

## Die architektonische Skizze in Virtuellen Umgebungen

Diplomarbeit am Lehrstuhl für Informatik in der Architektur

Autor: Hartmut Seichter

Betreuung durch  
Prof. Dr. Dirk Donath  
MSc CAAD Thorsten M. Lömker

Zweitgutachter  
Prof. Dr. Bernd Fröhlich

# Inhalt

<b>1. Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>2. Der Begriff Skizze</b>	<b>5</b>
2.1 Modell Skizze	6
2.2 Abgrenzung der Skizze von Zeichnung und Architekturmodell	6
2.3 Aspekte der Skizze	7
2.3.1 Medientheorie	7
2.3.2 Psychologie und Skizze	8
2.3.3 Skizze als narratives Medium	9
2.3.4 Wahrnehmungspsychologie	9
2.4 Zusammenfassung	10
<b>3. Virtual Reality -VR</b>	<b>11</b>
3.1 Begriffe in der VR	11
3.1.1 Reality Virtuality Continuum	11
3.1.1.1 Virtual Reality	11
3.1.1.2 Mixed Reality	11
3.1.1.3 Augmented Reality und Augmented Virtuality	11
3.2 Aspekte der VR	12
3.2.1 Interaktion	12
3.2.2 Immersion	12
3.2.2.1 stereoskopische Darstellung	13
3.2.3 Präsenz	13
3.2.4 Geschichte	13
3.3 Technologie	14
3.3.1 Hardware – Eingabegeräte	14
3.3.1.1 Trackingsysteme	14
3.3.1.2 3D-Eingabegeräte	15
3.3.2 Hardware – Ausgabegeräte	15
3.3.3 Hardware – Hybridgeräte	15
3.3.4 Software	15
3.4 Zukünftige Entwicklung	16
3.4.1 Integration	16
3.4.3 Kosten	16
<b>4. Architektur und Skizze</b>	<b>17</b>
4.1 Historische Sicht	17
4.2 Einbettung in den Entwurfsprozess	17
4.3 Formen des Entwurfsprozesses	18
4.4 Formen der architektonischen Skizze	19
4.4.1 Skizze als Kunstwerk	19
4.4.2 Skizze als multimediale Konstruktion	19
4.4.3 Raumskizze	19
4.5 Überschneidungen mit VR	20
<b>5. Skizze in VR</b>	<b>21</b>
5.1 Möglichkeiten der Skizze in der VR	21
5.1.1 Mediale Simulation der Skizze	21
5.1.2 Kommunikation	21
5.1.3 Wahrnehmung	21
5.2 Schnittmenge	21
5.3 Möglichkeiten der Skizze in der VR	22
<b>6. Überblick zu vorhandenen Systemen</b>	<b>23</b>
6.1 Vorstellung	23
6.1.1 SKETCH – An Interface for Sketching 3D Scenes (Zeleznik, 1996)	23
6.1.2 DDDoolz (Vries, 2000)	23
6.1.3 Virtual Notepad: Handwriting in Immersive VR (Poupyrev et al., 1998)	24
6.1.4 Teddy : A Sketching Interface for 3D Freeform Design (Igarashi et al., 1999)	25
6.1.5 Sketch that Scene for Me (Do, 2000)	25
6.1.6 VRAM/G (Regenbrecht et al., 2000)	25
6.2 Problematik	26
6.3 Mehrwert für die Skizze	27
<b>7. Thesen</b>	<b>28</b>
7.1 Architekturprozess - Prozessarchitektur	28
7.2 Kommunikation	28
7.3 Gestalt	28
<b>8. Vorarbeiten für den Prototypen</b>	<b>29</b>
8.1 Ziele	29
8.2 Konzeption der Implementierung	29
8.3 Mediendesign für architektonische Belange	30
8.4 Skripting	30

8.5 Verteilte Anwendungen	30
<b>9. Der Prototyp sketchand+</b>	<b>31</b>
91 Eingrenzungen	31
9.2 NURBS Modellierung	31
9.3 Mediale Simulation – perspectiva pluralis	31
94 Prozessunterstützung	32
9.5 Unfertige Medien	32
9.6 Handarbeit und direkte Interaktion	33
9.7 Shared Space	33
<b>10. Szenario für die Anwendung des Prototypen</b>	<b>34</b>
101 Voraussetzungen	34
10.2 Technologische Voraussetzungen	34
10.3 Arbeitsweisen	34
104 Kritik	34
<b>11. Ausblick</b>	<b>36</b>
11.1 Der Mensch als Interface	36
11.2 Designpool	36
11.3 Architectural Skinning	36
114 Vor-Ort-Architekturdesign	37
11.5 Stereoskopisches AR-System	37
11.6 Versionierung und Plausibilitätsprüfung	37
<b>12 Conclusio</b>	<b>38</b>
<b>12. Mini-Glossar</b>	<b>39</b>
<b>13. Bilddokumentation des Prototypen</b>	<b>40</b>
<b>14. Bibliographie</b>	<b>43</b>

*Don't take photographs, draw; photography interferes with seeing, drawing etches into the mind. (Corbusier, 1981)*

## 1. Vorwort

---

Meine Beschäftigung mit der VR und der Architektur zeigte auf, dass es einen massiven Nachholbedarf gibt in der Frage der kreativen Arbeit am und mit dem Computer. Die vorhandenen Werkzeuge waren und sind unbrauchbar für eine kreative Arbeit am Entwurf. Das liegt zum einen an dem hohen Aufwand an technischem Know-how und zum Anderen am nicht erkennbaren Mehrwert des Erzeugten.

Die Benutzung des Computers hat die Architektur nicht besser gemacht. Eine lange kritische Betrachtung und die eigenen Erfahrungen beim architektonischen Entwerfen haben den Wunsch nach Aufarbeitung dieses Themas entstehen lassen.

Die Frage stand im Raum, ob man mit Hilfe von VR entwerfen kann. Beispiele wie VRAM (Regenbrecht et al., 2000), iMaze und TAP (Seichter et al., 2002) haben gezeigt, dass hier ein hohes Potential an Forschungsbedarf besteht. Die Auseinandersetzung mit bereits vorhandenen Systemen, die in eine ähnliche Richtung zielen, ergab, wie schwierig diese frühe Phase des Entwurfs – also das Skizzieren - eigentlich ist.

Skizzieren als Ausdruck unseres Denkens ist eine analoge und stark mit der Psychologie und der zwischenmenschlichen Kommunikation verbundene Thema. Was mit der Skizze abgebildet wird ist ein Schnappschuss dessen, was festgehalten werden soll, um es im Weiteren zu diskutieren. Gleichzeitig ist es aber auch der Teil den man abspeichert um neu anfangen zu können. Die Intention zur Beschäftigung mit dieser Problematik lässt sich sehr einfach mit den Worten von Harald Innis, einer der Grundpfeiler der McLuhan'schen Medientheorie wiedergeben:

*“Mankind constantly being caught in his own traps – language and systems, developed and most difficult to break down.” (Innis, 1951)*

Dies nimmt die Aussage von Peter Eisenman vorweg:

*„Wir können nur das entwerfen, was wir zeichnen können.“ (Eisenman, 1995)*

Die Skizze in der Architektur ist Sprache des Architekten und auch von ihm so gewollt und entwickelt. Im Zeitalter der Digitalisierung benutzen wir archaischste Mittel um Architektur zu generieren. Will die Architektur vor der Zeichnung resignieren, wie Peter Eisenman es beschreibt? Eine neue Form der architektonischen Skizze zu entwickeln - unter dem Aspekt der VR - soll hier im Experiment geprüft werden und nach Lösungen für die applikative Informatik in der Architektur gesucht werden. Dies alles unter der Prämisse, dass die heutige Soft- und Hardware noch in der Kinderschuhen steckt – sozusagen die Steinzeit des Informationszeitalters (Myers et al., 2000). Der Inhalt dieser Arbeit ist das Umreißen einer Vision für die Skizze in der Architektur im digitalen Zeitalter unter den Gesichtspunkten von Kreativität und Kommunikation.

## 2. Der Begriff Skizze

---

Das Wort Skizze wird in unserem Sprachgebrauch als Überbegriff für nicht abgeschlossene, mit Unvollständigkeit behaftete Objekte angewandt. Skizze muss dabei nicht unbedingt etwas Gezeichnetes bedeuten, sondern kann sich auch auf Sprache oder Text beziehen. Der Begriff Skizze ist ein Sammelbegriff für unvollständig ausformulierte Informationsmedien – Abstraktion des Unvollständigen auf einen einzelnen Terminus.

Skizze ist Abbildung eines fiktionalen Gebildes das in unserem Denken existiert. Nach neuropsychologischen Untersuchungen bewirkt die Abbildung in unseren Gedanken bestimmte aktive Muster in unserem Denken (Kosslyn, 1994). Diese Muster werden nicht durch direkten sensorischen Input ausgelöst sondern müssen erst angestoßen werden. Das bedeutet, dass Bereitschaft vorhanden sein muss um Informationen aufzunehmen. Wenn wir skizzieren, so wird ein Prozess ausgelöst der die mentalen Bilder auf ein anderes Medium projiziert – wir vergleichen dabei unsere mentale Repräsentation mit dem zu bearbeitenden Medium (hier die Skizze). Für diesen Schritt benötigen wir das dorsale System (Goldstein, 2001). Dabei werden räumliche Relationen und bei der Handskizze auf dem Papier, die Handmotorik gesteuert.

Dabei hängt die Geschwindigkeit und die Genauigkeit von zwei Hauptfaktoren ab:

- Komplexität (Integrität, Verknüpfung, Diffusion von Informationen)
- zeitliche Speicherung (temporär oder langfristig)

Das Abbilden von Architektur (egal ob fiktional oder real) über die Schnittstelle Computer arbeitet ähnlich. Auch hier muss die Speicherung und Wiederherstellung von Mustern in und aus dem menschlichen Gehirn mit dem zu bearbeitenden Medium verbunden werden. Der Unterschied von fiktionaler und realer Architekturabbildung ist der Ort der Wahrnehmung in unserem Gehirn und die Art der Kodierungsstufen. Unabhängig davon gibt Benoit B. Mandelbrot einen Denkanstoß, der sich eigentlich auf seine Fraktaltheorie bezieht. Da aber auch Fraktale in der Wahrnehmung als fiktionale Formen gelten, soll er hier zitiert werden:

*Ganz allgemein möchte ich behaupten, daß viele Muster der Natur so irregulär und fragmentarisch sind, daß die Natur im Vergleich zur gewöhnlichen Geometrie nicht einfach ein höheres, sondern ein grundlegend verschiedenes Maß an Komplexität hat. (Mandelbrot, 1987)*

Offen steht nun, ob solch eine Komplexität – wenn wir das menschliche Denken als Muster der Natur interpretieren – im Computer abzubilden ist. Eine nicht vollständig ausformulierte geometrische Form wird durch unsere Kognition als Objekt begriffen und diese Funktion des Gehirns ist sowohl mathematisch als auch psychologisch-physiologisch nachweisbar (Guski, 2000). Das ventrale System verbindet wahrgenommene Zeichen mit bestimmten Objektbedeutungen. Es kann auf eine vollständige Ausformulierung verzichtet werden um anhand gedanklicher Freiheit mittels Abstraktion zu einer bestimmten Form zu gelangen. Unser ventrales System ist dazu in der Lage. Diese Kognition durch originäre Zeichen steht in einem gesellschaftlichen, sozialen und kulturellen Zusammenhang (Bruner). Äußere Einflüsse, die den Menschen prägen, haben auch Einfluss auf seine Wahrnehmung. Folglich bestimmt dieser äußere Kontext das Verständnis visueller Kommunikationsmittel. Die Skizze im architektonischen Entwurfsprozess besitzt durch ihre Einbettung in die Kommunikation zweier oder mehrerer Kommunikationsteilnehmer eine stark mediale Ausprägung. Die Skizze spielt dabei die Rolle eines Kommunikationsmediums. Sie fordert von dem Skizzierenden seine Gedanken zu abstrahieren und verlangt auf der anderen Seite vom Rezipienten zu extrapolieren und kreativ zu ergänzen. Dabei kann der Skizzierende anhand der Abstraktionstiefe bestimmen, wie viel Interpretationsraum er dem Rezipienten lässt. Das ist einer der Unterscheidungsunkte, die die Skizze von Architekturmodell und Zeichnung abgrenzen. Zeichnung und auch das Architekturmodell besitzen sehr eng gesteckte und meist dem Maßstab geschuldete Abstraktionen die jedoch nicht dem Zweck der Interpretation dienen sondern zur faktischen Kommunikation genutzt werden. Zeichnung und Modell markieren einen Ist-Stand wohingegen die Skizze eine

Art Soll-Stand darstellt, inklusive der Freiheit einer anderen Interpretation.

## 2.1 Modell Skizze

Die Skizze ist ein Modell für eine Metastruktur die Kommunikation in Kombination mit unvollständig formulierten Informationen in einem Medium repräsentieren kann. Elemente die dieses Gedankenmodell der Skizze definieren. Um diese Elemente beispielhaft zu benennen hier ein Szenario:

*Eine Handskizze enthält vier Striche die ein Viereck bilden. Bei der Übergabe an einen Kommunikationspartner wird erwähnt, das es sich um eine Kiste handelt.*

- Medium – Das Skizzenmedium kann aus mehreren Submedien bestehen die zusammen eine Skizze ergeben. Submedien sind meist deskriptive Medien die ein Hauptmedium näher bestimmen. Das Element Medium anhand des Beispiel:

*Das eigentliche Medium ist das Papier mit den Strichen, das deskriptive Submedium ist die verbale Äußerung, das es sich um eine „Kiste“ handelt. Hauptmedien und Submedien bedingen einander um Bedeutung zu erzeugen. Dies steht in direkten Zusammenhang mit der semiotischen Ausprägung der Skizze. Wird ein Medium nicht weiter beschrieben, so kann man davon ausgehen, das alle Informationen enthalten sind und es sich nicht um eine Skizze handelt (siehe 2.3.1).*

- Kommunikation – Diese steht in Abhängigkeit von sozio-kulturellen Zusammenhängen (kulturelles Umfeld, soziales Umfeld z.B. Bildung) die sowohl bei der Dekodierung als auch bei der Kodierung von und in das Medium Skizze eine Rolle spielen.

Kommunikationsstruktur anhand des Szenarios im Beispiel:

*Das deskriptive Submedium ist bei der Übermittlung der oben genannten Skizze sehr wichtig. Es kommt nun auf die Dekodieren des Kommunikationspartners an – auf seine Interpretation des Begriffs „Kiste“. Dabei hat dieses Wort allein durch die Kodierung in der deutschen Sprache mehrere Bedeutungen.*

- Wahrnehmung – Informationen werden über unser kognitives System verarbeitet, das wiederum von unserer Physiognomie abhängig ist. Auch hier wieder anhand des Szenarios:

*Die vier Striche bilden ein Viereck. Diese Konstellation wird durch unsere Wahrnehmung mit einem Raum verbunden. Hier spielen mehrere wahrnehmungspsychologische Phänomene eine Rolle. Die Wahrnehmung der Striche als geschlossenes Objekt hat zur Folge, das die Binnenfläche zwischen den Strichen hervorgehoben wird. Daraufhin wird durch unsere Erfahrung die dritte Dimension ergänzt. Dieser Vorgang wird zudem durch das deskriptive Submedium „das ist eine Kiste“ – ein dreidimensionales Objekt - verstärkt. (siehe auch 2.3.4)*

Das Szenario zeigt beispielhaft in welcher Weise die Elemente der Skizze miteinander verwoben sind. Würde eines dieser Elemente ausfallen, wäre Sinn und Funktion der verbleibenden Elemente unklar. Im Folgenden wird der Begriff Skizze als Denkmodell benutzt um die einzelnen Elemente in ihrer Kombinatorik und gegenseitigen Beeinflussung zu untersuchen und um die Hauptaspekte für eine Bearbeitung in der VR herauszulösen.

## 2.2 Abgrenzung der Skizze von Zeichnung und Architekturmodell

In der deutschen Sprache werden die Begriffe Modell (visuell und/oder haptisch erfahrbares Modell) und Modell (Denkmodell) gleich verwandt. Die Komplexität des Begriffes Skizze macht es notwendig diese von einander zu trennen, um eine möglichst klare Abgrenzung zu erhalten. Diese soll vor allem auf die frühe Phase des Entwurfes bezogen sein. Mehrere Faktoren spielen in die Unterscheidung von Architekturzeichnung, Architekturmodell und Skizze hinein. Hauptunterscheidungspunkte die eine Klassifikation möglich machen sind die Kategorien Dimensionalität des Inhalts (was wird dargestellt) und Dimensionalität der Repräsentation (wie wird es dargestellt). Schon anhand der Dimensionalitäten sind die Begriffe nicht direkt vergleichbar. Durch diese

Einordnung stehen sie nicht auf der gleichen Stufe, sondern bedingen einander.

Die Architekturzeichnung ist in ihrer Repräsentation immer zweidimensional kann jedoch sowohl zweidimensionale wie auch dreidimensionale Inhalte vermitteln. Das Architekturmodell ist immer dreidimensional und vermittelt auch dreidimensionale Informationen. Wenn wir den Gebrauch des Wortes Skizze genauer betrachten, so kann es sich sowohl um textliche, zweidimensionale und dreidimensionale Repräsentationen handeln die diffuse Informationen enthalten können. Das bedeutet auf der einen Seite, dass sowohl eine bestimmte Art der Architekturzeichnung als auch eine bestimmte Art des Architekturmodells eine Skizze darstellt. Es kommt dabei auf die Vollständigkeit der Darstellung, der Information und der Verknüpfung mit einem bestimmten Zusammenhang an. Dieser Zusammenhang ergibt sich aus einer Vielzahl von äußeren Faktoren die die Erstellung des Gebäudes beeinflussen. Die Architekturzeichnung muss, um eine korrekte Ausführung zu gewährleisten, alle relevanten Informationen beinhalten – es darf also kein Interpretationsspielraum gegeben sein. Ähnlich verhält es sich mit dem Architekturmodell. Damit soll dem Bauherren eine ganz bestimmte Vision der Entwurfsidee vermittelt werden - eine dreidimensionale Repräsentation im Maßstab mit dreidimensionalen Inhalt. Die Skizze stellt also ein Metamodell dar, das diffusen medialen Inhalten eine Repräsentation unter einem bestimmten Fokus ermöglicht. Im herkömmlichen Sinne, ist dies eine zweidimensionale Repräsentation. Hier jedoch soll die Skizze im n-dimensionalen Raum erörtert werden.

## 2.3 Aspekte der Skizze

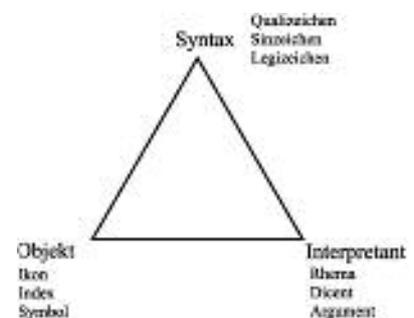
Es gibt verschiedene theoretische Methoden sich dem Thema Skizze zu nähern. Im folgenden wird ein Teil der theoretischen Sichtweisen beleuchtet, um den Begriff der Skizze transparenter zu machen und um eine Definition für die Skizze in der VR zu finden.

