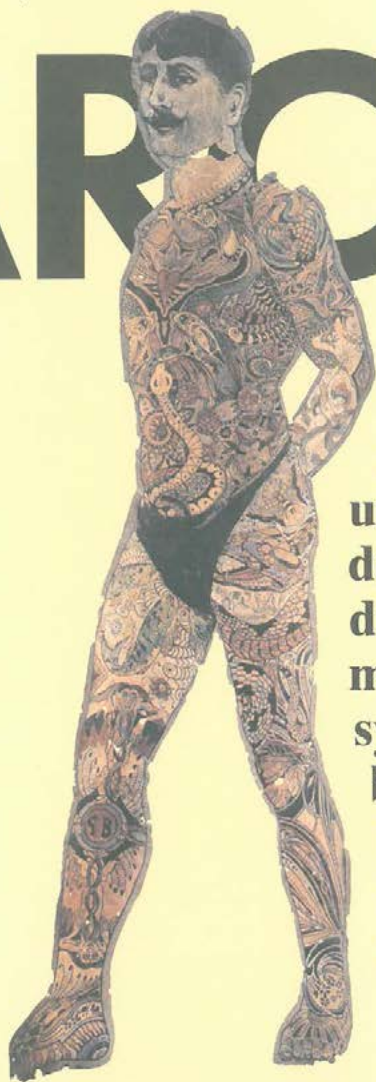


# ARCH +



**... Aber der mensch  
unserer zeit,  
der aus innerem  
drange die wände  
mit erotischen  
symbolen  
beschmiert,  
ist ein verbrecher  
oder ein  
degenerierter ...**

## Digitale Formgenerierung

Ein Überblick über die Möglichkeiten parametrischer CAD-Systeme

**Martin Schroth**  
**AdBK Stuttgart, Klasse Digitales Entwerfen**

In den letzten Jahren wurden die Gesetzmäßigkeiten des architektonischen Entwurfs durch CAD-Systeme neu definiert. Komplexe parametrische Zusammenhänge werden in immer leistungsfähigerem Maß kontrollierbar. Dadurch verschiebt sich der Bewertungsmaßstab von der Beschreibung der Form hin zum Prozess der Formfindung.<sup>1</sup>

Dieser Prozess beginnt mit der Definition der erzeugenden Parameter und der Übertragung ihrer Abhängigkeiten in ein digitales Umfeld. Deshalb erfordert die Nutzung avancierter Werkzeuge im Vorfeld eine präzise und systematische Abstraktion der Sachverhalte und Beziehungen der Entwurfsattribute, die von Anfang an als abhängige Variablen in Form von Zahlenwerten, Geometrien, mathematischen Formeln oder funktionalen Verhaltensregeln festgelegt werden müssen. Durch diesen Sachverhalt kommt der Analyse der formalen und funktionalen Relationen des Entwurfs nun eine Schlüsselrolle zu, in der das Verhältnis von Diagramm und Architektur neu definiert wird.<sup>2</sup>

Der Einsatz neuer CAD-Systeme reicht von der Automatisierung sich wiederholender Arbeitsvorgänge hin zur Analyse reflexiver Beziehungen und der Simulation physischer Eigenschaften. Durch das „Computational Design“ arbeiten inzwischen alle beteiligten Fachleute eines Projekts an einem einzigen Datenmodell und müssen im Vorfeld den Abstraktionsprozess der Parametrisierung durchführen.<sup>3</sup> Jedes parametrische Entwurfssystem ist durch fixe und freie Variablen definiert, die den Rahmen für die Vielfalt und Variabilität des Endergebnisses setzen. Die formale Autonomie des Ergebnisses hängt

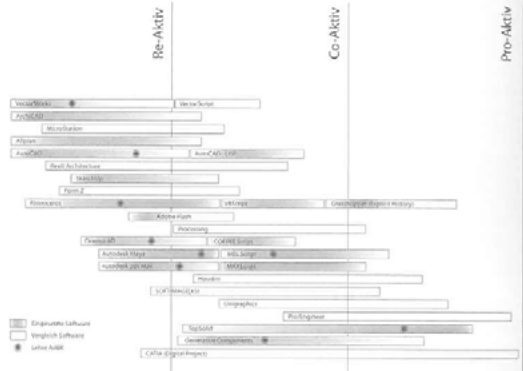
dabei von der Logik und dem Aufbau der Interfaces und deren Funktionsschwerpunkten ab. Neu ist ebenfalls, dass die Anwender – und damit auch die Architekten – bei einigen Programmen mithilfe visueller Interfaces Funktionen programmieren können, ohne die jeweilige Programmiersprache beherrschen zu müssen.

