablen, die Aussagen zu Gemeinsamkeiten und Redundanzen zwischen den Variablen zuläßt. Die jeweils vorhandene Gemeinsamkeit wird im Rahmen der Faktorenanalyse als latentes Merkmal (oder einfach Faktor) bezeichnet. Inwiefern eine Variable einen Zusammenhang zu diesem Faktor besitzt, wird über die Ladung angegeben.

Prinzipiell wäre es nun möglich, bei  $y$  Variablen einen bis  $y$  Faktoren aufzustellen. Im ersteren Falle (ein Faktor) hieße die Annahme, daß alle Variablen das gleiche latente Merkmal erklären, im letzteren Fall ( $y$  Faktoren), daß jede Variable ein eigenes Merkmal beschreibt, es also keine Gemeinsamkeit zwischen diesen Variablen gibt. In dieser Untersuchung wird (natürlich) vermutet, daß zwischen den erhobenen Variablen (Präsenzfragen) Zusammenhänge bestehen und somit die Faktorenanzahl kleiner als die Anzahl der Variablen ist. Die Faktorenanalyse gibt allerdings keine absolut eindeutige Faktorenanzahl an. Die Auswahl, wieviele Faktoren extrahiert werden, ist immer von mehreren Kennziffern abhängig zu machen. Eine Hilfestellung gibt der sogenannte Scree-Plot (siehe Abbildung 4.24). Er stellt dar, wieviel Varianz jeder Faktor aufklärt. Sobald ein Faktor eine Varianz kleiner 1 aufklärt, heißt das, daß seine Varianz nicht einmal die Varianz einer Variablen aufklärt. Deshalb werden i.d.R. nur Faktoren mit einer Varianzaufklärung größer 1 extrahiert. Oft sind dies immernoch zu viele Faktoren, sodaß letztendlich die Anzahl der extrahierten Faktoren von der Interpretation des aktuellen Kontextes abhängt.

In diesem Fall kämen 8 Faktoren in Frage. Diese Faktoren sind nun anhand der Ladungen der Variablen auf diese Faktoren zu interpretieren, d.h. es ist herauszufinden, ob die auf einen Faktor ladenden Variablen einen inhaltlichen Zusammenhang, ein verbal beschreibbares gemeinsames Merkmal besitzen. Dieses Merkmal ist dann zu benennen. Tabelle 4.7 beschreibt die hier gefundenen Faktoren, deren Benennung sowie ihren Aufklärungsgehalt.

Tabelle 4.8 gibt für die jeweils 3 (bzw. 4) am höchsten ladenden Fragen in jedem Faktor die Zuordnung zum Faktor, die Ladung auf den jeweiligen Faktor und den Text der Frage an.

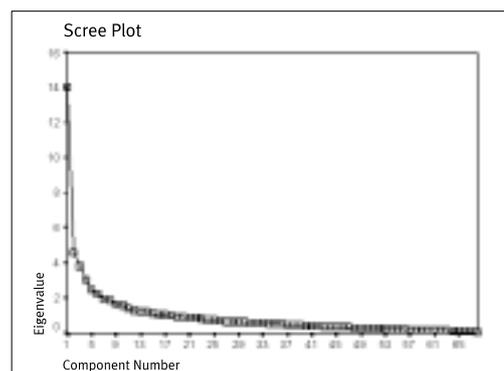


Abb. 4.24: Scree-Plot

Tab. 4.7: Faktoren und Aufklärungsanteile

Komponente	Englische Bezeichnung	Abkürzung	Anzahl Items	Eigenwerte		
				Total	erklärte Varianz [%]	erklärte Varianz [%] kumulativ
1	Spatial Presence	SP	14	14.087	20.717	20.717
2	Quality of Immersion	QI	8	4.574	6.726	27.443
3	Involvement	INV	10	3.824	5.624	33.067
4	Drama	DRA	7	3.083	4.533	37.601
5	Interface Awareness	IA	7	2.485	3.655	41.255
6	Exploration of VE	EXPL	6	2.262	3.326	44.581
7	Predictability & Interaction	PRED	6	1.967	2.893	47.474
8	Realness	REAL	5	1.901	2.795	50.270

Tab. 4.8: Beschreibung der Faktoren

Komponente (Faktor)	Ladung	am höchsten ladende Fragen (Items)
Räumliche Präsenz (SP)	.808	Bitte geben Sie an, ob Sie der folgenden Aussage zustimmen: In der computergenerierten Welt hatte ich den Eindruck anwesend zu sein...
	.794	Ich fühlte mich im virtuellen Raum anwesend.
	.790	Ich hatte das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu handeln statt etwas von außen zu bedienen.
	.769	Ich hatte das Gefühl an einem Ort zu sein.
Immersionsqualität (QI)	.790	Wie sehr haben Sie die akustischen Aspekte der virtuellen Umgebung eingenommen?
	.789	Wie gut konnten Sie Geräusche erkennen?
	.718	Stimmten die Informationen, die Sie über verschiedene Sinneskanäle (sehen, hören) aus der virtuellen Umgebung erhalten haben, miteinander überein?
Involviertheit (INV)	.742	Ich konzentrierte mich nur noch auf die virtuelle Umgebung.
	.732	Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in Bann gezogen.
	-.706	Ich achtete noch auf die reale Umgebung.
Narration (DRA)	.719	Erschien Ihnen die virtuelle Welt wie ein Film, in dem Sie mitspielten?
	.668	Haben Sie eine Handlung oder eine Story in der virtuellen Welt gesehen?
	.612	War das Erleben der virtuellen Welt vergleichbar mit dem Lesen eines guten Buches, bloß schneller?
Interface-Aufmerksamkeit (IA)	-.759	Wie gut konnten Sie sich auf die zugewiesenen Aufgaben oder erforderlichen Aktivitäten konzentrieren statt auf die Mechanismen, die zur Durchführung dieser Aufgaben oder Aktivitäten nötig waren?
	-.676	Wie schnell hatten Sie sich auf das Erleben der virtuellen Umgebung eingestellt?
	.625	Wie stark störten die Steuerungsgeräte die Durchführung von zugewiesenen Aufgaben oder von anderen Aktivitäten?
Explorierbarkeit (EXPL)	.760	Wie gründlich konnten Sie die Objekte untersuchen?
	.620	Wie gut konnten Sie Objekte von verschiedenen Blickwinkeln aus untersuchen?
	.526	Wie natürlich war der Steuermechanismus für Bewegungen in der Umgebung?
Vorhersagbarkeit & Interaktion (PRED)	.648	Konnten Sie vorhersehen, was als Nächstes als Folge Ihrer Handlungen passieren würde?
	.635	Hatten Sie den Eindruck, in die Handlung eingreifen zu können?
	.590	Inwieweit reagierte die virtuelle Umgebung auf Ihre veranlaßten (oder durchgeführten) Aktionen?
Realitätsurteil (REAL)	-.677	Wie real erschien Ihnen die virtuelle Welt?
	-.591	Wie sehr glich Ihr Erleben der virtuellen Umgebung dem Erleben einer realen Umgebung?
	-.541	Die virtuelle Welt schien mir wirklicher als die reale Welt.

### 4.6.3.2 Faktorenanalyse zweiter Ordnung

Die erste Faktorenanalyse diente dem Finden von Komponenten für Immersion und Präsenz auf der Grundlage der Korrelationen der erhobenen Daten. Um zu Gemeinsamkeiten/Differenzen dieser Faktoren zu gelangen, kann die gleiche Technik nochmals auf die ermittelten Komponenten angewendet werden. Diese dient dazu, eine bessere Interpretation der Bedeutung der gefundenen Faktoren zu vollziehen.

Hierzu werden die Items der 8 Faktoren jeweils zu einem neuen Item zusammengefaßt und die Faktorenanalyse erneut angewendet. M.a.W. sind nun die 75 Items (Fragen des Fragebogens) der ersten Analyse zu 8 Items (gefundene Merkmale) zusammengefaßt und bilden damit die Grundlage der gleichen Prozedur.

Der Scree-Plot (Abbildung 4.25) suggeriert eine 2- oder 3-faktorielle Lösung, wobei sich zeigte, daß die 2-faktorielle Lösung wesentlich schlechtere Ladungen aufwies. Die Ergebnisse der 3-faktoriellen Lösung sind in Tabelle 4.9 aufgeführt.

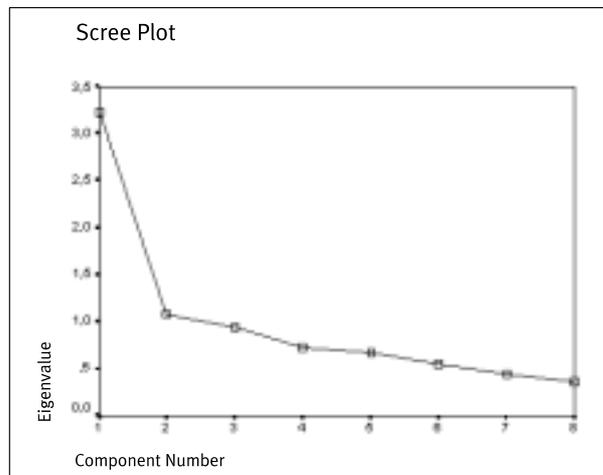


Abb. 4.25: Scree-Plot der Faktorenanalyse zweiter Ordnung

Tab. 4.9: Strukturmatrix, Eigenwerte and Aufklärungsanteile

	Ladungen und Faktoren*		
	1	2	3
REAL	,860		
INV	,790		
SP	,787	-,546	,407
IA		-,817	
PRED		-,791	
EXPL	,467	-,631	
DRA			,823
QI			,811
Eigenvalue	3,228	1,077	,942
erklärt 100% der Varianz	40,356	13,468	11,781
kumulativ erklärte Varianz [%]	40,356	53,824	65,604
*alle Ladungen die betragsmäßig kleiner 0,4 sind werden nicht dargestellt			

Tab. 4.10: Reliabilitäten der Subskalen

Subskala	n*	Anzahl der Fragen	Cronbachs Alpha
SP	198	14	,8506
QI	205	8	,7806
INV	229	10	,8731
DRA	236	7	,7656
IA	234	7	,7485
EXPL	233	6	,7157
PRED	226	6	,7053
REAL	205	7	,7253

\* durch teilweise fehlende Angaben ergeben sich unterschiedliche Anzahlen

Es bildet sich ein starker erster Faktor heraus, der als Präsenzfaktor, bestehend aus räumlicher Präsenz, Involviertheit und Realitätsurteil gedeutet werden kann. Die entsprechenden Subskalen weisen hinreichende bis gute Reliabilitäten aus (0,8506, 0,8731, 0,7253).

#### 4.6.3.3 Einfluß der Immersionsfaktoren

Obwohl es nicht Ziel dieser Studie war, immersionsbedingt Einflußfaktoren auf Präsenz zu ermitteln, konnte als Nebeneffekt festgestellt werden, daß die Anwesenheit anderer Personen in der virtuellen Umgebung einen signifikanten Einfluß hat. Dieser äußert sich in höherer räumlicher Präsenz ( $F(175,1)=6.546, p=.011$ ), geringerer Interface-Aufmerksamkeit ( $F(175,1)=5.777, p=.017$ ), besserer Explorierbarkeit der virtuellen Umgebung ( $F(175,1)=3.989, p=.047$ ) und höheren Werten für Vorhersagbarkeit und Interaktion ( $F(175,1)=22.380, p<.001$ ).

Da keine genügend breite Stichprobenverteilung in anderen Konditionen (z.B. Art des Displays) vorlag, können keine weiteren Ableitungen getroffen werden.

#### 4.6.3.4 Diskussion

Es kann mit der vorliegenden Untersuchung gezeigt werden, daß es mindestens drei Präsenzkomponenten gibt: räumliche Präsenz, Involviertheit und Realitätsurteil. Alle drei Komponenten laden in der zweiten Faktorenanalyse auf dem gleichen Faktor und beschreiben das subjektive Erleben der virtuellen Umgebung. Während die ersten beiden Komponenten den Erwartungen aus den Hypothesen und Annahmen entsprechen, war die dritte etwas überraschend. Sie stellt offensichtlich einen subjektiven Vergleich mit der realen Welt oder eine Art Urteil dar. Deshalb wird hier der Terminus Realitätsurteil benutzt. Diese Komponente könnte ein Indikator dafür sein, daß der Erfahrungskontext des Nutzers sich in seiner Präsenz widerspiegelt und würde somit das theoretische Modell über die Konstruktion von Welt vor dem kulturellen und individuellen Hintergrund bestätigen. Allerdings kann vor allem wegen der geringen Itemanzahl und der nur hinreichenden Reliabilität keine statistisch gesicherte Aussage dazu gemacht werden. Unzweifelhaft wurden jedoch diese drei Präsenzkomponenten gefunden und damit die erste Hypothese bestätigt.

Es konnte ebenfalls bestätigt werden, daß Präsenz und Immersion unterschiedliche Konzepte darstellen und daß beide subjektiv meßbar sind. Dies geht vor allen Dingen aus der Faktorenanalyse zweiter Ordnung hervor, in der die Präsenzfaktoren auf dem selben Faktor laden, alle Faktoren, die gemäß Kategorisierung in Kapitel 3 als Immersionsfaktoren bezeichnet werden, jedoch auf den beiden anderen Faktoren. Allerdings muß hierbei betont werden, daß diese zweite Faktorenanalyse der Hypothesengewinnung dient und demzufolge noch einmal Daten erhoben werden müssen, um diese Annahme zu evaluieren. Eine Analyse wird in der Untersuchung PQPlus vorgelegt.

Als Immersionskomponenten konnten die Immersionsqualität, die Interface-Aufmerksamkeit, die Explorierbarkeit, Vorhersagbarkeit & Interaktion und die Narration ermittelt werden. Es können natürlich noch weitere Komponenten vorhanden sein, da nur diejenigen Komponenten analysiert werden konnten, die mit dem vorgestellten Fragebogen erfaßt wurden. Es lassen sich aber bereits mit diesen Komponenten gestaltungsrelevante Schlüsse ziehen, die in Kapitel 5 behandelt werden.

Letztendlich konnte signifikant nachgewiesen werden, daß die Anwesenheit anderer Personen unmittelbar und u.U. auch mittelbar die räumliche Präsenz positiv beeinflusst.

## 4.7 Untersuchung „Faktoren- und Pfadanalysen – PQPlus“

Diese abschließende Untersuchung hat zum Ziel a) die Hypothesen über die Wirkungsrichtungen der Immersionsfaktoren auf die Präsenzfaktoren zu bestätigen und aufzustellen und b) erste Gewichte des Einflusses der Immersions- auf die Präsenzfaktoren zu bestimmen. Diese beiden Zielsetzungen basieren auf den erhobenen Daten der Untersuchung PQ. Die Ergebnisse dieser Untersuchung bilden die maßgebliche Grundlage für die Diskussion in Kapitel 5.

Die vorgelegten Ergebnisse sind ebenfalls dokumentiert in (Schubert, Friedmann & Regenbrecht, 1998 und 1999b).

### 4.7.1 Einführung

In der Studie PQ in diesem Kapitel wurde ermittelt, daß a) räumliche Präsenz (SP), Involviertheit (INV) und das Realitätsurteil (REAL) Komponenten der Präsenz darstellen. Weiterhin wurde festgestellt, daß die Immersionsqualität (QI), die Narration (DRA), die Interface-Aufmerksamkeit (IA) sowie die Vorhersagbarkeit & Interaktion (PRED) und die Explorierbarkeit (EXPL) von Präsenz verschiedene Komponenten darstellen.

Interpretiert man die letztgenannten Immersionsfaktoren inhaltlich, so wird deutlich, daß sich die Faktoren QI, DRA und IA vornehmlich auf die angebotenen Stimuli beziehen, PRED und EXPL jedoch eher auf die Interaktion. Diese Kategorisierung verdeutlicht Tabelle 4.11.

Tab. 4.11. Subjektiv erlebte Faktoren in virtuellen Umgebungen

Präsenz		Immersion			
		Stimuli-Präsentation		Interaktion	
Räumliche Präsenz	SP	Immersionsqualität	QI	Explorierbarkeit	EXPL
Involviertheit	INV	Narration	DRA	Vorhersagbarkeit	PRED
Realitätsurteil	REAL	Interface-Aufmerksamkeit	IA		

Die Untersuchungen zu PQ geben jedoch keine Auskunft darüber, inwieweit mit Hilfe der Immersionsfaktoren Präsenzfaktoren vorausgesagt werden können oder m.a.W. welche Immersionsfaktoren auf welche Präsenzfaktoren Einfluß haben. Ebenfalls keine Aussagen liegen bisher dazu vor, mit welchem Gewicht diese Einflüsse belegt sind. Mit Hilfe dieser Untersuchung sollen diese Fragen diskutiert werden.

Der hypothetische Ansatz dazu wird in Abbildung 4.26 illustriert.

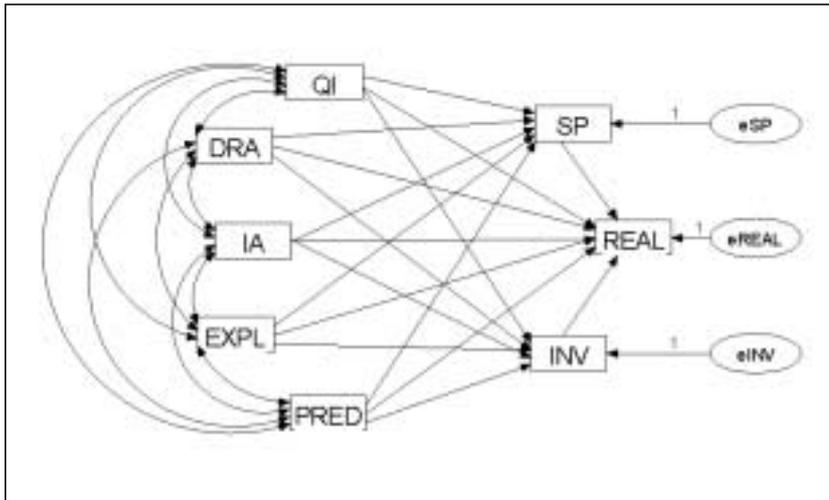


Abb. 4.26: Hypothetisches Pfadmodell

Auf der Basis der bisherigen Untersuchungen wird davon ausgegangen, daß alle Immersionsfaktoren Einfluß sowohl auf die räumliche Präsenz (SP), die Involviertheit (INV) als auch auf das Realitätsurteil (REAL) haben. Desweiteren ist zu vermuten, daß SP und INV wiederum das Realitätsurteil beeinflussen. Die dargestellten Richtungen der Effekte sind ebenfalls Bestandteil der Hypothese (siehe Pfeile in obiger Abbildung).

#### 4.7.2 Test des Pfadmodells

Eine geeignete Methode, um Wirkungsrichtungen von Variablen auf der Grundlage bereits erhobener Daten zu testen, stellt die Pfadanalyse dar. Sie wird sowohl für Bestätigungstests von Kausalbeziehungen zwischen Variablen als auch für explorative Analysen verwendet. (vgl. Bortz & Döring, 1995, S. 486f)

Mit Hilfe der Pfadanalyse soll nun das vorliegende hypothetische Modell getestet werden.

Grundlage dieses Tests sind die Daten der Untersuchung PQ. Es werden diejenigen Variablen für die Mittelwerte herangezogen, die eindeutig auf Faktoren laden, d.h. bei welchen Ladungen größer 0,4 auftreten. Das Modell wird mit dem Statistikpaket AMOS getestet.

Das vorgestellte hypothetische Modell stimmt im Chi-Quadrat-Anpassungstest nicht mit den Daten aus PQ überein ( $\chi^2(1, n=246)=39.348, p<.001$ ). M.a.W. es gibt keinen "fit" zwischen Modell und Daten.

Modifikationsindizes deuten auf eine starke Beziehung zwischen räumlicher Präsenz und Involvement hin, dieser Pfad ist im hypothetischen Modell nicht vorhanden. Da die Richtung zwischen diesen Größen nicht bekannt ist, also bedingt räumliche Präsenz Involviertheit oder umgekehrt, wird die Kovarianz in die Analyse mit einbezogen. Mit Hilfe dieser Kovarianz wird eine Sättigung des Modells erreicht. Um nun eine angepaßte Statistik zu erhalten (fit), müssen Pfade eliminiert werden. Es werden also alle nicht-signifikanten Pfade gelöscht, dies betrifft im Einzelnen die Pfade von Interface-Aufmerksamkeit zu Involvement und Realitätsurteil und von Vorhersagbarkeit, Narration und Immersionsqualität zu Realitätsurteil. Das Ergebnis ist in Abbildung 4.27 zu sehen.

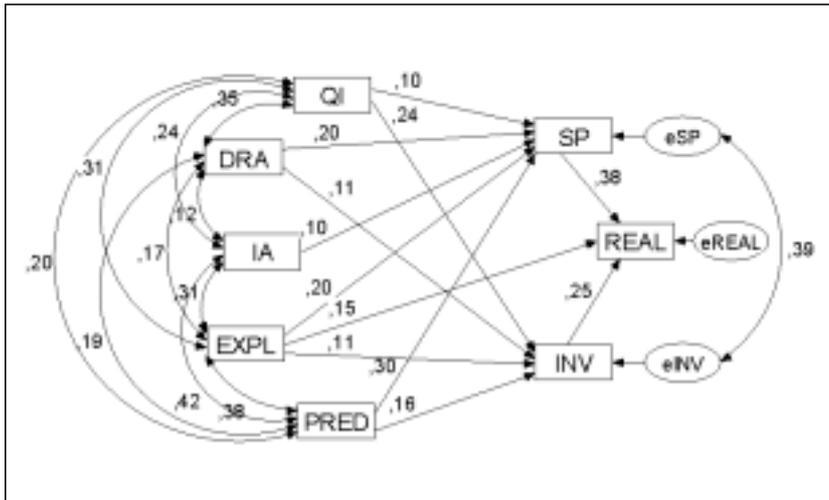


Abb. 4.27: Modifiziertes Pfadmodell

Diese Modell stimmt sehr gut mit den Daten überein ( $c^2(5, n=246)=2.040$ ,  $p>.80$ ,  $RMSEA < 0.001$ ), die dargestellten standardisierten Regressionsgewichte können wie Korrelationen interpretiert werden.

Alle Immersionsfaktoren korrelieren signifikant mit den beiden Präsenzvariablen SP und INV, außer EXPL gibt es keinen Effekt auf REAL.

Eine quantitative Betrachtung der Analyse zeigt, daß EXPL, PRED und DRA einen starken Einfluß auf die räumliche Präsenz ausüben. Auf der anderen Seite sind die Einflüsse von QI und PRED auf Involviertheit bemerkenswert. Zwischen Räumlicher Präsenz und Involviertheit besteht eine starke Kovarianz ( $cov = 0.403$ ,  $r = 0.385$ ). Tabelle 4.12 zeigt die Pfade und ihre Gewichte.

Tab. 4.12 . Regression Weights

	Path		Estimate	Standard. Estimate	E.S.
SP	<—	QI	0.114*	0.102	0.063
SP	<—	DRA	0.215***	0.204	0.058
SP	<—	IA	0.136*	0.096	0.076
SP	<—	EXPL	0.263***	0.204	0.074
SP	<—	PRED	0.441***	0.300	0.086
INV	<—	QI	0.236***	0.236	0.064
INV	<—	PRED	0.208**	0.157	0.084
INV	<—	EXPL	0.128*	0.111	0.075
INV	<—	DRA	0.103*	0.109	0.059
REAL	<—	EXPL	0.157***	0.151	0.057
REAL	<—	INV	0.227***	0.252	0.052
REAL	<—	SP	0.305***	0.378	0.050

Note. \* indicates  $p<.10$ ; \*\*  $p<.05$ ; \*\*\*  $p<.01$

### 4.7.3 Ergebnisse und Diskussion

Den eindeutig stärksten Einfluß auf die räumliche Präsenz haben die Faktoren Vorhersagbarkeit und Explorierbarkeit. Dies ist kaum verwunderlich, da sich bereits im Experiment AMT1 zeigte, daß Interaktion einen maßgeblichen Präsenzfaktor darstellt (SP). Außerdem stützt dieses Ergebnis eigene und fremde Vermutungen zum Einfluß und teilweise zur Notwendigkeit von Interaktion für Präsenz in virtu-

ellen Umgebungen. Etwas weniger offensichtlich kann der Einfluß der Narration interpretiert werden. Ein mögliches Erklärungsmodell wurde bereits in Kapitel 3 angedeutet: Je mehr die virtuelle Umgebung mit Bedeutung belegt werden kann, desto eher kann der eigene Körper in diesem Raum verortet werden und damit räumliche Präsenz entstehen. Daß dieser Faktor in anderen Arbeiten keine oder kaum Erwähnung fand, ist sicher dadurch zu erklären, daß er nicht mit erfaßt (gemessen) wurde (siehe gerade Witmer & Singer, 1998).

Der Grad der Involviertheit hängt maßgeblich davon ab, inwieweit die Aufmerksamkeit von der Immersionstechnik zum Inhalt gelenkt werden kann. Der gefundene Einfluß der Immersionsqualität und der Vorhersagbarkeit auf Involviertheit ist daher erklärbar. Warum die Interface-Aufmerksamkeit keinen signifikanten Einfluß zeigte, ist u.U. dadurch zu erklären, daß die meisten Teilnehmer der Stichprobe vermutlich „Spezialisten“ auf dem Gebiet der Computerspiele sind und damit durch langes Üben auch die Interfaces sehr gut beherrschen. Hier sollten Untersuchungen mit einer breiter gestreuten Gruppe von Personen folgen.

Nach wie vor wenig geklärt bleibt die Frage nach dem Realitätsurteil. Einzig die Explorierbarkeit scheint nach dieser Analyse einen Einfluß auf diesen Faktor zu haben. Es muß in Zukunft besser untersucht werden, wie dieser Faktor REAL zu interpretieren ist.

Da sowohl für die Faktoren- als auch für die Pfadanalyse die gleichen Daten verwendet wurden, bleiben diese Ergebnisse jedoch vorerst hypothetisch. In einer zweiten Datenerhebung müssen nun diese Ergebnisse validiert werden.



## **Kapitel 5**

# **DISKUSSION**

Dieses Kapitel faßt die Ergebnisse der Arbeit zusammen und diskutiert diese in einem architektonischen Kontext. Es werden sowohl die Schlüsse aus den empirischen Untersuchungen, die Anwendung der eigenen Theoriebildungsarbeit, als auch die Resultate der Recherche der Literatur berücksichtigt. Ziel ist es, Ansätze zu liefern, die aus heutiger oder mittelfristiger Sicht für die Gestaltung von virtueller Architektur relevant sind. Damit wird auf Grundlage des Standes der derzeitigen Forschung eine erste Annäherung an ein Präsenzdesign für virtuelle Umgebungen unter besonderer Berücksichtigung des räumlichen Aspektes vorgenommen.

