

Seminarvortrag von Patrick Gerdsmeyer, Informatik und Architektur

Artificial Life und Multiagentensysteme

Sommersemester 2003 bei Prof. Dr. Kurth an der BTU Cottbus

artificial life in der architektur



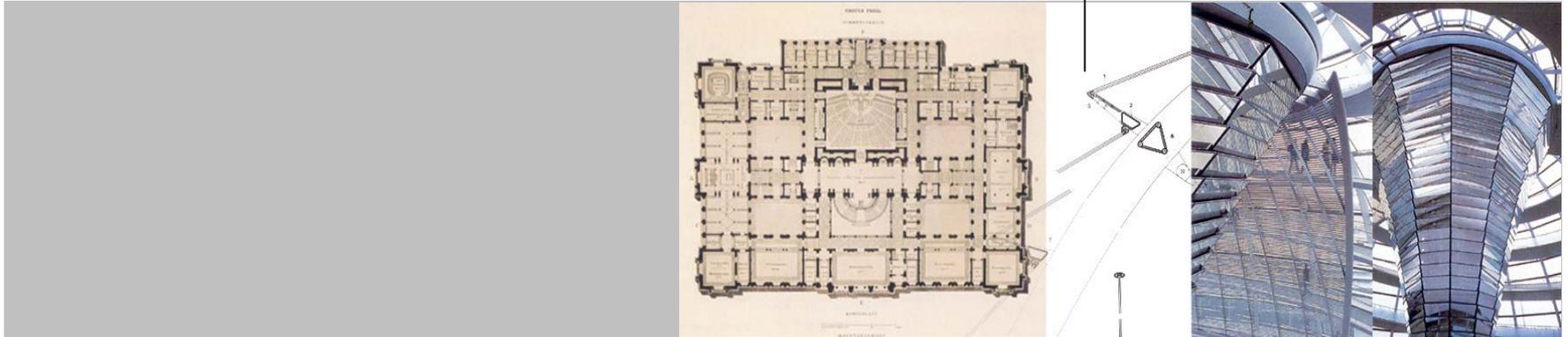
## Einleitung

ALife-Techniken zur Erzeugung von 3D/4D-Formen und Räumen

Wachstum von Tragwerken

Künstlerische, funktionale oder ökonomische Faktoren

Algorithmisierung und Parametrisierung von Konstruktionen



## Problemstellung

Darstellung von parametrisierten Formen

Hohe Komplexität verlangt Abstraktion und Interpretation

Verschiedene Maßstäbe ( Gebäude / Etage / Raum / Fenster )

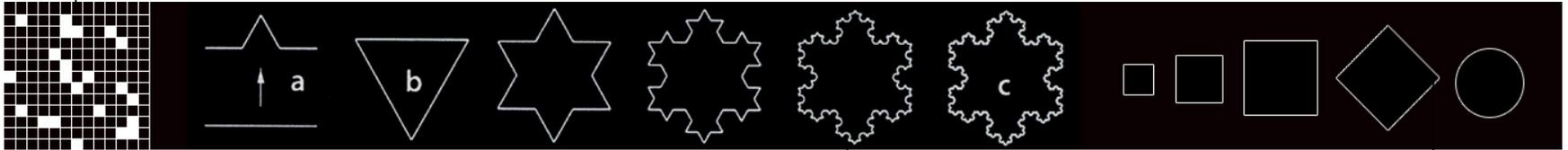


Auswahl geeigneter und passender Vorgaben und Prioritäten

Darstellung erfordert leistungsfähiges Grafiksystem

## Ansätze

Zelluläre Automaten ( Stadtsimulation, Nachbarschaften )



L-Systeme ( Formerzeugung, Wachstum )

Genetische Algorithmen/Genetisches Programmieren ( Metamorphosen, Evolution )

Erzeugung von Pflanzen als Staffage für photorealistische Renderings (TreeMaker)



