

Zusammenfassung

Virtual architecture as real architecture...

Today's discussions about virtual architectures are moving into two directions:

1. a total digital information architecture with the derived question of: what is architecture ?
2. and a digital step between, the computer aided design and visualization of drafts with the purpose of applying these results to real architecture.

This paper will discuss the second mentioned direction, the design support with the techniques of virtual reality. The first part brings together the possibilities of virtual reality and the theory of architectural design.

Based on this the second part will describe a virtual reality aided design system called voxDesign which was developed at Bauhaus University (atelier, virtual). The main part will show the requirements and the basic architectural functionality for intuitive and active design inside a VR world with such a system.

The third part describes the basic concepts, the results, and the educational training with voxDesign.

Virtuelle Architektur als reale Architektur...

Die heutigen Diskussionen um virtuelle Architektur bewegen sich in zwei Richtungen:

1. eine vollständig digitale Informationsarchitektur, wo der bisherige Begriff von Architektur völlig in Frage gestellt ist, oder
2. ein digitaler Zwischenschritt, wo eine computer-gestützte Erarbeitung und Visualisierung von Entwürfen mit der Absicht erfolgt, diese Vorwegnahme in eine reale Architektur umzusetzen.

In dieser Veröffentlichung soll die zweite Möglichkeit, eine Entwurfsunterstützung mit Techniken der virtuellen Realität, diskutiert werden. Im ersten Teil werden dahingehend die Möglichkeiten virtueller Realität und die Theorie des architektonischen Entwurfs zusammengeführt.

Auf dieser Basis wird im zweiten Teil die Funktionalität eines entwurfsunterstützenden VR - Systems VRAD beschrieben. Weiterführend wird das virtual reality aided design System voxDesign vorgestellt, welches an der Bauhaus-Universität (atelier virtual) entwickelt wurde. Die Voraussetzungen dazu und die elementare architekturenspezifische Funktionalität zum intuitiven und aktiven Entwerfen in der VR-Welt bilden hier den Hauptbestandteil.

Der dritte Teil beschreibt den Einsatz und die Ergebnisse mit voxDesign als Annäherung an eine intuitive und immersive Systemnutzung.

Grundlagen zur Verständigung

Zunächst sind die Auffassungen und Interpretationen hinsichtlich der virtuellen Realität, deren Um-

feld und der Bezug zum architektonischen Entwerfen aus unserer Sicht zu diskutieren.

Virtuelle Realität [VR]

Virtual Reality ist der Bereich der Kommunikation, welcher in synthetischen Räumen stattfindet und den Menschen als gleichberechtigten, integralen Bestandteil eines digitalen Systems versteht.

Es ist die Gesamtheit von Hard- und Software, welche dem Benutzer einen ihn einbeziehenden drei- oder mehrdimensionalen Ein-/Ausgaberaum zur Verfügung stellt, in dem er zu jedem Zeitpunkt mit autonomen Objekten in Echtzeit interagieren kann.

Die sich abzeichnenden Techniken der VR bedeuten eine kaum abschätzbare Entwicklung in der Interaktion mit Computern und dem Agieren mit Informationen. Der Computer steuert die Wahrnehmungen, und der Mensch steuert im Gegenzug den Computer. Man taucht scheinbar in die digitalen Daten selbst ein und kann dort interagieren. Die VR-Technik umfaßt Ein- und Ausgabetechniken, die es dem Menschen erlauben, eine sinnliche Erfahrung zu machen, die einer physikalisch existierenden Wirklichkeit nicht entspricht oder eine physikalisch existierende Wirklichkeit um normalerweise so nicht wahrnehmbare Dimensionen erweitert. VR bezeichnet damit diesen künstlich geschaffenen Erlebnisraum [Woolley1993], [Thomsen1994].

VR-Interfaces

Unter VR-Interface werden alle von einem Nutzer während des Aufenthaltes in der virtuellen Umgebung sinnlich erfahrene Komponenten und Strukturen, die Interaktion in dieser virtuellen Umgebung ermöglichen, bezeichnet. Neben dem *Ansprechen der menschlichen Sinne* in VR ist die *Interaktion* mit dem Computer auf eine möglichst natürliche Art und Weise ein entscheidendes Kriterium. Die zwischenmenschliche Kommunikation Umwelt dient dabei als Vorbild [Henry1993]. Folglich muß VR auch die wichtigsten *Merkmale dieser Kommunikation* aufweisen:

1. Die natürliche Umwelt wird dreidimensional wahrgenommen, sowohl optisch als auch akustisch. Das VR-System muß also mindestens einen dieser Sinne dreidimensional ausbilden.
2. Bei der Interaktion des Menschen mit der realen Umwelt treten keine Verzögerungen in der Wahrnehmung auf. Wird z.B. ein Gegenstand ergriffen und bewegt, so erfolgt die visuelle Rückmeldung ohne Zeitversatz. Ein Computersystem mit „natürlichem“ Dialog muß also ebenfalls verzögerungsfrei, d. h. echtzeitfähig sein.

Ich glaube, der Dialog ist das falsche Modell für den Umgang mit dem Rechner. Wir haben Computern von Anfang an Attribute menschlicher Intelligenz zugeschrieben und Merkmale unterstellt, über die sie gar nicht verfügen.

John Walter, 1988

3. Die reale Welt kann man nicht nur erkunden, sondern auch verändern, wobei die Objekte sich nach wiedererkennbaren Gesetzmäßigkeiten verhalten. Diese interaktive Ebene muß neben der passiven und aktiven Ebene vorhanden sein, um von VR-Systemen sprechen zu können [Willim1994].

Architektur

Architektur ist die durch Menschen geschaffene physische und materielle Beschreibung eines Ortes in seinem Kontext. Architektur ist die Versinnlichung kreativer Intentionen. Architektur vermittelt eine *Funktion*, ist zugleich Identität, Orientierung und Schutz. Sie wird wahrnehmbar durch eine *Form* und *Gestalt*. Architektur ist durch eine *Konstruktion* definiert. Architektur und Entwurf ist mehr als nur das Sichtbare. Erst das Erleben der ganzheitlichen, emotionalen Wirkung bestimmt die Aussage und Qualität eines Entwurfs.

Architektur sind alle vom Menschen formulierten und errichteten Gebäude und Bauwerke.