### 2.3.1 Medientheorie

Die Skizze ist ein Kommunikationsmedium. Sie stellt ein syntaktisches Mittel zur Übermittlung von Informationen zu einem Objekt (das Gebäude) für einen Rezipienten (Bauherr, Architekt, Fachplaner) bereit. Man versucht mit der Skizze Gedanken in stark komprimierter und ungeordneter Form zu kommunizieren. Dazu benötigt man Signale, die Zeichner und auch Lesender codieren und wieder decodieren können. Komprimierung beschreibt hier folgenden Fakt: Gedanken, die man im eigenen Verständnis als logisch und zusammenhängend wahrnimmt, muss man auf eine andere Form (die Skizze) transformieren, um sie auf eine Informationsebene zu bringen, die der Kommunikationspartner wahrnehmen kann. In der Kommunikationstheorie spricht man vom semiotischen Dreieck (Knauer, 2002). Objekt, Mittel und Interpret stehen in einem direkten Bezug der durch Syntaktik, Semantik und Pragmatik (Interpretation) gekennzeichnet ist.

Syntaktische Zeichen im Überblick:

- Qualizeichen: jede Darstellung eines realen Objektes in einem Medium ist ein Qualizeichen. Somit ist jede zeichnerische Abbildung auf einer konventionellen Skizze ein Qualizeichen.
- Sinzeichen: eine Untergruppe der Qualizeichen – abhängig von Ort und Zeit. Diese Zeichen treten nur an einer bestimmten Stelle, zu einer bestimmten Zeit auf. Sinzeichen können nur im Prozess oder bezüglich einer bestimmten Qualifikation der Skizze auftauchen.
- Legizeichen: ebenfalls eine Untergruppe der Qualizeichen, allerdings mit einer gesetzmäßigen Bedeutung, die nur einem bestimmten Objekt zugeordnet werden können.



Die Skizze unterscheidet sich nun von anderen Darstellungsformen durch die vorrangige Verwendung von Quali- und Sinzeichen. Zeichnungen und Präsentationsmodelle zielen auf

Legizeichen ab.

Durch die Kodierungen und Dekodierungen in und aus dem Medium Skizze sind durch die Verwendung dieser einfachen syntaktischen Mittel Grenzen gesetzt. Dabei wird klar, dass es eine Bedeutungsabnahme geben muss, die aber durchaus impliziert ist, um neue Gedanken einfließen zu lassen – um also andere Dekodierungsmöglichkeiten beim Interpretieren zuzulassen. Dies birgt aber die Gefahr in sich, zu Deutungsproblemen zu führen. Die Regenerierung von Bedeutung ist dabei auf den sozio-kulturellen Hintergrund beider Kommunikationspartner angewiesen.

Marshall McLuhan:

*If the work of the city is the remaking or translating of man into a more suitable form than his nomadic ancestors achieved, then might not our current translation of our entire lives into the spiritual form of information seem to make of the entire globe, and of the human family, a single consciousness. (McLuhan, 1994) p.61*

Bewusstsein baut sich über Information auf. Folglich ist die Skizze in der Architektur ein bewusstsein- und identitätsstiftendes Werkzeug, das nicht nur Informationen über eine Bauaufgabe transportiert, sondern auch über den Hintergrund den der Skizzierende mit in die Diskussion bringt – sozusagen Metainformationen über sich selber. Dadurch kann in der Skizze mehr enthalten sein als pure Fakten – sie „erzählt“ also mehr. Dies hat direkt mit der Dekodierung der Zeichen beim Kommunikationspartner zu tun. Bedeutung erschließt sich durch den sozio-kulturellen Hintergrund und es gibt verschiedene Bedeutungssymbole die ein Interpretierender aus den Zeichen einer Skizze herauslesen kann:

- Rhema: offene, emotionale Interpretation eines Zeichen.
- Dicent: eine Behauptung, Hypothese oder rhetorische Frage
- Argument: Fakt oder Gesetzmäßigkeit

Je nach Form und Anzahl der dekodierten Zeichen lassen sich Informationen über den Kodierenden herauslesen.

Zusätzlich kommt auf die Redundanz der gespeicherten Informationen an. Wenn eine Skizze eine bestimmte Anzahl von Qualizeichen enthält, so kann der Rezipient davon ausgehen, dass es sich um einen wichtigen Teilbereich handelt. Auf der einen Seite können mehrfach überzeichnetes Qualizeichen dazu führen, dass es als Legizeichen wahrgenommen wird – also als Fakt, oder es führt dazu, dass das Dargestellte in die Banalität abdriftet. Das tritt dann auf, wenn durch die Redundanz keine weitere Wichtigkeit, also Qualität erzeugt wird. Ist dies der Fall so muss der Rezipient den gleichen Sachverhalt immer wieder decodieren und dadurch entsteht Banalität. Den richtigen Weg zwischen diesen beiden Polen können die an der Skizze Beteiligten in einem direkten, zweiten Kommunikationsweg aushandeln. In der Kommunikationswissenschaft spricht man von maximaler Information, wenn alle Signale von dem Rezipienten interpretierbar sind, also eine subjektive Bedeutung zugemessen wird. Dieser Zustand ist praktisch nicht erreichbar, da zu viele externe Faktoren in die Dekodierung hineinspielen und auch im zweiten Kommunikationsweg nicht alle Zeichen eindeutig interpretiert werden können.

### 2.3.2 Psychologie und Skizze

Dabei überschneidet sich der medientheoretische Aspekt mit der Psychologie. Wenn eine Skizze rezipiert wird, ist es für die nachfolgende Diskussion wichtig, welche Bedeutung der Rezipient dieser zuordnet. Daraus ergibt sich eine zentrale Schlüsselfunktion der Skizze als ein Instrument, das Funktion, Bedeutung durch die Reduktion auf das Wesentliche und deren Darstellung als unvollständiges Objekt kommunizieren kann und dabei bei dem Kommunikationspartner ein Verständnis für die Problematiken impliziert.

Die Psychologie beschreibt dies als das „meaning problem“ (Bedeutungsproblem). Das Problem besteht darin, dass man nicht ausschließlich aus einem rein syntaktisch-semantischen Zusammenhang auf eine genaue Bedeutung schließen kann. Diese Theorie schließt damit die Lücken, die Bedeutung wird erst durch einen erfolgreichen Vermittlungsprozess erreicht (Kayser, 1984).

Wenn man sich nun in die hypothetische Lage versetzt, die Unvollständigkeit oder auch den Kontext beeinflussen zu können, so wäre man in der Lage die kommunizierte Information in der Skizze an den jeweiligen Benutzer anzupassen oder auf die kreativ-kognitiven Bedürfnisse des entwerfenden Gegenüber einzugehen. Dabei muss die Bedeutung nicht von vornherein komplett klar definiert sein, denn sie ergibt sich über den Prozess und ist somit für den Rezipienten besser zu verstehen und trägt dazu bei, zwischen den Kommunikationspartnern einen gemeinsamen Kontext zu bilden, auf den wiederum in der weiteren Diskussion zurückgegriffen wird. In einem Prozess des Entwerfens wird also die Bedeutung über die umgebenden Einschränkungen und die übermittelten Teilkontexte erzeugt. Dieser explorative und iterative Prozess des Aufbaus von Bedeutung wird momentan softwaretechnisch sehr wenig genutzt und macht es schwer mit den vorhandenen Systemen kreativ zu arbeiten. Aber genau diese Prozesshaftigkeit der Skizze macht sie für die Architektur so wichtig. In diesem Prozess, in dem Lösungen für ein Problem diskutiert werden können durch Kombinationen, Varianten durchgespielt werden und anhand von Bewertungskriterien verworfen oder weiterverfolgt werden. Die sich ergebende Kommunikation ist ein Art kaskadierender Baum in dem es Knoten und Schleifen gibt. Diese Struktur ist ähnlich der eines Theaterstücks, eines Dramas.

### 2.3.3 Skizze als narratives Medium

Kombiniert man nun den Ansatz der Medientheorie (Kommunikationsmedium) und Psychologie (Wahrnehmung) und betrachtet die Skizze als Kommunikationsmedium das mit Hilfe der menschlichen Wahrnehmung zur gemeinsamen Bedeutungsfindung benutzt werden kann, so lässt sich die Skizze auch als narratives Medium beschreiben. Narration entsteht immer dann, wenn Architektur auf dem Papier entsteht (Young, 2000): Charaktere, Identifikationselemente, Plots die eine gute Architektur oder auch ein gutes Drehbuch ausmachen. Narration beschreibt eine Ansammlung von nacheinander ablaufenden fiktionalen Ereignissen. Durch diese Serialisierung baut sich der Handlungsstrang auf. Über die teilnehmenden Charaktere kann sich der Nutzer der Skizze mit ihr identifizieren oder auch Kritik üben. In einer gut gestalteten Handlung werden Auftritte von Charakteren nur angerissen – also skizziert. Durch die Aussparung von Informationen zu einem Charakter wird durch unsere eigene Erfahrung interpoliert und wir erhalten einen stärkeren Bezug zur Gesamthandlung. Der Effekt ist, das der Rezipient sich in einen bestimmten Charakter hineinversetzt und die Geschichte aus dessen Sicht betrachten kann. In der Skizze geschieht Ähnliches. Objekte, Zeichen und Notizen werden zu bestimmten Zeitpunkten an bestimmten Orten miteinander verknüpft. Dabei kommt es darauf an wie genau der Skizzierende seine Handlung zu gestalten weiß. Wenn er zum richtigen Zeitpunkt an der richtigen Stelle eine Notiz oder einen Strich setzt, so kann er damit den Handlung – also das Auftreten bestimmter Elemente – seinem Gegenüber in einer erzählerischer Weise vermitteln. Dadurch, das es sich bei diesem Erfinden eines Handlungsstranges um eine subjektive Tätigkeit des Entwerfenden handelt wird automatisch das Gezeigte in eine fiktionale Dimension überführt – die Skizze wird somit ihrer faktischen Wirkung enthoben.

Ein weiterer Punkt ist, das mit Hilfe der Skizze gerade in der Architektur Probleme ausgefochten werden. Bezieht man diese Problembewältigung auf die Kommunikationstheorie, so handelt es sich hierbei um eine dramatisierte Narration (es wird hier absichtlich der Begriff „Drama“ vermieden um nicht zu behaupten das architektonische Probleme immer in einer Katastrophe enden müssen, siehe Freytag'sche Pyramide der Dramatik). Bei der Dramatisierung geht es vor allem darum, das in der Architektur immer mehrere Meinungen zu einem Thema gibt und solche Konflikte natürlich gerade in den Anfangsphasen behandelt werden müssen. Die Skizze kann hier eine Bühne für solch eine dramatisierende Entwurfshandlung bieten. Dabei gibt es dann nicht nur einen Handlungsstrang, sondern mehrere die wiederum teilweise in der Freytagschen Katastrophe enden – dem Verwerfen.

### 2.34 Wahrnehmungspsychologie

Wie aber können denn einfache Striche oder Gedankenkonstrukte ein solch komplexes Medium

repräsentieren? Eine mögliche Antwort steckt in der menschlichen Wahrnehmung. Da es hier um die architektonische Skizze geht soll hier zunächst erst einmal nur auf die visuelle Komponente eingegangen werden. In den folgenden Abschnitten finden sich dann auch Verweise auf audiologe und haptische Wahrnehmungsphänomene, die aber bei der Aufarbeitung des konventionellen Begriffes Skizze weniger Relevanz besitzen.

Der visuelle Kortex kann aufgrund von wenigen Reizen eine ganze Kaskade von Proximationen in unserer Gedankenwelt aufbauen. Alleine die rein visuelle Wahrnehmung spielt bei dem Erstellen von Skizzen eine große Rolle. Wolfgang Metzger spricht von dem „Gesetz der guten Gestalt“. Das wiederum wird von Christian v. Ehrenfels in Untergesetze aufgeteilt:

- Gesetz der Geschlossenheit – Es reicht aus unvollständige Signale zu benutzen um beim Betrachter eine gewisse Gestalt zu suggerieren.
- Gesetz der Gleichheit – Beim Betrachten unterschiedlicher Zeichen ist unsere Wahrnehmung in der Lage Unterschiede in der Darstellung zu Glätten und Ähnlichkeiten durch Gleichheit zu ersetzen.
- Gesetz der zusammenfassenden Nähe – Wenn bestimmte Objekte in einer bestimmten Nähe zueinander stehen, dann werden sie als Gruppe wahrgenommen.

Siehe (Knauer, 2002) (Guski, 2000) (Goldstein, 2001)

In diese Definition spielt der direkte Bezug von Grund und Figur eine Rolle. Eine Figur wird immer im Kontext eines bestimmten Untergrundes unterschiedlich wahrgenommen. Diese visuellen Wahrnehmungsaspekte zeigen, wie die konventionelle architektonische Skizze auf unsere Physis abzielt. Es werden Inhalte nicht simulierend dargestellt, sondern abstrahiert um durch die Wahrnehmung besser handhabbarer zu werden.

## 24 Zusammenfassung

Das Modell Skizze beschreibt ein Kommunikationsmedium, das sehr stark auf psychologische Zusammenhänge abzielt um eine Vielzahl von Inhalten komprimiert zu übermitteln.

Dabei verbinden sich kognitive Prozesse mit narrativen Elementen zu einer lockeren Informationsstruktur. Ziel der Skizze ist es Bedeutung, Zusammenhänge und Zweck zu vermitteln ohne sie direkt abzubilden.

### 3. Virtual Reality -VR

---

Der Begriff VR wird heutzutage sehr inflationär gebraucht. Im Internet und auch im Allgemeinen werden Dinge als Virtual Reality bezeichnet, die mit der eigentlichen Definition nichts gemein haben. In diesem Kapitel soll der Begriff Virtual Reality geklärt werden und dessen Zusammenhang mit der Skizze.

Einfach betrachtet, versteht man unter Virtual Reality die Simulation von Objekten und Umgebungen um sie real erscheinen zu lassen und dabei die reale Welt auszublenden. Es gibt jedoch eine ganze Reihe von Faktoren, die dem Benutzer eine Wahrnehmung als reales Objekt ermöglichen: transparente Interaktion, reale Visualisierung und die Einbindung anderer sensibler Reize um die Visualisierung zu erweitern. Auf diese und andere Faktoren soll im Nachfolgenden eingegangen werden.

#### 3.1 Begriffe in der VR

Gerade in der VR werden einige Begriffe benutzt, deren genaue Definition an dieser Stelle geklärt werden soll, um im Nachfolgenden eine exakte Ableitung für weitere Ausführungen zu verwenden. Dies ist in sofern wichtig, da durch Marketingstrategien und resultierenden Missbrauch der Begrifflichkeiten teilweise Verwirrung bezüglich der Verwendung besteht hier jedoch eine gewisse Basis benötigt wird um anhand der Begrifflichkeiten Ideen und Konzepte erklären und diskutieren zu können.

##### 3.1.1 Reality Virtuality Continuum

Das Virtual Reality von Milgram beschreibt die verschiedenen Abstufungen zwischen Virtual Reality und der Realität (Milgram et al., 1994). Dies ist nur eine Möglichkeit die verschiedenen Spielarten der VR einzuordnen.

##### 3.1.1.1 Virtual Reality

Virtual Reality ist die Simulation einer virtuellen Umgebung bei gleichzeitiger Ausblendung der realen Welt. Im Reality-Virtuality Continuum nach Milgram steht Virtual Reality konträr zur Realität. Virtual Reality (VR) wird zuweilen auch parallel zu VE (Virtual Environment) benutzt um den durch die Kommerzialisierung etwas verwaschenen Begriff Virtual Reality zu umgehen. Im weiteren soll der Begriff VR für Virtual Reality im Allgemeinen und der Begriff VE für Virtual Environment für Systeme der Virtuellen Realität (Software- und Hardwareinstallationen) benutzt werden.

##### 3.1.1.2 Mixed Reality

Zwischen den Polen Virtual Reality und Realität spannt sich der Raum der Mixed Reality auf. Man kann die Mixed Reality allerdings auch als spezielle Form der Virtual Reality unter Zuhilfenahme der Realität betrachten. Mixed Reality ist also ein Überbegriff für Augmented Reality und Augmented Virtuality. Mixed Reality Systeme benutzen vorwiegend Techniken aus der VR und können deswegen nicht vom Begriff der VR getrennt werden.

##### 3.1.1.3 Augmented Reality und Augmented Virtuality

Diese beiden Begriffe beschreiben Systeme die sich im Zwischenraum von Realität und VR befinden. Augmented Reality (AR) simuliert virtuelle Objekte innerhalb einer realen Umgebung. Dies geschieht meistens durch „videoseethrough“ oder „optical seethrough“. Videogestützte AR-Systeme überschneiden sich dabei mit Augmented Virtuality (AV) Systemen. AV beschreibt Systeme die die teilweise Einblendung realer Objekte in immersive virtuelle Welten ermöglichen. Der Übergang zwischen den Begrifflichkeiten ist fließend und bildet nur einen Rahmen um Systeme grob einzuordnen.

Grundsätzlich gehören in die Diskussion von VR sowohl psychologische als auch technische Aspekte die einander bedingen, denn im Kern geht es darum mit technischen Mitteln die

Wahrnehmungssinne des Menschen zu täuschen. Im Idealfall sollte eine virtuelle Umgebung so realistisch wie möglich auf die Aktionen eines Nutzers reagieren.

### 3.2 Aspekte der VR

VR ist eben nicht einfach nur eine simulierte 3D-Welt sondern beschreibt eine hochkomplexe Technologie die eine neue Art des Mensch-Maschine-Verhältnisses ermöglicht. Somit definiert sie sich über eine ganze Reihe von Faktoren:

- Echtzeit-Simulation von Grafik
- Interaktivität
- Immersive Displaytechnologie
- Trackingsystem

Je nach Ausprägung der einzelnen Punkte und deren Verknüpfung untereinander können die Systeme wichtige psychologische und physiognomische Phänomene ansprechen und adaptieren. Im Folgenden sollen vor allem die für die Skizze in der VR wichtigen Aspekte der Interaktion, Präsenz und Immersion näher beleuchtet werden.

#### 3.2.1 Interaktion

Eine der wichtigsten Aspekte in einem VE ist die Interaktion. Dem Nutzer muss es möglich sein zu Navigieren, Objekte zu selektieren, zu manipulieren und die Systemeinstellungen vorzunehmen. Dazu bedarf es Eingabegeräte deren Position und Status auf bestimmte Interaktionsfunktionen übertragen werden. Es handelt sich dabei um einen kognitiven Prozess, bei dem der Nutzer durch seine realen Bewegungen virtuelle Aktionen auslöst – eine sogenannte kognitive Transferaufgabe. Dabei werden realer Input und virtueller Output mit einem „Mapping“ versehen das verschiedene Ausprägungen haben kann:

- isomorphes Mapping beschreibt die direkte Umsetzung der realen Bewegungen durch das VE.
- Nichtisomorphes Mapping beschreibt eine indirekte Umsetzung der realen Bewegungen in die VE durch Skalierung, Restriktion, Filterung

Interaktion im dreidimensionalen Raum wird durch VE's meist in vier Untergruppen aufgeteilt:

- Navigation
- Auswählen von Objekten / Selektion
- Manipulation
- Systemeinstellungen

Interaktionstechniken müssen die Bedürfnisse der technischen Gegebenheiten adaptieren. So sind die verschiedenen Techniken hauptsächlich von den verwendeten Systemen abhängig. Eine HMD-VE muss andere Interaktionstechniken verwenden als eine Desktop-VR-Anwendung. Vielfach wird versucht reale Interaktion durch VR nachzubilden. Das scheitert jedoch zumeist an den anderen Anforderungen von VR die durch die Simulationstechnik ganz andere Möglichkeiten bietet.

