

EUROPÄISCHE
HOCHSCHULSCHRIFTEN



Bob Martens

Räumliche
Simulationstechniken
in der Architektur



PETER LANG

Räumliche Simulationstechniken in der Architektur
Wege zu einer neuzeitlichen Raumgestaltung

Europäische Hochschulschriften

Publications Universitaires Européennes
European University Studies

Reihe XXXVII

Architektur

Série XXXVII Series XXXVII

Architecture

Architecture

Bd./Vol. 14



PETER LANG

Frankfurt am Main · Berlin · Bern · New York · Paris · Wien

Bob Martens

**Räumliche Simulationstechniken
in der Architektur**

**Wege zu einer neuzeitlichen
Raumgestaltung**



PETER LANG

Europäischer Verlag der Wissenschaften

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Martens, Bob:

Räumliche Simulationstechniken in der Architektur : Wege zu einer neuzeitlichen Raumgestaltung / Bob Martens. - Frankfurt am Main ; Berlin ; Bern ; New York ; Paris ; Wien : Lang, 1995 (Europäische Hochschulschriften : Reihe 37, Architektur ; Bd. 14)

Zugl.: Wien, Techn. Univ., Habil.-Schr.

ISBN 3-631-48220-5

NE: Europäische Hochschulschriften / 37

Gedruckt mit Unterstützung des Bundesministeriums
für Wissenschaft und Forschung in Wien

ISSN 0721-5053

ISBN 3-631-48220-5

© Peter Lang GmbH

Europäischer Verlag der Wissenschaften

Frankfurt am Main 1995

Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Printed in Germany 1 2 3 4 6 7

Vorwort

Schon in der Zeit, als der Verfasser an der Technischen Universität Eindhoven (Niederlande) Architektur studierte, stellte er einen ersten Bezug zum Fachgebiet der räumlichen Simulation her. An dieser Ausbildungsstätte ist nämlich die Endoskopie bzw. die Arbeit am 1:1-Modell seit ihrer Gründung ein fester Bestandteil der Entwurfsarbeit. Der Umstand, daß der Verfasser zudem ab dem Jahr 1988 als Sachbearbeiter mit der Projektierung eines Raumexperimentierlabors¹ am Institut für Raumgestaltung der TU-Wien (Institutsvorstand: o.Univ.Prof.Dr. Justus Dahinden), sowie der Betreuung der Umbauarbeiten und der Konzipierung der Laboreinrichtungen, befaßt war, spielt in diesem Zusammenhang eine entscheidende Rolle. Das Studium vergleichbarer (außer-) universitärer Laboratorien wurde - wenn auch unter einem gewissen Zeitdruck des Baufortschrittes - zur Notwendigkeit, um nicht dieselben "Fehler" zu begehen, welche andere schon begangen haben.

Prof.Dr. Justus Dahinden hatte bereits im Jahre 1977 den ersten Versuch unternommen, ein *Raumexperimentierlabor* an der TU-Wien auf die Beine zu stellen, und seitdem immer wieder auf dessen Notwendigkeit hingewiesen. Obwohl in Anlehnung an das Beispiel der ETH-Lausanne zunächst "nur" ein Labor für 1:1-Experimente vorgesehen war, zeichnete sich jedoch im Zuge der Planungsarbeit immer klarer ab, daß ein Labor für die Simulation von architektonischen Raumgebilden in wahrer Größe nicht isoliert, sondern im Zusammenhang mit anderen Simulationstechniken wie z.B. Endoskopie, Holografie, Stereoskopie etc., betrachtet werden sollte.

In Abwartung der mehrfach verschobenen Adaptierungsarbeiten wurde das Raumlabor im Studienjahr 1990/91 provisorisch betrieben. Trotz aller Unzulänglichkeiten konnten dabei wertvolle Erfahrungen gesammelt und die Bedürfnisse dadurch noch besser formuliert werden. Im Sommer des Jahres 1991 wurden die Bauarbeiten in Angriff genommen und Anfang November 1992 konnten die Räumlichkeiten der Institutsabteilung offiziell übergeben werden. Sowohl in baulicher als auch in infrastruktureller Hinsicht wurde bei der Ausstattung weitestgehend auf die Nutzerwünsche eingegangen.

¹ Dipl.-Ing. Gerhard Renk hat sich im Zuge seiner Assistententätigkeit bis zum 1. April 1991 intensiv an den Planungsarbeiten mitbeteiligt.

Um den sicheren und rationellen Betrieb des Raumlaboratoriums zu gewährleisten und das Fachgebiet der räumlichen Simulation an der *Fakultät für Raumplanung und Architektur* der TU-Wien zu verankern, wurde mit Erlaß des Wissenschaftsministeriums vom 4. April 1991 am Institut für Raumgestaltung eine *Abteilung für räumliche Simulation - Raumexperimentierlabor* (Abteilungsleiter: Dr. Bob Martens) eingerichtet. Obgleich das Raumlabor einen eigenständigen Bereich am Institut für Raumgestaltung darstellt, wurde diese Laboreinrichtung - was die Benutzung anbelangt - institutsübergreifend konzipiert. Der jeweilige Bezug zu den festgelegten Einsatzbereichen muß jedoch gewährleistet sein.

Persönliche Erfahrungen im Umgang mit räumlicher Simulation in Lehre, Forschung und Praxis finden ihren Niederschlag in dieser Arbeit. Eine weitere Vertiefung kam dabei durch die Tätigkeit des Verfassers als Lehrbeauftragter für die Lehrveranstaltung "Simulation von Räumen" an der TU-Wien bzw. für "Simulationstechnik" an der TU-Graz zustande. Diese Habilitationsschrift ist zweifelsohne von der alltäglichen Auseinandersetzung mit Fragen der räumlichen Simulation in dieser "Zukunftswerkstätte" geprägt.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	9
1.1	Was ist räumliche Simulation?	11
1.2	Forschungslage und thematische Abgrenzung	15
2.	Räumliche Simulationstechniken	19
2.1	Auswahl von Simulationstechniken	19
2.2	Raumsimulation in wahrer Größe	22
2.2.1	Standortfrage der 1:1-Simulation	26
2.2.2	Aspekte zur technischen Infrastruktur	38
2.2.3	Einsatz von speziellen Bausteinen und Bauelementen ..	41
2.3	Endoskopische Raumsimulation	46
2.3.1	Speicherung und Weiterbearbeitung der Aufnahme ...	50
2.3.2	Lichtinstallation und Steuerung der Bewegungsabläufe .	53
2.3.3	Renaissance der Endoskopie in der Architektur	56
2.4	Stereoskopische Raumsimulation	57
2.4.1	Fotografische Aufnahmetechnik	60
2.4.2	Bedeutung der Montage und Justierung	61
2.4.3	Individuelle Betrachtung und Stereoprojektion	63
2.5.	Holografische Raumsimulation	65
2.5.1	Arten der Holografie	68
2.5.2	Arbeitsumfeld und Ausstattungserfordernisse	69
2.5.3	Zukunft der Architekturholografie	71
2.6	Computergestützte Raumsimulation	73
2.6.1	Hardware-Erfordernisse	79
2.6.2	Fallbeispiele der digitalen Bildbearbeitung	80
2.7	Kombinationen zwischen Simulationstechniken	84

3.	Anwendungsbereiche in Lehre, Forschung und Praxis	89
3.1	Konzeption der Umfrage	89
3.2	Aspekte zur Durchführung	91
3.3	Auswertung der Informationen	93
3.3.1	Erhebungen zur Ausstattung	95
3.3.2	Daten zur Investitionsplanung	98
3.3.3	Integration und Bewertung der Einsatzbereiche	100
3.3.4	Gedanken zu den mittelfristigen Entwicklungen	104
3.3.5	Gesamtbewertung	106
4.	Simulation Aided Architectural Design (SAAD)	109
	Nachwort	117
	Literaturverzeichnis	119
	Verzeichnis der Diagramme und Abbildungen	126
	English Summary	129
<i>Anhang I</i>	Muster der Umfrage “Anwendungsbereiche räumlicher Simulationstechniken”	131
<i>Anhang II</i>	Kurzbeschreibungen wissenschaftlicher Organisationen	139
<i>Anhang III</i>	Informationen über die Abteilung für räumliche Simulation an der TU-Wien	144
<i>Anhang IV</i>	Handhabung der View-Masterscheibe mit ausgewählten Stereo-Bildpaaren	149

<i>Beilage I</i>	View-Masterscheibe
------------------	--------------------

1. Einführung

Die Bezeichnung des Fachgebietes als *Räumliche Simulation und Raumgestaltung*² erfolgte nach dem Grundsatz: “Keine Raumgestaltung ohne räumliche Simulation”. Raumgestaltung wird in diesem Zusammenhang als das Einsatzgebiet *par excellence* betrachtet. Bereits in der Veröffentlichung “*Raumgestaltung als Lehr- und Forschungsgebiet im universitären Bereich*”³ wurde der Versuch angestellt, einer einschlägigen Begriffsbestimmung näher zu kommen. Die vorliegende Habilitationsschrift entstand, um den “Stand der Dinge” auf dem Gebiet der *räumlichen Simulation* in einem breiteren Rahmen aufzuarbeiten. Es wird dabei der Versuch angestellt, prinzipielle Probleme bei der Vermittlung von Architektur einzukreisen. Dann erfolgt eine Erfassung gängiger, d.h. längst in Anwendung befindlicher Simulationstechniken bzw. auch eine Betrachtung von Techniken und deren Kombinationen, welche nicht im gleichen Maße eingesetzt werden. Sinn und Zweck der darauffolgenden Auseinandersetzung ist es eine Entscheidungsgrundlage zu entwickeln, um eine Anwendung bei Bedarf in Erwägung ziehen bzw. die zustande gekommenen Vermittlungsergebnisse entsprechend bewerten zu können. Die Untersuchung wird auf jene technischen Möglichkeiten ausgerichtet, die mit überschaubaren Investitionen eingesetzt werden können und wo auch das Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen in der Praxis der Architekturproduktion vertretbar ist. Besonderes Augenmerk gilt somit der Handhabbarkeit wie auch den tatsächlichen Darstellungs- und Interaktionsmöglichkeiten, im Hinblick auf den Entwurfsprozeß. Mittels der Umfrage “Anwendungsbereiche der räumlichen Simulation in der Architektur” wird der gesamte Fragenkomplex schließlich verifiziert.

Simulation soll nicht nur aus Selbstzweck betrieben werden, sondern das Entwerfen als zentralen Gegenstand der Architektur unterstützen. Die Einbettung in didaktische Konzepte zielt vor allem darauf ab, etwaige Einsatzmöglichkeiten abschätzen zu können. Nicht unerwähnt sollte bleiben, daß eventuelle

² Die *Venia Docendi* kann seit der UOG-Novelle 1990 nur für ein wissenschaftliches Fach und nicht mehr wie früher für ein größeres selbständiges Teilgebiet erworben werden. Soweit eruiert werden konnte, wurde in Österreich bislang für dieses Fachgebiet keine Lehrbefugnis verliehen.

³ Bob Martens, Schriftenreihe der Technischen Universität Wien, Band 28, 1991, S. 11 ff.

“Entwurfsfehler” manchmal sogar zu unerwarteten Überraschungseffekten im positiven Sinne führen.

Die Bandbreite des Beitrags räumlicher Simulationstechniken ist beträchtlich. Sie reicht von der Umweltgestaltung (“Visual Impact Analysis”) bis zur ästhetisch befriedigenden Umsetzung von technischen Details in der Architektur. Der Einsatz räumlicher Simulationstechniken bezweckt, die Aussagekraft bzw. den Realitätsgehalt des darzustellenden Entwurfes zu steigern. Das Objekt der Simulation kann unter verschiedenen Aspekten betrachtet werden. Einsätze im Architekturentwurf konzentrieren sich vor allem auf die Darstellung und ggf. in der Folge auf die Korrektur der beabsichtigten Wirkung des architektonischen Raumes sowie der ihn bestimmenden Aspekte. Die Auseinandersetzung mit der Benutzung des Objektes stellt eine andere Position dar. Sowohl an die Visualisierung von Nutzerbedürfnissen vor Planungsbeginn und während der Planungsmitbestimmung muß hier gedacht werden; mit der “Post-Occupancy Evaluation” wäre der denkbare Kreis geschlossen. Ebenso kann die Simulation sich mit dem Ablauf der Bauarbeiten befassen, welche zur Realisierung führen. Die Gemeinsamkeit dieser Ansätze besteht darin, daß über ein noch nicht eingetretenen Zustand Prognosen abgegeben werden.

Es stellt sich die Frage, ob und inwiefern der (umfassende) Einsatz von Technologie die Kreativität “tötet”. Nach Auffassung des Verfassers ist heute eher von einer zeitlichen Verkürzung des Planungsprozesses die Rede, und damit wenig Raum für die Entfaltung von Kreativität. Der verstärkte Einsatz von Simulationstechniken könnte diesem Trend entgegenwirken.⁴ Dem gegenüber steht die kritische Überlegung, ob der Einsatz von Simulationstechniken positiv zum Ergebnis beitragen und die “Grauzone” zwischen Idee und Ergebnis reduzieren kann. Es sollten weiters Überlegungen angestellt werden, wie exakt die Vorgaben für das angestrebte Ergebnis definiert sein müssen, wenn die Simulation mit dazu beitragen soll, Lösungsansätze zu vermitteln. Des öfteren wird argumentiert, daß die Arbeitsproduktivität gesteigert und auch die Qualität der Architekturproduktion durch den Einsatz von EDV-gestützter Simulation verbessert werden, ohne daß Fakten diese Feststellungen wirkungsvoll untermauern. Deshalb lohnt es sich von Zeit zu Zeit die Frage zu formulieren, ob man *ohne* jegliche Art von Simulation auch das Auslangen finden könnte.

⁴ Seit der Verkündung des “papierlosen Büros” gibt es wahrscheinlich mehr Papier als je zuvor. Die Arbeitsumstände im Architekturbüro haben sich gewaltig verändert; ein Arbeitsraum bestehend aus Zeichentisch, Papier und Bleistift wird immer seltener.

Drei Ziele werden mit dieser Habilitationsschrift vorrangig angestrebt:

- eine Standortbestimmung für die neu-errichtete *Abteilung für räumliche Simulation* an der TU-Wien im Hinblick auf das jetzige Angebot im Vergleich mit anderen Institutionen. Diese Grundlage ist von Bedeutung für die Weiterentwicklung des Lehr- und Forschungskonzeptes und das Setzen von Schwerpunkten;
- die Schaffung einer umfassenden Grundlage für *Kooperationen und Austauschaktivitäten*, um in der Folge gemeinsam Entwicklungen auf dem Gebiet der räumlichen Simulation vorgeifen zu können. Dies betrifft nicht nur eine Kooperation mit verwandten Institutionen, sondern auch außerhalb der akademischen Welt;
- eine Auslotung des Verhältnisses zwischen “altmodischen” und “modernen” Simulationstechniken in einer Zeit, in der EDV-gestützte Methoden offenbar dominieren. Die Suche nach Querverbindungen und Kombinationen zwischen einzelnen Simulationstechniken bezieht sich auf den Aspekt der Integrationsmöglichkeit, ohne daß eine Rangordnung von vorne herein festgelegt wird.

1.1 Was ist räumliche Simulation?

Recherchen unter dem Schlagwort *Simulation* ergeben eine Vielzahl von Informationen, da in den verschiedensten Fachgebieten mit Simulation gearbeitet wird. Im wesentlichen kristallisieren sich jedoch zwei Definitionen heraus:

- Simulation ist ein *Prozeß der Vortäuschung* und
- Simulation ist eine *Nachbildung von Abläufen*.

Simulation soll ein Abbild der Wirklichkeit unter vorgegebenen Bedingungen schaffen. Das Charakteristikum einer Simulation ist also die wirklichkeitsnahe, aber vereinfachte Darstellung der zu schaffenden Realität. Um Wirklichkeitsnähe zu erzielen, muß Übereinstimmung mit der Realität⁵ gegeben sein, doch in abstrahierter Form. Das heißt:

“Aus der Fülle der Elemente der Realität werden für die Bildung des Modells die Elemente ausgewählt, die für das visuelle Erlebnis entscheidend sind. Ein

⁵ Das tatsächlich Gegebene im Unterschied zum bloß Vorgestellten (= Idealität).

räumliches Ensemble wird schrittweise, in der zeitlichen Abfolge verschiedener Standorte und Blickbeziehungen wahrgenommen.”⁶

Mißerfolge gestalterischer Natur lassen sich im allgemeinen schwer beweisen. Anders ist die Lage bei konstruktiven Überlegungen. Da niemand gerne Einstürze verantworten möchte, werden die Auswirkungen von Belastungen in einer Konstruktion bei Bedarf am physischen Modell simuliert. Die Simulation des vollständigen 1:1-Modells ist zu kompliziert oder zu teuer, weshalb die Hervorhebung bestimmter Teilbereiche und kritischer Punkte erfolgen muß. So wird aus einem “Was wäre gewesen, wenn” ein “Was wäre, wenn”. Aufgrund einer fundierten Vorhersage können somit entsprechende Maßnahmen und Änderungen vorgenommen werden:

“Mit Simulationen lassen sich unbeliebte Überraschungen vermeiden. Es ist bekannt, daß Fehler in der Planungs-, Konstruktions- und Nutzungsphase mit drastisch unterschiedlichen Korrekturkosten verbunden sind. Die Angaben reichen von Verhältnissen von 1:10:100 bis 1:100:1000 (Kosten der Fehlerbehebung in der Planungsphase im Verhältnis zu den Kosten der Fehlerbehebung in der Konstruktionsphase im Verhältnis zu den Kosten der Fehlerbehebung in der Nutzungsphase). Somit liegt der beste Zeitpunkt für die Simulation möglicher Fehler in der Planungsphase.”⁷

Oft wird die Architekturdarstellung nur zum Zwecke der Illustration eingesetzt, also nach Abschluß der Entwurfsarbeit. Die Planung wird bewertet, ohne sie “wirklich” in ihrer räumlichen Realität vollständig zu kennen. Beruht das Studium der Architektur nicht zum überwiegenden Teil auf dem Prinzip der Simulation? Es stellt sich somit die Frage, warum die zukünftige Realität nicht stärker in den Entwurfsprozeß einbezogen wird, um dabei gleichzeitig auch das Umsetzungsvermögen zu fördern. Das Stadium der tatsächlichen Realisierung wird unter den herrschenden Studienbedingungen kaum angestrebt. Der Hauptteil heutiger Raumdarstellungen wird durch die Abstraktion des architektonischen Raumes in Grundriß, Schnitt und Ansicht abgebildet. Bei fehlenden Erfahrungswerten läßt sich die Synthese dieser zweidimensionalen Darstellungen in ihrer Entsprechung zur dreidimensionalen Realität nur schwer erkennen. Dadurch wird des öfteren das Zustandekommen von exakten, der gebauten Realität entsprechenden Raumvorstellungen verhindert.

⁶ K. Gelbricht "Neue Möglichkeiten der Architekturdarstellung", in: *Wiss. Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen*, (1986) Nr. 1/2/3 (Ausg. A), S. 74.

⁷ Gerhard Schmitt, *Architectura et Machina*, Braunschweig: Vieweg, 1993, S. 40.

Auch Grundriß und Schnitt können bereits als Ergebnis einer 2D-graphischen Simulation⁸ betrachtet werden, doch ist es sinnvoll, die Zusammensetzung der Komponenten *räumlich* und *Simulation* herbeizuführen.⁹

Nicht jeder Mensch erlebt eine räumliche Konstellation in der gleichen Weise. Mensch und Raum stehen in einem wechselseitigen Verhältnis zueinander. Der Mensch nimmt die Umwelt über seine fünf Sinne wahr; das Auge hat daran den weitaus größten Anteil. Die menschlichen Wahrnehmungsbedingungen stellen somit eine unverzichtbare Komponente bei der räumlichen Simulation dar. Es stellt sich die Frage, inwiefern die in der Gestaltpsychologie erforschten *Gestaltprinzipien*, wie z.B. *Nähe*, *Ähnlichkeit*, *durchlaufende Linie*, *Prägnanztendenz*, *Figur-Grund* etc., von Nutzen sein könnten. Als Hauptproblem bei einer Übertragung auf die Architektur könnte gelten, daß diese Prinzipien zu wenig Rücksicht auf die speziellen räumlichen Gegebenheiten bei der Architektur nehmen: architektonische Raumgebilde weisen einen bedeutend höheren Komplexitätsgrad als zweidimensionale Reizmuster auf.



Abb. 1 “Der Mensch durchbricht das Himmelsgewölbe.”

⁸ Die dreidimensionalen Darstellung anhand von zweidimensionalen Mitteln kann nicht die gesamte Information enthalten: damit ist durch die Grauzone zwischen 2D und 3D der Interpretation Tür und Tor geöffnet.

⁹ Wenn man “räumliche Simulation” als zusammengesetztes Suchwort bei Recherchen einsetzt, wird die Ausbeute eher mager ausfallen. Das Schlagwort “Architekturdarstellung” liefert eher brauchbare Angaben.

Eingangs wurde bereits festgestellt, daß bei Simulation auch von *Vortäuschung* gesprochen werden kann. In diesem Sinne muß auf das Verhältnis zu den *optischen Täuschungen* und den *räumlichen Illusionen* eingegangen werden. Nicht die Wahrnehmung sollte man als Täuschung oder Illusion bezeichnen; was täuscht, ist vielmehr die Diskrepanz zwischen dem, was wir wahrnehmen, und dem, was objektiv in der Umwelt vorhanden ist. Verzerrungen können als Spiel mit Wahrnehmungsphänomenen verstanden werden: es entstehen Wahrnehmungen von rechtwinkligen Konfigurationen. Bei einem *Zerr-Raum*¹⁰ korrespondiert die Wahrnehmung der Betrachter nicht mit der "objektiven" Situation. So auch im *Ames'schen Raum*: Die drei den Raum begrenzenden Wände stehen senkrecht, aber die Raumecken sind nicht rechtwinklig. Der Boden liegt zudem in der weiter entfernten Ecke tiefer, in der rechten näheren Ecke höher.

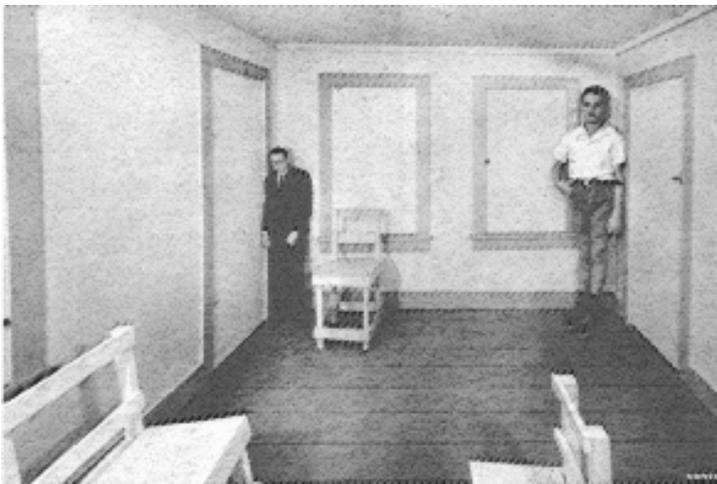


Abb. 2 "Zerr-Raum" von Ames.

¹⁰ Die Bezeichnung "Zerr-Raum" ist sprachlich nicht allzu elegant. Die Bezeichnung "verzerrter Raum" kommt aber nicht in Betracht, da dies als "mißlungener Raum" verstanden werden kann.

Auch wenn wir imstande sind die Täuschung rationell nachzuvollziehen, können wir uns dieser in der individuellen Wahrnehmung kaum widersetzen. Diese Konditionierung kann auf den ständigen Umgang mit rechtwinkligen Raumsituationen zurückgeführt werden. Abschließend sei bemerkt, daß 2D-Plandarstellungen bei solchen Experimenten kaum Aufschluß über die räumliche Wirkung geben. Hier ist eine dreidimensionale Darstellung, wie z.B. durch ein Architekturmodell, für die Überprüfung erforderlich.

1.2 Forschungslage und thematische Abgrenzung

Die Entwicklungsgeschichte der Architekturdarstellungsformen wiedergeben zu wollen, stellt ein riskantes Unternehmen dar: ein recht und schlecht kompilierter Abriß kann zum simplen "Pflichtprogramm" werden, wenn zum x-ten Mal die Entstehungsgeschichte der Perspektive dargelegt wird. Eigene kritische Recherchen sind daher unbedingt erforderlich. Um einen Eindruck von der gegenwärtigen Forschungslage zu erhalten, reicht die vorhandene Literatur vollkommen aus. Auf eine Dokumentation sämtlicher geschichtlicher Zäsuren in der Architekturdarstellung kann daher verzichtet werden.

Die Architekturdarstellung erfolgte über Jahrhunderte vorwiegend in zweierlei Gestalt: der *Architekturzeichnung* und dem *Maßstabsmodell*. Bei der Architekturzeichnung ist bemerkenswert, daß außer Papier und Zeichenwerkzeug kaum materielle Investitionen erforderlich sind, jedoch fundiertes Wissen und die Fähigkeit, mit dem Werkzeug umzugehen. Ähnliches gilt für das Maßstabsmodell, obwohl hier Material- und Arbeitsaufwand bedeutend größer sind.

Bis vor nicht allzu langer Zeit war die Zahl der angewandten Baumethoden und der dabei zur Verfügung stehenden Baumaterialien bzw. Bauprodukte beschränkt. In diesem Jahrhundert wurde das Repertoire an Gestaltungsmöglichkeiten erheblich erweitert.¹¹ Damit stieg auch der Bedarf an Kommunikation. Das zentrale Problem der Vermittlung besteht aber darin, daß mit unterschiedlichem Wissen über die *räumliche Umwelt* kommuniziert wird. Deshalb wurden folgende Thesen aufgestellt:

- Durch eine entsprechende Visualisierung -einschließlich Modelldarstellung und -betrachtung - kann die Qualität der Kommunikation gesteigert werden.

¹¹ Auch muß in diesem Zusammenhang auf das riesige Angebot von Bauprodukten hingewiesen werden. Hier ist es kaum noch möglich eine Übersicht zu erhalten; Dokumentationen über Bauprodukte füllen quadratmetergroße Schränke in Architekturbüros.

- Die maßstäbliche Umsetzung muß geübt, unter Umständen sogar eindringlich veranschaulicht werden.

Der "Linienurwald" in technischen Plänen ist für Nicht-Eingeweihte undurchschaubar. Auch wenn man das zugrundeliegende Schema erkennen würde, fehlt das Training bei der maßstäblichen Umsetzung. Ein Planungs-Laie wird sich schwer tun, im Maßstab 1:100 drei Zentimeter auf dem Plan mit drei Metern in der Wirklichkeit zu verbinden und sich das auch noch bildlich vorzustellen. Abgesehen davon, daß es aus praktischen Gründen nahezu unmöglich ist, Pläne in wahrer Größe - also im Maßstab 1:1 - für das gesamte Objekt zu zeichnen und zu transportieren, bedienen sich Architekten verschiedenster Maßstäbe. Der Maßstab wird gemäß dem gewünschten Informationsgehalt gewählt und die Detaillierung dementsprechend vorgenommen. Aufgrund der bisherigen Erfahrungswerte können von Fachleuten Aussagen über den Maßstab eines vorgezeigten Plansatzes getroffen werden, ohne daß dieser auf dem Plan vermerkt ist.

Obgleich es manchmal scheint, daß in der heutigen Zeit die Verpackung das um und auf ist, erfüllen Modell und Zeichnung Aufgaben, welche über die reine Präsentation hinausreichen. Die Visualisierung ist letztlich auch dazu da, Problemfelder aufzuzeigen und die Erarbeitung von Entwurflösungen zu provozieren. Diese Feststellungen beinhalten keine welterschütternden Erkenntnisse, außer daß sie das Hauptproblem der erschwerten Kommunikation dokumentieren.

Es stellt sich die Frage, ob diese Habilitationsschrift nicht innerhalb kürzester Zeit "veraltet" sein könnte. Technologische Entwicklungen schreiten in manchen Gebieten rasch voran: man muß sich nur die Revolution durch EDV-gestützte Methoden in den letzten Jahren vor Augen führen. Demgegenüber steht die stetige Entwicklung von z.B. endo- und stereoskopischen Methoden in den vergangenen Jahrzehnten. Das Studium älterer Werke zu diesen Themenkreisen belegt, daß sie nicht *per definitionem* verstaubt wirken müssen, sondern sogar wichtige Impulse für die heutige Zeit liefern können. Das Standardwerk "*Umweltsimulation - Sensorische Simulation im Städtebau*"¹² erschien im Jahre 1979 und kann keineswegs als "veraltet" bewertet werden. Nicht nur das theoretische Fundament hat nachwievor Gültigkeit, sondern auch die umfassende Wiedergabe praktischer Anwendungen ist in ihren Grundzügen von Bedeutung. Ausgangspunkt für dieses Werk war die endoskopische Modellfilmsimulation. Im Zuge der Ausweitung mit einer überblicksartigen Darstellung werden verschiedenste Methoden und Verfahren

¹² Antero Markelin und Bernd Fahle, Stuttgart: Krämer Verlag.

der Umweltsimulation herausgearbeitet. Daß Architekturbeispiele nicht so stark vertreten sind (und auch die Simulation in wahrer Größe nicht berücksichtigt wird), ist höchstwahrscheinlich auf den städtebaulichen Arbeitsschwerpunkt zurückzuführen.

Dehnt man die Betrachtung aus, können auch Querverbindungen zu anderen Fachgebieten erkannt werden. In "*Simulation und Wirklichkeit*"¹³ steht beispielsweise der interdisziplinäre Ansatz an vorderster Stelle. Nicht nur die Beschreibung verschiedenster Verfahren, sondern auch die Bewertung allfälliger Einsätze kann als Forschungsthema dominieren. So wird als Stoßrichtung der Studie "*Architekturdarstellung und ihre Wirkung auf Planungslaien*" angegeben:

"(...) die verschiedenen Darstellungsverfahren vergleichend zu untersuchen. Erst klare Aussagen über die Wirkungen der verschiedenen Darstellungstechniken auf Planungslaien werden es möglich machen, gezielte Kombinationen in Zukunft zur Verdeutlichung der Planungsabsichten einzusetzen."¹⁴

Diese Habilitationsschrift beschränkt sich auf das Fachgebiet der Architektur, wobei insbesondere die *Simulation in wahrer Größe*, welche bislang in die überblicksartigen Darstellungen kaum einbezogen wurde, Berücksichtigung findet. Eine weitere Konzentration erfolgt in Richtung *Low-Cost-Simulationen*: wenn Simulationen mit einfachen Mitteln durchgeführt werden können und keines außerordentlich hohen Finanzaufwandes bzw. in einem langwierigen Verfahren ausgebildeter Anwender bedürfen, wird die Einbindung in die Architekturlehre und -praxis wahrscheinlich. Die Möglichkeiten und Grenzen der Simulation müssen daher untersucht werden. Fragen der Schematisierung und Abstraktion sind in diesem Zusammenhang ebenfalls zu beantworten, da eine räumliche Simulation niemals sämtliche Informationen umfassen kann. Dabei darf die Relation zwischen Aufwand und Nutzen nicht aus dem Auge verloren werden, da sonst Simulation zum Selbstzweck wird.

¹³ Angela Schönberger (Hrsg.), Köln: DuMont, 1988.

¹⁴ Matthias Hirche, Berlin: T.U. Berlin, 1986. S. 6.

2. Räumliche Simulationstechniken

Die Auswahl der verschiedenen Simulationstechniken, welche für Anwendungen im Bereich der Architektur in Betracht kommen und in diesem Kapitel präsentiert werden, erfolgt unter pragmatischen Gesichtspunkten. Bei der Beschreibung der einzelnen Techniken wird das *Prinzip mit bildhaften Darstellungen* - unter Angabe der klassischen Einsatzbereiche - erläutert. Dabei wird auch herausgearbeitet, in welchem Fachgebiet die jeweilige Technik ihren Ursprung hat bzw. unter welchen Bedingungen die erstmalige Nutzung im Bereich der Architektur erfolgte. Der globale Überblick über die Anwendungen verdeutlicht, unter welchen Bedingungen der Einsatz besonders angezeigt ist. Neben diesen mehr geschichtlich orientierten Aspekten wird in den Unterkapiteln auch auf die *Möglichkeiten und Grenzen* der jeweiligen Simulation eingegangen. Dazu gehören spezifische Arbeitsbedingungen, Handhabung, Nutzungskonzepte, Einschulungszeit und das Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen, wobei die Betrachtung vor allem auf das Fachgebiet der Architektur eingengt ist. Wesentlich sind dabei Überlegungen für eine minimale bzw. maximale Ausstattung und die damit zusammenhängenden Betriebskosten. Abschließend wird auf die Frage nach der Integrationsmöglichkeit ("Multimedia") von ausgewählten Simulationstechniken eingegangen.

2.1 Auswahl von Simulationstechniken

Einleitend muß hier die Beziehung zwischen den Begriffen "Medium" und "Technik" erörtert werden. Ein *Medium* kann als ein *Mittel* oder etwas *Vermittelndes* definiert werden, um z.B. ein Objekt oder einen Gegenstand darzustellen oder eine Handlung zu registrieren. So kann zwischen auf Papier bzw. Computer basierenden und audio-visuellen Medien unterschieden werden. Die *Technik* betrifft die Art, mittels der Medien für *vorgesetzte Zwecke* eingesetzt werden (Präsentation, Illustration, Simulation, etc.). So wird mittels der Zeichen- und Maltechnik auf dem Medium *Papier* dargestellt. Weiters muß in diesem Zusammenhang auf die unterschiedlichen Interaktionsmöglichkeiten, welche durch die jeweilige Technik gegeben sind, hingewiesen werden. Wird das Ergebnis der Interaktion sofort sichtbar, oder ist ein Zwischenvorgang - wie z.B. Filmentwicklung - notwendig? Können an Hand des Teilergebnisses weitere Planungsalternativen generiert werden?

Diese Gegebenheiten bestimmen in hohem Maße mit, ob eine Simulationstechnik als Entwurfswerkzeug angenommen wird. Es bedarf keiner weiteren Erläuterung, daß in diesem Zusammenhang ein besonderes Interesse für 3D-orientierte Techniken gegeben ist.

Der Bleistift gehört seit undenklichen Zeiten zu den Architekturwerkzeugen, die bis heute nicht an Aktualität verloren haben. Zusammen mit dem Zollstab ist er auch jenes Werkzeug, das den Architekten ständig begleitet. Die Skizze ist dazu da, einen Gedanken oder eine Erkenntnis für den Entwerfenden und seine eventuellen Gesprächspartner zu visualisieren. Zur Kommunikation entstanden "ungeschriebene Konventionen" wie man etwas darstellen kann, wobei die orthogonale Projektion eines Objektes im Hinblick auf das zweidimensionale Zeichenmedium an vorderster Stelle rangiert. Hinlänglich bekannt sind zeichnerische Darstellungsarten wie Perspektive, Axo-, und Isometrie, um die dritte Dimension auf dem Papier vorzutäuschen. Über zeichnerische und malerische Darstellungstechniken wurden bereits unzählige Abhandlungen abgefaßt. Ohne den Wert dieser Thematik nur im geringsten schmälern zu wollen, würde eine nochmalige Behandlung den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Kaum erforscht hingegen wurde das Verhältnis zwischen traditionellen und neuzeitlichen Techniken. Es würde ebenfalls zu weit führen, Foto-, Film- und Videotechniken von den frühesten Anfängen an zu erörtern.

Die getroffene Auswahl basiert auf dem Studium der einschlägigen Literatur und Erfahrungen aus der konkreten Arbeitssituation an der TU-Wien. Als Kriterium galt dabei, daß Einsätze der jeweiligen Technik im Bereich der Architektur nicht nur denkbar sind, sondern auch nachgewiesen sein sollten. Obgleich eine Auflistung im Sinne einer "Reihung" mißdeutet werden kann, bereiten die unterschiedlichen Wertigkeiten Probleme. Ein systematisches Einordnen räumlicher Simulationstechniken ist daher nur bedingt möglich. Manche Techniken benötigen ein *Modell*, welches "aufgenommen" wird. Durch diese Aufnahme wird ein Eindruck festgehalten, der bei freitägiger Betrachtung nicht ohne weiteres wahrgenommen werden kann. Die Endoskopie ist ohne periphere Medien wie Foto, Film und Video schwer vorstellbar. In der Stereoskopie und Holografie kommen räumliche Darstellung und Illusion auf unterschiedliche Weise mittels zweidimensionaler Medien zustande. Das Faktum der *Experimentierfreudigkeit* ist bei der modellhaften Darstellung offensichtlich. Durch Umstellungen können alternative Dispositionen erarbeitet werden. Es genügt somit ein einziges Modell, um mehrere Varianten einzeln zu untersuchen und zu dokumentieren. Das Modell dient also nicht nur zur Veranschaulichung, es wird auch damit gearbeitet. Ob die Behauptung stimmt, daß Architekturschaffende eine höhere Affinität zu physischen als zu virtuellen Modellen haben, läßt sich wohl kaum feststellen.

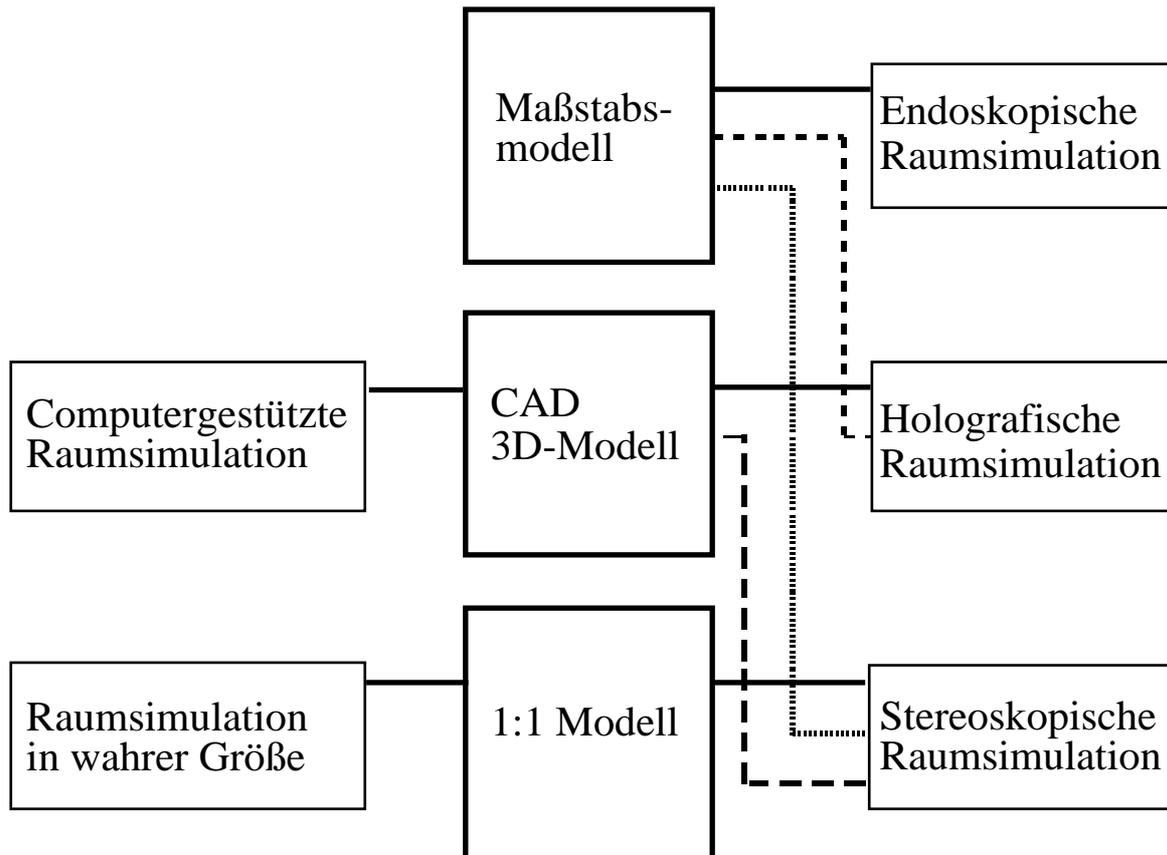


Diagramm 1 Schematische Darstellung potentieller Verbindungen zwischen modellhaften Darstellungen und räumlichen Simulationstechniken.

Nachfolgende räumliche Simulationstechniken werden in diesem Kapitel einer näheren Betrachtung unterzogen:

- Raumsimulation in wahrer Größe (1:1)
- Endoskopische Raumsimulation
- Stereoskopische Raumsimulation
- Holografische Raumsimulation
- Computergestützte Simulation (CAD-CAAD-CAI-...)

Die *Simulation in wahrer Größe* steht deshalb am Anfang, weil konkrete Bezüge zur gebauten Wirklichkeit in hohem Maße gegeben sind. Die *Endo-* bzw. *Stereoskopie* und *Holografie* haben gemein, daß sie sich auch ohne allzu große Schwierigkeiten in die heutige Entwurfspraxis einbinden lassen. Die *computergestützte Simulation* beansprucht eine Sonderstellung und bildet daher den Abschluß. Diese Simulationstechnik greift bereits in viele Bereiche der Planungstätigkeit ein. Auf eine "wertfreie" alphabetische Reihenfolge wurde somit verzichtet. Die allfällige Überprüfung auf Vollständigkeit und in der Folge eine Gewichtung wird vorerst ausgeklammert. Im dritten Kapitel wird die getätigte Auswahl an Hand einer Nutzerbefragung verifiziert.

2.2 Raumsimulation in wahrer Größe

Es stellt sich die Frage, was die Simulation in wahrer Größe im Rahmen der Entwurfsarbeit vermitteln kann. Ist es ein vorrangiges Ziel, das eigenständige Erforschen des architektonischen Raumes zu ermöglichen und somit eine Entscheidungshilfe in der Auseinandersetzung mit "Raum" anzubieten? Oder sollte der Raumschaffende sich eher auf die eigene Vorstellungskraft verlassen? Betrachtet man den architektonischen Raum als das zentrale Problem der Architektur, so sollte im Rahmen des Architekturstudiums eine dementsprechende Auseinandersetzung bis zum Maßstab 1:1 möglich sein. Jegliche Entwurfsaktivität ist schließlich auf deren Realisierung in der gebauten Umwelt ausgerichtet, wobei alle Stärken und Schwächen ans Tageslicht geraten.

Je größer aber die Ausmaße des Raumes, desto größer ist auch die sichtbare Diskrepanz zwischen dem Volumen des Raumes und der Umhüllung, die diesen Raum schafft. Mit zunehmender Größe wirkt die architektonische Hülle schwächer, auch wenn ihre Dimensionen proportional mitwachsen. Obwohl die Proportionen rechnerisch gleich sind, wirken die Stützen im Maßstabsmodell klobiger und sehen trotzdem in Wirklichkeit dünner aus. Das Phänomen der *Allometrie* betrifft die Abhängigkeit der Form von der Größe und die sich daraus ergebenden Auswirkungen der Größe auf die Funktion. In seinem Bild "Les valeurs personnelles" (1952), stellt René Magritte eine Reihe vertrauter Objekte dar, die sich gegenseitig durch ihre Größenverhältnisse in Frage stellen.

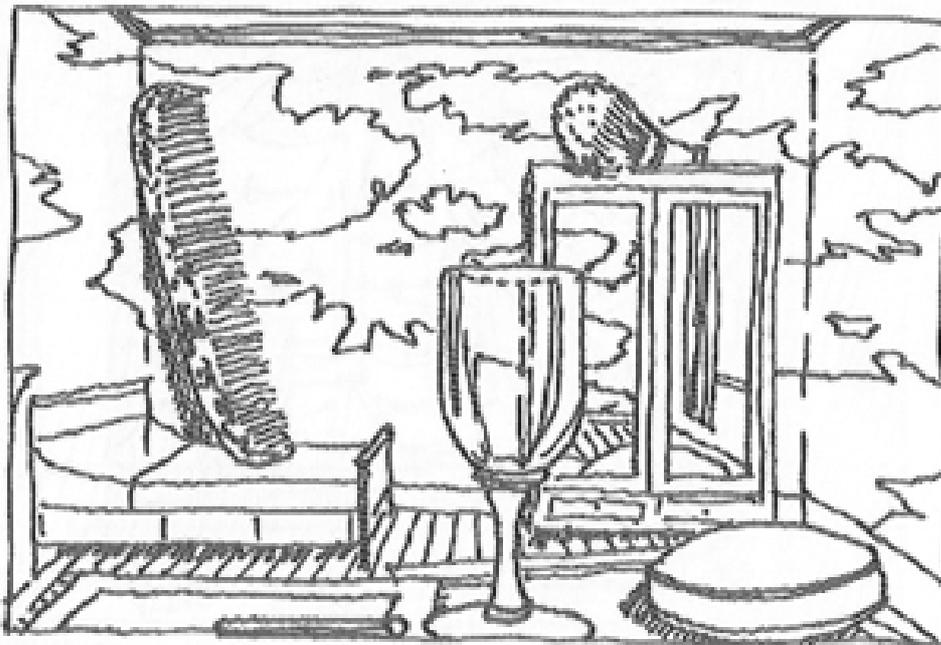


Abb. 3 "Les valeurs personnelles" (René Magritte).



Abb. 4 “Kontrastraum” im Maßstab 2:1.

Die tatsächlichen Ausmaße und Proportionen des Raumes können im Maßstab 1:1 ohne "gedanklichen Umweg" erfaßt werden. Die Fähigkeit, Schwachstellen zu erkennen wird ebenso unterstützt, wie jene, mit Entwurfsmängeln und "Überraschungen" umzugehen. Wenn kurzfristiges Ändern von räumlichen Zusammenhängen vor Ort auf einfache Weise möglich ist, kann es zu folgender Rückkopplung kommen: Probieren - Verändern - Kontrollieren - usw. Das 1:1-Modell kann zur Darstellung und Erprobung verschiedenster Materialien eventuell in Zusammenhang mit unterschiedlichen Farb- oder Lichteffekten dienen. Der Aspekt des Experimentierens verdient besondere Aufmerksamkeit: mit dem "Nachbauen" der Umrisse und dem Überprüfen der Proportion allein ist die 1:1-Raumsimulation nicht unbedingt vollendet. Es kann mit weiteren Anordnungen experimentiert werden, wobei Oberfläche und Kanten hinsichtlich Farbe, Textur und Musterung variiert werden.

Die Darstellung des Materialcharakters spielt beim Modell in wahrer Größe eine bedeutendere Rolle als beim Maßstabsmodell. Manche Oberflächenstrukturen sind nur begrenzt mit anderen Mitteln simulierbar. Wenn dabei allzuviel abstrahiert wird, könnte ein anderer Raumeindruck entstehen. Auch komplizierte Licht- und Farbkonzepte sind unter Umständen schwer umsetzbar. Die Simulation in wahrer Größe ist im Verhältnis zum Resultat zeit- und arbeitsintensiv. Es ist jeweils im Einzelfall zu beurteilen, wie weit der Grad der Abstraktion reichen soll.