Architektonisches Entwerfen

Das architektonische Entwerfen ist ein schöpferischer Prozeß der beschreibenden Auseinandersetzung mit einem Ort und Raum in seinem Kontext. Das Ergebnis ist ein neuer oder modifizierter Raum, welcher durch eine Gestalt und eine physische Konstruktion definiert ist und eine Funktion erfüllt.

Entwurfsprozesse finden im Dialog von Idee, Arbeitsmodellen und handgezeichneter Skizze statt. Die Visualisierung der Gestaltintentionen erfolgt unter anderem zum Zwecke der Klärung, Kommunizierbarkeit und zur Externalisierung komplexer Probleme. Wenn auch eine einheitliche Theorie zum PROZESS des architektonischen Entwerfens nicht existiert [Salzmann1986], [Joedicke1993]; [Schmitt1993-1], so findet man aber zu den einbezogenen Entwurfsmedien übereinstimmende Prinzipien und Grundlagen. Es kann als gesichert gelten, daß gerade das Skizzieren eine wesentliche Komponente im architektonischen Entwerfen darstellt. Der Entwurf entsteht gewissermaßen im Dialog mit dem Entwurfsmedium. Das Medium dokumentiert dabei die Zwischenlösung für die Beurteilung, läßt aber zugleich Freiräume zur Interpretation. Häufig benutzte Medien sind das Formen und Bearbeiten von (Arbeits-) Modellen und das graphische Arbeiten („Skizzieren“) auf zweidimensionalen Vorlagen.

Diese Entwurfsskizzen führen zur komplexen Ganzheit des Entwurfs, wie z.B. zu dem ordnenden Grundriß mit der Disposition der Räume. Das Skizzieren ist das unmittelbare Ausdrücken von Gedachtem, aber ebenso Rückkopplung. Skizzieren ist auch das Entdecken von Ungewollten, das Sichfinden und das Zusichkommen. Der Ansatz, die Technik des Skizzierens als Grundlage für eine Computerunterstützung heranzuziehen, findet sich in zahlreichen Veröffentlichungen und Entwicklungen

(Coquillart1990), [Wang1995], [Williams1990], [Scriven1994].

Was kann heute von Entwurfsunterstützungen erwartet werden ?

Eine unmittelbare Einbeziehung des Computers in den kreativen Prozess des architektonischen Entwerfens findet nicht statt. Die Techniken und Programmsysteme dazu sind aber im einzelnen vorhanden. Dies bezieht sich vor allem auf Wissensbereitstellung, Informationsmanagement und eher formal orientierte Teile des Entwerfens (Raumfunktionen, Gebäude- und Kostenparameter, Wiederauffinden von ähnlichen Entwürfen, Abbilden und Anwenden von einzelnen Entwurfsregeln). Im Hinblick auf die visuell orientierte Gestaltumsetzung von Entwurfsideen existieren heute Anwendungen wie CAAD-Modellierung, 3D-Visualisierung und Animation.

Die perfekte Wiedergabe in CAD-Systemen ist eben nur die perfekte Darstellung des Sichtbaren. Aber gerade in der ganzheitlichen Wahrnehmung der beabsichtigten Wirkung, der inhaltlichen Aussage liegt das eigentliche Verständnis von Architektur.

Diese Anwendungen haben sowohl im Hinblick auf ihre Funktionalität, aber auch gerade im Hinblick auf die Art des Dialoges (human computer interface) nichts mit unmittelbarer Entwurfsunterstützung zu tun. Sie sind ein Werkzeug zur Umsetzung und Ausformulierung der Entwurfsergebnisse. Selbst einige sehr intuitiv benutzbare Modellersysteme können hier nicht als entwurfsunterstützend bezeichnet werden [Donath1988], [Mark de Vries 1992], [Riedel 1993].

Architektur im Cyberspace, reale oder virtuelle Architektur ?

Cyberspace

Unter *Cyberspace* soll ein VR-System verstanden werden, das in ein globales Computernetzwerk eingebunden ist (cyber: griechisch, kybernan – steuern, kontrollieren).

Das bisherige Verständnis von Architektur steht im extremen Gegensatz zu der digitalen Welt miteinander kommunizierender Computer [Rheingold 1992]. Die dort zu findenden Bedingungen sind ein universeller, undefinierbarer (digitaler) Raum, nicht physisch, nicht begehbar, es ist eine gedankliche Unterstellung an den Computer. Diese dort anzutreffende Architektur kennt keinen Ort, keine räumliche Beziehung und keine Randbedingungen.

Die neuen „Randbedingungen“ in einer VR-Umgebung werden u.a.

- Polygon- und Pixelanzahl,
- Bandbreite der Datenübertragung,
- Speicherplatz und
- Rechengeschwindigkeit

sein [Campbell1996]. Der Entwurfsstandort, der „genius loci“ des Entwurfes existiert somit als Speicherplatz einer Datensammlung im Computer. Wir stehen aber noch am Anfang der Auseinandersetzung: Wie läßt sich unser bisheriger Architekturbegriff einordnen, ausdrücken in einer unbegrenzten und n-dimensionalen digitalen Welt?

Hier einige Beispiele:

Durch Wegfall der *Gravitation* bedarf es keiner (fest) gefügten und bekannten Strukturen und Tragwerke mehr.

Wie erfolgt im digitalen eine Ordnung, eine Orientierung?

Wände begrenzen uns bisher von einem Außenraum. Sie trennen private und öffentliche Sphären. Sie geben Schutz und Geborgenheit. Wie wird dies in virtuellen Umgebungen realisiert? (durch Datenschutz ...?)

Räume haben bislang eine Funktion zu erfüllen, sie sind dadurch geprägt durch ihre Gestaltung und Konstruktion. Was wird in digitalen Welten mit den Plätzen der Verrichtung von Tätigkeiten?

Ästhetik ... Harmonie, Komfort, Baugestalt, Baukultur, Baumfeld prägen ästhetisch und im sozialen wie kulturellen Umfeld eine Architekturlösung. Es wird mit bekannten wie mit neuem Design (-Metaphern) gearbeitet.

Aber wie wird ein ästhetisches Empfinden im Cyberspace / VR erreicht? Durch eine Adaption? Durch etwas völlig Neues?