## 5.1 Implikationen

### Immersion & Präsenz

Die bisher verschwommene Darstellung über die Bedeutungen und den Zusammenhang von Immersion und Präsenz konnte in dieser Arbeit durch ein Ursachen-Prozeß-Wirkungs-Modell aufgeklärt werden. Immersion ist eine Voraussetzung für die Präsenzbildung. Entscheidend ist, daß Präsenz das Ergebnis eines kognitiven Prozesses des Nutzers darstellt. Es ist also möglich, diesen Prozeß zu beeinflussen. Es kann aber nicht mit Sicherheit geschlußfolgert werden, daß durch den gezielten Einsatz von Immersionsmitteln notwendigerweise Präsenz entsteht.

Unter diesen Voraussetzungen gewinnt der Begriff „immersives VR-System“ wieder an Bedeutung, da es sich dabei nicht um ein „präsenztes VR-System“ handelt. Vielmehr wird mit immersiver VR (IVR) eine mögliche Voraussetzung geschaffen, Präsenz erzeugen zu können. I.d.R. handelt es sich dabei um Systeme, die eine möglichst vollständige sensorische Umschließung bzw. Abschottung gegenüber der realen Welt realisieren. Das „klassische“ IVR-System arbeitet deshalb mit einem Head-Mounted-Display oder mit einem CAVE. Mit diesen immersionstechnischen Mitteln steigt die Wahrscheinlichkeit gegenüber anderen Ausgabegeräten, Präsenz zu erzeugen. Dennoch obliegt der Präsenzbildungsprozeß allein dem Nutzer und ist somit von allen anderen Faktoren, insb. den individuellen Faktoren abhängig.

### Immersionstechnische Komponenten

Aus gestaltungsorientierter Sicht konnten vier Komponenten der Immersion herausgearbeitet werden, die Präsenz beeinflussen: Faktoren der realen Welt, immersionstechnische Faktoren, inhaltliche Faktoren und individuelle Faktoren. Für den Gestalter von virtuellen Umgebungen, den Architekten, besteht die hauptsächliche Möglichkeit in der Modellierung der inhaltlichen Faktoren. Die Immersionstechnik und damit die Ausgrenzung bzw. Einbeziehung der realen Welt ist i.d.R. vorgegeben. Im Rahmen dieser Gegebenheiten kann die virtuelle Architektur gestaltet werden. Hierbei ist um so mehr Sorgfalt auf diesen Inhalt zu verwenden, je weniger immersiv das VR-System an sich ist. Präsenz mit einem bildschirmorientierten System zu erzeugen ist schwieriger als mit einem CAVE. Allerdings zeigten die Untersuchungen zu PQPlus, daß der Einfluß der inhaltlichen Faktoren größer ist als der der immersionstechnischen Faktoren. Hier besteht die größte Chance für den Gestalter. Ist ein Mindestmaß an technischer Qualität vorhanden, kann über die Gestaltung der virtuellen Architektur Präsenz wesentlich beeinflusst werden. Lediglich die individuellen Faktoren kommen noch stärker zum Tragen. Diese liegen aber kaum im Einflußbereich des Gestalters. Lediglich durch die Motivierung des Nutzers, sich in diese Welt zu begeben, kann ein positiver Effekt provoziert werden. Dies kann z.B. über die Vermittlung einer Rahmengeschichte (Narration) in visueller, textlicher oder verbaler Form realisiert werden. Im traditionell architektonischen Sinn entsteht die Narration durch den Kontext und die Annäherung an die virtuelle Architektur. Die Gestaltung einer Übergangsumgebung für den zentralen Teil der Architektur wird hier zum entscheidenden narrativen Gestaltungselement für den Architekten.

Die in Kapitel 4 entwickelte zweite, empirische Sicht ermittelte über Faktoren- und Pfadanalysen die wesentlichen Komponenten: Immersionsqualität, Narration, Interface-Aufmerksamkeit, Explorierbarkeit und Vorhersagbarkeit. Es sei dabei betont, daß nur Komponenten und Faktoren gefunden werden konnten, die gemessen wurden. Es ist also möglich, daß noch weitere Komponenten vorhanden sind. Im Zusammenhang mit den o.g. gestaltungsorientierten Komponenten können jedoch sinnvolle Zuordnungen und Aussagen getroffen werden. Sowohl Immersionsqualität als auch Interface-Aufmerksamkeit gehören demnach zu den immersionstechnischen Faktoren; Narration, Explorierbarkeit und Vorhersagbarkeit zu den inhaltlichen Faktoren. Narration, Explorierbarkeit und Vorhersagbarkeit haben nach PQPlus den stärksten Einfluß auf die räumliche Präsenz. Dies ist eine Bestätigung für die große Chance der Gestaltungsmöglichkeit, dem Gestalter steht hiermit ein maßgebliches Instrument zur Verfügung, um räumliche Präsenz zu beeinflussen.

### Präsenzkompontenten

In jüngster Zeit verdichtet sich in der internationalen Präsenzforschung die Annahme, daß Präsenz nicht mehr als ein einzelnes Konstrukt anzusehen ist, sondern vielmehr aus mehreren Komponenten besteht. So ermittelten Steed et. al. (1999) soziale Präsenz (*co-presence*) und Witmer & Singer (1998) Immersion (räumliche Präsenz) und Involviertheit als Präsenzkompontenten. Die eigenen Untersuchungen in Kapitel 4 zeigen neben der sozialen Präsenz, die in PQ ermittelt wurde, die folgenden drei Komponenten auf: räumliche Präsenz (*sense of being there*), Involviertheit (*focus of attention*) und Realitätsurteil (*realness*). Die räumliche Präsenz als zentraler Betrachtungspunkt dieser Arbeit spiegelt das Inbeziehungsetzen des eigenen Körpers zu den räumlichen Strukturen der virtuellen Umgebung wider. Sie ist Ausdruck für den ursprünglich als alleinige Präsenzkompontente angenommenen *sense of being there*. Räumliche Präsenz kann nach den Untersuchungen in PQPlus maßgeblich durch die Gestaltung von Explorierbarkeit und Vorhersagbarkeit, aber auch durch narrative Elemente beeinflusst werden.

Die Involviertheit drückt sich maßgeblich dadurch aus, wieweit die Aufmerksamkeit auf die virtuelle Umgebung gerichtet ist. Das Aufmerksamkeitspotential bewegt sich dabei zwischen den Polen reale Umgebung, virtuelle Umgebung und einer anderen mental konstruierten Umgebung. Daß der Nutzer seine Aufmerksamkeit auf irgendeine andere, imaginierte Umgebung lenkt, ist schwer zu verhindern. Die Einflüsse der realen Umgebung, die zu einer Ablenkung von der VU führen, können durch geeignete Maßnahmen am immersionstechnischen Apparatus vermindert werden. Die Haupteinflußgröße liegt jedoch wiederum bei der Gestaltung der virtuellen Umgebung. Inwieweit läßt sich der Nutzer von ihr in Bann ziehen und richtet seine Aufmerksamkeit auf diese? Die inhaltlichen Faktoren bestimmen auch unter diesem Aspekt maßgeblich die Präsenz, hier Involviertheit des Nutzers in der VU.

Die dritte ermittelte Präsenzkompontente, das Realitätsurteil, wurde zunächst durch keine Hypothese vorhergesagt. Im Verlauf der Studien und Untersuchungen verlor diese Variable immer mehr an Bedeutung, da sie anscheinend keine oder nur geringe Relevanz besitze. Es ist bisher auch ungeklärt, welches Konstrukt das Realitätsurteil genau beschreibt. Es handelt sich offensichtlich um einen Vergleich mit der realen Welt, der hier introspektiert wird. Es ist zweifelhaft, ob dieser Vergleich bereits während des Erlebens vorgenommen wird. Vielmehr ist zu vermuten, daß dieses Urteil erst nach dem Besuch der VU gebildet wird. Sollte diese Vermutung zutreffen, so zeigt sich hier ein Mangel in der Anwendung eines Fragebogens nach dem Erlebnis. Leider ist es jedoch nicht möglich, während des Aufenthaltes in der VU Verbal-Report-Messungen vorzunehmen, da sie die Meßgröße Präsenz im Moment des Reports ad absurdum führen würden (Fragebogen, think-aloud, Interview). Trifft die Vermutung nicht zu, d.h. das Urteil wird während des Erlebens gefällt, so ist hier ein Indiz dafür vorhanden, daß virtuelle Umgebungen in erheblichem Maße durch Bedeutungs- und Wertbildungen der realen Welt rezipiert werden. M.a.W. sollte sich die VU möglichst genau so verhalten und so erscheinen, wie die reale Welt oder Welten, die mit anderen Medien bisher erlebt wurden (z.B. Film, Fernsehen, Computer-Spiele). Dies trifft allerdings nur für die Variable Explorierbarkeit in maßgeblicher Weise zu. Dies gibt Grund zu der Annahme, daß gerade Erstbenutzer einer VU keine andere Möglichkeit des Erfassens der Situation sehen, als diese mit ihren realweltlichen Erfahrungen zu vergleichen. Dies erscheint wie ein trivialer Schluß, wird jedoch dadurch gestaltungsrelevant, wenn man sich zumindest die inhaltliche Kompontente Vorhersagbarkeit vor Augen führt. Diese hat keinen maßgeblichen Einfluß auf das Realitätsurteil. D.h. werden selbst abstrakte Zusammenhänge glaubwürdig über die VU vermittelt und damit vorher-sagbar, so ist kein unmittelbarer Zusammenhang zur „Realität“ vonnöten.

Festzuhalten bleibt, daß das Realitätsurteil eine Präsenzkompontente darstellt und daß diese in zukünftigen Untersuchungen besser evaluiert werden muß.

### **Imaginationsleistung**

Präsenz, unabhängig von der Komponente, resultiert aus einer Imaginationsleistung des Nutzers. Diese Imaginationsleistung kann dadurch beeinflusst werden, welche Stimuli dem Nutzer angeboten werden. Es hängt also von der Art und Weise der Stimulierung ab, wie groß die Wahrscheinlichkeit für Präsenz ist. Diese Stimuli müssen auf den (jeweiligen) Nutzer der virtuellen Umgebung abgestimmt sein. Je besser diese Abstimmung ist, desto geringer ist die mentale Last beim Nutzer, um das vom Gestalter der VU intendierte Modell zu konzeptualisieren. Folglich bilden sich zwei Pole, zwischen denen Präsenz aufgebaut werden kann. Auf der einen Seite kann auch bei fehlenden externen Stimuli, nur durch eine interne Stimulierung des Nutzers eine virtuelle Umgebung mental konstruiert werden. Auf der anderen Seite sind soviel, angepaßte externe Stimuli vorhanden, daß es für den Nutzer schwierig ist, kein entsprechendes mentales Modell aufzubauen. Z.B. ist wahrscheinlich in einem (interaktiven) VR-Drama unter Nutzung der völligen visuellen immersionstechnischen Umschließung des Nutzers (z.B. sechsseitiger CAVE) die mentale Last, die zur Unterdrückung dieser Stimulusflut nötig wäre (Suppression) so groß, daß sie nur schwerlich zu vollbringen ist. Dieser Extremfall bleibt allerdings reine Vermutung, insofern er nicht empirisch überprüft wird. Mit den heute an einigen Einrichtungen vorhandenen finanziellen und personellen Mitteln (Immersionstechnik und VU-Modellierung) ist eine solche Untersuchung durchaus möglich.

Andererseits reichen in einigen Fällen bereits wenige Stimuli aus, um Präsenz hervorrufen zu können, wie z.B. das Experiment ACRO zeigte. Minimal detaillierte visuelle Darstellungen in einem inhaltlich bedeutsamen Kontext (hier Höhenangst) führen statistisch repräsentativ bereits zu Präsenz. Es ist jedoch nicht in jedem Fall möglich, solche Stimuli einzusetzen. Angst ist einerseits eine emotionale Reaktion und deshalb leichter zu provozieren als im „normalen“ Alltag vorkommende Reize (nicht zu verwechseln mit Heideggers Existential der Sorge), andererseits ist diese spezielle Form der Angst in einem minimalen Umfang latent in breiten Bevölkerungskreisen vorhanden. In für den architektonischen Bereich relevanteren Situationen sind emotionale Reaktionen eher selten, können also nicht als zentrales Gestaltungsmittel eingesetzt werden (im Gegensatz zum „Hollywood“-Film). Der Einsatz von im Alltag bekannten Reizen dagegen ist möglich und sinnvoll. Gerade im Hinblick auf die vorgestellte Theorie der verkörperten Wahrnehmung können räumliche Strukturen, die in ihrer Dimension, ihrem Maßstab und in ihren Proportionen aus der realen Welt bekannt sind und damit bereits konzeptualisiert (vermascht) sind, einen Rahmen für Präsenz bilden. Die Kunst der Architekturgestaltung wird hier zum entscheidenden Präsenzmoderator.

### **Verkörperte Wahrnehmung**

Der eigene Körper (des Nutzers) ist das zentrale Maß jeder Erfahrung und des Erlebens. Nach Glenberg finden sämtliche Konzeptualisierung mit Referenz auf den eigenen Körper statt, dieser Theorie wird hier grundsätzlich gefolgt. Das Handeln ist hierbei das „Mittel“, mit dem Erfahrungen gesammelt werden können. Die Interaktion des eigenen Körpers mit der virtuellen Umgebung ermöglicht die Konstruktion eines mentalen Modells über diese (angebotene) Umgebung; ist der Körper Bestandteil dieser Konstruktion, so liegt räumliche Präsenz vor. Das Wesen einer verkörperten Wahrnehmung drückt sich in der Gestaltung virtueller Umgebungen durch die folgenden Aspekte aus: der Darstellung körperangepaßter Stimuli, der Darstellung des eigenen Körpers in der VU und der Wahl der Form der Interaktion mit der VU.

Körperangepaßte Stimuli in virtuellen Umgebungen liegen i.d.R. dann vor, wenn „gute“ Architektur gestaltet wurde. Für virtuell-solide Architektur ist die Beachtung der Regeln der Bau- und insb. Architekturkunst essentiell, schließlich soll sie simulieren, was gebaut wurde oder wird. Aber auch im Bereich der virtuell-abstrakten Architektur ist ein Verzicht auf die (bewährten) Regeln dieser Kunst nicht möglich. Der Erfahrungskontext des Nutzers dieser virtuellen Archi-

tektur wurde hauptsächlich vor dem Hintergrund der realen Welt aufgebaut. Selbst sehr vertraute Nutzer virtueller Umgebungen sind in realer Architektur aufgewachsen, leben in ihr. Es wäre eine (gefährliche) Utopie, diesen Kontext bei der Gestaltung virtueller Architekturen zu ignorieren. Die Gestaltung der Umgebungen für die Experimente AMT1 und AMT2 kann als Indikator für das erfolgreiche Anwenden (solider) architektonischer Form und Struktur auf virtuelle Umgebungen angesehen werden.

Nach Ching (1991) besteht (solide) Architektur aus Raum, Konstruktion und Umschließung, wird erfahrbar durch Bewegung in Zeit und Raum, wird ausgeführt mit den Mitteln der Technologie entsprechend den Forderungen des Programms und in Übereinstimmung mit dem Kontext. Diese Architekturelemente wurden in einem historisch langem Zeitraum entsprechend den Bedürfnissen des Menschen als Instanzen realisiert, wie wir sie heute erleben. Insofern ist Architektur per se eine auf den Menschen, und insb. auf seinen Körper bezogene Disziplin, beste Voraussetzung also, mit ihren Mitteln körperangepasste Stimuli in virtuellen Umgebungen zu modellieren. Virtuuell-abstrakte Architektur basiert allerdings auf folgenden Änderungen und Erweiterungen der Elemente solider Architektur: Die Konstruktion löst sich aus ihrem stofflichen Kontext, physikalische Gesetzmäßigkeiten sind nur insofern von Interesse, als daß sie Vertrautheit im Erleben dieser virtuellen Architektur hervorrufen können. Unabhängig davon benötigt diese Form der Architektur keine Konstruktionsprinzipien der realen Welt. An ihre Stelle treten neue Prinzipien, die das Medium VR ermöglicht oder gar bedingt. Als Beispiel sei hier genannt, daß Flächen, als Elemente von Form und Raum in virtuellen Umgebungen stets nur einseitig sichtbar sind. Von der von der Blickrichtung abgewandten Seite sind sie nicht zu sehen. Damit ist zum einen eine neue Form der Architekturdarstellung gegeben, zum anderen müssen diese „Scheiben“ doppelt vorhanden sein, um sie in einen realweltlichen Kontext zu überführen. Ähnliche Unterschiede gibt es bei Verdeckungen, beliebig geschachtelten und beliebig großen Räumen etc.

Die Bewegung durch Zeit und Raum wird durch zwei wesentliche Aspekte erweitert: Erstens entsteht durch den sogenannten „link“ eine unmittelbare Ortsveränderung, die neue Formen und Ordnungen der Architektur entstehen lassen wird und zweitens ist die kontinuierliche Fortbewegung im Raum nicht mehr an die Grenze der Lichtgeschwindigkeit gebunden. Auch hier ist über alternative Formen der Architekturwahrnehmung nachzudenken, die trotz dieser Möglichkeit weiterhin einen sinnvollen Bezug zum Menschen herstellen.

Technologie und Kontext sind vollständig im virtuellen Raum verhaftet. Die Umwelt, die Umgebung des Nutzers wird entweder durch den Gestalter dieser (zu erschaffenden) virtuellen Architektur mit gestaltet oder resultiert aus Maßgaben von bereits vorhandener virtueller Umgebung. Wie in solider Architektur sind Transitionen (*transition space* bei Alexander, 1977) zu entwickeln, um die zu gestaltende Architektur in den Kontext zu integrieren. Die Präsenz des Nutzers in der VU hängt zu jedem Zeitpunkt von der Verortung des eigenen Körpers in der Umgebung ab.

Das Programm in virtuell-abstrakter Architektur kann wesentlich von Programmen in solider Architektur abweichen (siehe Schmitt, 1996), da bereits die Schutzfunktion gegenüber klimatischen Bedingungen, eine Elementarfunktion in solider Architektur, in virtueller Architektur gegenstandslos ist. Trotzdem kann es sinnvoll sein, diese Elemente in die Gestaltung mit einzubeziehen, um Versicherungselemente einzuführen, die als angepaßte Stimuli fungieren. Das Programm bildet in jedem Falle den Ausgangspunkt für die Problemlösung, in solider wie in virtueller Architektur. Das damit verbundene Meta-Problem, das Problem lösen zu müssen während es sich gleichzeitig formuliert, bleibt ebenfalls analog. Programmpunkte, die erst in virtueller Architektur auftreten, sind z.B. begrenzte Anzahl darstellbarer Flächen, Limitierungen in Farbe und Textur, fehlende sensorische Eigenschaften, begrenzte Bandbreite, begrenztes Speichervermögen des Computers etc.

Eine neue Form von „Pflichtenheft“ und „HOAI“ (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) wird sich mit virtueller Architektur zwangsläufig herausbilden müssen.

### **Darstellung des virtuellen Körpers**

Der Darstellung des eigenen Körpers oder der Körperteile des Nutzers muß insofern bei der Gestaltung Rechnung getragen werden, da der Körper das zentrale Referenzsystem für das Erleben virtueller Umgebungen darstellt. In Umgebungen, in denen der eigene (physische) Körper sichtbar ist (z.B. CAVE), muß eine hinreichende Übereinstimmung von Objekten der virtuellen Welt mit dem realen Körper gewährleistet sein. In Systemen, die ausschließlich den Blick in die virtuelle Umgebung erlauben (i.d.R. mit Head-Mounted-Display) ist jedoch nur das vom Körper sichtbar, was (a) mit Tracking-Systemen erfaßt wird und (b) in modellierter Form in der VU vorhanden ist. Es ist nicht in jedem Fall nötig, den gesamten Körper in der VU als Modell sichtbar zu machen (mit einem sogenannten Avatar), da wir durch unsere (realweltliche) Selbsterfahrung auch ohne optische Rückkopplung über Lage und Beziehungen unserer Körperteile wissen. Werden jedoch Körperteile (i.d.R. die Hände) in (virtuellen) Kontakt mit Objekten der VU gebracht, so kann davon ausgegangen werden, daß dargestellte Körperteile zu einer besseren Referenzierung des Nutzers in Bezug auf die Umgebung führen. Diese Verbesserung sollte sich positiv auf die Präsenz auswirken. In Diskussionen wurde z.B. oft bemängelt, daß im Experiment ACRO die Füße (Schuhe) der Versuchsperson nicht im virtuellen Raum sichtbar waren, gerade im Moment des Stehens am virtuellen Abgrund. Mit einer entsprechenden Visualisierung wäre eine höhere Präsenz zu erwarten gewesen.

### **Interaktion**

Die Handlung oder Interaktion ist aus theoretischer, aus präsenzdefinierender und aus empirischer Sicht präsenzbildender Faktor. Sie führt vom Sein zum Dasein in der virtuellen Umgebung, sie ermöglicht das „Begreifen“ der virtuellen Welt und sie konnte in eigenen und fremden empirischen Untersuchungen als zentraler Faktor nachgewiesen werden. Eine für eine Gestaltung von virtuellen Umgebungen sinnvolle Klassifizierung in Selbstbewegung, Objektinteraktion und Kommunikation wurde in dieser Arbeit vorgenommen, damit werden andere Modelle erweitert und konkretisiert (siehe z.B. Bordegoni, 1993). Wegen der noch fehlenden Relevanz im praktischen Einsatz wurde auf den kommunikativen Aspekt hier nicht näher eingegangen. Zur Selbstbewegung konnte in AMT1 ein signifikanter Einfluß auf die Präsenz nachgewiesen werden. Eine scheinbare Objektinteraktion wurde in AMT2 untersucht und führte zu dem Ergebnis, daß diese ebenfalls die Präsenz erhöhen kann.

Wüthrich (1998) klassifiziert Objektinteraktion über Objekteigenschaften folgendermaßen: Alle interagierbaren Objekte zeichnen sich dadurch aus, daß sie entweder einen *switch* (0/1-Zustand), ein *potentiometer* (analoges oder diskretes Wahlelement) oder einen *handle* („Anfasser“) besitzen. Im Sinne der Ausführungen in Kapitel 2 sind diese Objekte damit handlungsrelevant, alle anderen orientierungsrelevant. Die bei Wüthrich getroffene Unterscheidung kann dazu benutzt werden, um als eine Art Design-Empfehlung zu gelten, d.h. wenn mit Objekten interagiert werden kann, so sollte diese Eigenschaft auch dargestellt werden. Damit könnte u.U. vermieden werden, daß nicht vorhersehbare Situationen bei der Interaktion mit der VU entstehen.

Zahlreiche Modelle zu einer Theorie und Praxis der Interaktion bestehen (eine Übersicht dazu findet sich bei Kaur, 1998), die jedoch keinen Bezug zu Präsenz in virtuellen Umgebungen aufweisen. Einige dieser Modelle können jedoch auch auf die Erhöhung der Präsenz angewendet werden. Stellvertretend sei dies an Shneidermans (1987) schon „klassischem“ Modell der *Direct Manipulation* (DM) dargestellt. Die DM wurde als Antwort auf die kommandozeilenorientierten Eingabeformen der 60er und 70er Jahre entwickelt und zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

1. die Objekte, die für eine Interaktion für den Nutzer von Interesse sind, sollten immer im Blickfeld (auf dem Bildschirm) sein
2. anstelle von komplexer Syntax sollten gekennzeichnete Knöpfe (*buttons*) oder physische Aktionen (z.B. mit der Maus) eingesetzt werden
3. das Resultat ausgeführter Aktionen sollte sofort sichtbar und reversibel sein

Die erstgenannte Eigenschaft könnte für die Involvierung des Nutzers in die VU relevant sein, seine Aufmerksamkeit wird ständig auf die mögliche Interaktion gelenkt. Die zweite und dritte Eigenschaft kann im Zusammenhang mit Virtual Reality dahingehend übersetzt werden, daß Aktionen des Nutzers ohne unnötige mentale Last möglich sein sollten und durch eine unmittelbare Rückkopplung die VU in ihrem Verhalten vorhersagbar wird.

Wie mit Objekten der VU interagiert werden sollte, ist bisher nicht hinreichend geklärt. Es existieren zahlreiche Ansätze in praktischen Implementierungen (siehe Bowman et. al., 1999), jedoch fehlt ein theoriegeleiteter Ansatz zur Gestaltung von Interaktionen vor dem Hintergrund eines Präsenzmodells.

### **Selbstbewegung**

Die grundlegendste Form der Interaktion mit virtuellen Umgebungen ist die Bewegung des Selbst durch diese Umgebung. Sie ist ein maßgeblicher Faktor in der Bildung von Präsenz. Am Beispiel des Experiments AMT1 wird deutlich, wie ein präsenzförderndes VR-System gestaltet werden sollte. Anstelle eines bei vielen computerbasierten Architekturpräsentationen eingesetzten „Flugpfades“ durch das Modell sollte es dem Nutzer möglich sein, selbst die Steuerung seines Blickes und Standortes durch die Umgebung vorzunehmen. Das Modell muß dazu in der Regel vereinfacht werden, um eine in interaktiver Echtzeit mögliche Darstellung zu realisieren. Es ist jedoch anzunehmen, daß bei hinreichender Detailtreue eine (räumliche) Präsenz des Nutzers in diesem Modell eher erreicht werden kann als mit der Erhöhung des Realismus der Darstellung. Diese Form der Architekturdarstellung wird leider noch zu wenig genutzt. Es wird davon ausgegangen, daß der „beste Eindruck“ entsteht, wenn fotorealistische Animationen zum Einsatz kommen. Daran soll hiermit grundlegend gezweifelt werden.

### **Realismus**

Der Trend zu fotorealistischeren Darstellungen wird insb. von der Computerhardware-Industrie gefördert. Interaktive Fotorealistik erfordert wesentlich höhere Rechenleistungen als einfachere Darstellungsformen. Neben dem Zweifel an einem sinnvollen Verhältnis von Aufwand und Nutzen im Hinblick auf eine Erhöhung der Präsenz seien hier noch folgende Argumente genannt, die zumindest ein Überdenken des Einsatzes dieser Technologie herausfordern:

Erstens ist es aus systemtheoretischer Sicht (siehe Kapitel 2) (a) nicht möglich, die reale Welt in einem System nachzubilden, welches innerhalb dieser realen Welt etabliert ist und (b) nicht unbedingt sinnvoll, die reale Welt noch einmal abzubilden. Dann kann man auch die reale Welt benutzen.

Zweitens ist Präsenz das Resultat eines Imaginationsprozesses und somit darf und sollte dem Nutzer ein Teil dieser mentalen Leistung überlassen bleiben. Die Darstellung von (fast) nur einseitig interpretierbaren Stimuli (*dull presentation*) führt wahrscheinlich zu Konsumentenverhalten wie im Medium Fernsehen. Der Vorteil des interaktiven Erlebnis- und Explorierwertes von virtuellen Umgebungen wird damit teilweise aufgegeben.