Historisch gesehen kann man schwer von einem Moment sprechen, wo die 1:1-Raumsimulation “erfunden” wurde. Die Anwendungen im Bereich der Archi-

tektur (und des Produkt-Designs) sind etwas Selbstverständliches und Modelle im Maßstab 1:1 sind uns aus der Zeit des 16. Jahrhunderts bekannt. Für den Palazzo Farnese in Rom ließ Michelangelo:

“(…) ein Modell des Kranzgesimses (...) machen, das, in der natürlichen Grösse von sechs Ellen, auf einer Ecke des Palastes aufgestellt, die Bewunderung des Papstes und aller Römer erregte.”¹⁵

Im Zuge der Platzgestaltung von *St. Peter* entschied sich Gian Lorenzo Bernini, nicht nur die Kolonnaden im Maßstab 1:1 bauen zu lassen:

“(…) gemalte Modelle in natürlicher Größe wurden auch für die Statuen hergestellt und ihre Figuren aus Travertin wurden sozusagen *en plein air* gearbeitet, um die Wirkungen perspektivischer Verzerrungen berücksichtigen zu können, das heißt, die Statuen wurden auf dem Boden vorgearbeitet, dann probeweise auf ihren jeweiligen Platz nach oben geschafft und danach wieder hinunterbefördert.”¹⁶

Von Brunelleschi weiß man, daß die Konstruktionsarbeiten für die Kuppeln mit dem Modellstudium in wahrer Größe verbunden war:

“Nach seinen Vorschlägen wurde ein Modell in Mauerwerk hergestellt, um die Konstruktion und das Verfahren (...) überprüfen zu können. (...) anschließend hat der Architekt auch für die Laterne einen Entwurf, ein Modell aus Holz, geliefert, mit dem augenscheinlich verschiedene stilistische Fragen beantwortet werden sollten.”¹⁷

Berthold Schwanzer bringt ein interessantes historisches Beispiel über eine 1:1-Inszenierung:

“(…) die der Architekt Soufflot anlässlich der Grundsteinlegung der Kirche Sainte-Geneviève in Paris am 6. September 1764 ersonnen hatte. Es ging nach seinen eigenen Worten darum, eine sinnlich wahrnehmbare Idee von der Anlage der künftigen Kirche zu vermitteln: »Er ließ aus Bruchsteinen und Gips das Unterteil des Gebäudes bilden, welches man sowohl auf dem Platz als auch auf den Seitenstraßen erbauen mußte, auf daß der König mit einem Blick das Ausmaß des Ganzen und die Wirkung der Außenseiten beurteilen könnte. Damit endlich der König auch die Höhe der korinthischen Ordnung und der inneren Voluten erkennen könnte, hatte man das Innere der Kirche in seinen wirklichen und natürlichen Dimensionen auf Leinwände gemalt, die auf Gerüste gespannt waren. (...)«”¹⁸

¹⁵ Henry Thode, *Michelangelo - Kritische Untersuchungen*, Berlin: Grote, 1908, S. 196.

¹⁶ Franco Borsi: *Gian Lorenzo Bernini - Das Gesamtwerk*, Stuttgart: Belzer, 1983, S. 80.

¹⁷ E. Battisti, Filippo Brunelleschi - *Das Gesamtwerk*, Stuttgart: Belzer, 1979, S. 117.

¹⁸ *Modell und Wirklichkeit*, Wien: Modulverlag, 1987, S. 26. Das Zitat stammt nach Angaben von Schwanzer aus: Alain-Charles Gruber, *Les grandes fêtes et leurs décors à l'époque de Louis XVI*, Paris, 1972.



Abb. 5 1:1-Modell bei der Grundsteinlegung der Kirche Sainte-Geneviève.

Es gibt eine Reihe spezifischer Einzelräume (“Multiplikator”) bzw. räumlicher Experimente¹⁹, welche eine besondere Eignung für eine 1:1-Modelldarstellung zu haben scheinen:

- Wohnsituationen (Küche, Wohnzimmer etc.),
- Hotelzimmer,
- Schulräume (Klassenzimmer),
- Arbeitsbereiche,
- Krankenhauszimmer und Stationseinrichtungen,
- Messestände und Ausstellungsbauten,
- Bauten für Behinderte (Ergonomie),
- Prototypen bei beengten Raumverhältnissen,
- Erprobung von Mindestabmessungen (z.B. Sanitärzellen),
- Möbelexperimente bzw. die Wechselwirkung von Möbel und Raum,
- Licht- und Farbexperimente,
- (künstlerische) Rauminstallationen,
- Erprobung von optischen Täuschungen,
- usw.

¹⁹ Es handelt sich hier keinesfalls um eine taxative Auflistung. Eine gebaute räumliche Konstellation ist - im Gegensatz zur Autoproduktion - “one of a kind production”.

Die Einbindung der Simulation in wahrer Größe in die Lehre verlangt eigenständige didaktische Konzepte.²⁰ Durch die Begehrbarkeit und das Miterleben des sich ständig ändernden Bauzustandes in seinen einzelnen Phasen ergeben sich während des Entwerfens neue Gesichtspunkte. Die Bedeutung einer Koordination der Bauvorgänge sollte nicht unterschätzt werden. Auch bei größtmöglicher Vorsicht und entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen am Bau können gefährliche Situationen entstehen. Das Fingerspitzengefühl für Statik, praktische Durchführbarkeit und Umgang mit Werkzeugen, sowie die Gruppenarbeit wird gefördert. Gerade dieses gemeinsame Experimentieren stellt an größeren Architekturfakultäten eher etwas Ungewöhnliches dar. Ausgehend von der Idee, daß jeder Teilnehmer seine spezifischen Fähigkeiten einbringt, muß zunächst Gelegenheit gegeben werden, einander kennenzulernen. Das Stadium der Realisierung bedeutet für manche Studierende vielleicht die erste konkrete Berührung mit dem "Bauen". Probleme betreffend Materialwahl, Farbe, Licht und vieles mehr sind nicht länger abstrakter Natur.²¹ Die Relation zwischen Zeit, Raum und Geld kommt klar zutage, d.h. Planung ist notwendig, weil irgendwelche Beschränkungen immer gegeben sind. Die Simulation in wahrer Größe kann als eine sinnvolle Ergänzung zum Lehrangebot im Hörsaal verstanden werden, da z.B. eine Vorlesung zum Thema Licht mit Lichtbildern allein den Lehrstoff kaum optimal vermitteln kann. Eine Erweiterung mit Demonstrationen könnte die Materie weitaus anschaulicher darstellen. Es sollte also nicht übersehen werden, daß bisherige Arbeitsmuster von Seiten der Lehrenden keineswegs unberührt bleiben können, wenn die 1:1-Arbeit ein fixer Bestandteil der Architekturlehre wird.

2.2.1 Standortfrage der 1:1-Simulation

Damit nicht nur "Papierarchitektur" entsteht, würde eine Modellarbeit in wahrer Größe unter Laborbedingungen eine Alternative während des Architekturstudiums darstellen. Unter solchen Umständen wird jedoch im Simulationsprozeß die künftige Situation vorwiegend außer acht gelassen und somit ist die Arbeit im Labor auf stets wechselnde Experimente ausgerichtet.

²⁰ Neben der akademischen Lehre gehören auch die wissenschaftliche Forschung und die Architekturpraxis zum potentiellen Nutzerkreis. Eine gediegene Projektvorbereitung ist für den Erfolg der durchzuführenden Experimente wichtig.

²¹ In den Studienjahren 1992/93 und 1993/94 war im Zuge der Übungsarbeit "Möbel aus Karton" ein Modell in wahrer Größe anzufertigen. Dies erwies sich als außerordentlich sinnvoll, da nun eine Einbindung der Wirklichkeit erfolgte (Ein Maßstabsmodell wird z.B. nicht den Ansprüchen einer etwaigen realen Belastung ausgesetzt). Die eigenhändige Anfertigung sowie die anschließende Benutzung des Möbels waren wichtige Faktoren.

Die Bezeichnung "Raumexperimentierlaboratorium", kurz "Raumlabor", setzt sich aus den Bestandteilen *Raum*(-Experiment) und *Labor* zusammen. Obwohl es in einem Raumlabor schwer ist, die künftige Umgebung vollumfänglich einzubeziehen, kann in der 1:1-Modelldarstellung die (Wechsel-) Wirkung von Licht, Farbe und Material bzw. Oberfläche im architektonischen Raum optimal veranschaulicht werden. Der Bezug der Experimentierfläche im Labor zur Umgebung kann jedoch störend wirken, vor allem was die Lichtsituation angeht.

Das Kernstück eines Raumlabors besteht vorzugsweise aus einer hallenartigen Räumlichkeit, in der die 1:1-Simulationen durchgeführt werden. Hinsichtlich der Anlieferung und des Abtransportes hat eine ebenerdige Situierung der zentralen Arbeitsebenen bzw. eine direkte Zugänglichkeit über das Erdgeschoß große Vorteile. Die Nebenräume spielen eine bedeutende Rolle bei der Arbeitsvorbereitung wie auch bei der (vorübergehenden) Lagerung von Gegenständen. Nach Möglichkeit sollte das Labor nicht allzuweit von der Architekturausbildungsstätte entfernt sein, um deren "Einbindung" zu gewährleisten. Eine solche Einrichtung wäre prinzipiell an nahezu jeder Ausbildungsstätte möglich, wobei bei einer Adaptierung bestehender (vorzugsweise stützenfreier) Räumlichkeiten bestimmte Beschränkungen durch die bauliche Struktur gegeben sind. Demnach sollten auch die Arbeitsschwerpunkte entsprechend definiert werden. Im Falle eines Neubaus kann z.B. im Entwurf berücksichtigt werden, ob sowohl Tages- als auch Kunstlichtexperimente durchgeführt werden sollen.

In der Publikation "*Study of Full-Scale Environmental Design Simulation Laboratories in Switzerland, Sweden, Holland and Denmark*" von Bodil Kjaer (University of Maryland, 1984) werden mehrere Raumlaboratorien analysiert.²² Zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Studie gab es dort ernsthafte Überlegungen ein "Sim Lab" zu errichten und zu diesem Zweck wurde sogar eine Studienreise nach Europa unternommen, da solche Einrichtungen in den USA nicht bekannt waren. Das geplante "Sim Lab" kam bislang nicht zustande. Guido Francescato (Architekturfakultät an der Universität Maryland) berichtet im Zuge einer diesbezüglichen Anfrage über die triste Budgetlage. Sollten sich die finanziellen Rahmenbedingungen jedoch künftig verbessern und auch eine breite Unterstützung innerhalb der Fakultät vorhanden sein, könnte sich die momentane Situation schlagartig ändern.

²² Wageningen, Amsterdam, Delft in den Niederlanden; Lausanne in der Schweiz; Lund in Schweden und Kopenhagen in Dänemark. Die von Alessandra Carini und anderen durchgeführte Studie "Un laboratorio per l'abitare" (Bologna: Oikos, 1983) beschreibt mit Ausnahme von Kopenhagen dieselben Laboratorien.

Aus Kjaers' Bericht geht weiters eindeutig hervor, daß die Laboratorien an Ort und Stelle gründlich durchleuchtet wurden. Auf diese Weise konnten einschlägige Erfahrungswerte aus der täglichen Handhabung und betrieblichen Führung gesammelt werden. Es ist offensichtlich, daß diese Initiative zur Gründung der *European Full-scale Modelling Association* (kurz *EFA*; siehe dazu Anhang II) im Jahre 1986 beigetragen hat. Obwohl Kjaers' Studie als Einstieg nachwievor von Bedeutung ist, lohnt es sich die Laboreinrichtungen vor Ort in Betrieb zu sehen. Im übrigen wurden in dieser Studie noch nicht "alle" Laboratorien analysiert, zum Teil, weil Neuerrichtungen an der Tagesordnung sind.²³ Folgende Kriterien sollten bei weiteren Analysen berücksichtigt werden: Standort und organisatorische Einbindung; Gebäudestruktur; eingesetzte Bausysteme; Nutzungskonzept; Anwenderkreis; Geschichte und Zukunft; Finanzierung und Personal. Das Fortbestehen einzelner Laboratorien ist des öfteren durch Pensionierung oder Neuorganisation gefährdet. Wiederum andere Institutionen hegen dennoch schon seit langem den Wunsch, eine solche Einrichtung auf die Beine zu stellen.

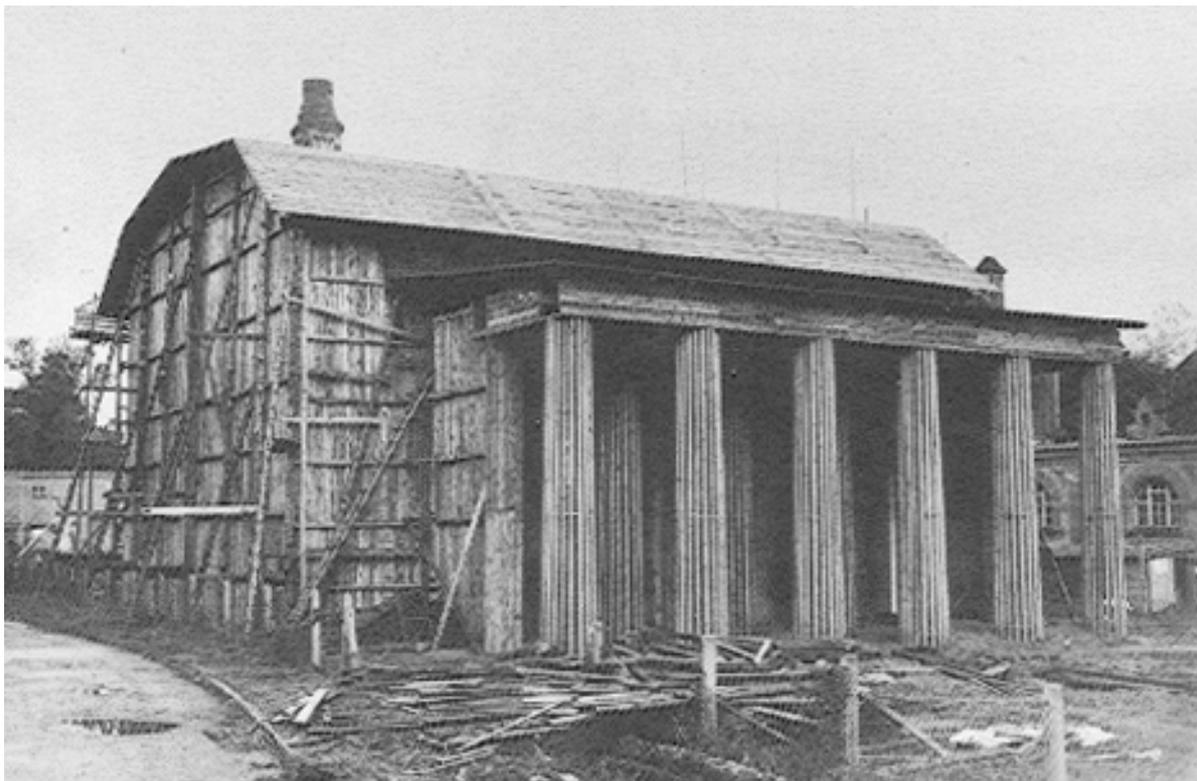


Abb. 6 Holzmodell im Maßstab 1:1 für das Ehrenmal von Tessenow (1930).

²³ Bologna in Italien; Eindhoven in Holland; Trondheim in Norwegen; Wien in Österreich; Göteborg und Stockholm in Schweden.

In diesem Zusammenhang muß auch auf “außeruniversitäre Laboratorien” verwiesen werden. 1930 ersuchte Heinrich Tessenow im Zuge der Entwurfsarbeit für das Ehrenmal in der Neuen Wache von K.F. Schinkel in Berlin:

“(…) um die Möglichkeit, der Öffentlichkeit in den Räumen des Pergamon Museums ein Modell in Originalgröße vorzustellen. Die Genehmigung blieb aus, denn die preußischen Stellen versuchten jeder weiteren Auseinandersetzung aus dem Weg zu gehen und strebten statt dessen eine rasche Beendigung des Projekts an. Im Juli 1930 begannen die Ausräumarbeiten im Innern der Neuen Wache sowie die Restaurierung des Außenbaus. In der Nähe des Ateliers von Tessenow in Charlottenburg wurde ein Holzmodell im Maßstab 1:1 aufgebaut, um die Anfertigung verschiedener architektonischer Details zu kontrollieren.”²⁴

Im Dritten Reich wird die kulissenhafte Technik der Filmindustrie für die Darstellung von Fassaden und Teilen des Innenraumes übernommen. Es wird eine große Zahl an 1:1-Modellen errichtet:

“In der Architektur des Dritten Reiches erfährt der Modellbau (…) eine illusionistische Dimension (…) und zwar im Sinne einer vorgetäuschten Wirklichkeit.”²⁵

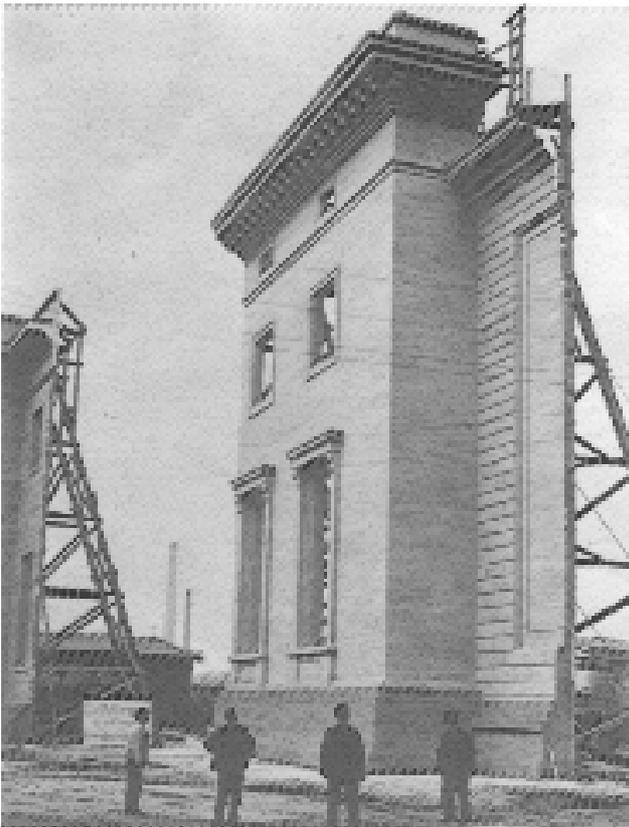


Abb. 7 1:1-Detail der Neuen Reichskanzlei (1938).

²⁴ Marco de Michelis, *Heinrich Tessenow 1887-1950*, Stuttgart: DVA, 1991, S. 306.

²⁵ Schönberger, *Simulation und Wirklichkeit*, Köln: DuMont, 1988, S. 43.

Ein prägnantes Beispiel aus der Nachkriegszeit stellt ein von Karl Schwanzer als *temporäres 1:1-Labor* genutztes Filmstudio dar. Zum Zeitpunkt der Planung für das BMW-Gebäude in München wurden Bedenken geäußert, ob der abgerundete Innenraum durch seine Form die vielfältige Nutzung erheblich einschränken könnte. Deshalb erfolgte eine Gegenüberstellung mehrerer Nutzungsvarianten:

“Um die neuartige Form des runden Funktionsraumes in den entsprechenden Arbeitsbereichen und in seiner Brauchbarkeit zu überprüfen, wurde ein Funktionsmodell im Maßstab 1:1 hergestellt. Dieses naturgetreue Modell, daß vollständig möbliert und ausstattungsgetreu mit Teppichen, Vorhängen, Fenster- und Türmodellen versehen wurde, war mit der für den entsprechenden Raum (Einzel-, Gruppen- und Großraum) vorgesehenen Personalanzahl belebt. Ihre Arbeitsfunktion wurde bei den verschiedenen Raumwünschen simulierend erprobt und gemeinsam mit der Personalvertretung und den Organisationsfachleuten studiert. Erst dann wurde von der BMW AG der Auftrag an den Planverfasser erteilt und mit der weiteren Durchführung der Planung begonnen. Durch diese Maßnahme wurde das Konzept des Architekten bestätigt und ebenso die wirtschaftliche Lösung des kleeblattförmigen Konzeptes anschaulich bewiesen.”²⁶



Abb. 8 1:1-Funktionsmodell BMW-Gebäude (1968).

Im Zuge der Detailplanung für den Juwelierladen Schullin am Graben in Wien, setzte Hans Hollein Detailmodelle im Maßstab 1:10 und 1:1 ein:

“Die vom Architekten konzipierten Formen waren (...) zeichnerisch nicht mehr darstellbar. Die Arbeitsmodelle dienten zunächst der Kontrolle eigener Ideen

²⁶ *Modul* (1970)2, S. 6

und wurden später zum Kommunikationsmedium gegenüber dem Auftraggeber und den Handwerkern. Um die Verständlichkeit und Umsetzung sicherzustellen, wurden Materialien und Beleuchtung im Maßstab 1:1 simuliert”.²⁷



Abb. 9 1:1-Modell Juwelierladen Schullin (1974).

Lichtfirmen verfügen durchaus über großzügig angelegte Demonstrationsräume mit Laborcharakter. Bekannte Beispiele sind z.B. der *Mock-up-Raum* von ERCO in Lüdenscheidt (Deutschland) oder das *Lichtzentrum* von Philips in Eindhoven (Niederlande). Die Wechselwirkung von Licht und Raum steht dabei an vorderster Stelle. ERCO's *Mock-up-Raum* ist für den versuchsweisen Einsatz von Leuchten aller Art gedacht:

“Diese Aufgabe ist ganz einfach: In einem einzigen Raum unzählige Räume mit unterschiedlicher Deckenhöhe realisieren zu können. Der proteushafte Vieldeckenraum ist quadratisch mit einer Grundfläche von sieben mal sieben Meter und einer Höhe von fast sechs Meter. Er hat eine freischwebende Hubdecke. Man kann sie per Knopfdruck auf jede gewünschte Höhe fahren. Sie läßt sich außerdem bis zu zwei Meter nach den Seiten verschieben. Die Hubdecke ist so konstruiert, daß man alle Arten von Leuchten an verschiedenen Stellen mit wenigen Handgriffen installieren kann..”²⁸

²⁷ Rolf Janke, *Architekturmodelle*, Teufen: Niggli, 1978, S. 76.

²⁸ Otl Aicher (u.a.), *ERCO-Lichtfabrik*, Berlin: Ernst & Sohn, 1990, S. 108.

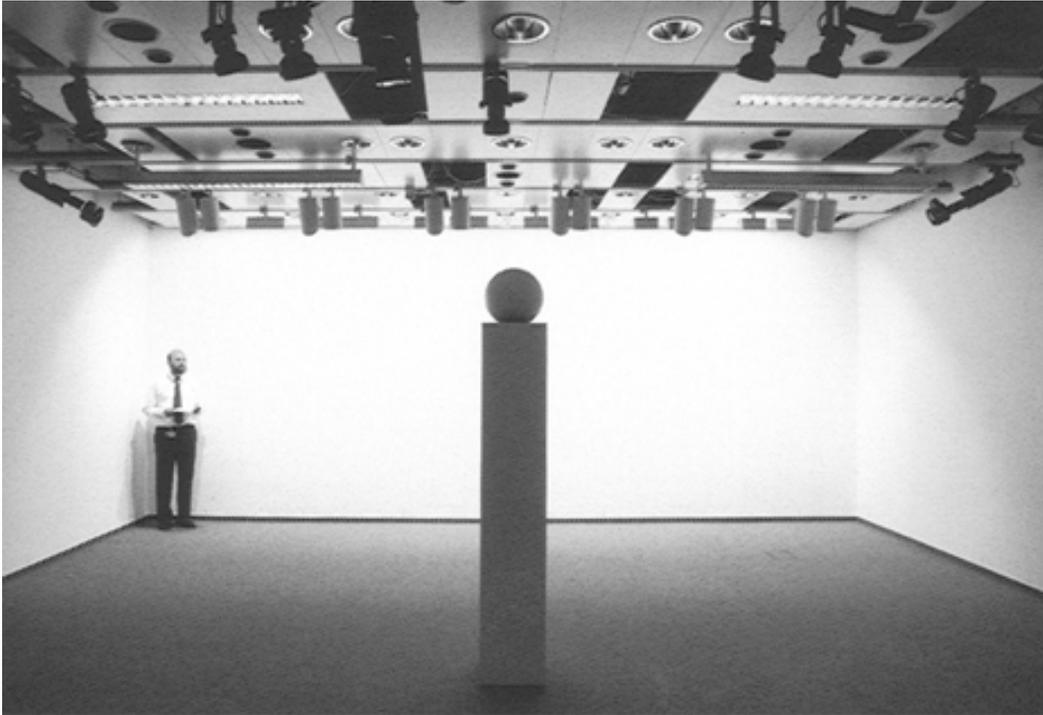


Abb. 10 Das ERCO-Lichtlabor in Lüdenscheid.



Abb. 11 Das Lichtzentrum von Philips in Eindhoven.

Das “Lighting Application Centre” wurde 1991 in einem eigens dafür konzipierten Gebäude am Philips-Hauptstandort eröffnet. Beabsichtigt wurde dabei vor allem, die Produkt- und Leistungspalette anhand konkret dargestellter Situationen zu präsentieren. So können beispielsweise in einer Gegenüberstellung zweier charakteristischer Bürozimmer mehrere Lichtvarianten durchgespielt werden (siehe Abb. 11). In ähnlicher Weise wurde versucht, die Bereiche Sport und Industrie, Nacht-Silhouette, Hotel- und Geschäftsbereiche und sogar auch die Innenbeleuchtung im Auto darzustellen. Im Lichttheater werden unterschiedliche Aspekte im Umgang mit dem Kunstlicht anschaulich vermittelt.

Auch im Transportwesen gehören 1:1-Experimente zum Alltag. So entwickelte die österreichische Firma *SGP-Verkehrstechnik* zusammen mit den *Österreichischen Bundesbahnen* ein 1:1-Modell eines neuen modularen Reisezugabschnittes:

“Gleich wie bei Lego können mit den standardisierten Schlüsselkomponenten verschiedene Modelle kreiert werden. Mögliche Varianten sind zum Beispiel ein Großraum- oder Abteilwagen 1. oder 2. Klasse, ein Speisewagen, ein Servicewagen mit Buffet, Kiosk, Cateringstützpunkt, Behinderten-WC, Zugführerabteil und Zollabteil, ein Liege- und Schlafwagen sowie ein Kinderspielwagen.”²⁹

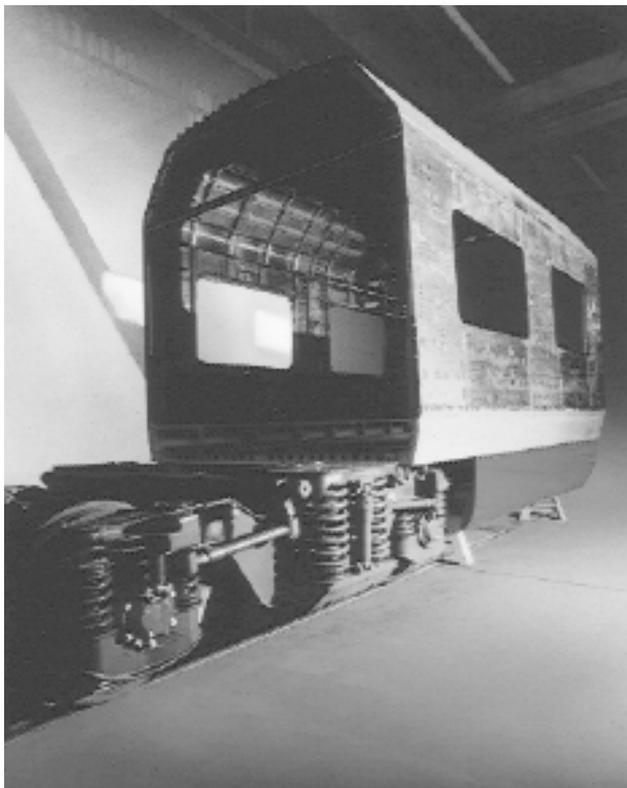


Abb. 12 1:1-Modell eines Reisezug-Abschnittes.

²⁹ *Eurocity* (1992)5, S. 52.

W. Fehlinger entwickelte zunächst in Wien und später in Linz³⁰ die Idee einer “Wohnbühne zum Probewohnen”. Es werden die räumlichen Dimensionen der Wohnsituation des Kunden simuliert, damit die Wechselwirkung von Wohnelementen in bezug zum umgebenden Raum betrachtet werden kann. Auf einem Schienensystem wird ein fahrbarer Wagen mit abgehängten Elementen auf die gewünschte Raumgröße eingestellt. Mittels dieser abgehängten Elemente kommt somit die Darstellung der raumumschließenden Wände zustande. Der Kunde kann nun die zur Auswahl stehenden Wohnelemente beliebig im Raum ausprobieren und er wird dabei von einem Raster am Boden unterstützt.



Abb. 13 “Wohnbühne zum Probewohnen” in Wien.

Es stellt sich die Frage nach der Notwendigkeit eines ständigen Laboratoriums. Bei Experimenten direkt vor Ort geht es vor allem darum, ein (Teil-) Modell - z.B. einen Fassadenausschnitt - in wahrer Größe zu errichten und anschließend die Wirkung in seiner künftigen räumlichen Umgebung zu überprüfen.³¹ Bevor zehntausende Quadratmeter Fassadenfläche (vergeblich)

³⁰ Der Standort an der Wiener Mariahilferstraße mit einer Experimentierfläche von 4x5 m mußte aufgegeben werden. Der derzeitige Standort ist *Am Winterhafen* in Linz.

³¹ Die Idee einer Wohnungsmesse bzw. Bauausstellung (z.B. die Internationale Bauausstellung in Deutschland oder die “Asuntomessut” in Finnland) berührt diesen Ansatz nur am Rande. Die Simulation steht nicht im Vordergrund; nach Fertigstellung des “1:1-Modells” erfolgt die Freigabe zur Besichtigung bzw. nach Ablauf der Veranstaltung die Übergabe an die Nutzer.

angebracht werden, ist es im Zweifelsfalle ratsam am Rohbau Proben mit der Bemusterung durchzuführen. Diese Vorgangsweise kann zu weiteren Korrekturen führen, welche nach Möglichkeit direkt im 1:1-Modell veranschaulicht werden. Bei Dachausbauten wird öfters eine 1:1 Markierung der Begrenzungen vorgenommen, um das optische Gewicht vor Ort studieren zu können.



Abb. 14 1:1-Proben mit der Bemusterung auf der Baustelle.

Die ungünstige wirtschaftliche Relation zwischen Aufwand und Nutzen ist wohl auch des öfteren mit ein Grund dafür, warum 1:1-Modelle verhältnismäßig selten gebaut werden. In sensiblen Situationen kann ein 1:1-Modell als wesentliche Entscheidungsgrundlage fungieren. Für das von Otto Wagner geplante Museum am Wiener Karlsplatz wurde ein detaillierter Fassadenausschnitt als Teil der künftigen Gebäudekubatur in wahrer Größe errichtet. Bürgermeister Dr. Karl Lueger lud seinerzeit auf folgende Weise zur Besichtigung des 1:1-Modells ein:

“Über Beschluß des gemeinderätlichen Museums-Ausschusses” und des Wiener Stadtrates wurde auf der Baustelle (...) eine Schablone errichtet; dieselbe bringt in der Front des Karlsplatzes die Höhe des vom Herrn k.k. Ober-Baurat Otto Wagner projektierten Musealgebäudes sowie die Ausdehnung des Objektes der ersten Bauperiode zum Ausdruck; in der Breite von zwei Fensterachsen ist auch die Fassade wiedergegeben; an der Ecke der Lothringer- und Maderstraße ist ein Gerüst errichtet, das die Höhe des Baues bezeichnet (...). Die

Nachbildung der Fenster (...) kann jedoch aus Sicherheitsgründen nur zeitweise eingesetzt werden, wenn günstige Wind- und Wetterungs-Verhältnisse es gestatten (...).”³²

Die 1:1-Simulation führte jedoch zur Einstellung der Projektarbeit am Karlsplatz:

“Die Aufstellung der Schablone bedeutete das endgültige Scheitern Wagners. Ließ sich doch Wagners subtile (...) Baukunst nicht durch ein Gerippe von »Langtennen« und die Ausführung einer Fensterachse in Sackleinwand mit ausgeschnittenen Fensteröffnungen adäquat visualisieren.”³³



Abb. 15 Die Museums-Schablone am Karlsplatz (1910).

³² Akten der k.k. Zentral-Kommission zur Erforschung und Erhaltung der Kunst- und historischen Denkmale, Bundesdenkmalamt Zl. 145/1910, zitiert nach: Eckart Vanes, *Der Karlsplatz*, Wien: Zsolnay Verlag, 1983, S. 128. Sofern festgestellt werden konnte, handelte es sich hier um die erste 1:1-Simulation mit großer Publikumswirksamkeit in Wien.

³³ Haiko, Peter (u.a.), *Otto Wagner und das Kaiser Franz Josef-Stadtmuseum*. Wien: Eigenverlag der Museen der Stadt Wien, 1988, S. 78. Für das Gebäude der *Postsparkasse* in Wien wurde ebenfalls eine Probeachse aufgestellt, um gleichzeitig auch die visuelle Wirkung der Bolzen überprüfen zu können. Dieser Entwurf von Otto Wagner wurde im übrigen realisiert.

Bei seinem Entwurf für das museumsartige Haus Kröller in Den Haag (1912) ließ Mies van der Rohe auf dem vorgesehenen Bauplatz ein Modell in wahrer Größe aus Holz und Segeltuch aufbauen. Die Darstellung in Originalgröße trug wesentlich zur Entscheidung bei, den Entwurf abzulehnen.

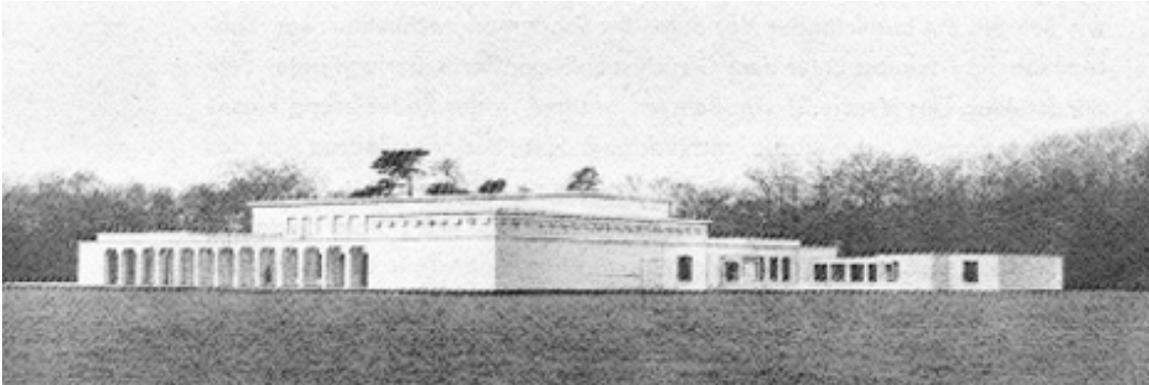


Abb. 16 1:1-Modell aus Holz und Segeltuch für das Haus Kröller.

Diese Beispielsammlung außeruniversitärer Laboratorien läßt sich ohne allzuviel Mühe erweitern. Der österreichische Pavillon für die Weltausstellung in Brüssel (1958) bestand aus einer zerlegbaren Stahlkonstruktion und sollte nach Ablauf als "Museum des 20. Jahrhunderts" fungieren:

"Bevor nun dieser Pavillon tatsächlich wieder aufgestellt wurde, wurde im Schweizergarten in Wien ein Modell im Maßstab 1:1 aus Holzplatten errichtet, um der Bevölkerung die Einbettung des Objektes am Rande des Parks zu demonstrieren."³⁴

Bei der Realisierung des sogenannten "Museumsquartiers" im Bereich des Wiener Messepalastes ist es denkbar, daß das Bundesdenkmalamt auf einem 1:1-Modell besteht:

"(...) obwohl man wisse, wie problematisch das alles sei. Dagegen hat freilich Stadtrat Swoboda seine größten Bedenken: »Die Oberfläche kann man nicht darstellen. Doch die ist entscheidend!«"³⁵

Ein Berliner Beispiel demonstriert, daß die Oberfläche sehr wohl darstellbar ist. Die Fassaden des zerstörten Preußenpalastes wurden im Sommer des Jahres 1993 mittels eines Gerüstsystems simuliert, um die "künftige" Wirkung im Falle einer Wiedererrichtung an historischer Stelle festzuhalten. Zu diesem Zwecke wurde ein 100 Meter langes und 120 Meter breites Stahlgerüst errichtet, wobei rundum eine Verkleidung mit Planen erfolgte. Darauf wurde die Fassade im Maßstab 1:1 gemalt. Es sollte die Stadtbewohner davon überzeugen, daß der Palast wiederaufgebaut werden muß.

³⁴ Berthold Schwanzer, *Modell und Wirklichkeit*, Wien: Modulverlag, 1987, S. 27.

³⁵ *Die Presse* vom 8. September 1992, S. 9.



Abb. 17 1:1-Modell des zerstörten Palastes in Berlin.

2.2.2 Aspekte zur technischen Infrastruktur

Im Prinzip könnte sogar die grüne Wiese als “Labor” deklariert werden. Die durchzuführenden Raumsimulationen würden hier jedoch umfangreiche Hilfskonstruktionen erfordern und unter der nicht vorhandenen Infrastruktur leiden. Aufgrund der vorhandenen Infrastruktur in einem Raumlabor ist es nicht notwendig viel Zeit in sekundäre Arbeiten, welche von den eigentlichen Raumsimulationen ablenken, zu investieren. Abgesehen vom Problem der Witterung ist eine Verdunkelung im Freien schwer zu erzielen. Bei der praktischen Arbeit muß also das Vorhandensein einer entsprechenden Grundausstattung bzw. der technischen Infrastruktur vorausgesetzt werden, da sonst zuviel Arbeitskraft für die Errichtung von Hilfskonstruktionen etc. aufgewendet werden muß. In einem funktionierenden Laborbetrieb kann mit einschlägiger Erfahrung der darin Tätigen gerechnet werden. Für die horizontalen bzw. vertikalen Begrenzungen (Wände, Decken und Ebenen) müssen einfache Lösungen zur Verfügung stehen, welche auch schnell durchführbar sind. Es sind jedoch manchmal erhebliche Einschränkungen durch ein Baukastensystem gegeben, wenn beispielsweise schräge Wände und Rundungen - also jene Formen außerhalb des Orthogonalen - kaum zu realisieren sind.

Eine *Experimentalebene* kann als eine Installation zur Veränderung der Höhenlage von Boden und Decke definiert werden, wobei sowohl die obere als auch die untere Seite der Ebene benutzbar sein sollten.³⁶

³⁶ Hubböden sind zwar sehr belastbar jedoch nur von oben nutzbar.

Zunächst wird die Änderung der jeweiligen Höhenlage fixiert, wobei Träger in der entsprechenden Höhe eingehängt werden. Die praktische Handhabung dieser Installation verlangt, daß die Trägerelemente so "leicht" sein müssen, daß sie von wenigen Personen getragen und in die seitlichen Wandträger manövriert werden können. Eine eventuelle Ergänzung mit einzelnen Trägerelementen zu einem späteren Zeitpunkt soll prinzipiell möglich sein, ohne daß dies sofort als Einzelanfertigung betrachtet wird. Bei Bedarf werden hölzerne Bodenplatten angebracht, wobei die Abmessungen ein vernünftiges Maß darstellen sollten. Wenn die Verbindung zwischen Fußboden und Experimentalebene einbezogen werden soll, muß die Entwicklung eines verstellbaren Treppenbausatzes ins Auge gefaßt werden. Die gesamte Konstruktion der Experimentalebene muß so konzipiert sein, daß sie einem oftmaligen Verändern der Konfiguration standhält und auch keine tagelange Arbeit zur Folge hat. Bei der Durchführung der Bauarbeiten sollte bereits Rücksicht auf die Anforderungen der auszuführenden Ebene genommen werden, indem die Wandträger im Sinne einer Vorleistung für diese Anlage entsprechend dimensioniert und gelocht werden.³⁷ Es gibt verschiedene industrielle Trägerelemente am Markt, wie z.B. Regalträger, deren Anwendung jedoch bei näherer Betrachtung eingeschränkt erscheinen. Entweder entstehen große Probleme durch die geforderte Länge oder es läßt sich die Montage an den Wandträgern nur mühsam realisieren. Auch die Verbindung der Bodenplatten mit den Trägern kann konstruktive Probleme bereiten.

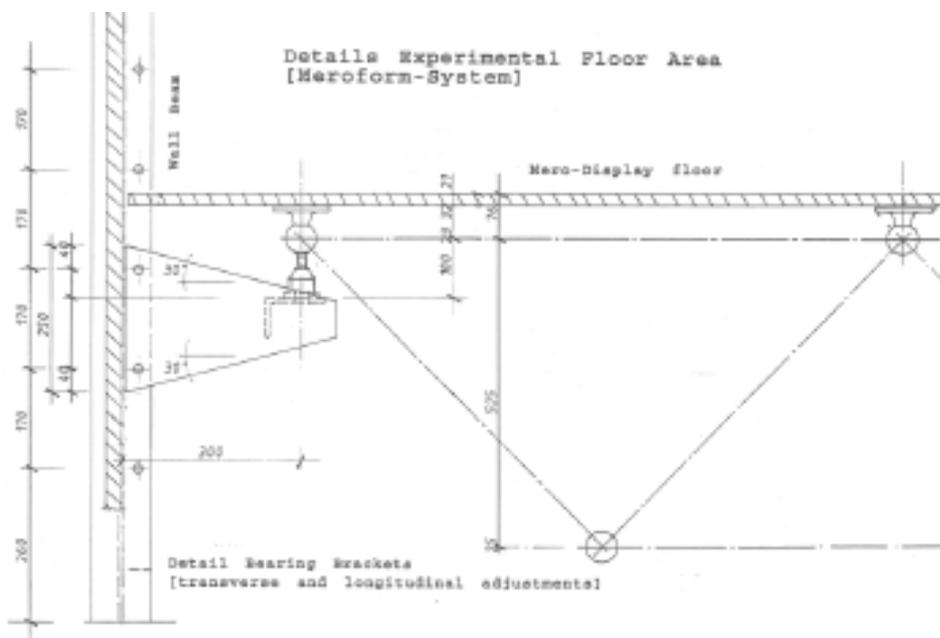


Abb. 18 Experimentalebene mit dem Mero- System.

³⁷ Dabei muß mit einer stützenfreien Überspannung bzw. einer Fußbodenbelastung von mindestens 250 kg/m² gerechnet werden. Die Abstände der vertikalen Lochungen können z.B. mit dem Stufenmaß korrespondieren.

Eine *fahrbare Arbeitsbühne* besteht aus einem Bühnensteg, welcher auf Laufschienen geführt wird. Die seitliche Bewegung erfolgt im einfachsten Fall händisch mittels Kurbel. Ein elektrischer Antrieb ist zwar schnell und bequem, beinhaltet aber auch eine potentielle Gefahrenquelle. Der Zugang auf die Arbeitsbühne könnte über eine fix montierte Stiege erfolgen. Eine solche Installation muß keineswegs ausschließlich Zwecken der Betrachtung dienen, sondern könnte bei der Simulationsarbeit eingesetzt werden, um Beleuchtungskörper zu adjustieren. Wenn die Arbeitsbühne für eine entsprechende Tragfähigkeit berechnet ist, können zusätzlich an deren Unterseite Gegenstände (verschiebbar mittels Kettenzug) eingehängt werden. In diesem Fall müßte diese Bühne "geparkt" werden; der Abstieg geschieht über eine Notabstiegsöffnung.

Gerüstsysteme, bestehend aus runden Stäben und Verbindungsknoten, können ergänzend eingesetzt werden. Für die Überspannungen müssen u.U. leichte Gitterträger gewählt werden, da Gerüststäbe ab ca. 3-4 m durch das Eigengewicht durchbiegen. Für die Experimente sollten vielseitige *Befestigungsmöglichkeiten* geschaffen werden. Gelochte Wandträger erlauben das Abspannen von Seilen; in einer hölzernen Wandverkleidung kann etwas angenagelt werden. Zusätzliche Deckenträger mit Trägerklemmen ermöglichen die Abhängung von baulichen Elementen. Ein mechanisch betriebener Kranbaukasten samt Kettenzug unterstützt den horizontalen oder vertikalen Transport von Gegenständen.

Die Welt der Theater und Filmstudios kann als eine Inspirationsquelle bei der Entwicklung eines Raumlabor fungieren³⁸, ohne daß dadurch das Laboratorium sich in eine Theaterbühne verwandelt. Auch in einem Raumlabor muß ein Fundus bestehend aus Lichtkörpern und Leuchtmitteln verschiedenster Art geschaffen werden. Die zu erwartende elektrische Gesamtleistung sollte entsprechend dimensioniert werden und auch Stromschienen bzw. eine ausreichende Zahl an Steckdosen umfassen. Das Kriterium der eventuellen Wiederverwendbarkeit führt zu Arbeitsmaterialien wie Karton, Holz, und Mollinostoffe. Die Notwendigkeit der Lagerung von infrastrukturellen Hilfsmitteln etc., macht deutlich, wie wichtig das Vorhandensein von genügend großen Lagerräumen in unmittelbarer Nähe ist. Bei den Betriebskosten fallen hauptsächlich Personal- und (Verbrauchs-) Materialkosten an, welche durch Sachspenden oder auch Sponsoring gedeckt werden können. Bei Vorhandensein einer personellen und materiellen Grundausstattung sollten auch externe Projekte durchgeführt werden, um mittels eigener Einnahmen weitere Investitionen tätigen zu können.

³⁸ An der Hochschule für Musik und Darstellende Kunst in Wien wurde 1992 eine sogenannte *Studiobühne* mit umfangreicher Bühnen- und Beleuchtungstechnologie eröffnet.

2.2.3 Einsatz von speziellen Bausteinen und Bauelementen

Vom Raumexperimentierlaboratorium (LEA) der ETH Lausanne wurden Spezialbausteine entwickelt, welche auf den ersten Blick Assoziationen mit überdimensionalen Lego-Bausteinen³⁹ aufkommen lassen. Vorhanden sind bislang drei verschiedene Typen: ein rechteckiger (20x10x10 cm), ein kubischer (10x10x10 cm) und einseitig abgerundeter Baustein (zwecks Errichtung gekurvter Wände). Auf ebenem Boden können damit rasch Wände aufgezogen werden; bis zu ca. 3 m ist die Assemblage problemlos, sonst sind Hilfsgerüste erforderlich. Ab einer gewissen Bauhöhe treten allerdings Stabilitätsprobleme auf, welche eine Verdopplung der Wandstärke notwendig machen. Die Realisierung von Überspannungen ist ohne zusätzliche Hilfsmittel nicht möglich. Durch die jahrelange Erprobung und die besonderen Spezifikationen ist der Einsatz im Studienbetrieb besonders gewährleistet.