#### 3.2.2 Immersion

Der Begriff Immersion beschreibt die hard- und softwaretechnischen Komponenten die es einem ermöglichen in eine virtuelle Welt einzutauchen. Es gibt verschiedene Arten und Qualitäten Immersion zu erzeugen, die meist direkten Einfluss auf die Präsenz haben. Von der rein technischen Seite werden dabei drei Hauptgruppen von VR unterschieden und anhand des Begriffs Immersion beschrieben:

- Desktop-VR: beschreibt den Einsatz von 3D-Simulationen und Modellierungsprogrammen am normalen Bildschirm. Sie ist monoskopisch, folglich spielt Immersion hierbei keine Rolle und es gibt auch keine zusätzlichen sensorischen Ausgabemöglichkeiten die Immersion erzeugen könnten.
- Fishtank-VR: ist ähnlich der Desktop-VR, erweitert diese jedoch um simples Headtracking (meist gyroskopisches 3DOF-Tracking) um eine benutzerzentrierte Sicht

zu generieren. Durch die Verwendung von stereoskopischer Ausgabe in Kombination mit LCD-Shutterbrillen wird eine schwache Immersion geboten. Die Immersion ist deswegen schwach, da nicht der gesamte Sichtbereich des Benutzer ausgenutzt wird und somit noch ein Bezug zur realen Umgebung vorhanden ist.

- Immersive Systeme: Diese Systeme versuchen das gesamte visuelle Umfeld des Benutzers zu simulieren und werden durch zusätzliche sensorische Ausgabemöglichkeiten wie Raumklang, Force Feedback (haptischer Output) und Geruch erweitert. Die Technologien zur Realisierung von immersiven Systemen werden im Folgenden noch näher betrachtet.

### 3.2.2.1 stereoskopische Darstellung

Durch unsere physische Ausstattung mit zwei Augen ist es uns möglich unsere Umgebung dreidimensional wahrzunehmen. Durch die Simulation auf zwei getrennten Bildebenen die abhängig von der Kopfposition und Orientierung sind, kann dies simuliert werden. In der VR sind dazu vor allem zwei Komponenten wichtig:

- Eingabe mittels Trackingsystem
- stereoskopische Ausgabe

Trackingsysteme messen die relative oder absolute Position im Raum oder/und die dazugehörige Orientierung. Dadurch läßt sich die Blickrichtung bestimmen und damit die Projektionsebenen. Um also einen möglichst realistischen Raumeindruck zu bekommen und um Tiefeninformationen zu erhalten ist stereoskopische Darstellung unumgänglich. In VR-Anwendungen mit starker Interaktion ist die Tiefenwahrnehmung notwendig um Bedienelemente besser wahrzunehmen und vor allem besser „greifen“ zu können.

### 3.2.3 Präsenz

Präsenz beschreibt das subjektive Gefühl „in der virtuellen Welt zu sein“. Dabei spielen nicht nur hardwaretechnische Parameter (wie z.B. die Immersion) eine Rolle, sondern auch die Art und Weise wie in der VR interagiert wird und wie die Objekte auf solche Interaktion reagieren. Je ähnlicher virtuelle Objekte ihren realen Pendanten reagieren, desto mehr Präsenz erzeugen sie. Experimente mit physikalischen Verhalten von virtuellen Objekten zeigen dies sehr deutlich. In diesem Gebiet gibt es noch sehr viel Forschungsbedarf (Schubert et al., 1999) (Schubert et al., 2001) denn nicht alle Komponenten der menschlichen Wahrnehmung wurden auf die Reaktionen in virtuellen Welten untersucht. Dabei kommt es vor allem auf die Kombination aller Elemente der VR an. Präsenz wird durch das mentale Abbild in unserem Denken erzeugt das wir benötigen um mit unserer Umwelt zu interagieren. Dabei kommt es auf die Gesamtheit der Repräsentationen an. Die Interaktion mit unserer natürlichen Umgebung haben wir von Kindesbeinen an gelernt. In der VR muß man auf dieses Potential zurückgreifen um Benutzer mit möglichst wenig Aufwand mit diesen Systemen interagieren zu lassen, jedoch darf man dabei nicht die neuen Möglichkeiten von VR vergessen, die andere, nichtnatürliche Interaktion benötigen. Diese nichtnatürlichen Interaktionsmethoden können erst nach einer Eingewöhnungsphase Präsenz erzeugen.

## 3.2 Geschichte

Oftmals wird VR als neue Technologie angesehen, was aber unzutreffend ist. Schon in den 50er Jahren versuchte die US Airforce mit Hilfe von Flugsimulatoren, die teilweise elektrisch betrieben wurden, Piloten auszubilden. Vor allem die Filmbranche erahnte die Möglichkeiten der VR. Morton Heilig erdachte in den 60er Jahren ein „Experience Theater“ das alle Sinne ansprechen sollte. Mit seinem später in Sensorama umbenannten System stellte er 1962 ein VE vor, das fast alle Aspekte der Immersion abdeckte. Ein stereoskopisches Displaysystem mit Geruch, Wind und Stereosound. Heilig war seiner Zeit voraus, erst sehr viel später (in den 90er Jahren) wurden ähnliche Systeme in Spielhallen aufgestellt. Ein weiterer Einflussfaktor in die VR wie wir sie heute kennen, ist die Künstliche Intelligenz.

Der eigentliche Forschungsantrieb war die Vision, bessere Interaktionsmöglichkeiten zwischen Mensch und Maschine zu entwickeln. Ivan Sutherland stellte 1965 das erste HMD vor. Die Idee war, die Realität mit der Virtualität zu überdecken. Im Grunde ein frühes Experiment mit Augmented Reality. Interessanterweise beschäftigte sich Sutherland schon damals mit dem Erstellen von Skizzen mittels Computer – er entwickelte das System „sketchpad“ mit dem man am Computer zeichnen konnte. Dies ist immer noch das Referenzsystem für heutige CAD-Software. Nach einigen Forschungen auf dem Gebiet der Displaytechnologie stellte in der zweiten Hälfte der 80er Jahre die UNC (University of North Carolina) ein System für einen architekturbezogenen Walkthrough vor. Anhand dieser Anwendung wurden und werden viele technische Probleme diskutiert und verbessert. Ein weiteren Schritt zur vollständigen Immersion ging man 1992 am EVL (Electronic Visualization Laboratory) and der University of Illinois in Chicago mit der CAVE (Cruz-Neira et al., 1992). Bis zum heutigen Zeitpunkt wurden immer mehr Projektionssysteme eingesetzt, da sie relativ gut zu bedienen sind und weniger problematisch beim Eintauchen in das VE. Bei den HMD-basierten Systemen scheint sich langsam ein neuer Trend durchzusetzen der auf die Hauptproblematiken dieser Technologie abzielt: Tragekomfort und Bildqualität. Durch die Entwicklung hochauflösender organischer Displays (OLED) werden diese Systeme bald auch keinen wesentlichen Unterschied mehr zu Projektionssystem aufweisen.

### 3.3 Technologie

Ein wichtiger Aspekt bei der Betrachtung der Möglichkeiten von VR ist die der Technologie. Um die menschlichen Sinne zu täuschen ist einiges an komplexer Input- und Outputhardware gekoppelt mit dementsprechender Software notwendig.

#### 3.3.1 Hardware – Eingabegeräte

##### 3.3.1.1 Trackingsysteme

Wichtigstes Eingabegerät in der VR sind Trackingsysteme. Um interaktive virtuelle Umgebungen zu betreiben, benötigt man Position und Orientierung von Punkten im Raum (meist Hand, Kopf). Gespeist mit diesen Daten kann man Objekte im virtuellen Raum plazieren und hat eine direkte Interaktion zwischen Benutzer und dem VE. Es gibt verschiedene Ansätze für solche Trackingsysteme:

- Elektromagnetisches Tracking (Polhemus, Ascension)
- Ultraschalltracking (Intersense)
- Gyroskopsensoren (3Ball Gyro)
- Beschleunigungssensoren
- Optisches Tracking (AR-Tracking, Optotrak)
- Mechanisches Tracking (BOOM)

Insgesamt werden alle Trackingsysteme nach folgenden Kriterien unterschieden:

- inkrementelle oder absolute Messung
- Anzahl der Freiheitsgrade
- Reichweite des Meßfeldes
- Genauigkeit der Messungen
- Wiederholrate bei der Messungen

Anhand dieser Punkte kann man eine Aussage über Qualität machen und Schlußfolgerungen für ein Einsatzgebiet ziehen. Dabei sind prinzipiell zwei Hauptpunkte zu beachten. Heutige VR-Systeme setzen meist noch magnetisches Tracking ein. Dies hat den Vorteil sehr hoher Präzision und relativ großer Reichweite. Jedoch ist vor allem der Komfort (Kabel) sehr beschränkt und man hat oftmals Probleme mit Interferenzen mit metallischen Bauteilen oder elektrischen Geräten. Bei optischen Trackingsystemen hat man hauptsächlich das Problem der Verdeckung und der optischen Auflösung und Fokussierung, dafür ist jedoch der Tragekomfort relativ gut,

vorausgesetzt hier wird noch eine weitere Miniaturisierung vorangetrieben.

### 3.1.1.2 3D-Eingabegeräte

Es gibt noch weitere Eingabegeräte die vor allem die Handbewegung in VR-Anwendungen nutzbar machen. Es gibt zum einen mit Trackingsensoren ausgestattete 2D-Eingabegeräte wie z.B. die Ascension Flying Mouse oder verschiedene Varianten von mit Trackingsensoren versehene Joysticks. Spaceballs und SpaceMouse haben sich vor allem in der Desktop-VR, besonders beim 3D-Modellieren bewährt.

Eine weitere Kategorie sind Datenhandschuhe. Diese können Bewegungen der Hand und der Finger mit Hilfe von piezoelektrischen Elementen, Glasfaseroptik oder mechanischer Zuelemente messen und so eine intuitive Interaktion ermöglichen. Nachteil dieser Geräte ist die schlechte Passform der Handschuhe (meist auf eine bestimmte Größe geeicht) und hygienische Bedenken bei Systemen die von mehreren Anwendern benutzt werden sollen.

### 3.3.2 Hardware – Ausgabegeräte

Wichtigstes Ausgabemedium für Desktop-VR ist selbstverständlich der Monitor. Für die Anwendung bei Fishtank-VR nur möglich CRT-Monitore zu betreiben. TFT-Displays haben zu lange Schaltzeiten, allerdings sind hier auch schon Prototypen verfügbar, die höhere Bildwiederholraten ermöglichen und somit für Aktiv-Stereoanwendungen nutzbar wären. VR wird oftmals mit HMD's (Head Mounted Display) in Verbindung gebracht. Die verfügbaren Geräte haben jedoch durch den relativ niedrigen Tragekomfort wenig Benutzerakzeptanz. Es gibt verschiedene Kategorien von HMD's – SeeThrough (man kann durch die Projektionsebene die reale Umgebung wahrnehmen) und vollimmersive HMD's (der Nutzer ist vollständig von der Außenwelt abgeschirmt).

Ein weitere Gruppe der Ausgabegeräte ist die der Projektionssysteme. Dabei werden vor allem zwei Gruppen von immersiven Projektionssystemen unterschieden: Aktiv-Stereo und Passiv-Stereo. Bei Aktiv-Stereo-Systemen werden mit hoher Frequenz Bilder für das rechte und linke Auge gerendert und angezeigt und gleichzeitig mit LCD-Shutterbrillen das jeweilig andere Auge abgedunkelt. Bei Passiv-Stereo werden zwei Projektionen miteinander gekoppelt die für jedes Auge eine Polarisierungsebene benutzen. Bei den Projektionssystemen kann man dann noch zwischen vollimmersiven (CAVE) und semiimmersiven (VirtualShowCase, IllusionholeStation) unterscheiden.

### 3.3.3 Hardware – Hybridgeräte

Man kann natürlich auch Eingabe- und Ausgabegeräte mit einander koppeln. So zum Beispiel bei einem BOOM (Kopplung von HMD und mechanischen Tracking). Vor allem in der Medizin werden Exoskelette benutzt um dem Operateur mit Informationen über das Gewebe zu versorgen und um gleichzeitig die minimalinvasiven Geräte zu steuern. Allerdings sind diese Geräte mit einem hohen technischen Aufwand verbunden und von Tragekomfort kann keine Rede sein. Für die Anwendung für das Skizzieren wären sie trotzdem interessant – z.B. zur Simulation von Ton mit den man virtuell eine Form modelliert.

### 3.3.4 Software

Um all diese Geräte zu steuern benötigt man spezielle Software. Diese muss in der Lage sein eine dreidimensionale Szenerie zu generieren, Eingabe und Ausgabe zu synchronisieren. Wichtigste Komponente in VR-Anwendungen ist die 3D-Simulationsengine. Hierfür werden meist Szenengraphen benutzt die auf die von sgi entwickelte OpenGL-Schnittstelle zurückgreifen. Damit lassen sich virtuelle Welten hierarchisch organisieren und realweltliche Zusammenhänge direkt in einer Objekt-Knoten-Struktur simulieren. Moderne VR-Anwendungen können diese Szenengraphen außerdem via Netzwerk verteilt verwalten und sind außerdem über einfache Interpreterschnittstellen (skripting) programmierbar. Zusätzlich können Raumklang (spatial audio) und andere sensorische Ausgabegeräte gesteuert werden.

### 3.4 Zukünftige Entwicklung

Auf nähere Details für eine zukünftige Entwicklung auch hinsichtlich Skizze und VR folgt im Kapitel 11. Hier sollen nur Trends in der momentan stattfindenden VR-Forschung aufgezeigt werden.

#### 3.4.1 Integration

Der momentane Trend in der VR ist es, die Eingabe- und Ausgabegeräte für den Benutzer transparent zu gestalten. Durch diese Integration wird eine stärkere Akzeptanz bei der Anwendung ermöglicht. Oftmals scheitert der Einsatz von VR schon an der Benutzbarkeit der wichtigsten Interfaces. Virtual Reality hat in dieser Hinsicht mit vielen Faktoren der HCI auseinanderzusetzen. VR muss sich mit sehr viel präziser auf die Bedürfnisse des Nutzers eingehen, da er nicht externalisiert auf ein System schaut, sondern Teil dessen wird. Dabei werden zwei Varianten der Integration diskutiert. Zum einen die Verwendung von sogenannten Props. Diese stellen spezielle auf die Interaktion mit dem VE zugeschnittene Eingabegeräte dar. Multifunktionale Eingabegeräte wie z.B. der Stylus der Polhemus Systeme haben nur begrenzte Nutzerakzeptanz. Es ist dem Nutzer schwer verständlich, dass ein Stift in einem VE anders reagiert als im Realen: also als Stift auf Papier. Props machen schon anhand ihrer Form und Haptik klar wie man mit ihnen interagieren kann.

Ein weiterer Punkt der Integration ist das verstecken der Technik die für VE's benutzt werden. Oftmals werden allein durch den Anblick von Computer und Kabeln andere Erwartungen an eine VE gestellt als an Systeme die ihre Technik vollständig verbergen. Somit ist durch dieses Verbergen von Technologie eine höhere Akzeptanz beim Nutzer zu erreichen.

#### 3.4.3 Kosten

Eine weitere zu beobachtende Entwicklung ist die der Kosten für die Anschaffung von VR-Equipment. Es gibt immer noch sehr kostspielige professionelle Hard- und Softwarelösungen, aber durch den hohen Forschungsdruck und die Kosteneinsparungen kommen immer neue preiswertere Lösungen auf den Markt. So zum Beispiel bei Trackingsystemen. Wurden bisher fast ausschließlich unkomfortable magnetische Systeme benutzt die aufgrund von Patentrechten sehr hochpreisig sind, so setzen sich inzwischen immer mehr einfache optische Trackingsysteme durch die sich mit sehr preisgünstigen Webkameras betreiben lassen. Bei Anwendungen die einen gewissen Spielraum in der Genauigkeit des Trackings ermöglichen sind diese Systeme im Vormarsch. Ein weiterer Punkt sind die Grafikkarten. Bisherige VR-Systeme benötigten spezielle Grafikhardware die extrem kostspielig ist. Durch die schnellen Entwicklungszyklen auf dem Spielektor der immer bessere Grafikengines auf den Markt bringt und dementsprechend leistungsfähigere Grafikhardware benötigt, sind die heutigen Grafikkarten den Grafikworkstations teilweise schon überlegen. Folglich werden Technologien die für VR-Installationen benötigt werden immer preiswerter und können somit eine höhere Akzeptanz erreichen.

## 4. Architektur und Skizze

---

Am Anfang von Architektur steht eine Vision. Diese Vision wird in der Entwurfsphase durch verschiedene Komponenten begleitet. Es gibt ein Konzept, eine Analyse und die Diskussionen zu Analyse und Konzept. Diese Diskussionen von Architektur laufen über Skizzen ab. In einer Art Sandkasten werden auf ihr Sandburgen errichtet und wieder eingeworfen – eine Simulation der Realität, maßstäblich verzerrt. Aber auch in den restlichen Phasen wird meist über Skizzen kommuniziert. Der Architekt bringt seine Ideen in einer reduzierten Form zu Papier. Kreativität drückt sich vor allem in einem weit gestreuten und exzessiven Vorentwurfsprozess aus. Denn durch den hohen Grad an Iterationsstufen wird die Möglichkeit für Fehler im Entwurf geringer, unter der Voraussetzung das eine gute Architekturkritik diese immer wieder in Frage stellt. Dabei spielt auch das Prinzip der „tabula rasa“ eine Rolle. Wenn der Entwerfende die Möglichkeit hat seine Ideen über die Skizze zu archivieren so ist er auch in der Lage wieder am Nullpunkt anzufangen.

### 4.1 Historische Sicht

Vor dem Mittelalter entsprach die Architekturdarstellung nicht der Abbildung des gesamten Gebäudes. Descartes spricht, bezugnehmend auf Aristoteles, von der Architektur der *perspectiva naturalis* (Lehre vom menschlichen Sehvorgang und optischen Phänomenen wie z.B. der Lichtbrechung). Die Zeichnung war auf das Wesentliche, die rein physikalischen Komponenten reduziert. Sie enthielt die Konstruktion und geometrische Regeln. Nach und nach entwickelte sich eine neue Form der Zeichnung durch die Verbreitung der Perspektive in der Renaissance. Als Folge wurde die Sichtweise auf die Architektur und somit auch der Entwurf von Architektur geändert. Die *perspectiva naturalis* wurde langsam durch die *perspectiva artificialis* (Lehre von der künstlichen Konstruktion eines natürlichen Wahrnehmungseindruck auf einer ebenen Fläche) ergänzt und schlussendlich abgelöst. Das bedeutet, das der Blickpunkt aus dem eine Zeichnung wahrnehmbar ist, konstruiert ist und aus ihr herausführt. Diese Herausführung hatte zur Folge das mehr Platz in der Zeichnung vorhanden war, um Ideen zu transportieren. Konstruktion konnte nun auch in ihrem Zusammenhang und vor allem mit der Bedeutung dargestellt werden. War in der *perspectiva naturalis* noch alles unter die Phänomenologie des Sehens gestellt, so konnte man nun aus einer abstrakten Weise heraus mehr Informationen in die Zeichnung hineinlegen als die der reinen Konstruktion, repräsentiert durch Abbildung. Mit der *perspectiva artificialis* rückte die Idee, die Bedeutung der Dinge in den Vordergrund. Die geometrische Rationalisierung und die Trennung von Konstruktion und Bedeutung führte dazu, das ein größerer Kontext übermittelt werden konnte. War in der Architekturdarstellung noch die Einheit der Sinne verankert so wurde nun die visuelle Wahrnehmung davon getrennt und die externalisierten Weltsicht wichtig. Filarete geht sogar soweit die Hypothese aufzustellen, das die Welt nur über einen Spiegel wirklich wahrnehmbar wird. Die zweidimensionale Simulation unserer Wirklichkeit als einzige Möglichkeit die Welt wahrzunehmen (Pérez-Gómez and Pelletier, 1997). Damit ist die Skizze auch nur eine Simulation von fiktionaler Architektur inklusive ihres Kontextes.