Drittens ist Realismus in der Darstellung bei virtuell-solider Architektur doch wenigstens beeindruckend und hat damit einen Stellenwert der Nutzung, bei virtuell-abstrakter Architektur fehlen hier jedoch meist die Pendants der realen Welt. Ein Realismus der Darstellung ist hier nur dann möglich, wenn Elemente der soliden Architektur Verwendung finden, bei rein abstrakten Darstellungen erübrigt sich die Frage des Fotorealismus.

Unabhängig von dieser Argumentation sind diese Formen der Darstellung zumindest für Präsentationszwecke, mit oder ohne dem Ziel der Präsenzbildung, sinnvoll einsetzbar und ebnen vielleicht den Weg für eine neue Form der Gestaltung der Massenmedien.

Für die Präsenzkomponekte Realitätsurteil ist eine höhere Detailtreue mit Trend Fotorealismus ein wahrscheinlicher Faktor. Viele Forschungen im Interaktionsdesign zielen auf diesen Faktor ab. So entwickelte Kaur (1998), auf Grundlage von Normans (1986, 1989) Interfaceansatz, Design-Richtlinien zum Zwecke der Erhöhung der *usability* (Benutzbarkeit) von virtuellen Umgebungen. Empirisch relevant (wenn auch nur schwach nachgewiesen) erscheinen hier die Regeln (a) Steuerung des *level of detail* (nutzerstandpunktabhängige Darstellung der Detaillierung der Objekte der VU) und (b) Modellierung vom Groben zum Feinen, wobei das Modell einfach gehalten bleiben soll unter Beibehaltung des Realismus (Regeln G4 bis G6 bei Kaur). Beide beziehen sich ebenfalls auf den Aspekt der Detailtreue der Darstellung.

### **Animation & Narration**

Narrative Elemente (inhaltliche Faktoren) haben maßgeblichen Einfluß auf die räumliche Präsenz, wie in PQ und PQPlus dargestellt. Auf die Schwierigkeiten des Einsatzes von Erzählstrukturen in virtuellen Umgebungen wurde in Kapitel 3 hingewiesen. Gerade im architektonischen Kontext bleibt die Narration wahrscheinlich auf das „Führen“ des Nutzers über architektonische Ordnungen und Formen beschränkt. Raumfolgen, Wege und ähnliche Elemente können dazu genutzt werden, Architektur „erzählen“ zu lassen. Dramatische Strukturen (im Sinne des Theaters oder Films) hingegen bleiben vorerst der Unterhaltungsindustrie vorbehalten.

Im Experiment AMT1 wurde davon ausgegangen, daß Animationen, also zeitlich aufeinander folgende Objektbewegungen, eine einfache Form der Narration darstellen. Die Nebenhypothese lautete deshalb, daß Animationen positiv mit (Involvierungs-) Präsenz korrelieren würden. Diese Hypothese konnte nicht bestätigt werden. Ein Erklärungsmodell dafür ist der wahrscheinlich zu schwache Bedeutungszusammenhang zwischen der VU und den in ihr stattfindenden Animationssequenzen. Animationen können zur Steigerung der räumlichen Präsenz u.U. nur dann beitragen, wenn sie die Räumlichkeit der Umgebung mit Bedeutung belegen oder die Interpretation der Bedeutung verbessern. Sich lediglich in irgendeiner Art und Weise bewegende Objekte tragen nicht zu höherer Präsenz bei.

### **Explorierbarkeit und Orientierung**

Viel stärker als in Desktop-Anwendungen muß in virtuellen Umgebungen der Raum exploriert werden. Auf dem zweidimensionalen Bildschirm sind die Interaktionselemente und i.d.R. auch der Interaktionsgegenstand nahezu ständig im Sichtfeld präsent. Virtuellen Umgebungen werden im allgemeinem zunächst durch den Nutzer erforscht, es ist für ihn während des Aufenthaltes herauszufinden, wie diese Welt aufgebaut ist, welche Handlungsmöglichkeiten für den Nutzer bestehen, welche Orientierungsmerkmale vorhanden sind, wie sich fortbewegt werden kann etc. Somit ergeben sich gegenüber zweidimensionalen Anwendungen stark veränderte Prinzipien für die Gestaltung dieser Welten. Zunächst muß sichergestellt werden, daß es für den Nutzer möglich ist, die räumliche Situation in Bezug zu sich selbst zu erfassen, dies ist eine „klassische“ Frage der (soliden) Architektur. Die Umgebung muß so gestaltet sein, daß der Nutzer in ihr navigieren kann. Dazu müssen Hilfen zur Orientierung gegeben werden, eine Art der Fortbewegung angeboten werden (Laufen, Fahrzeuge aller Art, Metaphern) und ein sinnvolles *wayfinding* realisiert werden (siehe z.B. Passini, 1984), also Mechanismen angeboten werden, die es erlauben, einen Weg durch die VU zu finden, wieder an frühere besuchte Orte zurückzukehren etc. Erste Gestaltungsansätze dazu sind bereits vorhanden. So formulierten Darken & Sibert (1996) die folgenden, grundlegenden Regeln für eine Gestaltung virtueller Welten:

- *Divide the world into distinct small parts, preserving sense of place*
- *Organise the small parts under a simple organisational principle*
- *Provide frequent directional cues*

In allen Voruntersuchungen zu den Experimenten aus Kapitel 4 wurde versucht, ein einfaches *wayfinding* zu realisieren. Die hier angegebenen Regeln sind dabei eine äußerst nützliche Hilfestellungen zur Erreichung dieses Ziels. Mit dem zunehmenden Einsatz virtueller Architektur werden sich detailliertere Design-Richtlinien für das *wayfinding* herausbilden. Bei bildschirmorientierten Systemen bildeten sich diese ebenfalls erst nach jahrelanger Arbeit mit Benutzeroberflächen heraus (z.B. *Apple Style Guides*).

Ebenfalls von Darken liegen zahlreiche Untersuchungen über den Einsatz von Karten in großen virtuellen Umgebungen vor (z.B. Goerger et. al., 1998, Darken et. al., 1998). Diese können zumindest als eine sinnvolle Ergänzung und Hilfestellung dienen. Stoakley et. al. (1995) schlagen vor, eine stark verkleinerte Kopie der virtuellen Umgebung einschl. des Standortes des Nutzers in der Hand zu halten. Ebenfalls diskutiert werden analoge Varianten, die sich ständig im Sichtfeld des Nutzers oder an fest definierten Positionen im virtuellen Raum befinden. Letztendlich sind dies jedoch nur Hilfestellungen, die entweder Unzulänglichkeiten der Gestaltung der VU kompensieren sollen oder nur bei sehr großen (bisher seltenen) virtuellen Umgebungen nötig sind. Es bleibt die Aufgabe der Architektur durch eine funktionale wie ästhetische Gestaltung Raumwahrnehmung und Orientierung zu gewährleisten, die Erfahrungen aus der soliden Architektur können hier derzeit fast ausnahmslos genutzt werden (heutiger Erfahrungskontext ist fast ausnahmslos die reale Welt). Auch das Anzeigen, mit welchen Elementen des virtuellen Raumes interagiert werden kann und wie interagiert werden kann, fällt in diesen Bereich. Es sollte möglichst klar erkennbar sein, wann es sich um Orientierungs- und wann es sich um handlungsrelevante Objekte handelt.

Wie in Kapitel 2 bereits deutlich wurde, ist es auch nötig, genügend projizierbare Eigenschaften in der virtuellen Umgebung zur Perzeption anzubieten. D.h. es müssen genügend „vertraute“ Elemente in der VU vorhanden sein oder die VU als Ganzes als „vertraut“ erscheinen, um darin weiter explorieren zu können. Der Großteil der angebotenen Welt sollte sich dem Nutzer auch ohne aufwendige (Objekt-) Interaktion erschließen können. Projizierbare Eigenschaften sind bereits vermaschte Konzeptualisierungen, die auf früheren Erfahrungen der realen Welt (einschl. der artifiziellen Medien) beruhen. Gestaltungsansätze leiten sich also auch aus diesem Kontext ab.

### **Kontext des Nutzers**

Die (mentale) Konstruktion der virtuellen Umgebung erfolgt vor dem Hintergrund der vorhandenen Modelle des Nutzers. Diese Modelle beziehen sich im Zusammenhang mit dem Erleben von virtuellen Umgebungen hauptsächlich auf zwei Domänen: (a) die Erfahrungen, die innerhalb der realen Welt gemacht wurden und (b) die Erfahrungen, die (ebenfalls als Teil der realen Welt) mit anderen, ähnlichen Medien gemacht wurden. Der weitaus größte Teil bezieht sich auf die Domäne „reale Welt“, allerdings kann daraus nicht unbedingt geschlossen werden, daß fast nur dieser Kontext zur Anwendung kommt. Vielmehr kann man davon ausgehen, daß besonders frühere Erlebnisse mit dem Medium Computer auf die Bewältigung der Situation virtuelle Umgebung bezogen werden. Die Einstellung, man begibt sich jetzt in eine computergenerierte Umgebung, trägt dazu wesentlich bei. Ob diese Erwartung erfüllt wird, hängt von der Gestaltung der VU ab. I.d.R. finden sich nur wenige, aus der bisherigen Nutzung mit Desktop-Computern bekannte Metaphern, die bisher bei virtuellen Umgebungen eingesetzt werden. Zum einen ist dies ein Nachteil, da das Wissen und die Erfahrungen des Nutzers auf diesem Gebiet ungenutzt bleiben, zum anderen besteht hier die Chance in der Gestaltung der VU, (wieder) natürlichere Formen der Darstellung und Interaktion zu verwenden.

Generell muß im Grad der „VR-Kompetenz“ der Nutzer unterscheiden werden. Erstbenutzer verhalten sich, gerade in ihrem Präsenzverhalten, anders als „Experten“. Nutzer, die bisher noch nie oder selten virtuelle Umgebungen erleben, werden zunächst sehr stark in ihrer Aufmerksamkeit auf die (neue) Situation in der VU gelenkt, daraus ergibt sich zunächst eine höhere Involvierungspräsenz. Beobachtungen in den Untersuchungen vDpD und VC bestätigen dies. Ob hiermit auch räumliche Präsenz entsteht, bleibt zweifelhaft. Diese entsteht vermutlich erst später (auch während des einen Erlebnisses), wenn die dargestellten räumlichen Strukturen konzeptualisiert wurden. Diese Konzeptualisierung vollzieht sich als ein Resultat aus den in der VU durchgeführten Handlungen, durch Selbstbewegung oder Interaktion mit Objekten und, wenn vorhanden, Subjekten. Werden die Aufenthalte in virtuellen Umgebungen zahlreicher, so läßt die Konzentration auf das Neuartige naturgemäß nach, Involviertheit wird damit immer stärker von der zu bewältigenden Aufgabe abhängig (siehe auch Barfield & Weghorst, 1993). Die Involviertheit steigt mit der Konzentration auf die Aufgabe, die räumlichen Strukturen werden selbstverständlich (projizierbar). Dieses Verhalten unterscheidet sich nicht von dem in realen Umgebungen, auch die räumliche Präsenz wird dann zum normalen Gefühl.

Die Einstellung gegenüber der zu erwartenden virtuellen Umgebung, d.h. „wie wird sich die VU darstellen“, „wie reagiert sie auf mich“, „was kann ich mit der VU machen“, stellt sich als maßgebender Faktor für Präsenz heraus. Im Experiment AMT2 genügte lediglich die textlich-verbale Formulierung eines Konzeptes über mögliche Reaktionen der VU auf das eigene Verhalten, um die Präsenz zu beeinflussen. Der Stimulus hierfür kann also nicht aus der VU an sich sondern führte im Vorhinein zu einer Vermischung. Dies ist ein deutliches Indiz dafür, daß neben den VU-Stimuli weitere, bisher noch nicht oder wenig untersuchte Einflußgrößen bestehen. Wenn schon zwei Sätze auf einem Instruktionsblatt genügen, um das Präsenzverhalten zu beeinflussen, ist anzunehmen, daß andere Faktoren, wie die kulturell-historischen oder jene aus der individuellen Erlebniswelt des Nutzers erhebliche Beiträge leisten werden.

Die generelle Gestaltungsrichtlinie lautet deshalb auch für virtuelle Umgebungen: „Know the user!“ (Norman & Draper, 1986). Je besser der Kontext des Nutzers bekannt ist und je mehr dieses Wissen in Gestaltung überführt werden kann, um so größer ist die Chance für ein erfolgreiches Design von virtuellen Umgebungen, desto größer die Chance für Präsenz.

### **Vorhersagbarkeit**

Für die *usability* (Benutzbarkeit), die Explorierbarkeit und letztendlich für eine hohe räumliche Präsenz ist die Vorhersagbarkeit (*predictability*) der virtuellen Umgebung von ausschlaggebender Bedeutung. Sie ist ebenfalls verantwortlich für die Glaubwürdigkeit und den (auch empfundenen) Erfolg der durchgeführten Interaktionen. Vorhersagbarkeit entsteht, wenn (a) Objekte in projizierbaren Eigenschaften vorliegen oder (b) bei wiederholter Beobachtung oder Interaktion mit großer Wahrscheinlichkeit das selbe Ergebnis bzw. Verhalten erwartet werden kann. Die Vorhersagbarkeit stellt den Faktor mit dem höchsten Einfluß auf die räumliche Präsenz nach PQPlus dar.

Die Gestaltung von vorhersagbaren virtuellen Umgebungen hängt auch vom Wissen des Gestalters über das konstruierte Modell des Nutzers ab. Je besser dies geschätzt werden kann, desto erfolgreicher das Gestaltungsergebnis. Die Modellierung von unmittelbar erfahrbaren Aktions-Reaktions-Mechanismen (siehe Shneiderman) und die Nutzung von Metaphern aus dem Kontext des Nutzers (insb. der realen Welt) läßt eine hohe Vorhersagbarkeit erwarten. Da es sich bei der Konstruktion des Modells über die VU um eine Interpretationsleistung des Nutzers handelt, ist eine vollständig vorhersagbare VU allerdings nicht realisierbar.

**Immersionstechnische Qualität**

Letztendlich ist ein erfolgreiches (inhaltliches) Präsenzdesign nur vor dem Hintergrund der Immersionstechnik zu realisieren. Wird die Aufmerksamkeit des Nutzers zu sehr auf die Interaktionsgeräte und -darstellungen gerichtet, so leiden darunter alle Präsenzkomponenten (*interface awareness*). Ziel sollte das „Verschwinden des Mediums“ sein. Dieses kann durch die geeignete Wahl der Immersionstechnik (immersive Technik) oder durch Elemente der Realwelt-Überlagerung erreicht werden. Wie in Kapitel 3 gezeigt, kann sich durch bewußtes Ausnutzen des Überlagerungseffektes von Elementen der realen mit denen der virtuellen Welt das Medium in seinem Charakter von einer störenden Größe zu einer fördernden Größe gewandelt werden.

Das Anbieten von mehreren, sinnvoll übereinstimmenden Kanälen in ausreichender Qualität führt zu einer Präsenzerhöhung. In einer jüngst veröffentlichten Studie wurde genau dieser multi-sensorische Effekt untersucht (Dinh, Walker & Hodges, 1999).

Der Einfluß der Immersionstechnik (insb. gegenüber dem Inhalt) sollte jedoch nicht überbetont werden. Es hängt von der jeweiligen Aufgabenstellung ab, welche technische Qualität nötig ist. Präsenz kann auch mit relativ geringen Mitteln realisiert werden, für andere Ziele kann eine hohe immersionstechnische Qualität allerdings gerechtfertigt sein. Die realitätsnahe Kopie eines Museums in einer virtuellen Umgebung erfordert eine wesentlich höhere visuelle immersionstechnische Qualität als die Darstellung eines technisch-abstrakten Zusammenhangs.

## 5.2 Ausblick

Diese Arbeit ist der Versuch, das Phänomen Präsenz in einem architektonischen Kontext zu erklären, zu klassifizieren und durch theoretische und praktische Methoden wissenschaftlich zu bearbeiten. Der Stand der Forschung erlaubt derzeit allerdings noch nicht die Aufstellung von Gestaltungsrichtlinien (*design guides*), die gerade für Architekten eine sinnvolle Hilfestellung bei der Realisierung von virtueller Architektur darstellen würden.

Es konnte jedoch nachgewiesen werden, daß Präsenz eine, wenn nicht die Kernvariable für die Entwicklung und Anwendung virtueller Architektur darstellt. Desweiteren konnte gezeigt werden, daß Präsenz, und hier insb. räumliche Präsenz beeinflussbar ist. Die Möglichkeit dieser Beeinflussung liegt in den Komponenten der Immersion, oder kurz in den Präsenzfaktoren. Die Untersuchung der Präsenzfaktoren bildet einen Schwerpunkt und die Grundlage für die zukünftige Entwicklung von Gestaltungsrichtlinien.

Auf dem derzeitigen Entwicklungsstand der virtuellen Architektur ist die Anwendung verhaltenswissenschaftlicher Methoden der empirischen Forschung das geeignete Mittel, um (a) trotz einer fehlenden „Architekturkunst für virtuelle Umgebungen“ unmittelbar zu praktisch verwertbaren Hinweisen zur Gestaltung zu gelangen und (b) die Basis für eine sowohl technologische als auch insb. empirische Präsenzfaktoren-Analyse zu schaffen. Das entwickelte Modell der Präsenzbildung und die Klassifikation der Faktoren tragen wesentlich zu diesem Ziel bei. Der dazu erforderliche (teilweise erhebliche) Aufwand, die Methoden der empirischen Forschung anzuwenden, scheint hier gerechtfertigt zu sein.

Auch die Verlagerung des Betrachtungsstandpunktes auf Präsenz, von einer technischen Sicht zu einer mensch-zentrierten Sicht sollte zu einer Belebung der Diskussion auf diesem Forschungsgebiet beitragen. Diese Diskussion sollte die technologischen Aspekte der Immersion/Präsenz in den Hintergrund treten lassen gegenüber einer Auseinandersetzung mit den inhaltlichen Faktoren. Der Gestaltung der virtuellen Architektur sollte mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden als der Perfektionierung des VR-Systems. Das Herausbewegen aus dem eigenen, spezialisierten Fachbereich ist dazu nötig und möglich.

Mit der zunehmenden Nutzung von Virtual Reality in vielen Arbeits- und auch Lebensbereichen kommt der Gestaltung der virtuellen Umgebungen eine immer größere Bedeutung zu. Die virtuelle Architektur ergänzt zunehmend die solide Architektur. Die Architekturkunst hat aus ihrer Entwicklung heraus das Potential, in diesen Gestaltungsprozeß maßgeblich einzugreifen. Bekannte und neue Möglichkeiten des Ausdrucks mittels Gestalt, Konstruktion und Funktion eröffnen neue Domänen der Architektur.

„Die Informationsgesellschaft ist im Begriff, eine Tatsache zu werden. [...] Werden es sich die Architekten in Zukunft noch leisten können, den Umgang mit dem neuen Modellierinstrument zu delegieren, oder ist es sinnvoller, es selbst zu nutzen?“ Schmitt (199, S.1956)

Die virtuelle Architektur bedarf der Gestaltung. Durch Architekten.

# LITERATURVERZEICHNIS

Airey, J.M., Rohlf, J.H., & Brooks, F.P. (1990). Towards Image Realism with Interactive Update Rates in Complex Virtual Building Environments. Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. Computer Graphics 24, 2 (March '90). New York: ACM SIGGRAPH.

Akin, Ö. (1986). Psychology of Architectural Design. London: Pion Limited Publ.

Alexander, C. (1977). A pattern language. New York: Oxford University Press.

Anderson, D. B., & Casey, M. A. (1997). The sound dimension. IEEE Spectrum, 34(3), 46-51.

Apter, M. J. (1992). The dangerous edge: The psychology of excitement. New York: Free Press.

Arrindel, W.A., & Ende, v.d.J. (1985). An empirical test of the utility of the observations-to-variables-ratio in factor and components analysis. Applied Psychological Measurement, 9(165), 178

Arthur, K. (1994). Viewing shape through distorting media. December 1994, Retrieved from the World Wide Web at <http://www.cs.unc.edu/~arthur/pubs/dist/dist.html>.

Arthur, K., Hassan, K., & Murray, H. (1992). Modelling brightness, contrast and 3D coincidence in dome screen theatres presented at the 13th Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE) Technical Conference. November 1992, Toronto.

Arthur, K. (1996). Effect of Field of View on Task Performance with Head-Mounted Displays. Retrieved from the World Wide Web at <http://www.cs.unc.edu/~arthur/pubs/chi96/chi96.html>.

Asimov, M. (1996). Introduction to design. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Aukstakalnis, S., & Blatner, D. (1992). Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality. Berkeley, CA: Peachpit Press.

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., & Weiber, R. (1996). Multivariate Analysemethoden. Berlin: Springer.

Bajura, M., Fuchs, H., & Ohbuchi, R. (1992). Merging Virtual Objects with the Real World. Proceedings of SIGGRAPH '92 (Chicago Illinois, July 26-31, 1992). In Computer Graphics 26, 2 (July 92), New York: ACM SIGGRAPH.

Barfield, W., Hendrix, C., Bjorneseth, O., Kacmarek, K., & Loutens, W. (1995). Comparison of Human Sensory Capabilities with Technical Specifications of Virtual Environment Equipment. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 4 (4), 329-356.

Barfield, W., Rosenberg, C., & Kraft, C. (1990). Relationship between scene complexity and perceptual performance for computer graphics simulations. DISPLAYS, October 1990. Butterworth-Heinemann Ltd.

Barfield, W., Rosenberg, C., & Levasseur, G. (1991). The Use of Icons, Earcons, and Commands in the Design of an Online Hierarchical Menu. IEEE Transactions on Professional Communication Vol. 34, No. 2, June 1991.

- Barfield, W., & Danas, E. (1996). Comments on the Use of Olfactory Displays for Virtual Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 5(1), 109-121.
- Barfield, W., & Weghorst, S. (1993). The Sense of Presence Within Virtual Environments: A Conceptual Framework. Human-Computer Interaction. Proceedings of the HCI International '93. Amsterdam-London-New York-Tokyo: Elsevier.
- Bates, J. (1992). Virtual Reality, Art, and Entertainment. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(1).
- Baudel, T., & Beaudouin-Lafon, M. (1993). Charade: Remote Control of Objects using Free-Hand Gestures. Communications of the ACM, 36(7).
- Bauer, W., & Riedel, O. (1993). New Techniques for Interaction in Virtual Worlds - Contents of Development and Examples. Human-Computer Interaction. Proceedings of the HCI International '93. Amsterdam-London-New York-Tokyo: Elsevier.
- Baum, D.R., & Winget, J.M. (1990). Real Time Radiosity Through Parallel Processing and Hardware Acceleration Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. In Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.
- Begault, D.R. (1993). An Introduction to 3D sound for virtual reality. Proceedings Building Management '93. Symposium: Virtuelle Realität-Technik & Anwendungen (15.6.93).
- Bell, D. (1993). Contingency Models for Architectural Design. Human-Computer Interaction. Proceedings of the HCI International '93. Amsterdam-London-New York-Tokyo: Elsevier.
- Berlyne, D.E. (1974). Konflikt, Erregung, Neugier. Stuttgart: Klett.
- Bernstein & Putnam (1986). Development, reliability, and validity of a dissociation scale. The Journal of Nervous and Mental Disease, 174, 727-735.
- Biocca, F. (1993). Communication Design in Virtual Reality. Proceedings Building Management '93. Symposium: Virtuelle Realität-Technik & Anwendungen (15.6.93).
- Biocca, F., & Levy, M. R. (1995). Communication in the age of virtual reality. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Biocca, F. & Delaney, B. (1995). Immersive virtual reality technology. In F. Biocca & M.R. Levy (Eds.), Communication in the age of virtual reality (pp. 57-124), Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Biocca, F. (1997). The Cyborg's Dilemma: Progressive Embodiment in Virtual Environments. Journal of Computer Mediated Communication 3(2). Retrieved from the World Wide Web at <http://jcmc.huji.ac.il/vol3/issue2/biocca2.html> (last downloaded August 10<sup>th</sup>, 1998)
- Blanchard, C., Burgess, S., Harvill, Y., Lanier, J., Lasko, A., Obermann, M., & Teitel, M. (1990). Reality Built For Two: A Virtual Reality Tool. Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. In Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.
- Bleeker, J.C. (1993). Coherent Light: Virtual Reality, Culture Politics & The New Humanism In Science. Unpublished Master-Thesis at the University of Washington at Seattle (16.12.93).
- Bolz, N. (1991). Der Rausch aus dem Datenfluss. LEONARDO special, Oktober 1991.

- Bordegoni, M. (1993). Gesture interaction in a 3D user interface. European Research Consortium for Informatics and Mathematics. Technical Report, #ERCIM-93-RO19.
- Bordwell, D., & Thompson, K. (1997). Film Art. An Introduction. 5<sup>th</sup> Edition. New York: The McGraw-Hill.
- Bormann, S. (1994). Virtuelle Realität: Genese und Evaluation. Addison Wesley.
- Bortz, J. (1993). Statistik. Für Sozialwissenschaftler. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (1995). Forschungsmethoden und Evaluation. Heidelberg: Springer.
- Bowman, D.A. (1997). Conceptual Design Space - Beyond Walk-through to Immersive Design. In Daniela Bertol (ed.). Designing Digital Space - An Architect's Guide to Virtual Reality. New York: John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-14662-5.
- Bowman, D.A., Kruijff, E., La Viola, J., & Poupyrev, I. (1999). The Art and Science of 3D interaction. Tutorial at IEEE VR '99 conference, Houston, Texas, March 13-17, 1999.
- Bricken, M. (1990). Virtual Worlds: No Interface to Design. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-R-90-2.
- Bricken, M. (1991a). Gender Issues in Virtual Reality Technology. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-91-6.
- Bricken, M. (1991b). Virtual Reality Learning Environments: Potentials and Challenges. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-91-6. also in Computer Graphics Magazine, July 1991.
- Bricken, M. & Byrne, C.M. (1992). Summer Students in Virtual Reality: A Pilot Study on Educational Applications of Virtual Reality Technology. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-92-1.
- Bricken, W. (1990a). Virtual Reality: Directions of Growth. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-R-90-1.
- Bricken, W. (1990b). Extended Abstract: A Formal Foundation for Cyberspace. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-R-90-1.
- Bricken, W. (1990c). Coordination of Multiple Participants in Virtual Space. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-R-90-11.
- Bricken, W. (1990d). Virtual Reality, As Unreal As It Gets. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-R-90-6.
- Bricken, W. (1990e). Virtual Environment Operating System: Preliminary Functional Architecture. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-R-90-2.
- Bricken, W. (1992). VEOS Design Goals. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-92-1.
- Bricken, M., Butler, K., & Esposito, C. (1990). Building the VSX Demonstration: Operations with Virtual Aircraft and Virtual Space. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-90-9.
- Bucci, E.J. (1997). Genetic Algorithms and Evolving Virtual Spaces. In Daniela Bertol (ed.). Designing Digital Space - An Architect's Guide to Virtual Reality. New York: John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-14662-5.
- Burch, N. (1990). Life to those shadows. Berkeley: University of California Press.