Fazit

Das Schaffen von Architekturraum wird sich nicht auf das Bisherige, das Irdische beschränken.

Der Wunsch, das soziale Gefüge und den Menschen auch im Cyberspace als höchstes Kriterium zu betrachten, ist hirnrissig. Dies geschieht schon nicht in unseren realen Welten.

Auf jeden Fall aber wirft Cyberspace erneut die Frage auf, wie Architektur eigentlich definiert werden kann und welche Bedeutung im sozialen Umfeld Architektur tatsächlich einnimmt. Diesmal aber mit der unausweichlichen Konsequenz, tatsächlich in digitale Welten abzugleiten, wenn sich die Architektur weiterhin so fern der aktuellen und akuten Probleme unserer Zeit bewegt.

Der Einfluß der VR- und Cyberspace-Technologien auf die Architektur

In der unmittelbaren Zukunft werden verschiedene Beeinflussungen die Architektur neu prägen. Einige Beeinflussungen werden offensichtlich und sinnvoll sein, andere sind schwer abschätzbar und mit gravierenden Folgen nicht nur für die Architektur :

Architektur wird global und transparent .

Diese zunächst harmlos scheinende Tendenz wird die Zerstörung der Städte, eine Veränderung der

Arbeits- und Lebensweise und den Wegfall natürlicher Kommunikation verursachen. Allein die Medialisierung und Globalisierung von Informationen wird ein Zurückdrängen der (heute noch) realen Architektur auf den Innenraum bewirken. Das Außen der Architektur wird möglicherweise veröden, gleichgültig werden und eines Tages ganz verschwinden. Aktuelle Stichworte hierzu sind z. B. Online-Informationen, Telearbeit, Collaborative Design, Videokonferenzen, Cybercity [Hoffmann-Axthelm1996], [Mitchell1995].

Architektur wird digital erstellt und bleibt digital.

Ungeachtet der warnenden Stimmen, daß eigentlich nur ein neuer Herrschaftsmythos technischer Instrumente propagiert wird, prägt sich seit langem ein neuer Begriff: virtuelle Architektur.

Architekten werden ihre Kreativität und Tätigkeit auf digital erstellte Architekturen im erweiterten Sinn umstellen. Diese Architekturen sind dann ausschließlich für virtuelle Welten gedacht. Wesentlich ist hier, daß die Architektur ihr seit jeher existierendes Grundprinzip des Örtlichen, des Fixierten, des fest Verankerten aufgibt. Architektur wird flexibel, dynamisch, wird zur Gestaltung digitaler Kommunikationsräume, wird zu einer Flut von Bildern und Visionen. Sie kann überall und gleichermaßen nirgends sein [Rötzer1993], [Campbell1994].

Neue Chancen, neue Berufsbilder (virtual Architect) und weniger die Gefahren werden in diesem Zusammenhang propagiert. Es erfolgt eine mystifizierende Unterstellung von Möglichkeiten digitaler Welten. Mit fester Überzeugung wird behauptet, wenn der Architekt (... mit seinem sicherlich heute in Auflösung begriffenen Berufsbild) bestehen kann, dann nur in der Zerteilung von materiellen und virtuellen Architekten. Schulen, Museen, Bibliotheken, Büros und Einkaufszentren werden als potentielles Aufgabengebiet des virtuellen Architekten gesehen. Auf dem Tisch des traditionellen Architekten haben sie nichts mehr zu suchen.

Falls doch die Architekten daran festhalten, feste Plätze zu bebauen, „... gehen sie unter in der uns nun einmal zgedachten digitalen Welt ...“ [Campbell1994, S. 4].

Sicher ist, daß die zukünftig verfügbare Virtual-Reality-Technologie einen starken Einfluß auf das Tätigkeitsfeld des Architekten haben wird. Wird er der Gestalter der zukünftigen Welten innerhalb der digitalen Informationsstrukturen sein? Wir wissen nicht allzuviel von dieser neuen Art von Architektur. Möglicherweise wird sie mit der verstärkt geäußerten Ahnung (Vision), daß der Wunsch nach eigentlichem Erleben, das Erfahren, das Anfassen von stofflicher Materie so groß sein wird, schnell ihre jetzt so euphorisch geäußerte Rolle verlieren. Es wird Zeit, eine klare Position zu beziehen, was virtuelle Architektur für das Dasein bedeutet und für Konsequenzen mit sich bringt. Zur Zeit wird dies von den unterschiedlichsten Standpunkten aus diskutiert. Eine

Vision dazu wird uns in diesem Tagungsband von Regenbrecht [Regenbrecht96] eröffnet. Welche Chancen wir als Architekten haben, dem zu entgegen – so wir das wollen –, wird sich daran messen, inwieweit wir bewußt machen, was Architektur im jetzigen Sinn über die reine Funktion hinaus noch bedeutet.

Der Architekturentwurf und der Planungsprozeß wird in seinen kreativen, intuitiven, subjektiven Denkprozessen und Tätigkeiten unterstützt.

Dieser Ansatz ist der Fokus vieler Erwartungen seit Beginn der 60er Jahre. Architekten und Mathematiker bemühen sich, die Architektur inhaltlich aufzubereiten und einer Unterstützung zugänglich zu machen [Alexander1964], [Negroponte1970], [Stiny1978], [Schmitt1993]. Bislang haben aber CAD-Programme auf Grund ihrer Spezifika diese Ansätze nicht erfüllt. Erst durch einen wirklich intuitiven Umgang mit digitalen Welten, wie ihn die VR-Technologie ermöglicht, wird sich dieser Einsatz erschließen. Es wäre eine Überwindung der derzeit stattfindenden Abstraktion und Verfremdung realer Architekturabsichten in computerisierten Welten:

"We hope that VR in design will not become a goal in itself, but that it will be the preparation for a more responsible architecture." [Schmitt1995, S. 285].

Virtual Reality als Entwurfsunterstützung ?

Durch die VR-Technologie existiert die Chance, intuitiv, dem Menschen entsprechend und gleichermaßen auf einer neuen Qualitätsstufe mit dem Medium Computer im räumlich digitalen Modell zu entwerfen. Es erfolgt eine Neuorganisation und neue Definition der Inhalte des Entwurfsprozesses. Computer (VR-) gestütztes dreidimensionales Skizzieren und digitaler „Modellbau“ (virtual clay) wird das zukünftige Entwurfsinstrument für Architekten und Designer [Pentland1990], [Galyean1991].