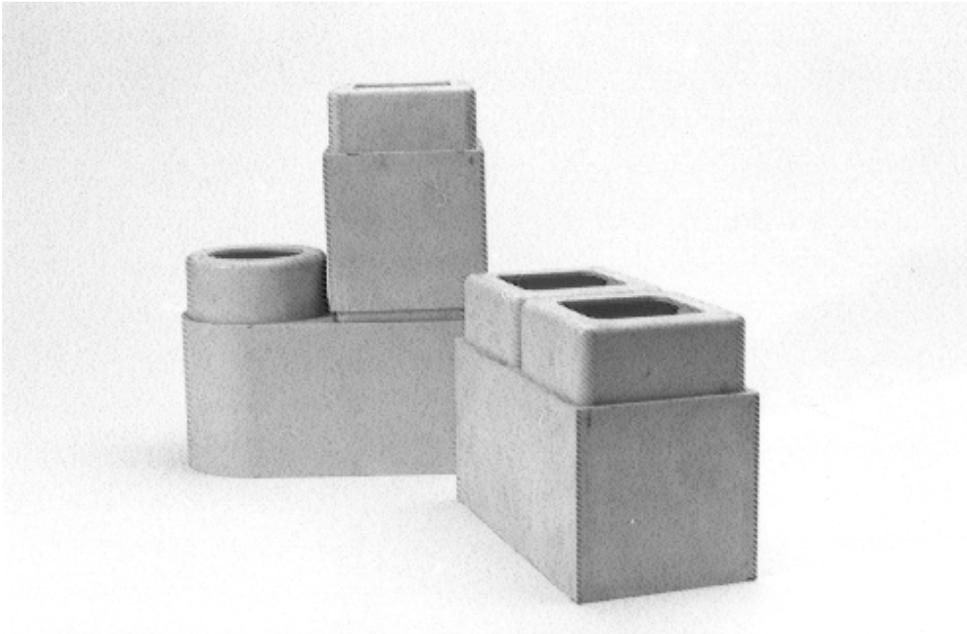


Abb. 19 Spezialbausteine der ETH-Lausanne.

Die LEA-Bausteine können käuflich erworben werden, wobei es sich gewissermaßen um eine Sonderanfertigung handelt: es muß eine wirtschaftliche Produktions- bzw. Transportmenge zustandekommen, welche eine Mindestabnahme bedingt. Wären diese Bausteine ein Lego-ähnliches Produkt, so könnte die Ausstattung auch schachtelweise realisiert werden.

³⁹ Auf eine diesbezügliche Anfrage an die LEGO-Zentrale in Billund (Dänemark), ob Bausteine mit großen Dimensionen produziert oder geplant sind, wurde per Fax am 29.11.93 mitgeteilt, daß dies nicht der Fall ist. Für Dekorationszwecke von Lego-Fabriken wurden Steine aus Glasfiber mit der hundertfachen Abmessung produziert.

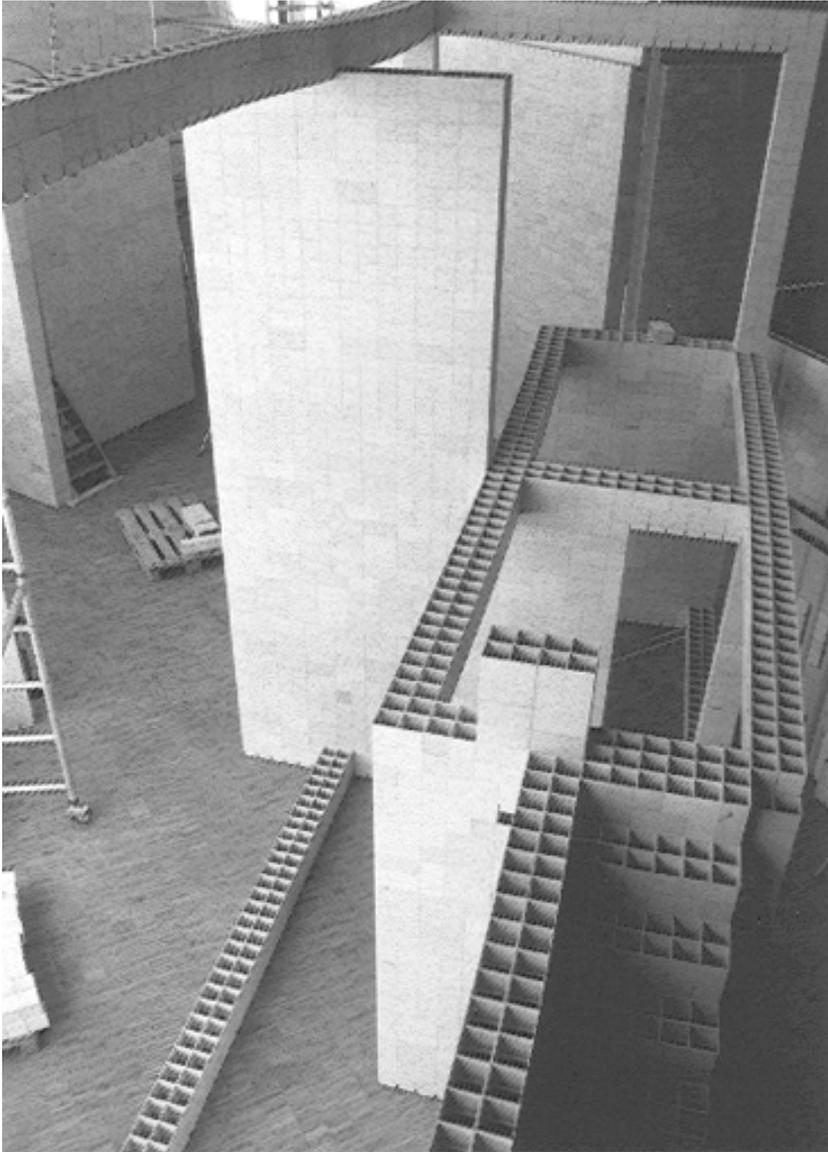


Abb. 20 LEA-Bausteine im Einsatz.

Die in den Niederlanden entwickelten Brik-Bausteine stellen eine Alternative dar. Diese patentierten Bausteine werden in den USA unter Lizenz produziert. Es stehen derzeit zwei Typen zur Verfügung (20x10x10 cm und 10x10x10 cm), welche bei Bedarf mittels Verbindungsstiften verbunden werden können. Auf diese Weise können z.B. Überspannungen oder Auskragungen realisiert werden. Es handelt sich hier um ein industriell angefertigtes Produkt mit geringem Gewicht; Lieferungen sind bereits in kleineren Mengen möglich. Obgleich die Standardauslieferung die Farben gelb, rot, grün und blau umfaßt, können spezifische Farbwünsche ab einer bestimmten Mindestabnahme berücksichtigt werden. Soweit festgestellt werden konnte, wurden die Brik-Bausteine bislang überwiegend in Volksschulen und Kindergärten eingesetzt. Es bleibt zu hoffen, daß künftig weitere vielfältige Zusatzelemente angeboten werden.

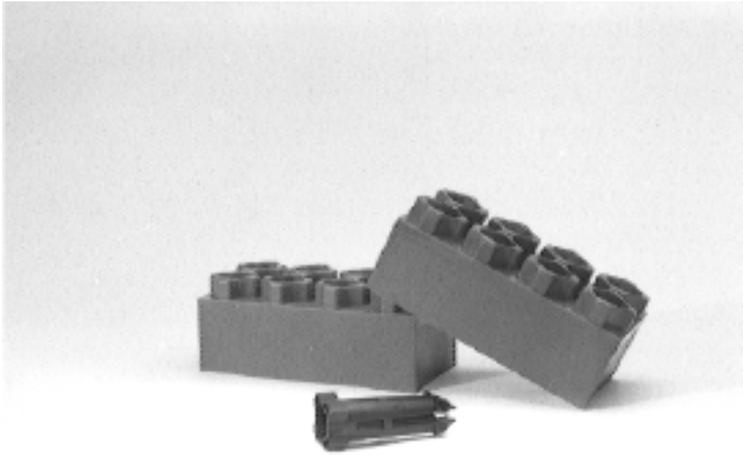


Abb. 21 Brik-Bausteine mit Verbindungsstift.

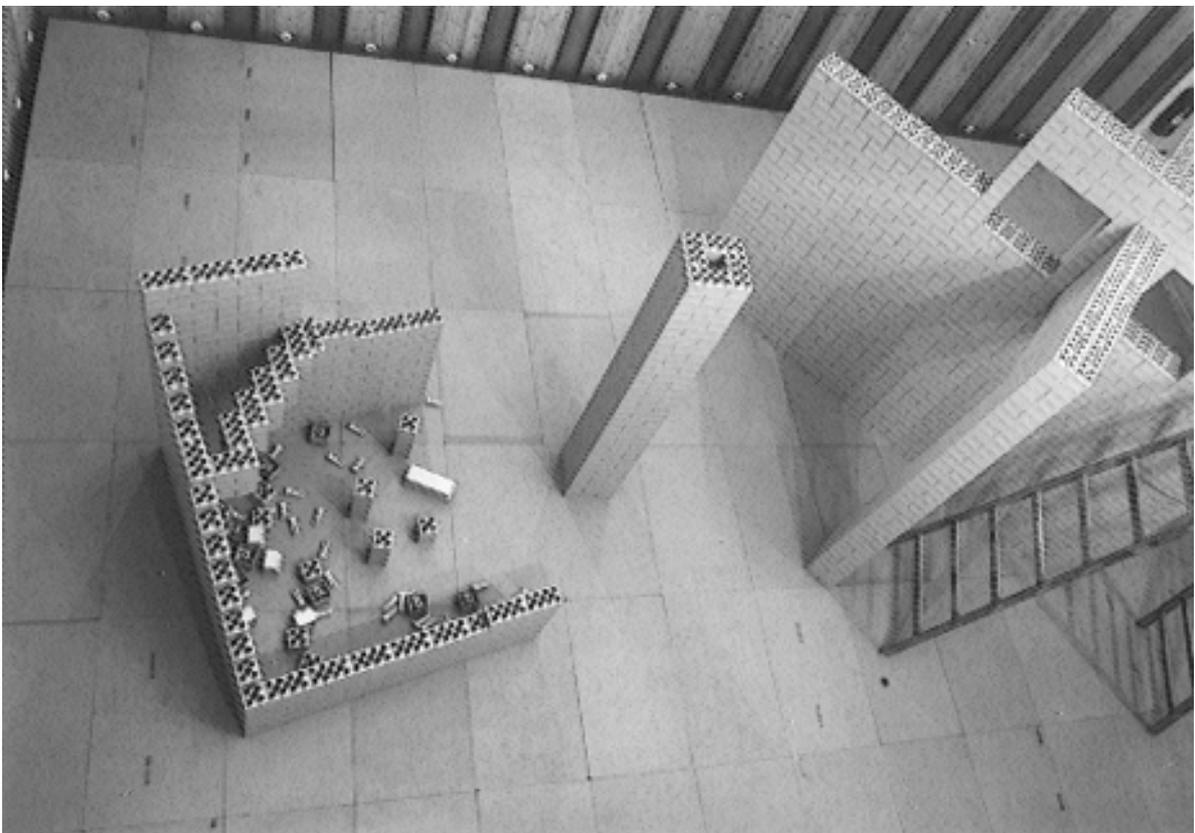


Abb. 22 Wände aus Brik-Bausteinen.

Das im Raumlabor der Universität Wageningen entwickelte *Mock-up System* besteht aus hölzernen Baublöcken mit den folgenden Abmessungen: 25x50x50 cm für Außenwände und 12,5x25x25 cm für Innenwände. Die Verbindung kommt mittels Verbindungsstiften zustande; gekurvte Wände können nicht errichtet werden. Das Bausystem ist an sich transportabel, um z.B. vor Ort bauliche Adaptierungen testen zu können. Die weiße Bemalung der Baublöcke

erwies sich wegen der Verschmutzung im Laufe der Zeit als problematisch; bei einer neu zu bauenden Serie sollte das Holz höchstens mit einer Klar-sichtlackierung versehen werden.

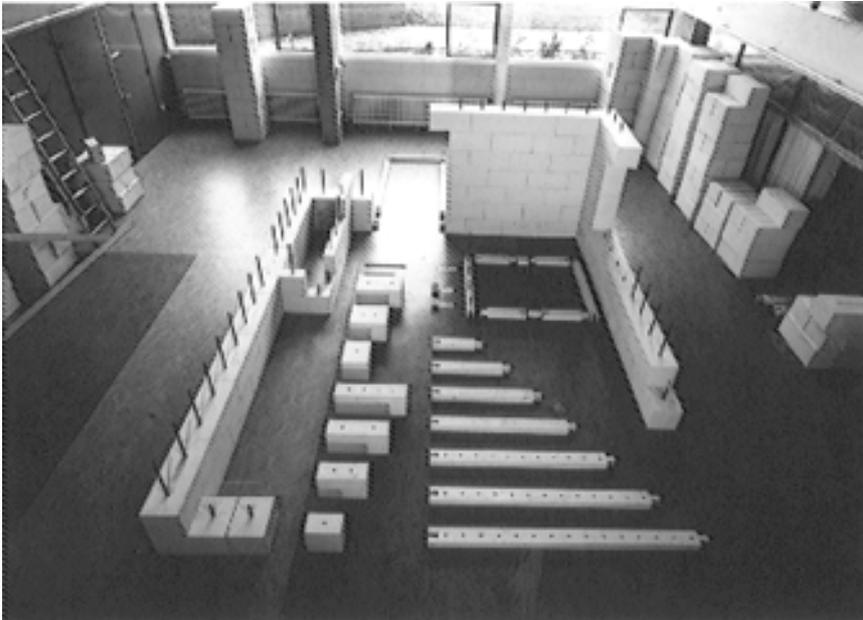


Abb. 23 Mock-Up-System an der Universität Wageningen.

In Bologna wurden für das dort angesiedelte Raumlabor “Oikos” Baublöcke mit einer gefinkelten Konstruktion entwickelt. Einzelne Blöcke werden mittels eines Spezialschlüssels verbunden. Drei Basistypen mit den Abmessungen 10x30x10 cm, 30x30x10 cm und 10x10x10 cm, sowie ein Eckelement (abgewandelt vom 10x30x10 cm) stehen zur Verfügung. Obwohl dieses patentierte Produkt bislang ausschließlich in Bologna benutzt wurde, wäre der Export prinzipiell denkbar.

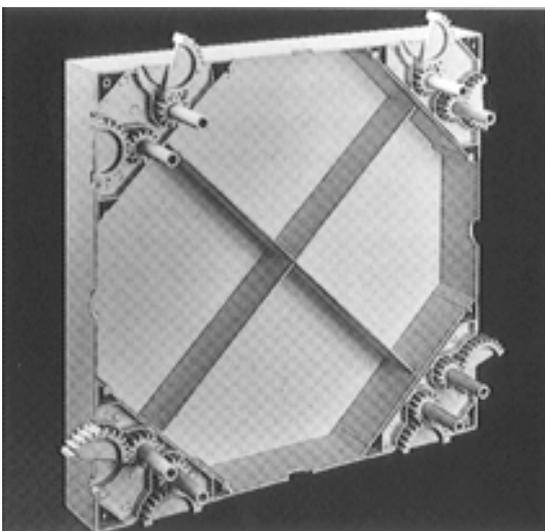


Abb. 24 Die Konstruktion der Oikos-Baublöcke.

Klemmpanele sind wandartige Elemente, welche senkrecht zwischen Fußboden und Decke geklemmt werden. Durch die jeweilige Anordnung kommt eine räumliche Begrenzung zustande. Im Raumlabor der TU Eindhoven beträgt die Geschoßhöhe 260 cm (= ein normiertes Maß im niederländischen Wohnungsbau). Die Breite der Wandpanele beträgt 30, 50, 60, 70 und 90 cm, wobei auch Türelemente bzw. Fensterelemente mit eingehängter Brüstung entwickelt wurden. Für die Positionierung wurde am Fußboden ein Hilfsraster (30 cm) eingerichtet. Styroporblöcke stellen ein zusätzliches Arbeitsmittel dar, um Gegenstände wie z.B. Kästen und Küchenblocks simulieren zu können. Die leichte Beschädigung der Oberfläche ist problematisch. Die fixierte Raumhöhe ist für Projekte außerhalb der Wohnbau-Sphäre nicht unbedingt vorteilhaft: es entstehen "extrudierte Grundrisse". Trotz dieser Beschränkung kann auf rasche Weise ein Grundriß nachgebaut werden.

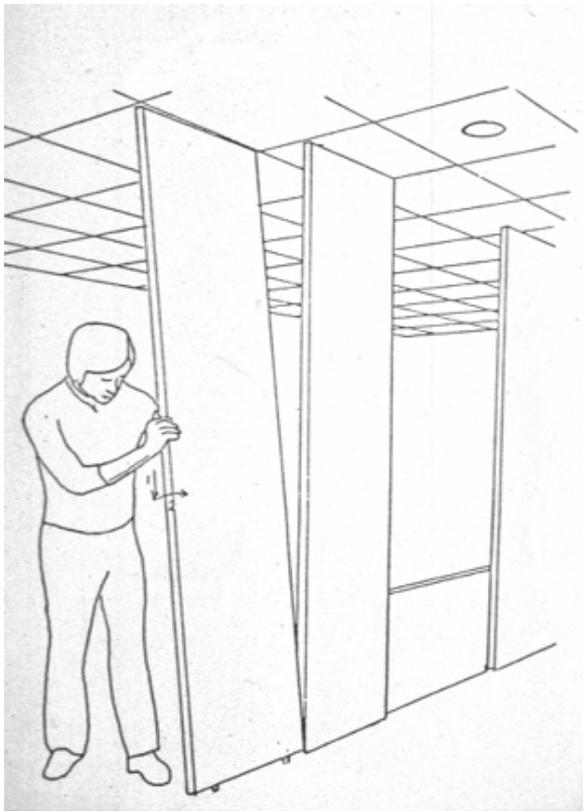


Abb. 25 Die Arbeit mit Klemmpanelen.

Abschließend muß hervorgehoben werden, daß ein Raumlabor "nie fertig" ist. Es erscheint daher sinnvoll, sich nicht auf ein bestimmtes Arbeitsmittel zu versteifen. Obgleich eine Grundausstattung unabdingbar ist, kann die Erweiterung der Ausrüstung stufenweise erfolgen. Auch muß nicht jahrelang auf ein "Labor" gewartet werden. Mit einiger Kreativität und Geschick kann schon bald unter temporären oder provisorischen Bedingungen in wahrer Größe simuliert werden.

2.3 Endoskopische Raumsimulation

Die Erfindung und Entwicklung der *Endoskopie* wurden in hohem Ausmaß durch die Bedürfnisse der Medizin geprägt; der Begriff läßt sich mit “Innenschau” umschreiben.⁴⁰ Um die Untersuchung innenliegender Organe zu erleichtern, führte *Bozzoni* 1806 das Licht einer Kerze über einen Spiegel durch ein Zinnrohr. Da ein optisches System fehlte, entstand dabei nur ein winzig kleines Blickfeld. Ein wichtiges Problem der Lichtleitung war zwar damit gelöst, aber es dauerte noch bis 1879 bis der Arzt *Nischke*, der Optiker *Beneche* und der Instrumentenbauer *Leiter* ein Endoskop, *Cystoscope* genannt, mit einem optischen System konstruierten. Im Vergleich mit anderen optischen Instrumenten wie z.B. Mikroskop und Fernrohr, manifestiert sich also die Erfindung des Endoskopie um einige Jahrhunderte später. Endoskope sind schlanke Instrumente, welche in das Innere eines Gegenstandes eingeschoben werden und eine direkte Betrachtung des Hohlraumes erlauben. Zwei Anforderungen sind dabei im allgemeinen von entscheidender Bedeutung: das Endoskop soll eine gute Bildübertragung ermöglichen bzw. ausreichend Licht an den jeweiligen Betrachtungsort bringen. Endoskope dienen dazu:

“(...) ein Bild aus dem Inneren irgendeines Aggregates, Gerätes o.ä. nach außen zu bringen, wo sich das Auge des Beobachters befindet. Diese kurze Aufgabenbeschreibung sagt bereits das Wesentliche über den grundsätzlichen Aufbau eines Endoskops aus: Das Endoskop muß zwei Enden haben; eines, das in das Innere des Gerätes eingeführt wird und das Bild erzeugt, das also ein Objektiv enthält. Es sollten auch Objektive verfügbar sein, die »um die Ecke« oder auch nach rückwärts sehen können. Das andere Ende muß sich natürlich außerhalb des Gerätes befinden; denn dort ist ja das beobachtende Auge. Dazwischen ist nun das Bildübertragungssystem (...)”⁴¹

Prinzipiell ist zwischen *flexiblen* und *starrten Endoskopen*⁴² zu unterscheiden. Bei den flexiblen Endoskopen erfolgt die Bildübertragung mittels Glasfaser. Die Biegsamkeit dieser Faser und deren Umhüllung macht es möglich, daß auch sehr verwinkelte Innenräume erreicht werden.

⁴⁰ Siehe dazu Ammann, *Technische Endoskopie*, Gräfelfing/München: Resch-Verlag, 1984, S. 9-14, wo die Entwicklung der Endoskopie ausführlich beschrieben wird.

⁴¹ Für weitere Informationen betreffend Aufbau und Bauart wird auf Jörg Reling, *Industrielle Endoskopie*, Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie, 1988 verwiesen.

⁴² Flexible Endoskope werden auch *Fiber-* oder *Flexoskope* genannt; *Boreskop* ist die Fachbezeichnung für ein starres Endoskop.

Starre Endoskope, deren Erzeugung weitaus kostengünstiger ist, sind mit einem Linsensystem ausgerüstet. Die optischen Elemente werden in ein robustes Nirosta-Rohr eingebaut. Intensiv vorangetrieben wurde die Entwicklung beider endoskopischer Applikationen; es steht inzwischen eine beträchtliche Zahl an konstruktiven Varianten zur Verfügung:

“Starre und flexible Endoskope gibt es in hunderten von Ausführungen (...). Die wesentlichen Unterscheidungs-Merkmale sind die Dimensionen der Endoskope und ihre optischen Eigenschaften. Die gängigsten Längen der Endoskope liegen etwa zwischen 50mm und 2m, die Durchmesser um 3mm bis 10mm. Die dünnsten Endoskope haben Durchmesser unter 2mm; lange Endoskope sind - schon aus Gründen der Stabilität - dicker, ihr Durchmesser kann bis zu einigen wenigen Zentimetern betragen.”⁴³

Neben den Konstruktionsparametern *Länge* und *Durchmesser* können unterschiedliche *Blickrichtungen*⁴⁴ in Bezug zur Instrumentenachse festgelegt werden. Auch der *Blickwinkel* ist variabel. Bedeutende Verbesserungen erfolgten im Bereich des optischen Systems, nichtsdestotrotz besteht noch immer das Problem der Randschärfe wegen der winzigen Eintrittsöffnung.

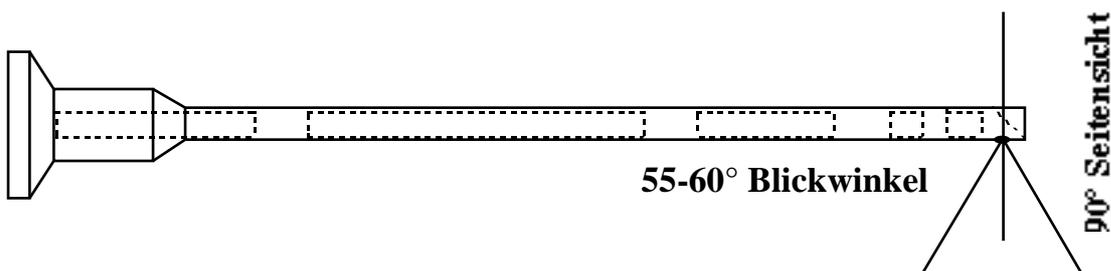


Abb. 26 Aufbau eines starren Endoskops.

Das Endoskop wurde jahrzehntelang als rein medizinisches Instrument für die Inspektion “menschlicher Hohlräume” eingesetzt, bevor eigenständige Applikationen in anderen Fachgebieten an Aktualität gewannen. Im Bereich Bauwesen wird die Endoskopie zur Betrachtung von Bausubstanz eingesetzt, um eventuelle Bauschäden orten zu können. Im Zuge der Schadensfrüherkennung genügt eine Lochbohrung für das Endoskop, um eine zerstörungsfreie Prüfung durchzuführen. Es ist also nicht mehr notwendig, große Teile von Baukonstruktionen abzutragen, denn der gezielte Einsatz von Endoskopen erlaubt eine genaue Schadensanalyse. Werden z.B. beim Denkmalschutz Sanierungsmaßnahmen ins Auge gefaßt, so könnten auf diese Weise auch Gesteinsproben

⁴³ Reling, *Industrielle Endoskopie*, S. 36.

⁴⁴ Obleich im Normalfall die Blickrichtung fixiert ist, werden bereits Schwenkprismen zur stufenlosen Veränderung derselben angeboten.

entnommen werden. Weiters muß an die Inspektion von schwer zugänglichen Hohlräumen gedacht werden, wie z.B. bei Triebwerkskontrollen in der Luftfahrt, ohne daß eine Demontage erforderlich wird.

Für die Bereiche Architektur und Städtebau wurden spezifische Endoskope entwickelt.⁴⁵ Auf die sonst integrierten lichtführenden Glasfaserleitungen wurde verzichtet, da diese Art der Ausleuchtung höchstens bei winzigen Innenräumen nützlich ist. Die Arbeit mit externen Lichtquellen stellt im Hinblick auf die benötigte Leistung eine unumgängliche Notwendigkeit dar. Weiters wurde das optische System gegen stürzende Linien korrigiert.

In der prä-endoskopischen Zeit wurden Maßstabsmodelle mit herkömmlichen fotografischen Methoden aufgenommen.⁴⁶ Um das Problem der Zugänglichkeit des Modells für die Kamera bis zu einem gewissen Grad zu umgehen, erfolgte der Einsatz von Winkelspiegeln. Die kompakte Bauweise von Endoskopen ermöglicht es genau dorthin zu kommen, wo es im Modell enger wird. Es muß betont werden, daß bei der endoskopischen Modellaufnahme die menschliche Perspektive mit einer größeren Wirklichkeitstreue reproduziert wird: eine Modellbetrachtung mit bloßem Auge hat leider zur Folge, daß der allzuoft eingenommene Standpunkt unnatürlich ist, d.h. schräg von oben (Vogelflugperspektive) bei einer zu großen Entfernung (Übersichtslage). Um den menschlichen Wahrnehmungsbedingungen nahe zu kommen, nutzt das Endoskop einen Blickwinkel von etwa 55-60°, während 90°-Seitensicht als Blickrichtung ausgewählt wird.

Flexible Endoskope werden kaum in den Bereichen Architektur und Städtebau eingesetzt, weil im Gegensatz zum menschlichen Körper bestimmte Innen- und Zwischenräume im Modell während der endoskopischen Aufnahme zugänglich gemacht werden. Abgesehen vom Kostenpunkt ist auch das optische Auflösungsvermögen nicht besser als bei den starren Endoskopen. Die Endoskopie kann sinnvollerweise im Maßstabsbereich 1:50 bis 1:500 eingesetzt werden. Bei kleineren Maßstäben ist es kaum möglich, die Lichteintrittsöffnung in der entsprechenden Augenhöhe zu positionieren. Hat das Endoskop einen zu großen Durchmesser, kann der Straßenraum u.U. nicht mehr durchfahren werden.

⁴⁵ Viele verschiedene Bezeichnungen sind im Umlauf: *Metroskop*, *Modellskop*, *Perspektar*, *Relatoskop*, *Urbanoskop* um nur einige zu nennen.

⁴⁶ Ein 35mm-Shift-Objektiv kommt dem Endoskop mit seiner Darstellung im Nahbereich weitgehend nahe.

Ist ein Modell vorhanden, bietet sich die endoskopische Aufnahme an, da sie relativ leicht herstellbar ist. Wenn also ein Modell vorhanden ist, kann dieses mit geringem Aufwand endoskopiert werden. Die Akzeptanz der Endoskopie seitens der Studierenden im Rahmen des Architekturstudiums setzt eine überschaubare Handhabung voraus, daß heißt, es sollten beim Einsatz im Entwurf keine unnötigen Barrieren entstehen. Es werden schließlich fast immer Maßstabsmodelle gebaut, welche unter Umständen nur geringfügig für die endoskopische Betrachtung angepaßt werden müssen. Das Modell kann mit Löchern und Schlitzfenstern für die Betrachtungsstandpunkte versehen werden, welche die Zuleitung des Endoskops ermöglichen und die auch wieder verschlossen werden können. Eine Demontierbarkeit des Modells in mehrere Teile ist vorteilhaft. Bei der Bauweise sollte auf Hitzebeständigkeit großer Wert gelegt werden. Das Modell sollte außerdem nicht allzu fragil aufgebaut sein, denn allein schon durch die Fahrt mit dem Endoskop muß mit mechanischen Beschädigungen gerechnet werden. Schwerer ist es hingegen, eine allgemeingültige Antwort auf die Frage zu geben, wie detailliert das zu endoskopierende Modell sein muß. Ein Arbeitsmodell hat als Vorteil, daß die endoskopische Modellaufnahme zu einem frühen Zeitpunkt in den Entwurfsprozeß eingebunden werden kann. Somit dient der Einsatz nicht nur dem Zweck der Präsentation, sondern auch dazu, eventuelle Mängel im Entwurf zu beheben. Im frühen Entwurfstadium sollte daher eine einfache bzw. handliche Ausstattung, bestehend aus einem Endoskop, einer Miniaturkamera und ggf. einem Stützrad, griffbereit sein und direkt in den Lehrveranstaltungen eingesetzt werden. Die Studierenden sehen das endoskopierte Arbeitsmodell am Bildschirm und können während der begleitenden Diskussion direkt darauf reagieren. Qualitativ hochstehende Aufnahmen bzw. Nachbearbeitungen könnten unabhängig davon im Rahmen der späteren Projektabgabe erstellt werden.

Nach einer Einführung sollten die Nutzer imstande sein, selbständig zu endoskopieren. Endoskopie ist nicht theoriebelastet; Nutzer können "spielerisch" an die Sache herangehen. Erfahrungen haben gezeigt, daß die Nutzer auch gerne selbst experimentieren wollen. Dabei ist zu beachten, daß der Betrachtungsstandpunkt mit der Augenhöhe korrespondiert. Komplizierte Modelle erfordern Überlegungen hinsichtlich Standpunkt und Ausleuchtung (Simulation des Sonnenstandes). So gesehen ist es von Bedeutung, daß der Laborant im Hintergrund steht, Anregungen ausspricht und aktiv über Lösungsansätze mitnachdenkt. Weitere Arbeitsschritte könnten z.B. das Editieren des Videomaterials oder die Überarbeitung mit Bildverarbeitungssoftware am Computer beinhalten (siehe dazu Kapitel 2.6).

2.3.1 Speicherung und Weiterbearbeitung der Aufnahme

Für die individuelle Betrachtung durch das Okular reicht an sich ein Endoskop ohne Peripherie-Geräte aus. In diesem Fall kann jeweils nur eine einzige Person das kreisrunde Bild betrachten. Kostenaufwendiger wird es, sobald diese Raumeindrücke in irgendeinem Medium gespeichert werden sollen (z.B. durch Koppelung einer TV-Kamera an das Okular). Folgendes ist zu berücksichtigen:

”Das originale endoskopische Bild ist nur wenige Millimeter, manchmal sogar unter 1mm, groß. (...) Bei der Abbildung auf einen Film oder auf die Aufnahmefläche einer Videokamera wird also das Bild stark vergrößert. Dadurch sinkt entsprechend die Helligkeit des Bildes, da die gleiche Lichtmenge eine größere Bildfläche ausleuchten muß.”⁴⁷

Für die mangelnde Popularität der Endoskopie in der Architekturdarstellung müssen Probleme im Bereich der Peripherie angeführt werden. Betrachtet man ein Architekturmodell durch ein Endoskop, ist die Bildschärfe zufriedenstellend. Das mentale Bild, welches der Betrachter erhält, ist schwer vermittelbar. Zur besseren Kommunikation entstanden Bestrebungen, das Endoskop mit peripheren Aufnahmemedien zu verbinden.

(A) Fotografische Technik (Endofotografie)

Verfahren: Das Endoskop wird mittels Übergangsrings auf dem Filtergewinde des Objektivs oder direkt im Adapter einer Spiegelreflex- oder Mittelformatkamera befestigt.⁴⁸ Zu beachten ist, daß eine Verdopplung der Brennweite des ausgewählten Objektivs eine Vervierfachung der Lichtmenge erfordert. Die Brennweite bestimmt, ob ein kreisrundes oder ein angeschnittenes Endo-Bild aufgenommen wird. Dabei ist sowohl ein Quer- als auch ein Hochformat wählbar. Wenn das Endoskop fokussierbar ist, kann statt eines Übergangsrings oder eines Adapters auch ein Makrobalg verwendet werden. In jedem Fall sollte mit einer Fresnel- oder Klarglas-Einstellscheibe in der Kamera gearbeitet werden.

Vorteil: Außer einem Übergangsrings und ggf. Scheinwerfer sind kaum zusätzliche Investitionen erforderlich, vorausgesetzt, eine fotografische Grundausstattung ist bereits vorhanden. Im Vergleich mit Videobildern kann eine bedeutend bessere Schärfe erzielt werden.

⁴⁷ Reling, *Industrielle Endoskopie*, S. 48.

⁴⁸ Reling empfiehlt, das Kamera-Objektiv auf unendlich einzustellen und die Fokussierung am Endoskop vorzunehmen. Die verwendete Kamera soll imstande sein, Belichtungszeiten von mindestens 20 Sekunden zu messen.

Nachteil: Endoskope sind lichtschwach und benötigen viel Licht. Die Arbeitsumstände bei der Aufnahme sind unangenehm. Während der Fotograf im Sucherbild der Kamera den Bildausschnitt erstellt, entwickelt sich je nach Scheinwerfereinsatz eine beträchtliche Hitze. Es sind Probeläufe notwendig, um Erfahrungswerte für die Belichtungszeiten zu sammeln, wobei jeweils Unterbrechungen durch die Filmentwicklung auftreten. Für den Fall, daß mit dem Objektiv zwischen dem Endoskop und der Kamera gearbeitet wird, gilt zu bemerken, daß die Blende am Objektiv nicht geschlossen und somit auch die Schärfentiefe nicht verbessert werden kann. Im Falle einer Abblendung wird das Aufnahmeformat in ungünstiger Weise maskiert.

(A1) Filmische Technik

Verfahren: Das Endoskop wird mittels Übergangsrings auf dem Objektiv einer Filmkamera befestigt.

Vorteil: Wie bei (A). Prinzipiell ist das Medium Film bei Höchstgeschwindigkeitsaufnahmen der Videotechnik überlegen.

Nachteil: Wie bei (A). Eine beträchtliche Lichtleistung wird benötigt. Die geringe Lichtempfindlichkeit des Filmmaterials kann nur durch längere Belichtungszeiten kompensiert werden (Aufnahme mittels der Einzelbildtechnik).

(B) Videotechnik

Verfahren: Das Endoskop wird mittels (C-Mount-) Adapter mit einer CCD-Videokamera verbunden. Über die eventuelle Eignung einer Kamera läßt sich keine allgemeingültige Aussage machen: diese muß vor Ort ausprobiert werden.

Vorteil: Das Resultat ist direkt am Monitor sichtbar, d.h. eventuelle Veränderungen können sofort vorgenommen werden. Das Medium Video ist prinzipiell nicht auf Standbilder beschränkt; Bewegung und Kamerafahrten können je nach Bedarf in verschiedenen Videoformaten (S-VHS, Betacam SP, Hi8 etc.) registriert werden. Video ist einfach zu handhaben.

Nachteil: Bis ca. 1980 standen im semi-professionellen Bereich für diesen Zweck eher untaugliche Video-Kameras zur Verfügung. Die CCD-Kameratechnologie hat dieses Problem jedoch weitgehend gelöst. Wenn keine Edierungsanlage vorhanden ist, muß das erstellte Rohmaterial extern nachbearbeitet werden.

(B1) Digitalisierung (Digitales Video)

Verfahren: Eine Computeranlage mit Bildbearbeitungssoftware muß um eine Digitalisierungskarte aufgerüstet werden. Mittels dieser Karte können z.B. PAL- oder NTSC-Videosignale verarbeitet werden. Manche Software-Pakete verfügen über sogenannte “Plug-ins” damit die Bilder ohne Umweg importiert werden können. Die Exportmöglichkeit von Computersequenzen auf Video fordert weitere Investitionen im Bereich der Hardware (z.B. Genlock-Interface).

Vorteil: Wie bei Videotechnik (B).

Nachteil: Relativ hohe Investitionen sind notwendig. Es ist ein gigantischer Speicherbedarf gegeben, wenn z.B. Echtzeit-Sequenzen dargestellt werden sollen (pro Sekunde 25 bei frame-recording und 50 bei field-recording!). Dennoch sind qualitative Beschränkungen durch das PAL-Video-System hinsichtlich der Bildauflösung gegeben. Das Videobild muß daher entsprechend groß digitalisiert werden, da ein nachträgliches “Aufblasen” keineswegs eine Lösung darstellt (siehe Abb. 27)

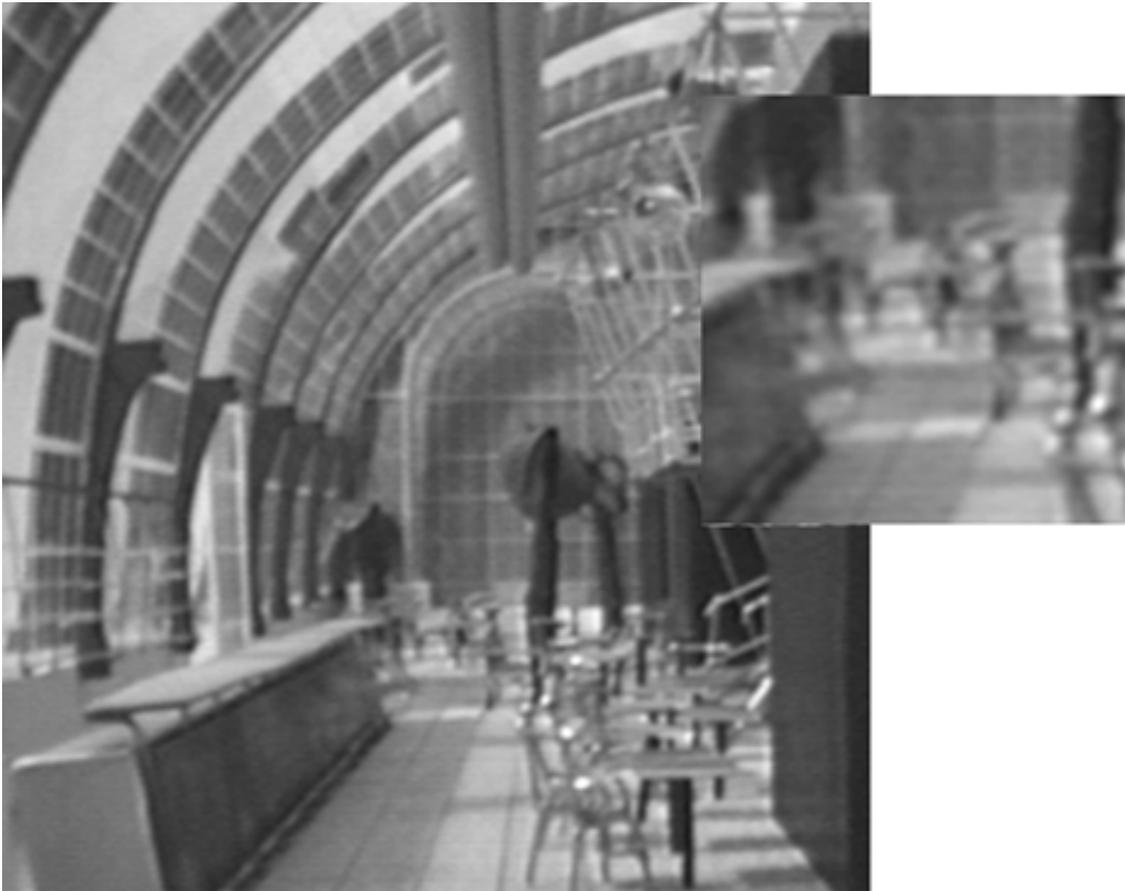


Abb. 27 Ein “Aufblasen” führt zu Unschärfe.

(B2) Still-Video.

Verfahren: Der Vollständigkeit halber muß auf Still-Video hingewiesen werden. Mittels einer Still-Videokamera werden Einzelbilder vor Ort aufgenommen und auf Mini-Disketten digital gespeichert. Die erzeugten Bilder können bei Bedarf auf einem Monitor abgespielt oder im Computer weiterverarbeitet werden. Konkrete Erfahrungen in Verbindung mit Endoskopie wurden, soweit festgestellt werden konnte, noch nicht publiziert.

Vorteil: Abspeicherung in digitalem Format mittels einer kleinen handlichen Kamera.

Nachteil: Still-Videobilder wiesen bislang eine mäßige Bildauflösung auf. Im Hinblick darauf, daß endoskopische Aufnahmen überwiegend in einer Laborumgebung entstehen, könnte ein gutes Einzelbild bei Bedarf auch vom Videoband entnommen werden.

Sowohl beim digitalen Video (B1) als beim Still-Video (B2) sind gewissermaßen Verbindungen mit fotografischen und filmischen Techniken (A und B) gegeben. So können Realbilder auf fotografischer bzw. filmischer Basis mit bedeutend besserer Auflösung im Bedarfsfall eingescannt und mit dem digitalisiertem Video-Endobild montiert werden.

2.3.2 Lichtinstallation und Steuerung der Bewegungsabläufe

Hier stellt sich zunächst die Frage, wie das Umfeld für die endoskopische Modellaufnahme beschaffen sein sollte. Der verdunkelbare Arbeitsbereich sollte eine gewisse Raumhöhe aufweisen. Wegen der zu erwartenden Hitzeentwicklung verlangt die Lüftung besondere Berücksichtigung. Die elektrische Installation muß in Hinblick auf die Lichtleistung entsprechend dimensioniert werden. Nach Möglichkeit sollte die Hintergrundwand das Modell rundherum abschließen, da sonst der Aufnahmebereich eingeschränkt ist. Die Darstellung von Wolken im Hintergrund ist zwar geläufig, nützlich ist es aber, wenn verschiedenartige Hintergrundwände (weiß, grau, schwarz etc.) zur Verfügung stehen. Aufgrund dieser Anforderungen könnte durchaus eine Kombination mit einem Fotostudio ins Auge gefaßt werden.

Die Intensität der Ausleuchtung des aufzunehmenden Modells ist von der Oberflächenbeschaffenheit und Konfiguration der im Modell dargestellten (Innen-) Räume abhängig. Die in Betracht kommenden Lichtarten sind Halogen- und Kaltlicht. Weit verbreitet für fotografische Aufnahmezwecke ist das *Halogenlicht*, das den erheblichen Nachteil großer Wärme-Entwicklung auf-

weist. Die Addition vieler Einzelspots ist einfach zu realisieren; eine solche Anordnung hat aber zur Folge, daß ebensoviele Schatten entstehen. Um dem entgegenzuwirken, könnte eine sogenannte *Flächenleuchte* eingesetzt werden, deren Diffusor das Licht gleichmäßig auf das Objekt verteilt. Beim *HMI-Kaltlicht* stellt die Wärme-Entwicklung keinen Nachteil dar. Unbequem sind hier jedoch die Vorschaltzeiten⁴⁹ sowie die begrenzte Lebensdauer und die Anschaffungskosten der Leuchtmittel.

Wenn es darum geht das Licht präzise zu dosieren, stellen Kaltlichtprojektoren mit selbsttragenden flexiblen Lichtleitern⁵⁰ eine Alternative dar. Neben einer stufenlosen Lichtregelung ist die Möglichkeit gegeben, mittels Fokussierlinsen das aus dem Lichtleiter tretende Licht zu bündeln bzw. zu führen. Der Vollständigkeit halber muß darauf hingewiesen werden, daß Kaltlichtprojektoren nur bei Modellen mit nicht allzugroßen Abmessungen sinnvoll eingesetzt werden können.



Abb. 28 Künstliche Sonne (Erco).

⁴⁹ Es werden vereinzelt bereits Kaltlichtleuchten ohne Vorschaltzeiten angeboten.

⁵⁰ *Endoskopische Langzeitbelichtungen* von Nachtsituationen im städtebaulichen Modell stellen ein kaum bearbeitetes Forschungsfeld dar. Die Entwicklung von eigenständigen faseroptischen Beleuchtungssystemen ist dafür Voraussetzung. Im Simulationslabor der Universität Stuttgart wurden diesbezüglich einschlägige Erfahrungen gemacht.

Bei der Tageslichtsimulation⁵¹ am Maßstabsmodell handelt es sich um eine computergesteuerte Simulation des Sonnenstandes für jeden Ort der Welt und jeden Zeitpunkt. Die Simulation soll Aufschluß über die Wirkung des Objekts im Sonnenlicht geben resp. zeigen, an welchen Stellen mit Sonneneinfall gerechnet werden kann. Für die Simulation des direkten Sonnenlichtes wird eine sogenannte *künstliche Sonne* verwendet. Diese besteht aus einem Parabolspiegel mit einer Niedervolthalogenlampe. Wolkenbedecktes Tageslicht wird dagegen mittels *künstlichem Himmel* simuliert. Zu diesem Zwecke wird eine Batterie von Leuchtstofflampen in einer transparenten Decke eingebaut.

Zur Steuerung der Bewegungsabläufe (“Animation”) sind zwei Vorgangsweisen zu unterscheiden:

- A.) Das Modell ist fixiert, während das Endoskop mit seiner Kamera-Peripherie verfahren wird.
- B.) Das Endoskop mit seiner Kamera-Peripherie ist fixiert, während das Modell an einem “Tricktisch” bewegt wird.

Vorgangsweise A wird weltweit bevorzugt, obgleich die erschütterungsfreie Führung des Endoskops problematisch ist. Wenn jedoch wie bei Vorgangsweise B das Modell bewegt wird und z.B. der Beleuchtungskörper nicht, entsteht ein dynamischer Schattenwurf. An der TU Eindhoven stehen beide Methoden zur Verfügung: “Tricktisch” und fahrende Kamera können im Bedarfsfall problemlos kombiniert werden.

Wenn ein Endoskop “aus der Hand” mit Stützrad geführt wird oder mit dem Dreibeinstativ verbunden ist, genügt dies so bestenfalls für Standbilder⁵². Das Kriterium der erschütterungsfreien Endoskopführung durch das Modell kann erst bei Anwendung eines kugelgelagerten Studiostativs mit auskragendem Arm erfüllt werden, wobei lediglich einfache Sequenzen realisierbar sind.

Ein *Camera Rig* ist ein Laufwagen, welcher auf horizontalen Führungsschienen bewegt wird. Das Endoskop ist mit der dazugehörenden Kamera-Peripherie an diesem Laufwagen abgehängt, wobei Stromversorgung und Videosignalführung via Schleppkontakte erfolgt. Mittels einer ferngesteuerten Lenkung kann das Endoskop 360° um seine Achse gedreht bzw. am Laufwagen

⁵¹ Die Lichtfabrik *Erco* in Lüdenscheidt verfügt über die hier beschriebene künstliche Sonne bzw. den künstlichen Himmel.