### 4.2 Einbettung in den Entwurfsprozess

Die Skizze ist ein Multifunktionswerkzeug des Architekten. Es dient einerseits der Verteidigung seiner Ideen, andererseits fordert es den Kollegen zur Kritik. In der Entwurfsphase werden die Ideen anhand von Konzeptionen und Analysen durchgespielt. Immer fortwährende Iterationen in diesem Prozess führen schlussendlich zu einer Lösung.

Die Vielschichtigkeit ist die große Stärke der Skizze. Mit keinem anderen Medium können solch komplexe Zusammenhänge in so prägnanter und komprimierter Form übermittelt werden. In der Architektur tritt die Skizze in allen Phasen des Entwurfes auf. Es werden nicht nur Ideen kurz zeichnerisch notiert, sondern auch Korrekturen möglicherweise schon vorhandener gebauter Strukturen. Dabei wird oftmals der zweite Kommunikationsweg benutzt um durch verbale und

gestikulierende Kommunikation die Skizze zu begleiten – also direkte Kontextinformation zu liefern. Somit ist sie oftmals initiiertes Element für eine neue Diskussion einer Problemlösung. Auch darf man die Möglichkeit der Archivierung nicht vergessen. Anhand des gespeicherten Wissens können die folgenden Schritte freier behandelt werden. Durch diese Archivierung werden Lösungsfindungen nachvollziehbar, wenn sie chronologisch geordnet und mit entsprechenden Notizen versehen wurden besteht die Möglichkeit einen Lernprozess anhand dieser Skizzen anzustoßen.

#### 4.3 Formen des Entwurfsprozesses

Verschiedene Arten des Entwurfsprozesses bedingen dementsprechende Varianten der Skizze. Oft wird dieser Prozess mystifiziert und über Alles gestellt, aber wie wir aus den vorangegangenen Betrachtungen gelernt haben, ist Skizze eine Darstellungsform Teile unseres Denkens abzubilden. Also ist Entwerfen eine spezielle Art des Denkens, denn Entwurf und Skizze sind unmittelbar miteinander verwoben. Es soll nun eine rationalere Einschätzung des Entwerfens folgen, die vielleicht auch die Kongenialität ein wenig in Frage stellt.

Zunächst braucht Architektur, und damit der Entwurf einen zündenden Funken – die Initiierung eines Projektes. Dieser Anfangspunkt ist immer von einem Bedarf getrieben. Der Bedarf wiederum muss nicht ausschließlich das Urbedürfnis des Schutzes vor äußeren Einflüssen (Schutz vor Witterungseinflüssen, Schutz der Intimität, Schutz vor Feinden usw.) sein, sondern folgt gerade in unserer technologisierten und emotional kommerzialisierten Welt ganz anderen Werten. Heute hat Prestige, getragen von einem „corporate design“ das Erscheinungsbild einer Marke wesentlich mehr Einfluss auf die Gestalt eines Gebäudes als die reinen funktionalen Bedürfnisse. Es braucht also Ideen in unserer überinstrumentalisierten Welt um Reaktionen bei dem Betrachter und dem Benutzer hervorzurufen. Die Medialisierung hat durch die Ausnutzung der menschlichen Mimesis hervorgerufen das dem Bild mehr Beachtung als dem Original zuteil werden (Benjamin). Im Grunde muss der Architekt ähnlich einem Werbedesigner den Benutzer für kurze Zeit in seinen Bann ziehen und hat aber zusätzlich noch die Aufgabe das Gebäude benutzbar zu machen, sorgfältig zu konstruieren, die Kosten zu senken und für nachhaltige Bauausführung zu sorgen. Dieser Aufgabe gerecht zu werden muss er sich eines fast schon archaischen Instrumentariums bedienen (Gaenshirt, 1999):

- Beobachtung
- Skizze (hier ist die einfache zweidimensionale Strichzeichnung gemeint)
- Zeichnung
- Modell
- Kalkulationen
- Diskussion

Nun ist dieser Prozess hochgradig subjektiv und vor allem durch die Ausbildung geprägt. Der Kanon der Grundelemente bleibt gleich lediglich die Zusammensetzung und Verknüpfung untereinander sind von Architekt zu Architekt verschieden. Von der Herangehensweise kann man jedoch prinzipiell zwei Gruppen von Entwurstilen unterscheiden kann. Zum einen den Designentwurf und zum anderen den Gebäudeentwurf (Neis, 1999). (Diese Betrachtung ist nur eine von Vielen in der Architekturtheorie. Die Problematik besteht darin, dass auch hier keine definierte Bezeichnung der Begrifflichkeit Entwurf in der Architektur vorhanden ist)

Der Designentwurf konzipiert ein Gebäude anhand der Ästhetik. Dabei wird erst nach mehreren Iterationen in das konstruktive Detail gegangen. Wichtig ist die freie künstlerische Umsetzung der Ideen – es überwiegen im Entwurfsprozess die bildenden und modellhaften Elemente. Ein anderer Ansatz ist der Gebäudeentwurf. Hier wird anhand von Erfahrung und Regeln entworfen, Ästhetik spielt keine oder nur untergeordnete Rolle. Der Entwurf entsteht anhand von religiös und lokal verwurzelten Mustern die eine Bauplanung und Bauausführung auch durch Laien ermöglicht. „Architektur ohne Architekten“ wie Bernhard Rudofsky in seinem gleichnamigen Buch feststellt (Rudofsky, 1993). Selbstverständlich werden in beiden Arten von Entwurfsvarianten Skizzen benutzt, aber unter jeweils anderen Gesichtspunkten. Außerdem

Mischformen denkbar.

Grundsätzlich unterscheiden sich beide Typen jedoch in der Herangehensweise der Lösungsfindung. Im Designentwurf wird eine Vision, eine Idee bis in die Details hinein durchgestaltet. Folglich eine Topdown-Methode. Auf der anderen Seite steht der Gebäudeentwurf. Er löst kleine Teilprobleme um sie zu einem Gesamtkonzept zusammenzuführen – eine BottomUp-Methode. Beide Formen können grundsätzlich ineinander verschachtelt werden und sind oftmals in der Endausführung nicht mehr nachvollziehbar.

#### 44 Formen der architektonischen Skizze

Im Nachfolgenden werden Varianten der Skizze in der Praxis beleuchtet. Dabei stehen Aspekte der Kommunikation, Darstellung, Informationsarchivierung und der Rezipierbarkeit im Vordergrund. Da es hier ausdrücklich um die kreativen Aspekte der Skizze geht, werden nur Beispiele aus der Kategorie der Designentwürfe behandelt.

##### 44.1 Skizze als Kunstwerk

Beispielhaft soll die hohe Kultur des Kunstwerkes als Architekturskizze, wie man sie bei Santiago Calatrava findet, diskutiert werden. Calatrava entwirft mit Hilfe von Aquarellen, Federzeichnungen, abstrakten Skulpturen und Farbkompositionen, die zunächst nichts mit der eigentlichen Entwurfsaufgabe gemein haben. Wenn man diese Werke jedoch genauer betrachtet, stellt sich anhand des Prozesses eine Idee heraus die nur über den Prozess und die Entwicklung in den Modellen und Zeichnungen nachvollziehbar werden. Es geht um das Festhalten einer Intuition in einer künstlerischen Studie. Auffällig dabei ist die sehr detaillierte Ausführung, die gar nicht in das Bild der Skizze passt. Die eigentliche Abstraktion liegt in der thematischen Entfernung des Gezeigten von der Aufgabenstellung. Es geht bei Calatrava's Modellen meist um statische Probleme die durch kleine Skulpturen greifbar werden oder Lichtstudien die mittels abstrakter Farbkompositionen entstehen. Der Architekt begibt sich dabei auf einen externarisierten Standpunkt um auftretende Schwächen in seinem Entwurf besser zu erkennen. Durch immer weiter in die Detaillierung hineingehende Entwurfsschritte folgt sie der TopDown-Methode, dem Designentwurf. Die hohe Detaillierung und der hohe Anspruch auf künstlerische Qualität machen diese Entwurfsweise zu einem singulären Prozess. Schritte, Hintergründe und Thematik bedürfen einer Dokumentation um sie für andere am Entwurf Beteiligte in ihrem Kern zugänglich zu machen.

##### 44.2 Skizze als multimediale Konstruktion

Einen anderen Ansatz verfolgt Sir Norman Foster. Seine Entwurfsskizzen zeigen visionäre Strukturen die dann wiederum immer weiter verfeinert und in ihre konstruktiven Elemente zerlegt werden. Meist sind diese Skizzen anhand konstruktiver Themen geordnet und machen den Prozess der technischen Umsetzung deutlich. Dabei verwendet er die Randnotiz als Skizze in der Skizze.

*„Wie soll man Grundrisse, Schnitte und Fassaden eines Gebäudes entwerfen, ohne am Rand des Blattes die dreidimensionalen Aspekte zu skizzieren ...?“ (Foster, 1993)*

Vision und fiktionale Umsetzung stehen in direkter Korrespondenz auf dem Skizzenblatt. Eine Iteration findet vom Grossen in das Detail statt – ein typischer Detailentwurf. Skizzen sind bis auf das essentiell notwendigste abstrahiert. Durch das textliche Notieren und arrangieren auf dem Blatt sind die vermittelten Teilaspekte sehr gut zu lesen, eine Vorform der multimedialen Skizze.

##### 44.3 Raumskizze

Adolf Loos hat mit seinen Ideen zum Raumplan eher unbewusst gezeigt wie schwer es ist diesen schnellen und iterativen Prozess der Skizze in die dritte Dimension zu heben. In seinem Raumplan hat er alle Verschneidungen und räumlichen Konfigurationen durchdacht. Jedoch

mussten Pläne noch bis zur letzten Minute auf der Baustelle geändert werden. Der Grund: da Loos's Modelle aus Holz und Pappe gebaut waren, wurden durch seine Mitarbeiter Änderungen nur teilweise in das Modell aufgenommen – der Aufwand für Änderungen oder Neubauten war zu hoch. Eine Hauptproblematik dabei war also nicht die Idee, sondern die Speicherung in einem geeigneten Medium, das es möglich macht die komplexen Strukturen des Raumplanes in ein Modell zu übersetzen. So gesehen war die Idee des Raumplanes seiner Zeit voraus, es fehlte das richtige Medium zur Kommunikation.

Diese drei Beispiele zeigen nur einen Bruchteil dessen was Skizze in der Architektur bedeuten kann. Es soll hier auch nicht weiter auf die Gestalt der Skizze eingegangen werden, weil gerade aus den Beispielen erkenntlich wird, wie hochgradig subjektiv dieser Prozess ist und wie sich unterschiedliche persönliche Vorzeichen auf die Gestalt auswirken. Die Form der Skizze und ihrer Einbettung in den Entwurfsprozess gründet sich weniger auf ihrer Gestalt als vielmehr die Art und Weise wie mit ihr umgegangen wird. Für die Skizze in der VR muss man daraus schlussfolgern, dass man sie nicht in ein Korsett pressen kann und dass ein Ansatz gefunden werden muss, der diese hohe Flexibilität unterstützt und sogar erweitern kann. VR im herkömmlichen Sinne kann in diesem Zusammenhang also nur ein Hilfsmittel von vielen sein – wenn auch ein sehr wichtiges wie im Folgenden belegt werden soll.

#### 4.5 Überschneidungen mit VR

Architektur ist zu Form gewordene Information (Schmitt, 1999). Wenn Architekturskizze diese Architektur als Medium vermittelt und archiviert, so kann man von der Skizze als architektonischen Gedankencontainer für komplex verknüpfte Informationen sprechen, der darauf abzielt eine fiktionale dreidimensionale Repräsentation – das Gebäude - darzustellen. Informationen in der Skizze sind stark komprimiert, abstrahiert und einen äußeren Kontext eingebunden. Wenn also diese diffusen Informationen zu einer dreidimensionalen Struktur führen sollen, dann müssen sie auch eine dementsprechende Visualisierung erfahren. Oft stellen sich im Entwurf und dann in der Planungsphase oder sogar noch später, komplexe dreidimensionale Probleme, die erst an einer 1:1 Repräsentation im Modell oder durch schon am Gebäude angebrachte Teile sichtbar werden. An dieser Stelle kann eine Visualisierung schon in den frühen Phasen sehr viel Kosten sparen. VR kann durch immersive Visualisierung den Unterschied zwischen der *perspectiva naturalis* und der *perspectiva artificialis* verbinden. Musste man bisher zur Simulation auf die Konstruktion auf der Ebene zurückgreifen (Desktop- oder Bildschirmvisualisierung) so ist man jetzt in der Lage direkt auf die menschliche Wahrnehmung einzugehen (immersive oder augmentierende VR). Dabei hat man jedoch das Problem die menschlichen Gewohnheiten einer Jahrhunderte alte Tradition über den Haufen zu werfen und man gelangt genau an dem Problem an das Innis (siehe Vorwort) beschrieb: Werkzeuge sind menschengemacht, aber es ist unendlich schwer über sie hinauszugehen.

## 5. Skizze in VR

---

Wie bereits erwähnt hat man in der VR schon einige Forschungen zu diesem Thema angestellt. Jedoch beschränkten sich diese mehr auf die Darstellung, als auf den eigentlichen Inhalt der Skizze. Das deckt jedoch nicht den kompletten Überschneidungsraum ab. Wenn man von Skizze in der VR spricht, so sind das bisher meist immersive 3D-Modellierer mit reduziertem Funktionsumfang (wie im Nachfolgenden noch erläutert wird). Wenn man nun VR und die Skizze in der Architektur betrachtet, so ergeben sich mehrere wichtige Schnittpunkte an denen die Architektur von der VR profitieren kann und umgekehrt.

### 5.1 Möglichkeiten der Skizze in der VR

Die Begrifflichkeiten VR und Skizze stehen sich relativ konträr gegenüber. VR dient der möglichst genauen Simulation der Wirklichkeit und Skizze einer unscharfen Abbildung fiktionaler Gebilde. Die Überschneidungspunkte sind also nicht ganz offensichtlich, dazu muss man den Begriff der VR noch mal anhand der Komponenten der Skizze beleuchten.

#### 5.1.1 Mediale Simulation der Skizze

Wie bereits im Vorfeld geklärt wurde ist eine der Komponenten der Skizze das Medium. Da die konventionelle Skizze auf dem Zeichenblatt gezeigt wird, ist es die einfachste Variante dieses Medium in der VR zu simulieren (siehe Kapitel 6). Jedoch hat man mit der VR wesentlich mehr Möglichkeiten der Simulation. So ermöglicht es einem die VR alle Varianten der medialen Repräsentation der Skizze zu simulieren. Modell und zweidimensionale Darstellung können miteinander verknüpft und gleichzeitig simuliert werden.

#### 5.1.2 Kommunikation

Dadurch, das alle medialen Repräsentationen miteinander gekoppelt und simuliert werden können, ist es auch möglich die verschiedenen Kommunikationsformen zu simulieren. Dazu müssen diese zunächst auf die Möglichkeiten des Computers abstrahiert werden und die notwendigen Ein- und Ausgabegeräte vorhanden sein. Wenn also verbale, gestikuläre und visuelle Kommunikation miteinander gekoppelt werden können, so ist es hypothetisch gesehen auch möglich diese Kommunikation komplett aufzuzeichnen und über Netzwerk zu verteilen. Um den Nutzer nicht zu überfordern müssen die einzelnen Kanäle der Kommunikation auf beiden Seiten intuitiv anschaltbar sein.

#### 5.1.3 Wahrnehmung

Die Skizze in der VR kann in verschiedenen Formen auftreten, wie auch im Folgenden anhand von Beispielen gezeigt wird. Wenn man den Begriff VR und den Begriff Architektur in die Hauptbestandteile zerlegt und direkt gegenüberstellt, so ergeben sich folgende Konfigurationen:

- Unschärfe vs. Detailtreue
- Darstellend Immersiv vs. Kognitiv Immersiv
- Schwache Interaktivität vs. starke Interaktivität

### 5.2 Schnittmenge

Die architektonische Skizze ist Abbildung unserer mentalen Modells einer fiktionalen Raumkonstellation. Dieses Abbild ist mit Bedeutungen belegt. Bedeutung wiederum soll mit Hilfe der konventionellen Skizze transportiert werden. Die Bedeutungen stehen im direkten Zusammenhang mit der Skizze.

VR wiederum kann durch die immersive Simulation und durch Interaktion ein mentales Abbild von Objekten erzeugen – dabei ist zunächst irrelevant ob die simulierten Objekte real oder virtuell sind. Die visuelle Simulation ist somit auf der gleichen Ebene wie die konventionelle Skizze mit dem Unterschied das in bisherigen VR-Installationen andere Kodierungen verwendet

wurden – möglichst hoher Realismus.

### 5.3 Möglichkeiten der Skizze in der VR

Es steht nun zur Debatte welche Möglichkeiten die Skizze in der VR hat. In der direkten Schnittmenge befinden sich also die visuelle Simulation eines mentalen Modells. VR kann jedoch wesentlich mehr bieten als die herkömmliche Skizze durch Simulation auraler, textlicher und dreidimensionaler Reize. Zusätzlich kann die Darstellung an die gewünschte Wahrnehmung angepasst werden. Die Soft- und Hardwaretechnik bietet einen ungeahnten Pool an Variationsmöglichkeiten um die Skizze aus der Zweidimensionalität zu holen. Bisherige Versuche haben sich auf nur wenige Aspekte beschränkt. Thema dieser Arbeit ist es jedoch, neue Vorschläge für den Umgang mit der kreativen Arbeit in der VR.

- multidimensionale Darstellung
- Renderingmethoden
- Versionsverwaltung
- Hierarchiebäume
- Kognitionsadaption
- Narration

Diese Aspekte werden in einem späteren Kapitel weiter erläutert und mit Beispielen untermalt. Einige davon werden auch direkt in dem Prototypen behandelt.

## 6. Überblick zu vorhandenen Systemen

Wie bereits schon im vorangegangenen Kapitel erwähnt, haben sich selbst die Pioniere der VR schon mit der Skizze auseinandergesetzt. Jedoch bisher nicht mit der architektonischen Skizze. Es sollen nun anhand von vorhandenen Systemen, Problemlösungen und Schwierigkeiten aufgezeigt werden die auftreten wenn VR für kreative Arbeit benutzt wird. Anhand einer einfachen Bewertungsmatrix sollen die Beispiele auf folgende drei Punkte geprüft und diskutiert werden.