Mit der Einbeziehung einer VR-Entwurfsunterstützung soll der Arbeitsmodellbau oder das bisherige Skizzieren nicht abgelöst werden. Die Möglichkeiten der direkten und räumlichen (dreidimensionalen) Gestaltfindung *Erweitern* die Arbeitstechniken im architektonischen Entwurf. In welchem Maße und welcher Kombination die Gestaltfindung durch eine in VR Umgebung unterstützte Technik angewendet wird, ist von der Situation und dem Entwerfenden abhängig [Edmonds1995], [Schmitt1993-2].

Die VR als Entwurfsmedium besitzt zwei entscheidende Eigenschaften:

1. Die Dokumentation des Ergebnisses erfolgt als virtuelles 3D-Modell, welches auch als solches wahrgenommen wird. Die Bewertbarkeit des Objekts wird verbessert, indem die Information immer-räumlich angeboten wird.
2. Die Veränderungen am Modell können intuitiv,

beispielsweise mit natürlicher Gestik erfolgen.

Die Dokumentation des Ergebnisses existiert im erzeugten Modell selbst. Es ist in der Regel nicht notwendig, diese Darstellung auf ein anderes Medium zu übertragen. Es ist daher nicht einzusehen, daß der Computer nur als ausführendes Werkzeug zur Präsentation genutzt werden soll; ebensowenig ist der Schluß zwingend, daß die zweidimensionale Skizze das eigentliche Entwurfsmedium bleiben muß [Dagit1993].

Man kann daher der Meinung sein, daß zumindest Teile des Entwurfs in einer virtuellen Umgebung besser unterstützt werden können.

Ein Entwurfssystem mit dem Medium VR muß sehr einfach und ohne viel Erlernen zu bedienen sein. Der Anwender darf sich nicht erst Dutzende von Befehlen einprägen müssen, um dem System seine Vorstellungen begreiflich machen zu können. Außerdem sollte die Zahl der Befehle (Verabredungen mit dem Rechner) möglichst gering sein. Als solche allgemeinverständlichen Kommunikationsformen kommen das gesprochene Wort und die Gestik in Betracht.

Keine der beiden Kommunikationsformen kann ausschließlich die Kommunikation mit dem VR-System bestimmen, sie können jedoch, kombiniert eingesetzt, wirkungsvolle Unterstützung leisten.

In einem gestalt-definierenden Entwurfssystem geht es hauptsächlich um die Interaktion mit 3-dimensionalen *Objekten*: Was liegt da näher, den natürlichen Umgang mit Gegenständen in der realen Welt als Vorbild für die Handlung im VR-System zu sehen. Jeder hat als kleines Kind zunächst die Umgebung mit den Händen erforscht, begann „die Welt zu begreifen“ (im wahrsten Sinne des Wortes). „Wie fasse ich einen Würfel an?“, ist wohl die einfachste Form einer solchen Konvention, die jeder mental und damit intuitiv versteht.

Applications I : VRAD- ein entwurfsunterstützendes VR-System

Unter Virtual Reality Aided Design (VRAD) soll im folgenden das computerunterstützte Entwerfen mit Mitteln der virtuellen Realität verstanden werden. Hierbei wird sich besonders auf die Gestaltbeschreibung in den frühen Phasen des architektonischen Entwurfs konzentriert [Regenbrecht1994], [Lehmann1995].

Ausgangspunkt der Konzeption eines intuitiven Entwurfswerkzeuges ist das Entwerfen im Maßstab 1 : 1. Durch einfache, aus den mentalen Erfahrungen bekannte Gesten soll eine unmittelbare Umsetzung der Entwurfsabsicht in ein visualisiertes 3D-Modell erfolgen. Zu Anfang einer Entwurfsbearbeitung steht der Anwender auf einer Grundfläche, auf der er sich völlig frei bewegen kann. Zunächst "zeichnet" man beispielsweise auf der Grundfläche mit Linien den Raummaß auf. Dann können aus den

Umrißlinien raumbegrenzende Flächen über eine Höhe generiert werden. Öffnungen werden, auf diese Flächen gezeichnet, herausgenommen. Wenn man angrenzende Räume modelliert, können aus den raumbegrenzenden Flächen Wandscheiben generiert werden.

Die hierzu notwendige Grundlagenforschung besteht in der Formulierung, Entwicklung und Evaluierung eines *Human-Computer-Interfaces* (hci) für den unmittelbaren Gestaltfindungsprozeß im Architekturdentwurf innerhalb einer VR-Umgebung [Murray1994].

Folgende Funktionalität eines solchen VR-Systems ist zu definieren:

- Modellierungsfunktionen
- Positionsbestimmung
- Navigation und Orientierung in der Entwurfsumgebung
- Bewegung in der Entwurfsumgebung
- Objektvisualisierung
- Raumwahrnehmung
- Bereitstellung individueller Konfigurationen
- Ein- und Ausgabegeräte

Im weiteren ist ein Ansatz für eine intuitive Handhabung innerhalb eines entwurfsunterstützten Systems dargestellt. Er repräsentiert eine Vorgehensweise auf der Basis der Punkt-Kanten-Flächen-Körper-Modellwelt (Boundary Representation). Der Schwerpunkt soll im folgenden auf den formenbeschreibenden Intentionen des Entwerfens liegen.

Modellierung (Generieren von Entwurfsobjekten)

Das Erstellen von Entwurfsobjekten kann durch das Ableiten von Objekten einer höheren Dimensionalität aus den entsprechenden Grundobjekten realisiert werden (Abb. 1):

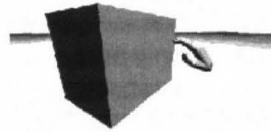
1. Das Generieren von Linienobjekten erfolgt durch das (geradlinige) Verschieben von Punkten.
2. Es gibt nur ebene Flächen. Flächen sind das Ergebnis der geradlinigen Bewegung einer Linie (Kante).
3. Körper entstehen aus der Bewegung von Flächen.