Burdea, G., Zhuang, J., Roskos, E., Silver, D., & Langrana, N. (1992). A Portable Dextrous Master with Force Feedback. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(1).

Butterworth, J., Davidson, A., Hench, S., & Olano, T.M. (1992). 3DM: A Three Dimensional Modeler Using a Head-Mounted Display. Proceedings 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics. In Computer Graphics, Special Issue 1992, New York: ACM SIGGRAPH.

Campbell, D., & Davidson, J.N. (1997). Community and Environmental Design and Simulation. In Daniela Bertol (ed.), Designing Digital Space - An Architect's Guide to Virtual Reality. New York: John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-14662-5.

Carlin, A.S., Hoffman, H.G., & Weghorst, S. (1997). Virtual Reality and tactile augmentation in the treatment of spider phobia: a case report. Behav. Res. Ther., 35(2), 153-158.

Carlson, C., & Hagsand, O. (1993). DIVE - a Multi-User Virtual Reality System. In VRAIS '93, IEEE 1993, 394 ff.

Cardena, E., & Spiegel, D. (1991). Suggestibility, Absorption, and Dissociation: An Integrative Model of Hypnosis. In J.F. Schumaker (ed.), Human Suggestibility: advances in theory, research, and application. New York: Routledge.

Ching, F.D.K. (1991). Die Kunst der Architekturgestaltung als Zusammenklang von Form, Raum und Ordnung. Augsburg: Augustus Verlag.

Clark, A. (1996). Being There. Putting Brain, Body, and World Together Again. Cambridge, MA: The MIT Press.

Coates, G. (1992). Program from Invisible site - a virtual sho, a multimedia performance work presented by George Coates Performance Works. San Francisco: George Coates Performance Works.

Cohen, D.C. (1972). Personality Predictors and the Outcome of Varieties of Desensitization. Unpublished Doctoral Thesis, Cambridge/MA: Harvard University.

Cohen, D. C. (1977). Comparison of Self-Report and Overt-Behavioral Procedures for Assessing Acrophobia. Behavior Therapy, 8(17-23).

Colle, H.A., & Reid, G.B. (1998). The Room Effect: Metric Spatial Knowledge od Local and Separated Regions. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 7(2), 116-128.

Couchot, E. (1991). Die Spiele des Realen und des Virtuellen. In F. Rötzer (Hrsg.) Digitaler Schein - Ästhetik der elektronischen Medien. Frankfurt: Suhrkamp.

Coquillart, S. (1990). Extended free-form deformation: A sculpting tool for 3D geometric modelling. Computer Graphics, 24(4), 187-196.

Chapman, D., & Ware, C. (1992). Manipulating the Future: Predictor Based Feedback for Velocity Control in Virtual Environment Navigation. Proceedings 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics. In Computer Graphics, Special Issue 1992, New York: ACM SIGGRAPH.

Cruz-Neira, C. (1993). The CAVE Automatic Environment. paper presented at Virtual Reality Vienna '93.

Dagit, C.E., III (1993). Establishing Virtual Design Environments in Architectural Practice. Flemming, van Wyk (eds.), Proceedings CAAD futures '93. Elsevier Publishers B.V.

- Darken, R.P. & Sibert, J.L. (1996). Wayfinding Strategies and Behaviors in Large Virtual Worlds. Proceedings of CHI 96, 142-149.
- Darken, R.P., Allard, T., & Achille, L.B. (1998). Spatial Orientation and Wayfinding in Large-Scale Virtual Spaces: An Introduction. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 7(2), 101-107.
- Deering, M. (1992). High Resolution Virtual Reality. Proceedings of SIGGRAPH '92 (Chicago Illinois, July 26-31, 1992) In Computer Graphics, 26, 2 (July 92), New York: ACM SIGGRAPH.
- Dinh, H.Q., Walker, N., & Hodges, L.F. (1999). Evaluating the Importance of Multi-sensory Input on Memory and the Sense of Presence in Virtual Environments. Proceedings of Virtual Reality '99 (Houston, Texas, March 13-17, 1999). Los Alamitos: IEEE, 222-228.
- Donath, D. (1988). Untersuchungen zur anwenderspezifischen Kommunikation und Modellierung im computergestützten Architekturstudium. Unpublished Doctoral Thesis at HAB Weimar, Fak. Städtebau und Architektur.
- Donath, D., & Regenbrecht, H. (1994). VRAD - Virtual Reality Aided Design. Wissenschaftliche Zeitschrift der HAB Weimar-Universität Jahrgang 40(1994), Heft 4. Weimar/Germany.
- Donath, D., & Regenbrecht, H. (1995). VRAD (Virtual Reality Aided Design) in the early phases of the architectural design process. Proceedings of caad futures '95. Singapore.
- Donath, D., & Regenbrecht, H. (1996). Using Virtual Reality Aided Design techniques for three-dimensional architectural sketching. Paper presented at ACADIA '96. Tuscon/Arizona.
- Donath, D., & Regenbrecht, H. (1998). Using an Immersive Virtual Reality System for Spatial Design. First International Workshop on Usability Evaluation for Virtual Environments: Methods, Results and Future Directions. Leicester/UK, 17 December 1998
- Dreyfus, H.L., & Dreyfus, S.E. (1988). Making a Mind Versus Modeling the Brain: Artificial Intelligence Back at a Branchpoint. In Graubard (ed.). The Artificial Intelligence Debate. Cambridge, 15-43
- Dudenverlag (1990). Duden-Oxford Großwörterbuch Englisch. Mannheim, Wien, Zürich: Dudenverlag.
- Eco, U. (1995). Die Grenzen der Interpretation. München: dtv wissenschaft.
- Edwards, E.K., Rolland, J.P., & Keller, K.P. (1993). Video See-through Design for Merging of Real and Virtual Environments. Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium VRAIS '93, Seattle/Washington Sep 18-22.
- Egri, L. (1942). The art of dramatic writing. New York: Simon & Schuster.
- Ellis, S.R. (1991). Nature and Origins of Virtual Environments: A Bibliographical Essay. Computing Systems in Engineering, Vol. 2, No. 4.
- Ellis, S.R. (1995). Pictorial Communication in Virtual and Real Environments. London/UK, Washington/DC: Taylor & Francis.
- Ellis, S.R. (1996). A Reaction to Thomas Sheridan's „Further Musings on the Psychophysics of Presence“. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 5 (2), 247-259.

Ellis, S.R., Dorigi, N.S., Menges, B.M., Adelstein, B.D. , & Jacoby, R.H. (1997). In search of equivalence classes in subjective scales of reality. In M. J. Smith, G. Salvendy, & R. J. Koubek (Eds.), Design of Computing Systems: Social and Ergonomic Considerations. Proceedings of the Seventh International Conference on Human-Computer Interaction, (HCI International '97), San Francisco, California, USA August 24-29, 1997, Volume 2. (pp. 873-876). Amsterdam: Elsevier.

Encarnação, J., Göbel, M., & Rosenblum, L. (1994). European Activities in Virtual Reality. In Computer Graphics and Applications, Vol.14, No.1.

Engels, F. (1974). Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie. In Marx, Engels, Ausgewählte Schriften. Berlin: Dietz.

Falby, Zyda, Pratt, & Wilson (1993). Educational and Technological Foundations for the Construction of a 3D Virtual World, Proceedings Building Management '93. Symposium: Virtuelle Realität-Technik & Anwendungen (15.6.93).

Feiner, S., & Beshers, C. (1990). Visualizing n-Dimensional Virtual Worlds with n-Vision. Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. In Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.

Feldgoise, Dorsey, Agrawala, Beers, Fröhlich, & Hanrahan (1997). Architectural Applications and the Responsive Workbench. In Daniela Bertol (ed.). Designing Digital Space - An Architect's Guide to Virtual Reality. New York: John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-14662-5.

Fitzmaurice, G.W., Ishii, H., & Buxton, W. (1995). Bricks: Laying the Foundations for Graspable User Interfaces. CHI '95, Denver / USA, ACM Press.

Fitts, P.M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement Journal of Experimental Psychology, 47, 381-391.

Flach, J.M., & Holden, J.G. (1998). The Reality of Experience: Gibson's Way. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 7(1).

Flemming, U. (1990). Regelbasierte Systeme in der Architektur: eine Fallstudie. In J. Gauchel (Hrsg.), KI-Forschung im Baubereich. Berlin: Ernst & Sohn.

Flusser, V. (1991). Digitaler Schein. In F. Rötzer (Hrsg.), Digitaler Schein - Ästhetik der elektronischen Medien. Frankfurt: Suhrkamp.

Flusser, V. (1992). diverse Beiträge. in ARCH+, März 1992, Nr. 111.

Fodor, J.A., & Pylyshyn, Z.W. (1981). How direct is visual perception?: Some reflections on Gibson's "Ecological Approach". Cognition 9(1981). 139-196

Foerster, H.v. (1992). Entdecken oder Erfinden. Wie läßt sich Verstehen verstehen?. In Glaserfeld, E.v. (Hrsg.) Einführung in den Konstruktivismus. München: Piper, 41-88.

Foley, J.D. (1984). Fundamentals of interactive computer graphics. Addison-Wesley. ISBN 0-201-14468-9.

Foley, J.D. (1991). Computer Graphics: Principles and Practice. Addison-Wesley

Fontaine, G. (1992). The Experience of a Sense of Presense in Intercultural and International Encounters. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(4).

Franklin, N., & Tversky, B. (1990). Searching imagined environments. Journal of Experimental Psychology General, 119(1), 63-76.

Franklin, S. (1997). Action patterns, conceptualization, and artificial intelligence (commentary on Glenberg 1997). Behavioral and Brain Sciences., (20), 23-24.

Freeman, W.T., Adelson, E.H., & Heeger, D.J. (1991). Motion Without Movement. Proceedings of SIGGRAPH '91 (Las Vegas Nevada, July 28-Aug 2, 1991). In Computer Graphics, 25, 4 (July 91), New York: ACM SIGGRAPH.

Freytag, G. (1863/1985). Technik des Dramas. In M. Herzfeld-Sander (ed.), Essays on German theater (pp. 97-121). New York/NY: Continuum. (Originally published 1863)

Friedmann F., Schubert T., & Regenbrecht H. (1998) Voraussetzungen, Elemente und ein Effekt von Präsenzerleben in virtuellen Umgebungen. Paper presented at Tagung experimentell arbeitender Psychologen - TeaP '98, Marburg/Germany, April 1998.

Fröhlich, W.D. (1997). Wörterbuch Psychologie. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.

Fuchs, H., Bishop, G., Arthur, K., McMillan, L., Bajcsy, R., Lee, S.W., Farid, H., & Kanade, T. (1994). Virtual space teleconferencing using a sea of cameras. In Proceedings of the First International Symposium on Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, September 22-24, 1994, Pittsburgh, PA.

Galyean, T., & Hughes, J.F. (1991). Sculpting: An Interactive Volumetric Modeling Technique. Computer Graphics Volume 25, Number 4, July 1991.

Gero, J.S., Roseman, M.A. (1989). A conceptual framework for knowledge based design. In Gero, J.S. (ed.), Artificial Intelligence in Design. New York-Berlin: Springer.

Gibson, W. (1984). Neuromancer. New York: Berkley Publication Group.

Gibson, J.J. (1979). The ecological approach to visual perception. Boston: Houghton Mifflin.

Gleicher, M., & Witkin, A. (1992). Through-the-Lens Camera Control. Proceedings of SIGGRAPH '92 (Chicago Illinois, July 26-31, 1992) In Computer Graphics, 26, 2 (July 92), New York: ACM SIGGRAPH.

Glenberg, A. M. (1997). What memory is for. Behavioral and Brain Sciences (1997) 20:1, 1-55

Goerger, S.R., Darken, R.P., Boyd, M.A., Gagnon, T.A., Liles, S.W., Sullivan, J.A., & Lawson, J.P. (1998). Spatial Knowledge Acquisition from Maps and Virtual Environments in Complex Architectural Spaces. Proceedings of 16<sup>th</sup> Applied Behavioral Sciences Symposium, 22-23 April, U.S. Air Force Academy, Colorado Springs, CO. 6-10.

Goldstein, Bruce E. (1998). Sensation and Perception, 5th Edition. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole Publishing Company.

Gracia-Alonso, A., Serrano, N., & Flaquer, J. (1994). Solving the Collision Detection Problem. Computer Graphics and Applications, May 1994.

Grant, S.C., & Schmuckler, M.A. (1996). Alternative origins of motor images. Behavioral and Brain Sciences 19, 759-760.

Guadagnoli, E., & Velicer, W.F. (1988). Relation of sample size to the stability of component patterns. Psychological Bulletin, (103), 265-275.

Guilford, J.P. (1956). Psychometric Methods. New York: McGraw-Hill.

Gyalokay, A. (1994). Analyse des Entwurfsprozesses unter dem Aspekt der Gestaltung von Entwurfshilfsmitteln. Unpublished Doctoral Thesis, Hochschule für Architektur und Bauwesen Universität, Weimar.

- Harris, L., Jenkin, M., & Zikovitz, D.C. (1998). Vestibular cues and virtual environments. Paper presented at Virtual Reality Annual International Symposium - VRAIS '98.
- Heeter, C. (1992). Being there: The subjective experience of presence. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(2), 262-271.
- Heeter, C. (1994). Gender Differences and VR: A Non-User Survey of What Woman Want. Virtual Reality World, March/April 1994.
- Heeter, C. (1995). Communication Research in Consumer VR. In F. Biocca & M.R. Levy (eds.), Communication in the age of virtual reality. Hillsdale: Lawrence. 191-218
- Heidegger, M. (1957). Sein und Zeit. Tübingen
- Heidegger, M. (1962 / 91). Die Technik und die Kehre. Pfullingen: Günther Neske
- Held, R. M., Durlach, N. I. (1992). Telepresence. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(1), 109-112.
- Hendrix, C. M. (1994). Exploratory Studies on the Sense of Presence in Virtual Environments as a Function of Visual and Auditory Display Parameters. Unpublished Master's Thesis, Human Interface Technology Laboratory, University of Washington, Seattle.
- Hennig, A. (1997). Die andere Wirklichkeit: Virtual Reality – Konzepte, Standards, Lösungen. Bonn: Addison-Wesley-Longman.
- Henry, H., Furness, T., III (1993). Spatial Perception in Virtual Environments: Evaluating an Architectural Application Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium. VRAIS '93, Seattle/Washington Sep 18-22,1993
- Hinckley, K., Pausch, R., Goble, J.C., & Kassell, N.F. (1994). A Survey of Design Issues in Spatial Input. Proceedings of the UIST '94, 213-222.
- Hix, D. & Hartson, H.R. (1993). Developing User Interfaces. Ensuring Usability Through Product and Process. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Hodges, L. F., Rothbaum, B. O., Kooper, R., Opdyke, D., Meyer, T., North, M., de Graaff, J. J., & Williford, J. (1995). Virtual Environments for Treating the Fear of Heights. IEEE Computer, 28(7), 494-498.
- Hodges, L.F., Rothbaum, B.O., Kooper, R., Opdyke, D., Meyer, T., North, M., de Graaff, J.J., & Williford, J. (1996). Virtual environments for treating the fear of heights. IEEE Computer 28,7, 27-34.
- Hodges, L. F., Wason, B. A., Kessler, G. D., Rothbaum, B. O., & Opdyke, D. (1996). Virtually Conquering Fear of Flying. IEEE Computer Graphics and Applications(November 1996).
- Hoffman, H.G., Prothero, J., Wells, M. and Groen, J. (1998). Virtual Chess: Meaning enhances users' sense of presence in virtual environments. International Journal of Human-Computer Interaction, 10(3), 251-263.
- Holman, C. (1975). A handbook to literature (3rd ed.). Indianapolis/IN: Odyssey Press.
- Hovestadt, L. (1994). A4 - Digitales Bauen, ein Modell für die Entwurfsunterstützung von Entwurf, Konstruktion und Betrieb von Gebäuden. Uni Karlsruhe, Dissertation, VDI Berichte Reihe 20 - Heft 120, Düsseldorf : VDI Verlag.
- Howe, T., & Sharkey, P.M. (1998). Identifying Likely Successful Users of Virtual Reality Systems. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 7(3), 308-316.
- Huth, M. (1993). Mit Virtual Reality zum Facility Management. Proceedings Building Management '93. Symposium: Virtuelle Realität-Technik & Anwendungen (15.6.93)

Jex, H. R. (1988). Measuring mental workload: Problems, progress, and promises. In Hancock and Meshkati (eds.), Human Mental Workload, North-Holland Eds., 5-39.

Joedicke, J. (1976). Angewandte Entwurfsmethodik für Architekten. Stuttgart: Karl Krämer Verlag.

Joedicke, J. (1993). Entwerfen und Gestalten. Stuttgart: Krämer-Verlag.

Johnson-Laird, P.N. (1983). Mental Models. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Jones, S. (1993). 3-d diagrams for knowledge engineering : an early estimation of utility. Human-Computer Interaction Proceedings of the HCI International '93. Amsterdam-London-New York-Tokyo: Elsevier.

Jones, M.R. (1991). Post-industrial and post-Fordist perspectives on informationsystems. European Journal of Information Systems Vol. 1, No. 3.

Kalawsky, R.S. (1993). The Science of Virtual Reality and Virtual Environments. Addison-Wesley.

Kalawsky, R. S. (1998). VRSART A Tool For Evaluation of Contributory Factors Associated with Presence in Spatially Immersive Environments. Paper retrieved from the WWW at <http://sgi-hursk.lut.ac.uk/~avrrc/presence/vrsart.htm>.

Karbach, W., Linster, M. (1990). Wissensaquisition für Expertensysteme. München: Hanser Verlag.

Kaufman, A., Yagel, R., & Bakalash, R. (1990). Direct Interaction with a 3D Volumetric Environment. Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.

Kaur, K. (1998). Designing Virtual Environments for Usability. Unpublished Doctoral Thesis. London: City University, Centre for Human-Computer Interface Design (June 1998).

Kennedy, R. S., Lane, N. E., Lilienthal, M. G., Berbaum, K. S., & Hettinger, L. J. (1992). Profile Analysis of Simulator Sickness Symptoms: Application to Virtual Environment Systems. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(3).

Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. The International Journal of Aviation Psychology, 3(3), 203-220.

Kenney, P.J. Saito, T. (1994). Results of a Survey on the Use of Virtual Environment Technology in Training NASA Flight Controllers for the Hubble Space Telescope Servicing Mission. Paper retrieved from the World Wide Web at <http://www.jsc.nasa.gov/cssb/vr/Hubble/longpaper/longpaper.html>

Kilgard, M.J. (1996). OpenGL - Programming for the X Window System. Addison Wesley Developers Press.

Kim, T., & Biocca, F. (1997). Telepresence via Television: Two Dimensions of Telepresence May Have Different Connections to Memory and Persuasion. Journal of Computer Mediated Communication 3(2). Retrieved from the World Wide Web at <http://jcmc.huji.ac.il/vol3/issue2/kim.html> (last downloaded August 10<sup>th</sup>, 1998)

Kline, P. (1994). An Easy Guide to Factor Analysis. London, New York: Routledge.

Knox, D., Schacht C., & Turner, J. (1993). Virtual reality: A proposal for treating test anxiety in college students. College-Student-Journal. Vol 27 (3), 294-296.

Kooper, R. (1994). Virtualy Present. Treatment of Acrophobia by Using Virtual Reality Graded Exposure. Unpublished Master Thesis, Department of Computer Science, Technical University of Delft.

Kramer, G. (1993). Sonification and Virtual Reality I. Proceedings Building Management '93. Symposium: Virtuelle Realität-Technik & Anwendungen (15.6.93).

Kramer, G. (1995). Sound and Communication in Virtual Reality. In F. Biocca & M.R. Levy (Eds.), Communication in the age of virtual reality (pp. 259-276), Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Krieg, J.C. (1992). Accuracy, Resolution, Latency, and Speed; Key Factors in Virtual Reality Tracking Environments. Proceedings of Virtual Reality '92 (San Jose, California, September 92). Westport-London: Meckler.

Krueger, M.W. (1991). Artificial Reality II. Addison-Wesley.

Krueger, M. (1997). Real Buildings and Virtual Spaces. In Daniela Bertol (ed.), Designing Digital Space - An Architect's Guide to Virtual Reality. New York: John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-14662-5.

Kurtenbach, G., Hulteen, E.A. (1993). Gestures in Human-Computer Communication. In B. Laurel (ed.), The Art of Human-Computer Interface Design. Addison-Wesley (fifth printing).

Lackner, J.R., & DiZio, P. (1998). Spatial Orientation as a Component of Presence: Insights Gained from Nonterrestrial Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 7(2), 108-115.

Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). Metaphors We Live By. Chicago, London: The University of Chicago Press.

Lang, P. J. (1993). From emotional imagery to the organisation of emotion in memory. In N. Birbaumer & A. Öhmann (Eds.), The structure of emotion. Seattle: Hogrefe.

Lanier, J. (1989). Virtual Environments and Interactivity: Windows to the Future. Computer Graphics, 23(5), 8-9.

Lampton, D.R., Knerr, B.W., Goldberg, S.L., Bliss, J.P., Moshell, J.M., & Blau, B.S. (1994). The Virtual Environment Performance Assessment Battery (VEPAB): Development and Evaluation. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 3(2), 145-157.

Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P. & Spielberger, C. D. (1981). State-Trait-Angst-inventar, Weinheim: Beltz.

Laurel, B. (ed.) (1993a). The Art of Human-Computer Interface Design. Addison-Wesley (fifth printing).

Laurel (1993b). Computers as Theatre. Reading/MA: Addison-Wesley.

Lauria, R. (1997). Virtual Reality: An Empirical-Metaphysical Testbed. Journal of Computer Mediated Communication 3(2). Retrieved from the World Wide Web at <http://jcmc.huji.ac.il/vol3/issue2/lauria.html> (last downloaded August 10<sup>th</sup>, 1998)

Leary, T. (1991). Das interpersonale, interaktive, interdimensionale Interface. In M. Waffender (Ed.), Cyberspace. Ausflüge in virtuelle Wirklichkeiten. Hamburg: Rowolth.

Lehmann, J. (1995). Manipulation der Form in VR Umgebung. Unpublished. Wissenschaftliche Seminararbeit, HAB Weimar, Fak. Architektur.

- Lewis, J. B., Koved, L., & Ling, D. T. (1991). Dialogue Structures for Virtual Worlds. Proceedings of CHI, 1991 (New Orleans, Louisiana, April 28-May 2, 1991). New York: ACM.
- Licklider, H. (1965). Architectural Scale. London: The Architectural Press.
- Liebich, L. (1993). Wissensbasierter Architektorentwurf - von den Modellen des Entwurfs zu einer intelligenten Computerunterstützung. Unpublished Doctoral Thesis at HAB Weimar, März 1993.
- Liu, A., Tharp, G., & Stark, L. (1992). Depth cue interaction in telepresence and simulated telemanipulation. SPIE Vol. 1666 Human Vision, Visual Processing, and Digital Display III.
- Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the Heart of It All: The Concept of Telepresence. Journal of Computer Mediated Communication, 3(2). Retrieved from the World Wide Web at <http://jcmc.huji.ac.il/vol3/issue2/lombard.html> (last downloaded August 10<sup>th</sup>, 1998)
- Loomis, J.M. (1992). Distal Attribution and Presence. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(1), 113-119.
- Lusted, Knapp, & Lloyd (1993). Biosignal Processing in Virtual Reality. Proceedings Building Management '93. Symposium: Virtuelle Realität-Technik & Anwendungen (15.6.93).
- Lynch, F.D. (1972). A technique for studying audience responses to films. Winsor, Canada: Arno Press Cinema Program.
- Maelicke, A. (Hrsg) (1990). Vom Sinn der Reize. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH .
- Mallmann, B. (1987). Entwurfsprozesse. DBZ (Deutsche Bauzeitung), 3/87.
- Mantelers, J. (1997). Architectural Realities. In Daniela Bertol (ed.). Designing Digital Space - An Architect's Guide to Virtual Reality. New York: John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-14662-5.
- Mantoviani, G. (1996). Social Context in HCI: A New Framework for Mental Models, Cooperation, and Communication. Cognitive Science 20, 237-269.
- March, L. (1984). The Logic of Design. In Cross, N. (ed.), Development in design methodology. London: Wiley.
- Marsh, T., & Watt, A. (1998). Shape Your Imagination: Iconic Gestural-Based Interaction. Paper presented at Virtual Reality Annual International Symposium - VRAIS '98.
- McGreevy, M.W., & Ellis, S.R. (1986). The Effect of Perspective Geometry on Judged Spatial Information Instruments. Human Factors, Vol. 28, 439-456.
- McKenna, M. (1992). Interactive Viewpoint Control and Three-Dimensional Operations. Proceedings 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics. Computer Graphics, Special Issue 1992, New York: ACM SIGGRAPH.
- McKenna, M., Zeltzer, D. (1992). Three Dimensional Visual Display Systems for Virtual Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(4).
- McKenna, M., Pieper, S., & Zeltzer, D. (1990). Control of a Virtual Actor: The Roach. Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.
- McLuhan, M., & Fiore, Q. (1984). Das Medium ist Massage. Ullstein Verlag. [engl. Original 1967].