⁵² Dies ist z.B. bei einer Lehrveranstaltung in einem Seminarraum oder bei Aufnahmen *in situ* der Fall, wenn das Modell nicht transportabel ist.

von links nach rechts bewegt werden, während die Brücke seitlich auf den Führungsschienen verfahren wird. Auf diese Weise kann jede Stelle im Modell erreicht und rundherum betrachtet werden. Die Anlage kontrolliert außerdem die Führung des Endoskops in der entsprechenden Höhenlage (Augenstandpunkt) und Geschwindigkeit. Die Abstimmung der verschiedenen Freiheitsgrade erlaubt es, daß bei einer Fahrt "vorwärts" die Blickrichtung seitlich eingestellt ist. Ebenfalls können Taster eingebaut sein, um auf etwaige Geländesprünge reagieren zu können. Es wird mit einem solchen *Camera Rig* die Möglichkeit geschaffen, ein Modell in einer bestimmten Eigenschaft (als Fußgänger, Radfahrer, Autofahrer etc.) zu erleben. Solche Anlagen der Marke Eigenbau und daher von unterschiedlicher Perfektion sind weltweit bereits mehrfach im Einsatz. Eine noch nicht im Bereich der Endoskopie erprobte Möglichkeit ist jene der Robotisierung. Im Gegensatz zum *Camera Rig* handelt es sich hier um ein industrielles Produkt, welches eine beträchtliche Wendigkeit aufweist (64-achsig). Noch nicht gelöst sind jedoch die Folgen einer fehlerhaften Programmierung, wenn dadurch Modell und/oder Endoskop zerstört werden.

2.3.3 Renaissance der Endoskopie in der Architektur

An manchen Architekturfakultäten wurden bereits in den sechziger und siebziger Jahren Erfahrungen mit Endoskopie gemacht. Der mangelnde Einsatz im Bereich der Architektur kann auf die mäßige Bildqualität in der Übertragung durch die Peripheriegeräte zurückgeführt werden. Die in den achtziger Jahren entwickelte CCD-Kameratechnologie konnte dieses Problem lösen. Zur Verfügung stehen nun Videokameras, welche bedeutend lichtsensibler und weniger empfindlich für plötzliche Lichtschwankungen sind.

Es stellt sich die Frage, wieviele Endoskope für Anwendungen im Bereich der Architektur weltweit angeschafft wurden bzw. wieviele davon tatsächlich noch im Einsatz sind. Hier sind keine genaue Zahlen bekannt, jedoch wäre dort, wo noch Endoskope im Schrank verstauben, ohne allzugroßen Aufwand eine "Wiederbelebung" möglich. Der (Wieder-) Einstieg in den Low-Cost Bereich wäre relativ einfach, da in vielen Universitäten und Büros inzwischen leistungsfähige Computeranlagen zur Verfügung stehen. Der Leistungsumfang reicht vom einfachsten Standbild bis zur vorprogrammierten computergesteuerten Bewegung mittels *Camera Rig* oder *Roboter*. Derartige High-End Lösungen verlangen jedoch höhere Investitionen. Auch muß auf die Realbildsimulation hingewiesen werden, also die Mischung von "wirklicher" und mittels Endoskopie erzeugter Realität. Zumindest für Standbilder könnte somit eine Renaissance der Endoskopie realisiert werden. Was das bewegte Bild angeht, sind die Aufnahme und die Editierung von Sequenzen am Computer zur

Zeit noch beschränkt realisierbar. Trotz Komprimierungsverfahren gibt es einen gigantischen Speicherbedarf. Zu erwarten ist, daß es durch den vermehrten Einsatz von computerorientierten Multimedia zu Entwicklungen im Hard- und Softwarebereich kommen wird.

Ein Forschungsfeld betrifft schließlich die endoskopische Optik selbst. Die Entwicklung lichtstarker starrer Endoskope wäre von größter Bedeutung. Bei bestimmten Modellsimulationen - insbesondere Innenräumen - stellt die Ausleuchtung ein immenses Problem dar. Wäre der Bedarf an Licht geringer, kämen Endoskope vermutlich häufiger zum Einsatz. Würden jene Firmen, welche Endoskope vertreiben, in solche Weiterentwicklungen kräftig investieren⁵³, obgleich der Umsatz von medizinischen Applikationen zur Zeit wirtschaftlich bedeutungsvoller ist, so könnte die Endoskopie für Anwendungen in den Bereichen Architektur und Städtebau wahrscheinlich alsbald einen anderen Stellenwert bekommen.

2.4 Stereoskopische Raumsimulation

Die *Stereoskopie* ist ein Verfahren zur getreuen räumlichen Wiedergabe der Plastizität und läßt sich mit "räumlichem Sehen" umschreiben. Für eine stereoskopische Darstellung werden zwei Abbildungen von einer räumlichen Szenerie erstellt, welche später zusammenhängend betrachtet werden. Die Notwendigkeit zweier Bilder erklärt sich dadurch, daß bei der räumlichen Wahrnehmung beide Augen zusammenwirken. Es entstehen dabei zwei Netzhautbilder, welche durch den sogenannten *Stereopsis-Effekt* zu einem räumlichen Bildeindruck verschmelzen. Die Umwelt wird also bei einwandfrei funktionierenden Sehorganen auf stereoskopische Weise mit räumlicher Tiefenwirkung wahrgenommen. Die Tatsache, daß man mit *einem* funktionierenden Auge erstaunlich gut zu Rande kommt, ist darauf zurückzuführen, daß eine Interpretation der "Dreidimensionalität" aufgrund der eingepprägten Raumerfahrung erfolgt. Bei der einäugigen Raumbewertung wird allerdings vorausgesetzt, daß die zu betrachtende Konstellation keine besondere räumliche Komplexität aufweist oder mehrdeutig verstanden werden kann.

⁵³ Siehe dazu: Richard Armstrong, "On the Technical Features of the Endoscope", in: Aura, Seppo (u.a.). Proceedings of the 1st European Architectural Endoscopy Association. Tampere, 1993, S. 153-156. Um eine bessere Lichtstärke zu erreichen, muß gleichzeitig der Blickwinkel vergrößert werden, da sonst die Schärfentiefe abnimmt. Deshalb wird momentan intensiv mit a-sphärischen Linsensystemen experimentiert.

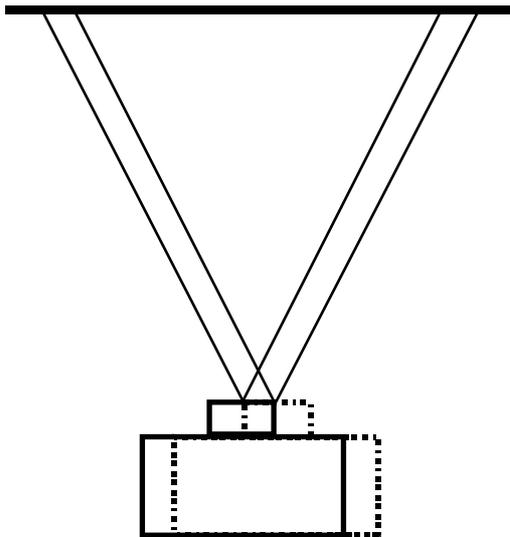


Abb. 29 Das Prinzip der Stereoskopie.

Das Verfahren der stereoskopischen Aufnahme kann auf einfache Weise übermittelt werden. Die theoretischen Hintergründe der Stereoskopie sind jedoch durch eine gewisse Komplexität gekennzeichnet.⁵⁴ Daher sollte die Bekanntheit zuerst mittels anschaulicher stereoskopischer Darstellungen nach dem Motto “The proof of the pudding is the eating” erfolgen. Eine Demonstration der Plastizität kann mit zweidimensionalen Medien nicht realisiert werden. Deshalb enthält Beilage I eine View-Masterscheibe für die Stereobetrachtung. So einleuchtend und einfach wie das Verfahren der Stereoskopie auch anmutet - die *Stereofotografie* ist “nur” ein Arbeitsbereich davon -, wird diese Technik doch eher mit der Vergangenheit assoziiert. Die hohe Aktualität wird allein jedoch schon dadurch bescheinigt, daß z.B. jene bei der *virtuellen Realität* verwendeten *EyePhone-Helme* das Prinzip der stereoskopischen Darstellung ausnutzen.

Die Arbeitsmethode “trial and error” führt nicht unbedingt zum Erfolg. Eine intensive Auseinandersetzung mit der stereoskopischen Technik bzw. fachliche Unterstützung ist notwendig, damit anfängliche Begeisterung nicht durch Enttäuschung abgelöst wird. Der angehende Stereoskopiker muß sich ein theoretisches Grundwissen aneignen, um z.B. den *Basisabstand* - also den Abstand zwischen dem linken und dem rechten Halbbild - im Zuge einer bestimmten Aufnahmesituation ermitteln zu können.⁵⁵

⁵⁴ Ein Abriß über Theorie und Geschichte der Stereoskopie sprengt den Rahmen dieser Arbeit. Außer einer Reihe ausgezeichneten Lehrbücher (siehe Literaturverzeichnis) wird das diesbezügliche Wissen überwiegend auf außeruniversitärer Ebene weitergegeben.

⁵⁵ Für die Berechnung können sowohl Formeln als auch Faustregeln herangezogen werden. Siehe dazu auch Gerhard Kuhn, *Stereofotografie und Raumbildprojektion*, Gilching: VFV-Verlag, 1992, S. 19 ff.

Zu den häufigsten Aufnahme Fehlern bei Neulingen gehören beispielsweise unrichtige Basisabstände in bezug zum Nahpunkt (= nächstgelegene Objekt im Vordergrund), Verkantungen (= Abweichungen von der parallaktischen Verschiebungslinie) und Höhenparallaxe (= Halbbilder werden in ungleicher Höhenlage aufgenommen). Solche Fehler haben zur Folge, daß die Betrachtung als anstrengend empfunden wird und u.U. sogar der Raumeindruck zerfällt.

Anwendungen der Stereoskopie im Bereich der Architektur betreffen vorwiegend die Dokumentation und die Vermittlung von Bausubstanz⁵⁶. So wurden beispielsweise Bauteile des Wiener Stephansdoms stereoskopisch aufgenommen, um diese zu einem späteren Zeitpunkt oder an einem anderen Ort auch ohne Zuhilfenahme der Originalsubstanz dreidimensional rekonstruieren zu können. Die aufzunehmende Szenerie unterliegt - anders als dies bei der Holografie der Fall ist - keinen größenmäßigen Beschränkungen; Stadträume können beispielsweise problemlos stereoskopisch dokumentiert werden. Es muß also die besondere Eignung der Stereoskopie, etwas "Räumliches" in seiner Räumlichkeit und mit seiner räumlichen Tiefenwirkung zu präsentieren, hervorgehoben werden. Derzeit können stereoskopische Applikationen noch nicht wirklich als eine Entwurfshilfe zum interaktiven Arbeiten eingesetzt werden. Im Zuge der Modellbetrachtung stößt dennoch die Möglichkeit, *Maßstabsprünge* darzustellen, auf Interesse (siehe Bild 1 in Beilage I). Ein Maßstabsmodell kann stereoskopisch so aufgenommen und in der Folge betrachtet werden, als wäre das Modell in wahrer Größe gebaut. Dieses Phänomen wird in der Literatur als "Gigantismus" bezeichnet.⁵⁷

Umgekehrt ist es bei sogenannten *Großbasisaufnahmen* möglich, eine (landschaftliche) Szenerie mit den Augen eines Riesen zu betrachten. Dieser Effekt ist als "Liliputismus" in der Literatur bekannt. Der Basisabstand wird deutlich größer als 65 mm gewählt und kann sogar mehrere Meter betragen, je nachdem wie weit der *Nahpunkt* entfernt ist. Großbasisaufnahmen können für Untersuchungen im Bereich der Raumplanung eingesetzt werden. Die Flugbilder werden mit einer Kamera, welche mit motorischem Filmtransport versehen ist, erstellt. Die Stereobasis ergibt sich durch die Kombination der jeweiligen Geschwindigkeiten: wenn also die Flugschwindigkeit 900 km/h. beträgt und 5 Aufnahmen/sek. gemacht werden können, kann eine Stereobasis von 50 m errechnet werden (siehe Bild 7 in Beilage I).

⁵⁶ Weniger bekannt ist, daß architekturbezogene Themen auf *Viewmasterscheiben* angeboten werden.

⁵⁷ Siehe auch dazu Jac G. Ferwerda, *The World of 3-D. A practical guide to stereo photography*, Borger: 3-D Book Productions, 1990, S. 101 ff.

2.4.1 Fotografische Aufnahmetechnik

Ein Einstieg in die Stereoskopie kann z.B. über die Fotografie erfolgen, da Stereohalb Bilder im Prinzip mit jeder Kamera aufgenommen werden können. Bei der Aufnahme müssen Überlegungen zur räumlichen Komposition angestellt werden. Unter normalen Umständen sollte eine vollkommene Bildschärfe erzielt werden. Im einfachsten Fall wird ein Strahlenteiler auf das Filtergewinde geschraubt, wobei sich allerdings das verwendete Bildformat auf die halbe Größe reduziert. Daher empfiehlt es sich, wenn nur eine Kamera für stereoskopische Aufnahmen zur Verfügung steht, zwischen Kamera und Stativ einen Einstellschlitten⁵⁸ zu befestigen, welcher parallaktische Verschiebungen erlaubt. Nach der ersten Halbbildaufnahme wird die Kamera auf dem Schlitten verschoben, wobei die Stereobasis, also der Abstand zwischen dem linken und dem rechten Halbbild, millimetergenau adjustiert wird. Bei Anwendung eines Objektivs mit 50mm Brennweite kann als Stereobasis der normale Augenabstand von ca. 60-65 mm gewählt werden, wenn der Nahpunkt sich in ca. 3 Meter Entfernung befindet. Die zweite Halbbildaufnahme wird mit gleicher Blende-, Zeit- und Entfernungseinstellung ausgelöst.⁵⁹

Ein erheblicher Nachteil bei der Arbeit mit einer einzigen Kamera ist, daß sich in der räumlichen Szenerie keine beweglichen Elemente, wie z.B. Menschen, befinden dürfen. Dieses Problem der Synchronisation läßt sich einwandfrei mit einer sogenannten *Stereokamera* bewältigen. Bereits erwähnte Fehlerquellen sind dadurch nahezu eliminiert und die beiden Halbbilder werden synchron aufgenommen. Eine Stereokamera arbeitet mit doppelten Verschlüssen und Objektiven; der Basisabstand ist mit z.B. 65 oder 75 mm festgelegt. Bis in die fünfziger Jahre wurde eine breite Palette von Stereokameras im Fotohandel angeboten. Obwohl danach das Interesse abnahm, waren seitdem gebrauchte Kameras im Handel. Seit Anfang der achtziger Jahre werden wieder Stereokameras in Kleinserien erzeugt, wobei auch die neuesten Erkenntnisse im Bereich des Kamerabaus einbezogen werden. Als Grundlage fungiert meist eine serienmäßig erzeugte Spiegelreflexkamera. Die Auswahl des Kameratyps erfolgt vorwiegend hinsichtlich der Tauglichkeit des Verschlusses für die Synchronisation. In Handarbeit werden nun zwei Kleinbildkameras zu einer Stereokamera assembliert, wobei z.B. der Filmtransport

⁵⁸ Neulinge sollten auf freihändige Stereo-Aufnahmen, also ohne Stativ und Einstellschlitten, vorerst verzichten, da die Ungenauigkeit eine spätere Montage bedeutend erschwert (Höhenparallaxe, Verkantung, etc.).

⁵⁹ Die Stereoskopie ist nicht nur auf fotografische Applikationen beschränkt. In analoger Weise können Stereoaufnahmen aus einem 3D-Computermodell generiert werden. Siehe dazu Kapitel 2.7, wo auch die LCD-Brille beschrieben wird.

modifiziert wird, aber nahezu alle anderen gewohnten Kamerafunktionen intakt bleiben. Bei manchen Stereokameras kommt bereits im Sucherbild ein stereoskopischer Bildeindruck zustande.



Abb. 30 Beispiel einer Stereokamera (RBT X2).

Darüberhinaus besteht auch die Möglichkeit, zwei identische Einzelbildkameras⁶⁰ als solche zu belassen und diese miteinander zu synchronisieren. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn häufig unterschiedliche Basisabstände gewählt werden sollen.

2.4.2 Bedeutung der Montage und Justierung

Zunächst muß festgehalten werden, daß die Bedingungen bei der Rahmung von *Raumbildern* völlig anders sind als dies beim herkömmlichen *Flachbild* der Fall ist. Die Montage der Halbbilder in den Stereodiarahmen verlangt eine hohe Genauigkeit bei der Justierung: Verschiebungen von Zehntelmillimetern machen sich in Form von Bildstörungen deutlich bemerkbar. Ein Justiergerät kann daher nützliche Dienste leisten. Die künstlerischen Möglichkeiten in Bezug zur räumlichen Komposition sind umfangreicher als dies beim

⁶⁰ Selbstverständlich können auch Mittel- oder Großformatkameras für die Stereofotografie herangezogen werden. Sollte die Stereokamera eine Möglichkeit zur Mehrfachbelichtung aufweisen, kann auch hier der Basisabstand verändert werden, wenn das linke Objektiv *vor* und das rechte Objektiv *nach* der Verschiebung mittels Verschußkappe verschlossen werden. Es ist klar, daß in diesem Fall die Synchronisation nicht mehr gegeben ist.

Flachbild der Fall ist: es kann z.B. der Eindruck erweckt werden, daß Bildteile scheinbar aus dem Scheinfenster hinausragen. Wenn das linke Halbbild mit dem rechten vertauscht wird, entsteht ein sogenannter *pseudoskopischer* Raumeindruck: es wird eine "falsche Wirklichkeit" in Form einer räumlichen Inversion dargestellt, wobei sonst nach hinten wirkende Bildteile nunmehr nach vorne gerichtet scheinen (Tiefenumkehrung). Ein Bild ist nur dann dreidimensional, wenn eine eindeutige Tiefenumkehrung möglich ist.

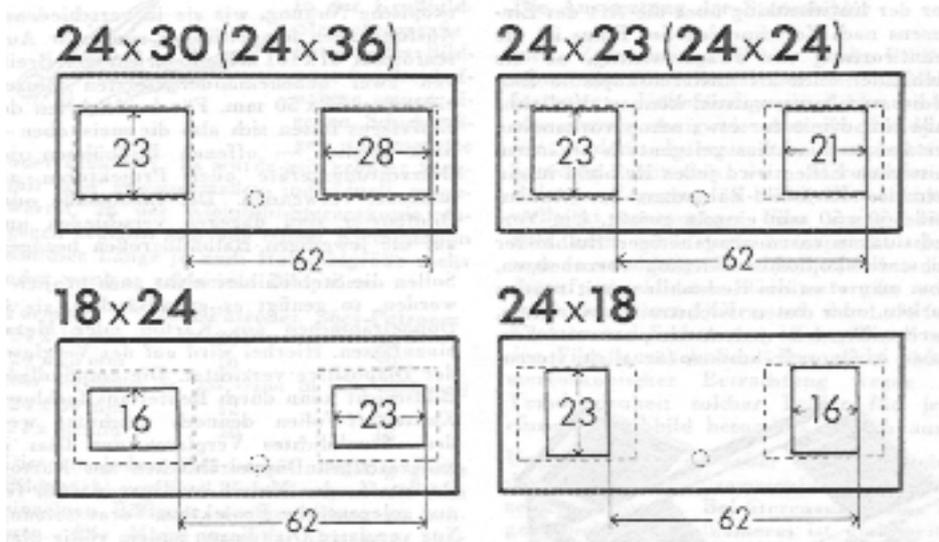


Abb. 31 Stereorahmung 41x101mm.

Für die Stereorahmung von 35mm-Film stehen zwei Formate zur Verfügung:⁶¹

- A.) 2 x 50x50 mm (Einzelrahmung)
- B.) 41x101mm (Doppelrahmung)

Die Einzelrahmung (A) hat den Vorteil, daß Flachbilder im Format 50x50 mm gerahmt werden. Somit steht das handelsübliche Repertoire an Diarähmchen, Projektoren etc., zur Verfügung. Um Bildfehler durch Projektionsungenauigkeit zu vermeiden, müssen dennoch hochwertige Projektoren ausgewählt werden. Eine gewisse Störanfälligkeit ist bei der Doppelrahmung gegeben, da eine Verwechslung des linken und rechten Halbbildes oder überhaupt eine Zusammenführung von völlig verschiedenen Halbbildern systemimmanent ist. Die Doppelrahmung (B) hat den Vorteil, daß sämtliche Komponenten speziell für stereoskopische Zwecke konzipiert wurden. Die geringere Nachfrage hat zur Folge, daß das diesbezügliche Angebot eingeschränkt ist

⁶¹ In ISO R515 (1966) sind die Abmessungen von Stereo-Stehbildern normiert. Weitere Normen für das Raumbildwesen sind DIN-Norm 4531/1 (4.1956) und 4531/2 (5.1971).

und auch eine andere Preisgestaltung bedingt. Da die Halbbilder während der Projektion nicht verwechselt werden können, treten Störungen wesentlich seltener auf.

2.4.3 Individuelle Betrachtung und Stereoprojektion

Gedruckte oder auf Fotopapier vergrößerte Stereo-Aufnahmen können nach einer gewissen Übung freiäugig betrachtet werden. Geübte Stereoskopiker bringen also mittels "Schielen" Halbbilder zur "Deckung". In der stereoskopischen Literatur werden zu diesem Zweck beide Halbbilder mit einer Breite von ca. 6 cm horizontal angeordnet. Die Fähigkeit der räumlichen Betrachtung kann auch durch Betrachtungshilfen wie z.B. ein *Spiegelstereoskop* erreicht werden. Bei Anwendung von *Prismenbrillen* werden beide Halbbilder vertikal (oben-unten) angeordnet. Hier ist ein konstanter Abstand zwischen Brille und Bilderpaar Voraussetzung für eine optimale Betrachtung. Beim sogenannten *Anaglyphenverfahren* werden Halbbilder einander überlappend in den komplementären Farben rot und (blau-) grün abgebildet. Die *Anaglyphenbrille* mit den entsprechenden Farbfolien ist einfach herzustellen. Bei der Betrachtung wird jeweils die eigene Farbe gelöscht und die Komplementärfarbe verstärkt, dabei geht allerdings die Farbwirkung der Szenerie verloren. Dies ist für bestimmte Anwendungsbereiche, wie z.B. die Architektur, problematisch. Es handelt sich um ein kostengünstiges Verfahren ohne besonderen technischen Aufwand. Die Farben müssen allerdings sehr sorgfältig abgestimmt sein und die Halbbildersollten nach den Regeln der stereoskopischen Kunst aufgenommen werden. Vorteilhaft ist, daß der räumliche Eindruck auch bei ungeübten Benutzern problemlos zustande kommt.

An die für die stereoskopische Raumsimulation notwendige räumliche Ausstattung sind keine besonderen Ansprüche geltend zu machen. Für die Stereoprojektion ist wie beim Flachbild eine verdunkelbare Räumlichkeit notwendig, um die großflächige Wiedergabe zu ermöglichen. Zum Zwecke der Betrachtung in Gruppen bzw. von größeren Formaten steht die Projektion mittels *Polarisationsverfahren* zur Verfügung. Bei der Stereodiaprojektion wird das Licht in polarisierter Form auf eine metallische Leinwand⁶² projiziert. Das Polarisationsverfahren verlangt - wenn einzelgerahmt wird - entweder eine Aufrüstung von zwei Kleinbilddiaprojektoren mit Polarisationsfiltern oder auch die Anschaffung eines für das Rahmungsformat 41x101 mm konzipierten Stereodiaprojektors mit eingebauten Polfiltern. Die Betrachtung der

⁶² Es sollte unbedingt beachtet werden, daß bei Reflexion des projizierten Lichtes keine Depolarisation hervorgerufen wird.

projizierten Bilder geschieht in beiden Fällen mittels einer Polarisationsbrille, wobei die reflektierten Halbbilder durch Depolarisation getrennt werden. Nach dem Anaglyphenverfahren erstellte Dias können mit einem normalen Projektor projiziert und mit der Rot-Grün-Brille betrachtet werden.

Die Stereoprojektion ist gewiß aufwendiger als die Flachbildprojektion. Wenn z.B. die Bildmontage nicht sehr exakt war, ist eine ständige Adjustierung am Projektor notwendig. Schließlich muß darauf hingewiesen werden, daß der Betrachtungsabstand sich auf die Plastizität und Tiefenwirkung auswirkt. Bei näher zur Projektionswand aufgestellten Sitzplätzen ist die Plastizität größer, jedoch die Tiefenwirkung geringer als dies bei weiter zurückgelegenen Stellen der Fall ist.



Abb. 32 Publikum mit Polarisationsbrillen.

Bei fehlerfreier Durchführung ist die Stereoprojektion zweifellos eindrucksvoll. Bei einer Präsentation mit Bauherren kann die Individualbetrachtung mittels Stereobetrachter durchaus als Alternative zur Projektion ins Auge gefaßt werden. Attraktiv ist, daß ohne allzugroße Investitionen stereofotografiert werden kann. Im Vergleich mit dem Flachbild ("Monofotografie") kann bei der Stereofotografie von einer Steigerung des räumlichen Effektes gesprochen werden. Die plastische Wiedergabe der aufgenommenen räumlichen Objekte wird erst durch das 3D-Bild möglich und die Tiefenwirkung wird verstärkt.

2.5 Holografische Raumsimulation

Der Terminus *Holografie* läßt sich mit “ganzheitlicher Aufzeichnung” umschreiben und wurde 1947 von Dennis Gabor begründet, doch erst die Erfindung des Lasers im Jahre 1960 bedeutete den Aufschwung der Holografie. Unter Beibehaltung ihrer dreidimensionalen Qualität und Tiefeninformation können Objekte bzw. Szenen als “3D-Konserven” gespeichert und wiedergegeben werden. Spezielle Betrachtungshilfen - wie bei der Stereoskopie - sind nicht erforderlich. Bei Veränderung der Blickrichtung während der Betrachtung eines Hologrammes erfolgt die Wiedergabe einer anderen Perspektive; damit können bis dahin verdeckte Teile sichtbar werden. Es muß jedoch festgestellt werden, daß eine einzige holografische Aufnahme selten genügt, um einen Eindruck von der Ganzheit zu gewinnen.⁶³ Wenn ein Hologramm in Teile zerlegt wird, enthält jeder Bildteil die vollständige Information, allerdings mit eingeschränktem Blickwinkel. Die Holografie ist ungerechtfertigterweise von einem mystischen Schleier umgeben, obgleich die Bedingungen während der holografischen Aufnahme völlig anders sind als dies beim herkömmlichen fotografischen Verfahren der Fall ist:

- entweder gelingt die holografische Aufnahme oder sie mißlingt;
- unscharfe Hologramme gibt es nicht;
- der Abbildungsmaßstab beträgt im Normalfall 1:1.⁶⁴

Es ist nicht einfach, das Prinzip der Holografie mit wenigen Worten ganzheitlich erklären zu wollen.⁶⁵ Doch muß der Versuch unternommen werden, da Kenntnisse der holografischen Arbeitstechnik bei Architekturschaffenden nicht vorausgesetzt werden können. Darüberhinaus läßt sich die Thematik am besten mit Originalhologrammen⁶⁶ demonstrieren.

Das unverzichtbare Kernstück einer Holografie-Anlage bildet der *Laser*. Beim sogenannten *Off-Axis-Aufbau* erfolgt zunächst eine Teilung des Laserstrahls mit Hilfe eines halbdurchlässigen Spiegels. Durch diese *Strahlenteilung* entstehen der *Objektstrahl* - welcher zum Aufnahmeobjekt geführt wird - und der *Referenzstrahl* (wird zum holografischen Aufnahmematerial

⁶³ Nur bei der sogenannten *Zylinderhologrammtechnik* wird das Aufnahmematerial zylindrisch (360°) um das Objekt angeordnet.

⁶⁴ Der Abbildungsmaßstab kann z.B. bei computergenerierten Hologrammen sehr wohl variiert werden.

⁶⁵ Im Hinblick darauf, daß in der einschlägigen Literatur ausgezeichnete theoretische Werke vorhanden sind, wird hier auf eine Wiederholung derselben verzichtet.

⁶⁶ Holografie-Ausstellungen gehören schon längst zum Alltag. Ein Besuch lohnt sich, weil des öfteren ein interessanter Querschnitt an Originalhologrammen geboten wird.

gelenkt). Beide Strahlen werden mittels einer Linse *aufgeweitet*, damit das gesamte Objekt bzw. der holografische Film ausgeleuchtet wird. Die jeweiligen *Umlenkungen* erfolgen mittels Spiegel. Objekt- und Referenzstrahl erzeugen zusammen bei der Belichtung *Interferenzmuster* auf der holografischen Platte. In diesem Interferenzmuster ist die gesamte optische Information über das Objekt gespeichert. Um diese Information aus dem Hologramm “herauslesen” zu können, wird wieder Licht benötigt (“weißes” oder Laserlicht).

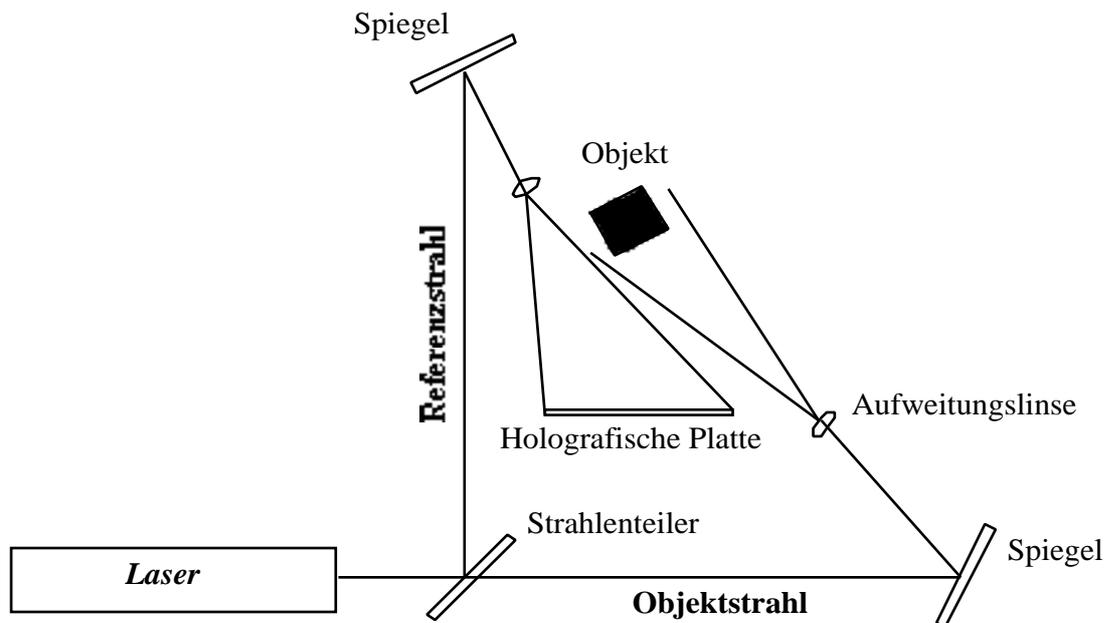


Abb. 33 Off-Axis-Aufbau.

Mittels einer einfacheren *Aufstellung* werden sogenannte *Denisyuk-Hologramme*⁶⁷ erzeugt. Der Laserstrahl wird nicht geteilt, sondern nur aufgeweitet und fällt “inline” auf das Objekt, d.h. Objekt- und Referenzstrahl werden längs derselben Achse angeordnet. Die holografische Platte befindet sich zwischen dem Aufnahmeobjekt und dem Laser.



Abb. 34 Aufbau zur Aufzeichnung von Denisyuk-Hologrammen.

Mit diesen beiden Aufbau-Beispielen ist die gesamte Palette an Variationen keineswegs erschöpft. Obwohl die *Display-Holografie* weitaus mehr

⁶⁷ Y. Denisyuk ist an der Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg tätig.

Bekanntheit genießt, sind Applikationen im Bereich der *holografischen Interferometrie* (= Meßtechnik mittels Holografie) wichtige Betätigungsfelder. Es werden z.B. räumliche Bilder von Veränderungen zum Zwecke der Werkstoffprüfung erstellt, um Bauteile in konstruktiver Hinsicht optimieren zu können.

Ein Hologramm könnte wie das "Architekturmodell im Aktenkoffer" fungieren: bei hohem Informationsgehalt ist es ökonomisch zu lagern und einfach zu transportieren. Gerade bei kostbaren Gegenständen und Kunstwerken lohnt sich die dreidimensionale Reproduktion. Mittels Holografie können zweifellos eindrucksvolle Effekte erzielt werden, wie z.B. die Darstellung eines räumlichen Objektes, welches die Bildebene optisch zu verlassen scheint. Aber es stellt sich in diesem Zusammenhang auch die Frage nach der Sinnhaftigkeit solcher Effekte. Die Gestaltung der holografischen Modellaufnahme verlangt daher besondere Aufmerksamkeit, letztlich auch, weil die optische Tiefe begrenzt ist. Einen erheblichen Nachteil bei der Anwendung von "klassischen" holografischen Applikationen in der Architektur stellt der Verlust von Farben und Materialwirkungen dar. Mit dem Verfahren der sogenannten "true color-holography" kann dieses Problem ansatzweise gelöst werden. Durch Mischung der Primärfarben rot, grün und blau kommt die Echtfarbendarstellung zustande. Bei der Aufnahme werden die RGB-Farben mit mehreren Lasern (z.B. Argon- und HeNe-Laser für grün und blau bzw. rot) oder auch mit einem Dreifarbenlaser erzeugt. Problematisch ist dabei die Entsprechung des verwendeten Aufnahme-materials für alle drei Farbkomponenten gleichzeitig.

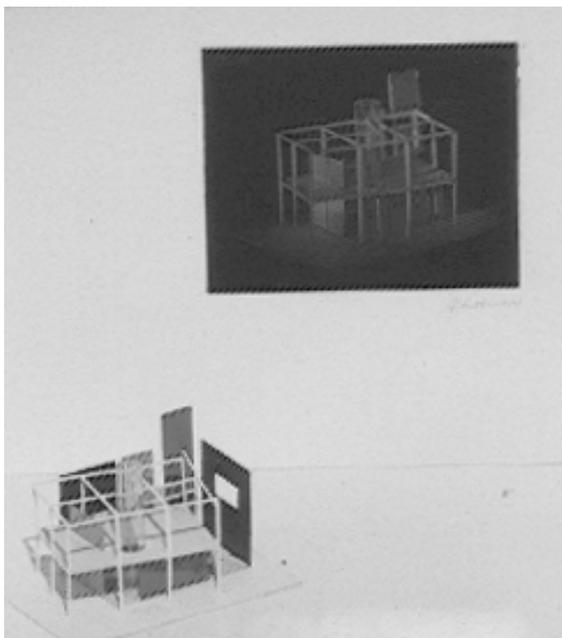


Abb. 35 Modell und Hologramm.

In Analogie mit stereoskopischen Aufnahmetechniken bedarf es eines Grundwissens, um erfolgreich holografieren zu können. Holografie ist mit beträchtlichem Zeitaufwand (und auch Geduld) verbunden und verlangt Erfahrung; schnelle und billige Erfolge sind auf diesem Gebiet eine Seltenheit. Deshalb ist die Holografie scheinbar einem Kreis von Spezialisten vorbehalten. Bereits minimale Erschütterungen und Schwingungen während der Aufnahme haben zur Folge, daß die holografische Information verloren geht, weil die holografischen Interferenzmuster durcheinander gebracht werden. In Anbetracht der Tatsache, daß der Absatzmarkt für holografische Platten und Filme nicht besonders groß ist, sind diese verhältnismäßig kostspielig. Holografische Filme und Platten weisen im Vergleich mit fotografischen Emulsionen ein außerordentlich hohes Auflösungsvermögen auf: 5000 Linien/mm sind nicht ungewöhnlich. Die Informationsmenge im Hologramm ist beträchtlich. Als Trägermaterial für das Hologramm kann zwischen Glasplatte oder Polyesterfilm gewählt werden; 4x5'' ist das kleinste Aufnahmeformat; beim Filmmaterial wird sogar Meterware angeboten.

Für den Fall, daß ein Architekturmodell holografiert werden soll, ist eine entsprechende Vorbereitung beim Modellbau unbedingt vonnöten, um zusätzliche Probleme während der Aufnahme zu vermeiden. Beim Modell sollten nach Möglichkeit weiße oder graue Oberflächen in Erscheinung treten. Auf allzustark reflektierende Materialien ist zu verzichten. Insgesamt sollte das Modell erschütterungsfrei aufgebaut sein und auf eventuelle Stabilitätsprobleme Rücksicht nehmen. Modellbaumaterialien wie Holz, Glas, Gips und Metall sind deshalb vorteilhaft, von Karton- oder papierartigen Materialien, Textilien und Kunststofffolien ist eher abzuraten. Schließlich sollte die Modellgröße auf das Aufnahmeformat abgestimmt sein.

2.5.1 Arten der Holografie

Die richtig adjustierte Beleuchtung ist bei allen Arten der Holografie für eine optimale Rekonstruktion unabdingbar. Bei der Wiedergabe von *Off-Axis-Hologrammen* wird das Licht eines Lasers oder einer Quecksilberdampfampe für die Rekonstruktion des gespeicherten Bildes benötigt. Die Lichtquelle befindet sich hinter dem Hologramm und leuchtet unter dem gleichen Winkel wie der Referenzstrahl bei der Aufnahme durch das Hologramm. Es stellt sich dabei die Frage, welcher Architekt ständig einen Laser für Betrachtungszwecke bei der Hand hat. *Weißlichtreflexionshologramme* in der Denisyuk-Anordnung sind deshalb weitaus mehr verbreitet, weil die Betrachtung bei normalem Halogenlicht erfolgen kann. Man spricht dabei von Reflexionshologrammen, weil das Licht von vorne auf das Hologramm fällt und reflektiert wird. Im

Vergleich zu Off-Axis-Hologrammen ist die abbildbare Tiefe geringer. Übliche Farben sind grün, gelb-orange und rot, welche durch das eingesetzte Laserlicht bedingt werden.

Die Besonderheit von *Regenbogenhologrammen* (1968 von Stephen Benton erfunden) ist, daß die Farbe, nicht aber die Perspektive, sich mit der Blickrichtung verändert. Diese Hologramme werden in einem zweistufigen Verfahren erstellt. Zunächst wird ein herkömmliches Off-Axis-Hologramm angefertigt, welches als Masterhologramm für den zweiten Schritt fungiert. Danach wird ein schmaler Streifen des Masterhologrammes - dieses enthält die gesamte holografische Information - in ein *Weißlicht-Transmissionshologramm* übertragen. Es können dabei beliebig viele Kopien angefertigt werden. Eine bekannte Anwendung dieses Verfahrens ist die *Prägeholografie* (siehe Titelblatt), wobei das Masterhologramm als Grundlage für den Prägestempel fungiert. Obwohl dieser Stempel einen bedeutenden Kostenfaktor darstellt, ist das Prägehologramm preisgünstig.

Bei *holografischen Stereogrammen*⁶⁸ wird zuerst auf fotografische Weise eine Sequenz mit Einzelbildern vom Aufnahmeobjekt erstellt. Eine Spiegelreflexkamera wird in ähnlicher Weise wie bei der Stereofotografie auf einer Schiene parallel verschoben. Da etwa 100 bis 200 Aufnahmen dabei aufgenommen werden, spricht man auch von "Multistereogrammen". Die Steuerung kann elektronisch geregelt werden. Bis zur Entwicklung der Einzelbilder sind nur Kenntnisse der Fotografie erforderlich. Die Holografie tritt erst dann in Erscheinung, wenn Bild für Bild mit dem Laserlicht jeweils auf schmale, nebeneinander liegende Streifen auf der holografischen Platte belichtet wird. Es entsteht ein Masterhologramm mit vielen vertikal aufgenommenen Streifen, welche bei der Betrachtung visuell ineinander "verschmelzen".

2.5.2 Arbeitsumfeld und Ausstattungserfordernisse

Ein Holografielabor sollte in einer schwingungs- bzw. erschütterungsfreien Umgebung situiert sein.⁶⁹ Ein solches Umfeld wird man eher auf dem Land vorfinden. In der Großstadt sind Kellerräume am ehesten zu empfehlen, aber auch dort muß die holografische Aufnahmetätigkeit u.U. auf die Abend- und Nachtstunden verlagert werden. Die zur Verfügung stehende Arbeitsfläche

⁶⁸ Diese werden auch als *Multiple Photo Generated Hologramme* (MPGH) bezeichnet.

⁶⁹ Mit einem *Interferometer* kann die eventuelle (Nicht-) Eignung festgestellt werden.

bedingt das maximale Aufnahmeformat. Obgleich holografische Emulsionen nicht so empfindlich sind wie fotografische Aufnahmematerialien, ist eine Verdunkelung notwendig. Für die Entwicklung ist weiters eine Naßzelle oder eine Dunkelkammer erforderlich. Der Aufnahmetisch sollte aus einer schwingungsisolierten (optischen) Platte bestehen, welche auf schwingungsgedämpften Füßen aufgelegt ist. Die verschiedenen optischen Elemente werden fix auf dem Tisch aufgebaut. Bei industriell angefertigten Aufnahmetischen sind unterschiedliche Qualitäten der Dämpfung definiert und verschiedene Abmessungen der Platten wählbar. Sind die vorhandenen Investitionsmittel beschränkt, kann der Aufnahmetisch auch in Eigenbau realisiert werden. So könnte beispielsweise eine schwere Beton- bzw. Granitplatte oder eine mit Sand gefüllte Kiste auf LKW-Schläuchen ruhen.⁷⁰

Nicht jeder Laser⁷¹ ist für holografische Aufnahmezwecke geeignet. Man unterscheidet zwischen:

- *Helium-Neon Dauerstrichlaser* (fixierter Spektralbereich bei 633 nm) sind preisgünstig und eher unkompliziert im Einsatz. Sie haben eine lange Lebensdauer, die maximale Leistung ist jedoch mit etwa 50 mW begrenzt.
- *Argon- und Krypton-Ionenlaser* (weite Spektralbereiche) sind mit deutlich höheren Leistungen lieferbar; sie haben aber eine geringere Lebensdauer. Problematisch sind Stromversorgung und Wasserkühlung.
- *Rubinlaser*, deren Blitzröhren nach ca. 2.000 bis 3.000 Blitzen ausgetauscht werden (fixierter Spektralbereich bei 633 nm, wie beim HeNe-Laser). Diese gepulsten Festkörperlaser zeichnen sich wegen der kurzen Belichtungsdauer bei der Aufnahme aus, verursachen jedoch sehr hohe Investitionen.

Neben dem Aufnahmetisch und dem Laser sind noch verschiedene Utensilien wie z.B. Verschuß, (variabler) Strahlenteiler und Plattenhalter, wie auch optische Bauteile (einzelne Spiegel für die Umlenkungen, Aufweitungslinsen etc.) erforderlich. Die hier beschriebenen Teile sind notwendig für die bereits erwähnten Hologrammarten, mit Ausnahme der holografischen Stereogramme, welche komplizierter Zusatzeinrichtungen bedürfen.

⁷⁰ Siehe dazu Fred Unterseher (u.a.), *Holographie. Wie mache ich Hologramme selber?* München: Popa Verlag, 1991.

⁷¹ Auf entsprechende Sicherheitsvorkehrungen muß insbesondere bei zunehmender Leistung Rücksicht genommen werden.

Es ist zweifellos möglich, mit relativ geringen Investitionen zu holografieren, aber wie in der Fotografie gibt es eine offene Grenze nach oben. Fertige Holografie-Paketlösungen sind bereits auf dem Markt. Die sogenannte "Holomatic-Maschine" war einer der ersten Holografiekameras mit Tageslichtfilmkassette. In dieser Maschine sind die notwendigen Elemente fix montiert und die Aufstellung der optischen Elemente kann daher nicht manipuliert werden. Eine solche Installation ist zweifellos für naturwissenschaftliche Grundstudien von großer Bedeutung, jedoch für Aufnahmen von Architekturmodellen nur bedingt geeignet. So ist die Größe des aufzunehmenden Objektes mit den Abmessungen einer Zündholzschachtel begrenzt. Die Benutzung eines schwingungsfreien Aufnahmetisches ist ratsam. Kürzlich wurde von Irmfried Wöber⁷² das sogenannte "Holography Kit" in Form eines Baukastens präsentiert. Der jeweilige Aufbau kann an Hand der mitgelieferten Schablonen eingerichtet und auch verändert werden; eine schwingungsgedämpfte Platte ist bereits eingebaut. Das Prinzip "auspacken und anfangen" bedingt, daß alle notwendigen Utensilien bis zur Entwicklung mitgeliefert werden. Dennoch ist auch hier die Aufnahmegröße mit 7x7 cm beschränkt.

2.5.3 Zukunft der Architekturholografie

Wenn man die Einsatzmöglichkeiten der Holografie in der Architekturproduktion generell betrachtet, stellt sich die Frage nach dem Preis-Leistungsverhältnis. Rentiert sich der Aufwand in Anbetracht des gebotenen Nutzens? Die Tatsache, daß die holografische Bildinformation nicht verändert oder retouchiert werden kann, stellt die Holografie als Entwurfswerkzeug für experimentierfreudige Architekten in Frage. Interessant ist hingegen die Möglichkeit, einen Sachverhalt an Hand einer Bildsequenz zu demonstrieren. Hier muß z.B. an die Darstellung eines Architekturmodells gedacht werden, welches sich "verändert", indem es während der Sequenz auseinandergenommen wird. Mittels der Technik der Mehrfachbelichtung ist es ebenfalls möglich, mehrere objektbezogene Stadien zu speichern. Durch Umdrehung der holografischen Platte können pseudoskopische Effekte erzielt werden. Die Größe der Aufnahmeobjekte ist beschränkt: "riesige" Objekte können nur mittels der aufwendigen holografischen Stereogramntechnik aufgenommen werden. Vorteilhaft ist dabei vor allem die Maßstabsunabhängigkeit. Außerdem könnten die dafür erforderlichen Bildsequenzen bereits vom Nutzer auf fotografische Weise vom Architekturmodell oder computergestützt aus dem 3D-Modell produziert werden. Die Holografie könnte ebenfalls als Archivmedium

⁷² Holography-Center Austria, 3042-Würmla.

fungieren, denn die langfristige Lagerung vielzähliger Originalmodelle ist nicht immer möglich.

Das Aufnahme-procedere der Holografie zeichnet sich durch eine gewisse Empfindlichkeit aus. Das Umfeld muß holografie-tauglich sein, der Aufbau muß fachkundig konfiguriert werden, und es sollte auch ein holografiegerechtes Aufnahmeobjekt vorliegen. Obwohl es kein Muß ist, daß die holografische Aufnahme in Eigenregie erstellt wird, hält sich die Zahl der anbietenden Stellen in Grenzen⁷³. In Österreich kann man die privatwirtschaftlichen Betriebe und universitären Institutionen, welche auf dem Gebiet der Holografie tätig sind, an einer Hand abzählen. Ein Teil der Anbieter arbeitet wiederum mit Subunternehmern im Ausland; infolgedessen hat die holografische Aufnahme ihren stolzen Preis.

Mehrfach wurde bereits darauf hingewiesen, daß die für das Gelingen der Aufnahme erforderliche Schwingungsfreiheit trotz aller bauseitigen Maßnahmen manchmal schwer realisierbar ist. Die Tatsache, daß Architekturmodelle überwiegend aus pappartigen Materialien angefertigt werden, bereitet dem Holografen bei der Aufnahme große Schwierigkeiten aufgrund der Stabilitätsanforderungen. Derartige Probleme existieren bei der Anwendung eines *gepulsten Rubinlasers* nicht mehr. Architekten können ihre tradierte Arbeitsweise beibehalten und brauchen auf den Modellbaukarton nicht zu verzichten. Es könnten sich somit in vielen Bereichen der Modellaufnahme⁷⁴ völlig neue Aspekte zu deren Verwirklichung ergeben. Im Hinblick auf die sehr hohen Investitionen ist eine gemeinsame Nutzung durch mehrere Betriebe oder Institutionen manchmal notwendig. Der Transport einer solchen mobilen Installation beinhaltet an sich keine prinzipiellen Probleme, weshalb ein Arbeiten "in situ" möglich wird und eine gewisse Unabhängigkeit vom Holografielabor entsteht. Als Ergebnis kommen zunächst Off-Axis-Hologramme zustande, welche (ggf. auf einer anderen Anlage) zu Weißlichtreflexions- oder Weißlicht-Transmissionshologrammen umkopiert werden. Das Erstellen einer Kontaktkopie kann ohne komplizierte Aufbauten erfolgen. Es bleibt zu hoffen, daß solche "Abzüge" künftig als Dienstleistung zu einem vernünftigen Preis angeboten werden.