- Darstellung – kann die gewählte Darstellung vermitteln, ob es sich bei dem visualisierten Objekten um Arbeitsmittel oder um eine Simulation von realen Objekten handelt?
- Interaktion – kann das Werkzeuginterface in der Software der schnellen Eingabe von Ideen gerecht werden? Wie hoch ist der benötigte Lernaufwand?
- Immersion/Präsenz – kann die Software den Benutzer den Eindruck vermitteln die dargestellten Objekte befänden sich wirklich im Raum. Dies steht zunächst im direkten Gegensatz zu dem Parameter der Darstellung hat jedoch seine Begründung darin, das Immersion/Präsenz nicht ausdrücklich nur von der Darstellung abhängt.

Diese Parameter wurden gewählt um Haupteckpunkte eines Softwareentwurfes herauszufiltern und um Anstöße für visionäre Erweiterungen dieses Softwareentwurfes zu erhalten.

### 6.1 Vorstellung

#### 6.1.1 SKETCH – An Interface for Sketching 3D Scenes (Zeleznik, 1996)

Zeleznik zeigt in diesem Papier ein click-and-drag basierte Interaktion, durch die man einfache rektanguläre Objekte mittels Extrusion erzeugen kann. Das System ist desktopbasiert und zeigt eine orthographische Ansicht. Um Tiefeninformation zu erzeugen gibt es eine extra Geste um Schatten zu zeichnen. So gesehen war das System nicht für einen immersiven Einsatz gedacht und erlaubt es nur am Bildschirm zu arbeiten. Jedoch wurde in einer erweiterten Version das gleiche Gestenparadigma in eine immersiv arbeitende Variante eingebaut. Das Addieren von vier Freiheitsgraden macht jedoch die Bedienung inkonsistent, der Benutzer ist größtenteils damit



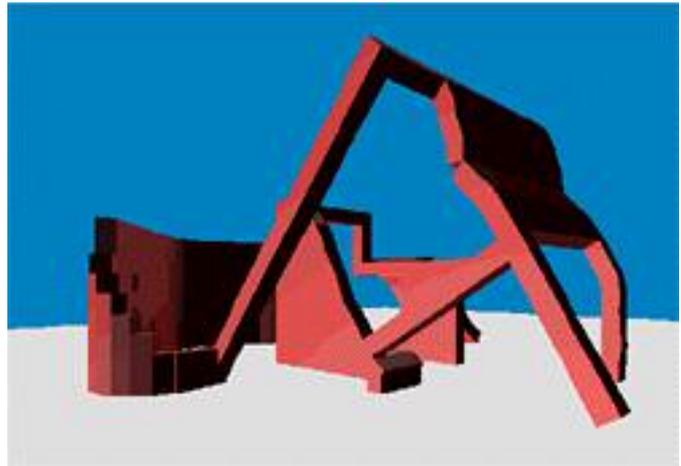
beschäftigt die Gesten korrekt auszuführen, als sich seiner Aufgabe zu widmen. Das kommt erschwerend hinzu zu den relativ kontraintuitiven Gesten die für bestimmte Aktionen auszuführen sind.

Dieser frühe Ansatz eine Art Modellskizze in dreidimensionalen Welten zu erzeugen zeigt schon die am häufigsten bei VR-Systemen auftretenden Probleme auf. Zunächst ist es relativ schwierig dem Nutzer die Gesten zu vermitteln. Außerdem erlaubt es der ständig extern gehaltene Standpunkt nicht, sich einen Überblick im Detail zu verschaffen – ein direktes Erleben des Entworfenen ist nicht möglich. Die orthogonale Darstellung macht es am Desktop teilweise schwierig die Vorder- und Hinterkanten einer symmetrischen Figur zu treffen. Dieser Nachteil ist aber zugleich ein Vorteil. Durch die Abstraktion als eine Art Puppenstube, ist die Interpretation als Werkzeug leichter möglich, da sie sich von den normalen Sehgewohnheiten abhebt.

#### 6.1.2 DDDoolz (Vries, 2000)

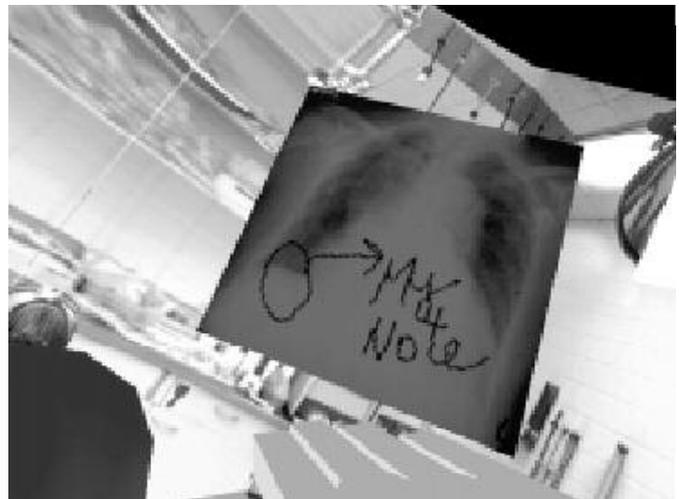
DDDoolz steht in einer ganzen Reihe von kleinen dreidimensional arbeitenden Werkzeugen von de Vries und Achten. Es setzt in der Darstellung auf eine Art Legoatmosphäre um die

Abgrenzung von realen Objekten zu erreichen. Die Darstellung ist perspektivisch jedoch arbeitet auch DDDoolz screenbasiert und benutzt ebenfalls ein click-and-drag Interface. Der Unterschied zu SKETCH liegt in der speziellen Gestenerkennung die es möglich macht, viele Funktionen ohne das Benutzen von Menüs auszuführen. Da man auf dem Bildschirm arbeitet, gestaltet sich das Navigieren in dem VE als relativ schwierig. Man muss immer in der richtig Position gegenüber dem zu bearbeitenden Objekt stehen damit die Gesten auch entsprechend ausgeführt werden. Durch teilweise nicht nachvollziehbare Konfusion des Programms zwischen Navigation und Modellierung wird die ohnehin schon recht lange Einarbeitungsphase, bedingt durch die Gesten, unnötig erschwert. Die immersiv arbeitende Version ist aller Modellierungsfähigkeiten enthoben, also ein reiner Walkthrough. Das zeigt wiederum wie schwierig es ist, für den Desktop konzipierte Werkzeuge in die dritte Dimension zu heben. Ein weiterer Punkt ist die Darstellung in der Software. Die teilweise möglichen Einblendungen von Texturen und Schatten machen die für die Skizze eigentlich vorteilhafte Bauklötzchenatmosphäre wieder zunichte. In diesem Modus ist es schwer zwischen einer Simulation und einer Skizze zu unterscheiden. Zu erklären ist dies vielleicht damit, das de Vries und Achten eigentlich ein intuitives Modellierungswerkzeug entwickeln wollten. Es ging also weniger um die Skizze als um das schnelle Entwerfen von Grundrissen in der VR – also einer Art virtuellen Modellbau.



### 61.3 Virtual Notepad: Handwriting in Immersive VR (Poupyrev et al., 1998)

Einen sehr interessanten Ansatz verfolgt dieses Werkzeug. In einem vollimmersiven VE kann man mittels eines Grafiktablets zweidimensionale Zeichnungen anfertigen. Die Idee dabei ist, bestimmte Formen als Gesten zu interpretieren und dadurch eine Interaktion mit der VE zu ermöglichen. Durch das Tablet wird die Skizze haptisch erfahrbar. Die Problematik bei diesen Ansatz besteht hauptsächlich in der Kombination eines vollimmersiven VE mit einem haptisch

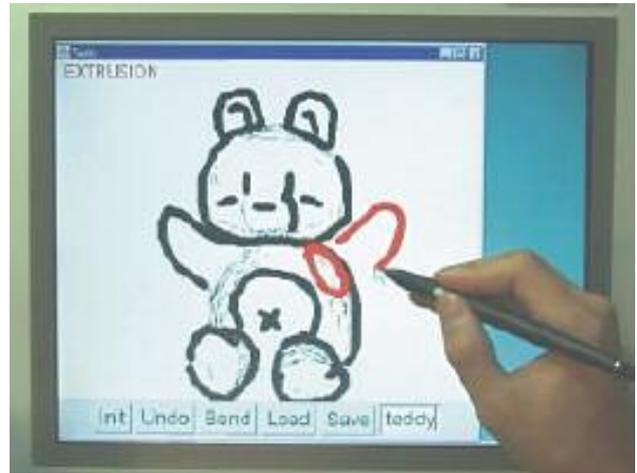


erfahrbaren realen Gegenstand (Prop). Dies hat meist zur Folge das man beim Eintauchen in das VE bezüglich dieses Gegenstandes zunächst völlig desorientiert ist, weil es sich um ein real vorhandenes aber nur virtuell repräsentiertes Werkzeug handelt. Der Nutzer hat also kein direkten Bezug zu dem Gerät, sondern nimmt es erst nach einer Weile als „vorhanden“ an. Dadurch, das die Skizzen als zweidimensionale Zeichnungen noch vorhanden sind, werden sie auch als solche wahrgenommen. Das System setzt auf frühere Ideen von Marc D. Gross vom MIT auf, in denen er die computergestützte Skizze digitalisiert (Gross and Do, 2000) oder anhand von Freihandzeichnungen Modelle erzeugt (Schweikhardt and Gross, 2000). Dabei werden wie auch beim Virtual Notepad Automatismen eingesetzt. Der Nutzer muss sich also im Klaren sein, welche Geometrien er erzeugt wenn er bestimmte Formen zeichnet. Zum einen hat dieser Ansatz

den Vorteil schnell zu einer dreidimensionalen Repräsentation zu gelangen, andererseits wird dem Benutzer kreative Arbeit abgenommen.

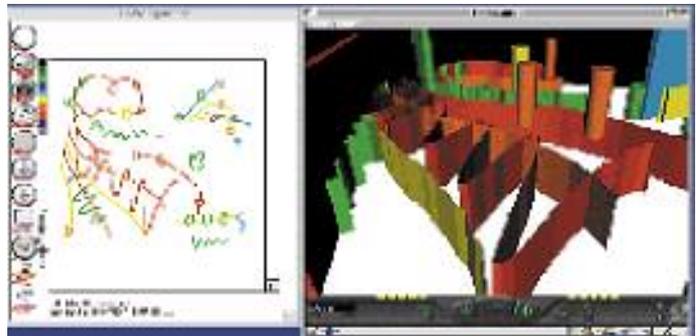
#### 6.1.4 Teddy : A Sketching Interface for 3D Freeform Design (Igarashi et al., 1999)

Teddy ermöglicht es dem Nutzer mittels weniger Striche schnell zu einer Freiform zu gelangen. Dabei wird ein CSG-ähnliches System benutzt. Der Charakter der Skizze wird vor allem durch die spezielle Darstellungsform vermittelt. Das System arbeitet screenbasiert und ist auch durch die Art der Interaktion nicht für einen immersiven Einsatz geeignet. Einer der eklatanten Vorteile des Teddy-Systems gegenüber den vorher gezeigten Systemen ist die Darstellung. Da dem Nutzer der Eindruck eines speziellen Zeichenblattes mit 3D-Darstellung vermittelt wird. So wenig Funktionalität dieses System beinhaltet, umso mehr fordert es die Kreativität heraus. Dies wird noch zusätzlich verstärkt, da die Werkzeuge sehr mächtig sind, ohne den Nutzer durch tiefe Menüstrukturen zu führen. Dadurch kann er seine ganze Konzentration der kreativen Arbeit widmen und nicht dem Werkzeug. Auch ist die Darstellung ein gutes Mittel, um anderen mitzuteilen, das es sich hierbei um eine Skizze handelt. Andererseits wird die Dreidimensionalität durch einfache Navigation erreicht, wenige Handgriffe werden benötigt um sich um das Modell zu navigieren und es so in seiner Räumlichkeit zu erfassen.



#### 6.1.5 Sketch that Scene for Me (Do, 2000)

Ein zweites System vom MIT, von Ellen Yi-Luen Do soll hier vorgestellt werden. Es verwendet eine Art automatische Mustererkennung anhand derer ein skizzierter Grundriss in eine VRML-Welt übersetzt wird. Grundlage dieses Systems ist wiederum die Arbeit von Marc

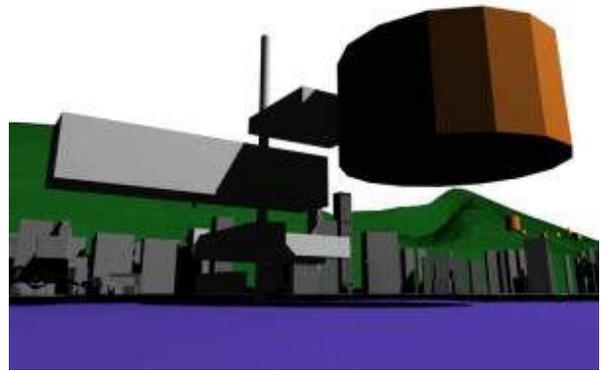


D. Gross (Gross and Do, 2000). Dadurch kommt der Benutzer anhand weniger Zeichenstriche zu einer dreidimensionalen Repräsentation. Wie schon angedeutet ist abzuwägen ob dieser Automatismus wirklich einen Mehrwert für die Skizze bringt. Unbestritten ist, das man schnell einen räumlichen Eindruck bekommt – nicht jedoch ein Gefühl für wirkliche dreidimensionale Proportionen. Da vor allem mit vorgefertigten Modellen gearbeitet wird, ist der Kreativität schon beim Entwurf Grenzen gesetzt. Fraglich ist, ob man dann diese Software noch als Skizze, also als freies Medium sehen kann, das es zumindest in Form von Stift und Blatt darstellt. Insgesamt sollte man hier eher von einer digitalen Modellbauwerkstatt mit Gestenerkennung sprechen. Durch die Automatismen werden eigentlich frei geformte Darstellungen mit Legizeichen belegt. Dies macht es für andere Betrachter schwer, eine andere Interpretation in das gezeigte Modell zu legen, der Sinn der Skizze ist somit fraglich.

#### 6.1.6 VRAM/G (Regenbrecht et al., 2000)

VRAM/G ist ein vollimmersiv arbeitende VE die durch eine einhändige Interaktion mit dem Stift Gesten erkennen kann. Mittels dieser Gesten kann man mit dem System interagieren

und Geometrien erzeugen. Der Vorteil aber auch der Nachteil dieser Technik ist es, das mit wenigen Handbewegungen schnelle Ergebnisse erzeugt werden können. Allerdings erfordert das Gestensystem eine recht lange Einarbeitungsphase durch den Nutzer. Außerdem ist es für das schnelle dreidimensionale Skizzieren schwierig für den Anwender zu verstehen an welcher Stelle die gestikulierten Objekte erscheinen. Da das System unbelegte Zeichen (Grundkörper der Geometrie) benutzt bleiben dem Betrachter genügend Interpretationsmöglichkeiten. Das Fehlen von Korrekturwerkzeugen hat Nachteile und auch Vorteile. Einerseits wird der Nutzer gefordert, darüber nachzudenken wo und wie er Geometrien erzeugt, zum anderen interferiert das mit der ungenauen Platzierung von Objekten.



## 6.2 Problematik

Bisher hat die VR versucht immer möglichst real zu wirken. Dies macht für 3D-Simulation herkömmlicher Art durchaus Sinn. Nur ist diese Art der Simulation nicht auf die Skizze anwendbar. Simulation kann mit unserer Rezeption interferieren und zu Missdeutungen führen (Landay and Myers, 1995). Ganz offensichtlich scheint die Darstellung als Skizze der Rezeption als solche zu helfen – Teddy zeigt dies eindrucksvoll, ohne dabei die Dreidimensionalität aus dem Auge zu verlieren.

Ein weiterer Faktor ist die Fülle an Features vorhandener Software. Wie ebenfalls oben beschrieben, ist nicht die Quantität der Werkzeuge wichtig, sondern deren Qualität in Bezug auf Intuitivität und Restriktion. Restriktion deswegen, um den Nutzer nicht in einem Dschungel von Möglichkeiten zu überfordern. Wenn es um das schnelle Übertragen von Gedanken in den Computer geht, möchte man mit möglichst wenig Interface und der Interaktion beschäftigt sein um den Fluss in der Kreativität nicht zu unterbrechen. Nicolas Negroponte vom MIT schreibt dazu:

*“The secret to interface design: make it go away.” (Negroponte, 1995),p.93*

Ein anderer Punkt ist, das man eigentlich alle Sinne involvieren möchte in der Interfacetechnologie. Je weniger jeder einzelne rezeptive Kanal belastet wird, desto leichter fällt der Umgang mit einem Interface. Aber wer möchte schon auf seine Post-It Notes (Landay and Myers, 1996) verzichten in einer virtuellen Entwurfsumgebung. Die Haptik ist auch durch sehr detailreiche Simulation nicht zu erreichen. Deswegen sollten die virtuellen Pendanten zu realweltlichen Objekten, wie Stift, Zettel und Modellbaumaterial so umfangreich wie möglich simuliert werden. Man wird um den Lernaufwand, diese als die Vertreter der realen Werkzeuge zu begreifen im Moment noch nicht herumkommen und man wird sie auch nicht radikal aus den virtuellen Umgebungen verbannen können. Eine mögliche Entwicklung wird sein, das man diese Werkzeuge ersetzt (simuliert) und dann, wenn sie akzeptiert sind (ähnlich der Computermaus) sukzessiv weiterentwickelt. Dazu fehlt aber im Moment den VR-Anwendungen noch die Akzeptanz in der Breite um eine solche Entwicklung durchzuführen.

Ein weiterer Fakt ist, das der Architekt auf eine bestimmte Dimensionalität im Entwurf fixiert ist und dies als absolut notwendig für das Verständnis für Details und Zeichnungen angesehen wird. Diese Betrachtung hat durchaus ihre Berechtigung, schärft sie doch den Blick für das Wesentliche. Wenn jedoch diese Details in einem größeren Kontext oder in einer bestimmten räumlichen Konstellation betrachtet werden sollen, so versagt diese Reduktion. Genau an dieser Stelle passieren sehr viele Fehler in der Planung, die schon in dieser sehr frühen Phase hätten

vermieden werden können. Das in den frühen Phasen des Entwurfes keine VR-Visualisierungen genutzt werden, hat nicht nur finanzielle Gründe, sondern beruht auch auf einer mangelnden Akzeptanz, die sich die VR selbst zuzuschreiben hat.

So zeigten die Experimente in VRAM/G, das die Möglichkeit der Exploration im Raum geübt werden muss. Selbst in einigen 3D Egoshooter findet man Lösungen für dieses Problem. Als Navigationshilfen dienen zweidimensionale Karten und Modelle, in der VR auch bekannt als WIM (World in Miniature). Da sich aber in der VR noch kein einheitliches UI durchgesetzt hat, fehlen solche Features in den Anwendungen und sind nur in bestimmten Prototypen zu finden. Hinzu kommt, das es den Architekten durch die jahrelange Arbeit mit kleinmaßstäblichen Modellen und zweidimensionalen Zeichnungen an dreidimensionale Verständnis für die Navigation im Raum fehlt. So paradox dies klingt, aber das Experiment mit VRAM/G im Zusammenhang mit dem VeDS haben genau dies gezeigt (Schnabel et al., 2001). Man sollte also auch in Hinblick auf die Orientierung Hilfen anbieten. Erste Untersuchungen dazu haben gezeigt, das das einfache Portieren von zweidimensionalen Mustern aus der realen Welt nicht genügt. Der Nutzer „bemerkt“ das er sich in einer virtuellen Welt befindet und reagiert dementsprechend anders – neue Ansätze sind also gefragt.

