

**Thomas Liebich**

**wissensbasierter  
Architekturentwurf**

**von den Modellen des Entwurfs zu einer  
intelligenten Computerunterstützung**

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

**Liebich, Thomas:**

Wissensbasierter Architekturentwurf : von den Modellen  
des Entwurfs zu einer intelligenten Computerunterstützung /  
Thomas Liebich. - Weimar : VDG, Verl. und Datenbank für  
Geisteswiss., 1994

Zugl.: Weimar, Hochsch. für Architektur und Bauwesen, Diss., 1993  
ISBN 3-929742-47-0

© VDG [Verlag und Datenbank für Geisteswissenschaften](#),  
Weimar

Alle Rechte, sowohl der Übersetzung, des Nachdrucks und  
abzugsweisen Abdrucks sowie der fotomechanischen  
Wiedergabe, vorbehalten.

**Wissensbasierter Architekturentwurf .-  
von den Modellen des Entwurfs zu  
einer intelligenten  
Computerunterstützung**

*ein Weg zu den Entwurfsgrammatiken und zur  
multiplen graphischen Repräsentation*

**D I S S E R T A T I O N**

zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

eingereicht an der Fakultät Architektur, Stadt- und  
Regionalplanung der Hochschule für Architektur  
und Bauwesen Weimar

von Dipl.-Ing. Thomas Liebich  
geb. am 21.10.1963 in Merseburg

verteidigt am 10.12.1993



## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während eines dreijährigen Promotionsstudiums, das ich im Anschluß an die Diplomarbeit an der Fakultät Architektur der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar im Jahr 1989 aufnahm. Zusätzlich ermöglichte mir ein DAAD-Stipendium 1992 den kurzfristigen Studienaufenthalt an dem Department of Architecture and Building Science der University of Strathclyde Glasgow, wo ich den Diskurs über die Grammatiken beenden konnte.

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Stefan Wiesmann für die vielen Diskussionen und wertvollen Hinweise bedanken, die mich bei der Arbeit hilfreich und inspirierend begleitet haben. Herrn Prof. Dr. Gerd Zimmermann gilt mein Dank für seine kritische Sicht, insbesondere auf die architekturtheoretischen Probleme dieser Schrift. Herrn Prof. Dr. Eberhard Kernchen spreche ich meinen Dank für seine stets währende Bereitschaft, den Fortgang der Arbeit zu unterstützen, aus.

In zahlreichen Gesprächen wurde ich durch vielfältige Anregungen unterstützt, namentlich sei Prof. Dr. Tom Maver, Prof. Dr. Alan Bridges, Prof. Dr. Gerhard Schmitt, Prof. Dr. Dieter Salzmann und Dr. Michael Hellgardt gedankt. Während der gesamten Zeit stand mir der Bereich Computergestütztes Planen helfend zur Seite, stellvertretend danke ich dem Leiter Prof. Dr. Dirk Donath.

Über die ganze Zeit der Promotion half mir meine Freundin, Kerstin Hausknecht, mit Zuspruch, aber auch mit angebrachtem Bedenken, Ihr sei zum Dank diese Arbeit gewidmet.

Weimar, März 1993

Thomas Liebich



## Zusammenfassung

In der Entwicklung der CAD-Systeme zeichnet sich ein Generationswechsel ab. Um die Repräsentation und die Verarbeitung aller formalisierbaren Objekteigenschaften zu ermöglichen, bedarf es eines neuen Herangehens, welches zu einem *intelligent computer aided design* führen wird. Dieses unterstützt den Entwurfsablauf wissensbasiert auf zwei Wegen, *aktiv* als Entwurfsautomat und *passiv* als intelligenter Entwurfsassistent.