⁷³ Walter Spierings (*Dutch Holographic Laboratory*) arbeitet intensiv an der Entwicklung von *Holoprintern*, welche dem Nutzer die einfache Erstellung von Hologrammen ohne Hokus-Pokus ermöglichen sollte.

⁷⁴ Mit der Porträtfotografie oder, besser gesagt, mit der Porträtholografie zu vergleichen.

2.6 Computergestützte Raumsimulation

Die Elektronische Datenverarbeitung (EDV) ist ein relativ rezentes Arbeitsinstrument. Im Gegensatz zu den bisher erörterten Simulationstechniken kam es bei der *computergestützten Raumsimulation* innerhalb einer kurzen Zeitspanne zu stürmischen Entwicklungen.⁷⁵

Die Architekturproduktion ist durch vielfältige Aufgabenstellungen und Zielsetzungen gekennzeichnet. Dabei muß festgehalten werden, daß es sich um breit gefächerte Betätigungsfelder handelt, welche jeweils eine unterschiedliche Eignung für EDV-Einsätze aufweisen. Bei einer Betrachtung der EDV in Zusammenhang mit räumlicher Simulation wird nicht der Anspruch erhoben, die gesamte Bandbreite der EDV in der Architektur behandelt zu haben. Man braucht nur eine beliebige Architekturzeitschrift in die Hand zu nehmen, um feststellen zu können, daß EDV und CAD "in" sind. Die vollständige Einbindung in alle Tätigkeitsbereiche der Architekturproduktion und der Entwurfsarbeit ist noch nicht gegeben, obgleich alpha-numerische EDV-Anwendungen längst in den Arbeitsalltag integriert wurden. Ebenso ist die Erstellung einer computergestützten 2D-Zeichnung heutzutage nichts Außergewöhnliches mehr. Es muß festgestellt werden, daß der Arbeitsvorgang beim zweidimensionalen Grundrißzeichnen am Computer doch erheblich von der traditionellen Darstellungstechniken abweicht.⁷⁶ Konstruktions- und Positionierhilfen (Raster, Schnittpunkt, Mittelsenkrechte etc.) erleichtern die Eingabearbeit. Vorteilhaft ist gewiß die Möglichkeit, Gebäudeteile und bauliche Elemente kopieren, deformieren (dehnen und stauchen), verschieben und in andere Dokumente transportieren zu können. Oftmals benutzte Objekte können als Bibliothekselemente archiviert werden, welche bei Bedarf im vorliegenden Projekt zu parametrisieren sind. Bei der dreidimensionalen Modellierung werden mit Hilfe von verschiedenen zwei- und dreidimensionalen geometrischen Werkzeugen (Linien, Polygonzügen, Kreisen, Dreiecken, Extrusionskörpern, usw.) die im Entwurf vorliegenden Gegenstände, wie z.B. Wände, Böden und Decken etc. im X,Y,Z-Koordinatensystem definiert. Bereits definierte Gegenstände können beliebig verändert, vervielfältigt oder verschoben werden.

⁷⁵ Siehe für eine weiterführende Betrachtung dazu: Gerhard Schmitt, *Architectura et Machina*. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg, 1993, S. 204 ff.

⁷⁶ Die Äußerung "Jede Änderung ist problemlos möglich" mag zwar theoretisch stimmen, wenn aber ein neuerlicher Ausdruck eine halbe Stunde in Anspruch nimmt, ist es u.U. zweckmäßiger, ein Radiermesser zu verwenden.

Die gleichzeitige Betrachtung eines eingegebenen Gegenstandes in mehreren Arbeitsfenstern (zumeist vier, wie z.B. Draufsicht, Vorderansicht, Seitenansicht und axonometrische Ansicht) eröffnet die Möglichkeit, interaktiv in den Rissen zu arbeiten. Wenn also ein Quadrat eingegeben wird, kann die Linienführung in allen geöffneten Arbeitsfenstern gleichzeitig verfolgt und beeinflußt werden. Wird jedoch der Entwurf von Anfang an dreidimensional modelliert, so muß zu einem früheren Zeitpunkt als dies sonst der Fall ist, bereits viel mehr Wissen über das einzugebende Objekt vorhanden sein. Die Frage des Detaillierungsgrades muß daher berücksichtigt werden. Beim Wechsel zu einem größeren Darstellungsmaßstab sind auch mehr Detailinformationen notwendig, obgleich alle Zeichenaktivitäten in einem einzigen digitalen Modell enthalten sind. Im Prinzip könnte ein 2D-Grundriß auf einfache Weise zu einem dreidimensionalen Baukörper extrudiert werden; das Repertoire der architektonischen Gestaltung ist zweifelsohne reicher an Formen der räumlichen Kubaturgestaltung als jene der geradlinigen Extrusion. Mittels sogenannter *Boolescher Operationen* können beispielsweise die Vereinigung, die Differenz und der Durchschnitt zweier Körper zu einem realisiert werden. Dieses anspruchsvolle Werkzeug funktioniert nicht immer einwandfrei und stellt ein wichtiges Beurteilungskriterium für das eingesetzte Modellierungsprogramm dar. Nicht alle geometrischen Grundformen, wie z.B. spiralförmige Körper, sind als Werkzeug vorhanden. Diese müssen bei Bedarf eigenständig programmiert und anschließend über ein Datenaustauschformat importiert werden (siehe Abb. 36).



Abb. 36 Die verlaufende Spirale in diesem "Kugelraum" wurde programmiert.

Anhand des vollständigen 3D-Modells können z.B. beliebige Schnitte durch dieses Modell generiert werden, um diese anschließend als 2D-Zeichnungsdokument weiterzuverarbeiten. Durch Zuordnung von Körpern zu einer Zeichen-

ebene (Layer) kann die jeweilige Information bei Bedarf "gefiltert", d.h. unsichtbar oder sichtbar gemacht werden. Wenn ein 3D-Modell vorhanden ist, können weitere Experimente und Manipulationen durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang muß auch an die Generierung und Optimierung etwaiger Varianten gedacht werden. Interaktionsmöglichkeiten zwischen dem Architekturschaffenden und dem Computer stellen einen eigenständigen Problemkreis dar, welcher von der Komplexität der Bauaufgabe und der damit zusammenhängenden Datenstrukturierung weitgehend beeinflußt wird.

Die Darstellung erfolgt auf der Grundlage der geometrischen Informationsmodellierung. Das Drahtgittermodell - alle Linien werden dargestellt - wird am schnellsten aufgebaut. Manche Architekturschaffenden bevorzugen diese Darstellungsart und vertrauen darauf, daß der Betrachter sich im Linienschungel zurechtfindet. Beim sogenannten "Verdeckten-Linien-Rechnen"⁷⁷ wird die Zahl der dargestellten Linien reduziert, wobei häufig Fehler auftreten. Schattierungsverfahren stellen die nächste Stufe der Wiedergabe dar, wobei Farb- und Materialarten dargestellt werden können. Mittels *texture mapping* werden Texturen - gescannt oder in einem Malprogramm erstellt - auf eine Oberfläche projiziert. Bei einer Veränderung des Blickwinkels wird die Projektion dieser Texturen ebenfalls geändert. Alle Linien, welche nicht exakt waag- oder senkrecht verlaufen, zeigen einen Stufeneffekt. Mittels *anti-aliasing* erfolgt die optische Glättung, indem zusätzliche Pixel plaziert werden, die den graphischen Mittelwert zwischen Linie und Hintergrundfarbe annähernd darstellen.

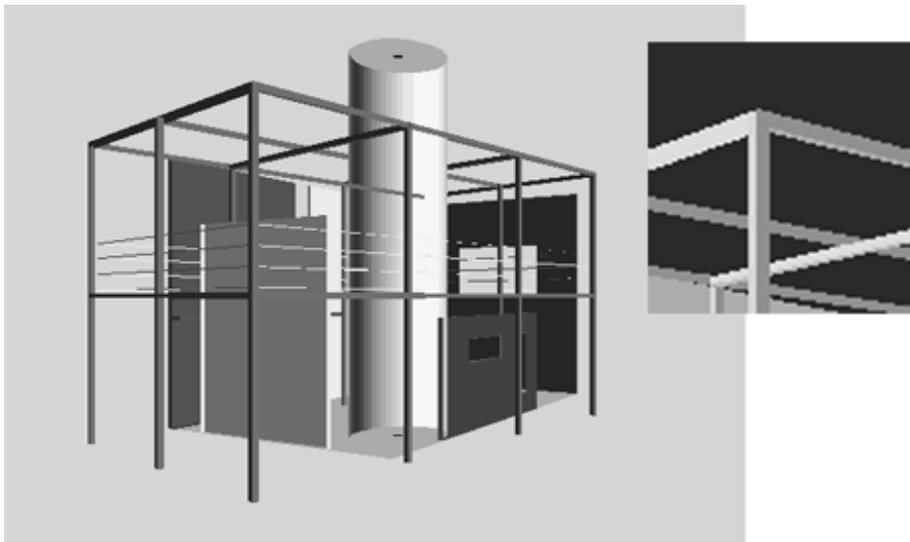


Abb. 37 Schattierte Darstellung ohne anti-aliasing.

⁷⁷ Körper (-Teile) werden nicht dargestellt, wenn diese am angegebenen Standpunkt visuell von einem anderen Baukörper verdeckt werden.

Weiters können verschiedene Lichtquellen im Raum positioniert werden. Die zu bestimmenden Parameter sind dabei Lichtrichtung, Ausstrahlungswinkel und Intensität. Neben einer Allgemeinbeleuchtung können auch paralleles Licht (Sonne) oder kugelförmige Lichtquellen (Glühlampen) bzw. Kegelstrahler (Spots) eingesetzt werden. Der englische Terminus *rendering* steht für das Abbilden einer räumlichen Szenerie und wird mancherorts mit *rendern* verdeutscht. Es stehen inzwischen fotorealistische Methoden wie z.B. *ray-tracing* und *radiosity* zur Verfügung, wobei Körper- und Schlagschatten, Lichtbrechung, Reflexionen, Spiegelungen, Transparenz einschließlich Hintergrundverzerrung und vieles mehr berücksichtigt werden. Bei einer solchen umfangreichen Leistungspalette entstehen Rechenzeiten nach dem Motto: "Ein zufriedenstellendes Bild muß mindestens über Nacht gerechnet werden".



Abb. 38 Schattierte Darstellung des "Raumes für einen Skater".

Es stellt sich die Frage, ob das deklarierte Ziel der fotografischen Darstellung von Licht, Farbe, Form und Oberfläche nicht oftmals zum reinen Selbstzweck betrieben wird. Eine abstrakte, reduzierte Darstellung kann sich als ebenso sinnvoll erweisen.⁷⁸ Überlegenswert ist weiters, das *rendering* "im

⁷⁸ In diesem Zusammenhang muß auf das *ray-painting*-Verfahren verwiesen werden, wobei die malerische Darstellung vorgetäuscht wird.

Hintergrund” auf eine leistungsfähige Rechnerplattform zu verlagern. Die vorangehende Modellierungsarbeit muß schließlich nicht unbedingt auf einer überdurchschnittlichleistungsfähigen Hardwarekonfiguration durchgeführt werden. Für den Datenexport sind meistens entsprechende Schnittstellen im Modellierungsprogramm eingebaut. Wenn die Arbeit auf der Modellierungsebene organisatorisch vorbereitet ist und “intelligente” Importfilter vorhanden sind, kann die entsprechende Informationsübernahme (z.B. Layer-Farben etc.) ohne zusätzliche Arbeitsschritte erfolgen. Die Fortsetzung des *rendering* nach einer Unterbrechung an einem anderen Rechner oder zu einem späteren Zeitpunkt ist manchmal möglich und stellt eine enorme Zeitersparnis dar. Obgleich Modellierungs- und Darstellungsvorgänge in einem Softwarepaket vereinigt sein können, ist die “eierlegende Wollmilchsau” noch nicht auf dem Markt. Es ist daher beim heutigen Stand der Software-Entwicklung nicht sinnvoll, ein bestimmtes Paket als das “einzig wirksame und ideale Produkt” zu favorisieren. Derzeit ergänzen mehrere Pakete einander, wobei jeweils die besten Eigenschaften bei Bedarf genutzt werden sollten.



Abb. 39 Darstellung nach dem Radiosity-Verfahren.

Von manchen Nutzern wird befürchtet, daß durch die softwarelastige Plangraphik die persönliche Handschrift verloren gehen könnte. Es wurde daher versucht, Linienzeichnungen in Handzeichnungen zu verwandeln. Die erste Methode beruht auf dem Zufallsprinzip: die Plotterstifte werden einfach gelockert und zeichnen dadurch einen wackligen Strich. Bei der zweiten Methode wird das auszugebende Dokument mittels einer speziellen Postscriptapplikation manipuliert und somit beim Drucken die Ungenauigkeit der Linie programmiert.

Es stellt sich die Frage, inwiefern die computergestützte Raumsimulation bloß die Eingabe mehr oder weniger fertiger Entwurfsprodukte betrifft. Es ist die Gefahr gegeben, in "angepaßte" Entwurfskonzepte zu verfallen: schon beim Entwurf fließen unbewußt die (beschränkten) Möglichkeiten der Hard- und Software ein. Manche Nutzer empfinden die Dateneingabe als extrem zeitintensiv, weil von Anfang an eine präzise Eingabe erforderlich ist. Besonders hervorgehoben werden muß aber auch die Tatsache, daß der Betrachtungsstandpunkt beliebig variiert werden kann. Eine schnelle perspektivische Kontrolle der eingegebenen Objekte ist somit auf einfache Weise möglich. Dennoch ist man allzu oft geneigt, die eher unnatürliche Vogelflugperspektive zu bevorzugen und ungünstige Standpunkte zu verdrängen.

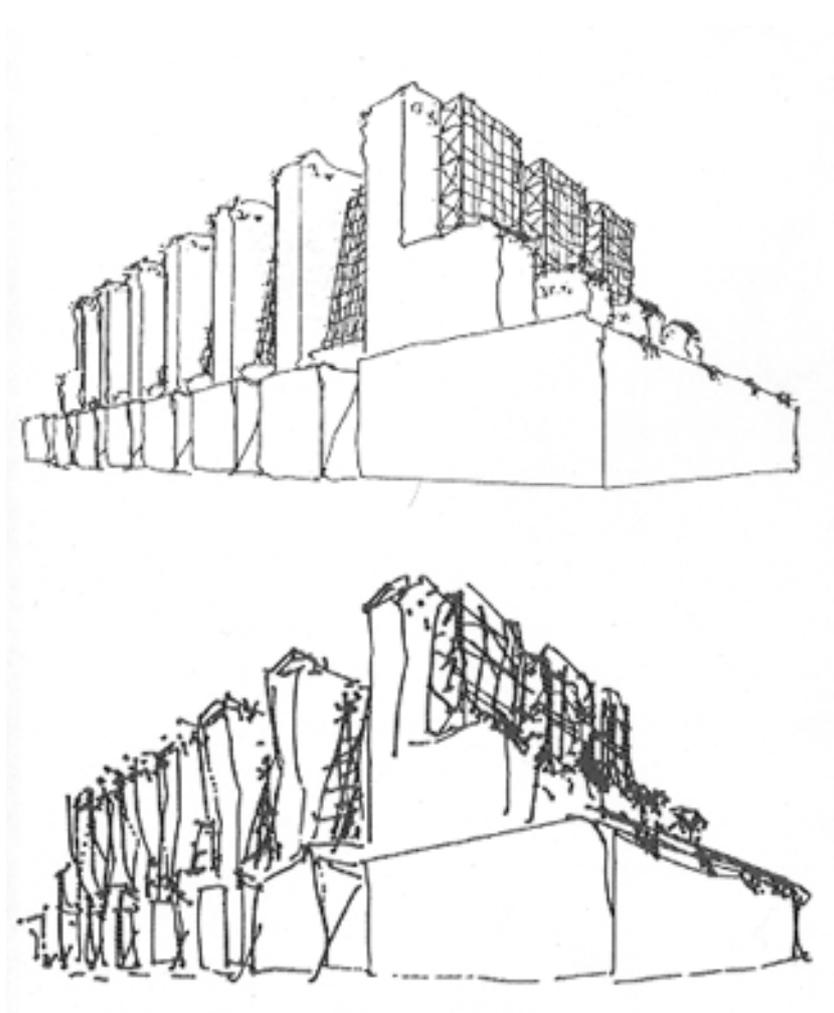


Abb. 40 Mittels wackliger Plotterlinie erzielten "Handzeichnungen".

Bei der Darstellung ist schließlich zwischen *Einzelbild* und *Animation* - eine Abfolge von Einzelbildern - zu unterscheiden. Bei einer Animation sind für einen reibungslosen Bewegungsablauf 25 Bilder/sek. oder mehr erforderlich, wobei die Objekte statisch oder bewegt dargestellt werden können. Bei weniger als 16 Bildern/sek. muß mit einer holprigen Darstellung gerechnet werden. Ohne

Reduktion der Ansprüche führt die begrenzte Leistungsfähigkeit (z.B. Massen- und Hauptspeicher) des Rechnersystems zu nichtendenwollenden Rechenzeiten. Insgesamt kann die Tendenz wahrgenommen werden, daß viele "Effekte" bis zu einem gewissen Grad dem Durchschnittsverbraucher zugänglich gemacht werden. Die Konzentration auf diese Effekte führt manchmal dazu, daß die eigentlichen Inhalte in den Hintergrund gedrängt werden.

2.6.1 Hardware-Erfordernisse

Den hohen Investitionen steht eine rasche Wertminderung der Hardware gegenüber. Hinzu kommt das Phänomen eines ständigen Preisverfalls, wobei umgekehrt die Anforderungsprofile im Gleichschritt angehoben werden. So ist beispielsweise ein ständig steigender (Haupt-) Speicherbedarf zu verzeichnen. Es ist deshalb schwer, eine Minimalkonfiguration zu definieren. Am Reißbrett ist die Zeichenfläche unvergleichbar größer als am Bildschirm. Außerdem ist auch eine intensive Einschulung sowie eine ständige Auseinandersetzung und Weiterbildung unumgänglich.

Bei der räumlichen Ausstattung sollte vor allem der Lichtgestaltung am Arbeitsplatz und der Aufstellung von Hardware-Komponenten besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Ein lärmender Ventilator kann auf die Dauer als störend empfunden werden. Reflexionen von Lichtquellen auf die Bildschirmoberfläche können und sollten vermieden werden. Auf die besondere Eignung von indirektem Kunstlicht muß hingewiesen werden. Ebenfalls sollte auf Blendung durch Aufstellung des Bildschirms vor einem allzu hellen Hintergrund (z.B. am Fensterband) verzichtet werden. Durch Berücksichtigung ergonomischer Aspekte kann die Ermüdung bei mehrstündiger Bildschirmarbeit erheblich gesenkt werden.

Betrachtungen über die Vor- und Nachteile verschiedener Betriebssysteme würden über den Rahmen dieser Abhandlung hinausgehen. Jedenfalls sollte auf die Kommunikationsfähigkeit großer Wert gelegt werden, wobei eine Vernetzung einzelner Komponenten auch im Hinblick auf die gemeinsame Nutzung von EDV-Ressourcen (z.B. file sharing) das um und auf darstellt. Die jeweilige Übertragungsgeschwindigkeit bedingt, ob bloß Daten ausgetauscht werden, oder auch Softwareprodukte über das Netz genutzt werden können. Ein *file-server* für die Ablage und Datenspeicherung kann dabei als Treffpunkt der verschiedenen Betriebssysteme fungieren. In diesem Sinne kann auch die gemeinsame Nutzung von Ein- und Ausgabegeräten ins Auge gefaßt werden. Nahezu alle Ausgabegeräte (Plotter, Laserdrucker etc.) lassen sich mittels eines *servers* über ein Netzwerk ansteuern. Bei Eingabegeräten wie z.B. Scanner

muß die Vorlage nichtdestotrotz vor Ort hingelegt werden.

Es stellt sich die Frage, auf welche Weise ein fertiges Computerbild oder eine Computeranimation vermittelt werden kann. Manchmal erscheint es, als wäre eine Präsentation ohne Hardware nicht möglich. Als einfache Lösung bietet sich Abfotografieren oder -filmen des Bildschirms an. Die dabei erzielte Qualität ist von der Auflösung des Bildschirms abhängig, wobei geringe Verzerrungen durch die gekrümmte Bildschirmoberfläche entstehen. Die hochauflösende Diabelichtung liefert im allgemeinen bessere Ergebnisse, verlangt aber eine relativ hohe Grundinvestition. Farbdrucker bzw. Farbkopierer mit Spezial-Interface können ebenfalls verwendet werden, wobei allerdings das Ausgabeformat in der Regel auf maximal DIN-A3 beschränkt ist. Die Verbindung des Computers mit Video-Komponenten hat an Bedeutung gewonnen. Mit einer Digitalisierungskarte können analoge Videosignale in digitale Computerbilder umgewandelt werden und umgekehrt. Ein Videobeamer und (farbiges) Overhead-Display sind vor allem bei Instruktionen sehr nützlich, da ein Bildschirm für Demonstrationen vor größeren Gruppen bald zu klein ist.

2.6.2 Fallbeispiele der digitalen Bildbearbeitung

Während die Bildverarbeitung die Digitalisierung verschiedenster Bildquellen umfaßt, bezieht sich die Bildbearbeitung auf die nachträglichen Bearbeitungsvorgänge, wie z.B. Ergänzung, Montage und Retouche. Reale und künstlich erzeugte Bildquellen lassen sich gemeinsam bearbeiten. In diesem Zusammenhang muß an eingescannte fotografische Vorlagen, digitalisierte Videoframes (Endo-Aufnahmen), Vorlagen aus Bilddatenbanken (Photo-CD, CD-Rom) und computergestützte Darstellungen gedacht werden. Angesichts des Arbeitsaufwands beschränkt sich die Bearbeitung vorwiegend auf Einzelbilder. Als Bildbearbeitungssoftware bietet sich *Photoshop*TM von Adobe Systems an, welche unter verschiedenen Betriebssystemen funktioniert.

Es steht eine vielfältige Auswahl an *Werkzeugen*, *Bildmanipulationsfiltern* und *Plug-ins* zur Verfügung. Mittels eines *Plug-ins* kann z.B. ein Videoframe ohne Umweg über ein Zwischenprogramm digitalisiert werden oder auch ein Diascanner direkt angesteuert werden. Zu den *Malwerkzeugen* gehören Pinsel, Buntstift und Airbrush, welche für zeichnerische Ergänzungen und Korrekturen eingesetzt werden können. Verschiedene *Auswahlwerkzeuge* unterstützen die Markierung von Bildbereichen zwecks Durchführung spezifischer Arbeitsvorgänge. So können ausgewählte Bereiche (perspektivisch) verzerrt, skaliert, geneigt oder multipliziert und bei Bedarf an eine andere Stelle oder überhaupt in ein anderes Bilddokument transferiert werden. Der entsprechende

Einsatz dieser Werkzeuge ist nützlich, um z.B. "eingescannte Menschen" im richtigen Größenverhältnis zu den dargestellten Objekten zu positionieren. Oftmals benutzte Bildelemente, wie z.B. Menschen, vegetative Elemente, Bauteile etc., können zum Aufbau einer "Bibliothek" führen.

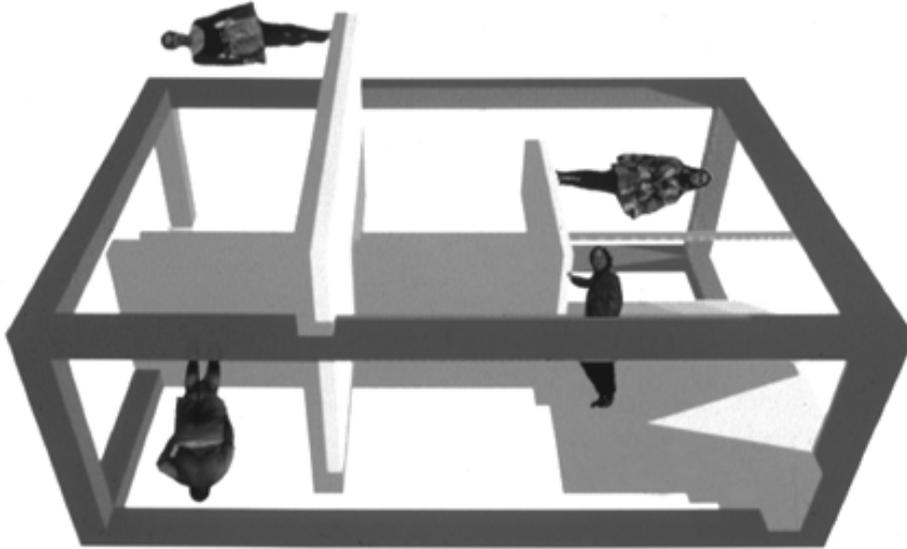


Abb. 41 "Raum für Antipodos" mit eingescannten Menschen.

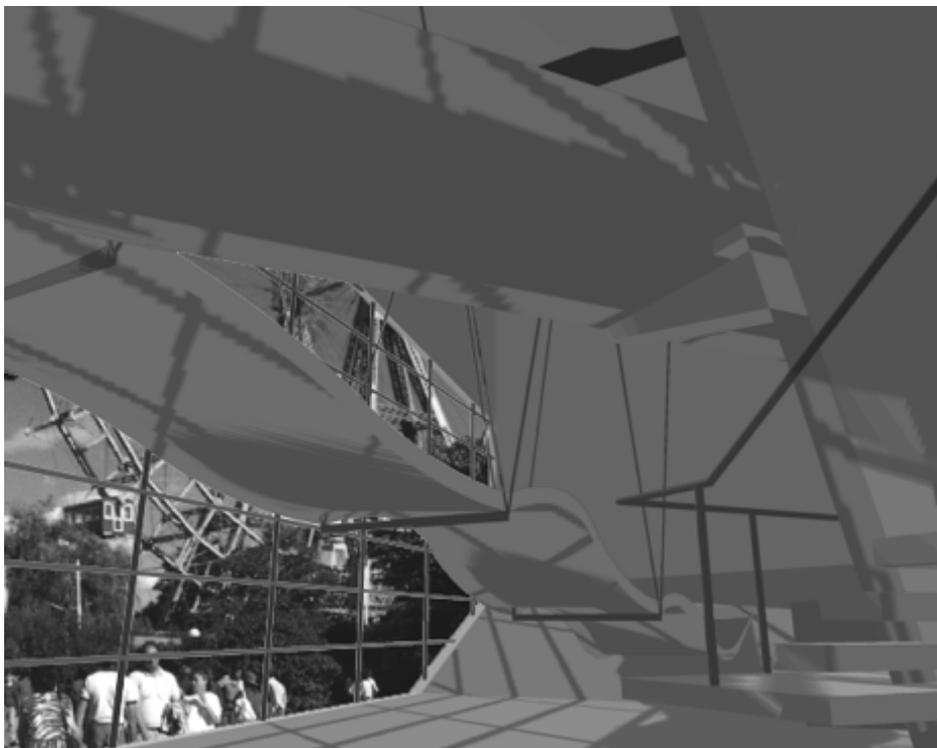


Abb. 42 Die Montage von Bildquellen.

Anhand eines weiteren Beispiels soll der Einsatz verschiedener *Bildmanipulationsfilter* demonstriert werden (Abb. 43-45).

Die im digitalisierten Endo-Videobild hardwaremäßig bedingt vorhandene Unschärfe wurde zunächst mit dem Filter "Scharfzeichnen" gemildert. Dann folgte eine Vervollständigung der Aufnahme, weil das Gelände des aufgenommenen Modells zu klein war. Zu diesem Zweck wurden vorhandene Bildteile, wie z.B. die Wasserfläche, dupliziert. Denkbar wäre auch hier eine weitere Ergänzung mit eingescannten menschlichen Figuren, welche skaliert und positioniert werden. Weiters kam noch der sogenannte "Facettenfilter" zur Anwendung: durch flächige Zusammenfassung benachbarter Pixel entsteht ein malerischer Effekt, wobei die Unschärfe nochmals überspielt wird.

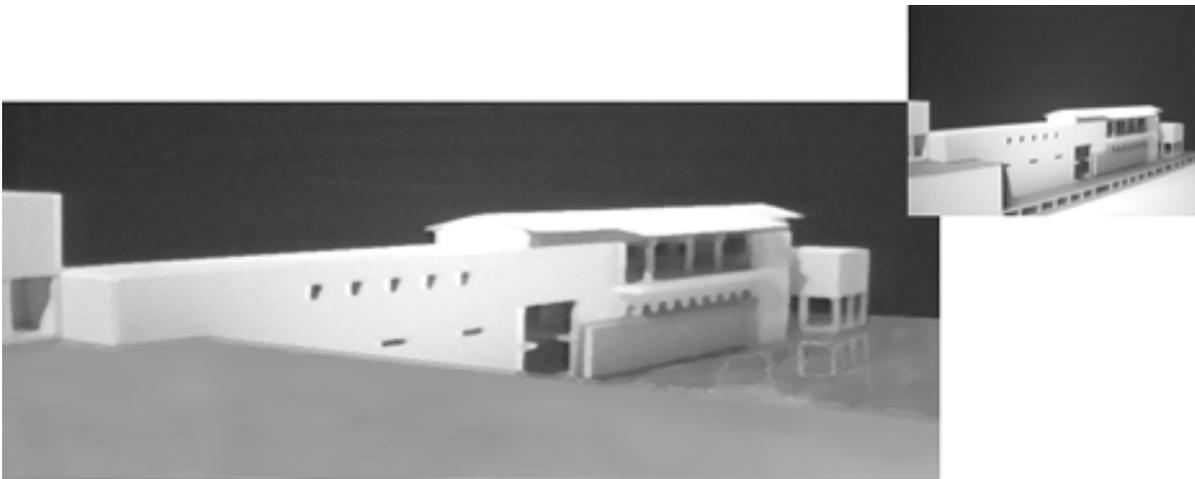


Abb. 43 Das Ergebnis der bildbearbeitenden Vorgänge.

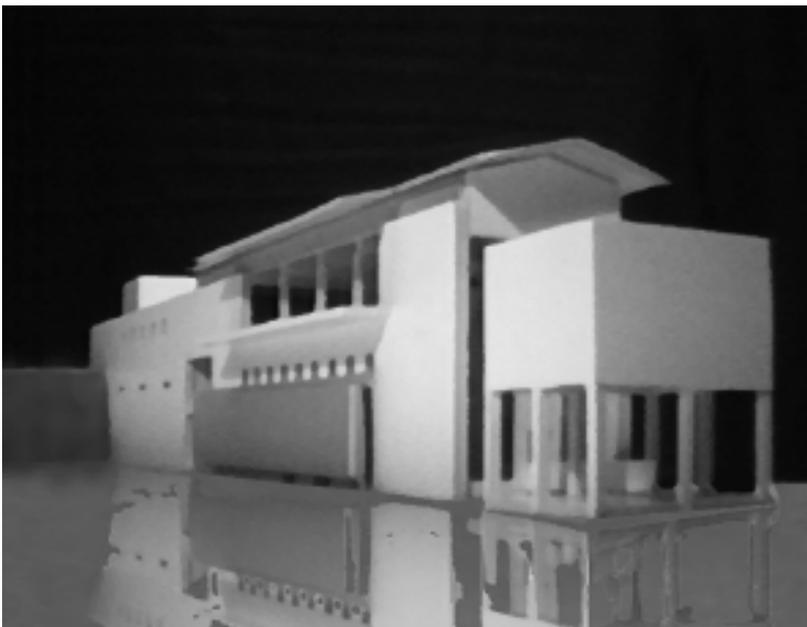


Abb. 44 Bearbeitetes Endobild mit spiegelnder Wasserfläche.

Bei der zweiten Aufnahme vom gleichen Modell (Abb. 44) stellt sich die Frage, wie die Spiegelung des Gebäudes im Wasser zustande kam. Zu diesem Zweck wurden die notwendigen Gebäudeteile mit dem Werkzeug “Zauberstab” selektiert und in ein zusätzliches Dokument kopiert. Nach einer vertikalen Rotation erfolgte die Einblendung der gespiegelten Bildinformation in das ursprüngliche Dokument unter entsprechender Verzerrung der Spiegelung. Anhand der *Montagekontrolle* wurde die Deckung (Transparenz) auf ca. 70% reduziert. Eine weitere Bildvariante (Abb. 45) wurde mittels der *Tonwerttrennung* erstellt.

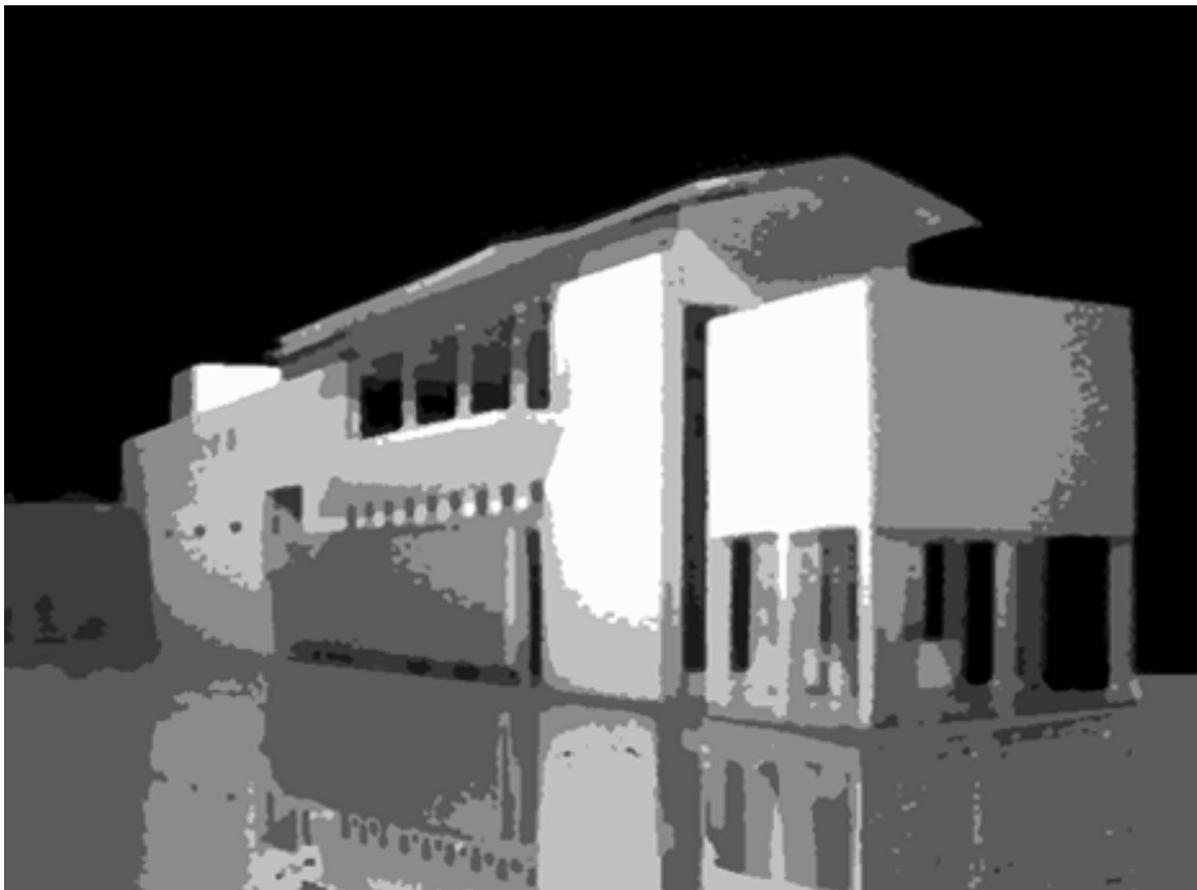


Abb. 45 Bildvariante des “Eßtempels” mit Tonwerttrennung.

Es bedarf keiner weiteren Erklärung, daß mit den gezeigten Beispielen die gesamte Leistungspalette der vorhandenen Werkzeuge und Bildmanipulationsfilter keineswegs vollständig aufgezeigt werden konnte.

2.7 Kombinationen zwischen Simulationstechniken

Durch die kapitelweise Betrachtung der einzelnen Simulationstechniken könnte der Eindruck entstanden sein, daß Kombinationen zwischen den Techniken untereinander kaum gegeben sind. Wenn man jedoch die ausgewählten Techniken hinsichtlich ihrer Integrationsmöglichkeiten untersucht, zeigt sich ein Potential an denkbaren Verknüpfungen. Diese werden einzeln mittels Kurzbeschreibungen erläutert.

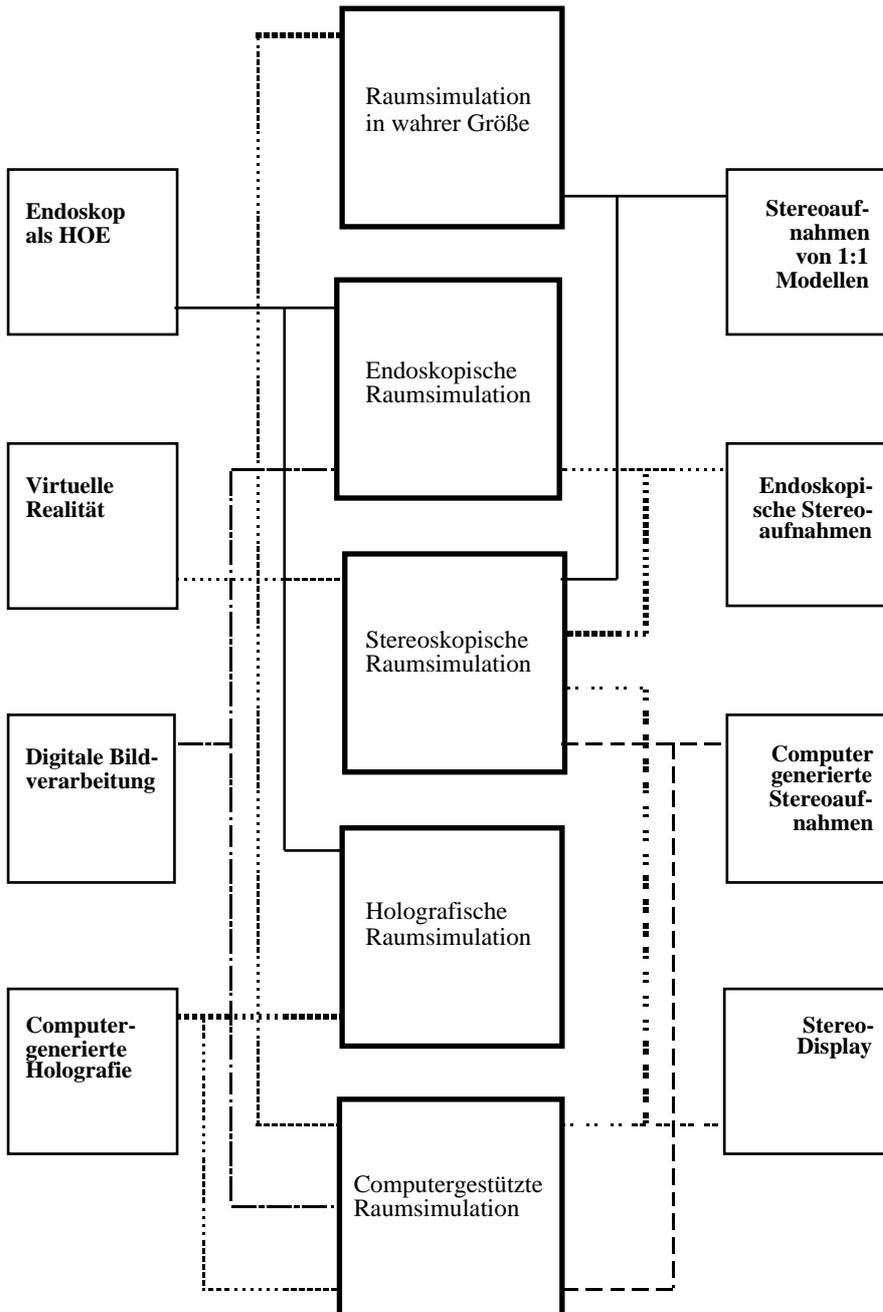


Diagramm 2 Schematische Darstellung potentieller Kombinationen zwischen Simulationstechniken.

Endoskop als HOE

Obwohl optische Instrumente vorläufig noch nicht durch Holografisch-Optische-Elemente (HOE) ersetzt werden, müssen die kostengünstige und einfache Vielfältigkeit bzw. die geringen Abmessungen des HOE als Vorteil gewertet werden. Die eventuelle Entwicklung des Endoskops als HOE bei der Architekturdarstellung wurde bislang keiner Untersuchung zugeführt.⁷⁹ Das Hauptproblem stellt die Lichtschwäche der endoskopischen Optik bei der Aufnahme dar. Die Praktikabilität des HOE während der Rekonstruktion ist dadurch ebenfalls in Frage gestellt.

Virtuelle Realität (VR)

Wenn die Eingabe des 3D-Computermodells in einer beliebigen Systemumgebung abgeschlossen ist, kann dieses mittels eines Datenaustauschformats abgespeichert und in ein *Virtual-Reality-Kit* importiert werden. Bei der Wiedergabe wird die stereoskopische Echtzeitdarstellung einschließlich Reaktion auf den sich ständig ändernden Blickwinkel und die Position des Betrachters im *Cyberspace* ermöglicht. Dem *Cyberonaut* wird der Eindruck vermittelt, er bewege sich im virtuellen Raum, wobei er durch eigenes Handeln seinen Weg im Raum bestimmt. Dreht der Betrachter sein Haupt nach rechts - Bewegungen von 360° sind möglich - verändert sich das Umgebungsbild im gleichen Sinne, da diese Bewegungen von einem Sensor empfangen und weiterverarbeitet werden. Eine VR-Installation besteht aus einem oder auch mehreren leistungsfähigen Graphikrechnern. Dazu kommen Peripheriegeräte wie *Datenhandschuh*, *EyePhone-Helm* mit Farb-LCD's und *head-tracking-sensor*. Obwohl mehrere *Cyberonauten* gleichzeitig im virtuellen Modell "spazierengehen" können, ist der Bewegungsradius in der VR-Praxis eingeschränkt. Die VR stellt in der Architekturproduktion eine zusätzliche Betrachtungsmöglichkeit eines bereits generierten 3D-Modells dar, ohne daß mit Materialeinsatz ein aufwendiges physisches Modell gebaut werden muß. Die erforderliche VR-Ausstattung muß nicht unbedingt am Arbeitsplatz verfügbar sein, sondern könnte bei Bedarf als Dienstleistung zugekauft werden. Bei Anwendung eines Virtual-Reality-Kits scheint es sinnvoll, bestimmte Beschränkungen einzubauen. So könnte beispielsweise dem Betrachter die Möglichkeit gegeben werden, "nur" am Boden mit dem Empfinden der Schwerkraft herumzuspazieren und das virtuelle Modell nicht aus der Vogelflugperspektive zu betrachten. Raumabschlüsse wirken noch nicht wie "echte" Begrenzungen, solange man durch eine Wand spazieren kann. In Hinblick auf die begrenzte Leistungsfähigkeit ist die Darstellung von z.B. Texturen mittels

⁷⁹ Die Entwicklung der *Endoholografie* im Bereich der Medizin wird von Marc Friedman, Hans Bjelkhagen und Max Epstein im Artikel "Endoholografie in Medicine" (*Journal of Laser Applications*, Fall 1988, S. 40-44) beschrieben.

texture mapping nur beschränkt möglich. Es wird intensiv an der Weiterentwicklung von VR-Anlagen gearbeitet; der vermehrte Einsatz hängt vom Angebot kostengünstigerer Ausrüstungen ab.

Digitale Bildbearbeitung

Die Kombination von endoskopischen und sonstigen Bildquellen wurde bereits in Kapitel 2.6.2 erörtert. Die analoge Video-Endoskopie läßt sich problemlos mit der digitalen Bildbearbeitung verbinden. Dies ist auch deshalb von Bedeutung, weil die Schärfe des endoskopierte Bildes zu wünschen übrig läßt.

Computergenerierte Holografie

Die Technik der holografischen Stereogramme wurde bereits in Kapitel 2.5.1 erörtert. Bei der computergenerierten holografischen Darstellung auf der Grundlage eines 3D-Computermodelles wird ähnlich vorgegangen. Hier ist eine leistungsfähige grafische Workstation für die Darstellung der vielen Einzelbilder Voraussetzung. Das 3D-Computermodell kann im übrigen wie gewohnt modelliert werden; das Hologramm entsteht in der Folge wie ein Nebenprodukt.

Stereoaufnahmen von 1:1 Modellen

Diese Kombination dient dem Zweck der Dokumentation. Für die Aufnahmetechnik wird auf Kapitel 2.4.1. verwiesen (siehe Bild 4 und 6 in Beilage I).

Endoskopische Stereoaufnahmen

Die Erstellung von stereoskopischen Endoskopieaufnahmen (sowohl als Einzelbild als auch als Animation) bildet ein nahezu unbearbeitetes Forschungsfeld. Das Hauptproblem ist dabei die vollkommene Schärfe, welche für Stereo-Aufnahmen erforderlich ist. Bei nicht-bewegten Objekten kann das Verfahren der *Parallelverschiebung* von Kamera und starrem Endoskop angewendet werden. Der Aufwand wird bei der stereoskopischen Endo-Aufnahme von bewegten Objekten bedeutend größer, da zwei Endoskope angeschafft werden sollten. Denkbar wäre hier die Verbindung zweier starrer Endoskope mit einer Stereokamera jeweils über einen Adapter. Die stereoskopische Betrachtung erfolgt im Sucherbild. Der Basisabstand muß mit vorgelagerten Spiegelementen von 65 mm auf max. 15 mm reduziert werden. Dennoch wird das gesamte Instrument inzwischen so groß geraten sein, daß kaum noch in die Modelle hineingefahren werden kann. Dieser Nachteil kann zweifellos mit zwei flexiblen Endoskopen behoben werden. Trotz der Verdopplung mit verstellbarer Basis ist nun die Erreichbarkeit von Innenräumen im Modell gegeben. Es wird jedoch nicht einfach sein, zwei in optischer Hinsicht identische starre oder flexible Endoskope zu beschaffen.

Computergenerierte Stereoaufnahmen (statisch)

Ein stereoskopisches Bilderpaar kann auf einfache Weise computergestützt generiert werden. Zunächst gilt es den Basisabstand präzise zu ermitteln, wobei erfahrungsgemäß die meisten Fehler auftreten. Es bedarf keiner weiteren Erklärung, daß beide Halbbilder unter den gleichen Bedingungen generiert werden müssen. Die Stereomontage und -betrachtung erfolgt wie zuvor in den Kapiteln 2.4.2 und 2.4.3. beschrieben (siehe Bild 2 in Beilage I).