Generieren von Linien durch Verschieben von Punkten (A)



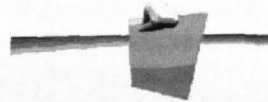
Generieren von Flächen durch das Aufziehen von Linien (A)



Generieren von Körpern durch das Aufziehen von Flächen



Generieren von Linien durch das Zeichnen (B)



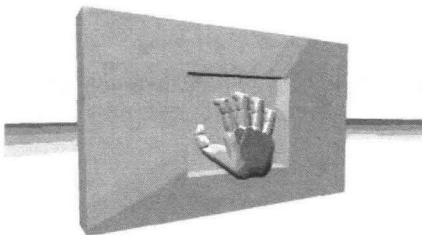
Generieren von Flächen durch das Aufziehen von Linien (B)

1 | intuitive Gesten zur Modellgenerierung in VR Umgebung

Öffnungen

Die Modellstrukturierung und das Handling mit den Objekten erlaubt unterschiedliche Methoden, um Öffnungen (Fenster, Türen) zu erzeugen. Am einfachsten werden die geplanten Durchbrüche auf die Wand „gezeichnet“ und diese Flächen nach

außen gedrückt und gelöscht (Abb. 2). Türen können in der Wand entstehen, indem man einfach durch die Wand geht.



2| Generieren von Öffnungen: Verschieben einer Öffnungskontur aus einem bestehenden (Wand-) Objekt

Objektselektion

Damit der Computer „weiß“, welche Art von Elementen man bearbeiten will, gibt es für jede eine eigene „Greifbewegung“ (Abb. 3):



Objektselektion: Punktbezug



Objektselektion: Linienbezug



Objektselektion: Flächenbezug



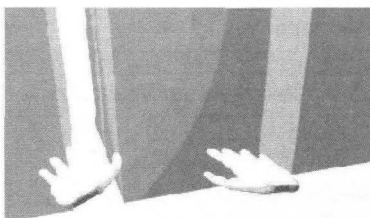
Objektselektion: Körperbezug

3| Gesten zur Identifikation von Objektteilen

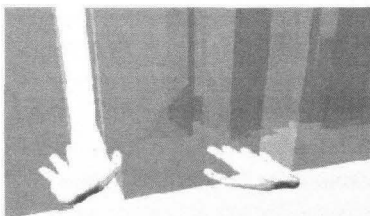
Darstellungsmodi

Um den entstandenen Raum bewerten zu können, werden im Normalmodus alle Flächen undurchlässig gefüllt dargestellt. Zur Orientierung im Modell wird ein halbdurchlässiger Modus eingestellt. Dabei werden die Flächen halbdurchsichtig, mit zunehmender Entfernung transparent, dargestellt (Abb. 4).

Diese Funktion kann auch benutzt werden, um „unscharfe“ Räume und Raumgrenzen zu visualisieren. Zusätzlich könnten dann Optionen wie Nebel, Licht und gläserne Scheiben eingesetzt werden.



Orientierung im Entwurfsraum: flächige Objektvisualisierung im Arbeitsmodus

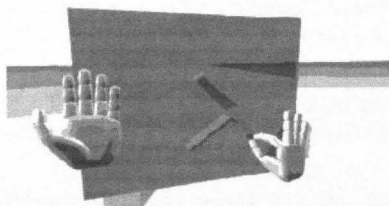


Orientierung im Entwurfsraum: halbdurchsichtige Objektvisualisierung

4| Orientierung in der Entwurfsumgebung durch halbdurchlässige Modellvisualisierung

Orientierung im Entwurfsraum

Um die Orientierung in einem digitalen Entwurfsraum zu unterstützen, müssen Gesten für das Anzeigen eines Übersichtsplanes bestehen. Durch die Visualisierung einer verkleinerten Gesamtsicht des Entwurfsraumes und des eigenen Standortes kann dieser Standort durch Verschieben beliebig gewechselt werden (Abb. 5).



5| Orientierung in der Entwurfsumgebung durch Überblicks- und Standortdarstellung (Objekt in der rechten Hand: Standort im Entwurfsraum)

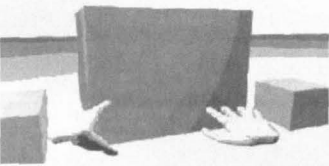
Die eigene Position wird verändert, indem man den Standpunkt mit der Hand greift und neu setzt.

Modellzoom – Modellübersicht

Grundsätzlich ist davon auszugehen, daß alle Aktionen im Maßstab 1:1 erfolgen. Für manche Operationen ist es aber vorteilhaft, sie am verkleinerten Modell auszuführen, um die Übersicht zu behalten. So lassen sich auch Ansichten aus der „Vogelperspektive“ gewinnen. Über eine Geste muß sich der Maßstab des Modells in Schritten verkleinern und wieder vergrößern lassen (Abb. 6). Im verkleinerten Modell sind dann unter Umständen andere Bewegungsarten als das Laufen günstiger. Die Geste für den Modellzoom erzeugt die linke Hand mit Daumen und Zeigefinger.



Orientierung im Entwurfsraum:
Modellzoom als Überblick



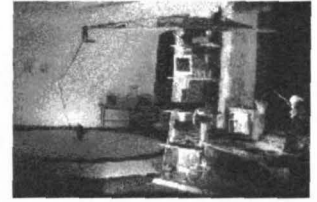
Orientierung im Entwurfsraum:
Modellzoom zur Detailbearbeitung

6l Orientierung in der Entwurfsumgebung durch Zoomfunktion (Überblick, Detail)

Applications I I : VoxDesign – Versuch einer Entwurfsunterstützung in VR Umgebung

Ziel und Anforderungen

voxDesign ist eine Softwarerealisierung, die einen skizzenhaften, dreidimensionalen Entwurf in den frühen Phasen des Gestaltungsprozesses unterstützt. Die Software wurde am Lehrstuhls Informatik in der Architektur und Raumplanung im Rahmen der Arbeitsgruppe atelier virtual [ateliervirtual1996] an der Bauhaus-Universität entwickelt und wird seit einem Jahr in der studentischen Ausbildung eingesetzt. Im Entwurfsraum (Voxelraum) können die Interaktionen und erstellten Entwurfsskizzen direkt



7l Modell und Foto von der physischen Entwurfsumgebung zum freien Interagieren in einem VR-Entwurfsraum

räumlich erlebt und reflektiert werden. voxDesign ermöglicht ein dreidimensionales skizzierendes Arbeiten in einer virtuellen Entwurfsumgebung [Donath1995].