- McLuhan, M. (1992). Die magischen Kanäle [Understanding Media]. ECON Verlag. [engl. Original 1964 bei McGraw-Hill].
- Mehrabian, A. (1976). The psychology of places. New York: Basic Books.
- Meyer, K., Applewhite, H. L., & Biocca, F. A. (1992). A Survey of Position Trackers. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(2).
- Meyer, K. (1995). Dramatic Narrative in Virtual Reality. In Biocca, F. & Levy, M.R. (Eds.) (1995). Communication in the Age of Virtual Reality. Hillsdale/NY: LEA Publishers, 219-258.
- Mikunda, C. (1986). Kino spüren. Strategien der emotionalen Filmgestaltung. München: Filmland.
- Minsky, M., Ouh-young, M., Steele, O., Brooks, F. P., & Behensky, M. (1990). Feeling and Seeing: Issues in Force Display Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. In Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.
- Minkoff, M. (1992). The FERN Model: An Explanation with Examples. Human Interface Technology Laboratory Seattle/WA. Technical Publication No. HITL-92-3.
- Mitchell, W.J. (1977). Computer Aided Architectural Design. Van Nostrand Reinhold Company.
- Mitchell, W. J. (1994). The logic of architecture design, computation and cognition. Cambridge, MA.: MIT Press.
- Mitchell, W., J , & McCullough, M. (1995). Digital Design Media. Van Nostrand-Reinhold.
- Molnar, S., Eyles, J., & Poulton, J. (1992). PixelFlow: High-Speed Rendering Using Image Composition. Proceedings of SIGGRAPH '92 (Chicago Illinois, July 26-31, 1992). Computer Graphics, 26, 2 (July 92), New York: ACM SIGGRAPH.
- Mortensen, M., & Jänicke, J. (1987). Planen und Entwerfen im Bauwesen. Berlin: Verlag für das Bauwesen.
- Mountford, S.J., & Gaver, W.W. (1993). Talking and Listening to Computers. In B. Laurel (ed.), The Art of Human-Computer Interface Design. Addison-Wesley (fifth printing).
- Mountford, S.J. (1993). Tools and Techniques for Creative Design. In B. Laurel (ed.), The Art of Human-Computer Interface Design. Addison-Wesley (fifth printing).
- Muhlbach, L., Bocker, M., & Prussog, A. (1995). Telepresence in videocommunications: A study on stereoscopy and individual eye contact. Human Factors, 37(2), 290-305.
- Murray, J. (1994). Some Perspectives on Visual Depth Perception. Computer Graphics, Vol. 28, Number 2, May 1994.
- Muscott, H. S., & Gifford, T. (1994). Virtual reality and social skills training for students with behavioral disorders: Applications, challenges and promising practices. Education and Treatment of Children, 17(4), 417-434.
- Nixon, M.A., McCallum, B.C., Fright, W.R., & Price, N.B. (1998). The Effects of Metals and Interfering Fields on Electromagnetic Trackers. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 7(2), 204-218.
- North, M. M., North, S. M., & Coble, J. R. (1996). Effectiveness of Virtual Environment Desensitization in the Treatment of Agoraphobia. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 5(3), 346-352.

Norman, D. A., & Draper, S. W. (eds.) (1986). User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Norman, D.A. (1989). Dinge des Alltags: Gutes Design und Psychologie für Gebrauchsgegenstände. Frankfurt/M.: Campus Verlag.

Novak, M. (1991). Liquid Architectures in Cyberspace. In M. Benedikt (ed.), Cyberspace: First Steps. MIT Press.

Ohler, P. (1994). Kognitive Filmpsychologie. Verarbeitung und mentale Repräsentation narrativer Filme. Münster: Moks Publikationen.

Passini, R. (1984). Wayfinding in Architecture. New York: Van Nostrand Rheingold.

Penny, S. (1995). Critical Issues in Electronic Media. New York, NY: State University of New York Press.

Pentland, A., Essa, I., Friedmann, M., Horowitz, B., & Scarloff, S. (1990). The ThingWorld Modeling System: Virtual Sculpting By Modal Forces. Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.

Phillips, C. B., & Badler, N. I. (1991). Interactive Behaviors for Bipedal Articulated Figures. Proceedings of SIGGRAPH '91 (Las Vegas Nevada, July 28-Aug 2, 1991). Computer Graphics, 25, 4 (July 91), New York: ACM SIGGRAPH.

Pimentel, K., & Blau, B. (1992). System Architecture Issues Related to Multiple-User VR Systems: Teaching Your System To Share. Proceedings of Virtual Reality '92 (San Jose, California, September 92). Westport-London: Meckler.

Polinchock, D. B. (1992). EXPERIENTIAL ADVERTISING. Proceedings of Virtual Reality '92 (San Jose, California, September 92). Westport-London: Meckler.

Porter, T. (1979). How architects visualize. New York: Van Nostrand Rheingold.

Prothero, J.D., Parker, D.E., Furness, T.A., III & Wells, M.J. (1995). Towards a Robust, Quantitative Measure for Presence. Paper presented at the Conference on Experimental Analysis and Measurement of Situation Awareness, Seattle/WA.

Prothero, J. (1998). The Role of Rest Frames in Vection, Presence and Motion Sickness. In L. Hettinger & M. Hass (eds.). Psychological Issues in the Design and Use of Adaptive, Virtual Interfaces. (in press)

Purcell, P. (1990). Interfacing to virtual reality: Modes of interaction with virtual objects. Proceedings of Computer Graphics 90 (London, UK, November 1990). ISBN 0-86353-253-5

Reeves, B., Detenber, B., & Steuer, J. (1993, May). New televisions: The effects of big pictures and big sound on viewer responses to the screen. Paper presented to the Information Systems Division of the International Communication Association, Washington, D.C.

Regan, E.C. & Price, K.R. (1994). The frequency of occurrence and severity of side-effects of immersion virtual reality. Aviation, Space, and Environmental Medicine. Vol 65 (6). S. 527-530.

- Regan, E. C., & Ramsey, A. D. (1996). The efficacy of hyoscine hydrobromide in reducing side-effects induced during immersion in virtual reality. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 67(3), 222-226.
- Regenbrecht, H. (1994). Virtuelle Realität und Design. Unpublished. Diplomarbeit, HAB Weimar.
- Regenbrecht, H. & Donath, D. (1997). Architectural Education and Virtual Reality Aided Design (VRAD). In Daniela Bertol (ed.). Designing Digital Space - An Architect's Guide to Virtual Reality. New York: John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-14662-5.
- Regenbrecht, H.T., & Schubert, T.W. (1997). Measuring Presence in Virtual Environments. Paper presented at HCI International '97, San Francisco/CA/USA.
- Regenbrecht, H.T., Schubert, T.W., & Friedmann, F. (1998). Measuring the Sense of Presence and its relations to Fear of Heights in Virtual Environments. International Journal of Human-Computer Interaction, 10(3), 233-249.
- Rheingold, H. (1990). What's the Big Deal about Cyberspace? In B. Laurel (Ed.), The Art of Human-Computer Interface Design (pp. 449-453). Menlo Park: Addison-Wesley.
- Rheingold, H. (1992). Virtual Reality. New York: Touchstone.
- Rheingold, H. (1993). The Virtual Community. Addison-Wesley.
- Rheingans, P., & Tebbs, B. (1990). A Tool for Dynamic Explorations of Color Mappings. Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.
- Richard, P., Birebent, G., Coiffet, P., Burdea, G., Gomez, D., & Langrana, N. (1996). Effect of Frame Rate and Force Feedback on Virtual Object Manipulation. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 5(1), 95-108.
- Richardson, A. (1977). Verbalizer-Visualizer: A cognitive style dimension. Journal of Mental Imagery, 1, 109-129.
- Riedel, O. (1993). Virtual Reality: Stand der Anwendung in Architektur, Bürogestaltung und Produktdesign. Proceedings Building Management '93. Symposium: Virtuelle Realität-Technik & Anwendungen (15.6.93).
- Rijkema, H., & Girard, M. (1991). Computer Animation of Knowledge-Based Human Grasping. Proceedings of SIGGRAPH '91 (Las Vegas Nevada, July 28-Aug 2, 1991). Computer Graphics, 25, 4 (July 91), New York: ACM SIGGRAPH.
- Rinalducci, E. J., Mapes, D., Cinq-Mars, S. G., & Higgins, K. E. (1996). Determining the Field of View in HMDs: A Psychophysical Method. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 5(3), 353-356.
- Rinalducci, E. J. (1996). Characteristics of Visual Fidelity in the Virtual Environment. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 5(3), 330-345.
- Rittel, H.W.J. (1992). Planen, Entwerfen, Design. Stuttgart: Kohlhammer.
- Robinett, W. (1992). Synthetic Experience : A Proposed Taxonomy. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(2).
- Robinett, W., & Holloway, R. (1992). Implementation of Flying, Scaling, and Grabbing in Virtual Worlds. Proceedings 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics. In Computer Graphics, Special Issue 1992, New York: ACM SIGGRAPH.
- Robinett, W., & Naimark, M. (1992). Artists Explore Virtual Reality : The Bioapparatus Residency at the Banff Centre for the Arts. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(2).
- Rolland, J. P., Gibson, W., & Ariely, D. (1995). Towards Quantifying Depth and Size Perception in Virtual Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 4(1) , 24-49.

- Roosen, G. (1993). Die Kopplung von CAD und VR. CAD/CAM 1/93.
- Rothbaum, B. O., Hodges, L. F., Kooper, R., Opdyke, D., Williford, J., & North, M. M. (1995a). Virtual reality graded exposure in the treatment of acrophobia: a case report. Behaviour Therapy, 26(3):547-554.
- Rothbaum, B. O., Hodges, L. F., Kooper, R., Opdyke, D., Williford, J., & North, M. M. (1995b). Effectiveness of computer-generated (virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia. American Journal of Psychiatry, 152(4), 626-628.
- Rötzer, F. (1991). Von Faszinationen, Reaktionen, virtuellen Welten und ande-rem. LEONARDO special, Oktober 1991.
- Rowe, P.G. (1987). Design Thinking. Cambridge MA: MIT Press.
- Salat, S., Labbe, F. (1992). Unendliche Erinnerungen. ARCH+, März 1992, Nr. 111.
- Salzmann, D. (1986). Der räumliche Aspekt im architektonischen Entwurf. Unpublished. Habilitation, HAB Weimar.
- Schloerb, D. W. (1995). A Quantitative Measure of Telepresence. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 4(1), 64-80.
- Schmitt, G. (1993a). Virtual Reality in Architecture. In Thalman (ed.), Virtual Worlds and Multimedia. New York: John Wiley & Sons.
- Schmitt, G. (1993b). Architectura et Machina. Braunschweig: Vieweg.
- Schmitt, G. (1996). Architektur mit dem Computer. Braunschweig: Vieweg.
- Schmitt, G., Wenz, F., Kurmann, D., van der Mark, E. (1995). Toward Virtual Reality in Architecture: Concepts and Scenarios from the Architectural Space Laboratory. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 4(3), 267-285.
- Schnotz, W. (1994). Aufbau von Wissensstrukturen: Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten. Weinheim: Beltz, Psychologie-Verl.-Union
- Schroeder, W. J., Zarge, J. A., & Lorenson, W. E. (1992). Decimation of Triangle Meshes. Proceedings of SIGGRAPH '92 (Chicago Illinois, July 26-31, 1992). Computer Graphics, 26, 2 (July 92), New York: ACM SIGGRAPH.
- Schroeder, R., Cleal, B., & Giles, W. (1993). Virtual Reality in Education: Some Preliminary Social Science Perspectives. Proceedings of Informatique '93, 2<sup>nd</sup> International Conference: Interface to Real & Virtual Worlds, Nanterre, 147-158.
- Schubert, T., Friedmann, F., Kohlhaas, M., Tjarksen, T., Springer, J., & Regenbrecht, H. (1997). Angst und Präsenz in einem virtuellen Raum. Unpublished. Contribution to contest „Visuelle Zeitenwende“. Hamburg: Körber-Stiftung.
- Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (1999a). Embodied Presence in Virtual Environments. In Ray Paton & Irene Neilson (Eds.), Visual Representations and Interpretations, (pp. 269-278). London: Springer-Verlag.
- Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (1999b). Decomposing the Sense of Presence: Factor Analytic Insights. Paper presented at the 2nd International Workshop on Presence, University of Essex, 6th and 7th April, 1999.
- Schubert, T.W., Regenbrecht, H.T., & Friedmann, F. (in preparation). A comparison of questionnaires for measuring the sense of presence: theoretical concerns, factor analyses, and a new scale.
- Schwab, F. (1995). Lost in Hyperspace? Wege durch den multimedialen Wildwuchs. Medienpsychologie, 7(4), 262-285.

- Shannon, C. & Weaver, W. (1962). The mathematical theory of communication. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Sheridan, T. B. (1992a). Musings on Telepresence and Virtual Presence. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(1), 120-125.
- Sheridan, T. B. (1992b). Defining our Terms. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(2), 272-274.
- Sheridan, T. B. (1996). Further Musings on the Psychophysics of Presence. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 5(2), 242-246.
- Shneiderman, B. (1987). Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction. Addison-Wesley. ISBN 0-201-16505-8.
- Singer, M. J., & Witmer, B. G. (1996). Presence Measures for Virtual Environments: Background & Development. (ARI Research Note PE62758A). Orlando, FL: U. S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.
- Simon, H.A. (1992). Peoples and Computers: Their Roles in Creative Design. In International Conference on Artificial Intelligence in Design. Pittsburgh: Carnegie Mellon University.
- Sims, D. (1993). Virtual Violence Takes Center Stage of Cyber Arts. IEEE Computer Graphics & Applications, January 1993.
- Slater, M., Lineakis, V., Usoh, M. & Kooper, R. (1996). Immersion, Presence, and Performance in Virtual Environments: An Experiment using Tri-Dimensional Chess. In M. Green (ed.), ACM Virtual Reality Software and Technology (VRST).
- Slater, M., & Davison, A. (1990). Give us a hand: an evolutionary approach to 3D interaction. Proceedings of Computer Graphics 90 (London, UK, November 1990). ISBN 0-86353-253-5
- Slater, M., Steed, A., & Usoh, M. (1993). The Virtual Treadmill: A naturalistic Metaphor for Navigation in Immersive Virtual Environments. Proceedings of the Eurographics Workshop on Virtual Reality, Barcelona, Spain, September.
- Slater, M., Usoh, M. (1993). Representation Systems, Perceptual Position and Presence in Virtual Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 2(3), 221-233.
- Slater, M., & Usoh, M. (1994). The Influence of a Virtual Body on Presence in Virtual Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 3(2), 130-144.
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1994). Depth of Presence in Virtual Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 3(2), 130-144.
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1995). Taking Steps: The Influence of a Walking Technique on Presence in Virtual Reality. Department of Computer Science and London Parallel Applications Centre, Queen Mary and Westfield College, University of London.
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(6), 603-616.
- Sparks, G. G., Sparks, C. W., & Gray, K. (1995). Media Impact on Fright Reactions and Belief in UFOs: The Potential Role of Mental Imagery. Communication Research, 22(1), 3-23.
- Steed, A., Slater, M., Sadagic, A., Bullock, A., & Tromp, J. (1999). Leadership and Collaboration in Shared Virtual Environments. Proceedings of IEEE Virtual Reality '99, Houston, TX, March 13-17, 1999, 112-115.
- Steinmann, F. (1997). Modellbildung und computergestütztes Modellieren in frühen Phasen des architektonischen Entwurfes. Dissertation, Bauhaus Universität , Weimar.

- Steuer, J. S. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. Journal of Communication, 42(4), 73-93.
- Steuer, J. (1995). Representation of Social Characters. ACM Multimedia '95. November 9th, 1995.
- Stoakley, R., Conway, M.J., Pausch, R. (1995). Virtual Reality on a WIM: Interactive Worlds in Miniature. SIGGRAPH '95 course notes #9, 16-1.
- Stiny, G. (1975). Pictorial and Formal Aspects of Shape and Shape Grammars. Basel: Birkhauser.
- Strickland, D. (im Druck). VR Applications for Phobia Treatment. ACM Communications.
- Stampe, D., Roehl, B., & Eagan, J. (1993). Virtual Reality Creations. Waite Group Press.
- Strube, G., Habel, C., Hemforth, B., Konieczny, L., & Becker, B. (1993). Kognition. In G. Görtz (Hrsg.), Einführung in die Künstliche Intelligenz. Addison-Wesley.
- Stuart, R. (1992). Virtual Auditory Worlds: An Overview. Proceedings of Virtual Reality '92 (San Jose, California, September 92). Westport-London: Meckler.
- Sutherland, I. E. (1965). The ultimate display. Proceedings of the International Federation of Information Processing Congress, 2, 506-508.
- Suckfüll, M. (1997). Film erleben: narrative Strukturen und physiologische Prozesse – „Das Piano“ von Jane Campion. Berlin: Sigma Medienwissenschaft Bd. 24.
- Takahashi, T., & Kishino, F. (1991). Hand Gesture Coding Based on Experiments using a Hand Gesture Interface Device. SIGCHI Bulletin 23(2), (April 1991), 67-74.
- Tan, E.S. (1996). Emotion and Structure of Narrative Film - Film as an Emotion Machine. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Taylor, W. (1997). Student Responses to their Immersion in a Virtual Environment. paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. Chicago, March 1997.
- Teller, S. J., Séquin, C. H. (1991). Visibility Preprocessing For Interactive Walkthroughs. Proceedings of SIGGRAPH '91 (Las Vegas Nevada, July 28-Aug 2, 1991). Computer Graphics, 25, 4 (July 91), New York: ACM SIGGRAPH.
- Thompson, J. (1993). Virtual Reality - An International Directory of Research Projects. Westport: Meckler.
- Thorndyke, P. (1980). Story processing bibliography. Poetics, 9(1), 329-332.
- Tjarksen, T. & Kohlhaas, M. (1997). Head-Mounted Displays in Virtueller Realität. Unpublished Diploma Thesis. Weimar/Germany: Bauhaus-Universität.
- Towell, J. (1997). Presence in Text-Based Networked Virtual Environments or "MUDS". Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6(5), 590-595.
- Travis, D., Watson, T., Atyeo, M. (1994). Human Psychology in Virtual Environments. In MacDonald, L., Vince J. Interacting with Virtual Environments, John Wiley & Sons.
- Turkle, S. (1984). The second self: Computers and the human spirit. New York: Simon & Schuster.
- Turvey, M.T., Shaw, R.E., Reed, E.S., & Mace, W.M. (1981). Ecological Laws of perceiving and acting: In reply to Fodor and Pylyshyn (1981). Cognition, 9(1981), 237-304.

Tyler, R.S. (1994). The use of speech-perception tests in audiological rehabilitation: Current and future research needs. Journal of the Academy of Rehabilitative Audiology. Vol 27. (Mono Suppl.)

Usoh, M., & Slater, M. (1995). Exploration of Immersive Virtual Environments. Endeavour: Elsevier Science Ltd., 19(1), 34-38.

Varela, F.J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). The Embodied Mind. Cambridge, MA.: MIT Press.

Varela, F.J., Thompson, E., & Rosch, E. (1995). Der Mittlere Weg der Erkenntnis [The Embodied Mind]. München: Goldmann

Virilio, P. (1991a). Das letzte Vehikel. LEONARDO special, Oktober 1991.

Virilio, P. (1991b). Die Ästhetik des Verschwindens. In F. Rötzer (Hrsg.), Digitaler Schein - Ästhetik der elektronischen Medien. Frankfurt: Suhrkamp.

Virilio, P. (1991c). Das öffentliche Bild. In F. Rötzer (Hrsg.), Digitaler Schein - Ästhetik der elektronischen Medien. Frankfurt: Suhrkamp.

Virilio, P. (1994). Die Avantgarde des Vergessens. In DIE ZEIT vom 15. April 1994.

Walker, J. (1990). Through the Looking Glass. In B. Laurel (Ed.), The Art of Human-Computer Interface Design. Reading, MA: Addison-Wesley.

Wang, J, Chi, V., Fuchs, H. (1990). A Real-time Optical 3D Tracker For Head-mounted Display Systems. Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.

Wang, C. P., Koved, L., Dukach, S. (1990). Design for Interactive Performance in a Virtual Laboratory. Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.

Waller, D., Hunt, E., & Knapp, D. (1998). The Transfer of Spatial Knowledge in Virtual Environment Training. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 7(2), 129-143.

Walser, R. (1992). A De Facto Anti-Standard for Cyberspace. Proceedings of Virtual Reality '92 (San Jose, California, September 92). Westport-London: Meckler.

Wang, S.W., & Kaufman, A.E. (1995). Volume Sculpting. 1995 Symposium on Interactive 3D Graphics. Monterey/USA: ACM Press.

Ward, M., Azuma, R., Bennett, R., Gottschalk, S., & Fuchs, H. (1992). A Demonstrated Optical Tracker With Scalable Work Area for Head-Mounted Display Systems. Proceedings 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics Computer Graphics, Special Issue 1992, New York: ACM SIGGRAPH.

Ware, C., & Osborne, S. (1990). Exploration and Virtual Camera Control in Virtual Three Dimensional Environments. Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.

Ware, C., Arthur, K., & Booth, K.S. (1993). Fish tank virtual reality. In Proceedings of the INTERCHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '93 and Interact '93), April 1993, Amsterdam, 37-42.

Weber, M. (1991). Die entfesselte Fantasie. LEONARDO special, Oktober 1991.

- Webster, Feiner, MacIntyre, Massie, Krueger (1997). Augmented Reality Applications in Architectural Construction. In Daniela Bertol (ed.). Designing Digital Space - An Architect's Guide to Virtual Reality. New York: John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-14662-5.
- Wedde, H.F. (1996). Cyberspace, Virtual Reality: Fortschritt und Gefahr einer innovativen Technologie. Stuttgart: Urachhaus.
- Weibel, P. (1991). PSYCHO TECHNE. LEONARDO special, Oktober 1991.
- Weizenbaum, J. (1993). Wer erfindet die Computermythen?. HERDER Spektrum 1993.
- Welch, R., Blackmon, T., Liu, A., Mellers, B., & Stark, L. (1996). The Effect of Pictorial Realism, Delay of Visual Feedback, and Observer Interactivity on the Subjective Sense of Presence. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 5(3), 263-273.
- Welch, W., & Witkin, A. (1992). Variational Surface Modelling. Proceedings of SIGGRAPH '92 (Chicago Illinois, July 26-31, 1992). Computer Graphics, 26, 2 (July 92), New York: ACM SIGGRAPH.
- Wenzel, E. M., & Foster, S. H. (1990). Realtime Digital Synthesis of Virtual Acoustic Environments. Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. Computer Graphics, 24, 2 (March 90), New York: ACM SIGGRAPH.
- Wexelblat, A. (1994). Natural Gesture in Virtual Environments. Proceedings of VRST '94, 5-16.
- Williams, L. (1990). 3d paint. Computer Graphics, 24(2):225-233, March 1990.
- Willim, B. (1993a). Leitfaden der Computergrafik. 3R Verlag.
- Willim, B. (1993b). Designer im Bereich Animation und Cyberspace. 3R Verlag. [Tagungsband der GI-FG 4.1.4].
- Winn, W., Hoffman, H. and Osberg, K. (1997). Semiotics and the Design of Objects, Actions and Interactions in Virtual Environments. Journal of Structural Learning.
- Winograd, T., & Flores, F. (1992). Erkenntnis Maschinen Verstehen [Understanding Computers and Cognition]. Berlin: Rotbuch Verlag
- Wolff, A. v. (1997). Referenzachsen in egozentrisch organisierten, räumlichen mentalen Modellen. Paper presented at the Tagung Experimentell Arbeitender Psychologen, Berlin.
- Witmer, B.G., & Kline, P.B.(1998). Judging Perceived and Traversed Distance in Virtual Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 7(2), 144-167.
- Witmer, B. G., Singer, M. (1994). Measuring Presence in Virtual Environments Vs. 3.0. Alexandria, VA: U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences. ARI Technical Report 1014. November 1994.
- Witmer, B.G., & Singer, M. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 7(3), 225-240.
- Woolley, B. (1992). Virtual Worlds: a journey in hype and hyperreality. Cambridge/MA: Blackwell Publishers.
- Wuchterl, K. (1990). Grundkurs: Geschichte der Philosophie. Stuttgart, Bern: Paul Haupt
- Wüthrich, C.A. (1998). An Analysis of 3D Interaction Methods for Virtual Reality. Unpublished Report at Bauhaus University Weimar.

Wüthrich, C.A. (in print). An Analysis and a Model of 3D Interaction Methods and Devices for Virtual Reality. Proceedings of the 6th International Eurographics Workshop on Design, Specification and Verification of Interactive Systems, University of Minho, Braga, Portugal, June 2-4, 1999.

Wuss, P. (1993). Filmanalyse und Psychologie. Strukturen des Films im Wahrnehmungsprozeß. Berlin: Edition Sigma.

Zahorik, P., & Jenison, R. (1998). Presence as Being-in-the-World. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 7(1).

Zeltzer, D. (1992). Autonomy, Interaction, and Presence. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1(1).

Zobel (1995). The Representation of Experience in Architectural Design. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 4(3), 254-266.

Zuckerman, M. (1994). Behavioral expressions and biosocial bases of sensation seeking. Cambridge: Cambridge University Press.

Zyda, M. J., Pratt, D. R., Monahan, J. G., & Wilson, K. P. (1992). NPSNET: Constructing A 3D Virtual World. Proceedings 1992 Symposium on Interactive 3D Graphics. Computer Graphics, Special Issue 1992, New York: ACM SIGGRAPH.

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Umschlagabbildung	aus: Bertol (Ed.): Designing digital Space - An Architects Guide to virtual Reality. New York: John Wiley & Sons. 1997 Eigenanfertigung
Abb. 0.1	Kapitelübersicht	Eigenanfertigung
Abb. 1.1	Zusammenwirken der Komponenten eines immersiven VR-Systems	Eigenanfertigung
Abb. 1.2	Magnetisches Tracking	aus: Hennig (1997)
Abb. 1.3	Datenhandschuh	Virtual Technologies Inc., Palo Alto
Abb. 1.4	SpaceMouse	Deutsche Luft- und Raumfahrt
Abb. 1.5	„Tretmühle“	UNC-CH, Dept. of CS
Abb. 1.6	CAVE	GMD-Cave, Volkswagen AG
Abb. 1.7	Head-Mounted-Display	Kaiser Electro-Optics, USA
Abb. 3.1	Schema zur Präsenzbildung in virtuellen Umgebungen	Eigenanfertigung
Abb. 3.2	Schematische Darstellung der idealisierten Umgebungen in einem immersiven VR-System	Eigenanfertigung
Abb. 3.3	Schematische Darstellung der tatsächlichen Umgebungen in einem immersiven VR-System	Eigenanfertigung
Abb. 3.4	Präsenzfaktoren	Eigenanfertigung
Abb. 3.5	Blickraum und Blickfeld für Monitor, 3-Seiten-CAVE, HMD	Eigenanfertigung
Abb. 3.6	Modellbildungsprozeß	Eigenanfertigung
Abb. 4.1	Hardware: Cyber 1000 CS	Horizon Entertainment Inc., USA
Abb. 4.2	Virtuelle Umgebung: Dactyl Nightmare	Horizon Entertainment Inc., USA
Abb. 4.3	Erfahrungen in der Anwendung des Computers (Anzahl Personen, keine Mehrfachangaben)	Eigenanfertigung
Abb. 4.4	Bisheriges Wissen über VR	Eigenanfertigung
Abb. 4.5	Orientierung in der VR	Eigenanfertigung
Abb. 4.6	Schwindelgefühl (von Gesamtbeteiligten in Prozent)	Eigenanfertigung
Abb. 4.7	Störende technische Ausrüstung	Eigenanfertigung
Abb. 4.8	Unzulänglichkeiten der Darstellung	Eigenanfertigung
Abb. 4.9	Computermodell platform	Eigenanfertigung
Abb. 4.10	Realisierte platform im atelier, virtual	Eigenanfertigung
Abb. 4.11	Stylus und Menü in voxDesign	Eigenanfertigung
Abb. 4.12	Regalmenü in planeDesign	Eigenanfertigung
Abb. 4.13	Fortbewegung mittels VPM	Eigenanfertigung
Abb. 4.14	Beispiel voxDesign	Eigenanfertigung
Abb. 4.15	Beispiel voxDesign	Eigenanfertigung
Abb. 4.16	Beispiel planeDesign	Eigenanfertigung
Abb. 4.17	Blick in die virtuelle Umgebung von acrophobia	Eigenanfertigung
Abb. 4.18	Blick aus Nutzersicht in die virtuelle Umgebung	Eigenanfertigung
Abb. 4.19	Schematischer Übersichtsplan	Eigenanfertigung
Abb. 4.20	Mittelwerte Räumliche Präsenz	Eigenanfertigung
Abb. 4.21	Mittelwerte Involviertheit	Eigenanfertigung
Abb. 4.22	Mittelwerte Realitätsurteil	Eigenanfertigung
Abb. 4.23	Mittelwerte	Eigenanfertigung
Abb. 4.24	Scree-Plot	Eigenanfertigung
Abb. 4.25	Scree-Plot der Faktorenanalyse zweiter Ordnung	Eigenanfertigung
Abb. 4.26	Hypothetisches Pfadmodell	Eigenanfertigung
Abb. 4.27	Modifiziertes Pfadmodell	Eigenanfertigung

# TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 4.1	Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen der beobachteten Variablen
Tab. 4.2	Ergebnisse der Regressionsanalyse
Tab. 4.3	Konditionierung des Experiments
Tab. 4.4	Mittelwerte (Interaktion * Animation)
Tab. 4.5	Tests von Between-Subjects Effekten
Tab. 4.6	Applikationstyp und Anwesenheit anderer Personen in der VU
Tab. 4.7	Faktoren und Aufklärungsanteile
Tab. 4.8	Beschreibung der Faktoren
Tab. 4.9	Strukturmatrix, Eigenwerte and Aufklärungsanteile
Tab. 4.10	Reliabilitäten der Subskalen
Tab. 4.11	Subjektiv erlebte Faktoren in virtuellen Umgebungen
Tab. 4.12	Regression Weights

# EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich in Kenntnis der strafbaren Folgen einer eidesstattlichen Falschaussage an Eides Statt, daß ich die vorliegende Dissertation ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen unmittelbar und mittelbar entnommenen Daten, Methoden und Konzepte sind hinsichtlich ihrer Herkunft unmißverständlich gekennzeichnet.