### 6.3 Mehrwert für die Skizze

Nun stellt sich die Frage was kann eigentlich die VR an Mehrwert für die Architektur bieten, wenn es noch so viele ungeklärte Probleme gibt. Dazu muss man wissen, das die VR vor allem von der Anwendung profitieren kann und die Skizze ist ein besonders interessanter Anwendungsfall, da genau hier sehr hohe Anforderungen für die VR gestellt werden. Dabei ist eine der einfachsten auch gleich ein mit einem sehr hoher Mehrwert für die Skizze verbunden, nämlich die frühe dreidimensionale Überprüfbarkeit von räumlichen Gebilden. Bisher wurde versucht, dies mit Hilfe von Renderings zu lösen. Jedoch fehlt hierbei die direkte Interaktion und auch die Interpretation ist relativ schwierig. Durch direkte Interaktion mit dem Entworfenen begreift man es besser da man ein eindeutigeres mentales Abbild aufbauen kann. Einen wirklichen Mehrwert kann die digitale Skizze aber erst durch die Verknüpfung verschiedener Medien bringen. Dabei reicht es schon Sprache zu unterstützen. Sprache hat in Bezug auf die visuelle Kommunikation die zweithöchste Bandbreite. Das bedeutet, das es für das Verständnis einer Skizze oftmals schon genügen würde, eine kurze verbale Notiz aufzuzeichnen und mit der Zeichnung zu verknüpfen, um dem Interpreten (also dem Kommunikationspartner) es zu ermöglichen die wichtigen Informationen herauszufiltern oder überhaupt erst wahrzunehmen. Auch würde es den Planungsbeteiligten helfen, die Entstehung eines Skizzenmodells nachvollziehen zu können. Man stelle sich nur das Entstehen einer hochgradig künstlerisch geprägten Figur vor, die erst durch die dynamische Entwicklung erfahrbar wird. Das Endresultat wird nachvollziehbar, der Rezipient kann ein mentales Bild aufbauen und somit die gezeigte Architekturkomposition besser verstehen.

## 7. Thesen

---

### 7.1 Architekturprozess - Prozessarchitektur

Der Prozess des Entwurfes muss softwaretechnisch unterstützt werden. Alle Daten die generiert werden, müssen für Beteiligte und Außenstehende nachvollziehbar bleiben. Es reicht nicht das Ergebnis zu präsentieren, sondern es muss plausibel sein wie der Entwerfende zu einer Lösung gekommen ist.

### 7.2 Kommunikation

Diese Plausibilität lässt sich nicht in eine einzelne Gestaltung oder Medium pressen. Architekturdiskussion ist immer ein multimedialer Vorgang. Die Integration von verschiedenen Medien in ein Metamedium – also der Skizze in VR/AR - muss möglich sein.

### 7.3 Gestalt

Skizze als Arbeitsmedium muss als solches wahrnehmbar sein. Die VR/AR muss sich dessen anpassen und eine dementsprechende Darstellung wählen. Es muss vom ersten Blick an klar sein, das es sich nicht um eine endgültige Fassung handelt, sondern um ein noch nicht fertiges Produkt.

## 8. Vorarbeiten für den Prototypen

---

Technologien, Interaktion und deren Zusammenspiel sind sehr schwer ohne einen Funktionsprototypen zu vermitteln. Im Zuge der schon lange angedachten Aufgabenstellung stand immer auch ein Prototyp zur Debatte. Allerdings war zu keinem Zeitpunkt genau geklärt, was dieser zeigen sollte – lediglich, dass der genau dieser Prototyp eine Skizze für ein skizzengenerierendes System ist. Um jedoch nicht bei Punkt Null anzufangen benötigt man eine Plattform auf die man aufsetzen kann um schnell und effizient eine kleine beispielhafte Software zu zeigen. So entstand die Idee zu TAP (the architectural playground). Die Vorarbeiten gezeichnet von den Diskursen zum Thema Skizze und VR. Da sich da schon abzeichnete das „Skizze“ ein sehr schwer zu fixierender Begriff ist, wurde das TAP-framework sehr breit angelegt. Gerade die Arbeit an den bereits am Lehrstuhl für Informatik in der Architektur entstandenen VR-Applikationen (vram) und dann auch die Entwicklung für die University of Hongkong (iMaze) haben gezeigt, dass ein einziges Medium nicht ausreichend für die Kommunikation von Architektur ist. Im Experiment mit VRAM/G im VeDS2001 (Schnabel et al., 2001) zeigte sich dann auch schnell welchen Einfluss die Verwendung mehrerer Werkzeuge beim Entwerfen haben können. Der Entwerfende hat zwar die Möglichkeiten mit allen Werkzeugen umzugehen, wird aber in seiner eigentlichen Aufgabe gehemmt, da er sich mehr mit der Konvertierung und den verschiedenen Interfaces beschäftigen muss. Die eigentliche kreative Arbeit fällt hinter der Arbeit mit der Software ab. Ein weiterer Punkt war, dass die bisherigen Anwendungen immer wieder neu geschrieben wurden und relativ wenig wiederverwendet wurde.

### 8.1 Ziele

Eines der Hauptziele des TAP-Framework ist die Entwicklung einer fein abgestuften komponentenbasierten Softwareumgebung die den Bedürfnissen des architektonischen Entwurfes gerecht wird. Vorläufige Nutzerbefragungen hatten ergeben, dass man die hohe Anzahl von Werkzeugen gerne mit einer Software ersetzen würde die sich dem Nutzer besser anpasst ohne spezielle Vorkenntnisse vorauszusetzen. Ein weiterer Punkt ist, dass TAP entwickelte Applikationen sowohl als Desktop-VR als auch als immersives VE benutzt werden können – die Interaktionstechniken und Interfaces sind austauschbar. TAP repräsentiert somit den Kompromiss zwischen hoher Integration und hoher Anpassbarkeit eines Werkzeuges für den Entwurfsprozess. Die Kommunikation von Architektur hängt eben nicht nur von einem Medium ab, sondern ist (wie eingangs erwähnt) durch die Kombination vieler Medien geprägt. Architektur ist somit nur eine Metastruktur für Medien die das TAP-Framework abzubilden versucht.

### 8.2 Konzeption der Implementierung

Primär ging es darum die vorhandenen Technologien auf die Architektur und den architektonischen Entwurfsprozess zu adaptieren. Um dies zu erreichen benutzt TAP eine Fülle von Fremdanwendungen. Ein Hauptaspekt des Softwareentwurfes ist es, die Kompatibilität der einzelnen Komponenten zu sichern. Das geschieht durch sehr tief verschachtelte Softwarewrapper. So werden alle Komponenten der Software in einem internen Layer miteinander verknüpft und sind über eine einheitliche API ansprechbar. Der Architekturprozess, die Architekturdiskussion und die Kommunikation kann relativ gut durch eine Objektstruktur abgebildet werden. Aus diesem Grund wurden viele Module von TAP mit UML-Werkzeugen geprüft und entwickelt. Durch diese softwaretechnische Objektorientierung lag es am nächsten, die Software in C++ zu schreiben. Dieser Entschluss wurde noch durch die Auswahl der verwendeten Drittsoftware bestätigt. Die am fortgeschrittensten APIs sind fast ausschliesslich in C++ entwickelt. Alle externen Softwareengines wurden durch Abstraktionsebenen gekapselt um eine Fülle von Neukombinationen von Prototypen zuzulassen.

### 8.3 Mediendesign für architektonische Belange

Einer der wichtigsten Punkte beim Entwurf der Software war, dass die verschiedenen Medien transparent innerhalb einer Oberfläche bedienbar sein müssen. Der Architekt als Hauptnutzer von TAP möchte gerne die verschiedenen Medien miteinander verlinken und integrieren. Gleichzeitig will man ihn jedoch nicht mit den technischen Hintergründen konfrontieren. Deswegen ist TAP ein ausdrücklich auf den Architekten zugeschnittenes Framework, um genau diese Verlinkung und das Integrieren transparent zu gestalten und dem Nutzer teilweise durch Automatismen abzunehmen. TAP bearbeitet die Medien als ein generalisiertes Objekt das fähig ist anhand seiner Voreinstellungen, Renderingmethoden, Netzwerkfähigkeiten bereitzustellen. Wenn ein solches Objekt mit einem bestimmten Fenster verbunden wird, so entscheidet die interne Renderengine welche Informationen des Objektes gezeigt werden können und wie diese im Netz verteilt werden. Dadurch werden die internen Abläufe vom Benutzer ferngehalten. Die Objekte selber können durch ihre Einstellungen sich den Vorgaben des Anwenders anpassen.

### 8.4 Skripting

Da es sich bei der API von TAP um ein sehr komplexes Gebilde handelt mit vielen Abstraktionsebenen wurde die Kompilationszeit zunehmend ein Problem. Um eine Lösung anzubieten wurde die API um ein Skriptinglayer erweitert. Alle Funktionen die TAP bereitstellt, sind auch über ein JavaScript-Interface ansprechbar. ECMAScript/JavaScript wurde gewählt, weil es eine hohe Akzeptanz durch die weite Verbreitung für dynamische Webseiten besitzt und weil die objektorientierte Struktur der TAP-API direkt in das JavaScript-Layer überführt werden kann. Da zusätzlich die Syntax relativ ähnlich zu C++ ist, können JavaScript-Anwendungen wiederum einfach in die C++-API überführt werden, wenn Performance eine Rolle spielt. Durch diese Funktionalität wird der Nutzer befähigt TAP an seine eigenen Bedürfnisse anzupassen und in bestehende Applikationen einzubinden.

### 8.5 Verteilte Anwendungen

Ähnlich der Struktur beim Entwurf benötigt eine verteilte Anwendung einen zentralen Punkt an dem alle Ideen, Modelle, Zeichnungen und eben auch Skizzen zusammenlaufen – den Server, respektive den Konferenztisch. Dafür bietet TAP einen eigenen Server der die Clients mit den jeweiligen Daten versorgen und synchronisieren kann. Der Server ist transparent in das TAP-Framework integriert und benötigt nur wenige Einstellungen. Für die Kommunikation zwischen dem Server und den Clients wird ein sehr einfaches textbasiertes Protokoll verwendet das auf TCP/IP aufsetzt. Das Netzwerkmodul ist gekapselt und kann bei Bedarf durch ein anderes Protokoll verwaltet werden. Um Teilnehmer die TAP im vollimmersiven Modus betreiben an einer TAP-Session teilnehmen lassen zu können beherrscht TAP ein spezielles Priority-Scheduling. Dadurch können die Aktionen eines immersiv arbeitenden Entwerfers an alle Beteiligten verteilt werden. Zusätzlich beherrscht der Server zwei verschiedene Arten der Filesharings. Zum einen kann er Links auf Dateien die im Web liegen verwalten zum anderen Dateien lokal im Serverpool speichern und auf Anfrage auf die Clients hochladen.

## 9. Der Prototyp sketchand+

---

Für den Entwurf eines Systems zum Skizzieren wurden einige grundlegende Entscheidungen getroffen, die sich aus den vorangegangenen Betrachtungen zu den Themen Skizze und VR ergeben. Als Arbeitstitel wird im Folgenden „sketchand+“ verwendet, was auf die Kombination von Skizze, Handarbeit und Mehr hindeutet.

### 9.1 Eingrenzungen

Da im Rahmen dieser Diplomarbeit eine visionäre Umsetzung von bestimmten Teilbereichen der Skizze in virtuellen Umgebungen diskutiert werden sollte, muss man zunächst eine Eingrenzung der Implementierung vornehmen. Es soll nicht versucht werden, eine Art dreidimensionales Modellieren zu präsentieren. Dafür gibt es sehr gut ausgestattete Softwaresuiten, und die Modellierung in der VR ist ein eigenes Forschungsgebiet. Die Implementierung zielt vielmehr auf eine neue Art ab, mit der Skizze umzugehen.

Die Form der erzeugten Geometrien und die Art und Weise der Interaktion sind sehr subjektive Komponenten und können nicht generalisiert werden. Das gezeigte Modellierungswerkzeug ist somit nur eine von vielen Möglichkeiten, in einer virtuellen Umgebung skizzenhaft zu modellieren. Dabei kam es vor allem auf die Unmittelbarkeit und Schnelligkeit des eigentlichen Modellierungsvorganges an, weniger auf die Gestalt.

### 9.2 NURBS Modellierung

Es soll an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die Art und Weise des Modellierens in sketchand+ auf sehr subjektiven Erfahrungen und Gewohnheiten beruht. Diese Herangehensweise ist stark künstlerisch geprägt und nicht auf alle Aufgabenstellungen in der Architektur anwendbar. Aufgrund der Integration in das TAPframework ist es jedoch sehr einfach, einen anderen Modellierer einzubinden. Mit diesem Modellierungswerkzeug soll vor allem gezeigt werden, wie unmittelbar und ohne großen technischen Aufwand sehr freie Formen generiert und diskutiert werden können. Dabei wird die Komplexität der Modellierung mittels NURBS hinter einem sehr einfachen Interface versteckt. Die Darstellung als sehr rohe und schroffe Form beruht auf der extrem niedrigen Tessellierung der NURBS-Flächen. Einerseits kommt dies dem Echtzeitrenderingaspekt zu Gute, und andererseits der Skizze an sich; da sich die Lesbarkeit als Arbeitsmittel erhöht.

Die Entscheidung für einen NURBS-Geometrikern lässt sich leicht begründen. Die Modellierungsfunktion in sketchand+ sollte so wenig wie möglich auf eine bestimmte Art von Formen beschränkt sein. Mit Hilfe von Nonuniform Rational B-Splines lassen sich alle geometrischen Formen in n-dimensionalen Räumen mathematisch erfassen und darstellen. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um analytische mathematische Formen wie z.B. eine Kugel handelt oder um eine Freiformfläche (Piegl, 1991). Somit muss bei einem Ersetzen des Modellierers nicht zusätzlich der Geometrikern ausgetauscht werden, sondern lediglich das Interface.

### 9.3 Mediale Simulation – perspectiva pluralis

Da es wichtig ist, wie und mit welchen Mitteln eine Skizze kommuniziert wird, soll hier eine andere Art und Weise (in Bezug auf Kombination der benutzten Medien) der Architekturdarstellung in einem neuen Kontext gezeigt werden. Wenn also die VR die perspectiva naturalis wieder in die Architektur zurückholt und der Arbeitsablauf des Architekten stark auf die perspectiva artificialis fixiert ist, so soll hier im Experiment gezeigt werden, wie sich beide zu einer „perspectiva pluralis“ formen. Architektur als multimediale Simulation in einer AR-Installation - dies soll nun im Detail erörtert werden.

Architektur als raumgreifende Gestaltung wurde bisher immer anhand der Zeichnung, des Modells und des Renderings diskutiert. Was dabei nicht beachtet wurde, sind die vielen

verschiedenen Ebenen der Repräsentationsformen unserer Gedanken, wie bereits in Kapitel 2 und 4 (Begriff Skizze und Skizze in der Architektur) ausführlich beschrieben. Die Repräsentation der Architektur erfolgte also entweder in einer speziellen Form der „perspectiva naturalis“ – Modell oder „perspectiva artificialis“ – Zeichnung und Rendering. Die VR ermöglicht nun erstmals eine neue Form der „perspectiva naturalis“, also die natürlich auf den Menschen bezogene Sicht auf die Umwelt (hier eine simulierte). Der Entwurf des Prototypen ist davon getrieben, diese beiden Sichtweisen zu vereinigen und zusätzlich noch zu erweitern. Es ist eben nicht nur die dreidimensionale Geometrie oder die Handskizze, sondern ein ganzes Instrumentarium, die Architektur vermittelbar machen. Dabei spielt es eine besondere Rolle, dass eine AR-Umgebung benutzt wird. Durch diese Visualisierung und die Kombination mit anderen Medien entsteht eine Mischform aus perspectiva naturalis und perspectiva artificialis. Zusätzlich soll dieser Ansatz zeigen, dass sich ein solch spezieller Entwurfsarbeitsplatz auch heute schon in der Praxis aufbauen ließe, ohne den Nutzer in eine immersive VR-Umgebung einzusperren. Gerade in einer Büroumgebung wäre eine vollimmersive VR-Umgebung völlig ungeeignet – man würde dem Nutzer die Möglichkeit zur natürlichen Kommunikation nehmen. Im Prinzip war der Weg über die VR notwendig, um die Techniken für die AR zu entwickeln. Da es sich um ein Video-Seethrough-System handelt, kann der Entwerfende trotz alledem noch für sich selbst entscheiden, ob er eine augmentierende oder nicht augmentierende Darstellung wünscht.

## 94 Prozessunterstützung

Architektur entsteht in einem vielstufigen Prozess. Formen und Zusammenhänge sind erst durch den Prozess der Entstehung verständlich. Plausibilität baut sich durch einen Kommunikationsprozess auf. Darum soll das System die Medien aufzeichnen, um sie zeitversetzt abspielen oder direkt mittels Netzwerk verteilen zu können.

In die Software integriert ist eine automatisches Archiv, welches alle Schritte während des Entwurfes aufzeichnet. Diese liegen im HTML-Format vor und beinhalten auch die Modelle. Diese können dann mit einem Browser, der ein VRML97-Plugin besitzt, betrachtet werden. In einer erweiterten Version könnte der Verteilungsserver (TAP benutzt ein Client-Server-Prinzip) alle Aktionen der Nutzer zu einem Thema ablegen und automatisch versionieren – ähnlich einem CVS (concurrent versioning system – <http://www.cvshome.org>). Im Nachgang wären somit zentral Versionen bestimmter Designstufen vom Server abrufbar. Zusätzlich gäbe es die Möglichkeit bestimmte Hierarchieebenen im Zeitraffer nachvollziehen zu können, eine Art automatische Archivierung für Entwürfe. Diese Möglichkeiten werden im Kapitel 11 (Ausblick) noch näher beschrieben.

## 9.5 Unfertige Medien

Architektur in der Entwurfsphase muss als solche lesbar sein. Alle Teile der Skizze sollen ausdrücklich eine bestimmte Skizzenhaftigkeit besitzen. Es muss auch für jeden Betrachter deutlich werden, dass die gezeigten Geometrien noch in der Entstehung sind, dass sie ein Arbeitsmedium darstellen. Imperfektion als Weg aus dem Erklärungsnotstand, dass es sich bei einem Computermodell auch nur um einen Vorschlag handeln kann. Oftmals werden in der VR immer weitere Wege zur Perfektionierung der Darstellung vorangetrieben. Für die Simulation an sich ist dies gut, aber wenn es um ein Arbeitsmittel wie die Skizze geht, wird hier die Perfektion zum Verhängnis. Bei dem Betrachter wird eine Erwartungshaltung geweckt, die mit der Realität nichts zu tun hat. Aus diesem Grund heraus werden im Prototypen verwendete Medien in einer sehr rohen Form präsentiert. Das ist teilweise technisch sehr aufwendig, macht es aber einfacher, die Skizze als solche zu verstehen. Zwei Hauptaspekte spielen hier hinein: Zum einen wird ein spezielles Renderingverfahren, das Cellshading in Kombination mit einem Outlinerendering benutzt, verwendet. Dies ermöglicht die Darstellung der Geometrien in einem comicartigen Stil. Ziel dieser Maßnahme ist das Abheben der 3D-Skizze von herkömmlichen dreidimensionalen Darstellungen. Ein anderer Aspekt ist die Generierung von sehr groben Dreiecksnetzen aus den

vorhandenen NURBS-Geometrien. Durch diese Darstellung wird der Charakter der Skizze noch verstärkt, behindert aber nicht die Wahrnehmung als dreidimensionales Gebilde.