Stereodisplay (dynamisch)

Diese Kombination ist auch als *LCD-Brille* bekannt. Der Bildschirmaufbau des linken und rechten Halbbildes erfolgt im Gleichschritt mit der Bildschirmfrequenz, wobei abwechselnd das linke und das rechte LCD undurchsichtig wird. Durch diese rasche Abwechslung kommt ein stereoskopischer Eindruck zustande. Die Abfolge findet also vor dem Bildschirm statt, wobei der Betrachter allerdings durch Mausbewegungen eigenständig sein Modell “erleben” kann; je nach Leistungsfähigkeit der Hardware werden also “walk-throughs” in Echtzeit generiert. Der Nahbezug zur computergenerierten Stereoaufnahme ist leicht nachvollziehbar und Verbindungen zur *virtuellen Realität* sind offensichtlich, da im *EyePhone-Helm* beim VR-Kit abgewandelte Stereodisplays verwendet werden. Wenn das Zusammenspiel von Hard- und Software in Zukunft auch im “Low-End-Bereich” optimiert wird, sind dieser Applikation breite Einsatzmöglichkeiten besichert.

3. Anwendungsbereiche in Lehre, Forschung und Praxis

In diesem Kapitel wird die Anwenderseite einer näheren Betrachtung unterzogen. Bei einer diesbezüglichen Bestandsaufnahme stellt sich zunächst die Frage, welche Ausstattung für Aufgaben auf dem Gebiet der räumlichen Simulation zur Verfügung steht und wie diese in der Folge tatsächlich zum Einsatz gelangt. Durch eine solche Erhebung wird die Möglichkeit geschaffen, die räumlichen Simulationstechniken, wie in Kapitel 2 dargestellt, auf ihre Vollständigkeit zu überprüfen und gemäß den erhobenen Nutzeranwendungen zu gewichten. Weiters wird untersucht, welche Tätigkeitsschwerpunkte sich im Zuge der Anwendung herauskristallisiert haben. Die Erhebung betreffend den kombinierten Einsatz bzw. die Integration von Simulationstechniken ("Multimedia") erfolgt unter besonderer Berücksichtigung des Fachgebietes der Architektur. Mittels dieser Umfrage wird also der Versuch angestellt, die "State of the Art" auf dem Gebiet der räumlichen Simulation empirisch festzustellen und dabei einmalige Daten, welche in der Auswertung Querverbindungen ermöglichen, zu erfassen. Die Untersuchung beschränkt sich auf Anwender aus dem akademischen Umfeld, wobei ein Großteil der Befragten Mitglied einer auf einem Teilgebiet der räumlichen Simulation tätigen wissenschaftlichen Organisation ist.

3.1 Konzeption der Umfrage

Im Hinblick auf die Tätigkeitsbereiche erscheint es zunächst sinnvoll, eine grobe Unterscheidung zwischen universitären Institutionen ("Architekturausbildungsstätten") und privatwirtschaftlichen Unternehmen ("Architekturbüros") zu treffen. Allerdings bietet der akademische Bereich eine ausreichende Vielfalt von Anwendern. Die Bandbreite reicht vom reinen Anwender bis zum Erfinder. Eine Ausdehnung des Befragtenkreises auf den privatwirtschaftlich organisierten Bereich hätte wäre über den Rahmen dieses Projektes hinausgegangen. Darüberhinaus sollte auch die Tatsache in Erwägung gezogen werden, daß universitäre Arbeiten nicht im gleichen Maße den Aufwand-Nutzen-Beschränkungen unterliegen wie Arbeiten im privatwirtschaftlichen Bereich. Die vielzitierte Freiheit von Lehre und Forschung kommt dabei zum Tragen.

Im akademischen Bereich wurden für manche Teilgebiete der Architektur, der Umwelt und des Designs wissenschaftliche Organisationen gegründet. Obgleich Kommunikationsmöglichkeiten wie z.B. e-Mail und FTP-Datenaustausch via Internet schon längst als Gemeingut bezeichnet werden können, ist der Bedarf an persönlichen Kontakten nachwievor gegeben. Nachfolgende Organisationen⁸⁰ sind in Zusammenhang mit räumlicher Simulation von Bedeutung:

- Environmental Design Research Association (EDRA / 1968)
- Association for Computer-Aided Design in Architecture (ACADIA / 1980)
- Education in CAAD in Europe (ECAADE / 1983)
- European Full-Scale Modelling Association (EFA / 1986)
- European Architectural Endoscopy Association (EAEA / 1992)

Um an die für die Bestandsaufnahme notwendigen Informationen über die Nutzeranwendungen auf diesem Gebiet zu gelangen, wurde die Umfrage mit dem Titel "Anwendungsbereiche räumlicher Simulationstechniken in der Architektur" entwickelt.⁸¹ Der Fragebogen (siehe dazu Muster in Anhang I) wurde für eine postalische Befragung konzipiert und setzt sich aus insgesamt 17 offenen bzw. geschlossenen Fragestellungen zusammen. Im Strukturgerüst der Umfrage werden nachfolgende Themenbereiche abgedeckt:

- Erhebungen zur technischen, räumlichen und personellen Ausstattung;
- Daten zu Investitionen, Drittmittelprojekten und Kooperationen;
- Fragen zur Integration und Bewertung der Einsatzbereiche;
- Gedanken zu mittel- und langfristigen Entwicklungen.

Auf der Grundlage der deutschsprachigen Fassung wurde eine englischsprachige Version erstellt, da eine Beschränkung auf den deutschsprachigen Raum allein nicht sinnvoll erschien. Die Umfrage wurde auf zwei doppelseitig bedruckten A3-Blättern erstellt und anschließend durch Faltung zum Format A4 zurückgebracht.

Parallel dazu verlief der Aufbau einer Adressenkartei bestehend aus 480 Anschriften innerhalb und 130 Anschriften außerhalb des deutschsprachigen

⁸⁰ Diese Auflistung kann keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Weitere Informationen und jeweilige Zielsetzungen sind im Anhang II enthalten. Auch kleine Organisationen wie z.B. EFA und EAEA sind von Bedeutung, da sie den Gedankenaustausch auf persönlicher Ebene in verstärktem Maße begünstigen.

⁸¹ Dem Wissen des Verfassers nach wurden bislang keine solche Untersuchungen durchgeführt.

Raumes. Die Daten wurden öffentlich zugänglichen Nachschlagewerken wie z.B. Mitgliederverzeichnissen entnommen. Von Anfang an war evident, daß ohne Mithilfe von Anwendern, welche an Architekturausbildungsstätten oder verwandten Institutionen tätig sind, an einschlägige und aktuelle Informationen praktisch nicht heranzukommen ist. Deshalb orientiert sich der Adressenbestand an den bereits genannten wissenschaftlichen Organisationen; darüberhinaus wurden auch die Dekane von Architekturfakultäten angeschrieben. Den Befragten wurden im Begleitschreiben folgende Motive dargelegt: "In einer Zeit, welche von wachsender "Architekturkritik" ebenso gekennzeichnet ist wie von Ohnmacht der namenlosen Nutzer, gewinnt der Kommunikationsprozeß zwischen Auftraggebern, Planern und Nutzern stark an Bedeutung. Ob die Kommunikation gelingt, hängt vielfach nicht nur von der Qualität des Projektes, sondern auch von der Art der Vermittlung - etwa der Visualisierung oder Modelldarstellung - ab. Die Umfrage trägt diesem Umstand Rechnung. (...) Dabei sollen grundlegende und vor allem auch aktuelle Informationen über entsprechende Anwendungsbereiche in Praxis, Lehre und Forschung erhoben sowie Experten über künftige Entwicklungen auf diesem Gebiet befragt werden. Der kombinierte Einsatz verschiedener Techniken soll ebenfalls einer eingehenden Betrachtung unterworfen werden. (...)".

Der Terminus "Multimedia" wird seit dem Ende der achtziger Jahren in zunehmendem Maße von der Computerwelt als ihre ureigene Erfindung für sich vereinnahmt. Wird Multimedia als ein Verbund von mehreren Medien unter bestimmten Zielsetzungen definiert, stellt sich sofort die Frage, ob diese Zielsetzungen auch explizit gemacht werden. Manchmal scheint es, als ob die Faszination für das holprige und sich eher undeutlich am Computerbildschirm bewegende Bild - nach Möglichkeit von Ton, Druckknöpfen und vielem mehr begleitet - eine Diskussion über die Zielsetzung gar nicht aufkommen läßt.

3.2 Aspekte zur Durchführung

Der Modus einer persönlichen Befragung hat, was die Qualität der Aussage anbelangt, bestimmte Vorteile. So können beispielsweise Begriffsunschärfen vermieden und auch die Zielsetzungen interaktiv erläutert werden. Die geografischen Entfernungen im weltweiten Adressenbestand einerseits und die dafür erforderliche Reisezeit andererseits führten zwangsläufig zur Entscheidung für die postalische Befragung. Im Hinblick auf den gewählten Befragungsmodus stellte sich die Notwendigkeit eines Marketingkonzeptes heraus, um die Responsquote - d.h. die Zahl der erhaltenen Antworten im Verhältnis zur Gesamtzahl der Befragten - positiv beeinflussen zu können. Auch ohne diesbezügliche Maßnahmen könnte eine zufriedenstellende Responsquote zustande-

kommen, doch geht es darum, die eventuell Unentschlossenen nach dem Motto "Ich beteilige mich eher nicht an Umfragen, aber diese Befragung gefällt mir" zum Mitmachen zu motivieren. Trotz ausgezeichneter Präsentation und Einhaltung der "Regeln der Befragungskunst" kann es dennoch passieren, daß die Reaktion nicht zufriedenstellend ist. Grund kann hierfür sein, daß z.B. das Thema nicht "interessiert", oder die falschen Adressaten - also jene, die das Gebiet der Umfrage nicht oder kaum berührt - angesprochen wurden. Zu den begleitenden Maßnahmen bei dieser Umfrage zählten:

- Ein *Bleistift* mit dem Aufdruck "Ich zähle auf Dich" bzw. "I'm depending on you". Dieser Gegenstand ist ein typisches Werkzeug von Architekturschaffenden und etwas, das aller Wahrscheinlichkeit nach nicht sofort weggeworfen wird. Der Aufdruck kann außerdem mehrfach interpretiert werden: Wer zählt denn eigentlich auf wen?
- Ein *personalisiertes Begleitschreiben*, welches als Serienbrief unter Anwendung des aufgebauten Adressenbestandes erstellt wurde. In diesem Schreiben werden die Ziele der Umfrage erläutert und um Mitarbeit gebeten.
- Drei *selbstklebende Adressetiketten*, um die Retournierung zu erleichtern und eventuelle Fehler zu vermeiden. Die restlichen Etiketten könnten für eine spätere Kontaktnahme von Nutzen sein.
- Eine *Mappe*, die auf der Vorderseite mit der Abbildung "Der Mensch durchbricht das Himmelsgewölbe und erkennt die Sphären" (anonymer Holzschnitt um 1530) und den Adressdaten der befragenden TU-Stelle bedruckt war und die Möglichkeit bot, den Bleistift sichtbar aufzustecken sowie das Begleitschreiben und Fragebogen einzulegen.
- Ein *transparentes Kuvert*, damit die Mappe samt aufgestecktem Bleistift nach Erhalt sofort die Aufmerksamkeit des Empfängers erregt. Ein Kunststoffkuvert findet in der heutigen Zeit nicht unbedingt Zuspruch. Daher wurden aus einem Transparentpapier angefertigte Kuverts eingesetzt. Dieses Papier könnte auch für Architekturzeichnungen verwendet werden, wodurch ein thematischer Anschluß gewährleistet ist.
- Ein *personalisierter Reminder*, welcher mit dem gleichen Motiv wie die Mappe versehen wurde, um jene Adressaten, welche nach dem genannten Einsendeschluß noch nicht reagiert hatten, nochmals auf die Befragung aufmerksam zu machen. Das Rücksendeblatt des Reminders hatte außerdem weitere Funktionen: die Richtigstellung einer Adressangabe oder

auch die Erfassung jener Adressaten, welche sich über den Inhalt aufgeregt hatten und mittels "Boykott" reagierten. So bestand nun die Möglichkeit sich doch zur Sache äußern zu können, ohne an der Befragung teilzunehmen.

Durch diese begleitenden Maßnahmen sollte die Aufmerksamkeit für die Umfrage erhöht werden (Fragebögen bzw. Erhebungen stoßen in der Regel nicht auf allzu großes Verständnis). Wichtigster Bestandteil bleibt nachwievor die Umfrage selbst, damit anfängliches Interesse nicht durch Enttäuschung abgelöst wird. Die Tatsache, daß man die Adressaten zu einem Thema sinnvollerweise nur einmal auf gleiche Weise innerhalb einer gewissen Zeitspanne befragen kann, hat zur Folge, daß die Sache "auf Anhieb" klappen muß.

3.3 Auswertung der Informationen

Der Fragebogen wurde schließlich von 39 Befragten innerhalb und 137 außerhalb des deutschsprachigen Raumes, d.h. also von insgesamt 29 % der Befragten, ausgefüllt.⁸² Dieses Ergebnis ist rein quantitativ betrachtet bereits sehr zufriedenstellend, wenn man bedenkt, daß die Rücklaufquote bei einer schriftlichen Befragung erfahrungsgemäß bei rund 10% liegt. Die Fragebögen wurden aus insgesamt 29 verschiedenen Ländern retourniert, wobei der Hauptanteil auf die USA, gefolgt von Deutschland und Großbritannien, entfällt. 41 Prozent der Befragten deklarierte sich als ACADIA-Mitglied und ein Drittel als ECAADE-Mitglied (15% sogar sind Mitglied bei beiden Organisationen). Jeweils weniger als 5% der Befragten gaben eine Mitgliedschaft bei der EAEA, EFA oder EDRA an.

Einige Befragten überreichten den ausgefüllten Fragebogen sogar persönlich und nutzten gleichzeitig die Gelegenheit, um die Abteilung für räumliche Simulation an der TU-Wien zu besichtigen. Denjenigen, welche nach Ablauf des vermerkten Einsendetermins noch nicht reagiert hatten, wurden der Reminder samt Rücksendeblatt zugeschickt. Innerhalb des deutschsprachigen Raumes retournierten darauf 18 und außerhalb davon 61 Personen das Rücksendeblatt. Der wichtigste Grund für eine eventuelle Nichtbeteiligung war, daß der Befragte nicht mit räumlichen Simulationstechniken im Bereich der Architektur befaßt ist oder nach eigenen Angaben kaum signifikante Erfahrungen vorweisen konnte.

⁸² Durchführungszeitraum: Frühjahr-Sommer 1993.

Aufgrund der Mischung von offenen und geschlossenen Fragestellungen schien es zielführend, sowohl quantitativ als auch qualitativ auszuwerten. Die Antworten auf die offenen Fragen waren unterschiedlich ausführlich und wurden in einem Datenbestand zusammengeschrieben. Die erste Sichtung war nützlich für die Vorbereitungen betreffend die Auswertung der geschlossenen Fragen, insbesondere dort, wo die Befragten selbst weitere Unterpunkte definieren konnten (z.B. weil die vorgegebenen Kategorien an sich nicht ausreichten). Für die quantitative Auswertung wurde nun ein Kodierungsmuster erstellt, wobei die Dateneingabe im Tabellenkalkulationsprogramm *Excel* erfolgte. Der Datensatz wurde für die Berechnungen in das Statistikprogramm *SPSS* transferiert. Im Vordergrund stand dabei nicht sosehr das Bestreben, mehr oder wenig isolierte Quantitäten festzustellen (“wer hat wieviel wovon”) - obwohl ein erster Schritt die Feststellung der jeweiligen Häufigkeiten beinhaltet -, sondern vielmehr durch eine Filterung “Unsichtbares” zu visualisieren. Es bedarf keiner weiteren Erklärung, daß durch entsprechende Anwendung der statistischen Programmatur Verknüpfungen erstellt und “Schnittmuster” herausgefiltert werden können.

Bei der zweiten Sichtungsrunde wurden die zum Teil sehr ausführlichen Begleitschreiben und die “Ergänzungen und Anregungen” bearbeitet. Räumliche Simulation ist ein breitgefächertes und kompliziertes Arbeitsgebiet. Es fällt daher eher schwer, einfache Angaben zu machen. Mehrfach wird der Vorschlag gemacht, Begriffe zu erklären und Definitionen beizustellen. Hier kommt der Nachteil einer postalischen Befragung klar zutage, weil weitere Informationen für einige Befragten notwendig gewesen wären. Die Umfrage war dennoch für fachkundige Anwender (“Experten”) im akademischen Bereich konzipiert. Jene Anwender, die z.B. selber holografieren, wissen was “HOE” bedeutet (Holografisch-Optisches-Element). In Anbetracht der Tatsache, daß der Fragebogen mit 7 Seiten bereits sehr umfangreich ausgelegt war, hätten zusätzliche Erläuterungen den Rahmen gesprengt und vielleicht sogar andere Befragte entmutigt, sich zu beteiligen.

Einen weiteren Problembereich bildet die Zersplitterung von Einrichtungen an manchen Fakultäten und die damit zusammenhängende Teilzuständigkeit. Deshalb erfolgte die Beantwortung manchmal ausschließlich für das eigene Teilgebiet. Die in der zweiten Frage “Gibt es an Ihrer Universität eine Mediathek oder Medienstelle?” verpackte Formulierung zielte jedenfalls auf Multimedia ab. 63% der Befragten bejahen das Vorhandensein und 11% geben an, daß eine solche Einrichtung geplant ist. Die Formulierung hätte mit “Sind Medien so wichtig an der befragten Hochschule, daß eine Medienstelle eingerichtet oder fortgeführt wird?” ergänzt werden können. Daß Zusammenarbeit keineswegs ein Fremdwort ist, wird von den Angaben zur Frage hinsichtlich Kooperationen

zur Durchführung gemeinsamer Aktivitäten inner- oder außerhalb der Universität unterstrichen. 39 Prozent der Befragten beteiligten sich an 1 bis 3 und 23% sogar an mehr als 3 Kooperationen. Diese Tendenz kann gewissermaßen als Pendant zur Zersplitterung aufgefaßt werden. Obwohl 80% der Befragten angeben, nicht über andere Anwender räumlicher Simulationstechniken im akademischen Bereich ausreichend informiert zu sein (Frage 17), gibt es nicht entsprechend viele Vorschläge, um den Informationsfluß zu verbessern. Die Vorschläge können grob in drei Gruppen mit einer Responquote zwischen 9 und 17% gegliedert werden: "e-Mail/Newsgrupp", "Newsletter" und "Konferenz/Seminar".

3.3.1 Erhebungen zur Ausstattung

Zur Frage, welche technische bzw. räumliche Ausstattung für die Architekturdarstellung und -vermittlung zur Verfügung steht, waren Unterpunkte in fünf Kategorien (CAD-CAAD-CAI-...; Video-Endoskopie; Holografie; Stereofotografie und 1:1) gegliedert.⁸³ Es bestand jedoch die Möglichkeit, diese Angaben der eigenen Situation entsprechend zu ergänzen. So wurden die Kategorien "Stereofotografie" und "1:1" mehrmals auf "Modellfotografie" und "Modellbau (einschließlich 1:1)" ausgeweitet. In der sechsten - nicht näher vorgegebenen - Kategorie wurden Spezialeinrichtungen wie z.B. künstliche Sonne, künstlicher Himmel, Windtunnel und Klimazimmer angegeben. Die Kategorie "Video-Endoskopie" wurde mit den Formaten Video-8, Betacam-SP und Still-Video ergänzt.

In der Kategorie "CAAD-CAD-CAI-..." wurden die meisten Unterpunkte angekreuzt (Diagramm 3). Die offensichtliche Vorherrschaft dieser Kategorie überrascht keineswegs. Die Betriebssysteme MS-DOS, Apple (MacOS) und Unix stehen 78% bzw. 66% und 46% der Befragten zur Verfügung. Eine Auswertung betreffend den Einsatz aller drei Systeme zeigt, daß dies bei 31 Prozent der Befragten der Fall ist. Man sollte allerdings bedenken, daß es sich hier nicht um ein Vergleich mit absoluten Gerätezahlen handelt. Die Auswertung hinsichtlich Software zeigt ähnliche Tendenzen: 2D/3D (90%), Graphik (85%), Rendering (76%) und Multimedia (56 %). Die Verknüpfung der Unterpunkte Rendering, Multimedia und 2D/3D ergibt einen Schnitt von

⁸³ Bei der Beantwortung müssen gewisse Unschärfen in Kauf genommen werden, welche vor allem durch die gemeinsame Nutzung von Geräten und Räumen ("Pooling") verursacht werden. Die gemachten Angaben dienen dennoch sehr wohl als Indikatoren, um gewisse Tätigkeiten bzw. Schwerpunkte orten zu können. Jene Unterpunkte in den 6 Kategorien, welche jeweils von weniger als 10% der Befragten angekreuzt wurden, werden nicht explizit besprochen.

54%. Mehr als die Hälfte der Befragten verfügen über Spezialperipherie wie z.B. Farbdrucker (62%), Farbscanner (53%) oder Video-in/out-Möglichkeiten (53%). Dagegen stehen Stereo-display und die Paintbox seltener zur Verfügung (11 bzw. 18%).

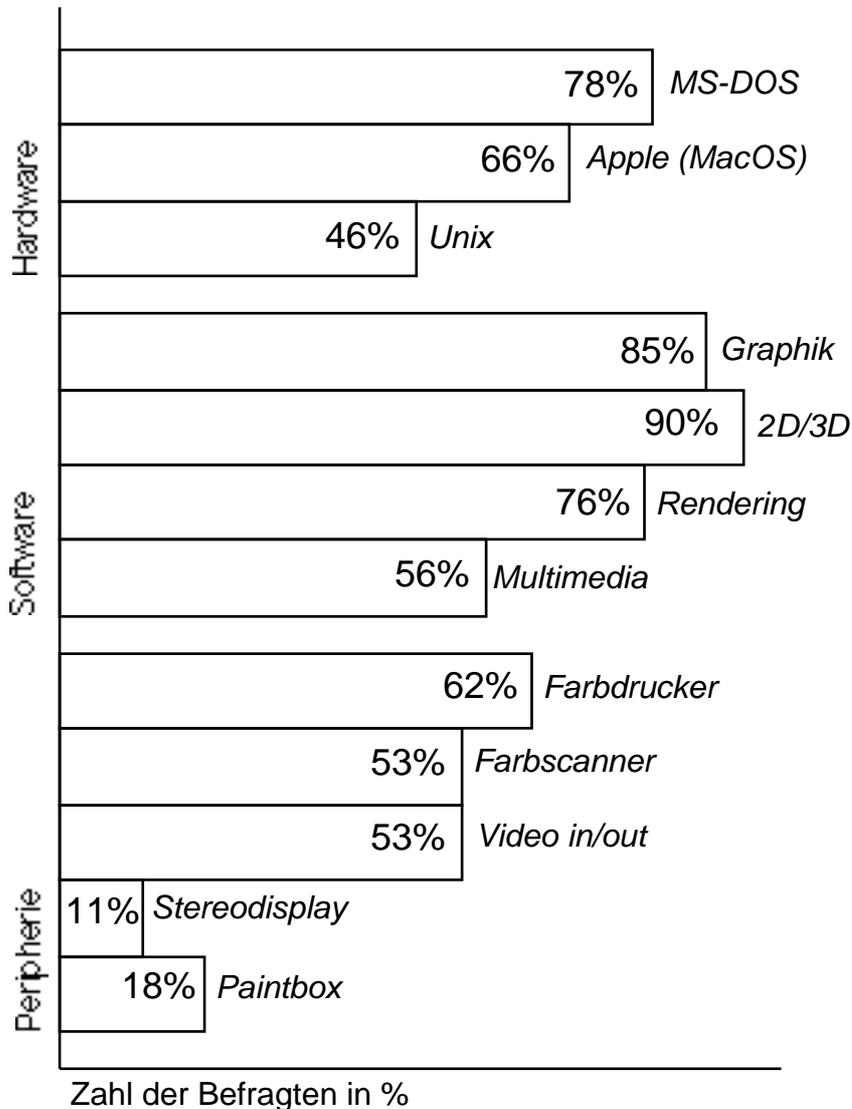


Diagramm 3 Technische Ausstattung in der Kategorie “CAD-CAAD-...”

Die Kategorie “Video-Endoskopie” lieferte interessante Ergebnisse (Diagramm 4). Das Endoskop steht 26% der Befragten zur Verfügung; die Hälfte davon verfügt auch über eine mechanische Installation (13%), um die Optik mit Peripherie durch ein Modell fahren zu können (Simulation der Bewegung). Bemerkenswert ist weiters das Ergebnis der Verknüpfung “Video in/out” (53%), ohne daß ein Endoskop vorhanden ist. Die Zahl von 42% der Befragten zeigt, welches Anwenderpotential hier brachliegt, das mit relativ geringen Investitionen (“Video in/out” für die Digitalisierung ist bereits da) in die Endoskopie einstei-

gen könnte. Obwohl das Endoskop als “Kernstück” in dieser Kategorie betrachtet werden sollte, wurden unabhängig davon Angaben über die Video-Installation gemacht. Demnach arbeiten 60% der Befragten mit dem VHS-Format, 22% mit dem S-VHS-Format und 13% mit U-Matic. Etwa die Hälfte der Befragten verfügt über einen Videocamcorder und 16% über eine Miniaturkamera; jeweils 30% haben eine Filmkamera oder Videoschnittanlage.

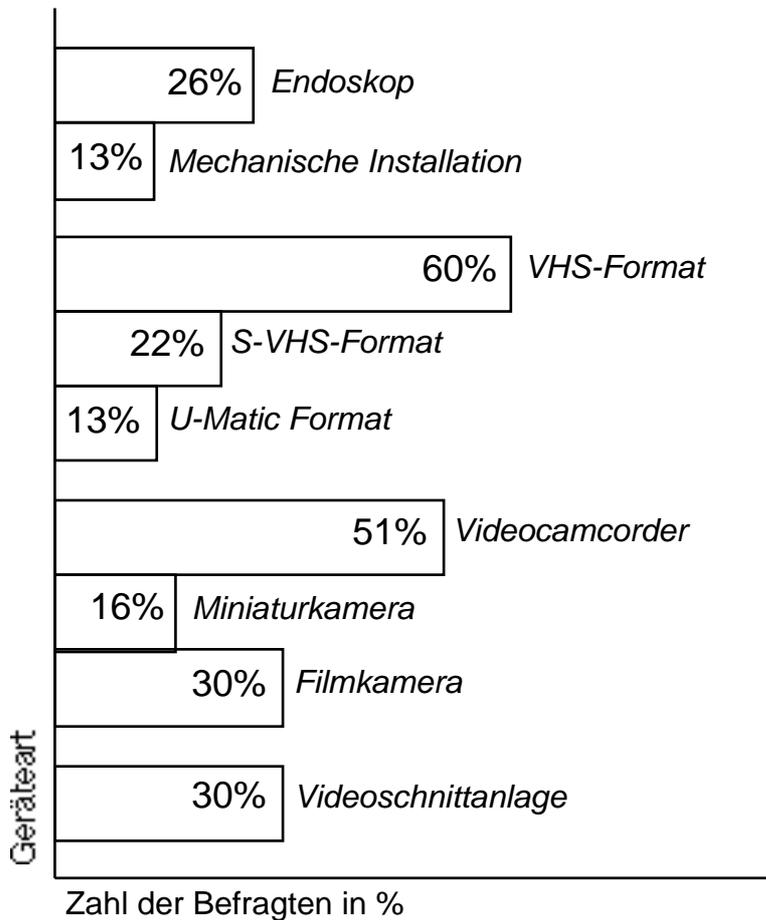


Diagramm 4 Technische Ausstattung in der Kategorie “Video-Endoskopie”.

In der Kategorie “Holografie” wurden keine signifikanten Angaben verzeichnet. Die Angaben in der Kategorie “Stereo-Fotografie” deuten ebenfalls nicht auf eine allzu intensive Beschäftigung der Befragten mit Stereoskopie hin. Die Tatsache, daß etwa ein Fünftel der Befragten über eine Fotokamera verfügt, läßt nicht den Schluß zu, daß damit Stereobilder aufgenommen werden. Man sollte auch bedenken, daß in beiden Fachgebieten bislang keine wissenschaftliche Organisation im Bereich der Architektur gegründet wurde. Somit ist es denkbar, daß die Umfrage einschlägige Anwender nicht erreichte. Ein Fünftel der Befragten bestätigt in der Kategorie “1:1”, über eine Werkstätte zu verfügen. Die Simulation in wahrer Größe kann in diesem Zusammenhang wie Modellbau in einem ganz besonderen Maßstab verstanden werden.

Im Hinblick darauf, daß das umfangreichste Datenmaterial, d.h. die geringste Zahl von Missing Values, in den Kategorien “CAD-CAAD-CAI-..” und “Video-Endoskopie” zu verzeichnen ist, wird von einer integralen Betrachtung der *räumlichen Ausstattung* aller 5 Kategorien Abstand genommen. Die gemischte Raumnutzung wird von jeweils 33% resp. 24% der Befragten angegeben; die Durchschnittswerte betragen 57 resp. 15 m² (Maximalwerte 300 resp. 400 m²). Die Mischung mit anderen Funktionen ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß die Implementation in vielen Fällen erst in den vergangenen zehn Jahren schrittweise in Gang kam (Planungs- und Durchführungszeiträume baulicher Maßnahmen nehmen bedeutend mehr Zeit in Anspruch wie die Anschaffung eines Gerätes). Die interpretierten Angaben stellen jedenfalls grobe Indikationen dar und sind mit Vorsicht zu genießen.

Bei der Erhebung zur *personellen Ausstattung* wurde vorgegeben, daß eine Planstelle in etwa der Arbeitsleistung von 38 Stunden pro Woche entspricht. Die errechneten Werte zeigen, daß 1,5 wissenschaftliche, 1,0 technische und 0,5 administrative Mitarbeiter für Aufgaben im Bereich der Architekturdarstellung zur Verfügung verstehen. Es ist anzunehmen, daß das wissenschaftliche Personal vermutlich öfters dazu veranlaßt ist, “artfremde” Tätigkeiten auszuführen und allgemeine Aufgaben im Bereich der Architekturlehre zu übernehmen hat.

3.3.2 Daten zur Investitionsplanung

Eine Erhebung in finanziellen Angelegenheiten verlangt Fingerspitzengefühl und kann leicht zu einer hohen Zahl an fehlenden Angaben führen. Bei der Frage, wie hoch die jährlichen Investitionen sind, welche durch externe Projekte (Auftragsforschung etc.) finanziert werden, wurde deswegen auf absolute Zahlen den Gesamtumsatz betreffend verzichtet.

Allfällige Nebenkosten, wie z.B. für die Raumadaptierung, waren außer Betracht zu lassen. In den Diagrammen 5 und 6 fällt die gleichmäßige Belegung besonders auf. Aus Diagramm 7 geht deutlich hervor, daß die Ausstattung nur zu einem geringen Teil extern finanziert wird. Es wäre bei einer weiteren Forschungsarbeit überlegenswert, die Wechselbeziehung von technischer, räumlicher und personeller Ausstattung als Gesamtsystem zu untersuchen.

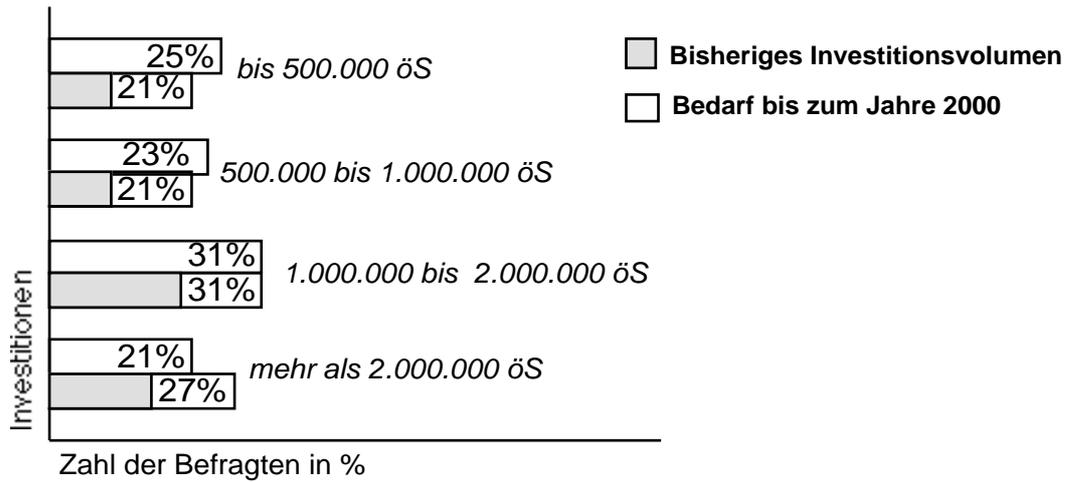


Diagramm 5 Bisheriges Investitionsvolumen und Bedarf bis zum Jahre 2000.

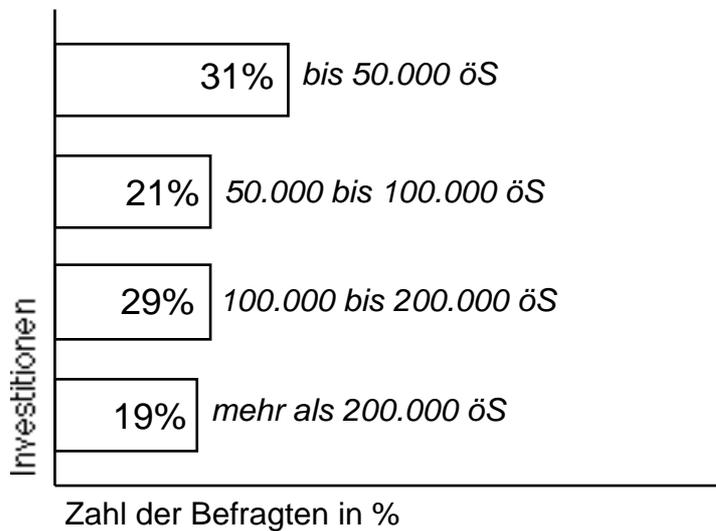


Diagramm 6 Geschätztes jährliches Anschaffungsbudget.

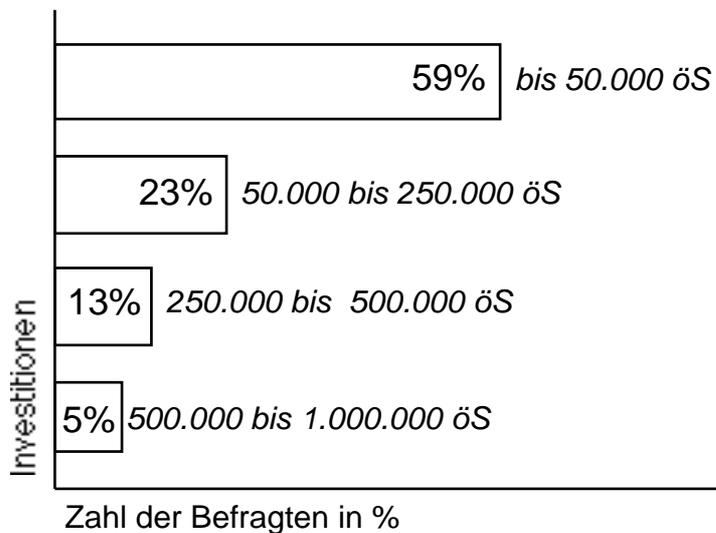


Diagramm 7 Finanzierung der Ausstattung mittels externer Projekte.

3.3.3 Integration und Bewertung der Einsatzbereiche

Betreffend den Einsatz einzelner räumlicher Simulationstechniken (Frage 6) ist es nicht zielführend, das Ergebnis - mit Ausnahme der computergestützten Raumsimulation - nach den Bereichen Lehre, Forschung und Praxis zu differenzieren.

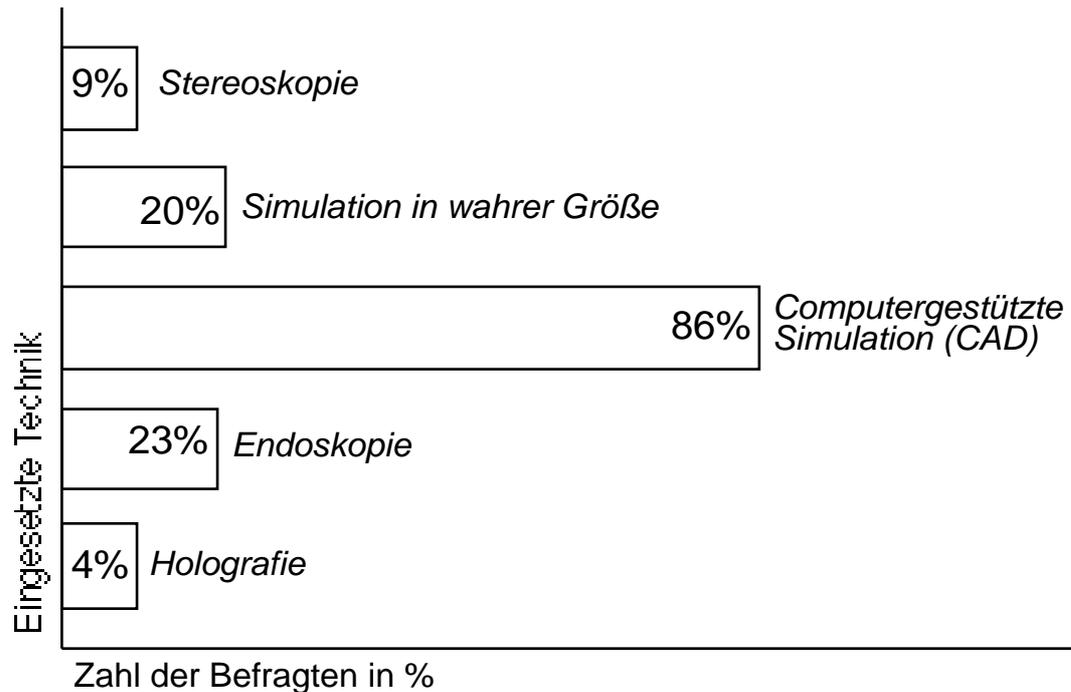


Diagramm 8 Einsatz räumlicher Simulationstechniken.

In Diagramm 8 ist bei der computergestützten Raumsimulation (86%) von nahezu einer Vollversorgung die Rede. 29 % davon geben an, diese Simulationstechnik in Lehre und Forschung anzuwenden, 50% setzen sie sogar in Lehre, Forschung und Praxis ein. Die Anwendung der Endoskopie ist mit 23% deutlich geringer und deckt sich prozentuell in etwa mit der vorhandenen Ausstattung (d.h. nur wenige Endoskope werden zur Zeit offensichtlich nicht eingesetzt). Ungefähr im gleichen Maße wird die Simulation in wahrer Größe genutzt; die erhobene Zahl von 20% fällt im Vergleich mit der Ausstattung auffallend hoch aus (werden vielleicht die außerhalb einer Laborsituation entstandenen Bauprojekte einbezogen?). Stereoskopie (9%) und Holografie (4%) rangieren im Schlußfeld. Die Kategorie "Sonstiges" wurde öfters ergänzt, wobei sich zwei weitere Kategorien und zwar "Modellbau" (Maßstabsmodelle) bzw. "Visualisierung" (Video, Fotografie, Zeichnungen, Dias etc.) herauskristallisierten. Zu den eher auffallenden Einzelangaben gehören u.a. ein Stereo-display mit den Abmessungen 3 x 6 m und die Simulation des urbanen Klimas.

Von den in Diagramm 9 abgebildeten Kombinationen sind die Möglichkeiten "Endoskop als HOE", "Endoskopische Stereoaufnahmen" und "Stereoaufnahmen von 1:1 Modellen" zahlenmäßig zu vernachlässigen. Die Angaben zur digitalen Bildverarbeitung (51%) decken sich mit der Video-in/out-Ausstattung, wobei jeweils 15% der Befragten Einsätze in Lehre und Forschung bzw. weitere 15% in allen drei Bereichen angeben. Daß Virtual Reality von 25% (!) der Befragten angewendet wird, ist sehr wahrscheinlich auf unterschiedliche Begriffsbestimmungen zurückzuführen. Computergestützte Anwendungen der Stereoskopie (auch VR gehört dazu) gewinnen - im Gegensatz zur Stereofotografie - ständig an Bedeutung. Diese Annahme wird von den Nennungen zur computergenerierten Stereoaufnahme (14%) und zum Stereo-display (11%) untermauert. Die computergenerierte Holografie (6%) wird vermutlich in Form einer externen Dienstleistung auf der Grundlage eines eigenen 3D-Computermodells zugekauft (Angaben zur holografischen Ausstattung kamen kaum vor).

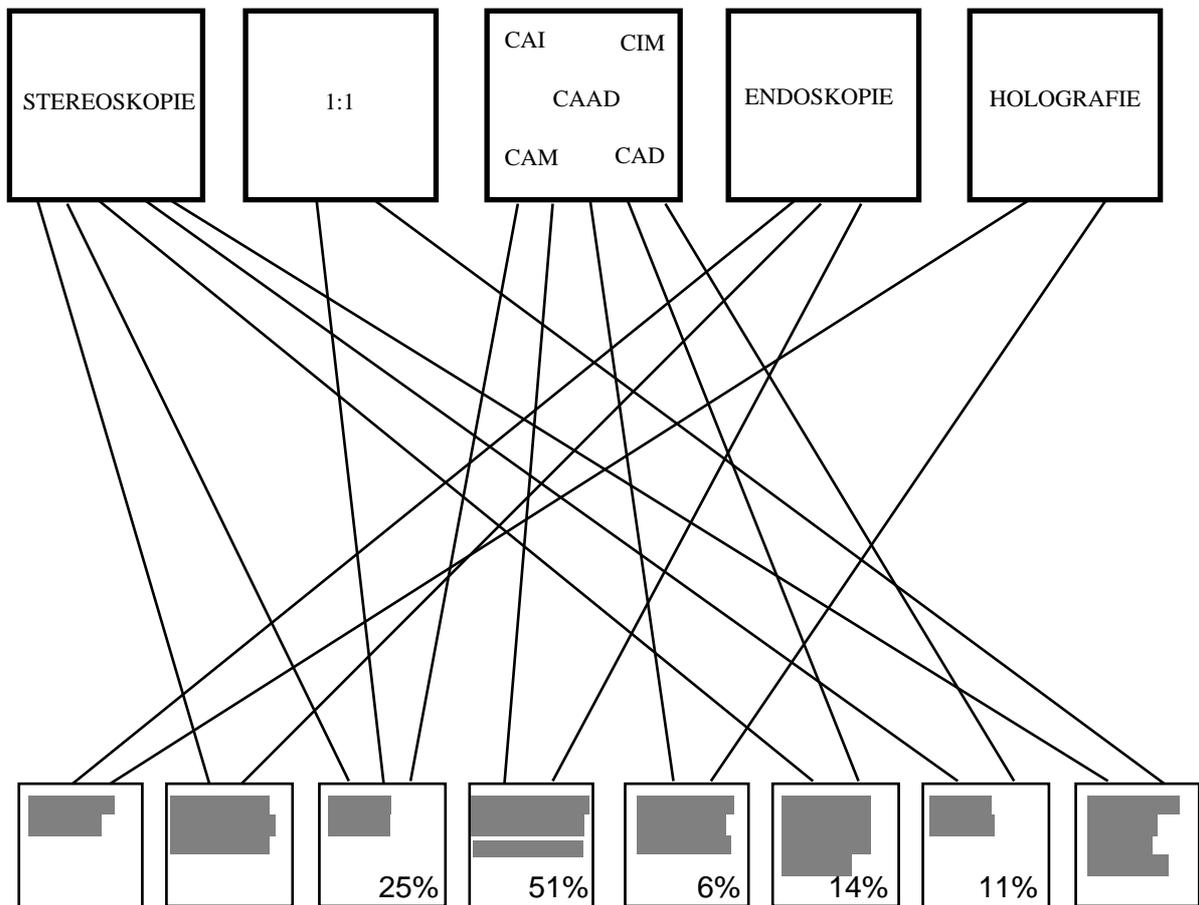


Diagramm 9 Einsatz der abgebildeten Kombinationen.

Zur Frage, welche Kombinationen fehlen, wurden Animation (Simulation der Bewegung), Multi- und Hypermedia, Realbildsimulation (Überlagerung von computergestützten oder endoskopischen Simulationen mit Realbildern bzw. Filmen) genannt. Weiters wurde der computerunterstützte Architekturmodellbau (Kombination von CAD und Modellbau) wie auch die Montage von digitalen Bilddateien mit manuell erstellten perspektivischen Darstellungen angegeben. Sämtliche hier genannten Kombinationen wären bei einer eventuellen Neuerhebung entsprechend zu berücksichtigen.

Die neunte Frage konzentrierte sich auf die Häufigkeit der Einsätze in den Bereichen der Lehre, Forschung und Praxis. Zum zweiten Mal muß festgestellt werden, daß eine solche Differenzierung kaum signifikante Unterschiede ans Tageslicht bringt; die angegebenen Gründe kommen mehrfach vor. Bemerkenswert ist, daß am häufigsten jene Techniken genannt werden, welche kostenintensiv sind: Die Skala beginnt bei der computergestützten Simulation, mit deutlichem Abstand gefolgt von der Endoskopie. Modellbau und Visualisierung befinden sich mit signifikant weniger Angaben am Ende dieser Skala (diese Einsätze könnten mit den geringsten Investitionen vorgenommen werden).

Bei der computergestützten Simulation werden als pragmatische Argumente beispielsweise Verfügbarkeit und Zugänglichkeit, Aufwand-Nutzenverhältnis, Nützlichkeit beim Entwurf, Nachfrage, Gewohnheit und Praktikabilität hervorgehoben. Weitere Argumente unterstreichen, daß der Bedarf nach "räumlichen Wirkungsanalysen" abgedeckt werden kann und somit die visuelle Dimension im Entwurf an Bedeutung gewinnt. Der Umgang ist einfach zu unterrichten oder im Selbststudium anzueignen. Die Möglichkeiten zur Veränderung eines modellierten Objektes lädt zum Experimentieren ein.

Pragmatische Argumente wie Verfügbarkeit, Einfachheit und Kosten/Nutzenverhältnis werden ebenfalls bei der Video-Endoskopie genannt. Diese Technik hat als großen Vorteil, daß z.B. "traditionelle" Arbeitsmodelle sofort genutzt werden können und daß das Erlernen eines verbesserten räumlichen Vorstellungsvermögens gefördert wird. Das endoskopische Bild ist rasch erstellbar und unterstützt eine interaktive Arbeitsweise (veranschaulichen, überprüfen, verbessern etc.) bei hohem Realitätsgehalt. Auch bei aufwendigen Architekturmodellen kann es nützlich sein, einen low-cost Videofilm mittels Endoskopie zu produzieren.

Auch wenn Maßstabsmodelle nicht endoskopiert werden, können didaktische Argumente für den Modellbau sprechen (lernen, mit den "Händen zu denken"). Im übrigen können (Arbeits-) Modelle billig, einfach und rasch konstruiert und verändert werden. Bei der Modellfotografie sind relativ geringe Investitionen für

die apparative Ausstattung erforderlich. Der Nutzen von händisch konstruierter Perspektive ist nachwievor aktuell; eine Perspektive kann mit einfachen Mitteln - wenn das entsprechende Wissen im Zuge der Ausbildung erworben wurde - rasch konstruiert werden. Eine Montage von perspektivischer Darstellung und Fotografie kann bei entsprechendem Wissen ebenso effizient angefertigt werden.