Die Konzepte für ein wissensbasiertes Entwurfssystem der Architektur setzen zwingend eine genaue Modellvorstellung des Artefakts voraus. Die Arbeit hebt dabei die Modelle hervor, die innerhalb der Paradigmen der Wissenschaft, Logik und Sprache erstellt wurden, und nennt deren Relevanz für eine intelligente Entwurfsunterstützung. Weitere Einflüsse zeichnen sich aus den Spezifika und den Wissensformen des architektonischen Entwerfens ab. Aber auch die gegenläufige Tendenz ist festzustellen, die Mittel, die den Entwurf unterstützen, wirken auf den Prozeß und darüber hinaus auf das Produkt zurück. Ein sich von der Bleistiftkopie emanzipiertes CAD wird die Vorstellungswelt der Architekten verändern und somit Einfluß auf eine neue Architektur nehmen.

Eine wichtige Komponente des Assistenten zur *passiven* Entwurfsunterstützung ist die kontextabhängige, multiple graphische Repräsentation komplexer Objekte. Die Repräsentationsmodelle werden in verschiedenen Medien durch unterschiedliche Sichten generiert. In einer Produktmodellumgebung wird dafür das Konzept des Monitors vorgeschlagen. Dieser erzeugt als ein neutrales Kommunikationswerkzeug die unterschiedlichsten Sichten auf die Objekte, indem er deren Darstellungsmethoden über Rufe abfragt und entsprechend visualisiert. Um das sich daraus ergebende Problem der Konsistenz, der Nachführung von Modifikationen an den Abbildern im Produktmodell, zu bewältigen, sind zwei weitere Rufe vorgesehen, die die inter- und intra-media Konsistenz unterstützen sollen.

Die Formengrammatiken gehören zu den etabliertesten Konzepten der *aktiven* Entwurfsunterstützung, daher werden diese in Theorie und praktischer Anwendung reflektiert und in Gegenüberstellung zur Linguistik kritisiert. Doch innerhalb einer typologischen Verfeinerung kann die Entwurfssprache dennoch ein erfolversprechender Ausgangspunkt der Automatisierung sein.

Um die Idee einer Entwurfsgrammatik für hierarchische Sprachen zu prüfen, wurde ein Säulenautomat CODE entwickelt. Das System nutzt *frames* zur Objektbeschreibung und drei verschiedene *refinement operations* zur Substitution. Gesteuert wird dieser Prozeß durch Wissen aus den zugeordneten abstrakten Typen. Für eine Weiterentwicklung, die neben der deduktiven Anwendung des Typus auch dessen Adaption ermöglicht, werden Konzepte zur Einbeziehung des Kontexts vorgeschlagen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	
	(von der Divergenz zwischen CAD-Praxis und CAD-Forschung)	... 13
1.1	Zur heutigen Situation	... 13
1.2	Zur Begründung des Themas	... 14
1.3	Zu Inhalt und Abgrenzung	... 16
<b>2</b>	<b>Der Paradigmenwechsel im Computer Aided Design</b>	... 17
2.1	Kurzer geschichtlicher Überblick	... 17
	(1) Der Wechsel von Drafting zu Design 18	
2.2	Der Paradigmenwechsel	... 21
2.3	Aktive und passive Systeme zur Entwurfsunterstützung	... 23
<b>3</b>	<b>Die Modelle des Entwurfes</b>	... 25
3.1	Die Ambiguität der Entwurfsmodelle	... 25
3.2	Die kybernetischen Modelle	... 26
	(1) Artefakt als Hypothese 27 - (2) Artefakt als Paradigma 27 - (3) Artefakt als Suchzustand 28; (4) Das 'System' Entwurf 28 (Zähme und bösartige Probleme, Dekomposition der Entwurfsziele, Strategiemuster des Entwerfens, Einschränkung des Entwurfsraums, Kreativität der Lösungsfindung)	
3.3	Die logischen Modelle	... 34
	(1) Artefakt als Theorem 36 - (2) Artefakt als Theorie 36 - (3) Artefakt als Prämisse 37 - (4) Entwurf und Logik 37 (Constraint Satisfaction, Interpretation der Artefakte, Unsicherheit beim Entwerfen)	
3.4	Die linguistischen Modelle	... 41
	(1) Artefakt als Syntax 41 - (2) Artefakt als Ausdruckssystem 42 - (3) Artefakt als Instanz 44 - (4) Die Sprache des Entwurfs 44 (Syntaktischer Code - Grammatik, Denotation und Konnotation, Semantischer Code - Typus)	
3.5	Modelle für den wissensbasierten Entwurf	... 52
<b>4</b>	<b>Die Spezifika beim Entwerfen</b>	... 55
4.1	Die Grundstrategien beim Entwerfen	... 55
	(1) Top-down und Bottom-up 55 - (2) Addition und Division 56 (Addition und Multiplikation, Division und Subtraktion)	
4.2	Die Denk-Formen beim Entwerfen	... 59
	(1) Allgemeine Formen des Entwurfswissens 59 - (2) Das Wissen um die architektonische Form 61	
4.3	Der Einfluß des Arbeitsmediums	... 63
<b>5</b>	<b>Repräsentationen und Medien</b>	
	(ein Konzept des design assistant)	... 69
5.1	Die Variablen und Repräsentationsmodelle	... 69
	(1) Kriterien und Variablen 69 - (2) Function, Behaviour, Structure 71 - (3) Die Repräsentationsmodelle 72	