## 9.6 Handarbeit und direkte Interaktion

Entwurf und Skizze sind geprägt von den handwerklichen Fähigkeiten des Architekten. Diese Fähigkeiten prägen den Duktus seiner Arbeit, sie sind ein Erkennungsmerkmal. Wenn man Akzeptanz erreichen will, muss man diese handwerklichen Fähigkeiten unterstützen und in eine neue Dimension bringen. Der hier gewählte Ansatz geht von den grundlegendsten Komponenten des Architekturentwurfes aus – Grundriss und Schnitt. Durch die sehr eingängige Verknüpfung beider Risse sind fast alle geometrischen Formen skizzierbar. Durch die Verknüpfung mit einem Zeichenbrett und der AR-Darstellung ist somit eine direkte Überprüfung des Skizzierten möglich, das virtuelle Modell kann in ein reales Modell integriert werden.

## 9.7 Shared Space

Immer wichtiger in der Architektur wird die Zusammenarbeit über große Distanzen hinweg. Große Architekturbüros unterhalten Dependancen über den gesamten Globus verteilt. Sketchand+ versucht auch hier eine Lösung zu finden, die Skizzen sind durch einen einfachen Mechanismus verteilbar. Ist die Software an einen Server angeschlossen, so werden Arbeitszwischenstände, die in Ablagen (hier slots genannt), gespeichert werden, über das Internet verteilt. Die dahinterliegende Technik bleibt dem Anwender verborgen. Zusätzlich können sich die Teilnehmer einer sketchand+ Session mittels Sprachnachrichten und Textnachrichten gegenseitig informieren und miteinander diskutieren.

## 10. Szenario für die Anwendung des Prototypen

---

Ein denkbare Szenario für diesen Prototypen ist die erste Phase eines Entwurfes, der von einem, in mehreren räumlich weit auseinanderliegenden Zweigstellen organisierten, Architekturbüro bestritten wird. Die Entwurfsabteilungen vereinbaren einen Termin für eine Entwurfssession mit sketchand+. Ein Server wird von einer dieser Zweigstellen betrieben. Die beteiligten Entwurfsbüros können nun mit Hilfe der Chatfunktion, der Sprachnachrichten und vor allem des Skizzenwerkzeugs die Formen für einen Entwurf diskutieren. Dabei besitzt das vor Ort liegende Büro zusätzlich ein reales Städtebaumodell, um die Entwürfe direkt zu prüfen.

### 10.1 Voraussetzungen

Für die Umsetzung der Prototypen wurden bewusst bereits verfügbare Technologien verwendet. Es soll gezeigt werden, dass selbst mit wenig Aufwand neue Formen der Architekturdiskussion möglich sind. Gleichzeitig wird aber auch sehr kritisch mit den gefundenen Möglichkeiten umgegangen. Anhand des oben genannten Szenarios sollen die Aspekte der Skizze in virtuellen Umgebungen geklärt werden.

### 10.2 Technologische Voraussetzungen

Der Prototyp sketchand+ kann nur auf bestimmten Systemen ausgeführt werden und benötigt teilweise spezielle Hardware. Die genauen technischen Parameter sind im Anhang, dem Handbuch von sketchand+ nachzulesen.

### 10.3 Arbeitsweisen

Zunächst wird die Skizze in die dritte Dimension gehoben, indem die entstehenden Geometrien durch Schnittfigur und deren Extrusion dargestellt werden. Dabei beschränkt sich die Software absichtlich nicht auf bestimmte Grundgeometrien, sondern versucht, eine neue Formensprache zu entwickeln. Die direkte Interaktion mit dem Zeichentablett und das unmittelbare Ausprobieren in einem realen Kontext ermöglichen eine sehr viel schnellere Entwurfs- und Verwurfsfrequenz. Dabei bleibt es dem Entwerfenden zunächst vorbehalten, ob er die am Entwurf Beteiligten sofort in die Änderungen einweicht oder ob er erst einen bestimmten Entwurfsstand übermittelt. Ein wichtiger Aspekt dabei ist das direkte Kommentieren eines Entwurfes mittels Sprache, gesprochen oder geschrieben. An dem Modell hängen somit Kontextinformationen des Entwerfenden bzw. seiner Kollegen, die ebenfalls Kommentare an den jeweiligen Slot anhängen können. In dem oben genannten Szenario können die Entwerfenden direkt über die Skizze auch über weite Entfernungen miteinander diskutieren.

Dies wird natürlich auch die Kommunikation und die Arbeitsweise verändern, was jedoch in diesem Rahmen nicht vollständig geklärt werden kann.

### 10.4 Kritik

Prinzipiell muss man sich jedoch nun fragen, ob diese Herangehensweise eine wirklich Bereicherung für die Architektur darstellt. Der vieldiskutierter Aspekt der Verfügbarkeit der technischen Hilfsmittel einer herkömmlichen Skizze ist nicht von der Hand zu weisen – Serviette und Kugelschreiber sind wesentlich schneller einsetzbar. Der vorgestellte Prototyp braucht immer noch ein hohes technisches Know-How, um überhaupt eine erste kleine Geometrie zu erzeugen. In nicht all zu ferner Zukunft werden diese Techniken so ausgereift sein, dass sie sich vollständig in den Alltag integrieren. Dabei birgt gerade diese Integration viele Gefahren, auch für die Architektur. Wenn man sich die Möglichkeiten von CAAD betrachtet und dazu die Gebäude, die allenthalben entstehen, so wird deutlich, dass neue Werkzeuge nicht unbedingt neue Architektur bedeuten. Im Gegenteil, man begibt sich in die Gefahr, die Lösungen der Software anzupassen. Und genau aus diesem Grunde haben sich herkömmliche Systeme noch nicht für die frühen Phasen des Entwurfes durchgesetzt. Niemand möchte seine Kreativität in eine bestimmte

Software pressen. Solange man hochgradig spezielle Hardware benötigt, um die essentiellen Dinge digital verfügbar zu machen, wird es zu keiner Akzeptanz kommen. Und genau an dieser Stelle stehen die VR und AR im Moment noch.

Ein weiterer Punkt ist die Art und Weise des Modellierens. Diese stellt in diesem Zusammenhang zwar eine Neuerung dar, und ist sicher auch erweiterbar. Aber es bleibt auch hier fraglich, ob sich ein Architekt aus der Praxis solch eine Software zunutze macht. Viel zu groß ist noch der Einfluss der Technik auf die generierten Modelle. Die Technologie AR wird zu einem Trägermedium für die Skizze umfunktioniert, dabei wird der Mathematik der NURBS-Modellierung soviel Spielraum gegeben, das sich sehr freie Formen generieren lassen. Man muß sich eine Weile mit der Modellierung beschäftigen, dann erst bemerkt man wieviel Einfluß man auf die Formen nehmen kann. Und genau hier entsteht der Übergang von der Technik zur Kunst. Nun wurde bereits im Kapitel 4 auf die verschiedenen Arten des Entwurfes eingegangen. Der hochgradig subjektive Prozeß des Entwerfens ist nicht generalisierbar. Hier jedoch setzt sich der Benutzer (der Architekt) einer speziellen Technologie aus.

Vielleicht sind aber technische und funktionale Belange von viel größerer Bedeutung als der hier auftretende künstlerische Aspekt durch die andere Art mit Architektur in der VR/AR umzugehen. Selbst die Architekturtheorie ist sich einig über die Gewichtung der einzelnen Aspekte des Entwurfes. Wie nun soll eine Software auf solche Konfusion antworten? Die Entscheidung für ein Modellierungswerkzeug, das auf eine völlig freie künstlerische Gestaltung abzielt, zeigt in den vorangegangenen Diskussionen, dass schon an diesem Punkt die Individualisierung in der Architektur greift. Nur wenigen wird sich sketchand+ als eine direkt einsetzbare Bereicherung der Architektur erschließen.

So kann man bei diesem Vorschlag nicht von einer generellen Lösung für die Diskussion von Architektur in VEs ausgehen – es ist vielmehr ein sehr spezieller Vorschlag, an dem sich viele Fragen klären lassen können, und an dem sich noch viel mehr Fragen aufmachen, die im folgenden Kapitel beleuchtet werden.

## 11. Ausblick

---

Architektur und ihre Bearbeitung werden sich ändern. Das Schutzbedürfnis tritt immer mehr in den Hintergrund. Architektur und Medien werden miteinander verschmelzen. Realität und Virtualität werden schwer oder nicht voneinander zu unterscheiden sein und in ihrer Ununterscheidbarkeit zu einer alltäglichen Selbstverständlichkeit werden. Es wird eine zweite Mimesis geben, die beide Welten miteinander verschmelzen lässt. Dadurch stellt sich allerdings die Frage, ob die individuelle Kreativität noch relevant ist oder ob man alles simulieren kann, vielleicht sogar die Kreativität an sich? Der Architekt muss sich eine Nische suchen und sich dabei teilweise weit weg von seinem angestammten Gebiet, dem Erstellen von Gebäuden, begeben. Individuelle Kreativität wird nur da gefragt sein, wo verfügbare Automatismen versagen. Die Beschäftigung mit diesem Thema und vor allem mit der Software an sich haben einige Fragen aufgeworfen. Was bleibt von der Architektur von heute und was können Werkzeuge wie sketchand+ in Zukunft bedeuten?

### 11.1 Der Mensch als Interface

Wie schon in den vorangegangenen Kapiteln oftmals angesprochen, ist eines der Hauptprobleme in der Architektur und der VR/AR die Mensch-Maschine Kommunikation. Der Mensch adaptiert sich teilweise selber auf die Bedürfnisse des Computers und nicht umgekehrt, genauso verhält es sich mit der Architektur – schlechte Architektur verlangt einiges an Transferleistung des Benutzers. Die HCI-Forschung muss klären, ob es überhaupt irgendwelcher Eingabegeräte bedarf. Diese sind meist nicht mehr als dürftige Prothesen. Kreativität in der Architektur lässt sich nicht durch Maus und Tastatur transferieren (Machate and Schröter, 1999). Was also ist ein ideales 3D-Architekturmodellierungsinterface? Sind nicht unsere Hände das ideale Werkzeug? Jedoch sind künstliche Gesten, die durch die Hand erzeugt werden können, immer mit einem gewissen Lernaufwand verbunden, und genau das muss in Bezug auf die Skizze vermieden werden. Man befindet sich hier also in einer Zwickmühle zwischen natürlicher Interaktion und den technologischen Notwendigkeiten. Eine Lösung wäre ein lernendes System, das bestimmte Gesten nach einer Weile einer bestimmten Aktion zuordnet. Heutige Gestenerkennungen müssen dazu explizit angelernt werden (Bimber, 1999).

### 11.2 Designpool

Architekturaufgaben werden immer komplexer, verlangen immer mehr Fachwissen. Somit setzen sich vor allem große Architekturbüros durch, die eine hohe Bündelung an Fachwissen anbieten können. Diese jedoch haben vor allem ein Kostenproblem, da in der Baubranche meist keine homogene Auftragslage herrscht. Durch diesen Kostendruck müssen auch die Designprozesse überdacht werden. Die Beschäftigung von Architekten scheitert meist an deren unflexiblen Arbeitsmethoden. Man muss sich überlegen wie man die Kapazitäten besser nutzt. Denkbar wäre z.B. ein virtueller Architektenpool. Alle Beteiligten arbeiten mit einer standardisierten Schnittstelle und bieten ihre Arbeitskraft in einer Art Tauschbörse an, ähnlich den heutigen P2P-Systemen. Über das gleiche Netzwerk werden Modell-Daten ausgetauscht, Videokonferenzen abgehalten, Zeichnungen verteilt und Ausschreibungstexte angeboten. Gleichzeitig sind daran die benötigten Baumaschinen angeschlossen und somit jederzeit lokalisierbar. Schon die sehr frühen Phasen des Entwurfes könnten so auf ein wesentlich breiter gefächertes Wissen setzen und schon ganz am Anfang logistische und technische Probleme behandeln.

### 11.3 Architectural Skinning

Im Moment geht man noch den Weg, Architektur mit VR zu simulieren, um sie dann zu bauen. Aber wenn Architektur und VR miteinander verschmelzen hat dies auch Auswirkung auf die Materialität von Gebäuden. Diese Vision verdeutlicht sketchand+ mit der Fähigkeit, virtuelle in reale Modelle zu integrieren.

Schon heute werden für viele Geräte Ersatzhüllen angeboten. Software kann „geskinned“ werden, und selbst die neuesten Betriebssysteme sind auf diese Weise individuell anpassbar. Es scheint der Menschheit ein Bedürfnis zu sein, die Umgebung zu „individualisieren“. Warum soll nicht auch Architektur einer solchen Individualisierung unterworfen sein. Wenn Architektur nur im Computer entsteht und dann simuliert wird, warum sollten die über die Konstruktion hinausgehenden Teile noch real vorhanden sein? Möglicherweise wird man im Netz ganze Schemata (Themes) bezogen auf Wohnzimmer herunterladen und auf sein Wohn-Grundgerüst mappen können. Das corporate design einer Firmenzentrale wäre so im Bruchteil einer Sekunde umschaltbar. Der Architekt als Skindesigner für Gebäude.

## 114 Vor-Ort-Architekturdesign

Warum sollte man als Architekt nicht vor Ort entwerfen? Die Techniken der AR bieten hierzu alle Möglichkeiten. Das generierte Modell kann direkt vor Ort in den Kontext eingepasst werden, vorausgesetzt man hat ein dementsprechendes Trackingsystem, welches z.B. satellitengestützt arbeiten würde. Schon in den ersten Phasen wäre es möglich, die Baumassen direkt mit der Umgebung zu betrachten, Materialitäten zu prüfen, und dies in wesentlich geringerer Zeit.

## 11.5 Stereoskopisches AR-System

Bei der Benutzung des Prototypen fiel vor allem auf, dass die Koordination der eigenen Bewegungen in Bezug auf Tiefe im Raum schwierig wird. Dazu benötigt der Mensch immer noch Tiefeninformation, die allerdings nur durch stereoskopische Darstellung ermöglicht wird. Somit wäre es wesentlich leichter, in einer Video-See-Through AR-Anwendung Objekte zu greifen und mit ihnen zu interagieren. Dabei sind einige technische Probleme zu bewältigen. Man muss dazu zunächst die genaue Position und Orientierung des Betrachterkopfes berechnen. Zusätzlich muss die Fokussierungsebene der Augen gemessen werden, um die Augmentierung darauf anzupassen. Ein weiterer Punkt ist die Art und Weise der Augmentierung. Bei einer Video-See-Through Anwendung ist es notwendig, die Verzerrung der Kamera rückzurechnen und mit dem FOV des HMDs zu kombinieren. Diese Problematik stellt sich schon bei dem Prototypen sketchand+ - beim Eintreten der Hände in das Kompositbild ist man zunächst etwas verwirrt, an welcher Stelle sie im eigentlichen Bild auftauchen. Durch die Verzerrung der Linse und der Projektionsebene in dem HMD entsprechen die Positionen nicht mehr den physikalischen Gegebenheiten.

## 11.6 Versionierung und Plausibilitätsprüfung

Die Erstellung eines Gebäudes ist ein Prozess der relativ einfach abzubilden ist. Sketchand+ bietet hierzu ein einfaches Archiv. Jedoch kann man die dort gespeicherten Daten nicht direkt weiterverarbeiten.

In einer zukünftigen Variante wäre es denkbar, dass eine automatische Versionierung vorgenommen wird. Dadurch entsteht eine Art Vererbungsbaum der Entwurfsschritte. Somit lassen sich weiterverwendete oder nicht verwendete Modelle schnell herausfiltern. Es können Problemlösungen anhand von Hierarchiestrukturen erkennbar werden. In einer zusätzlich erweiterten Form ließen sich so auch bestimmte Grundmuster zu bestimmten Aufgaben ableiten und analysieren. Für eine Diskussion über eine bestimmte Entwurfsentscheidung ist es manchmal notwendig, auf bereits getestete Versionen zuzugreifen, um deren Vor- und Nachteile zeigen zu können.

## 12 Conclusio

---

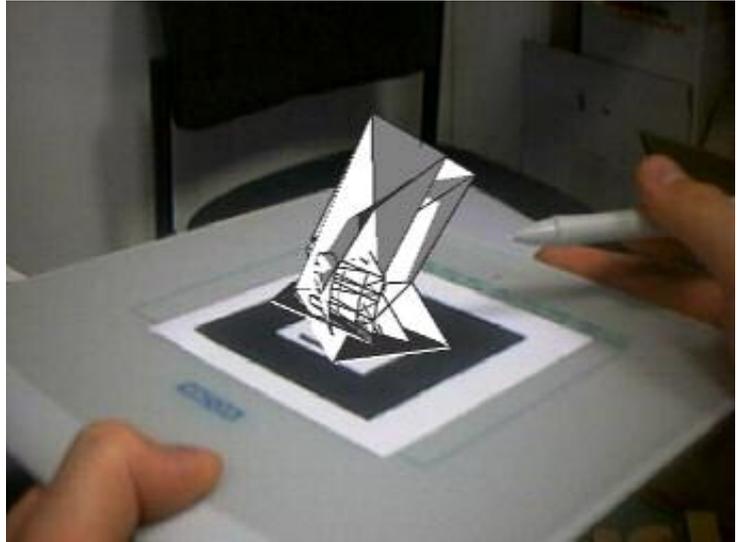
Zum Abschluss sei erwähnt, dass diese Arbeit beim Autor mehr Fragen aufgeworfen als gelöst hat. Diese Thematik bietet so viele Interpretations- und Forschungsmöglichkeiten, dass diese Arbeit leider nur einen sehr kleinen Teilbereich abdecken konnte. Die Zukunft wird zeigen, wie sich die Architektur und die VR/AR entwickeln werden, und welche neuen Möglichkeiten die Technik bieten wird. Eine Aufgabe wird bleiben: Den Faktor Mensch und seine Kreativität immer wieder erneut einzubringen. Kreativität darf nicht mit dem Eintauchen in eine Virtuelle Umgebung aufhören, sie muss genau da anfangen. Dem Nutzer sollte nicht das Denken abgenommen, sondern das Handeln leichter gemacht werden.

