

# Gliederfüßlerkonstruktion2005

Bei der Diversifizierung der Gliederfüßler im Laufe der Evolution kam es zu Gruppenbildungen oder auch Verschmelzungen von Segmenten...



Fot. oz?

Die Gliederfüßlerkonstruktion entspricht einem aus zwei Segmenten zusammengesetzten kinetischem Modell. Jedes Segment besteht aus den im Evolutionsprozess minimalisierten Bewegungsinstrumenten = Bein + Bein. Jedes Bein ist ein Konstrukt aus neun Dreiecken, die mit Hilfe von "virtuellen Muskeln" verbunden sind. Jede Bewegung der Gliederfüßlerkonstruktion wird das Ergebnis von den nacheinander erfolgenden An- und Entspannungen der Muskeln sein. Die Form befindet sich in einer andauernden Bewegung. Wie ein Perpetuum Mobile, das man ein Mal in Bewegung gemacht hat, wird sich die Gliederfüßlerkonstruktion ohne Halt weiter bewegen.

#### Formen Generierung:

Die Stammform (Basisform, Startform) besteht ähnlich wie ein virtuelles Drahtmodell aus 9 gefalteten (Hautbezogenen) Dreiecken. Die einzelnen Dreiecke werden mit Hilfe von einer "virtuellen" Muskelnreihe zusammengehalten und durch mehrere Berechnungen von Kräften die sich im Modell inszenieren bewegt. In dem Generierungsprozess werden die Gravitation und Reibungskräfte nicht mitberücksichtigt (sie könnten aber!). Die Form befindet sich in einer andauernden Bewegung. Jede nächst generierte Form der Gliederfüßlerkonstruktion wird an die vorher generierte gebunden und auch die künftige beeinflussen. Die computer generierte Form wird anhand des CAAD-Programms (Plug-Ins) ausgeklappt und als Kontur im dxf-Format oder direkt als Maschinenkode gespeichert.

#### Konstruktion :

Die Computer generierte Form kann aus unterschied-

lichen Blechsarten erzeugt werden. Die Materialstärke wird vom Massstab der Gliederfüßlerkonstruktion abhängen. Bei Konstruktionen über 5 Meter Höhe können zusätzliche innere Versteifungen eingebaut werden. Die Konstruktion besteht aus triangulierten Blechflächen, Segmenten, die virtuelle Dreiecke verbinden. Die Schwerkkräfte werden via flanschen und via triangulierten Flächenverformungen, d.h. also durch die mechanischen Materialverformungen runtergeleitet.

#### CNC-Fertigung :

Die Gliederfüßlerkonstruktion wird mit Hilfe von CNC-Blechbearbeitungsmaschinen hergestellt. Die einzelnen Elemente werden mit einer Kombi Laser- Stanzmaschine gefertigt. Mit Hilfe vom Stanzmaschine werden sowohl kleine dreidimensionale Verformungen, wie z.B. um die Materialstärke nach unten gesenkte Verbindungsflanschen als auch Beschriftungssymbole geprägt. Laser wird schnell und präzise die Umrisskonturen ausschneiden. So erzeugte Teile werden mit CNC-Abkantenpresse mit geringem Kraftaufwand freigebogen. Die einzelnen Winkeln müssen sehr genau gebogen werden. Aus zwei Einzelstücken wird eine Baugruppe zusammengebildet, aus 9 Baugruppen = Segmenten (Glieder) wird eine Form zusammengesetzt. Als Variante kann die zusammengesteckte Form mit Hilfe von Schweißroboter zusammengeschnitten. Sowohl die Punktenkoordinate als auch Winkel werden aus CAAD-Programm exportiert.

KONZEPT, ENTWURFS- UND AUSFÜHRUNGSPLANUNG:  
Oskar Zieta

# DIE DIGITALE KETTE

Eine "Digitale Kette" ist ein unterbrechungsfreier digitaler Prozess vom ENTWURF (Struktur und Formfindung) über die KONSTRUKTION (Detaillierung) zur PRODUKTION (CNC-Fertigung). Die einzelnen Schritte sind programmierte Einheiten, die über universelle Schnittstellen miteinander verbunden sind.

Der Computer wird nicht als passives digitales Zeichenbrett verwendet, sondern als aktiv den Entwurf beeinflussendes Werkzeug. Vom Architekten werden Regeln, Abhängigkeiten und Zielvorstellungen formuliert, die der Computer aufgrund seiner Rechenleistung variantenreich optimieren kann. Die Rolle des Architekten verschiebt sich dabei vom Formdesigner zum Prozessdesigner. Die Ästhetik der Ergebnisse ist mal aufregend und ungewöhnlich, mal organisch und selbstverständlich – sie ist aber immer Ergebnis der vorgegebenen Parameter.

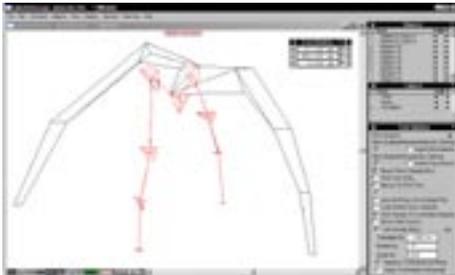
Dabei kristallisieren sich drei Themen heraus, die auf die zeitgenössische Architektur Einfluss haben können:

**EFFIZIENZ:** Mit Hilfe von Programmier- und parametrisierten Bauteilen wird eine Variantenfertigung ohne zusätzlichen Zeitaufwand möglich. Konstruktionen aus individuellen Bauteilen, die bisher nur mit hohem Kostenaufwand realisierbar waren, werden wirtschaftlich interessant.