Ein Werkzeug, das die Nutzeranpassung von Programmen in den letzten Jahren wesentlich erleichtert hat, ist der parametrische „History-Editor“: Dieser ermöglicht eine interaktive Visualisierung des Entwurfsverlaufs und seiner Variablen und Relationen. Anders als bei linearen Protokollfunktionen bleiben hier nicht nur alle Schritte erhalten, wenn ein zurückliegender Befehl verändert wird, sondern es passen sich auch alle späteren Schritte nach der Veränderung an die neuen Angaben automatisch an. Die „History Editoren“ werden damit letzten Endes zu regelrechten „Schalttafeln“ der Entwurfsbeziehungen und sind in manchen Fällen interessanter als das formale Ergebnis des Entwurfs.

Parametrische History-Editoren ermöglichen aber vor allem auch die Editierung individueller Vorgängen von mehrdimensionalen Variablenstrukturen, die als interaktive Graphen dargestellt werden. Sie greifen damit tief in die Programmlogiken ein und ermöglichen Funktionen, die von den Programmierern selbst nicht intendiert waren. All diese neuen Nutzungsarten führen dazu, dass die Grenzen zwischen Entwickler und Nutzer zunehmend unscharf werden.

### Eingabe

Parametrische Arbeitsmethoden in CAD-Systemen können nach Verar-



Übersicht Interaktivität der CAD-Systeme

beitung der Attribute und deren Steuerbarkeit prinzipiell in drei Phasen eingeteilt werden:

In der ersten Phase werden die Attribute erstellt und in ein digitales Umfeld eingegeben. Die Verbindungen zwischen den Attributen werden dabei entweder direkt in einer graphischen Zeichenoberfläche, einer numerischen Definition durch Textprogrammierung oder durch die Bearbeitung im „History-Editor“ erstellt.

In der zweiten Phase werden die Parameter durch Veränderung der vorab definierten Logik optimiert und inhaltliche Verknüpfungen der Variablen redigiert. Durch wechselseitige Beziehungen dieser Variablenstrukturen lassen sich dynamische Abhängigkeiten simulieren, die endlose Variabilität und Flexibilität in Echtzeit ermöglichen.

Die dritte Phase schließt den Prozess der Selektion und Auswertung bzw. Weiterverarbeitung der erzeugten Ergebnisse ein. In dieser Phase werden spezifische Anforderungen

der Benutzer-Interaktivität an CAD-Systeme gestellt. Interaktivität wird damit zum Schlüsselkonzept des „Computational Designs“, welche die Steuerbarkeit dynamischer Prozesse möglich macht.<sup>4</sup>

### Interaktivität

Ein Hauptkriterium, um parametrische Entwurfswerkzeuge voneinander zu unterscheiden, ist die Performanz der Benutzer-Interaktivität und somit die Visualisierung der Veränderungen in Echtzeit. Danach können parametrische CAD-Systeme in drei Gruppen eingeteilt werden:

#### 1. Re-Aktiv – Repräsentation

Als re-aktiv lässt sich eine Gruppe von CAD-Systemen mit festgeschriebenen Nutzerfunktionen beschreiben. Diese repräsentative Darstellung von Informationen wird von den meisten Architekten für die 2D- und 3D-Zeichnungserstellung in Bauprozessen verwendet; Programme basieren auf



„Design to Production“, Philipp Rumpf, 2008, Betreuung: T. Wallisser, M. Schroth

Vektoren mit geringen parametrischen Verknüpfungsmöglichkeiten, die in einer Zeichenoberfläche eingegeben werden. Bei Programmen mit einem linearen History-Editor ist jedoch eine vereinfachte parametrische Bearbeitung (Building Information Model) möglich, um herkömmliche Konstruktionsprozesse zu optimieren. Durch das eingeschränkte Feedback des History-Editors können Prozessinformationen allerdings nur in begrenztem Umfang integriert werden: Aufgrund der fehlenden visuellen Repräsentation der parametrischen Zusammenhänge sind reaktive Werkzeuge also kaum für interaktive Prozesse geeignet. Dennoch macht ihre zugrundeliegende Programmiersprache eine Automatisierung möglich; dies erfordert aber Fachkenntnisse der jeweiligen Sprache wie LIPS, VectorScript oder VB Script.