Ort, Datum

Unterschrift

# CURRICULUM VITAE

6. Juli 1964

geboren in Berlin

Vater: Paul (Bauingenieur)

Mutter: Gisela (Hotelkauffrau)

September 1971 - August 1981

Polytechnische Oberschule in Berlin (10. Klasse)

September 1981 - August 1983

Berufsausbildung zum Baumaschinist in Berlin

September 1982 - August 1984

Abitur in Berlin

September 1983 - September 1988

Arbeit als Baumaschinist, Militärdienst

Oktober 1988 - September 1990

Hochschulstudium Bauingenieurwesen, Vertiefungsrichtung Bautechnik/Informationsverarbeitung im Bauwesen an der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar

Oktober 1990 - Oktober 1994

Studienwechsel: Hochschulstudium Informatik (Dipl. Inf.) an der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar

Diplom: Virtuelle Realität und Design (Prädikat: sehr gut)

April 1992 - Oktober 1996

Freiberuflicher Softwareentwickler (acadGraph GmbH und Sofistik GmbH München)

seit November 1994

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Informatik in der Architektur und Raumplanung (Prof. Donath) der Bauhaus-Universität Weimar

# LISTE DER VERÖFFENTLICHUNGEN

Regenbrecht, H. (1994). Virtuelle Realität und Design [Virtual Reality and Design]. Unpublished Diploma Thesis at Bauhaus University Weimar. Weimar/Germany.

Donath, D., & Regenbrecht, H. (1994). VRAD - Virtual Reality Aided Design. Wissenschaftliche Zeitschrift der HAB Weimar-Universität Jahrgang 40(1994), Heft 4. Weimar/Germany.

Donath, D., & Regenbrecht, H. (1995). VRAD (Virtual Reality Aided Design) in the early phases of the architectural design process. Proceedings of caad futures '95. Singapore.

Donath, D., & Regenbrecht, H. (1996). Using Virtual Reality Aided Design techniques for three-dimensional architectural sketching. Paper presented at ACADIA '96. Tuscon/Arizona.

Regenbrecht, H., & Donath, D. (1997). Architectural Education and Virtual Reality Aided Design (VRAD). In Daniela Bertol (ed.). Designing Digital Space - An Architect's Guide to Virtual Reality. John Wiley & Sons, Inc., New York/NY.

Regenbrecht, H., & Schubert, T. (1997). Measuring presence in virtual environments. Paper presented at the Seventh International Conference on Human-Computer Interaction, San Francisco, California, USA.

Donath, D., & Regenbrecht, H. (1998). Using an Immersive Virtual Reality System for Spatial Design. First International Workshop on Usability Evaluation for Virtual Environments: Methods, Results and Future Directions. Leicester/UK, 17 December 1998

Friedmann F., Schubert T., & Regenbrecht H. (1998). Voraussetzungen, Elemente und ein Effekt von Präsenzerleben in virtuellen Umgebungen [Prerequisites, elements, and an effect of the experience of presence in virtual environments]. Paper presented at Tagung experimentell arbeitender Psychologen - TeaP '98, Marburg/Germany, April 1998.

Regenbrecht, H.T., Schubert, T.W., & Friedmann, F. (1998). Measuring the Sense of Presence and its relations to Fear of Heights in Virtual Environments. International Journal of Human-Computer Interaction, 10(3), 233-249.

Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (1999a). Embodied Presence in Virtual Environments. In Ray Paton & Irene Neilson (Eds.), Visual Representations and Interpretations, (pp. 269-278). London: Springer-Verlag.

Donath, D & Regenbrecht, H. (1999a). Der Bleistift im 21. Jahrhundert. Das architektonische Entwerfen in interaktiven VR Umgebungen [The pencil in the 21st century - architectural design in interactive VR environments]. Proceedings of IAO Forum Architektur im Informationszeitalter, FhG Stuttgart / Germany, 21-22 april 1999, chapter 7.

Donath, D. & Regenbrecht, H. (1999b). Using Immersive Virtual Reality Systems for Spatial Design in Architecture. Proceedings of AVOCAAD 99, Brussels, april 1999, 307-318.

Donath, D., Kruijff, E., Regenbrecht, H., Hirschberg, U., Johnson, B., Kolarevic, B., & Wojtowicz, J. (1999). Virtual Design Studio 1998 - a Place2Wait - Using a VRAD system in a Virtual Design Studio. ECAADE 99, International Conference, Liverpool, september 1999, accepted paper.

Donath, D., Kruijff, E., & Regenbrecht, H. (submitted). Spatial knowledge implications during design review in virtual environments. ACADIA 99, International Conference, Salt Lake City, october 1999, submitted.

Donath, D., Regenbrecht, H., Kruijff, E., & Beetz, J. (submitted). Virtual Reality Aided Modeler (VRAM) - A testbed for three dimensional user interfaces and virtual worlds. VRST'99, Symposium on Virtual Reality Software and Technology, University College London, 20-22 december 1999, submitted

Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (1999b). Decomposing the Sense of Presence: Factor Analytic Insights. Paper presented at the 2nd International Workshop on Presence, University of Essex, 6th and 7th April, 1999.

Regenbrecht, H.T., Schubert, T.W., Friedmann, F., & Tjarksen T. (in preparation). Enhancing the sense of presence in virtual environments through interaction and plot.



## **ANHANG**

# **Faktoren für Präsenz in virtueller Architektur**

# UNTERSUCHUNG „VIRTUALITY CAFÉ“ FRAGEBOGEN

---

Fragebogen Virtuelle Realität (Version 10.6.1994)

---

*Vor dem Versuch auszufüllen*

*Bevor es losgeht, haben wir noch ein paar kleine Fragen an Dich. Nimm Dir bitte Zeit und versuche, die Fragen so genau wie möglich zu beantworten.*

*Falls Kästchen vorgegeben sind, brauchst Du nur anzukreuzen. Bei Unterstreichungen schreibe bitte ehrlich hin, was Du denkst; je ausführlicher, desto besser. Rahmen sind zum VOLLSCHREIBEN gedacht!*

Ein paar Angaben zur Person:

Alter: \_\_\_\_ Geschlecht: \_\_\_\_ Beruf: \_\_\_\_\_ Studienfach: \_\_\_\_\_ Schulabschluß: \_\_\_\_\_

1. Hast Du schon vor diesem Versuch etwas von virtueller Realität gehört?  Ja  Nein  
Wenn ja, woher oder von wem?

---



---



---



---



---

2. Du hast Dich bei uns für den Versuch gemeldet. Warum? Mit welchen Erwartungen gehst Du in diesen Versuch?

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

3. Mit welchen Computersystemen hast Du schon Erfahrungen? Bitte kreuz Deine jeweiligen Erfahrungsstand an! Ergänze bitte bei den Spielen auch Deine Einstellung dazu!

Textverarbeitung	<input type="checkbox"/> keine Erfahrung	<input type="checkbox"/> wenig Erfahrung	<input type="checkbox"/> gute Kenntnis	<input type="checkbox"/> sehr gute Kenntnis
Grafikprogramme	<input type="checkbox"/> keine Erfahrung	<input type="checkbox"/> wenig Erfahrung	<input type="checkbox"/> gute Kenntnis	<input type="checkbox"/> sehr gute Kenntnis
CAD-Programme	<input type="checkbox"/> keine Erfahrung	<input type="checkbox"/> wenig Erfahrung	<input type="checkbox"/> gute Kenntnis	<input type="checkbox"/> sehr gute Kenntnis
Stereo - Bilder (z.B. Dias)	<input type="checkbox"/> keine Erfahrung	<input type="checkbox"/> wenig Erfahrung	<input type="checkbox"/> gute Kenntnis	<input type="checkbox"/> sehr gute Kenntnis
Action/Geschicklichkeits-Spiele	<input type="checkbox"/> keine Erfahrung	<input type="checkbox"/> wenig Erfahrung	<input type="checkbox"/> gute Kenntnis	<input type="checkbox"/> sehr gute Kenntnis
	Meinung: _____			
Arcade/Adventure-Spiele	<input type="checkbox"/> keine Erfahrung	<input type="checkbox"/> wenig Erfahrung	<input type="checkbox"/> gute Kenntnis	<input type="checkbox"/> sehr gute Kenntnis
	Meinung: _____			

4. Wie beurteilst Du Computer im allgemeinen?

Ich finde Computer \_\_\_\_\_  
 , weil \_\_\_\_\_,  
 aber \_\_\_\_\_.

---

*Nach dem Versuch auszufüllen*

1. Wie hast Du Dich in der Virtuellen Realität gefühlt?

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

2. Wie gut konntest Du Dich im Raum orientieren?

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

3. Hattest Du Schwindelgefühle beim Eintreten in die VR\_\_\_\_ /während des Aufenthalts in der VR?\_\_\_\_

4. Hattest Du Schwindelgefühle nach dem Verlassen der VR?\_\_\_\_

5. Bitte schätze einmal die „realen“ Abmessungen

der Grundplatte: \_\_\_\_\_m

und den Höhenunterschied zwischen der Plattformen über der Grundplatte : \_\_\_\_\_m.

6. Empfandest Du die Darstellung des Bildes als

zweidimensional (wie auf einem Fernseher )

dreidimensional (wie in der Realität) ?

und die Lokalisierbarkeit der Geräusche? (D.h., kamen die Geräusche daher, wo Du Deinen Partner vermutetest?)

richtige Herkunft (stereo)

falsche / ungenaue Herkunft (mono)

7. Hast Du während der Zeit in der VR noch an Deine Ausrüstung gedacht?

Wenn ja, an welche Teile? Warum?

---



---



---



---



---





---

---

---

---

---

19. Würdest Du gern nochmal in die VR gehen? \_\_\_\_\_

Wenn nein, warum nicht?

\_\_\_\_\_

20. Für welche Gebiete aus Deinem persönlichen Leben könntest Du Dir in Zukunft einen Einsatz der VR vorstellen ?

---

---

---

---

---

---

---

*Wir bedanken uns bei Dir und hoffen, es hat Dir Spaß gemacht.*

## ERGÄNZUNG ZUM VR-FRAGEBOGEN (4.7.1994)

(1)

Manche Benutzer eines VR-Systems berichten, daß sie in die virtuelle Realität „eingetaucht“ sind und vergessen haben, was in der „realen Welt“ vor sich geht. Bitte kreuze auf der Skala an, inwieweit Dir das auch so ging!

1—2—3—4—5—6—7

(1) bedeutet, daß Du zu jedem Zeitpunkt wußtest, wo Du eigentlich bist

(7) bedeutet, daß Du nach kurzer Zeit vollständig „eingetaucht“, „weg“, „nicht mehr von dieser Welt warst“.

(2a)

Wie würdest Du die Situation, die Du in der Virtuellen Realität erlebt hast, beschreiben? (Bitte ankreuzen bzw. ergänzen)

Als  „Spiel“  „Realität, Ernst“

oder als  \_\_\_\_\_

(2b)

Falls es für Dich ein Spiel war, worin unterschied es sich in der Bedeutung von Spielen wie z.B. Mensch-Ärgere-Dich-Nicht?

---



---



---



---



---



---



---

# UNTERSUCHUNG ACROPHOBIA: FRAGEBOGEN ACRO/AVOI

Nur mit Netscape 2.0 (JavaScript) benutzen

Fragebogen zur Selbstbeschreibung

Bitte drücken sie diesen [Knopf] bevor sie mit dem Ausfüllen beginnen, damit die Daten des Nutzers vor Ihnen gelöscht werden.

Code: [\_\_]

Anleitung Teil 1: Im folgenden finden Sie eine Auflistung von Situationen, die mit Höhe zu tun haben. Wir sind daran interessiert zu erfahren, wie ängstlich (angespannt, unbehaglich) Sie sich in jeder dieser Situationen fühlen würden. Bitte geben Sie jedesmal an, wie Sie sich fühlen würden, indem Sie einen der Kreise anklicken.

	überhaupt nicht ängstlich	ein wenig ängstlich	ziemlich ängstlich	extrem ängstlich
1. Im Schwimmbad vom 1-Meter-Brett springen.	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
2. Von Stein zu Stein springend einen Fluß überqueren	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
3. Von einer Wendeltreppe einige Stockwerke hinabschauen	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
4. In der Höhe der 2. Etage auf einer Leiter stehen, die an eine Hauswand gelehnt ist	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
5. Im Theater in der 1. Reihe des 2. Ranges sitzen	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
6. Riesenrad fahren	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
7. Beim Wandern einen steilen Hang erklimmen	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	überhaupt nicht ängstlich	ein wenig ängstlich	ziemlich ängstlich	extrem ängstlich
8. Flugzeug fliegen (von Berlin nach Paris)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
9. In der dritten Etage an einem geöffneten Fenster stehen	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

10. Auf einer Fußgängerbrücke über eine Schnellstraße gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Über eine große Brücke fahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. In einem Büro im 15. Stock in gewisser Entfernung von einem Fenster stehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Fensterputzer sehen, die in 10 Stockwerken Höhe auf einem Gerüst stehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Auf der Straße über einen Schacht laufen, der mit einem Gitter abgedeckt ist	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	überhaupt nicht ängstlich	ein wenig ängstlich	ziemlich ängstlich	extrem ängstlich
15. In der U-Bahn am Rand des Bahnsteiges stehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Auf einer Feuerleiter in die 3. Etage steigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Auf dem Dach eines zehnstöckigen Appartementhauses stehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Mit dem Fahrstuhl in den 50. Stock fahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Auf einem Stuhl stehen, um etwas von einem Regal zu holen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Die Gangway zu einem Kreuzfahrtschiff hinaufgehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	überhaupt nicht ängstlich	ein wenig ängstlich	ziemlich ängstlich	extrem ängstlich

Teil 2: Nachdem Sie jede Frage bezüglich der Ängstlichkeit beurteilt haben, möchten wir Sie jetzt bitten, sie bezüglich der Vermeidung dieser Situationen zu beurteilen. Geben Sie bitte an, wie sehr Sie diese Situation vermeiden würden, wenn sie auf Sie zukommen würde.

	würde es nicht vermeiden []	würde versuchen, es zu vermeiden []	würde es auf keinen Fall tun []
1. Im Schwimmbad vom 1-Meter-Brett springen.			
2. Von Stein zu Stein springend einen Fluß überqueren	[]	[]	[]
3. Von einer Wendeltreppe einige Stockwerke hinabschauen	[]	[]	[]
4. In der Höhe der 2. Etage auf einer Leiter stehen, die an eine Hauswand gelehnt ist	[]	[]	[]
5. Im Theater in der 1. Reihe des 2. Ranges sitzen	[]	[]	[]
6. Riesenrad fahren	[]	[]	[]
7. Beim Wandern einen steilen Hang erklimmen	[]	[]	[]
	würde es nicht vermeiden []	würde versuchen, es zu vermeiden []	würde es auf keinen Fall tun []
8. Flugzeug fliegen (von Berlin nach Paris)	[]	[]	[]
9. In der dritten Etage an einem geöffneten Fenster stehen	[]	[]	[]
10. Auf einer Fußgängerbrücke über eine Schnellstraße gehen	[]	[]	[]
11. Über eine große Brücke fahren	[]	[]	[]
12. In einem Büro im 15. Stock in gewisser Entfernung von einem Fenster stehen	[]	[]	[]
13. Fensterputzer sehen, die in 10 Stockwerken Höhe auf einem Gerüst stehen	[]	[]	[]
14. Auf der Straße über einem mit einem Gitter abgedeckten Schacht laufen	[]	[]	[]
	würde es nicht vermeiden []	würde versuchen, es zu vermeiden []	würde es auf keinen Fall tun []
15. In der U-Bahn am Rand des Bahnsteiges stehen	[]	[]	[]
16. Auf einer Feuerleiter in die 3. Etage steigen	[]	[]	[]
17. Auf dem Dach eines zehnstöckigen Appartementhauses stehen	[]	[]	[]

18. Mit dem Fahrstuhl in den 50. Stock fahren	[]	[]	[]
19. Auf einem Stuhl stehen, um etwas von einem Regal zu holen	[]	[]	[]
20. Die Gangway zu einem Kreuzfahrtschiff hinaufgehen	[]	[]	[]
	würde es nicht vermeiden	würde versuchen, es zu vermeiden	würde es auf keinen Fall tun

---

Vielen Dank. Wenn Sie Ihren Code angegeben und alle Fragen ausgefüllt haben, dann drücken sie bitte auf diesen [Knopf]

# UNTERSUCHUNG ACROPHOBIA: FRAGEBOGEN STAI

Nur mit Netscape 2.0 (JavaScript) benutzen

Fragebogen zur Selbstbeschreibung

Bitte drücken sie diesen [Knopf] bevor sie mit dem Ausfüllen beginnen, damit die Daten des Nutzers vor Ihnen gelöscht werden.

Code: [\_\_\_\_]

Anleitung: Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen, mit denen man sich selbst beschreiben kann. Bitte lesen Sie jede Feststellung durch und wählen Sie aus den vier Antworten diejenige aus, die angibt, wie Sie sich in dem Moment fühlten, als Sie in der Virtuellen Realität mit der Tiefe (dem Abgrund) konfrontiert waren. Kreuzen Sie bitte bei jeder Feststellung die Zahl unter der von Ihnen gewählten Antwort an. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange und denken Sie daran, diejenige Antwort auszuwählen, die Ihren Gefühlszustand in diesem Moment der Konfrontation mit der Tiefe am besten beschreibt.

	nicht	ein	ziemlich	sehr
		wenig		
1. Ich war ruhig _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
2. Ich fühlte mich geborgen _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
3. Ich fühlte mich angespannt _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
4. Ich war bekümmert _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
5. Ich war gelöst _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
6. Ich war aufgeregt _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
7. Ich war besorgt, daß etwas schiefgehen könnte _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
8. Ich fühlte mich ausgeruht _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
9. Ich war beunruhigt _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
10. Ich fühlte mich wohl _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
11. Ich fühlte mich selbstsicher _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
12. Ich war nervös _____	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

13. Ich war zappelig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Ich war verkrampft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Ich war entspannt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Ich war zufrieden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Ich war besorgt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Ich war überreizt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Ich war froh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Ich war vergnügt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	nicht	ein	ziemlich	sehr
		wenig		

---

# UNTERSUCHUNG ACROPHOBIA: FRAGEBOGEN PRES

Nur mit Netscape 2.0 (JavaScript) benutzen  
Fragebogen zur Selbstbeschreibung

[Image]

Bitte drücken sie diesen [Knopf] bevor sie mit dem Ausfüllen beginnen, damit die Daten des Nutzers vor Ihnen gelöscht werden.

Code: [\_\_\_\_]

Anleitung: Die folgenden Fragen enthalten eine Reihe von Feststellungen, mit denen man das Erleben während des Experiments beschreiben kann. Bitte lesen Sie jede Feststellung durch und wählen Sie aus den fünf Antworten diejenige aus, die angibt, wie sie die Situation während des Experiments erlebten. Klicken Sie bitte bei jeder Feststellung das Kästchen unter der von Ihnen gewählten Antwort an.

	zutreffend	eher zutreffend	weder/noch	eher unzutreffend	unzutreffend
Die virtuelle Welt					
1. erschien mir wirklicher als die reale Welt.	<input type="checkbox"/>				
Ich hatte das Gefühl, an einem Ort zu sein.					
2. Ich hatte das Gefühl, nur Bilder zu sehen.	<input type="checkbox"/>				
Ich hatte das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu sein.					
4. Ich war mir jederzeit bewußt, daß ich mich im Labor befinde.	<input type="checkbox"/>				
Ich vergaß, daß noch andere Personen im Labor anwesend waren.					
6. Personen im Labor anwesend waren.	<input type="checkbox"/>				



# UNTERSUCHUNG „AMT1“: ANLEITUNGSBLATT (KONDITION SELBSTBEWEGUNG)

[AMT1-SELF]

Anleitung zum Test

Liebe Versuchsperson,

zuerst möchten wir uns bei Ihnen bedanken, daß Sie sich die Zeit nehmen, um uns bei unserer Forschungsarbeit zu unterstützen.

## Wer sind wir?

Wir sind die igr group.

Die igr group ist ein Zusammenschluß von Leuten, die ein allgemeines Interesse an Mensch-Computer Schnittstellen haben. Insbesondere im Bezug auf deren mögliche Dreidimensionalität. Die Gruppe wurde 1995 als Teil des atelier, virtual der Bauhaus-Universität Weimar gegründet. Sie versucht, möglichst viele Disziplinen miteinander zu verbinden, um als Forum für Diskussionen zu dienen, sowie Arbeitsgruppen und Projekte aufzubauen. Dieses Experiment ist gleichzeitig Bestandteil einer Dissertationsarbeit an der Professur Informatik in der Architektur und Raumplanung (Prof. Donath).

## Was soll ich hier?

Um Interfaces (Schnittstellen) für virtuelle Welten aufzubauen, werden von Zeit zu Zeit von uns kleine Programme geschrieben, die uns Aufschluß über die Wirkung dieser Welten auf den Menschen geben; um sie besser gestalten zu können. Daher möchten wir Sie bitten, sich gleich in einen dieser Räume zu begeben und hinterher einen Fragebogen auszufüllen. Die ganze Aktion wird **ca. 20 Minuten** dauern,

## Wie funktioniert das?

Sie bekommen eine Datenbrille aufgesetzt. In der Datenbrille sind zwei kleine LCD-Monitore (für jedes Auge einer). Auf der Datenbrille ist ein Bewegungsmelder, der ihre Position und Ihre Blickrichtung mißt. Anhand dieser Daten werden die Bilder errechnet, die sie sehen können. Sie können sich dabei auf einer Fläche von vier Metern im Durchmesser frei bewegen.

## Der Versuch

Sie werden gleich in einen Raum kommen. Dort sollen sie sich **umschauen**. **Gleichzeitig zählen Sie bitte alle Schilder**, die sie finden. Was unter dem Begriff Schilder zu verstehen ist, müssen Sie selbst entscheiden. Nach **fünf Minuten** werden Sie dann gebeten, den Raum wieder zu verlassen, um den Fragebogen auszufüllen. Sie können den Versuch aber auch jederzeit abbrechen, wenn Sie es wünschen. Bitte beachten Sie, daß Sie **nicht die rote Linie überschreiten**, die Sie in der virtuellen Welt sehen werden.

Bitte setzen Sie jetzt die Datenbrille auf.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß!

Thore für die igr group

# UNTERSUCHUNG „AMT1“: ANLEITUNGSBLATT (KONDITION FREMDGESTEUERTE BEWEGUNG)

[AMT1-REC]

Anleitung zum Test

Liebe Versuchsperson,

zuerst möchten wir uns bei Ihnen bedanken, daß Sie sich die Zeit nehmen, um uns bei unserer Forschungsarbeit zu unterstützen.

## Wer sind wir?

Wir sind die igroup.

Die igr oup ist ein Zusammenschluß von Leuten, die ein allgemeines Interesse an Mensch-Computer Schnittstellen haben. Insbesondere im Bezug auf deren mögliche Dreidimensionalität. Die Gruppe wurde 1995 als Teil des atelier, virtual der Bauhaus-Universität Weimar gegründet. Sie versucht, möglichst viele Disziplinen miteinander zu verbinden, um als Forum für Diskussionen zu dienen, sowie Arbeitsgruppen und Projekte aufzubauen. Dieses Experiment ist gleichzeitig Bestandteil einer Dissertationsarbeit an der Professur Informatik in der Architektur und Raumplanung (Prof. Donath).

## Was soll ich hier?

Um Interfaces (Schnittstellen) für virtuelle Welten aufzubauen, werden von Zeit zu Zeit von uns kleine Programme geschrieben, die uns Aufschluß über die Wirkung dieser Welten auf den Menschen geben; um sie besser gestalten zu können. Daher möchten wir Sie bitten, sich gleich in einen dieser Räume zu begeben und hinterher einen Fragebogen auszufüllen. Die ganze Aktion wird **ca. 20 Minuten** dauern,

## Wie funktioniert das?

Sie bekommen eine Datenbrille aufgesetzt. In der Datenbrille sind zwei kleine LCD-Monitore (für jedes Auge einer). Auf der Datenbrille ist ein Bewegungsmelder, der ihre Position und Ihre Blickrichtung mißt. Anhand dieser Daten werden die Bilder errechnet, die sie sehen können. Sie können sich dabei auf einer Fläche von vier Metern im Durchmesser frei bewegen.

## Der Versuch

Sie werden gleich in einen Raum kommen. Dort werden Sie **vom Computer durch den Raum geführt**, den Sie sich **anschauen** sollen. **Gleichzeitig zählen Sie bitte alle Schilder**, die sie finden. Was unter dem Begriff Schilder zu verstehen ist, müssen Sie selbst entscheiden. Nach **fünf Minuten** werden Sie dann gebeten, den Raum wieder zu verlassen, um den Fragebogen auszufüllen Sie können den Versuch aber auch jederzeit abbrechen, wenn Sie es wünschen.