5.2	Die Medien und Sichten im Entwurf	... 73
	(1) Die Medien 74 - (2) Die Sichten 76 - (3) Folien- und makrogesteuerte Sicht 77	
5.3	Multiple graphische Repräsentation komplexer Objekte	... 78
	(1) Das Konzept des Monitors 79 - (2) Die Probleme der Konsistenz 81 - (3) Ausblick auf Anwendungen der multiplen Repräsentation 83	
<b>6</b>	<b>Entwurfsgrammatiken und Typologien</b> (ein Konzept des design automation)	... 85
6.1	Die Theorie der Formengrammatik	... 85
	(1) Das Shape und seine Bestandteile 86 - (2) Die Shape Rules und ihre Bedingungen 88 - (3) Die Komponenten der Shape Grammar 90	
6.2	Die Anwendungen von Formengrammatiken	... 90
	(1) Top-down und Bottom-up Strategien 91 - (2) Akademische Anwendungen 91 (Die Neuauflage existierender Stile, Die Erschaffung neuer Entwurfssprachen, Die Transformation der Sprache) - (3) Praktische Anwendungen 95	
6.3	Die Kritik der Formengrammatik	... 96
	(1) Der Vergleich mit der Linguistik 97 - (2) Die Unzufriedenheit mit der Semantik 98 - (3) Die kombinatorische Explosion 100	
6.4	Eine Entwurfsgrammatik für hierarchische Architektursprachen	... 102
	(1) Die grundlegenden Ideen eines Säulen-Automaten 104 - (Top-down Entwurfablauf, Die Welten der Regeln, Objekte und Klassen); (2) CODE - eine Systembeschreibung 108 (Die Realisierung von CODE, Formengrammatiken versus Entwurfsgrammatiken) - (3) Hinter den Typen - Fragen zur Weiterentwicklung 112 (Der gleitende Austausch von Typus und Kontext, Der Einfluß und die Grenzen semantischer Markierungen)	
<b>A</b>	<b>Produktmodelle</b> (ein Datenkonzept für intelligentes CAD)	... 117
A.1	Die Aspekte des intelligenten CAD	... 117
A.2	Die Herausbildung der Produktmodelle	... 118
	(1) Zum Hintergrund: Geometriemodell 119 - (2) Zum Hintergrund: Integration der CAD-Module 120 - (3) Zum Ansatz: verknüpfte Partialmodelle 122	
A.3	Das Produktmodell	... 123
A.4	Singuläre versus multiple Datenbankschemen	... 125
<b>B</b>	<b>Wissensrepräsentationen</b> (die Beschreibungsmodelle des Wissens für intelligentes CAD)	... 127
B.1	Deklarative und prozedurale Repräsentation	... 127
B.2	Die Prädikatenlogik	... 129
B.3	Die regelbasierten Systeme	... 131
B.4	Die strukturierten Objekte	... 133
	(1) Abstraktionskonzepte 134 - (2) Nachrichten 135 - (3) Frames 136	
<b>C</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	... 139
<b>D</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	... 149

***für Kerstin***