Als zentrales Ausdrucksmittel des Designers für die Gestaltfindung werden linienbeschreibende Voxel (3D-Pixel) bereitgestellt. Diese stellen sich als Würfel im virtuellen Raum dar und dienen der unmittelbaren Visualisierung der intuitiven Gedanken des Entwerfenden. Durch das unmittelbare feedback des Entwurfs auf den Entwerfenden konnte eine gute Unterstützung dieser Entwurfsphase erwartet werden, was sich auch in dem nunmehr seit einem Jahr stattfindenden Einsatz bestätigte.

Zum Einsatz von voxDesign werden eine Graphikworkstation SGI Crimson VGXT und ein head-mounted-display Virtual Research VR4 sowie eine Polhemus tracking unit mit einem hmd-tracker und einem stylus (tracker mit button) eingesetzt. Mit Hilfe dieser Technik wird eine potentiell immersive Anwendung realisiert.

voxDesign besitzt u.a. folgende Funktionalität:

- 3D-„Malen“ mit Voxeln (2.5x2.5x2.5 cm³) in Echtfarben (24 Bit)
- Setzen von Lichtquellen
- Erzeugen einfacher Geometrien (Kugel, Zylinder, ...)
- Bildung von Objekten, Objektmanipulation

Veranschaulichung einer Entwurfsumgebung:

- Darstellung von Bildern am Rand des Entwurfsraumes
- Import von CAD-Modellen als Entwurfsumgebung
- Sichern/ Laden von Entwürfen
- snapshot zur Erstellung von Präsentationen

„vr platform“ als physische Arbeitsumgebung

Die Software voxDesign wird im Kontext einer speziell dafür entwickelten und gebauten physischen Umgebung („platform“) eingesetzt (Abb. 7). Zusammen mit Design-Lehrstühlen der Bauhaus-Universität Weimar wurde eine reale, physische Umgebung für einen Nutzer (Architekt, Designer, Künstler), der in einem immersiven System arbeitet, zunächst theoretisch untersucht und dann physisch umgesetzt. Diese zeichnet sich insbesondere dadurch aus, daß der Benutzer frei und ohne

Beeinträchtigung in einem großen Bereich (5 x 5 Meter) interagieren kann. Etwaige Behinderungen durch technische Geräte werden somit weitgehend ausgeschlossen.

Erkenntnisse und Hypothesen: Anwendung von voxDesign im atelier virtual

Im Zusammenhang mit der Entwicklung des VRAD-Konzeptes wurden zurückliegend verschiedene Anwendungstests mit der Software voxDesign durchgeführt. Neben einer theoretischen und praktischen Einführung von Architekturstudenten in das Thema virtuelle Realität stand hier die Beobachtung der Studenten als Testpersonen und die Ableitung von Schlußfolgerungen für die Weiterführung der Human-Computer-Interface (HCI)-Projekte im Mittelpunkt. Die Anwendung von voxDesign lieferte erste Testergebnisse zu Fragen des hci in virtuellen Umgebungen.

Die Reduzierung auf das Wesentliche hat sich als nützlich erwiesen. Ein experimenteller Einsatz ist gut möglich und erlaubt, empirisch gewonnene Erkenntnisse zu gewinnen. Weitere Erweiterung sind nicht sinnvoll. Hier muß im folgenden auf einer qualitativ und quantitativ höheren Ebene weitergearbeitet werden. voxDesign bildet eine gute Grundlage für weitere Entwicklungen, wie es im vorgestellten VRAD-Konzept verfolgt wird.

voxDesign wird von den Nutzern akzeptiert als spielerischer Einstieg in die Problematik des architektonischen Entwerfens in VR-Umgebung.

Es ließen sich einige unmittelbare Ergänzungen wie Rastereinstellungen, Einstellungen zur Entwurfsumgebung und zu einer Linienfunktion für voxDesign ableiten. Die Ergänzung durch komplexe gestaltdefinierende Funktionen ist nicht in diesem Rahmen sinnvoll. Hier muß auf anderer Basis das VRAD-Konzept neu begonnen werden. Auch scheint eine Verbesserung der Technik-Leistungsfähigkeit nicht erfolgversprechend.

In Auswertung der experimentellen Anwendung können folgende Hypothesen aufgestellt werden:

- Je abstrakter die Darstellung im virtuellen Raum, um so mehr muß der Nutzer sich seine eigene Welt in der VR bauen, d.h. stärkere Abwendung vom Gegenständlichen.
- Der Grad der Immersion erhöht sich mit der Anzahl der Interaktionen, der Anzahl der Entscheidungen im VR (bei Gefahr: maximaler Immersion), mit der Qualität der Handlung (gelangweilt ... überfordert).
- Die virtuelle Welt ist eine Alternative zur realen Welt, sie führt zu individuellen Konfigurationen; Ableitungen aus Erkenntnissen der realen Welt auf die virtuelle Welt sind möglich und umgekehrt.
- In VR wird der Raumeindruck durch das Maß des Blickwinkels (field of view - FOV) wesentlich

bestimmt. Ein Hand-Interaktionsgerät mit spürbarer Masse und Volumen erhöht den Grad der Immersion. Ein Zeigergerät in der virtuellen Welt wird als Darstellung entsprechend der Funktion am besten akzeptiert.

- 16 Farben sind ausreichend für die Visualisierung der Entwurfsintentionen.
- Die Einbeziehung von Musik ist vorteilhaft für das „Eintauchen“ in den Entwurfsraum.
- Das unmittelbare Erfahren eines dreidimensionalen Entwurfsraumes im Maßstab 1:1 war völlig neu und eindrucksvoll für die Benutzer. Ein stereoskopisches Sehen ist zunächst nicht notwendig; andere Parameter für die Tiefenwirkung sind von größerer Bedeutung, so zum Beispiel die Lichtwirkung, Nebel effekte oder bekannte Größenordnungen von Referenzobjekten.
- Die Rendermethode ist unwesentlich für den Eindruck vom Entwurfsraum.
- Eine Immersion in den Entwurfsraum fand bei nahezu allen Nutzern statt.
- Die Verwendung eines „Stiftes“ als Zeichengerät hat sich als gut erwiesen.