Bitte setzen Sie jetzt die Datenbrille auf.  
Wir wünschen Ihnen viel Spaß!

Thore für die igr oup

# UNTERSUCHUNG „AMT1“: FRAGEBOGEN

Dieser Fragebogen wird geschickt an \_\_\_\_\_ (nicht ändern!)

\_\_\_\_\_  
Fragebogen zur Einschätzung von virtuellen Umgebungen

Dieser Fragebogen soll das Erleben in virtuellen Umgebungen erfassen. Bitte denken Sie an die Zeit, die sie gerade in der VR verbracht haben. Alle Fragen beziehen sich darauf. Manche Fragen scheinen sich sehr ähnlich zu sein, das ist aus statistischen Gründen notwendig.

Beantworten Sie bitte ALLE Fragen, sonst können wir Ihre Daten nur schwer auswerten. Klicken Sie dazu die jeweiligen Felder an.

Sie können die gesamte Breite der Antwortmöglichkeiten nutzen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Es zählt einzig und allein Ihre Meinung.

Bitte tragen Sie als erstes Ihre Teilnehmer-Nummer ein. Ihre Antworten werden nur unter dieser Nummer erfasst und völlig anonym behandelt.

\_\_\_\_\_  
TEILNEHMER-NR:

Alter: \_\_\_\_\_ Geschlecht: Frau \_\_\_\_\_, oder Mann \_\_\_\_\_

Falls Sie nicht die vorgegebene Zeit in der VR verbracht haben, geben Sie bitte die Zeit an: \_\_\_\_\_ min

Bitte vom Versuchsleiter ausfüllen lassen: MOV-Value: \_\_\_\_\_

Wieviele Schilder haben Sie in der virtuellen Umgebung gezählt? :

Wie lang war der längste Flur [im Meter]?

\_\_\_\_\_  
Nr. 1 schilder\_z

War es schwierig, die Schilder zu erkennen?

gar nicht sehr

-3   -2   -1   0   +1   +2   +3

\_\_\_\_\_  
Nr. 2 p1

Wie sah die virtuelle Umgebung aus?

wie ein völlig abstrakter Raum wie ein realer Raum

-3   -2   -1   0   +1   +2   +3

dazwischen

\_\_\_\_\_  
Nr. 3 p2

Hat Ihnen das Erleben der virtuellen Welt Spass gemacht?

gar nicht sehr

-3   -2   -1   0   +1   +2   +3

\_\_\_\_\_  
Nr. 4 p3

Waren Sie vor dem Beginn des Experimentes aufgeregt?



trifft gar nicht zu									trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Nr. 12 s33

Ich fühlte mich im virtuellen Raum anwesend.

trifft gar nicht zu									trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Nr. 13 s34

Ich fühlte mich wie in einer anderen Welt.

trifft gar nicht zu									trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Nr. 14 s35

Ich hielt den virtuellen Raum nicht für wirklich.

trifft gar nicht zu									trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Nr. 15 s37

Meine reale Umgebung war mir nicht mehr bewußt.

trifft gar nicht zu									trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Nr. 16 s38

Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in Bann gezogen.

trifft gar nicht zu									trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Nr. 17 s39

Ich wußte, wie die virtuelle Umgebung hinter mir aussah.

trifft gar nicht zu									trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Nr. 18 s40

Ich achtete noch auf die reale Umgebung.



etwas, das ich ansah		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	ein Ort, den ich besuchte
-------------------------	--	----	----	----	---	----	----	----	------------------------------

Nr. 26 s62

Bitte geben Sie an, ob Sie der folgenden Aussage zustimmen: In der computererzeugten Welt hatte ich den Eindruck, dort gewesen zu sein...

überhaupt nicht		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	sehr stark
-----------------	--	----	----	----	---	----	----	----	------------

Nr. 27 s63u

Wenn Ihr Grad an Präsenz in der realen Welt 100 beträgt und der Grad an Präsenz 1 ist, wenn Sie bewusstlos sind, wie hoch war dann Ihre Präsenz in der virtuellen Welt?

1		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	100
					50				

Nr. 28 s64

Wie bewußt war Ihnen die reale Welt, während Sie sich durch die virtuelle Welt bewegten (z.B. Geräusche, Raumtemperatur, andere Personen etc.)?

extrem bewußt		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	unbewußt
					mittelmäßig bewußt				

Nr. 29 s75

In der virtuellen Welt fühlte ich mich, als ob ich...

...im realen Raum stehe und einen Helm aufhabe		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	...in der virtuellen Welt war
--	--	----	----	----	---	----	----	----	-------------------------------------

Verhalten

Nr. 30 c1

Ich konnte meine Bewegungen in der virtuellen Welt selbstständig steuern.

gar nicht		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	sehr
-----------	--	----	----	----	---	----	----	----	------

Nr. 31 c2

Ich habe in der virtuellen Umgebung sich bewegende Objekte gesehen.

gar nicht		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	viele
-----------	--	----	----	----	---	----	----	----	-------

---

Die nächsten drei Fragen bitte nur beantworten, wenn diese Frage mit JA (> 0) beantwortet wurde:

---

Nr. 32 c3

Diese sich bewegenden Objekte schienen aufeinander zu reagieren und einen Sinn zu ergeben.

gar nicht									sehr
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Nr. 33 c4

Ich hatte den Eindruck, daß diese Veränderungen auf meine eigenen Bewegungen reagiert haben.

gar nicht									sehr
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Nr. 34 c5

Ich habe selbst auf diese Veränderungen geachtet und auf sie reagiert.

gar nicht									sehr
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Erfahrungen mit ähnlicher Technik

---

Nr. 35 e1

Wie oft haben sie diese oder ähnliche Virtual-Reality-Technik schon erlebt und benutzt?

noch nie									sehr häufig
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Nr. 36 e2

Wie oft benutzen Sie 3D-Computer-Programme, z.B. 3D-Animationsprogramme, 3D-Spiele etc.?

noch nie									sehr häufig
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Nun kommen 8 Fragen über Erfahrungen, die in Ihrem täglichen Leben schon einmal vorgekommen sein können. Wir sind daran interessiert, wie oft Sie diese Erfahrungen gemacht haben. Doch ist es hierbei wichtig, daß Ihre Antworten zeigen, wie oft diese Erfahrungen auftraten, als Sie nicht unter dem Einfluß von Alkohol oder Drogen gestanden haben. Um die Fragen zu beantworten, bestimmen Sie bitte, in welchem Ausmaß die beschriebenen Erfahrungen in den Fragen auf Sie zutreffen und klicken Sie den entsprechenden Kreis an. Lassen Sie bitte keine Frage aus.

---

Nr. 37 des1

Einige Menschen machen die Erfahrung, in ihrem Besitz neue Dinge zu finden, wobei sie sich nicht erinnern können, sie gekauft zu haben.  
Wie häufig haben Sie so etwas schon einmal erlebt?





# UNTERSUCHUNG “AMT2”: ANLEITUNGSBLATT (KONDITION KEINE INTERAKTION)

[AMT2 – ZWEI]

Anleitung zum Test

Liebe Versuchsperson,

zuerst möchten wir uns bei Ihnen bedanken, daß Sie sich die Zeit nehmen, um uns bei unserer Forschungsarbeit zu unterstützen.

Wer sind wir?

Wir sind die igroup.

Die igroup ist ein Zusammenschluß von Leuten, die ein allgemeines Interesse an Mensch- Computer Schnittstellen haben. Insbesondere im Bezug auf deren mögliche Dreidimensionalität. Die Gruppe wurde 1995 als Teil des atelier, virtual der Bauhaus-Universität Weimar gegründet. Sie versucht möglichst viele Disziplinen miteinander zu verbinden, um als Forum für Diskussionen zu dienen, sowie Arbeitsgruppen und Projekte aufzubauen. Dieses Experiment ist gleichzeitig Bestandteil einer Dissertationsarbeit an der Professur Informatik in der Architektur und Raumplanung (Prof. Donath).

Was soll ich hier?

Um Interfaces (Schnittstellen) für virtuelle Welten aufzubauen, werden von Zeit zu Zeit von uns kleine Programme geschrieben, die uns Aufschluß über die Wirkung dieser Welten auf den Menschen geben, um sie besser gestalten zu können.

Daher möchten wir Sie bitten, sich gleich in einen dieser Räume zu begeben und hinterher einen Fragebogen auszufüllen. Die ganze Aktion wird **ca. 20 Minuten** dauern.

Der Versuch

Sie werden gleich in einen Raum kommen. Dort sollen sie sich **umschauen. Gleichzeitig zählen Sie bitte alle Schilder**, die sie finden. Was unter dem Begriff Schilder zu verstehen ist, müssen Sie selbst entscheiden. Sie können sich dabei auf einer Fläche von vier Metern im Durchmesser frei bewegen. Nach **fünf Minuten** werden Sie dann gebeten, den Raum wieder zu verlassen, um den Fragebogen auszufüllen. Sie können den Versuch aber auch jederzeit abbrechen, wenn Sie es wünschen. Bitte beachten Sie, daß Sie **nicht die rote Linie überschreiten**, die Sie in der virtuellen Welt sehen werden.

Wichtiger Hinweis

In der virtuellen Welt wird es einige Objekte geben, die sich in einer gewissen Art und Weise bewegen. Wann und wie dies passiert entscheidet nur der Computer (durch seinen Programmablauf); Sie haben keinen Einfluß auf diese Bewegungen, sie sind ein "unsichtbarer Zeuge", ähnlich wie im Kino.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß !

# UNTERSUCHUNG "AMT2": ANLEITUNGSBLATT (KONDITION IMAGINIERTER INTERAKTION)

[AMT2 - EINS]

Anleitung zum Test

Liebe Versuchsperson,  
zuerst möchten wir uns bei Ihnen bedanken, daß Sie sich die Zeit nehmen, um uns bei unserer Forschungsarbeit zu unterstützen.

Wer sind wir ?

Wir sind die igroup.

Die igroup ist ein Zusammenschluß von Leuten, die ein allgemeines Interesse an Mensch-Computer Schnittstellen haben. Insbesondere im Bezug auf deren mögliche Dreidimensionalität. Die Gruppe wurde 1995 als Teil des atelier, virtual der Bauhaus-Universität Weimar gegründet. Sie versucht möglichst viele Disziplinen miteinander zu verbinden, um als Forum für Diskussionen zu dienen, sowie Arbeitsgruppen und Projekte aufzubauen.

Dieses Experiment ist gleichzeitig Bestandteil einer Dissertationsarbeit an der Professur Informatik in der Architektur und Raumplanung (Prof. Donath).

Was soll ich hier?

Um Interfaces (Schnittstellen) für virtuelle Welten aufzubauen, werden von Zeit zu Zeit von uns kleine Programme geschrieben, die uns Aufschluß über die Wirkung dieser Welten auf den Menschen geben; um sie besser gestalten zu können.

Daher möchten wir Sie bitten, sich gleich in einen dieser Räume zu begeben und hinterher einen Fragebogen auszufüllen. Die ganze Aktion wird **ca. 20 Minuten** dauern.

Der Versuch

Sie werden gleich in einen Raum kommen. Dort sollen sie sich **umschauen. Gleichzeitig zählen Sie bitte alle Schilder**, die sie finden. Was unter dem Begriff Schilder zu verstehen ist, müssen Sie selbst entscheiden. Sie können sich dabei auf einer Fläche von vier Metern im Durchmesser frei bewegen. Nach **fünf Minuten** werden Sie dann gebeten, den Raum wieder zu verlassen, um den Fragebogen auszufüllen. Sie können den Versuch aber auch jederzeit abbrechen, wenn Sie es wünschen. Bitte beachten Sie, daß Sie **nicht die rote Linie überschreiten**, die Sie in der virtuellen Welt sehen werden.

Wichtiger Hinweis

In der virtuellen Welt wird es einige Objekte geben, die auf Ihre Bewegungen in einer gewissen Art und Weise reagieren. Wann und wie dies passiert entscheiden nur Sie (durch Ihr Umherlaufen) und der Computer (durch seinen Programmablauf), nicht jedoch der Testleiter oder irgendeine Person im realen Raum.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß !

# UNTERSUCHUNG „AMT2“: FRAGEBOGEN

Fragebogen zur Einschätzung von virtuellen Umgebungen

Dieser Fragebogen soll das Erleben in virtuellen Umgebungen erfassen. Bitte denken Sie an die Zeit, die sie gerade in der VR verbracht haben. Alle Fragen beziehen sich darauf. Manche Fragen scheinen sich sehr ähnlich zu sein, das ist aus statistischen Gründen notwendig.

Beantworten Sie bitte ALLE Fragen, sonst können wir Ihre Daten nur schwer auswerten. Kreuzen Sie dazu die jeweiligen Felder an.

Sie können die gesamte Breite der Antwortmöglichkeiten nutzen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Es zählt einzig und allein Ihre Meinung. Bitte tragen Sie als erstes Ihre Teilnehmer-Nummer ein. Ihre Antworten werden nur unter dieser Nummer erfaßt und völlig anonym behandelt.

TEILNEHMER-NR: \_\_\_\_\_

Alter: \_\_\_\_\_

Geschlecht: Frau , oder Mann

Wenn Sie in letzter Zeit ernsthaft krank waren, dann sprechen Sie bitte den Versuchsleiter jetzt darauf an.

Wie körperlich fit fühlen Sie sich zur Zeit?

gar nicht	<input type="radio"/>	sehr						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Bitte führen Sie jetzt das Experiment durch und blättern Sie dann weiter

Falls Sie nicht die vorgegebene Zeit in der VR verbracht haben, geben Sie bitte die Zeit an:

\_\_\_\_\_ min .

MOV-Wert: \_\_\_\_\_

=====

Wieviele Schilder haben Sie in der virtuellen Umgebung gezählt? : \_\_\_\_\_  
Wie lang war der längste Flur [im Metern]? \_\_\_\_\_

Nr. 1 schilder\_z  
War es schwierig, die Schilder zu erkennen?

gar nicht	<input type="radio"/>	sehr						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 2 p1  
Wie sah die virtuelle Umgebung aus?

wie ein völlig abstrakter Raum	<input type="radio"/>	wie ein						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
				realer Raum				
				dazwischen				

Nr. 3 p2  
Hat Ihnen das Erleben der virtuellen Welt Spass gemacht?

gar nicht	<input type="radio"/>	sehr						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 4 p3  
Waren Sie vor dem Beginn des Experimentes aufgeregt?



trifft gar nicht zu  -3  -2  -1  0  +1  +2  +3 trifft völlig zu

Nr. 15 s37

Meine reale Umgebung war mir nicht mehr bewußt.

trifft gar nicht zu  -3  -2  -1  0  +1  +2  +3 trifft völlig zu

Nr. 16 s38

Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in Bann gezogen.

trifft gar nicht zu  -3  -2  -1  0  +1  +2  +3 trifft völlig zu

Nr. 17 s39

Ich wußte, wie die virtuelle Umgebung hinter mir aussah.

trifft gar nicht zu  -3  -2  -1  0  +1  +2  +3 trifft völlig zu

Nr. 18 s40

Ich achtete noch auf die reale Umgebung.

trifft gar nicht zu  -3  -2  -1  0  +1  +2  +3 trifft völlig zu

Nr. 19 s41

In meiner Vorstellung war ich ein Teil des virtuellen Raumes.

trifft gar nicht zu  -3  -2  -1  0  +1  +2  +3 trifft völlig zu

Nr. 20 s42

Ich konzentrierte mich nur noch auf die virtuelle Umgebung.

trifft gar nicht zu  -3  -2  -1  0  +1  +2  +3 trifft völlig zu

Nr. 21 s44

Ich hatte das Gefühl, daß die virtuelle Umgebung hinter mir weitergeht.

trifft gar nicht zu  -3  -2  -1  0  +1  +2  +3 trifft völlig zu

Nr. 22 s46

Ich fühlte mich eins mit der virtuellen Umgebung.

trifft gar nicht zu  -3  -2  -1  0  +1  +2  +3 trifft völlig zu

Nr. 23 s48

Wie real erschien Ihnen die virtuelle Umgebung?

vollkommen real  -3  -2  -1  0  +1  +2  +3 gar nicht real  
weder  
noch

Nr. 24 s60

Wie oft fühlten Sie, daß die virtuelle Welt für Sie zur „Realität“ wurde und Sie damit die reale Welt außerhalb vergessen haben?

nie  -3  -2  -1  0  +1  +2  +3 fast immer

Nr. 25 s61

Erschien Ihnen die virtuelle Welt als etwas, was Sie angesehen haben oder als ein Ort, den Sie besucht haben?

etwas, das ich ansah	<input type="radio"/>	ein Ort, den ich besuchte						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 26 s62

Bitte geben Sie an, ob Sie der folgenden Aussage zustimmen: In der computererzeugten Welt hatte ich den Eindruck, dort gewesen zu sein...

überhaupt nicht	<input type="radio"/>	sehr stark						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 27 s63u

Wenn Ihr Grad an Präsenz in der realen Welt 100 beträgt und der Grad an Präsenz 1 ist, wenn Sie bewußtlos sind, wie hoch war dann Ihre Präsenz in der virtuellen Welt?

1	<input type="radio"/>	100						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
				50				

Nr. 28 s64

Wie bewußt war Ihnen die reale Welt, während Sie sich durch die virtuelle Welt bewegten (z.B. Geräusche, Raumtemperatur, andere Personen etc.)?

extrem bewußt	<input type="radio"/>	unbewußt						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
				mittelmäßig bewußt				

Nr. 29 s75

In der virtuellen Welt fühlte ich mich, als ob ich...

...im realen Raum stehe und einen Helm aufhabe	<input type="radio"/>							
...in der virtuellen Welt war	<input type="radio"/>							
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Verhalten

Nr. 30 c1

Ich konnte meine Bewegungen in der virtuellen Welt selbstständig steuern.

gar nicht	<input type="radio"/>	sehr						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 31 c2

Ich habe in der virtuellen Umgebung sich bewegende Objekte gesehen.

gar nicht	<input type="radio"/>	viele						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Die nächsten drei Fragen bitte nur beantworten, wenn diese Frage mit JA (>-1) beantwortet wurde:

Nr. 32 c3

Diese sich bewegenden Objekte schienen aufeinander zu reagieren und einen Sinn zu ergeben.

gar nicht	<input type="radio"/>	sehr						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 34 c5

Ich habe selbst auf diese Veränderungen geachtet und auf sie reagiert.

gar nicht	<input type="radio"/>	sehr						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Erfahrungen mit ähnlicher Technik

Nr. 35 e1

Wie oft haben sie diese oder ähnliche Virtual-Reality-Technik schon erlebt und benutzt?

noch nie	<input type="radio"/>	sehr häufig						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 36 e2

Wie oft benutzen Sie 3D-Computer-Programme, z.B. 3D-Animationsprogramme, 3D-Spiele etc.?

noch nie	<input type="radio"/>	sehr häufig						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nun kommen 8 Fragen über Erfahrungen, die in Ihrem täglichen Leben schon einmal vorgekommen sein können. Wir sind daran interessiert, wie oft Sie diese Erfahrungen gemacht haben. Doch ist es hierbei wichtig, daß Ihre Antworten zeigen, wie oft diese Erfahrungen auftraten, als Sie nicht unter dem Einfluß von Alkohol oder Drogen gestanden haben. Um die Fragen zu beantworten, bestimmen Sie bitte, in welchem Ausmaß die beschriebenen Erfahrungen in den Fragen auf Sie zutreffen und klicken Sie den entsprechenden Kreis an. Lassen Sie bitte keine Frage aus.

Nr. 37 des1

Einige Menschen machen die Erfahrung, in ihrem Besitz neue Dinge zu finden, wobei sie sich nicht erinnern können, sie gekauft zu haben.

Wie häufig haben Sie so etwas schon einmal erlebt?

noch nie	<input type="radio"/>	schon sehr oft						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 38 des2

Einige Menschen haben manchmal das Gefühl, als ständen sie neben sich oder beobachten sich, wie sie etwas tun und sehen sich selber so, als würden sie eine fremde Person betrachten.

Wie häufig haben Sie so etwas schon einmal erlebt?

noch nie	<input type="radio"/>	schon sehr oft						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 39 des3

Einige Menschen fühlen manchmal, daß andere Personen, Gegenstände und die Welt, die sie umgibt, nicht wirklich sind.

Wie häufig haben Sie so etwas schon einmal erlebt?

noch nie	<input type="radio"/>	schon sehr oft						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 40 des4

Einige Menschen machen beim Autofahren die Erfahrung, daß sie sich plötzlich nicht daran erinnern können, was während der ganzen Fahrt oder einem Teil der Fahrt geschehen ist.

Wie häufig haben Sie so etwas schon einmal erlebt?

noch nie	<input type="radio"/>	schon sehr oft						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 41 des5

Einige Menschen machen manchmal die Erfahrung, sich an ein vergangenes Ereignis so lebendig zu erinnern, daß sie so fühlen, als ob sie dieses Ereignis noch einmal durchleben.

Wie häufig haben Sie so etwas schon einmal erlebt?

noch nie	<input type="radio"/>	schon sehr oft						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 42 des6

Einige Menschen stellen bei sich fest, daß, wenn sie Fernsehen oder einen Film anschauen, sie derartig durch die Geschichte gefesselt sind, daß sie andere Ereignisse, die um sie herum passieren, nicht bemerken.

Wie häufig haben Sie so etwas schon einmal erlebt?

noch nie	<input type="radio"/>	schon sehr oft						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 43 des7

Einige Menschen bemerken manchmal, daß sie so stark in eine Phantasie oder einen Tagtraum hineingezogen werden, so daß sie fühlen, dies sei ihnen alles wirklich passiert.

Wie häufig haben Sie so etwas schon einmal erlebt?

noch nie	<input type="radio"/>	schon sehr oft						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Nr. 44 des8

Einige Menschen machen die Erfahrung, daß sie manchmal starrend in einem Raum sitzen, an nichts denken und nicht bemerken, wie die Zeit vergeht.

Wie häufig haben Sie so etwas schon einmal erlebt?

noch nie	<input type="radio"/>	schon sehr oft						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Manchmal haben Virtual-Reality-Simulationen gewisse Nebenwirkungen, die der Seerkrankheit oder dem Unwohlsein beim Fliegen ähneln. Bitte geben Sie anhand der folgenden Liste von Symptomen an, welche dieser Symptome Sie während oder nach dem Aufenthalt in der VR verspürten.

Nr. 45 ssq1

Allgemeines Unwohlsein

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
nicht	leicht	etwas	schwer

Nr. 46 ssq2

Ermüdung

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
nicht	leicht	etwas	schwer

Nr. 47 ssq3

Kopfschmerzen

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
nicht	leicht	etwas	schwer

Nr. 48 ssq4

Augenschmerzen

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
nicht	leicht	etwas	schwer

Nr. 49 ssq5  
Schwierigkeiten, scharf zu sehen

nicht       leicht       etwas       schwer

Nr. 50 ssq6  
Verstärkter Speichelfluß

nicht       leicht       etwas       schwer

Nr. 51 ssq7  
Schwitzen

nicht       leicht       etwas       schwer

Nr. 52 ssq8  
Übelkeit

nicht       leicht       etwas       schwer

Nr. 53 ssq9  
Konzentrationsprobleme

nicht       leicht       etwas       schwer

Nr. 54 ssq10  
einen „dicken Schädel“

nicht       leicht       etwas       schwer

Nr. 55 ssq11  
Verschwommenes Sehen

nicht       leicht       etwas       schwer

Nr. 56 ssq12  
Schwindelgefühl (mit offenen Augen)

nicht       leicht       etwas       schwer

Nr. 57 ssq13  
Schwindelgefühl (mit geschlossenen Augen)

nicht       leicht       etwas       schwer

Nr. 58 ssq14  
Vertigo (Verlust der Orientierung in Bezug darauf, wo oben und unten ist)

nicht       leicht       etwas       schwer

Nr. 59 ssq15  
Komisches Gefühl im Bauch

nicht       leicht       etwas       schwer

Nr. 60 ssq16  
Aufstoßen

o nicht            o leicht            o etwas                            o schwer

Bitte beschreiben Sie hier kurz, wie die Schilder ausgesehen haben, die Sie gezählt haben:

Wenn Sie diese Untersuchung interessant fanden, dann tragen Sie uns doch bitte hier Ihre Email-Adresse ein. Wir werden Sie dann benachrichtigen, wenn neue Experimente oder Fragebogenstudien im WWW stattfinden.

email: \_\_\_\_\_

# UNTERSUCHUNG „PRESENCE QUESTIONNAIRE“: FRAGEBOGEN

Fragebogen zur Einschätzung von virtuellen Umgebungen

Dieser Fragebogen soll das Erleben in virtuellen Umgebungen erfassen. Mit virtuellen Umgebungen sind alle computererzeugten räumlichen Umgebungen gemeint, mit denen man aktiv interagieren kann. Beispiele sind 3D-Spiele am Bildschirm (Doom, Quake), VR mit Helmdisplay oder 3D-Brille, aber genauso gut textvermittelte Umgebungen wie MUDs & MOOs.

Wenn Sie den Fragebogen ausfüllen möchten, dann befolgen Sie bitte die folgenden Instruktionen. Sie werden zum Ausfüllen ca. 15 min brauchen. Über weitere Kommentare freuen wir uns.

Bitte erinnern Sie sich an eine Ihrer letzten Erfahrungen mit einer virtuellen Umgebung zurück, z.B. Ihr letztes Quake-Spiel. Beantworten Sie dann alle Fragen in Bezug auf dieses eine Erlebnis. Klicken Sie dazu die jeweiligen Felder an. Sie können die gesamte Breite der Antwortmöglichkeiten nutzen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, es zählt nur Ihre Meinung. Bitte füllen Sie den Fragebogen nur einmal aus.

Welche Ausgabe-Technik benutzten Sie?

War die visuelle Darstellung stereoskopisch (zwei unterschiedliche Bilder für linkes und rechtes Auge)  
ja,... nein.

Was hörten Sie von der virtuellen Umgebung?  
kein Sound. Mono-Sound Stereo-Sound.

Welche Interaktionsgeräte benutzten Sie?  
Tastatur, Maus, Joystick, Datenhandschuh, andere:

Welche Anwendung benutzten Sie?

Bitte tragen Sie hier den Namen des Programmes bzw. Spieles ein:

Wie lange dauerte Ihre Interaktion mit der virtuellen Umgebung insgesamt:  
ca: (z.B. 30 min)

Waren noch andere Personen gemeinsam mit Ihnen in der virtuellen Umgebung?  
ja,... nein

Wenn ja, wie viele?