#### 2. Co-Aktiv – Konstruktions-Historie

Co-Aktive Werkzeuge zeichnen sich durch einen interaktiven History-Editor aus, der Eingriffe in die Terminologie der CAD-Systeme ermöglicht. In diesem sind parametrische Verknüpfungen dargestellt, die sich dort auch bearbeiten lassen. Darüber hinaus kann man über Text-Editoren wie Monkey oder MEL-Script Editor automatisierte Abläufe in Form von Scripts selbst erstellen. Mit Scripting ist hier eine Skriptsprache gemeint, mit der Programmieraufgaben erstellt werden können. Diese Gruppe verfügt außerdem über erweiterte Funktionen wie Animation, Partikelströme oder physikalische Eigenschaften wie Gravitation, so dass sich Haarflächen und Fellstrukturen oder Gas- und Flüssigkeitsbewegungen simulieren lassen (MayaFu oder MayaFluids).

#### 3. Pro-Aktiv – Echtzeit-Interaktion

Pro-Aktive Werkzeuge stellen ein vollparametrisches und auf Attributen

basierendes Modellkonzept dar, in dem schon bei der Eingabe Verknüpfungen erstellt werden können. Ein wesentlicher Vorteil ist die freie Definition von Eigenschaften (Features), welche anhand einer visuellen Darstellung nachvollziehbar werden. Durch Festlegungen der generativen Logik erstellt das Programm simultan einen Feedback-Loop, der den Prozess anhand der vorher definierten Bedienungsanweisung leitet und strukturiert. Diese speziellen Fähigkeiten des „Computational Designs“ nennt Patrik Schumacher auch „stimulus-responsive mechanism“. Die verschiedenen Parameter haben daher eine interaktive und wechselseitige Beziehung, welche nicht mit einem herkömmlichen linearen Ursachen-Wirkung-Prinzip erklärbar sind.<sup>5</sup> Die Ausdifferenzierung von Form und Funktion erfolgt eher wie bei evolutionären Organismen, die Variationen hervorbringen, welche einem logischen internen Code folgen, diesen aber nicht linear wiederholen. Mit diesen CAD-Systemen können unterschiedliche, teilweise gegenläufige Interessen zu einem Modell verknüpft werden. Die Überlagerung von Information wie Raumanforderungen, Funktionen, Statik (CFM), Klima (ECO TEC) in einem „cognition-information-processing model“ erfordert jedoch eine spezielle Analyseschicht, die nur bei wenigen CAD-Systemen – wie beispielsweise CATIA DP – vorhanden ist.<sup>6</sup>

### Ausblick

#### Fließende Räume

Die Auswahl relevanter Parameter für den Entwurfsprozess und die Ausdifferenzierung von wirksamen Kräften auf den Entwurfsprozess wird nicht nur die Formgenerierung, sondern auch die Wahrnehmung und Nutzung von Raum verändern. Einerseits

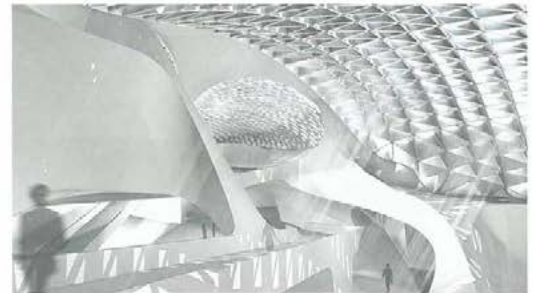
werden durch die ganzheitlichen Organisationsstrukturen differenzierte Systeme kontrollierbar, andererseits führt die ständige Verknüpfung der Entwurfsparameter zu einer Hybridisierung von räumlichen Eigenschaften, da die einzelnen Raumzonen weniger spezifisch ausgeprägt sind. Die Struktur und die Ausformulierung von Übergängen werden wichtiger als die Abgrenzung eigenständiger autonomer Einheiten.