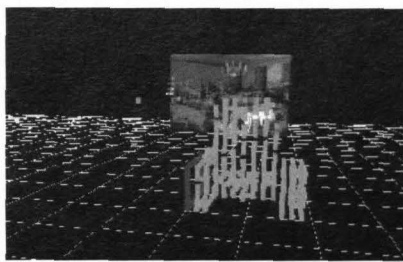
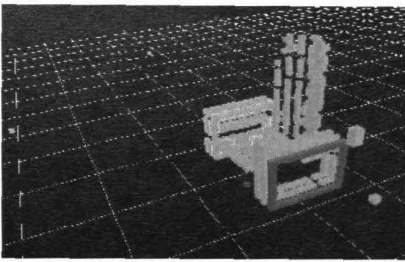
Die Entwurfswelten in VR – Ergebnisse von voxDesign

Zur Veranschaulichung der Entwurfswelten in voxDesign sind im weiteren eine Auswahl von studentischen Resultaten in Form von Einzelbildern unmittelbar aus dem VR-Raum als snapshots abgebildet (Abb. 8 bis Abb.11). Die Entwurfsaufgabe hatte eine Auseinandersetzung mit studentischen Wohnen im Maßstab 1:1 zum Inhalt und wurde durch das neue Entwurfsmedium größtenteils sehr frei interpretiert..

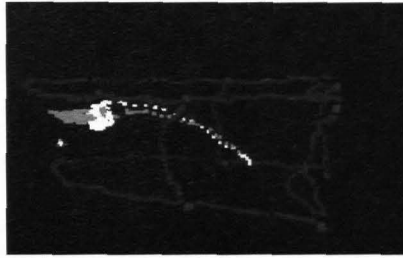
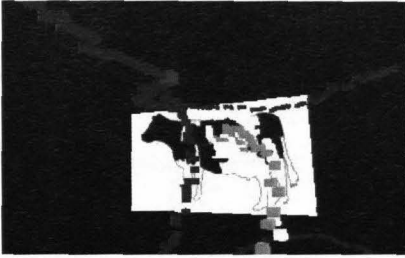
Schlußbemerkungen

Es war und ist nicht das Ziel der hier dokumentierten Bemühungen um VR und Architektur, ein beliebig einsetzbares System zu entwickeln, sondern vielmehr Grundlagen und Fixpunkte zu liefern, wie ein solches System aus Sicht des Nutzers (Architekten, Designer) organisiert sein muß und welche soft- und hardwaretechnischen Konsequenzen damit verbunden sind. Die genannten Aspekte sind eine Basis für einen zu erwartenden Umgang mit intuitiven und damit neuen Systemen. Erste Erfahrungen wurden gemacht. Diese gehen in die derzeit laufenden Weiterentwicklungen ein. Aber erst im weiteren praktischen Umgang mit dem Medium VR wird man gesicherte Möglichkeiten und Grenzen aufzeigen können. Durch eine ausschließlich theoretische Betrachtung wird die Sinnfälligkeit nicht ableitbar.

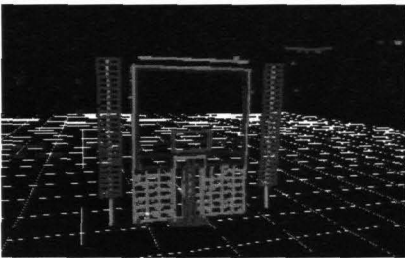
Doch vielleicht wird man auch die Architekten beruhigen können, daß derzeit noch eine erhebliche Diskrepanz zwischen der Realität und dem Wünschen besteht:



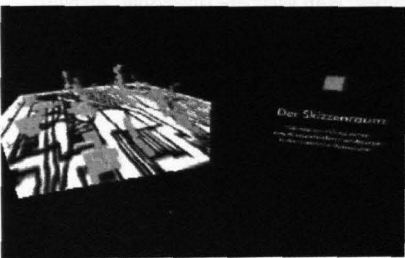
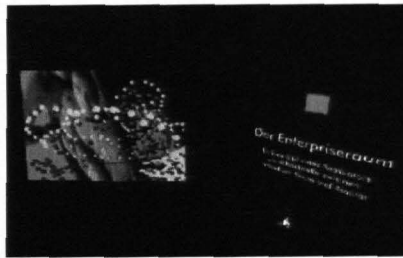
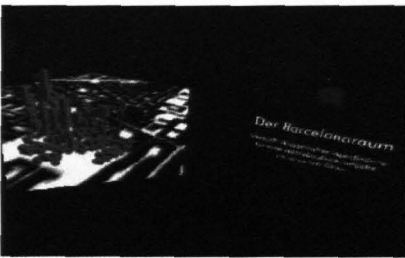
8| studentisches Entwerfen im VR Raum (Michael Oelschlaeger)



9| studentisches Entwerfen im VR Raum (Birgit Felsch)



10| studentisches Entwerfen im VR Raum (Peter Bringt)



11| studentisches Entwerfen im VR Raum (Matthias Beyer)

Die aktuelle und bezahlbare Ausstattung der Büros ist derzeit nicht vergleichbar mit den Anforderungen, die VR an Technik und Software stellt.

Die Architektur ist mit sich selbst zu sehr beschäftigt, als daß man über wirkungsvolle Unterstützungen (...und Folgen) im breiten Umfeld nachdenkt. Soziale und ethische Konsequenzen (Realitätsverlust) sind derzeit Vermutung und nicht erwiesen. Es ist nicht damit getan, einen Architekten unter einen HMD zu setzen, noch sind große Forschungsanstrengungen zu bewältigen. Doch wie lange noch ?

Danksagung

.... an das atelier virtual und seine unermüdlchen Bewohner, wie Martin, Jan, Thore, ... und natürlich besonders an Holger Regenbrecht.

.... an Charles Wüthrich, Peter Hupfer und Uschi Schmidt.

Verfasser:

Prof. Dr.-Ing. Dirk Donath
Bauhaus-Universität Weimar

Literatur

[Alexander1964]

Alexander, Chr.: Notes and Synthesis of Form, Cambridge, Mass, Harvard-Press, 1964.

[ateliervirtual1996]

atelier virtual WWW-home-page : <http://www.uni-weimar.de/vradmin>.

[Campbell1994]

Campbell, D.: *Virtuell Reality: Destroyer of Architecture?*, HITLab, Seattle, USA, 1994.