In der zehnten Frage wurden drei Arbeitsbereiche genannt und dazu eine allfällige Einordnung der Befragten erhoben. 48% der Befragten gaben an, räumliche Simulationstechniken bei der Erhebung von Nutzerbedürfnissen vor Planungsbeginn ("User Need Evaluation") und 50% bei der Planungsmitbestimmung ("Participatory Planning") einzusetzen. Mit 17% ist der Einsatz im Zuge der Nutzerforschung nach Gebäudebezug ("Post-Occupancy Evaluation") deutlich geringer. Obwohl sich mit dieser Kategorie der Kreis der Planung schließt, wird dieser Bereich beinahe stiefmütterlich behandelt. Einsätze betreffen hier vorwiegend "Facility Management" und Videobeobachtung räumlichen Verhaltens.

Hinsichtlich des konkreten Einsatzes von räumlichen Simulationstechniken in den beiden anderen Kategorien muß festgestellt werden, daß in beiden Fällen ähnliche Angaben zu verzeichnen sind. Hervorgehoben wird die Entscheidungsfindung mittels Visualisierung (der Bedarf an Bildern zum Zwecke der Kommunikation); Umweltverträglichkeitsprüfung ("Visual Impact Analysis"); Durchführung und Bewertung von Variantenvergleichen bzw. Experimenten sowie Veranschaulichung bzw. Überprüfung alternativer Entwürfe. Besondere Aufmerksamkeit verlangen die Ablesbarkeit der Darstellung für Laien sowie der Nutzen der Darstellung für den Entwurf einerseits und die Planungsbetroffenen andererseits.

Die hauptsächlichen Nutzer der von den Befragten durchgeführten Simulationsarbeiten sind an den Universitäten einschließlich Fach- und Kunsthochschulen zu Hause (43%). Studierende wurden auch bei dieser Kategorie eingerechnet. Aufgrund der Ja-Nein-Struktur waren Mehrfachnennungen möglich. 31% der Befragten gaben an, daß Architektur- und Planungsbüros ihre Nutzer sind. Die Kategorien "Forschungsanstalten", "öffentliche Hand" und "Privatwirtschaft" werden gleich oft genannt (12 bis 15%).

28% der Befragten geben an, Studien zur Architekturpsychologie oder Nutzerforschung durchzuführen (Frage 11); etwa die Hälfte der Befragten haben solche Studien in Planung. Als wichtigste Themenbereiche werden dabei angeführt: Phänomenologie und Raum, Ästhetik, räumliche Wahrnehmung, Farbe und Licht im Raum, visuelle Semiotik und Umweltpsychologie.

Bei Frage 12 wird die Wichtigkeit einzelner Simulationstechniken bzw. deren

Kombinationen im Bereich der Architektur erhoben. Dabei ist zu bedenken, daß, wenn die befragte Institution nicht über eine bestimmte Ausstattung verfügt, dies nicht unbedingt zur Bewertung "unwichtig" führen muß. Umgekehrt kann aber das Vorhandensein einer Ausstattung die Bewertung "wichtig" erheblich mitbestimmen. Auffallend ist die relativ hohe Zahl fehlender Angaben. Die Kategorie "CAD-CAAD-CAI-.." wird als sehr wichtig eingestuft; "virtual reality" und "digitale Bildverarbeitung" werden als wichtig bewertet. Tendieren die Befragten dazu, die Kategorie "1:1" als eher wichtig zu betrachten, so siedeln sie die Kategorie "Endoskopie" an eher indifferenter Stelle an, nämlich zwischen "eher wichtig" und "weder/noch". Bei den Kategorien "Holografie" und "Stereoskopie" verstärkt sich diese Tendenz in Richtung "weder/noch".

3.3.4 Gedanken zu den mittelfristigen Entwicklungen

Welche Entwicklungen bzw. Verbesserungen sind bei den verschiedenen Simulationstechniken in Zukunft wünschenswert? Manche Befragten philosophieren, daß räumliche Simulationstechniken weiterentwickelt und eingesetzt werden sollten, um die gesamten Interaktionen eines Gebäudes oder Bausystems in der gebauten Umgebung erfassen zu können. Im folgenden werden die Gedankenkonglomerate zu den einzelnen Techniken in komprimierter Form wiedergegeben.

Bei der *Stereoskopie* wird hervorgehoben, daß es sich um eine nützliche Technik handelt, daß aber dadurch die Qualität der Architektur allein nicht verbessert werden kann. Die computergestützte Generierung von Stereohalbbildern wird zunehmend an Bedeutung gewinnen. Voraussetzung dabei ist allerdings, daß geeignete (Infrarot-) LCD-Betrachtungshilfen und entsprechende low-cost-software zur Verfügung stehen. Für die gleichzeitige Betrachtung durch mehrere Personen wären Rückwärtsprojektionsmethoden wünschenswert; damit wäre auch eine eventuelle Beweglichkeit im Raum ohne Störungen gegeben.

Bei der *Simulation in wahrer Größe* steht die Kostenreduktion im Vordergrund, wobei die Aufwandsminimierung durch Reduktion des Detaillierungsgrades große Aufmerksamkeit verlangt. Gefragt ist die Entwicklung eines Baukastenprinzips und einschlägige Baumethoden, um Wand, Decke und Fußboden rasch simulieren zu können. Die 1:1-Simulation sollte - besonders in der Architekturausbildung - mehr zum Einsatz gelangen (einige Befragten gaben konkret an, Räumlichkeiten für diese Tätigkeit zu suchen). Als weitere Betätigungsfelder werden das Testen von Baukonstruktionen, wie auch die Ausnutzung dieses Simulationstyps im Zusammenhang mit sorgfältig geplanter, theoriegestützter ökologisch-psychologischer Grundlagenforschung genannt.

Auch sollte die Kombination mit VR bzw. der Realbildeinblendung entwickelt werden.

Bei der *computergestützten Raumsimulation* werden mehr Benutzerfreundlichkeit, höhere Arbeitsgeschwindigkeit, einfache Handhabbarkeit, umfassende Bauteilbibliotheken und bessere Interfaces für Hard- und Software gewünscht. Gesucht werden vor allem auch Softwarelösungen, welche mehr intuitiv zu bedienen sind ("architektengerechtes" Vorgehen statt grafisch-geometrischer Ansatzweise). Der computerunterstützte Modellbau (Schneiden, Fräsen, Formenbau, Herstellung) steckt ebenfalls noch in den Kinderschuhen. Von Bedeutung ist weiters die Integration von CAD mit Sachdatenbanken und wissenschaftlichen Simulationsprogrammen (Temperatur, Thermik, Bewegungsabläufe etc.). Die Ergebnisse müßten in Zukunft weniger abstrakt, dafür umso lebendiger aussehen (Details, Lichtwirkung, Texturen u.a.). Es ist festzustellen, daß der *Virtuellen Realität* in der Umfrage zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet wird, wenn man von der Vision ausgeht, daß VR in wenigen Jahren ihren Platz im Architektorentwurf erorbert haben könnte (Präsentation vor größerem Publikum). Hierbei sollte nicht nur der visuelle Sinn allein angesprochen werden.

Die *endoskopische Raumsimulation* droht in zunehmendem Maße von anderen Simulationstechniken "abgelöst" zu werden. Immer mehr Nutzer glauben, daß Maßstabsmodelle nur zum Zwecke der Präsentation angefertigt werden. Großes Interesse besteht dennoch an der Entwicklung lichtstarker starrer Endoskope bei gleichzeitiger Verbesserung des Abbildes. Diese optischen Verbesserungen werden den potentiellen Verbund von Stereoskopie und Endoskopie fördern. Der Prozeß der Miniaturisierung der Kameraperipherie ist noch nicht zu Ende. Weitere Entwicklungen sind ebenfalls in Richtung einer computergesteuerten Steuerung der Animation (einschließlich Zahl der Freiheitsgrade und Meisterung von Geländesprüngen) zu erwarten. Die Mischung von endoskopischen Aufnahmetechniken mit Computersimulationen bzw. mit Realbildeinblendung wird an Bedeutung gewinnen.

Im Bereich der Architektur ist die praktische Anwendung der *Holografie* derzeit noch sehr beschränkt. So sind Aufnahmen von größeren Modellen heutzutage eher problematisch (Aufnahmemaßstab 1:1). Die Maßstabsungebundenheit computergenerierter Hologramme könnte dieses Problem lösen. Entwicklungen hinsichtlich "true-color-holography" lassen hoffen, daß die realen Farben vom Aufnahmeobjekt dargestellt werden. Wenn die Herstellungsverfahren an Kompliziertheit verlieren und preiswerte Produktionsgeräte zur Verfügung stehen, wird die Einsatzfreudigkeit steigen. Sind Laserdrucker schon längst in jedem (Architektur-) Büro in Verwendung, so könnte eine ähnliche Situation auch mit "holografischen Printern" eintreten.

Abschließend sollte betont werden, daß von den Befragten keine essayistischen Visionen verlangt wurden, sondern vielmehr stichwortartige Angaben. Dieser Ansatz baut auf der Prämisse auf, daß durch die eigenständige Anwendung Wünsche und Verbesserungen in mitteilbarer Form vorhanden sind.

3.3.5. Gesamtbewertung

Es stellt sich die provokante Frage, inwiefern Kommunikationsprobleme bei der Architekturdarstellung und -vermittlung auf die eingesetzte Simulationstechnik oder auf die Unwissenheit der Nutzer zurückzuführen sind. Denn allzuhäufig werden Techniken nur zum Zwecke der Illustration⁸⁴ eingesetzt, das heißt nach Abschluß der Entwurfsarbeit und nicht zur Kontrolle während des Architekturentwurfes. In welchem Zeichensaal ist es z.B. üblich, daß neben dem Modellbaukarton ein Endoskop liegt? Man sollte berücksichtigen, daß bei der Wahrnehmung alle Sinne eine Rolle spielen. Werkzeuge müssen miteinander kombiniert werden und griffbereit sein, rasche Veränderungen problemlos realisiert werden können. Nicht das Medium sollte die Entscheidung bestimmen. Der Bleistift - wenn entsprechend verwendet - hat nachwievor Vorteile. Bestimmte Fragen den Einsatz räumlicher Simulationstechniken im Architekturentwurf betreffend wurden stiefmütterlich behandelt. Dies ist teilweise auf den Modus der schriftlichen Befragung zurückzuführen. Weitere Untersuchungen könnten sich mit der Ableitung von Kriterien für die Auswahl von alternativen Darstellungsmethoden befassen oder den Wechsel der Darstellungsmethodik während des Entwurfsprozesses (z.B. von geplottetem Ausdruck und Fortsetzung mittels Handzeichnung) studieren. Ebenfalls könnten die Möglichkeiten und Grenzen einzelner Techniken periodisch ausgelotet und auch die Vor- und Nachteile bei der gemeinsamen Nutzung von Ressourcen ("Pooling") eingehender betrachtet werden. Hier wäre eine persönliche Befragung vor Ort vorteilhaft, um die Fragestellungen in vertiefender Weise beantworten zu können. Welche Vorstellungen waren beim Auf- und Ausbau des besuchten Labors maßgebend?

⁸⁴ Eine noch in Arbeit befindliche Forschungsarbeit von Dr. Ranulph Glanville (University of Portsmouth) muß diesbezüglich erwähnt werden. Glanville befaßt sich vor allem mit der Unterscheidung zwischen "Illustration" (Präsentation) und "Exploration" (Entwurf).

Eine solche Recherche sollte sich auf jene Architekturausbildungsstätten konzentrieren, wo räumliche Simulationstechniken einen besonders hohen Stellenwert haben. Manche bekundeten im Zuge dieser Umfrage ihr Interesse an einer Kooperation. Im Hinblick darauf, daß GIS und CAAD immer mehr zusammen wachsen, könnte eine Einbeziehung der Fachgebiete Stadt- und Raumplanung erfolgen.

4. Simulation Aided Architectural Design (SAAD)

Die Bezeichnung *Simulation Aided Architectural Design*⁸⁵ verweist auf den Einsatz räumlicher Simulationstechniken im Zuge des Architekturentwurfs. Der Begriff ist von der Grundidee her mit den vielen verschiedenen Bezeichnungen verwandt, welche im Bereich der computergestützten Einsätze inzwischen wie Pilze aus dem Boden gewachsen sind:

- CAAD (Computer Aided Architectural Design)
- CAAI (Computer Aided Architectural Instruction)
- CACD (Computer Aided City Development)
- CAD (Computer Aided Design)
- CAM (Computer Aided Manufacturing)
- usw.

Obgleich diese Auflistung keineswegs einen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, stellt sich die Frage, ob die Hinzufügung einer weiteren Bezeichnung, nämlich SAAD, sinnvoll ist. Es handelt sich dabei um simulationsbezogene Entwurfsprozesse, das heißt, Entwurfsprobleme werden zu einem früheren Zeitpunkt als dies bei herkömmlichen Arbeitsmethoden der Fall ist, erkannt. Die Erarbeitung von Lösungen erfolgt mit alternativen oder zusätzlichen Mitteln. SAAD kann somit als eine Entwurfsstrategie verstanden werden. Sinn und Zweck von SAAD ist es nicht, bisherige Arbeitsweisen vollkommen über Bord zu werfen, sondern diese zu ergänzen und auch die Integration von traditionellen und neuzeitlichen Darstellungstechniken zu fördern. Auf diese Weise bekommt räumliche Simulation in der Architektur einen Sinn, ohne daß Einsätze zum reinen Selbstzweck betrieben werden. Als beispielsweise der Werkstoff *Beton* im 19. Jahrhundert erfunden wurde, entstanden zunächst holzähnliche Gestaltungen. Es dauerte noch bis in die zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts, bevor eigenständige Bauformen entwickelt wurden und die dem Werkstoff entsprechenden Gestaltungsmöglichkeiten zur Entfaltung kamen. Eine ähnliche Tendenz ist bei den computergestützten Methoden zu beobachten. Statt diese wie einen elektronischen Bleistift "bedienen" zu wollen, ist auch hier die Erforschung eigenständiger Vorgangsweisen gefragt.

⁸⁵ *SAD* (Simulator Aided Design) wurde in den achtziger Jahren vom gleichnamigen SAD-Laboratory an der Technischen Universität Tampere (Finnland) geprägt.

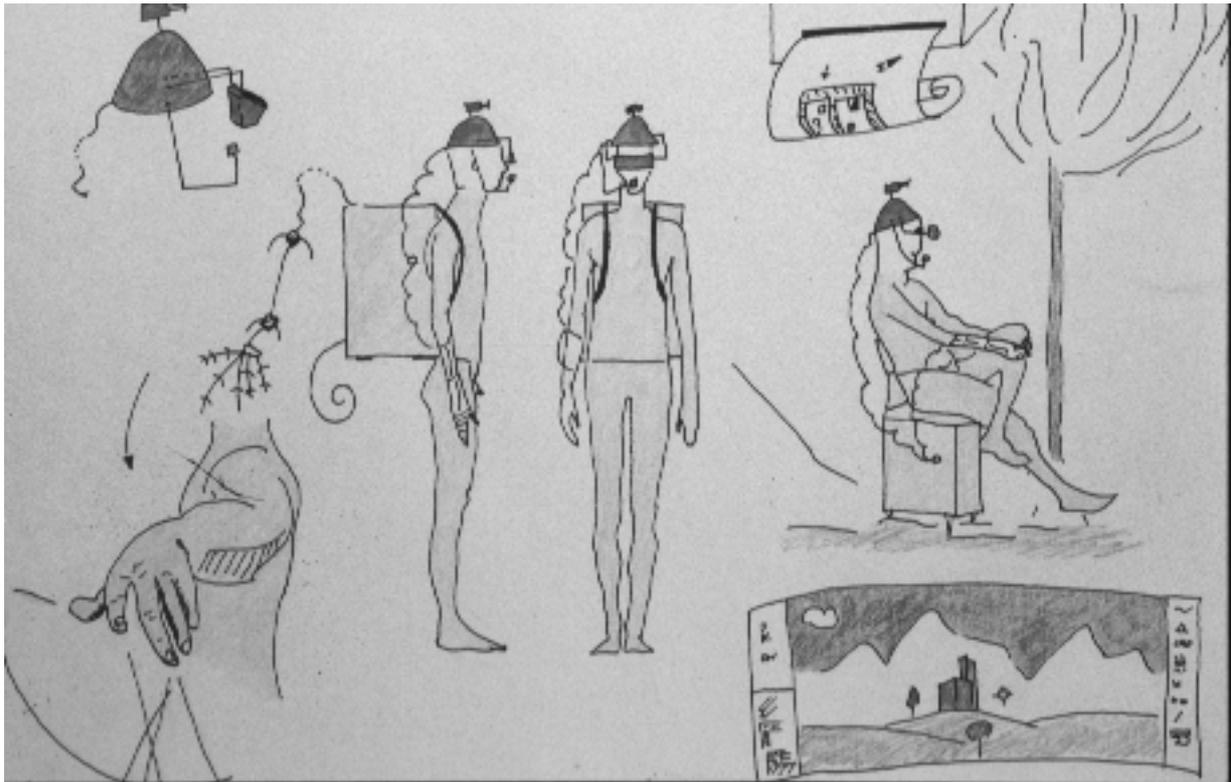


Abb. 46 Das zukünftige Büro des Architekten.

Bei der Umsetzung dieser Überlegungen in der Architekturlehre sollten didaktische Konzepte entwickelt werden, damit eine Einbindung in den Entwurfsprozeß gewährleistet wird. Die Arbeit an einer Entwurfsaufgabe stellt somit einen wichtigen *Ausgangspunkt* dar. Zuerst sollte eine Einteilung der Lehrveranstaltungsteilnehmer in Kleingruppen erfolgen, welche jeweils einen "Raum" für eine bestimmte Person oder Handlung entwerfen. Gemeinsam werden Überlegungen zur formalen Ausbildung des räumlichen Konzeptes einschließlich der Farben-, Licht- und Materialwirkung angestellt. Anfangs wird an einem maßstäblichen Modell gearbeitet. Grundrisse, Schnitte etc. werden zu einem späteren Zeitpunkt aus dem 3D-Computermodell generiert. Die Größe der Objekte ist prinzipiell begrenzt, denn der Entwurf ist Mittel und nicht Ziel der Übung. Nachdem gemeinsam ein Arbeitsmodell gebaut wurde, kommen die Simulationstechniken zum Einsatz. Diese Vorgangsweise basiert auf der Überzeugung, daß Studierende somit besser die *Grenzen und Möglichkeiten* einer Simulationstechnik ausloten können.

Ein vorrangiges Anwendungsfeld von SAAD betrifft also die Erzeugung von entwurfsbegleitenden Zwischenprodukten, wobei die Technologie als entwurfsunterstützendes Prüfwerkzeug genutzt wird. *Prototyping* und *Modellierung* stellen notwendige Arbeitsschritte im Zuge der Entwurfstätigkeit dar, um die Nachbildung bzw. die betriebsmäßige Ausfertigung einer geplanten Baulichkeit kontrollieren zu können. Wesentlich sind in diesem Zusammenhang die virtuell-

digitale und die physisch-analoge Arbeitsebene. Bereits in seiner "primitiven" Form beeinflusst das analoge (Arbeits-) Modell den kreativen Prozeß. Bei größeren Dimensionen zeichnet sich das virtuelle Modell durch seine "Umweltfreundlichkeit" (weil nicht gebaut) aus. Es genügt nicht, Simulationstechniken im Rahmen der Architekturausbildung bloß einzusetzen bzw. zu vermitteln. Im Vorfeld sind tragfähige didaktische Überlegungen anzustellen und Konzepte für Lehre, Forschung und Entwicklung zu erarbeiten. Bislang wurden computergestützte Techniken überwiegend dazu eingesetzt, um traditionelle Arbeitsweisen "nachzuahmen".

Versucht man die verschiedensten Konfigurationen einer apparativen Ausrüstung für Simulationszwecke zu gliedern, ergibt sich ein Panorama das von "einfach" bis "kompliziert" reicht. Da sich eine solche Gliederung keineswegs ausschließlich an Hand des Investitionsbedarfs vornehmen läßt, sind ebenso Erhaltungs- bzw. Einschulungsmaßnahmen in Betracht zu ziehen. Der gesamte Arbeitsaufwand bis hin zum endgültigen Ergebnis läßt sich jedoch schwer in Zahlen ausdrücken. Eine Infrastruktur weist besonders dann komplexe Züge auf, wenn der Einsatz von vielen verschiedenen, unter Umständen einander sogar hemmenden Faktoren abhängig ist. In dieser Arbeit wurde die Aufmerksamkeit vor allem in Richtung *Low-Cost*-Techniken gelenkt. Schließlich gilt es ernsthaft zu überlegen, ob die beste denkbare Qualität überhaupt gefragt und notwendig ist.

Die Angabe absoluter Investitionsbeträge (Stand 1994) erscheint nicht sinnvoll, da rasche Änderungen an der Tagesordnung sind. Vielmehr muß hier an die Definition kostenmäßiger Größenordnungen in Form von Investitionskategorien gedacht werden:

- [I] Geringfügige Wirtschaftsgüter (bis 10.000 öS)
- [II] Kleingeräte (10.000 bis 50.000 öS)
- [III] Mittlere Investitionen (50.000 bis 300.000 öS)
- [IV] Erhebliche Investitionen (300.000 bis 1.500.000 öS)
- [V] Wissenschaftliche Großgeräte (mehr als 1.500.000 öS)

Abgesehen davon, daß in vielen Fällen auch ein stufenweiser Ausbau möglich ist, sollten in diesem Zusammenhang Möglichkeiten wie z.B. "outsourcing" (externe Dienstleistungen) und "pooling" (gemeinsame Nutzung) in Erwägung gezogen werden. Bei Vorhandensein einer entsprechenden personellen und materiellen Grundausstattung können mittels der Durchführung sogenannter Drittmittelprojekte Einnahmen für die Tüftung weiterer Investitionen bzw. Abdeckung von Betriebskosten realisiert werden.

- Raumsimulation in wahrer Größe (1:1)*

Das physische Modell in wahrer Größe fungiert als Ersatz für das künftige Original, wobei danach gestrebt wird, die bestimmenden Elemente seiner räumlichen Identität herauszuarbeiten. Bei 1:1-Simulationen im Labor müssen für die horizontalen bzw. vertikalen Begrenzungen (Wände, Decken und Ebenen) einfache und schnell realisierbare Lösungen zur Verfügung stehen. Der Einsatzschwerpunkt ist vor allem im Bereich der Architektur gelegen. Vom Standpunkt der räumlichen und infrastrukturellen Ausstattung her ist das bauliche Simulationsumfeld zweifelsohne als "Großgerät" zu betrachten, erfordert jedoch zum überwiegenden Teil nur einmalige Investitionen. Die jeweilige vorgefundene Situation bestimmt weitgehend die Möglichkeiten der Entfaltung. Sobald eine Laborgrundausstattung gegeben ist, ist ein stufenweiser Ausbau nicht nur denkbar, sondern vielerorts sogar sehr sinnvoll. In weiterer Folge ist z.B. die Kombination mit VR bzw. der Realbildeinblendung ins Auge zu fassen. Bei den Fixkosten muß hauptsächlich an Personal- und Verbrauchsmaterialkosten gedacht werden. Es muß jedoch nicht unbedingt ein "echtes Labor" zur Verfügung stehen; bereits in Provisorien können wertvolle Erfahrungen gesammelt werden (z.B. eine Halle mit Bausteinen; Investitionskategorie III-IV).
- Endoskopische Raumsimulation*

Für die endoskopische Betrachtung sind Modelle mit unterschiedlichstem Detaillierungsgrad geeignet. Abgesehen von geringfügigen Modellanpassungen ist die rasche und unkomplizierte Einsatzmöglichkeit "ohne wenn und aber" besonders hervorzuheben. Deshalb ist die Endoskopie bereits in einem frühen Entwurfsstadium sinnvoll. Obgleich für die perfekte Aufnahme ein Studioumfeld zu bevorzugen ist, sind auch kurzfristige geplante Einsätze in wechselnden Arbeitsumgebungen (z.B. im Hörsaal) möglich. Einschulungsmaßnahmen sind hierbei zu vernachlässigen. Das Kernstück der Ausrüstung bildet ein für Architekturzwecke entwickeltes starres Endoskop (Kategorie II). Als peripheres Registrierungsmedium sollte vorzugsweise eine CCD-Kamera zur Verfügung stehen, welche noch einmal eine etwa gleich hohe Investition zur Folge hat. Gibt es bei den starren Endoskopen keine Preisklassen, so ist dies bei der Kamera-Ausrüstung der Fall: eine 3-CCD-Kamera verlangt bedeutend höhere Investitionen. Als Lichtquelle kommt bereits ein einfacher Halogenscheinwerfer (geringfügiges Wirtschaftsgut) in Frage. Eine professionelle Fotostudio- beleuchtung (Investitionskategorie II-III) ist zweifelsohne wesentlich bequemer. Deshalb wäre es vorteilhaft, wenn eine Kombination mit einer bestehenden fotografischen Studio- bzw. Computerausstattung (Bildverarbeitung) gefunden werden kann. An vielen Universitäten sind außer-

dem hervorragend ausgestattete AV-Medienstellen vorhanden, welche z.B. auch qualitativ hochwertiges Ausgangsmaterial editieren können. Schließlich muß noch auf die Führung des Endoskops hingewiesen werden. Provisorisch kann eine einfache Sequenz freihändig gefahren werden. Für Standbildaufnahmen im Studio reicht auch ein herkömmliches Stativ noch aus. Wenn jedoch die Darstellung von Bewegungsabläufen unumgänglich ist - vor allem bei städtebaulichen Anwendungen -, müssen hohe Investitionen für die *Robotisierung* oder für einen *Camera Rig* getätigt werden (Kategorie IV-V). Letztere technische Ausrüstung ist fast immer eine Eigenentwicklung und verlangt entsprechend versiertes technisches Personal.

- *Stereoskopische Raumsimulation*

Vorhandene Modelle - sowohl physischer als auch digitaler Natur - können stereoskopisch aufgenommen werden. Besonders physische Modelle sind anfällig für Beschädigungen und können selten langfristig archiviert werden. Durch die jeweilige Einstellung des Basisabstandes bei der Aufnahme kann außerdem eine größenmäßige Änderung geschaffen werden: das Modell scheint während der Betrachtung bedeutend größer zu sein als es in Wirklichkeit ist. Da 1:1-Simulationen früher oder später abgetragen werden müssen, stellt die stereoskopische Aufnahme auch hier eine wirkungsvolle Möglichkeit dar, die erzielten Ergebnisse in ihrer Dreidimensionalität zu konservieren. Vorerst sind geringfügige Investitionen erforderlich, danach sind jedoch einschlägige Erfahrungen zu sammeln. Eine konventionelle Spiegelreflexkamera genügt bereits für die stereoskopische Aufnahme von nicht-beweglichen Objekten. Hier ist lediglich die Anschaffung eines sog. Stereoschiebers sinnvoll (geringfügiges Wirtschaftsgut oder Selbstbau). Der Stereodiabetrachter für die individuelle Betrachtung oder die Aufrüstung von bestehenden Diaprojektoren mit Polarisationsfiltern und die Anschaffung einer Silberleinwand verlangen vertretbare Investitionen (Kategorie I). Eine Stereokamera bzw. ein Stereoprojektor haben Investitionen der II. Investitionskategorie zur Folge, vorausgesetzt, es wird mit Kleinbildfilm gearbeitet. Stereofotografie im Mittelformat wird deutlich kostspieliger (Kategorie III). LCD-Brillen für die computergestützte stereoskopische Betrachtung (Kategorie II) sind derzeit vorwiegend im Hochleistungsgraphikbereich (Workstations) anzutreffen. Die hier gegebene Interaktionsmöglichkeit führte zur Bezeichnung "VR-Light".

- *Holografische Raumsimulation*

Ähnlich der Stereoskopie kann sowohl mit physischen als auch digitalen Modellen gearbeitet werden, wobei Konservierungsmotive ebenfalls eine große Rolle spielen. Ein wichtiges Faktum stellen jedoch die größenmäßigen Restriktionen bei der holografischen Aufnahme von physischen Objek-

ten dar. So können beispielsweise reale Stadtteile nicht holografiert werden. Der Aufnahmemaßstab beträgt in der konventionellen Holografie 1:1 und die Farbwirkung geht verloren. Erst durch die Entwicklung der computergenerierten Holografie (Investitionskategorie V) ist eine Maßstabsunabhängigkeit gegeben: virtuelle Stadtteile können nunmehr holografisch dargestellt werden. Ebenfalls intensiv wird auf dem Gebiet der Echtfarbdarstellung geforscht. An das Holografielabor werden hohe Anforderungen betreffend Schwingungs- bzw. Erschütterungsfreiheit gestellt. Deshalb muß die Aufnahmetätigkeit oftmals auf die Abend- und Nachtstunden verlagert werden (Überstundenproblematik). Die Aufwendungen für eine Grundausstattung (Kategorie III) betreffen einen schwingungsgedämpften Aufnahmetisch, einen HeNe-Laser und diverse optische Elemente, welche zum Teil in einer metallverarbeitenden Universitätswerkstätte angefertigt werden können. Durch die Anschaffung eines gepulsten Lasers (Großgerät, Kategorie V) sind Probleme hinsichtlich Erschütterungen mit einem Schlag gelöst und können nun auch z.B. Menschen aufgenommen werden. Die diffigile Handhabung der holografischen Aufnahmetechnik verlangt dennoch entsprechend geschultes Personal.

Computergestützte Simulation (CAD-CAAD-CAI-...)

Das virtuell-digitale Modell besitzt die Fähigkeit zu "wirken", d.h. auch ohne physische Materie ist die Realität zumindest der Kraft nach vorhanden. Die Einbindung in die Realität mittels Computeranimation, Videotechnik, Realbild- und Realfilmsimulation, Fotorealismus etc., gewinnt nachwievor an Bedeutung. Aufgrund der Tatsache, daß Computertechnologie leicht zugänglich ist, werden digitale Modelle in zunehmenden Maß erstellt. Vormodellerte Geländemodelle und Umgebungsbauten oder auch Bauteile aus einem früheren Projekt können integriert werden. Mehrere Personen können individuell einzelne Bauteile bearbeiten und diese zu einem späteren Zeitpunkt in einem Gesamtmodell assemblieren. Die "Knochenarbeit" des Modellierens muß an sich keineswegs auf den leistungsfähigsten Maschinen erfolgen. Hinlänglich bekannt sind auch die außerordentlich kurzen *life-cycles*, ein Phänomen das sich an anderen Simulationstechniken nicht so eklatant manifestiert. Eine intensive Einschulung sowie eine ständige Auseinandersetzung und Weiterbildung sind daher unumgänglich. Die etwaigen Einstiegsinvestitionen für computergestützte Simulationen beginnen in etwa ab der dritten Kategorie. Ebenso muß in Peripheriegeräten (Drucker, Scanner, Plotter) mit Investitionen in der III. Kategorie gerechnet werden.

Abschließend stellt sich die Frage, auf welche Weise diese Arbeit fortgeführt werden könnte. Folgende Überlegungen kommen in diesem Zusammenhang auf:

- ob das Ausmaß der zur Verfügung stehenden apparativen und räumlichen Ausstattung und die Arbeitsbedingungen nicht als "Nährboden" gesehen werden müssen. Dieser kann sowohl fördernder als auch hemmender Art sein;
- ob bei der Vertiefung des eigenen Entwicklungskonzeptes nicht von der Annahme ausgegangen werden sollte, das Fachgebiet *räumliche Simulation* bestünde nicht und seine Errichtung wäre nach Aufgabenstellung und Ressourceneinsatz zu begründen.

Darüberhinaus sollte über die Kriterien nachgedacht werden, mit denen die Qualität der Aufgabenerfüllung, die Funktionalität der Organisationsform und die Effizienz des Ressourceneinsatzes autonom überprüft und auf welche Weise diese bei Bedarf verbessert werden könnten. Konkret könnte dies die Definition spezieller Arbeitsschwerpunkte zur Folge haben.

Es ist begrüßenswert, wenn das Ergebnis der durchgeführten Erhebung zu weiteren Diskussionen und Auseinandersetzungen führt. Die Frage der manipulativen Verwendung von Simulationswerkzeugen wurde noch nicht erörtert: *vortäuschen* kann auch *vertuschen* bedeuten.

Nachwort

Ohne die intensive Unterstützung und stete Gesprächsbereitschaft von o.Univ.Prof.Dr.Friedrich Moser wäre diese Habilitationsschrift nicht zustandekommen. Er lieferte im Zuge der Arbeit auch wertvolle Impulse. Ing. Ilkka Alavalkama (Lab for Visual Simulation der TH Tampere) stellte freundlicherweise sein reiches Wissen auf dem Gebiet der Endoskopie zur Verfügung. Durch einen Studienaufenthalt im Jahre 1993 in Tampere konnten viele praktische Erfahrungen für diese Arbeit gewonnen werden. Reinhard Müller begleitete meinen Weg auf dem Gebiet der Stereoskopie und war auch stets dabei, als es darum ging, stereoskopische Aufnahmen und Projektionen durchzuführen. Das Interesse für Holografie führte zu Dr. Jakob Woisetschläger (Institut für Thermische Turbomaschinen der TU Graz): aufgrund seiner Informationen und wichtigen Ratschlägen konnte eine zweckentsprechende apparative holografische Ausstattung "komponiert" werden. Georg Bauer betreute als Tutor in den vergangenen sieben Semestern die Übungen im EDV-Labor und hat in hohem Ausmaß zu den hier präsentierten Ergebnissen beigetragen. Dipl.-Ing. Manfred Siegl (EDV-Zentrum der TU-Wien) hat großen Anteil an der Entdeckung und Verwendung der vielfältigen Möglichkeiten der elektronischen Kommunikation. Es wurde daher intensiv mit Dipl.-Ing. Peter Ferschin (Institut für Computergraphik der TU-Wien) hin und her "gemailt" und so konnten Fortschritte auf dem Gebiet der digitalen Bildbearbeitung erzielt werden. Dr. Christian Walal und Dr. Alexander Keul (Institut für Psychologie der Universität Salzburg) lieferten im Zuge der Erarbeitung eines Fragebogens für die Umfrage wertvolle Anregungen und kritische Bemerkungen. Bei der statistischen Auswertung konnte auf die Beratung und praktische Unterstützung von Dr. Rudolf Giffinger und Dipl.-Ing. Leopold Riedl (Institut für Stadt- und Regionalforschung der TU-Wien) zurückgegriffen werden. Oliver Tschuppik (Tutor am TU-Raumlabor) diente während der Fertigstellung dieser Arbeit auch zu den unmöglichsten Zeiten mit seinen kritischen Kommentaren als wahrer Mitstreiter. Besonderen Dank schulde ich Christine Karner, die auch dieses Mal unermüdlich über die Einhaltung der Regeln der deutschen Sprache wachte und das Lektorat vornahm. Daß diese Arbeit überhaupt zu diesem Zeitpunkt fertiggestellt werden konnte, ist schließlich auf das große Verständnis meiner Frau Ann-Katrin sowie meiner Söhne Jom und Max zurückzuführen.

Literaturverzeichnis

1. Allgemeine Literatur

- Anderson, J.M. "Simulating Architecture", in: *The Architect's Journal* (1972) 12, S. 1325-1329.
- Arnheim, Rudolf. *Die Dynamik der architektonischen Form*. Köln: DuMont, 1980.
- Artamonow, J.D. *Optische Täuschungen*. Frankfurt: Deutsch, 1986.
- Boudon, Philippe. *Der architektonische Raum. Über das Verhältnis von Bauen und Erkennen*. Basel: Birkhauser Verlag, 1991.
- Burden, Ernest. *Design Simulation*. New York: Wiley, 1985
- Cejka, Jan. *Darstellungstechnik in der Architektur*. Stuttgart: Kohlhammer, 1990.
- Eissen, Koos. *Architektur-Präsentation*. Köln: Müller, 1989.
- Gough, Piers. "Modelmakers", in: *Architects' Journal*, 177(1983) Nr. 17, S. 30-33.
- Hermann, Siegfried. *Methoden der Planungskinetographie*. Wien: Diss. Technische Hochschule, 1974.
- Herrmanns, Henner. "Anschauliches Denken. Das Architekturmodell als nonverbales Artikulationsmittel", in: *Architektur, Innenarchitektur, Technischer Ausbau* (1988), Nr. 9, S. 8-9.
- Herrmanns, Henner. "Methoden zur Darstellung im Entwurfsprozess", In: *Die Bauverwaltung*, 59(1986) Nr. 12, S. 499-502.
- Hirche, Mathias. *Architekturdarstellung und ihre Wirkung auf Planungslaien*. Berlin: T.U. Berlin, 1986.
- Höllinger, Sigurd (Hrsg.). *Die neuen Medien an den Hochschulen*. Wien: Bohmann Verlag, 1986.
- Hoffmann-Axtheim, Dieter. "Inszenierung und Simulation. Über die Schwierigkeiten von der Wirklichkeit zu reden", in: *Architekt* (1987) 110, S. 469-472.
- Ittelson, W. *The Ames Demonstration in Perception*. New York: Hafner, 1968.
- Janke, Rolf. *Architekturmodelle*. Teufen: Niggli, 1978.
- Lanners, Edi. *Illusionen*. Frankfurt: Bucher, 1973.
- Markelin, Antero und Fahle, Bernd. *Umweltsimulation*, Stuttgart: Krämer, 1979.

- Martens, Bob. *Raumgestaltung als Lehr- und Forschungsgebiet im universitären Bereich* (Schriftenreihe der Technischen Universität Wien, Band 28). Wien: 1991.
- Martens, Bob. "Tools for Visual Simulation of Space and their Use by Students", in : *Architecture & Behaviour* 8(1992) Nr. 3, S. 175-187.
- Meisenheimer, Wolfgang. "Die entwicklungsgeschichtlich dominierende Rolle des Auges", in: Meisenheimer, Wolfgang. *Raumstrukturen*, Düsseldorf: FH Düsseldorf, 1988, S. 1.31-1.32.
- Nohl, Werner. "Visuelle Simulation des Raumes und Aufmerksamkeitsverhalten der Benutzer als Bausteine einer Freiraumästhetik", [Tl. 1] in: *Garten und Landschaft* 90(1980) 3, S. 194-198; [Tl. 2] in: *Garten und Landschaft* 90(1980) 4, S. 290-293; [Tl. 3] in: *Garten und Landschaft* 90(1980) 6, S. 482-488.
- Reutersvärd, Oscar. *Unmögliche Figuren*. Augsburg: Augustus Verlag, 1990.
- Rock, Irvin. *Wahrnehmung*. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft, 1985, S. 74 ff.
- Schober, Herbert und Rentschler, Ingo. *Das Bild als Schein der Wirklichkeit*. Augsburg: Weltbild Verlag, 1988.
- Schönberger, Andrea (Hrsg.). *Simulation und Wirklichkeit*. Köln: DuMont, 1988.
- Seblatnig, Heidemarie (Hrsg.). *Außenräume - Innenräume. Der Wandel des Raumbegriffs im Zeitalter der elektronischen Medien*. Wien: WUV Universitätsverlag, 1991.
- Sheppard, Stephen R. *Visual Simulation*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.
- Weber, Ralph. *On the Aesthetics of architectural Forms*. Berkeley: Diss. Univ. of California, 1986.
- Winkelvoss, Wulff. *Architektur und Raum*. Stuttgart: Kohlhammer, 1985, S. 12-13.

2. Ausgewählte Literatur zur Raumsimulation in wahrer Größe

- Carini, Alessandra (u.a.). *Un laboratorio per l'abitare*. Bologna: Oikos, 1983.
- Hornyanszky Dalholm, Elisabeth (Ed.). *Full-Scale Modelling. Applications and Development of the Method* [Proceedings of the 3rd European Full-Scale Modelling Conference / R3:1991]. Lund: TH Lund, 1991.
- Kjaer, Bodil. *Study of Full-Scale Environmental Design Simulation Laboratories in Switzerland, Sweden, Holland and Denmark 1984*. University of Maryland, 1984.

- Lawrence, Roderick J. "A 'Living-laboratory' for Home Design", in: *Building Research and Practice* 10(1982) Nr. 3, S. 152-159.
- Lohmann, William T. "Specifications visual mockups", in: *Progressive Architecture* 67(1986) Nr. 1, S. 61-62.
- Martens, Bob. "Das Raumlabor", in: *Bauforum* 24(1990) Nr. 142, S. 62-63.
- Martens, Bob (Red.). *Raumexperimente*. (Schriftenreihe Mensch und Raum, Band 1). Wien: 1992.
- Martens, Bob (Red.). *Möbel aus Karton*. (Schriftenreihe Mensch und Raum, Band 2). Wien: 1993.
- Meiss, P. von. "Avec et sans architecte: Indices architecturaux et adaption pour l'usage", in: *Werk/Archithese* (1979) Nr. 27-28, S. 11-17.
- Mortensen, Peder D. und Zahle, Karen. *Proceedings of the 1st European Full-Scale Workshop Conference*. Copenhagen, 1987.
- Mühlestein, Erwin. "Keine Experimente", in: *Bauen+Wohnen* 34 (1979) Nr. 4, S. 117.
- "Raumexperimentierlaboratorium LEA (...)", in: *Bauen+Wohnen* 34 (1979) Nr. 4, S. 118-123.
- Schwanzer, Berthold. *Modell und Wirklichkeit*. Wien: Modulverlag, 1987.
- Stöckli, Tobi und Weber, Bendicht. *Proceedings of the 4th European Full-Scale Modelling Conference*. Lausanne, 1992.

3. Ausgewählte Literatur zur endoskopischen Raumsimulation

- Acking, Carl-Axel (u.a.). *Environmental Simulating Methods and Public Communication*. Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1976.
- Ammann, Fritz. *Technische Endoskopie*. Gräfelfing/München: Resch-Verlag, 1984.
- Appleyard, Donald. *The Berkeley Environmental Simulation Laboratory* [Working Paper 206]. Berkeley: University of California, 1973.
- Aura, Seppo (u.a.). *Proceedings of the 1st European Architectural Endoscopy Association*. Tampere, 1993.
- Benedict, Edward B. "History of Endoscopy", in: Benedict, Edward B. *Endoscopy*, Baltimore: Williams & Wilkens, 1951, S. 3-16.
- Bosselman, Peter. "Visual Impact at Berkeley", in: *Urban Design International*, 4(1983), Nr. 3, S. 34-37.
- Bouwman, M.J.A. *De waarde van het gebruik van de entheskoop in relatie tot andere presentatie-technieken voor de gebouwde omgeving*. Wageningen: Diss. Univ., 1979.
- Cavalar, K. "Technische Endoskopie", in: *Materialprüfung*, 30(1988) Nr. 9, S. 265-270.

- Fahle, Bernd (u.a.). "Über die Vermittlung von Architektur" in: *Architektur und Wohnwelt*, (1979), Nr. 1, S. 32-35.
- Gelbricht, K. "Neue Möglichkeiten der Architekturdarstellung", in: *Wiss. Zeitschrift der Hochschule für Architektur und Bauwesen*, (1986) Nr. 1/2/3 (Ausg. A), S. 74-80.
- Goldberg, Michael. "Simulating Cities - Process, Product and Prognosis", in: *Journal of the American Institute of Planners*, 43(1977), Nr. 2, S. 148-157.
- Grund, Lothar (u.a.). "Bürgernahe Umweltgestaltung durch Modellfilmsimulation", in: *Gartenamt* 28(1979) Nr. 12, S. 779-784.
- Hardie, G.J. "Community participation based on threedimensional simulation models", In: *Design Studies*, 9(1988) Nr. 1, S. 56-61.
- Hirche, Mathias. "Technische Architekturdarstellung", in: *Bauwelt* (1987) 1/2, S. 46-51.
- Janssens, Jan und Küller, Rikard. "Utilizing an Environmental Simulation laboratory in Sweden", in: Smardon, R.C. (u.a.). Offprint from: *Foundations for visual Project Analysis*. J. Wiley & Sons, 1986, S. 265-275.
- Joedicke, Jürgen. "Erfahrungen mit der Modellsimulation. Zum endoskopischen Verfahren", in: *Werk, Bauen+Wohnen* (1983) 11, S. 40-43.
- Lorentz, Verena. "Architektur-Simulation am Modell", in: *Architekt* (Stuttgart) (1988) Nr. 4, S. 193-194.
- Markelin, Antero und Fahle, Bernd. "Periskopische Modellsimulation", in: *Umweltsimulation*, Stuttgart: Krämer, 1979, S. 53-56.
- Patzner, Günther. "Umweltsimulation mit dem Endoskop", in: *Deutsche Bauzeitung*, 123(1989) 12, S. 40-42.
- Reling, Jörg. *Industrielle Endoskopie*. Landsberg-Lech: Verlag Moderne Industrie, 1988.
- Thomas, Wolfgang; Rosche-Terfrüchte, Maria. *Umweltsimulation. Bericht zu einem Forschungsprojekt*. Universität/GH Essen [Arbeitsgruppe Umweltsimulation], 1987.
- "Räume aus Licht"[A. Pfeilsticker: 3D-Kunstlichtsimulation im städtischen Raum], in: *Deutsche Bauzeitung* 126(1992) Nr. 11, S. 184-185.

4. Ausgewählte Literatur zur stereoskopischen Raumsimulation

- Albada, L.E.W. van (u.a.). *Stereophotographie, Astrophotographie, Das Projektionswesen* [Reprint Handbuch der wissenschaftlichen Photographie Bd. VI/Teil 1 Wien, 1931] Stuttgart: Lindemanns, 1992.
- Barsky, Andor von. *Raumbild-Photographie*. Halle (Saale): Knapp, 1943.

- Bräutigam, Leo H. *Die Stereokleinbildphotographie*. Alberhausen: Poseidon Verlag, 1990.
- Burder, David; Whitehouse, Pat. *Photographing in 3-D*. Chessington (UK): Stereoscopic Society, 1985.
- Ferwerda, Jac G. *The World of 3-D. A practical guide to stereo photography*. Borger: 3-D Book Productions, 1990.
- Kraus, Karl. "Stereoskopie thematischer Informationen", in: *Kartographische Nachrichten*, 33(1983), Nr. 2, S. 45-51.
- Kuhn, Gerhard. *Stereofotografie und Raumbildprojektion*. Gilching: VFV-Verlag, 1992.
- Lorenz, Dieter. *Das Stereobild in Wissenschaft und Technik*. Köln: Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, 1987.
- Lüscher, Hermann. *Räumliches Sehen und die wichtigsten Grundbegriffe der Stereo-Photographie*. 1928
- Mönks, Thomas. *Stereobilder leicht selbst gemacht*. Goch: Selbstverlag, 1986.
- Pietsch, Werner. *Stereofotografie*. Berlin: 1959.
- Rheden, J. *Die Stereoskopie. Das Wesentliche über die Grundlagen, die Herstellung und die Anwendung des Raumbildes*. Halle (Saale): Knapp, 1922.
- Sablatnig, Fritz. "Grundbegriffe der Stereoskopie", Sonderdruck aus der *Österreichischen Photo-Zeitung*, Jänner 1966.
- Sablatnig, Fritz. "Beschränkung der stereoskopischen Tiefenzone, ja oder nein?", Sonderdruck aus der *Österreichischen Photo-Zeitung*, Juni 1956.
- Valyus, N.A. *Stereoscopy*. London und New York: The Focal Press, 1966.
- Vierling, Otto. *Die Stereoskopie in der Photographie und Kinematographie*. Stuttgart: Wiss. Verlagsgesellschaft, 1965.
- Waack, Fritz G. *Stereofotografie*. Berlin: Selbstverlag, 1985.