Interagierten Sie direkt mit den anderen Personen (z.B. mit ihnen sprechen, mit ihnen spielen etc.)?  
ja,... nein

Noch ein Hinweis: Wenn eine der Fragen nicht für Ihre virtuelle Umgebung zutrifft, dann lassen Sie sie bitte einfach unbeantwortet. Und bitte denken Sie daran: beantworten Sie alle Fragen jeweils in Bezug auf dieses eine Erlebnis.

Frage Nr. 1

Wie erfahren waren Sie mit diesem Programm bzw. dieser virtuellen Umgebung?

gar nicht

sehr erfahren



Frage Nr. 8

Konnten Sie vorhersehen, was als Nächstes als Folge Ihrer Handlungen passieren würde?

überhaupt nicht								vollständig
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
				etwas				

---

Frage Nr. 9

Wie vollständig konnten Sie durch Umherschauen aktiv Ihre Umgebung durch- oder untersuchen?

überhaupt nicht								vollständig
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
				etwas				

---

Frage Nr. 10

Wie überzeugend war Ihr Gefühl, daß Sie in der virtuellen Umgebung umhergegangen sind?

überhaupt nicht überzeugend								vollständig überzeugend
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
				teilweise überzeugend				

---

Frage Nr. 11

Wie gründlich konnten Sie Objekte untersuchen?

überhaupt nicht								sehr gründlich
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
				ziemlich gründlich				

---

Frage Nr. 12

Wie gut konnten Sie Objekte von verschiedenen Blickwinkeln aus untersuchen?

überhaupt nicht								sehr gut
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
				mittel				

---

Frage Nr. 13

Wie gut konnten Sie Objekte in der virtuellen Umgebung bewegen oder manipulieren?

überhaupt nicht								sehr gut
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
				teilweise				

---

Frage Nr. 14

Wie eingenommen waren Sie vom Erleben der virtuellen Umgebung?

gar nicht								vollständig
-----------	--	--	--	--	--	--	--	-------------





schwer								sehr leicht
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
				mittel				

Frage Nr. 27

Stimmen die Informationen, die Sie über verschiedene Sinneskanäle (sehen, hören) aus der virtuellen Umgebung erhalten haben, miteinander überein?

nicht übereinstimmend								völlig übereinstimmend
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
				etwas übereinstimmend				

Frage Nr. 28

Ich hatte nicht das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu sein.

hatte nicht das Gefühl								hatte das Gefühl
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Frage Nr. 29

Ich hatte das Gefühl, an einem Ort zu sein.

trifft gar nicht zu								trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Frage Nr. 30

Ich hatte das Gefühl, nur Bilder zu sehen.

trifft gar nicht zu								trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Frage Nr. 31

Ich hatte das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu handeln statt etwas von außen zu bedienen.

trifft gar nicht zu								trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Frage Nr. 32

Ich war mir jederzeit bewußt, daß ich mich immer noch in der realen Welt befand.

trifft gar nicht zu								trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	

Frage Nr. 33

Ich fühlte mich im virtuellen Raum anwesend.

trifft gar nicht									
zu	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		trifft völlig zu

---

Frage Nr. 34

Ich fühlte mich wie in einer anderen Welt.

trifft gar nicht									
zu	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		trifft völlig zu

---

Frage Nr. 35

Ich hielt den virtuellen Raum nicht für wirklich.

trifft gar nicht									
zu	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		trifft völlig zu

---

Frage Nr. 36

Ich empfand die Situation als albern.

trifft gar nicht									
zu	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		trifft völlig zu

---

Frage Nr. 37

Meine reale Umgebung war mir nicht mehr bewußt.

trifft gar nicht									
zu	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		trifft völlig zu

---

Frage Nr. 38

Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in Bann gezogen.

trifft gar nicht									
zu	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		trifft völlig zu

---

Frage Nr. 39

Ich wußte, wie die virtuelle Umgebung hinter mir aussah.

trifft gar nicht									
zu	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		trifft völlig zu

---

Frage Nr. 40

Ich achtete noch auf die reale Umgebung.

trifft gar nicht



Frage Nr. 48

Wie real erschien Ihnen die virtuelle Umgebung?

vollkommen real		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	gar nicht real
					weder noch				

Frage Nr. 49

War das Erleben der virtuellen Umgebung für Sie spannend?

gar nicht spannend		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	sehr spannend
					ziemlich spannend				

Frage Nr. 50

Haben Sie eine Handlung oder eine Story in der virtuellen Welt gesehen?

nein, keine Handlung		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	ja, Handlung war enthalten
-------------------------	--	----	----	----	---	----	----	----	-------------------------------

Frage Nr. 51

Wirkte die virtuelle Welt eher realistisch wie ein Foto oder eher abstrakt/phantastisch?

sehr realistisch		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	sehr abstrakt
------------------	--	----	----	----	---	----	----	----	---------------

Frage Nr. 52

Konnten Sie vorhersagen oder ahnen, was im nächsten Augenblick passieren würde?

gar nicht		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	immer
					manchmal				

Frage Nr. 53

Gab es unerwartete Höhepunkte / Momente innerhalb der virtuellen Welt?

keine		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	viele
					einige				

Frage Nr. 54

Erschien Ihnen die virtuelle Welt wie ein Film, in dem Sie mitspielten?

trifft gar nicht zu									trifft völlig zu
------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------

-3    -2    -1    0    +1    +2    +3

Frage Nr. 55

Hatten Sie den Eindruck, in die Handlung eingreifen zu können?

trifft gar nicht zu	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	trifft völlig zu
------------------------	----	----	----	---	----	----	----	------------------

Frage Nr. 56

Gab es dramatische Momente im Erleben der virtuellen Welt?

keine	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	viele
				einige				

Frage Nr. 57

War das Erleben der virtuellen Welt vergleichbar mit dem Lesen eines guten Buches, bloß schneller?

nicht vergleichbar	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	vergleichbar
				teilweise vergleichbar				

Frage Nr. 58

War das Erleben der virtuellen Welt vergleichbar mit dem Besuch eines guten Kinofilms?

nicht vergleichbar	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	vergleichbar
				teilweise vergleichbar				

Frage Nr. 59

Wie real erschien Ihnen die virtuelle Welt?

wie eine vorgestellte Welt	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	nicht zu unterscheiden von der realen Welt
-------------------------------	----	----	----	---	----	----	----	--

Frage Nr. 60

Wie oft fühlten Sie, daß die virtuelle Welt für Sie zur „Realität“ wurde und Sie damit die reale Welt außerhalb vergessen haben?

nie	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	fast immer
-----	----	----	----	---	----	----	----	------------

Frage Nr. 61

Erschien Ihnen die virtuelle Welt als etwas, was Sie angesehen haben oder als ein Ort, den Sie besucht haben?

etwas, das ich ansah									ein Ort, den ich besuchte
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Frage Nr. 62

Bitte geben Sie an, ob Sie der folgenden Aussage zustimmen: In der computererzeugten Welt hatte ich den Eindruck, dort gewesen zu sein...

überhaupt nicht									sehr stark
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		

---

Frage Nr. 63

Wenn Ihr Grad an Präsenz in der realen Welt 100 beträgt und der Grad an Präsenz 1 ist, wenn Sie bewusstlos sind, wie hoch war dann Ihre Präsenz in der virtuellen Welt?

100									1
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		
				50					

---

Frage Nr. 64

Wie bewußt war Ihnen die reale Welt, während Sie sich durch die virtuelle Welt bewegten (z.B. Geräusche, Raumtemperatur, andere Personen etc.)?

extrem bewußt									unbewußt
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		
				mittelmäßig bewußt					

---

Bitte füllen Sie die folgenden Fragen nur aus, wenn Sie auf Ihre virtuelle Umgebung zutreffen!

---

Frage Nr. 65

Falls Audio-Ausgaben vorhanden waren:

Wie sehr haben Sie die akustischen Aspekte der virtuellen Umgebung eingenommen?

überhaupt nicht									vollständig
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		
				etwas					

---

Frage Nr. 66

Wie gut konnten Sie Geräusche erkennen?

überhaupt nicht									vollständig
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		
				etwas					

---

Frage Nr. 67

Wie gut konnten Sie Geräusche orten?

überhaupt nicht vollständig

-3   -2   -1   0   +1   +2   +3

etwas

---

Frage Nr. 68

Falls bewegte Objekte vorhanden waren:

Wie überzeugend war Ihr Eindruck von den Objekten, die sich durch den virtuellen Raum bewegten?

überhaupt nicht völlig  
überzeugend

-3   -2   -1   0   +1   +2   +3

etwas  
überzeugend

---

Frage Nr. 69

Falls Ereignisse in der realen Welt auftraten:

In welchem Ausmaß haben Sie die Ereignisse außerhalb der virtuellen Umgebung vom Erleben in der virtuellen Umgebung abgelenkt?

überhaupt nicht sehr stark

-3   -2   -1   0   +1   +2   +3

etwas

---

Frage Nr. 70

Falls zutreffend: Ich war manchmal erschrocken bei plötzlichen Veränderungen im virtuellen Raum.

trifft gar nicht trifft völlig zu  
zu

-3   -2   -1   0   +1   +2   +3

---

Frage Nr. 71

Falls noch andere Personen im realen Raum anwesend waren:

Ich vergaß, daß noch andere Personen anwesend waren.

trifft gar nicht trifft völlig zu  
zu

-3   -2   -1   0   +1   +2   +3

---

Frage Nr. 72

Ich fühlte mich von den anderen Personen im realen Raum beobachtet.

trifft gar nicht trifft völlig zu  
zu

-3   -2   -1   0   +1   +2   +3

---

Frage Nr. 73

Falls noch andere Personen im virtuellen Raum anwesend waren:

Ich hatte das Gefühl, tatsächlich in einem Raum mit den anderen zu sein.

trifft gar nicht



# UNTERSUCHUNG „PRESENCE QUESTIONNAIRE II“: FRAGEBOGEN (DEUTSCH)

F R A G E B O G E N    Z U M  
E R L E B E N    I N    C O M P U T E R W E L T E N

Ein Projekt der igroup

---

Vielen Dank für Ihr Interesse an unserer Befragung. Sie werden etwa 20 - 30 min zum Ausfüllen brauchen. Sie können den Fragebogen offline bearbeiten; zum Abschicken der Daten müssen Sie am Schluss dann wieder online gehen.

Teil 1.

---

Computerwelten oder virtuelle Umgebungen kennen wir aus Computerspielen und aus anderen Anwendungen. Wenn man Interaktionen mit solchen Programmen beschreiben möchte, dann kann man dazu Metaphern und sprachliche Bilder benutzen. Wir möchten nun von Ihnen wissen: Welche Metapher beschreibt am besten, wie Sie sich Ihre Interaktion mit virtuellen Umgebungen vorstellen? Zur Erläuterung ein Beispiel:

Angenommen, man sollte beschreiben, wie es ist, ein Instrument zu spielen. Dazu könnte man sagen: Ein Instrument zu spielen ist, wie mit dem Instrument zu reden, indem... Oder: Ein Instrument spielen heißt, ein Gerät zu bedienen... Oder aber: Wenn man ein Instrument spielt, lässt man sich auf einem Fluss treiben...

Welche Metapher oder welches Bild würden Sie benutzen, um die Art zu beschreiben, wie Sie mit einer virtuellen Umgebung interagieren? Bitte stellen Sie Ihr Bild wenn möglich ausführlicher dar (2-3 Sätze oder mehr).

Teil 2.

---

Erinnern Sie sich bitte an eine der letzten Situationen, in denen Sie in bzw. mit einer virtuellen Umgebung interagierten. Das kann ein Spiel oder eine Arbeitssituation gewesen sein. Versetzen Sie sich in diese Situation zurück. Beantworten Sie bitte alle Fragen in Bezug auf diese eine Interaktionsepisode mit einer virtuellen Umgebung. Klicken Sie dazu die jeweiligen Felder an.

Wann fand die Episode, auf die Sie sich beziehen, statt?

Welche Computer-Technik benutzten Sie?

; falls andere:

Welche Ausgabe-Technik benutzten Sie?

Was hörten Sie von der virtuellen Umgebung?

Welche Interaktionsgeräte benutzten Sie?

Tastatur, Maus, Joystick, Konsolen-Controller  
 Datenhandschuh,  
 andere bzw. Einzelheiten (z.B. Rumble Pack, Steuerräder):

Wie war Ihre Perspektive auf die virtuelle Umwelt? (Falls die Perspektive wechselte, beschreiben Sie bitte die häufigste Perspektive.)

„Durch die Augen meiner Figur“, sogenannte First-Person Perspective

Hände/Arme/Gegenstände/Waffen der Figur waren sichtbar  
 Lenkrad/Cockpit o.ä. vor der Figur war sichtbar

„Hinter/Über meiner Figur“, sogenannte Third-Person Perspective

Eine Figur war sichtbar  
 Ein Fahrzeug o.ä. war sichtbar

Wie lange dauerte Ihre Interaktion mit der virtuellen Umgebung?

ca: min (z.B. 30 min)

Waren noch andere (reale) Personen gemeinsam mit Ihnen in der virtuellen Umgebung?

ja, nein

Wenn ja, wie viele?

Interagierten Sie direkt mit den anderen Personen (z.B. mit ihnen sprechen, mit ihnen spielen etc.)?  
 ja, nein

Waren noch andere simulierte Charaktere (z.B. Computerspielgegner) gemeinsam mit Ihnen in der virtuellen Umgebung?

ja, nein

Wenn möglich, tragen Sie bitte den Namen des Programmes bzw. Spieles ein, das Sie benutzen:

Was war der Grund bzw. Ihre Motivation zur Benutzung dieses Programmes/  
dieses Spiels?

Sie sehen nun einige Aussagen darüber, wie und was Sie erlebten. Bitte geben Sie jeweils an, ob die Aussage zutrifft oder nicht. Sie können die gesamte Breite der Antwortmöglichkeiten nutzen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, es zählt nur Ihre Meinung.

Wenn eine der Fragen nicht für Ihre virtuelle Umgebung zutrifft, dann lassen Sie sie einfach unbeantwortet. Ihnen wird auffallen, daß sich manche Fragen sehr ähneln; das ist aus statistischen Gründen notwendig - wir bitten um Verständnis. Und bitte denken Sie daran: beantworten Sie alle Fragen jeweils in Bezug auf dieses eine Erlebnis.

Denken Sie, daß Sie eine neue technologische Qualität erlebt haben?

absolut neu		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		gar nicht neu
										s94/0

---

Wie oft fühlten Sie, daß die virtuelle Welt für Sie zur „Realität“ wurde und Sie damit die reale Welt außerhalb vergessen haben?

nie		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		fast immer
										s60/1

---

Haben Sie eine Handlung oder eine Story in der virtuellen Welt gesehen?

nein, keine Handlung		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		ja, Handlung war enthalten
										s50/2

---

Konnten Sie vorhersagen oder ahnen, was im nächsten Augenblick passieren würde?

gar nicht		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		immer
					manchmal					s52/3

---

Wie vollständig konnten Sie durch Umherschauen aktiv Ihre Umgebung durch- oder untersuchen?

überhaupt nicht		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		vollständig
					etwas					s9/4

---

Ich hatte das Gefühl, nur Bilder zu sehen.

trifft gar nicht zu		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3		trifft völlig zu
										s30/5



trifft gar nicht zu  
 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 trifft völlig zu  
 s79/13

---

Falls andere virtuelle Charaktere anwesend waren:  
 Ich hatte das Gefühl, mit einer Person (oder Personen) zu interagieren,  
 statt mit einer Maschine.

trifft gar nicht zu  
 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 trifft völlig zu  
 s102/14

---

Gab es Momente während des Erfahrens der virtuellen Umgebung, in denen Sie sich vollständig auf die Aufgabe oder die Umgebung konzentriert fühlten?

nie  
 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 häufig  
 manchmal s25/15

---

War es wie Zauberei?

absolut  
 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 gar nicht  
 s95/16

---

Waren Sie mit virtuellen Umgebungen dieser Art vorher vertraut?

sehr vertraut  
 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 völlig neu  
 s98/17

---

Ich fühlte mich als Figur der Geschichte.

trifft gar nicht zu  
 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 trifft völlig zu  
 s81/18

---

Ich achtete auf meine Rolle in der Geschichte und welchen Einfluss ich auf die Handlung hatte.

trifft gar nicht zu  
 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 trifft völlig zu  
 s85/19

---

Wie sehr konnten Sie die Ereignisse steuern?

gar nicht  
 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 vollständig  
 etwas s2/20

---

Ich fühlte mich wie ein unsichtbarer Beobachter der Geschichte.







überzeugend                      -3    -2    -1    0    +1    +2    +3                      überzeugend

teilweise  
überzeugend

s10/44

---

Konnten Sie vorhersehen, was als Nächstes als Folge Ihrer Handlungen  
passieren würde?

überhaupt nicht                      -3    -2    -1    0    +1    +2    +3                      vollständig

etwas

s8/45

---

Ich fühlte mich wie in einer anderen Welt.

trifft gar nicht                      -3    -2    -1    0    +1    +2    +3                      trifft völlig zu

zu

s34/46

---

Die virtuelle Umgebung fühlte sich real an.

trifft gar nicht                      -3    -2    -1    0    +1    +2    +3                      trifft völlig zu

zu

s77/47

---

Wie gut konnten Sie Objekte in der virtuellen Umgebung bewegen oder  
manipulieren?

überhaupt nicht                      -3    -2    -1    0    +1    +2    +3                      sehr gut

teilweise

s13/48

---

Würden Sie der Aussage zustimmen: „Das war wirklich ein unglaubliches  
Erlebnis!“?

trifft gar nicht                      -3    -2    -1    0    +1    +2    +3                      trifft völlig zu

zu

s96/49

---

Ich wußte, wie die virtuelle Umgebung hinter mir aussah.

trifft gar nicht                      -3    -2    -1    0    +1    +2    +3                      trifft völlig zu

zu

s39/50

---

Ich hatte das Gefühl, in dem virtuellen Raum zu handeln statt etwas von  
außen zu bedienen.

trifft gar nicht                      -3    -2    -1    0    +1    +2    +3                      trifft völlig zu

zu

s31/51

Wie sehr glich Ihr Erleben der virtuellen Umgebung dem Erleben einer realen Umgebung?

überhaupt nicht								vollständig
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
			etwas					s7/52

In der computererzeugten Welt hatte ich den Eindruck, dort gewesen zu sein...

überhaupt nicht								sehr stark
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
								s62/53

Ich achtete bewußt auf eine Handlung oder Geschichte in der virtuellen Umgebung.

trifft gar nicht zu								trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
								s84/54

Wie eingenommen waren Sie vom Erleben der virtuellen Umgebung?

gar nicht								vollständig vertieft
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
			teilweise					s14/55

Es war nicht nur so, daß ich in eine Rolle schlüpfte, sondern ich wurde zu einem Charakter in der Geschichte.

trifft gar nicht zu								trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
								s90/56

Ich hatte das Gefühl, daß die Geschichte für mich real wurde.

trifft gar nicht zu								trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
								s86/57

Meine Aufmerksamkeit war von der virtuellen Welt völlig in Bann gezogen.

trifft gar nicht zu								trifft völlig zu
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
								s38/58

Ich hatte das Gefühl, an einem Ort zu sein.

trifft gar nicht

zu -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 trifft völlig zu s29/59

---

Ich spielte eine Rolle in der Handlung.

trifft gar nicht zu -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 trifft völlig zu s82/60

---

Wie natürlich erschien Ihre Interaktion mit der Umgebung?

extrem künstlich -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 völlig natürlich  
weder noch s4/61

---

Wie natürlich war der Steuermechanismus für Bewegungen in der Umgebung?

extrem künstlich -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 vollständig natürlich  
weder noch s6/62

---

Ich achtete noch auf die reale Umgebung.

trifft gar nicht zu -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 trifft völlig zu s40/63

---

Inwieweit reagierte die virtuelle Umgebung auf Ihre veranlaßten (oder durchgeführten) Aktionen?

reagierte nicht -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 reagierte vollständig  
reagierte teilweise s3/64

---

In meiner Vorstellung war ich ein Teil des virtuellen Raumes.

trifft gar nicht zu -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 trifft völlig zu s41/65

---

In diesen Momenten (während der Interaktion) wurde die Handlung in der virtuellen Umgebung fuer mich wirklich.



Schwindelgefühl

Teil 4.

---

Die nächsten zwei Fragen sollen unser Wissen über Ihre Erfahrungen und Auffassungen vertiefen. Falls Ihnen die Zeit fehlt, sie auszufüllen, dann gehen Sie gleich zum letzten Teil des Fragebogens über. Sie finden die Fragen auch auf unserer Homepage.

Manchmal gibt es Situationen während Interaktionen mit virtuellen Umgebungen, die irgendwie beeindruckend sind und an die man sich erinnert. Erinnern Sie sich an solche beeindruckenden Geschichten, die Sie uns erzählen können?

Wie würden Sie den Begriff real definieren? Gibt es für Sie einen Unterschied zwischen real und wirklich ?

---

Zum Schluß noch einige freiwillige persönliche Angaben:

Alter:

Geschlecht : Frau, Mann

Wo haben Sie von dieser Umfrage erfahren?

Bitte stellen Sie sicher, daß Ihr Computer online ist, bevor Sie die Daten abschicken!

Questionnaire last built Monday, March 29, 1999 12:08:55

# UNTERSUCHUNG „PRESENCE QUESTIONNAIRE II“: FRAGEBOGEN (ENGLISCH)

SURVEY ON EXPERIENCES  
IN VIRTUAL WORLDS

An igroup project

---

Thank you very much for your interest in our survey. It'll take you about 20 - 30 minutes to fill in the questionnaire. You can work through the questionnaire offline, but in order to submit the results at the end you'll have to be online.

Part 1.

---

We all know computer worlds and virtual environments from computer games and other applications. To describe the interaction with such programs one can use metaphors, rhetorical images or illustrations. Our question is: Which metaphor best describes how you imagine your interaction with virtual environments? This example should illustrate what we're aiming at:

Imagine you have to describe what it means to play an instrument. You could say: Playing an instrument is like talking to an instrument. Or playing an instrument is like operating a device. Or playing an instrument is like drifting down a river...

What kind of metaphor or picture would you use to describe the way you interact with a virtual environment? If possible, please describe your picture in more detail (2-3 or more sentences).

Part 2.

---

Please remember one of the last times you interacted with or within a virtual environment. It could have been a game or a situation at work. Please think back to this situation and answer all questions with reference to this specific time span of interaction with the virtual environment. Click the appropriate fields.

When did the episode you are referring to take place?

What kind of computer equipment did you use?

; if other:

What kind of output device did you use?

What kind of sound output was obtained from the virtual environment?

Which input devices did you use?

keyboard, mouse, joystick, console controller, data glove,  
other or details (e.g., rumble pack, 3D mouse):

What was your perspective onto the virtual world ? (In the case of  
changing perspectives, please describe the one most frequently used.)

„Through the eyes of my own character“, so called first-person  
perspective

hands/arms/objects/weapons of the character were  
visible  
steering wheel/cockpit or similar were visible

„behind/above my character“, so called third-person perspective

a character was visible  
a vehicle or something similar was visible

How long did your interaction with the virtual world last?

approx.: minutes (e.g. 30 min)

Were there other (real) persons within the virtual environment besides  
yourself?

yes, no

If yes, how many?

Did you directly interact with these other persons  
(e.g. talking to them, playing with them etc.)?  
yes, no

Were there artificial characters (e.g. computer game opponents) within the  
virtual environment?

yes, no

If possible, please fill in the name of the program or game that you used  
(optional):

What was your reason or motivation for using this program or game?

Now you'll see some statements about experiences. Please indicate, whether  
or not each statement applies to your experience. If a question is not  
relevant to the virtual environment you used, just skip it. You can use

the whole range of answers. There are no right or wrong answers, only your opinion counts. You will notice that some questions are very similar to each other. This is necessary for statistical reasons ; we hope for your understanding. And please remember: Answer all these questions only referring to this one experience.

I did not consider the virtual space to be real.

fully disagree	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	fully agree
								s35/0

---

Somehow I felt that the virtual world surrounded me.

fully disagree	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	fully agree
								s44/1

---

During the interaction, the plot in the virtual environmen became real for me.

fully disagree	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	fully agree
								s87/2

---

How compelling was the feeling for you to walk around inside the virtual environment ?

absolutly not compelling	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	absolutely compelling
								s10/3
				sometimes compelling				

---

Was it like magic?

completely	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	not at all
								s95/4

---

How much were you able to control events?

not at all	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	completely
								s2/5
				somewhat				

---

How real did the virtual world seem to you?

completely real	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	not real at all
								s48/6

---

Were you able to anticipate what would happen next in response to the actions that you performed?

not at all								completely
------------	--	--	--	--	--	--	--	------------













Were you familiar with this kind of virtual environment beforehand?

very familiar								totally new to me
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	s98/57

If parts of a virtual body were visible:  
It felt like the visible virtual body parts belonged to me.

fully disagree								fully agree
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	s74/58

Did you have a sense of being able to influence the story or plot?

fully disagree								fully agree
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	s55/59

I felt like I was an invisible observer of the story.

fully disagree								fully agree
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	s91/60

How real did the virtual world seem to you?

about as real as an imagined world								indistinguishable from the real world
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	s59/61

I felt like I was in another world.

fully disagree								fully agree
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	s34/62

I played a role in the story.

fully disagree								fully agree
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	s82/63

Were there dramatic moments while you experienced the virtual world?

none								many
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	s56/64
				some				

Could you predict or foresee what would happen in the next moment?

never								always
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	s52/65
				sometimes				

I used the virtual world for entertainment purposes only.

fully disagree	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	fully agree
								s99/66

Did you notice a plot or story within the virtual world?

no plot at all								yes, there was a story
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	s50/67

I was not aware of my real environment.

fully disagree	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	fully agree
								s37/68

The story caused real feelings and emotions for me.

fully disagree	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	fully agree
								s89/69

The virtual environment felt real to me.

fully disagree	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	fully agree
								s78/70

Was the virtual world experience exciting for you ?

not at all exciting	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	very exciting
				quite exciting				s49/71

Part 3.

Sometimes, the use of computer worlds has side effects, which are similar to sea-sickness or travel sickness. Please indicate on the following list whether you felt those symptoms during or after your use of the virtual environment, and if so, how severe they were.

symptom		no such symptom	somewhat	quite severe	very severe
general discomfort					
headache					
nausea					
difficulty concentrating					

dizziness

Part 4.

---

We ask the following two questions in order to learn more about your experiences and opinions. If you don't have time to answer them, just skip to the last part. You will also find these questions on our homepage.

Sometimes there are situations during interactions with virtual environments which are somehow impressive and worth remembering. Can you think of any impressive stories that you could tell us about?

How would you define the term real ? Do you think there is a difference between realistic and real ?

---

Finally some optional questions:

Your age:

Your gender: : female, male

Where did you hear about this survey?

Please make sure that you are online before submitting the data.

Questionnaire last built Monday, March 29, 1999 12:06:02