In:<http://www.hitl.washington.edu/people/dace/portfoli/crit36thml>.

[Campbell1996]

Campbell, Dace, A.: The Nature of Cyberspace., in "Vers Une Architecture Virtuelle ..." Ser. CRIT 35 Winter 1996.

[Coquillart1990]

Coquillart, S.: *Extended free-form deformation: A sculpting tool for 3d geometric modeling.*, in: *Computer Graphics* 24(4):187-196, August 1990.

[Dagit1993]

Dagit, Charles E.: *Establishing Virtual Design Environments in Architectural Practice.*, Flemming, van Wyk (editors), caad futures '93, Elsevier Publishers, 1993.

[Donath1988]

Donath, D.: *Untersuchungen zur Kommunikation und Modellierung im computergestützten architektonischen Entwurf.*, Dissertation, HAB Weimar, 1988.

[Donath1995]

Donath, Regenbrecht, H.: VRAD – (Virtual Reality Aided design) in Early Phases of Architectural Design, in: the global design studio (Tan, M.; Teh, R. –ed), proc. of international conference in Computer aided architectural design - futures, Singapore, 24.–26. September 1995, Centre of Advanced Studies in Architecture, S. 313 – 322.

[Edmonds1995]

Edmonds, Ernest: *Creativity: Interacting with computers.* In: *Human Factors In Computing Systems, CHI '95 Conference Companion.* Denver 1995.

[Galyean1991]

Galyean, Tinsley A., Hughes, John F.: *Sculpting: An Interactive Volumetric Modeling Technique.*, in: *Computer Graphics*, Volume 25, Number 4, July 1991.

[Henry1993]

Henry, D.; Furness, T.: *Spatial Perception in Virtual Environments: Evaluating an Architectural Application.*, Proceedings of VRAIS '93, Seattle /Washington, Sep 18–22., 1993.

[Hoffmann–Axthelm1996]

Hoffmann–Axthelm, D. : *Im elektronischen Dickicht der Städte*, bauwelt 1996, Heft 22, S. 1270–1281.

[Joedicke1993]

Joedicke, J.: *Entwerfen und Gestalten*, Krämer-Verlag, 1993, Stuttgart.

[Lehmann1995]

Lehmann, Jörg: *Manipulation der Form in VR Umgebung.* Wissenschaftliche Seminararbeit, HAB Weimar– Universität, Architektur, 1995.

[Mark de Vries1992]

Mark de Vries; Wachter, H.: *The first CAAD package (sketch based cad).* in: caad futures 91, (Schmitt, G.– ed.), Viehweg - Verlag, Wiesbaden, 1992, S. 497 – 510.

[Mitchell1995]

Mitchell, W. : *The City of Bits*, MIT Press, 1995.

[Murray1994]

Murray, J.: *Some Perspectives on Visual Depth Perception.*, in: *Computer Graphics* Vol. 28, Number 2, May 1994.

[Negroponte1970]

N. Negroponte "the architectural machine", MIT, 1970.

[Pentland1990]

Pentland, A., Essa, I., Friedmann, M., Horowitz, B., Sclaroff, S.: *The ThingWorld Modeling System: Virtual Sculpting By Modal Forces.*, Proceedings 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics, in: *Computer Graphics, ACM SIGGRAPH*, New York, 1990.

[Regenbrecht1994]

Regenbrecht, H. : *VR in Entwurf und Design.*, HAB Weimar Universität, 1994.

[Regenbrecht1996]

Regenbrecht, H. : *Virtual Architekture – Fascination, fake and Future.*, 7. Internationales Bauhaus-Kolloquium Weimar, Bauhaus Universität, Tagungsband, 1996.

[Rheingold1992]

Rheingold, Howard : *"Virtuelle Welten : Reisen im Cyberspace"*, Rowohlt 1992.

[Riedel1993]

- Riedel, O.: Virtual Reality: Stand der Anwendung., in: Architektur, Buerogestaltung und Produktdesign".
 Proceedings Building Management 93, Symposium: Virtuelle Realitaet- Technik & Anwendungen (15.6.93), 1993.
 [Rötzer1993]
- Rötzer, F.: Von Faszinationen, Reaktionen, virtuellen Welten und anderem, arch+ Nr. 117, 1993).
 [Salzmann1986]
- Salzmann, Dieter: Der räumliche Aspekt im architektonischen Entwurf., Habilitationsschrift, HAB Weimar, Weimar 1986.,
 [Scrivener1994].
- Scrivener, Stephen A.R., Clark, Sean M.: Sketching in Collaborative Design. In: MacDonald, Lindsay; Vince, John (Eds.): Interacting
 with Virtual Environments. John Wiley & Sons, New York, S. 95 – 117, 1994.
 [Stiny1978]
- Stiny, G.; Mitchell, W.: "The palladian grammers", London, Pion publication, 1978.
 [Schmitt1993-1]
- Schmitt, G.: Architectura et machina. Vieweg Verlag, 1993.
 [Schmitt1993-2]
- Schmitt, G.: Virtual Reality in Architecture., in : Thalman (editor), "Virtual Worlds and Multimedia", John Wiley & Sons, 1993.
 [Schmitt1995]
- Schmitt, G.; Wenz, F; Kurman, D. & Mark, E. : Toward Virtual Reality in Architecture: Concepts and Scenarios from the Architec-
 tural Space Laboratory. Presence, Vol. 4, No. 3. Summer 1995, S. 267-285.
 [Thomsen1994]
- Christian W. Thomsen: Architekturphantasien; von Babylon bis zur virtuellen Architektur. Prestel, München, 1994.
 [Wang1995]
- Wang, Sidney W., Kaufman, Arie E.: Volume Sculpting., 1995 Symposium on Interactive 3D Graphics, Monterey CA USA, ACM
 Press, 1995.
 [Williams1990]
- Williams, L.: 3d paint., in: Computer Graphics, 24 (2):225-233, March 1990.
 [Willim1994]
- Willim, Bernd : "Designer im Bereich Animation und Cyberspace" ,3R-Verlag Berlin, 1994.
 [Woolley1993]
- Woolley, B : Virtual Worlds; London, 1993 / Die Wirklichkeit virtueller Welten, Birkhäuser Basel, 1994.