Von der Optimierung zur Simulation Die Verschiebung von der Form zum Prozess wirft Fragen nach einer Neuordnung ästhetischer und formaler Gestaltungsregeln auf. Fester Bestandteil der neuen Entwurfsterminologie sind Begriffe wie Objekt, Kategorie, Relation, System, Topologie, Programm und Transformation. Die unmittelbaren Vorteile von parametrischen CAD-Systemen liegen auf der Hand: Zu ihnen zählen die frühe Erkennung von Planungspotentialen und -problemen, automatisierte Vorgänge (Finite-Elemente-Berechnung, Bewegungssimulation, Toleranzanalyse u.ä.), Erhöhung der Planungsqualität bei gleichzeitiger Minimierung der Entwicklungskosten und Verkürzung der Entwicklungszeit. In der Vergangenheit wurden parametrische

und Transformationswerkzeug, das eine Restrukturierung von erstellten Hierarchien und Verknüpfungen vornimmt, indem es logische Zusammenhänge erkennt und diese neu gruppiert, selbstständig ähnliche Strukturen zusammenfasst und sinnvolle Übergänge erstellt.

Kooperation und Interdisziplinarität „Computational Design“ hat nicht nur den Entwurfsprozess in der Architektur stark verändert, sondern auch die Grenzen zwischen den Disziplinen durchlässiger gemacht. Durch die Abstraktion der Information in einen gemeinsamen numerischen Datensatz werden neue Formen der Interaktion zwischen den beteiligten Disziplinen notwendig. Damit Architekten den Raum der neuen Möglichkeiten nutzen und das Entwerfen auf eine neue Stufe gebracht werden kann, müssen im Vorfeld des Entwurfsprozesses Erkenntnisse aus der Mathematik, Biologie und anderen Wissenschaften in den Prozess integriert werden.<sup>7</sup> Die entsprechende Kooperation mit Fachleuten wird in den nächsten Jahren immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Diplomarbeit „Hybrid Harbour“, Dornika Mineikyte und Martin Völkle, Betreuung: W. Sobek, T. Wallisser, T. Schmidt, M. Schroth



trische Systeme maßgeblich vor dem Hintergrund der ökonomischen Optimierung genutzt; in Zukunft werden sowohl in der Industrie als auch in der Architektur die Möglichkeiten der Echtzeit-Simulation von dynamischen Organisationen eine immer größere Rolle spielen.

#### Synergien aus der Industrie

Neue Werkzeuge wie „Feature Recognition“ zeigen, dass Entwicklungen aus dem Flugzeug-, Schiff- oder Automobilbau auch in Zukunft starken Einfluss auf den Entwurf von Architektur haben werden. „Feature Recognition“ bildet ein Generierungs-

- (1) Mark Burry, *Paramorph: Anti-accident Methodologies*, in: *AD Architectural Design Hypersurface*, 1999, S. 78–83.
- (2) Karl Gerstner, *Das Problem zu beschreiben ist Teil der Lösung*, in: *Programme entwerfen*, Basel 2007, S. 7–33.
- (3) Vgl. den vorangehenden Beitrag von Tobias Wallisser.
- (4) oncone, *Webpage 2008* ([http://oncone-studio.com/theme/theme\\_generative/](http://oncone-studio.com/theme/theme_generative/)).
- (5) Patrik Schumacher, *Autopoietic Elegance*, in: *Morphe*, Wien 2008, S. 6–9.
- (6) Tobias Schwinn/SOM London, *Algorithmische Entwurfsstrategien: Vortrag AdBK Stuttgart, Klasse Digitales Entwerfen*, 2008.
- (7) Manuel De Landa, *Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture*, [www.cdac.vt.edu/host/delanda/pages/algorithm.htm](http://www.cdac.vt.edu/host/delanda/pages/algorithm.htm)