5. Ausgewählte Literatur zur holographischen Raumsimulation

- "Archives of Holography" [Special Issue], in : *Leonardo* 25(1992) 5.
- Claus, Jürgen. *Chippkkunst: Computer - Holographie - Kybernetik - Laser*. Frankfurt/M. und Berlin: Ullstein, 1985.
- Ernst, Bruno. *Holographie - Zaubern mit Licht*. Hückelhoven: Wittig, 1987.
- Heiss, Peter. *Holographie-Fibel*. Hückelhoven: Wittig, 1988.
- Heiss, Peter (u.a.). *Holographie-Jahrbuch 1989/90*. Hückelhoven: Wittig, 1989.

- Holtronic (Hrsg.). *Holographie - Medium der Zukunft*. Otterberg: Holtronic, 1982.
- Kasper, Joseph E. und Feller, Steven A. *The complete Book of Holograms*. New York: Wiley & Sons, 1987.
- Marwitz, Hartmut (u.a.). *Praxis der Holographie. Grundlagen, Standard- und Spezialverfahren*. Ehningen bei Böblingen: Expert-Verlag, 1990.
- Miler, Miroslav. *Optische Holographie*. München: Thiemig, 1978.
- Museum für Holographie & neue visuelle Medien (Hrsg.). *Holographische Visionen. Bilder durch Licht zum Leben erweckt*. Pulheim: Braus, 1991.
- Ostrowski, Juri I. *Holographie*. Frankfurt a.M.: Deutsch, 1988.
- Saxby, Graham. *Practical Holography*. Hertfordshire: Prentice Hall, 1987.
- Schipper, Wilfried und Seele, Gerd. "Holographie", in: *Bauwelt* (1987) 1/2, S. 52-55.
- Unterseher, Fred; Hansen, Jeannene und Schlesinger, Bob. *Handbuch der Holographie. Wie mache ich Hologramme selber?* München: Popa-Verlag, 1991.
- Zec, Peter. *Holographie*. Köln: DuMont, 1987.
- Zec, Peter. "Die drei Dimensionen des Raumes", in: *Deutsche Bauzeitung* 123(1989) 12, S. 114.

6. Ausgewählte Literatur zur computergestützten Simulation

- Adams, Lee. *Graphik-Animation-Simulation*. Haar bei München: Markt & Technik, 1989.
- Baumann, Hans D. *Lexikon Macintosh- Graphik*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt, 1992.
- Benedikt, M. (Ed.). *Cyberspace. First Steps*. Cambridge-Massachusetts: MIT-Press, 1991.
- Börner, W. und Schnellhardt, G. *Multimedia*. München: TeWi-Verlag, 1992.
- Büttner, Manfred. *Computeranimation*. Latter Verlag, 1985.
- Ferschin, Peter. *Konstruktive Hilfsmittel für den CAD-Einsatz bei Architekten: eine interaktive geometrische Orientierungshilfe und geometrische Relationen*. Wien: Dipl.-Arb. TU-Wien, 1991.
- Franke, Herbert W. *Computergraphik - Computerkunst*. Berlin: Springer Verlag, 1985 (2. erw. Aufl.).
- Helsel, Sandra K. und Roth, Judith. *Virtual Reality: Practice and Promise*. Westport-London: Meckler, 1991.
- Kahlen, Hans. *CAD-Einsatz in der Architektur*. Stuttgart: Kohlhammer, 1989.

- Kager, H. und Loidolt, P. "Photomontagen im Hochbau", in: *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, (1989) Nr. 3, S. 169-173.
- Limbeck, Lothar und Schneeberger, Reiner. *Computer-Graphik. Ein Lehr- und Lernbuch*. München-Basel: Reinhardt Verlag, 1979.
- Penz, François (Ed.). *Computers in Architecture. Tools for Design*. London: Longman, 1992.
- Perincioli Cristina und Rentmeister, Cillie. *Computer und Kreativität. Ein Kompendium für Computer-Graphik, -Animation, -Musik und Video*. Köln: DuMont, 1990.
- Rheingold, Howard. *Virtuelle Welten Reisen in Cyberspace*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Verlag, 1992.
- Rooney, Joe und Steadman, P. *CAD*. München-Wien: Oldenbourg, 1990.
- Schloz, Thomas (Bearb.). *CAD im Architekturentwurf* (IRB-Literaturauslese 528). Stuttgart: IRB-Verlag, 1989.
- Schmitt, Gerhard. *Architectura et Machina. Computer Aided Architectural Design und Virtuelle Architektur*. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg, 1993.
- Schwaiger, Leo. *CAD-Begriffe. Ein Lexikon*. Berlin: Springer Verlag, 1988.
- Streich, Bernd. *Simulation und Stadtgestalt unter besonderer Berücksichtigung des Computereinsatzes*. Bonn: Diss.Univ., 1983 [Beiträge zu Städtebau und Bodenordnung, Bd. 5].
- Willim, Bernd. "Computer Graphik und visuelle Planung", in: *Bauwelt* 78(1987) 1/2, S. 38-41.

Verzeichnis der Diagramme und Abbildungen

- Diagramm 1* Schematische Darstellung potentieller Verbindungen zwischen modellhaften Darstellungen und räumlichen Simulationstechniken.
- Diagramm 2* Schematische Darstellung potentieller Kombinationen zwischen Simulationstechniken.
- Diagramm 3* Technische Ausstattung in der Kategorie "CAD-CAAD-..."
- Diagramm 4* Technische Ausstattung in der Kategorie "Video-Endoskopie".
- Diagramm 5* Bisheriges Investitionsvolumen und Bedarf bis zum Jahre 2000.
- Diagramm 6* Geschätztes jährliches Anschaffungsbudget.
- Diagramm 7* Finanzierung der Ausstattung mittels externer Projekte.
- Diagramm 8* Einsatz räumlicher Simulationstechniken.
- Diagramm 9* Einsatz der abgebildeten Kombinationen.
-
- Abb. 1* "Der Mensch durchbricht das Himmelsgewölbe und erkennt die Sphären" (Anonymer Holzschnitt um 1530).
- Abb. 2* "Zerr-Raum" von A. Ames. Aus: E. Lanners, *Ilusionen* (1973) S. 116.
- Abb. 3* René Magritte: "Les valeurs personnelles" (Wurde vom Verfasser abgezeichnet).
- Abb. 4* "Kontrastraum" im Maßstab 2:1. Aus: Lanners, *Ilusionen* (1973) S. 23.
- Abb. 5* 1:1-Modell bei der Grundsteinlegung der Kirche Sainte-Geneviève. Aus: A. Braham. *The Architecture of the French Enlightenment* (1980), S. 75.
- Abb. 6* Holzmodell im Maßstab 1:1 für das Ehrenmal von Tessenow. Aus: M. de Michelis, *Heinrich Tessenow 1987-1950* (1991) S. 307.
- Abb. 7* 1:1-Detailmodell der Neuen Reichskanzlei (1938). Aus: A. Schönberger, *Simulation und Wirklichkeit* (1984), S. 50.
- Abb. 8* 1:1-Funktionsmodell BMW-Gebäude (Geiseltasteig, 2. Dezember 1968). Aus: *Modul* (1970)2, S. 6.
- Abb. 9* 1:1-Modell Juweliersladen Schullin (Wien). Aus: Rolf Janke, *Architekturmodelle* (1978), S. 76.
- Abb. 10* Das ERCO-Lichtlabor in Lüdenscheidt. Aus: Otl Aicher (u.a.), *ERCO-Lichtfabrik*, Berlin: Ernst & Sohn, 1990, S. 113.
- Abb. 11* Das Lichtzentrum von Philips in Eindhoven. Aus: Infobroschüre Philips.
- Abb. 12* 1:1-Modell eines Reisezugwagen-Abschnittes (SGP-Werksfoto).
- Abb. 13* "Wohnbühne zum Probewohnen" in Wien. Aus: Archiv W. Fehlinger (Linz).

- Abb. 14 1:1-Proben mit der Bemusterung auf der Baustelle. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 15 Die Museums-Schablone am Karlsplatz (1910). Aus: Peter Haiko (u.a.), *Otto Wagner und das Kaiser Franz Josef-Stadtmuseum*.(1988), S. 77.
- Abb. 16 1:1-Modell aus Holz und Segeltuch für das Haus Kröllner. Aus: P. Johnson, *Mies van der Rohe* (1956), S. 15.
- Abb. 17 1:1-Modell des zerstörten Palastes in Berlin (Ausstellungsplakat).
- Abb. 18 Experimentalebene mit dem Mero-Messebausystem (TU-Wien). Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 19 Spezialbausteine der ETH-Lausanne. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 20 LEA-Bausteine im Einsatz. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 21 Brik-Bausteine mit Verbindungsstift. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 22 Wand aus Brik-Bausteinen. Aus: Archiv R. van Wezel (Amsterdam).
- Abb. 23 Mock-Up-System an der Universität Wageningen. Aus: Alessandra Carini, (u.a.), *Un laboratorio per l'abitare* (1983), S. 50.
- Abb. 24 Die Konstruktion der Oikos-Baublöcke. Aus: Alessandra Carini, (u.a.), *Un laboratorio per l'abitare* (1983), S. 100.
- Abb. 25 Die Arbeit mit Klemmpanelen. Aus: Bodil Kjaer, *Study of Full-Scale Environmental Design Simulation Laboratories in Switzerland, Sweden, Holland and Denmark* (1984).
- Abb. 26 Schnitt durch ein starres Endoskop (Storz-Prospekt).
- Abb. 27 Ein "Aufblasen" führt zu Unschärfe. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Entwurf: Gaby Attl).
- Abb. 28 Künstliche Sonne (Erco-Lichtfabrik). Aus: Otl Aicher (u.a.), *ERCO-Lichtfabrik*, Berlin: Ernst & Sohn, 1990, S. 105.
- Abb. 29 Das Prinzip der Stereoskopie. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 30 Beispiel einer Stereokamera (RBT X2-Informationsprospekt).
- Abb. 31 Stereorahmung 41x101mm. Aus: W. Selles, *Kleinbildstereoskopie* (1953), S. 34.
- Abb. 32 Publikum mit Polarisationsbrillen (Foto von J.R. Eyerman, 1952).
- Abb. 33 Off-Axis-Aufbau. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 34 Aufbau zur Aufzeichnung von Denisyuk-Hologrammen. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 35 Hologramm und Originalmodell (Holografie: Irmfried Wöber / Würmla). Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 36 Die verlaufende Spirale des "Kugelraumes" wurde programmiert. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Übungsarbeit von Hans von Metz u.a.).
- Abb. 37 Schattierte Darstellung ohne anti-aliasing. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Übungsarbeit von Walter Horner u.a.).
- Abb. 38 Schattierte Darstellung des "Raumes für einen Skater". Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Übungsarbeit von Eva Fröhlings, Stefan Hiebeler, Christian Schätzke und Bernhard Wartinger).

- Abb. 39* "Shugaku in". Fotorealistische Darstellung nach dem Radiosity-Verfahren [gerechnet auf einem Siemens/Nixdorf S100 Vektorrechner]. Aus: Archiv Institut für Computergraphik / Peter Ferschin (TU-Wien).
- Abb. 40* Mittels wackliger Plotterlinie erzielte "Handzeichnungen". Aus: *Bauforum* (1991) 146, S. 53.
- Abb. 41* "Raum für Antipodos" mit eingescannten Menschen. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Übungsarbeit von Georg Töpfer u.a.)
- Abb. 42* Die Montage von Bildquellen am Beispiel des "Raumes für einen Skater". Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Übungsarbeit von Eva Fröhling, Stefan Hiebeler, Christian Schätzke und Bernhard Wartinger).
- Abb. 43* Das Ergebnis der bildbearbeitenden Vorgänge. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Entwurf: Christoph Wiala).
- Abb. 44* Bearbeitetes Endobild mit spiegelnder Wasserfläche. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Entwurf: Christoph Wiala).
- Abb. 45* Bildvariante des "Eßtempels" mit Tonwerttrennung. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Entwurf: Christoph Wiala).
- Abb. 46* Das zukünftige Büro des Architekten. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Idee und Zeichnung: Matthias Zykan).
- Abb. 47* Grundriß des Raumexperimentierlabors (Kellergeschoß). Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 48* Längsschnitt des Raumexperimentierlabors. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 49* Querschnitt des Raumexperimentierlabors. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 50* Endoskopiebereich. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 51* 1:1-Arbeitsbereich des Raumexperimentierlabors. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 52* Hofseitiger Eingang des Raumexperimentierlabors. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Abb. 53* Übersicht über die technische Ausrüstung (Stand 1.1.1994). Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.

English Summary

The present inaugural dissertation “Possibilities as to Implementations of Spatial Simulation Techniques in Architecture” offers an enumeration of current simulation techniques i.e. of such having been in use for some time, as well as the contemplation of techniques and their combinations not having been used to the same extent. The subsequent involvement is aimed at developing a basis for decision-making, thus enabling use thereof so desired. The investigation is directed towards such technical possibilities as are to be implemented with reasonable investments and also seem justified regarding practical work in architectural production as far as the ratio of expense and benefit is concerned. Thus easy handling and the actual possibilities for representation and interaction are considered particularly carefully, in order to make for the connection to the design process. In describing the individual techniques the principle is illustrated by means of depictions with indications to the classical fields of use. What is specified, furthermore, is the field where the respective technique originated and the conditions of the first implementation within architecture. Apart from these rather historical aspects the respective sub-chapters also deal with the possibilities and limitations of spatial simulation. Based on the questionnaire “Fields of Application of Spatial Simulation in Architecture” the attempt is made to check the investigated spatial simulation techniques as to their completeness and to rank them according to the determined user-applications. When stock-taking the question as to which equipment is available for tasks in the field of spatial simulation and how it is really being used. Moreover, main fields of activities having crystallized in the course of implementation, are elaborated. The investigation as to the combined use and the integration, resp. of simulation techniques is particularly dedicated to the specific field of architecture.

Anhang I **Muster der Umfrage “Anwendungsbe- reiche räumlicher Simulationstechniken”**

Die Frage der Kommunikation hat bedeutende Entwicklungen auf dem Gebiet der Architekturdarstellung zur Folge gehabt. Neue Anforderungen sind hinzu gekommen, bereits bestehende Probleme in der Vermittlung haben sich verschärft. Zu deren Bewältigung könnte u.a. der Einsatz räumlicher Simulationstechniken beitragen. Durch *Simulation Aided Architectural Design* (SAAD) werden Architekturlehre, -forschung und -praxis sich erheblich verändern. Voraussetzung für den Versuch einer Standortbestimmung ist jedoch, daß Informationen über Ihre Erfahrungen, Interessen und Gedanken über die Zukunft bekannt sind.

Hier setzt das Projekt *Die Einsatzmöglichkeiten räumlicher Simulationstechniken in der Architektur* an, das an der Abteilung für räumliche Simulation [TU-Wien] durchgeführt wird. Um die für die Standortbestimmung notwendigen Informationen über Ihre Aktivitäten auf diesem Gebiet zu erheben, wurde die vorliegende Umfrage entwickelt.

Ich bitte Sie, diese Umfrage möglichst vollständig auszufüllen und bis **1. Mai 1993** an die **TU-Wien, Abteilung für räumliche Simulation, Karlsplatz 13/2561, A-1040 Wien**, zurückzusenden (Die Rückseite wurde bereits für ein Fensterkuvert vorbereitet). Falls dies notwendig sein sollte, können Sie selbstverständlich Beiblätter verwenden. Es steht Ihnen natürlich frei, Fragen, die Sie nicht beantworten wollen, zu übergehen. Ich sichere Ihnen die vollständige Anonymität Ihrer Angaben zu. Ergebnisse werden ausschließlich in Form von Gesamtdarstellungen wiedergegeben.

Ich danke Ihnen für die Mitarbeit.

(1) *Allgemeine Angaben*

[fallen unter Datenschutz]

Ihre *Universität oder Firma*:

Ihr *Institut oder Abteilung*:

Ihr *Name*:

Ihre *Funktion*:

Sonstige *Angaben*:

(2) *Gibt es in Ihrer Universität (Firma) eine Mediathek oder Medienstelle?*

Ja Nein Geplant

(3) *Welche technische bzw. räumliche Ausstattung steht Ihnen für die Architekturdarstellung und -vermittlung zur Verfügung?*

CAD-CAAD-CAI-...	VIDEO-ENDOSKOPIE	HOLOGRAFIE
Hardware <input type="checkbox"/> Apple Macintosh <input type="checkbox"/> MS-Dos <input type="checkbox"/> UNIX <input type="checkbox"/> Software <input type="checkbox"/> Graphik <input type="checkbox"/> 2D/3D <input type="checkbox"/> Rendering <input type="checkbox"/> Multimedia Peripherie <input type="checkbox"/> Farbdrucker <input type="checkbox"/> Farbscanner <input type="checkbox"/> Video in/out <input type="checkbox"/> Stereodisplay <input type="checkbox"/> Paintbox <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> m2 Arbeitsfläche <input type="checkbox"/> gemischte Raumnutzung	<input type="checkbox"/> Endoskop <input type="checkbox"/> Mechanische Anlage Videorekorder <input type="checkbox"/> VHS-Format <input type="checkbox"/> S-VHS-Format <input type="checkbox"/> U-Matic-Format <input type="checkbox"/> Videokamera <input type="checkbox"/> Videocamcorder <input type="checkbox"/> Miniaturkamera <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Videoschnittanlage <input type="checkbox"/> Filmkamera <input type="checkbox"/> Sonstiges: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> m2 Arbeitsfläche <input type="checkbox"/> gemischte Raumnutzung	<input type="checkbox"/> Industrielle Anlage <input type="checkbox"/> Eigenentwicklung Laser: mW Max. Aufnahmeformat: mm Länge mm Breite Aufnahmetisch: m Länge m Breite <input type="checkbox"/> Dunkelkammer <input type="checkbox"/> Sonstiges: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> m2 Arbeitsfläche <input type="checkbox"/> gemischte Raumnutzung

STEREO-FOTOGRAFIE	1:1	SONSTIGES
<input type="checkbox"/> Stereokamera <input type="checkbox"/> Technische Kamera <input type="checkbox"/> Spiegelreflexkamera <input type="checkbox"/> Rollfilmkamera <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Studiostativ <input type="checkbox"/> Stereodiaprojektor <input type="checkbox"/> Dunkelkammer <input type="checkbox"/> Sonstiges: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> m2 Arbeitsfläche <input type="checkbox"/> gemischte Raumnutzung	Experimentierfläche m Länge m Breite m Höhe <input type="checkbox"/> Fahrbare Bühne m Länge m Breite <input type="checkbox"/> Verstellbare Plattform <input type="checkbox"/> Spezialbausteine <input type="checkbox"/> Spezialbauelemente <input type="checkbox"/> Werkstätte <input type="checkbox"/> Sonstiges: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> m2 Arbeitsfläche <input type="checkbox"/> gemischte Raumnutzung	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> m2 Arbeitsfläche <input type="checkbox"/> gemischte Raumnutzung

(4) Welche Investitionen wurden für diese technische Ausstattung getätigt?

[1 DM ~ 7 öS / 1 SFr ~ 8 öS / Raumadaptierungskosten außer Betracht lassen]

- Geschätztes bisheriges Investitionsvolumen:
 bis 500.000 öS 500.000 bis 1.000.000 öS
 1 bis 2 Mio öS anders:

- Geschätztes jährliches Anschaffungsbudget:
 bis 50.000 öS 50.000 bis 100.000 öS
 100.000 bis 200.000 öS anders:

- Geschätzter Investitionsbedarf bis zum Jahre 2000:
 bis 500.000 öS 500.000 bis 1.000.000 öS
 1 bis 2 Mio öS anders:

(5) Wie hoch sind die jährlichen Investitionen im Durchschnitt für die technische Ausstattung, welche durch externe Projekte im Bereich der Architekturdarstellung (Auftragsforschung etc.) finanziert werden?

- bis 50.000 öS
- 50.000 bis 250.000 öS
- 250.000 bis 500.000 öS
- 500.000 bis 1.000.000 öS
- anders:

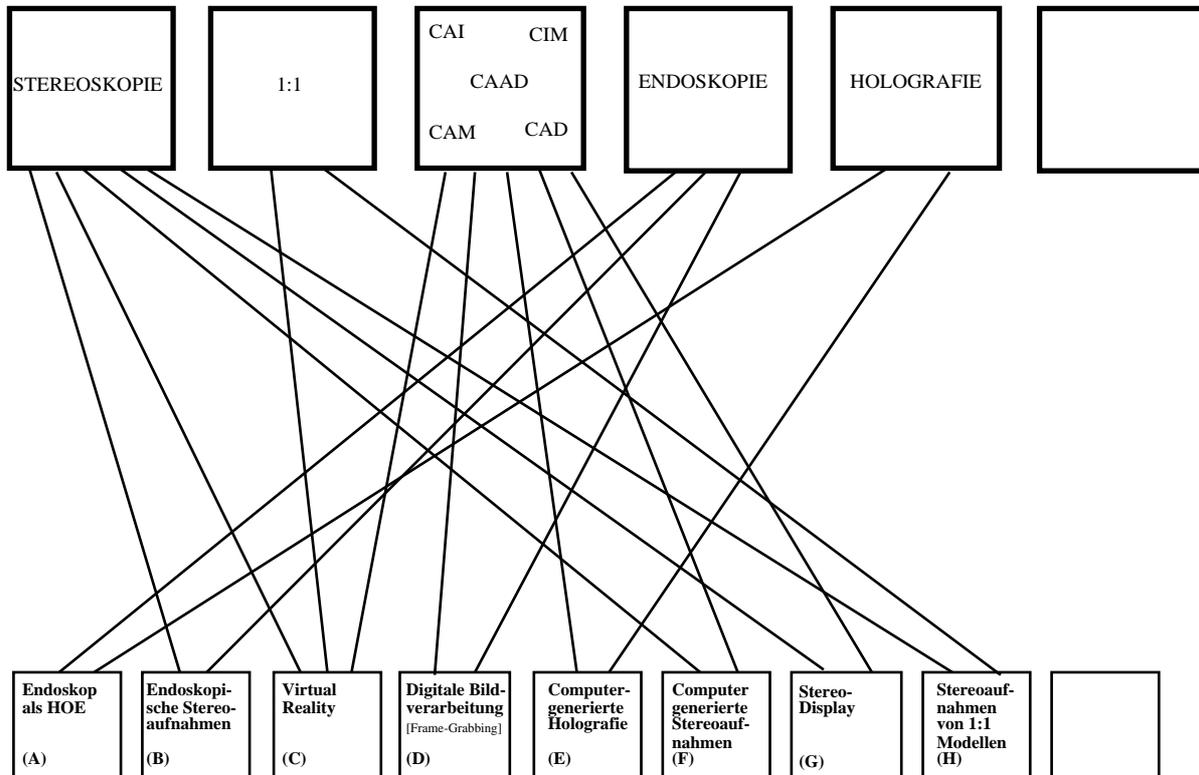
(6) Welche der genannten räumlichen Simulationstechniken wird/werden von Ihnen im Bereich der Lehre, Forschung und Praxis eingesetzt?

[Bitte ankreuzen / Mehrfachnennungen möglich]

	<i>Lehre</i>	<i>Forschung</i>	<i>Praxis</i>
• Stereoskopie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Raumsimulation in wahrer Größe (1:1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Computergestützte Raumsimulation (CAD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Endoskopie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Holografie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Sonstiges:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

(7) Welche der im Schema abgebildeten Kombinationen setzen Sie ein?

[Bitte ankreuzen / Mehrfachnennungen möglich]



	<i>Lehre</i>	<i>Forschung</i>	<i>Praxis</i>
(A) Endoskop als HOE	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(B) Endoskopische Stereoaufnahmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(C) Virtual Reality	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(D) Digitale Bildverarbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(E) Computergenerierte Holografie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(F) Computergenerierte Stereoaufnahmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(G) Stereodisplay	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(H) Stereoaufnahmen von 1:1 Modellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

(8) Welche räumliche Simulationstechniken und/oder Kombinationen fehlen

Ihrer Meinung nach im abgebildeten Schema?

[Bitte einzeichnen]

.....

.....

(9) **Welche räumliche Simulationstechnik bzw. Kombination wird von Ihnen im Bereich der Lehre, Forschung und Praxis am häufigsten eingesetzt und warum?**

In der Lehre eingesetzt:

Grund dafür:

In der Forschung eingesetzt:

Grund dafür:

In der Praxis eingesetzt:

Grund dafür:

(10) **Wo siedeln Sie Ihren Einsatz von räumlichen Simulationstechniken in den untenstehenden Bereichen⁸⁶ an?** [Mehrfachnennungen möglich]

User Need Evaluation (Erhebung von Nutzerbedürfnissen vor Planungsbeginn)

Participatory Planning (Planungsmitbestimmung)

Post-Occupancy Evaluation (Nutzerforschung nach Gebäudebezug)

Wie sieht der konkrete Einsatz von räumlichen Simulationstechniken in den von Ihnen bearbeiteten Bereichen [A-C] aus?

(A) User Need Evaluation:

(B) Participatory Planning:

(C) Post-Occupancy Evaluation:

Wenn Sie in keinem der genannten Bereiche [A-C] arbeiten, wer sind dann die hauptsächlichsten Nutzer Ihrer Simulationsarbeiten?

Architektur- und Planungsbüros

Forschungsanstalten

Öffentliche Hand

Privatwirtschaft

Universitäten

⁸⁶ Evaluations- und Bewertungsschema nach Robert Sommer, *Social Design*, 1983.

(11) Führen Sie sonst noch weitere Studien zur Architekturpsychologie oder Nutzerforschung durch?

Ja Geplant Nein (--> weiter Frage 12)

Wichtigste Studien:

.....

(12) Sind die nachfolgenden Simulationstechniken bzw. Kombinationen im Bereich der Architektur eher wichtig oder eher unwichtig? [Bitte ankreuzen]

	<i>sehr wichtig</i>	<i>eher wichtig</i>	<i>weder/ noch</i>	<i>eher unwichtig</i>	<i>völlig unwichtig</i>
• Stereoskopie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Simulation in wahrer Größe (1:1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Computergestützte Raumsimulation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Endoskopie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Holografie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Virtual Reality	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
• Digitale Bildverarbeitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

(13) Welche Entwicklungen bzw. Verbesserungen sind Ihrer Meinung nach bei nachfolgenden Simulationstechniken in Zukunft wünschenswert?

- Stereoskopie:
-
- Simulation in wahrer Größe (1:1):
-
- Computergestützte Raumsimulation:
-
- Endoskopie:
-
- Holografie:
-

(14) Wieviele Planstellen stehen Ihnen für Aufgaben im Bereich der Architekturdarstellung zur Verfügung? [1 Planstelle entspricht 38 Stunden/Woche]

- Wissenschaftliche Mitarbeiter:
 keine 0.5 1.0 1.5 2.0 anders:
- Technische Mitarbeiter:
 keine 0.5 1.0 1.5 2.0 anders:
- Administrative Mitarbeiter:
 keine 0.5 1.0 1.5 2.0 anders:

(15) Bei wievielen Kooperationen inner- oder außerhalb Ihrer Universität (Firma) sind Sie zwecks Durchführung gemeinsamer Aktivitäten dabei?

- 1-3 Kooperationen mehr als 3 Noch keine (--> weiter Frage 16)

Wichtige Kooperationspartner:

.....
.....
.....

(16) Bei welchen Organisationen sind Sie Mitglied?

- Association for Computer-Aided Design in Architecture (ACADIA)
- European Architectural Endoscopy Association (EAEA)
- Education in CAAD in Europe (ECAADE)
- Environmental Design Research Association (EDRA)
- European Full-Scale Modelling Association (EFA)
-
-

(17) Haben Sie das Gefühl, daß Sie über andere Anwender räumlicher Simulationstechniken im akademischen Bereich ausreichend informiert sind?

- Ja Nein

Wie ließe sich Ihrer Meinung nach der Informationsfluß verbessern?

.....

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit

Bitte falten (passend für Fensterkuvert) und senden an:

Technischen Universität Wien
Abteilung für räumliche Simulation
z.Hdn.v. Dr. Bob Martens
Karlsplatz 13/2561
A-1040 Wien

Ergänzungen und Anregungen:

.....
.....
.....
.....
.....

Anhang II Kurzbeschreibungen wissenschaftlicher Organisationen

Vorbemerkung

Die hier präsentierten Kurzbeschreibungen wurden aus Informationsmaterialien, welche von den Organisationen zur Verfügung gestellt wurden, kompiliert. Für ausführliche Dokumentation ist die jeweilige Organisation direkt zu kontaktieren.

Association for CAD in Architecture (ACADIA)

For the past decade, ACADIA has provided a forum for debate and support among computer-aided design educators and others interested in integrating computer technology into architectural education and practice. We share information through quarterly newsletters, electronic conferencing, and an annual conference with a published proceedings. We welcome members from all over the world, and the organization now includes members from the United States, Canada, Latin America, Europa, Africa, and the Pacific Rim. Because ACADIA focuses on education and research, most of its members are affiliated with colleges and universities. However, a number of members are from professional design firms and the computer-aided design industry. Since 1980, ACADIA has grown from two dozen to over three hundred members. Membership is open to educators and professionals who believe in the need for a quality education in the area of computer-aided design and are willing to contribute to its development.

For more information:

Larry Degelman
Texas A&M University
College Station TX, 77843-3137
USA

Tel. ++1-409-845-7852

European Architectural Endoscopy Association (EAEA)

1. Founded: 1993

2. What is the Goal of the Endoscopy Association:

To argue for the significance of endoscopy as a unique medium for the exploration and representation of architecture and space. It is a platform for experimentation, research, communication development, user participation and teaching by means of endoscopy and environmental simulation.

3. Field of activity:

Visualization and Application in Architecture and Town-Planning: built environments, road-design, housing areas, urban spaces, interior spaces etc. Implementation of Endoscopy in Design-work. Research on environmental simulation and experience of environment in motion. Observation of technical developments.

4. Aims of the association:

- to promote activities in the field of endoscopy and environmental simulation
- to promote communication and the exchange of experiences
- to promote collaboration in common projects
- to promote the development of the range of applications

5. Official language: English

6. EAEA-Secretariat:

Each member (in turn) for a period of two years (the year before and following a Conference).

7. Newsletter:

Will report the activities carried out by the members, papers about endoscopy and environmental simulation, news about current plans and projects, technical information and reference sources (also from non-members).

8. Conference: To be held every two years.

For more information:

Bob Martens
Vienna University of Technology
Karlsplatz 13/2561
A-1040 Wien
Austria
Tel. ++43-1-58801-3382

Education in CAAD in Europe (ECAADE)

The ECAADE association is a European association of faculties and schools of architecture that are committed to Computer Aided Architectural Design. ECAADE stands for Education in Computer Aided Architectural Design in Europe; the association is a non profit making association that is founded in Brussels. The objectives of the ECAADE association can be summarized as follows:

1. To collate and disseminate information about CAAD from and to architectural teaching and research faculties and schools hard- and software suppliers and practices.
2. To encourage the exchange of material and experiences relevant to the development and teaching of CAAD.
3. To identify needs specific to CAAD education and to initiate collaborative projects to satisfy these needs.

Several ECAADE members are involved in activities that are guided by the Commission of the European Communities such as:

4. Exchanges of students and staffmembers.
5. Cooperation in research and development projects.

The ECAADE association is also a framework for other activities such as:

6. Regional meetings and workshops.
7. Dissemination of systems that are made available to ECAADE by hard- or software suppliers.

The ECAADE association gives members the opportunity to benefit from these activities and to give directions to the future developments of the association. The activities can be divided into international and regional activities and the organisation has a structure that is based upon different regions in Europe and is held together by an Administrative Council. The General Secretariat is the mailbox for the association.

For more information:

Jelena Petric
University of Strathclyde / Dept. of Architecture
Glasgow G4 ONG
UK
Tel. ++44-41-552-4400

Environmental Design Research Association (EDRA)

The EDRA is an international, interdisciplinary organization, founded in 1968 by design professionals, social scientists, students, educators and environmental managers. The purpose of EDRA is to advance the art and science of environmental design research, to improve understanding of the interrelationships between people and their built and natural surroundings, and to help create environments responsive to human needs.

EDRA members are concerned with issues such as:

1. The effects of designed environments on the family organization, worker productivity and the recovery rate of hospital patients.
2. Design and building processes that incorporate information about user requirements.
3. The education of designers, clients and users about behavioral consequences of designed environments.
4. How users and managers of designed environments can conserve energy and other limited resources.
5. Theories that predict the response of different populations to various environments.
6. How to communicate effectively to occupants the intended uses of buildings and workplaces.

For more information:

EDRA

P.O. Box 24083

Oklahoma City, OK 73124

USA

Tel. ++1-406-232-2655

European Full-Scale Modelling Association (EFA)

1. Founded: 1986

2. What is a Full-Scale Laboratory or Workshop:

It's a place for experimentation, research, communication, user participation and teaching by means of 1:1 modelling.

3. Field of activity:

Built environment and mainly housing, collective facilities, working places.

4. Aims of the association:

- to promote 1:1 modelling activities
- to promote communication of experiences among the membership and Among them and others
- to promote collaboration between the membership in common projects

5. Official language: English

6. Management:

EFA-Secretariat: Each member (in turn) for a period of two years (the year before and following a Conference).

7. Requisites for membership:

Full members: 1:1 laboratories operating in Europe

Associate members: 1:1 laboratories operating in non-european countries and individuals in all countries

8. Newsletter:

It will report the activities carried out by the members, papers about 1:1 modelling (also from non-members), news about current plans and projects, information and reference sources.

9. Conference: To be held every two years.

For more information:

Ruud van Wezel

Wageningen Agricultural University

P.O. Box 8060

6700 DA Wageningen

The Netherlands

Tel. ++31-8370-82088

Anhang III Informationen über die Abteilung für räumliche Simulation an der TU-Wien

Die *Abteilung für räumliche Simulation (Raumexperimentierlabor)* befindet sich im Mitteltrakt des TU-Hauptgebäudes am Karlsplatz und hat hofseitig ihren Haupteingang. Über diesen Eingang erreicht man im Erdgeschoß einen Besprechungsbereich. Es ist sowohl von der Galerie als auch vom Besprechungsbereich aus möglich, laufende Experimente zu beobachten. Über eine Wendeltreppe gelangt man direkt zum Endoskopiebereich (samt Naßzelle bzw. Dunkelkammer) und zur 1:1-Experimentierbühne. Lagerräumlichkeiten sind ebenfalls im Kellergeschoß situiert.

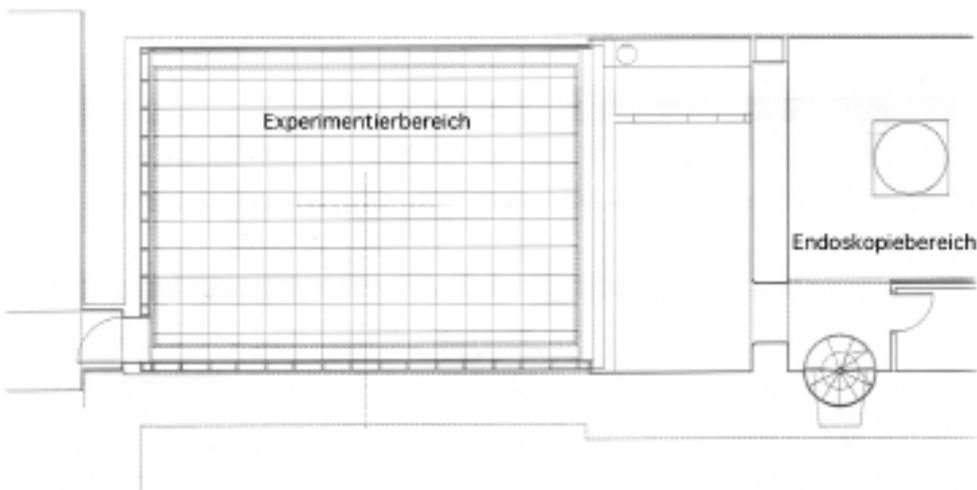


Abb. 47 Grundriß des Raumexperimentierlabors (Kellergeschoß).

Raumsimulation in wahrer Größe

Der *1:1-Experimentierbereich* wird von einer Montagegalerie umgeben und weist eine Arbeitsfläche von ca. 60 m² bzw. eine freie Höhe von ca. 9 m (im Erdgeschoß Luftraum) auf. Die *Experimentalebene* besteht aus Mero-Dreigurtträgern, welche mit gewissen Einschränkungen eine Veränderung der Ebene in der gewünschten Konfiguration ermöglicht. Auf den Dreigurtträgern können handliche Holzelemente angebracht werden. Sowohl die obere als auch die untere Seite der Träger sind zum Experimentieren geeignet. Die untere Trägerseite könnte daher benutzt werden, um z.B. eine Deckenplatte abzuhängen. Die bewegbare *Arbeitsbühne* wird bei den Experimenten eingesetzt,

um z.B. Beleuchtungskörper in den Stromschienen einzurichten. Der Zugang auf die Arbeitsbühne erfolgt im Erdgeschoß über eine fix montierte Stiege. Die Arbeitsbühne hat eine Breite von ca. 3 m und es ist möglich, an deren Unterseite Kulissen einzuhängen. In diesem Fall wird diese Bühne im Experimentierbereich "geparkt". Seit Ende des Jahres 1993 stehen auch *Brik-Bausteine* als Arbeitsmittel zur Verfügung (siehe Kapitel 2.2.3).

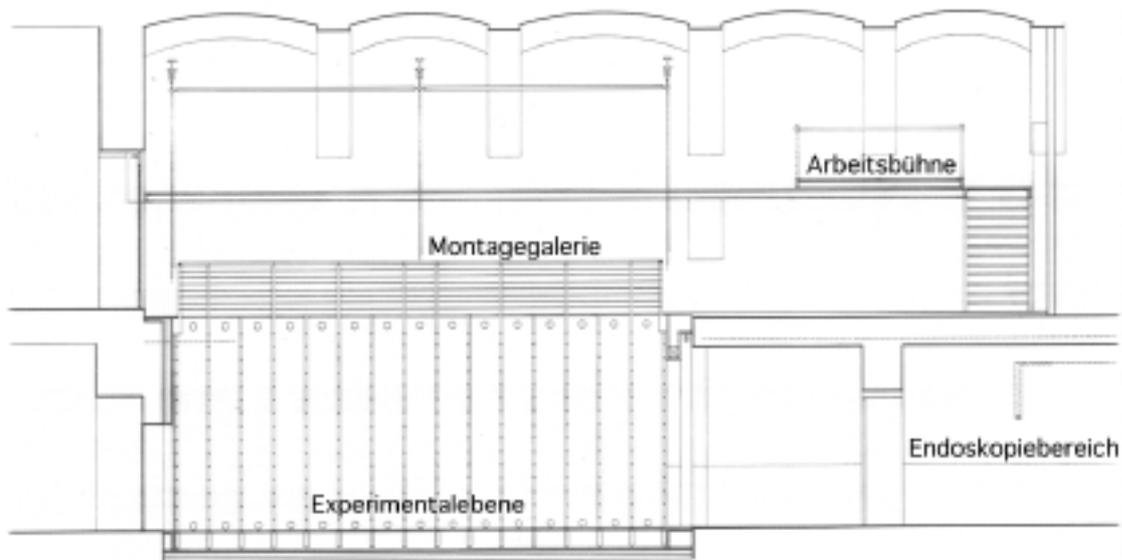


Abb. 48 Längsschnitt des Raumexperimentierlabors.

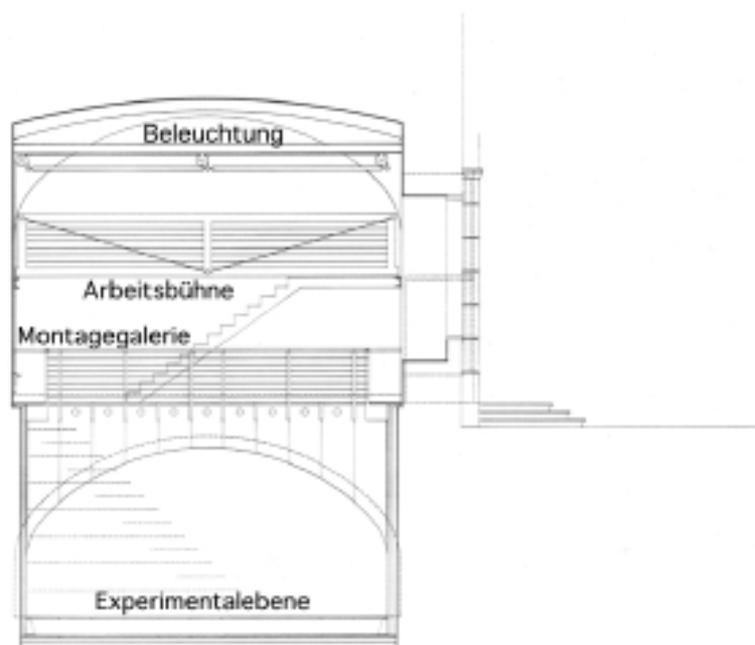


Abb. 49 Querschnitt des Raumexperimentierlabors.

Endoskopische Raumsimulation

Im Jahre 1989 markierten die Anschaffung eines *starr*en Endoskops in Kombination mit einer *CCD-Videokamera* der untersten Preisklasse die ersten Schritte auf dem Gebiet der Endoskopie. Als Peripheriegerät stand ein VHS-Videorecorder mit Monitor zur Verfügung. Kurz darauf wurde das Aufnahmeverfahren dahingehend ausgebaut, daß Einzelbilder über eine Digitalisierungskarte in den Computer "eingeschleust" und weiterverarbeitet werden können.



Abb. 50 Endoskopiebereich.

Im Zuge der Erstausrüstung des Endoskopiebereiches konnten erhebliche Verbesserungen realisiert werden. Oberhalb vom Aufnahmetisch mit Hintergrundwand ist eine Flächenleuchte bewegbar auf zwei Schienen montiert. Mit einer zusätzlichen Lichtquelle wird die Sonne simuliert. Das starre Endoskop wird mit einer CCD-Miniaturkamera am Stativ befestigt, welches für die Aufnahmen entsprechend positioniert wird. Mit dieser Miniaturkamera kann nicht die allerbest denkbare Qualität erzielt werden, sie weist jedoch bei der Handhabung durch die Studierenden die erforderliche Robustheit auf. Die gesamte Anlage ist für Standbilder und einfache Sequenzen konzipiert. Zur Zeit wird mit einem qualitativ hochwertigen kugelgelagerten Studiostativ gearbeitet. Die Installierung einer mechanischen Anlage (*“Camera Rig”*) zur Steuerung der Bewegungsabläufe ist langfristig geplant.

Stereoskopische Raumsimulation

Im Hinblick darauf, daß im Endoskopiebereich Komponenten einer professionellen Fotostudioeinrichtung zur Verfügung stehen, werden dort auch Maßstabsmodelle stereoskopisch aufgenommen (parallaktische Verschiebungen). Weiters stehen auch eine Stereokamera und Stereoprojektor (für das Format 41x101 mm) zur Verfügung.

Holografische Raumsimulation

Der Holografie-Ausbau ist für 1994 geplant. Die Lage des Endoskopiebereiches (Kellergeschoß) ist in diesem Zusammenhang von großem Vorteil. Die nebenan gelegene Naßzelle/Dunkelkammer wird für die Entwicklung der Hologramme benutzt werden.



Abb. 51 1:1-Arbeitsbereich des Raumexperimentierlabors.



Abb. 52 Hofseitiger Eingang des Raumexperimentierlabors.

BEREICH A

<i>1 : 1</i>
<ul style="list-style-type: none">• Experimentierfläche 9.00 x 6.60 x 8.00 m (LxBxH)• Fahrbare Arbeitsbühne (Nutzlast 3200 kg) <p>Experimentalboden (in Ausführung) Spezialbausteine (geplant)</p> <p><i>Dienstleistung: Nutzung des Experimentierbereiches</i></p>

BEREICH B

<i>CAD-CAAD-CAI-...</i>
<ul style="list-style-type: none">• Apple Macintosh Quadra 900 mit RasterOps Digitalisierungskarte (24-bit / Video-in)• Canon CLC 10 Farbdrucker/Scanner <p><i>Dienstleistung: Bildverarbeitung in Zusammenhang mit Endoskopie</i></p>

<i>VIDEO-ENDOSKOPIE</i>
<ul style="list-style-type: none">• Olympus Endoskop mit Olympus OTV S2-Miniaturkamera (ggf. C-Mount Adapter vorhanden)• Cambo UBS1-Säulenstativ <p><i>Dienstleistung: Endoskopische Auf- nahmen (VHS und S-VHS sowie Digitalisierung)</i></p>

<i>STEREO-FOTOGRAFIE</i>
<ul style="list-style-type: none">• RBT 3D Stereodiaprojektor• RBT 3D Stereokamera <p><i>Dienstleistung: Stereoskopische Modellaufnahmen</i></p>

<i>H O L O G R A F I E</i>
<ul style="list-style-type: none">• Dunkelkammer <p>Ausstattung geplant für 1994</p>

Abb. 53 Übersicht über die technische Ausrüstung (Stand 1.1.1994).

Anhang IV Handhabung der View-Masterscheibe mit ausgewählten Stereo-Bildpaaren

Das View-Mastersystem wurde 1938 von Wilhelm B. Gruber erfunden und ist seitdem erfolgreich im Einsatz. Weltweit werden Stereo-Bildserien auf vielen Gebieten einschließlich der Architektur angeboten ("Stereotheke"). Die Anwendung von View-Masterscheiben im Rahmen einer wissenschaftlichen Veröffentlichung ist sowohl praktisch als auch wirtschaftlich bedingt. Die Scheibe ist flach und kann somit auf einfache Weise mitgeliefert werden; die Mindestauflage beträgt 500 Stk. Es wäre denkbar, Stereobilderpaare in Farbe zu drucken, doch kann der erfolgreiche Umgang mit der Betrachtungshilfe ein Problem darstellen. View-Masterbetrachter sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich, wobei der stereoskopische Eindruck "auf Anhieb" zustandekommt und auch keine weitere Übung oder Erfahrung gefordert wird. Nicht unerwähnt sollte schließlich bleiben, daß bei Bedarf eine Stereoprojektion möglich ist.

- Bild 1* Architectural Scale Model
Stereoskopische Aufnahme von einem Architekturmodell im Maßstab 1:50. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Übungsarbeit von Daniela Türk).
- Bild 2* Computer-generated Model
Computergeneriertes Stereobildpaar. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien (Übungsarbeit von Daniela Türk).
- Bild 3* Entrance of the Full-scale Lab
Das Raumexperimentierlabor an der TU-Wien. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Bild 4* Project "Light Architecture"
Stereoskopische Aufnahme des 1:1-Modells "Lichtarchitektur". Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Bild 5* Building Bricks as a Working Tool
Brik-Bausteine als Arbeitsmittel bei der Simulation in wahrer Größe. Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Bild 6* Project "Cardboard Furniture"
Stereoskopische Aufnahme des 1:1-Modells "Kartonmöbel". Aus: Archiv Raumlabor TU-Wien.
- Bild 7* Hyper-Stereo Exposure of Klosterneuburg
Großbasisaufnahme von Klosterneuburg (Flugbild Franz Stockreiter, Wien). Freigegeben vom BMFLV mit Zl. 13.088/243-1,6/93.