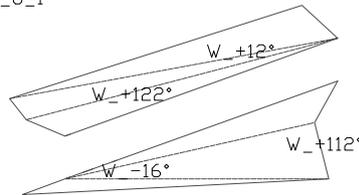
**KOMPLEXITÄT:** Für die Gesamtform des Bauwerks können komplexe Strukturen erschlossen werden, bei deren konstruktiver Ausformulierung die Programmierung eine wesentliche Unterstützung und Erleichterung darstellt.

**VERFEINERUNG:** Die computergesteuerten Maschinen arbeiten mit einer Präzision und Detaillierung, die handwerklich weder zeitlich noch technisch erreichbar wären. So kann das Detail eine in der Industrialisierung verlorene ornamentale Bedeutung wiedergewinnen.

Alle vier auf der SWISSBAU '05 ausgestellten Entwürfe sind Resultate einer Digitalen Kette.



o2\_8\_1



b2\_8\_2



## ENTWURF

Idee > Java > XML

Die kugelförmige Kassettenstruktur wird mit Hilfe eines speziell entwickelten Java-Programms generiert und für die vorgegebenen Fenster- und Türöffnungen optimiert. Die Software erzeugt auf einer Kugeloberfläche ein Netz aus viereckigen Maschen, das sich selbstständig an die Öffnungen anpasst und dabei die Grösse und Form der Maschen optimiert.

Ein simulierter Wachstumsprozess lässt neue Maschen entstehen, wo sie aufgrund hoher Oberflächenspannung gebraucht werden, und entfernt Maschen die zu klein oder zu unregelmässig geformt sind. Gleichzeitig versucht das Netz sich möglichst dicht an die von Öffnungen und Fussboden definierten Ebenen anzulagern. Die Koordinaten der Maschen werden zur weiteren Verarbeitung im XML-Datenformat exportiert.

## KONSTRUKTION

XML > Vectorscript > CAD-Modell

Die XML-Daten mit den Informationen über das Netz werden in das CAD-Programm Vectorworks gelesen. Ein in Vectorscript programmiertes Plug-In generiert aus diesen Daten die Geometrie sämtlicher 1200 Einzelteile der Holzkonstruktion, einschliesslich aller Gehrungen und Bohrungen.

Die eindeutig nummerierten Bauteile können innerhalb des CAD-Systems dreidimensional dargestellt und überprüft werden. Ein weiteres Vectorscript-Plug-In platziert die erzeugten Bauteile optimal auf den verwendeten OSB-Platten und erstellt aus den Geometriedaten direkt den G-Code für die Steuerung einer CNC-Fräse.

## PRODUKTION

G-Code > 5-Achs-Oberfräse

Der automatisch erzeugte G-Code steuert eine 5-Achs-Fräse, die die einzelnen Bretter für die Kassettenstruktur in einem Arbeitsgang produziert. Die Informationen definieren die Umrisslinie, die Gehrungen, die Nuten für die Schwalbenschwanz-Verbindungen, die Bohrungen zum Verschrauben der Kassetten und den Nummerncode für die eindeutige Identifikation, der ebenfalls in jedes Teil gefräst wird.

Die Abwicklung der Dachhaut und die Geometrie der einzelnen Polygone wird ebenfalls automatisch generiert und zur Steuerung einer CNC-Wasserstrahl-Schneidemaschine verwendet.

caad:arch:ethz:ch

Professur für CAAD  
Prof. Dr. Ludger Hovestadt  
ETH Hönggerberg HIL E15.1  
CH-8093 Zürich

www.caad.arch.ethz.ch  
Tel. +41 (44) 633 34 89  
Fax. +41 (44) 633 10 50

Die Professur für Computer Aided Architectural Design (CAAD) an der ETH Zürich wurde 1988 gegründet und von Gerhard Schmitt erfolgreich aufgebaut. Zwischen 1998 und 2000 übernahm Maia Engeli die Interimsleitung nachdem Prof. Schmitt in das Amt des ETH Vizepräsidenten für Planung und Logistik wechselte. Seit dem Wintersemester 2000 wird die Professur für CAAD von Ludger Hovestadt geleitet.

Im Unterschied zur bisherigen Forschung im Bereich CAAD ist das Forschungsprogramm der Professur bei der traditionellen Stärke der Architekten und Städtebauer verankert: der Systemintegration. Es werden die

verschiedensten, in "fremden" Fachgebieten entwickelten Techniken aufgegriffen um das Tätigkeitsfeld von Architekten, Städteplanern und Ingenieuren zu erweitern:

**GENERIEREN** und Optimieren von Strukturen auf verschiedenen Massstabsebenen mit Methoden der Selbstorganisation in komplexen dynamischen Systemen.

**PRODUZIEREN** von Komponenten mit Hilfe von CAD/CAM-Techniken nach den Prinzipien der Mass-Customization.

**BETREIBEN** von Gebäuden mit vernetzten "intelligenten" Komponenten.