## 12. Mini-Glossar

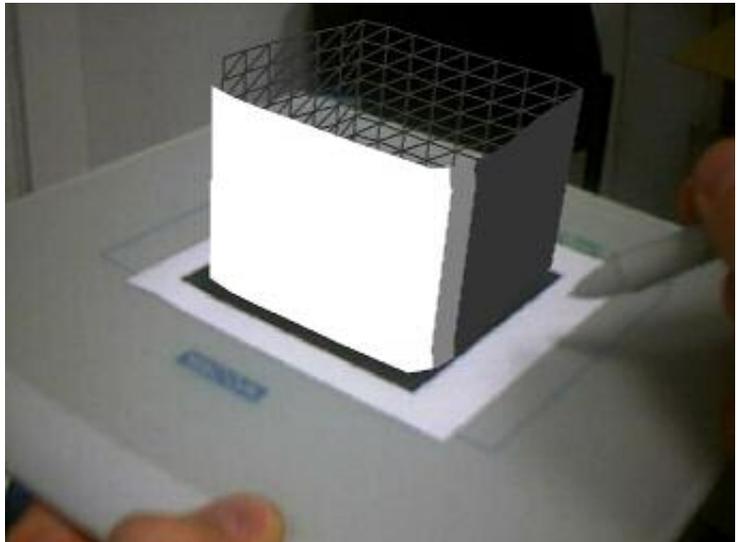
---

- **BottomUp-Methode:** (*siehe auch TopDown-Methode*)  
Im Projektmanagement und auch der Softwareentwicklung üblicher Begriff für das Bearbeiten einer Problemstellung von den Einzelproblemen her hingehend zu einer Gesamtlösung. Diese Methodik steht konträr zur TopDown-Methode.
- **Cell-Shading**  
Renderingverfahren zur vereinfachten Darstellung von dreidimensionalen Gebilden. Es wird die Lichtreflektionskomponente auf eine eindimensionale Textur gemappt.
- **Dorsales System:** (*siehe auch Ventrales System*)  
Teil unserer Wahrnehmungsapparates um Objekte räumliche zu unterscheiden.
- **FOV**  
Field Of View: meist im Zusammenhang mit der Qualität von HMDs genannt. Bezeichnet den Sichtwinkel in horizontaler oder vertikaler Ebene der Darstellungsebene in einem HMD.
- **NURBS – Non Uniform Rational B-Spline**  
Mathematisches Modell einer generalisierten Form von B-Splines.
- **HCI**  
Human Computer Interfaces – Bezeichnung für eine Forschungsrichtung der Informatik, Benutzbarkeit von Computern zu gewährleisten.
- **Outline-Rendering**  
Renderingverfahren zur Darstellung der Konturen einer dreidimensionalen Geometrie
- **P2P – Peer to Peer**  
Netzwerktechnologie in der keine zentralen Server vorhanden sind. Jeder Rechner ist Server und Client zugleich. Relaisserver sorgen für einen Einstiegspunkt in ein solches Netzwerk.
- **SeeThrough HMD (optical)**  
Spezielle Form des HMD (Head Mounted Display), das es ermöglicht durch die virtuelle Bildebene die reale Umgebung wahrzunehmen.
- **Shutterbrille (Shutterglasses)**  
Spezielle Brille die es durch LCD-Panele ermöglicht, abwechselnd ein Auge abzudunkeln. Notwendig für Aktiv-Stereoskopische Anwendungen.
- **Tesselierung**  
Auch Dreiecksgenerierung oder Meshing genannt. Aus parametrischen Geometrien werden Dreiecksgitter erzeugt um diese durch Grafikhardware darzustellen.
- **TopDown-Methode:** (*siehe auch BottomUp-Methode*)  
Entwicklung einer Idee von der Gesamtsicht aus. Die Gesamtproblemstellung wird dann in kleine Teilprobleme zerlegt. Vom Grossen in das Detail.
- **Ventrales System:** (*siehe auch Dorsales System*)  
Objekterkennung anhand der Form und Farbe. Das Ventrale System ist dem Dorsalen System nachgestellt.

### 13. Bilddokumentation des Prototypen



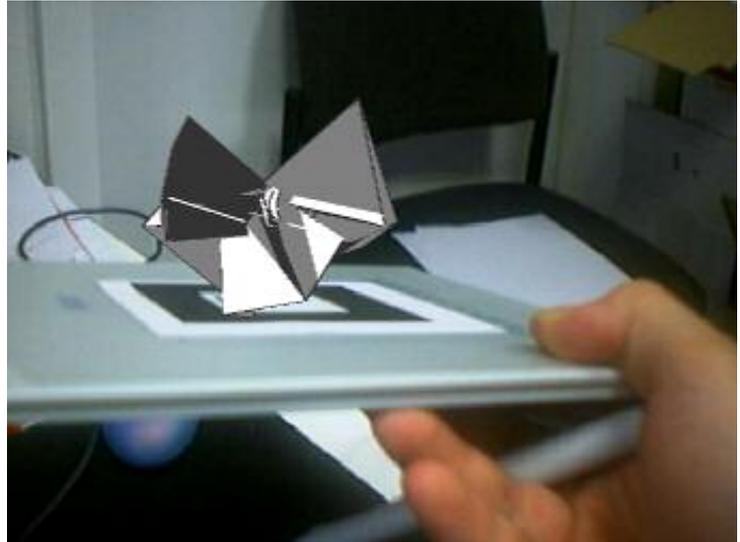
*Bild 1: Extrudierte Form*



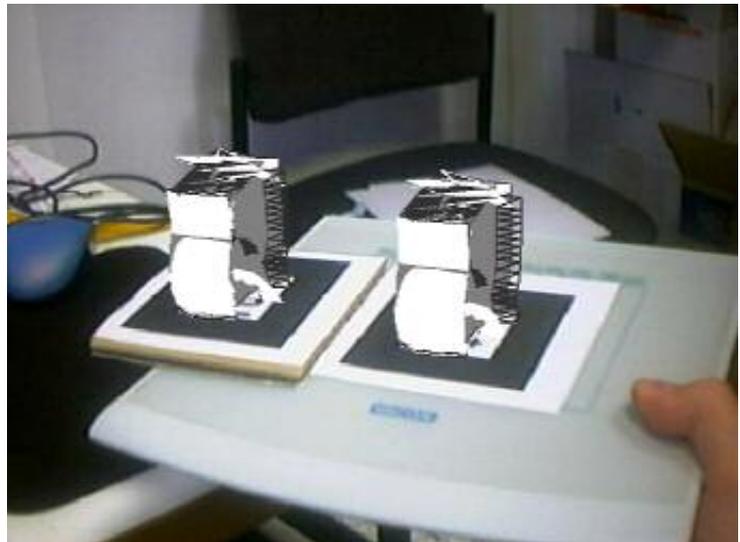
*Bild 2: Einfache Extrusion*



*Bild 3: mehrfache Extrusion*



*Bild 4 direktes Betrachten der generierten Geometrie*



*Bild 5: Verteilen eines Skizzenmodells mittels Slot*



*Bild 6: alle Modelle einer Session im Blickfeld*



Bild 7: Nachrichten auf dem Chatboard



Bild 8: Abspielen einer Sprachnachricht



Bild 9: Aufnahme einer Sprachnachricht zu einem Slot

## 14. Bibliographie

- Achten, H. and Leeuwen, J. v. (1998): A Feature-Based Description Technique for Design Processes: A Case Study, in Proceedings of *DDSS'98*, Maastricht, The Netherlands.
- Alexander, C., Ishikawa, S. and Silverstein, M. (1981) *A pattern language : towns, buildings, construction*, Oxford University Press, New York.
- Ayers, M. and Zeleznik, R. The Lego® Interface Toolkit, in Proceedings of Benjamin, W.
- Bimber, O. (1999): Rudiments for a 3D freehand sketch based human-computer interface for immersive virtual environments, in Proceedings of *VRST99*, London, 182-183, ACM.
- Bolz, N. (1999) *Die Konformisten des Andersseins. Ende der Kritik*, Fink Verlag, München.
- Bruce, V., Green, P. R. and Georgeson, M. A. (1990) *Visual perception : physiology, psychology, and ecology*, Hove: Psychology Press.
- Bruner, J. S. *Actual Minds, Possible Worlds*.
- Bruner, J. S. *Acts of Meaning*.
- Cohen, J. M., Markosian, L., Zeleznik, R. C., Hughes, J. F. and Barzel, R. (1999): An Interface for Sketching 3D Curves, in Proceedings of
- Corbusier, L. (1981) *Le Corbusier sketchbooks*, MIT Press, Cambridge.
- CRS (2001), Head-Mounted Display Survey, *Real Time Graphics*, 10, 20.
- Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V. and Hart, J. C. (1992), The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment, *Communications of the ACM*, 35, 64-72.
- Do, E. Y.-L. (2000): Sketch That Scene For Me, in Proceedings of *eCAADe2000*, Weimar, 265-268.
- Do, E. Y.-L. (2001): VR Sketchpad, in Proceedings of *CAAD Futures*, Eindhoven, Netherlands, 161-172, Kluwer Academic Publishers.
- Donath, D., Beetz, J., Grether, K., Petzold, F. and Seichter, H. (2001): Augmented Reality Techniques for Design and Revitalisation in Existing Built Environments, in Proceedings of *ACADIA*.
- Donath, D., Petzold, F., Beetz, J., Grether, K., Kruijff, E. and Seichter, H. (2001): Cooling Factory, a concrete project to test new architectural applications for augmented reality, in Proceedings of *International Conference on Augmented, Virtual Environments and Three-Dimensional Imaging*, Myconos, 14-17.
- Donath, D. and Regenbrecht, H. (1999): Der Bleistift im 21. Jahrhundert. Das architektonische Entwerfen in interaktiven VR Umgebungen, in Proceedings of *IAO Forum Architektur im Informationszeitalter*, Stuttgart, chapter 7, FhG Stuttgart.
- Eisenman, P. (1995) *Aura und Exzess : zur Ueberwindung der Metaphysik der Architektur*, Passagen-Verlag.
- Foster, S. N. (1993) *Sketchbook*, Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin.
- Gaenshirt, C. (1999): Sechs Werkzeuge des Entwerfens, <http://www.theo.tu-cottbus.de/wolke/deu/Themen/991/Gaenshirt/gaenshirt.html>.
- Garner, S. (2000): Is Sketching Still Relevant in Virtual Design Studios?, in Proceedings of *DCNet*, Sydney.
- Goldstein, E. B. (2001) *Wahrnehmungspsychologie : eine Einfuehrung*, Spektrum Verlag, Heidelberg.
- Gross, M. D. and Do, E. Y.-L. (2000): Demonstrating the Electronic Cocktail Napkin, in Proceedings of *ACM Human Factors in Computing - CHI'96*, Vancouver, 5-6, Addison Wesley.
- Gross, M. D., Do, E. Y.-L. and Johnson, B. R. (2000): Beyond the Low-hanging Fruit: Information Technology in Architectural Design, past, present, and future, in Proceedings of *(ACSA) Technology Conference*, Cambridge MA.
- Guski, R. (2000) *Wahrnehmung : eine Einfuehrung in die Psychologie der menschlichen Informationsaufnahme*, Urban-Taschenbuecher, Stuttgart.
- Igarashi, T., Matsuoka, S. and Tanaka, H. (1999): Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design, in Proceedings of *SIGGRAPH*.
- Innis, H. A. (1951) *The Bias of Communication*, The University of Toronto Press, Toronto.
- Innis, H. A. (1997) *Kreuzwege der Kommunikation: Ausgewählte Texte*, Springer Verlag, Wien/New York.
- Kayser, D. (1984) In *The Mind and the Machine (Philosophical Aspects of Artificial Intelligence)*(Ed, Torrance, S. B.), pp. 168-176.
- Knauer, R. (2002) *Entwerfen und Darstellen : die Zeichnung als Mittel des architektonischen Entwurfs*, Ernst und Sohn, Berlin.
- Kosslyn, S. M. (1994) *Image and Brain: The Resolution of the Imagery Debate*, MIT Press, Cambridge,

- MA.
- Landay, J. A. and Myers, B. A. (1995): Interactive Sketching for the Early Stages of User Interface Design, in Proceedings of *CHI'95*, Denver, 43-50.
- Landay, J. A. and Myers, B. A. (1996): Sketching Storyboards to Illustrate Interface Behaviors, in Proceedings of *CHI'96*, Vancouver, Canada.
- Laseau, P. (2001) *Graphic thinking for architects & designers*, Wiley & Sons, New York.
- LaViola, J., Jr., Holden, L. S., Forsberg, A. S., Bhuphaibool, D. S. and Zeleznik, R. C. (1998): Collaborative Conceptual Modeling Using the SKETCH Framework, in Proceedings of *IASTED International Conference on Computer Graphics and Imaging*, 154-158.
- LaViola, J. J., Jr., Feliz, D. A., Keefe, D. F. and Zeleznik, R. C. (2001): Hands-Free Multi-Scale Navigation in Virtual Environments, in Proceedings of *SIGGRAPH I3D*, North Carolina, ACM.
- Lehmann, J. (1995): Virtual Reality Aided Design - VRAD,
- Machate, J. and Schröter, S. (1999): Let Your Hands Talk - Gestures as a Means of Interaction, in Proceedings of *HCI*, Munich, Germany.
- Mandelbrot, B. B. (1987) *Die fraktale Geometrie der Natur*, Akademischer Verlag, Berlin.
- Mazuryk, T. and Gervautz, M. (1996): Virtual Reality History, Applications, Technology and Future, <http://www.cg.tuwien.ac.at/research/TR/96/TR-186-2-96-06Abstract.html>.
- McLuhan, M. (1994) *Understanding Media: The Extension of Man*, The MIT Press, Cambridge.
- McLuhan, M. (2001) *Das Medium ist die Botschaft - The medium is the message*, Verlag der Kunst, Dresden.
- Metzger, W. (1957) *Gesetze des Sehens*, Frankfurt.
- Meyer, K. (1995) In *Communication in the age of virtual reality* (Eds, Biocca, F. and Levy, M. R.), pp. 219-259.
- Milgram, P., Drascic, D., Grodski, J. J., Restogi, A., Zhai, S. and Zhou, C. (1995): Merging Real and Virtual Worlds, in Proceedings of *IMAGINA'95*, Monte Carlo.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. and Kishino, F. (1994) In *Telem manipulator and Telepresence Technologies*, Vol. 2351.
- Morris, C. W. (1981) *Symbolik und Realität*, Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- Myers, B. A., Hudson, S. E. and Pausch, R. (2000), Past, Present and Future of User Interface Software Tools, *ACM Transactions on Computer Human Interaction*, 7, 3-28.
- Negroponte, N. (1995) *Being Digital*, London.
- Neis, H. (1999): BUILDING ARCHITECTURE AND DESIGN ARCHITECTURE, <http://www.theo.tu-cottbus.de/Wolke/eng/Subjects/991/Neis/neis.html>.
- Peirce, C. S. (1958) *Studies in Logic*, Cambridge.
- Pérez-Gómez, A. and Pelletier, L. (1997) *Architectural Representation and the Perspective Hinge*, MIT Press, Cambridge Massachusetts, London, England.
- Piegl, L. (1991), On NURBS: a Survey, *IEEE Computer Graphics and Applications*, 11, 55-71.
- Pierce, J., Pausch, R., Sturgill, C. and Christiansen, K. (1999), Designing A Successful HMD-Based Experience, *PRESENCE*, 8, 469-473.
- Poupyrev, I., Tomokazu, N. and Weghorst, S. (1998): Virtual Notepad: Handwriting in Immersive VR, in Proceedings of *VRAIS*, Atlanta, Georgia, IEEE.
- Pratini, E. (2001): New Approaches to 3D Gestural Modeling - the 3D SketchMaker Project, in Proceedings of *eCAADe*, Helsinki, Finland.
- Regenbrecht, H., Donath, D., Kruijff, E., Beetz, J., Grether, K. and Seichter, H. (2000): VRAM - a virtual reality aided modeller, in Proceedings of *eCAADe2000*, Weimar, 235-237.
- Robinson, J. and Webster, J. (2001): Virtual Reality, a Developers Perspective, in Proceedings of *AVR II and CONVR 2001*, Chalmers, Gothenburg, Sweden.
- Rudofsky, B. (1993) *Architektur ohne Architekten : eine Einfuehrung in die anonyme Architektur*, Residenz Verlag, Salzburg.
- Schmitt, G. (1999) *Information Architecture - basis of CAAD and its future*, Birkhäuser, Basel, Switzerland.
- Schnabel, M. A., Kvan, T., Kruijff, E. and Donath, D. (2001): The First Virtual Environment Design Studio, in Proceedings of *eCAADe2001*, Helsinki, 394-400.
- Schubert, T., Friedmann, F. and Regenbrecht, H. (1999) In *Visual Representations and Interpretations* (Eds, Paton, R. and Neilson, I.) Springer, London.
- Schubert, T., Friedmann, F. and Regenbrecht, H. (2001), The experience of presence: Factor analytic insights, *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 10, 266-281.
- Schweikhardt, E. and Gross, M. D. (2000) In *Automation in Construction*, Vol. 9, pp. 107-115.

- Seichter, H., Donath, D. and Petzold, F. (2002): TAP - The Architectural Playground, in Proceedings of *eCAADe2002*, Warsaw, Poland.
- Smith, A. (1998): Metaworlds and Virtual Space - Towards the Virtual Design Studio, in Proceedings of *DCNet*, Sydney, University of Sydney.
- Stark, M. and Kohler, M. (1995): ZYKLOP - ein System für den gestenbasierten Dialog mit Anwendungsprogrammen, in Proceedings of *MVD - Modelling Virtual Worlds International Workshop*, Bad Honnef/Bonn, Germany, 69-82, Infix-Verlag.
- Tolba, O., Dorsey, J. and McMillan, L. (1999): Sketching with Projective 2D Strokes, in Proceedings of *UIST99*, Ashville NC.
- Tolba, O., Dorsey, J. and McMillan, L. (2001): A Projective Drawing System, in Proceedings of *I3D2001*, Research Triangle Park, NC.
- Turner, A., Chapman, D. and Penn, A. (1999): Sketching a Virtual Environment: Modeling Using Line-Drawing Interpretation, in Proceedings of *VRST99*, London, 155-161, ACM Press.
- Vries, B. d. (2000): Sketching in 3D, in Proceedings of *18th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe*, Weimar.
- Vries, B. d., Achten, H. and Jessurun, J. (1998): What offers Virtual Reality to the Designer?, in Proceedings of *Conference on Integrated Design & Process Technology*, Berlin, Germany.
- Vries, B. d. and Jessurun, A. J. (1998): An experimental design system for the very early design stage, in Proceedings of *Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning*, Maastricht, Netherlands.
- Vries, B. d. and Jessurun, A. J. (1998): Features and Constraints in Architectural Design, in Proceedings of *DETC'98*, Atlanta Georgia, ASME Design Engineering Technical Conference.
- Wloka, M. M. (1995) In *In Virtual Environments and Product Development Processes* (Ed, J. Rix, S. H., and J. Teixeira) Chapman and Hall.
- Wloka, M. M. and Greenfield, E. (1995): The Virtual Tricorder: A Uniform Interface for Virtual Reality, in Proceedings of *UIST95*.
- Young, M. J. (2000): Creating Interactive Narrative Structures: The Potential for AI Approaches, in Proceedings of *AAAI Spring Symposium on Artificial Intelligence and Interactive Entertainment*, Stanford.
- Young, M. J. (2001): An Overview of the Mimesis Architecture: Integrating Intelligent Narrative Control into an Existing Gaming Environment, in Proceedings of *AAAI Spring Symposium on Artificial Intelligence and Interactive Entertainment*, Stanford.
- Zabel, A., Deisinger, J., Weller, F. and Hamisch, T. (1999): A Multimodal Design Environment, in Proceedings of *European Simulation Symposium*, Erlangen, Germany, 318-323.
- Zelevnik, R. C. (1996): SKETCH: An Interface for Sketching 3D Scenes, in Proceedings of *SIGGRAPH*, ACM Press.