## Zelluläre Automaten

Stadtstrukturen

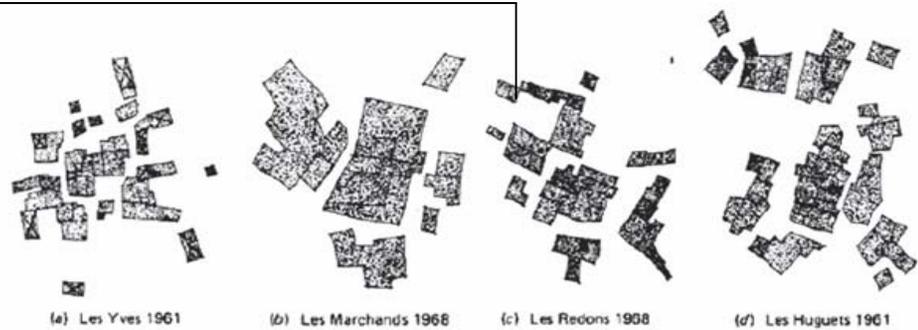
Simulationen

*Peter Testa, Gebäudeorganisationen*



## Zelluläre Automaten

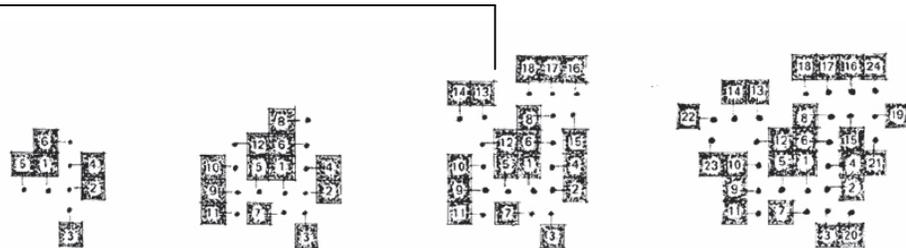
### *Ansiedlungen in südfranzösischen Städten*



Geschlossene und offene Zellen können sich verbinden



Neue Zellen siedeln sich zufällig an genau eine leere Zelle an



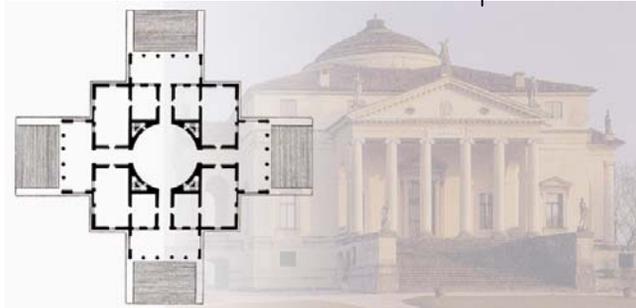
## L-Systeme, Grammatiken und Shape Grammars

### Shape Grammars

Können theoretisch jedes Design beschreiben

Grammatik eines Bauwerks

*Beispiele: Andrea Palladio, Villentypen*

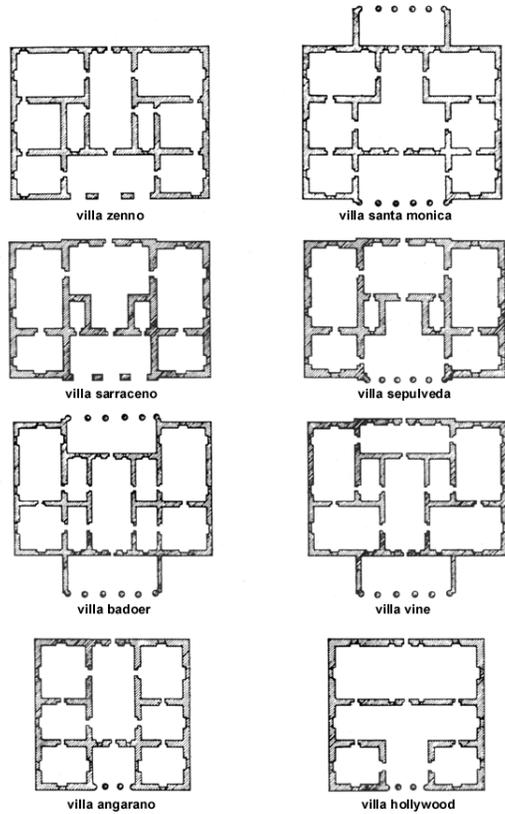


*Frank Lloyd Wright, Präriehäuser*

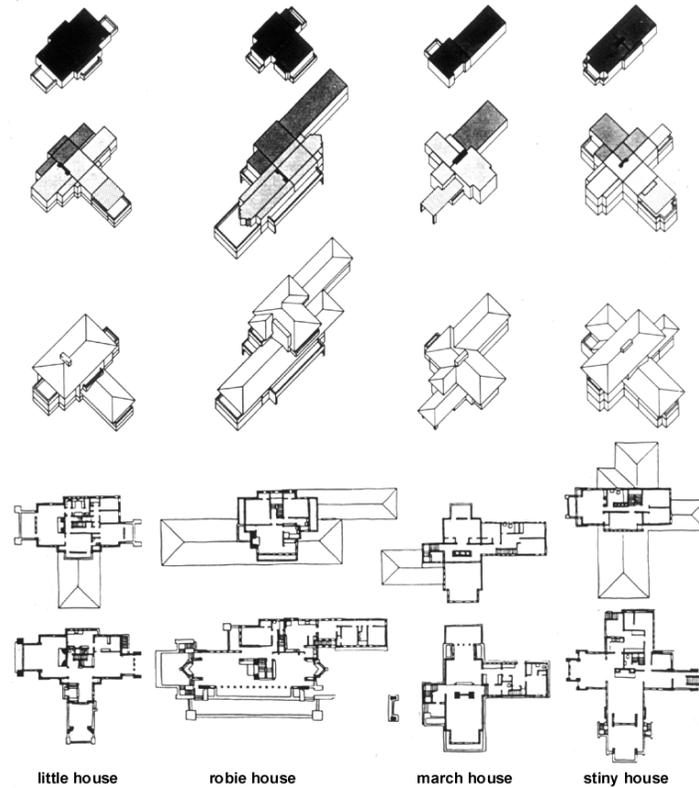


# L-Systeme, Grammatiken und Shape Grammars

## Andrea Palladio, Villentypen



## Frank Lloyd Wright, Prähiehäuser



## Shape Grammars

Shape Grammars bestehen aus: Shapes, Labels, Shape rules, Initial Shape

Regeln:

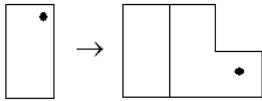
initial shape



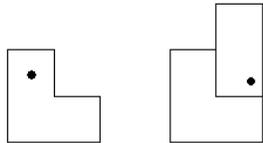
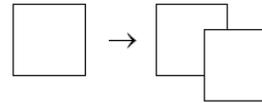
initial shape



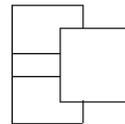
rules



rule

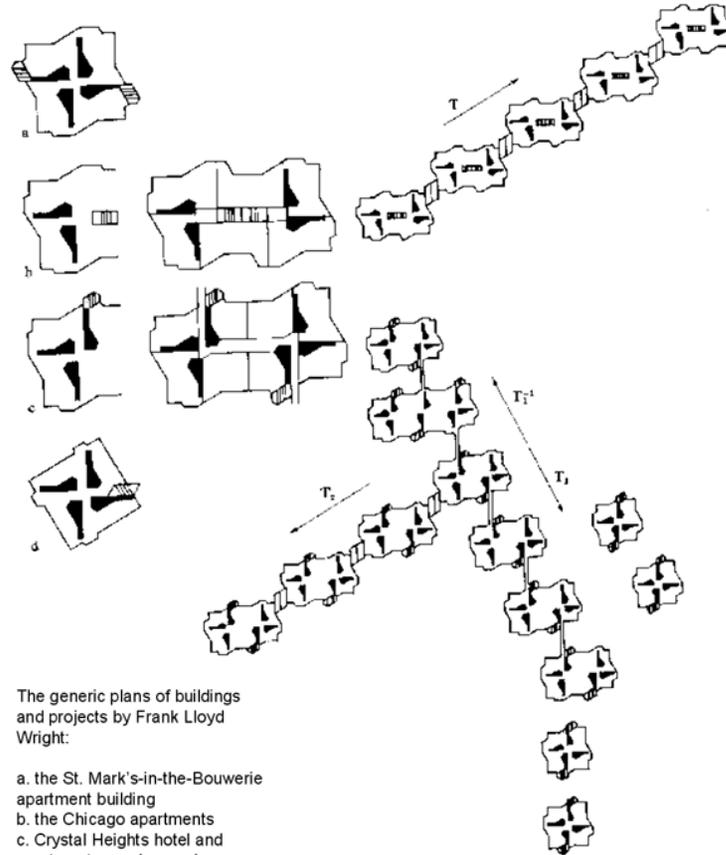
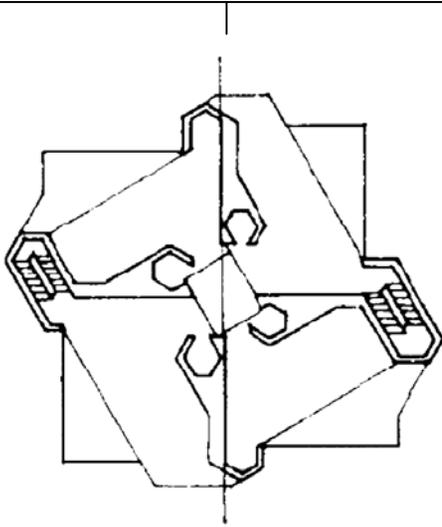


DESIGN



## Shape Grammars

### Frank Lloyd Wright, *St. Mark's-in-the-Bouwerie Apartment*



The generic plans of buildings and projects by Frank Lloyd Wright:

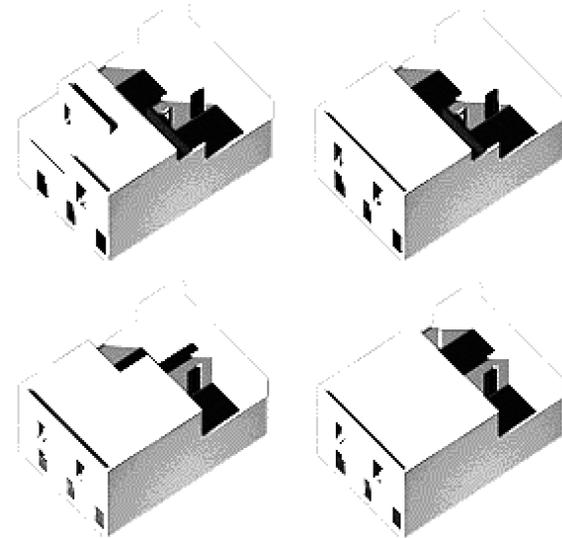
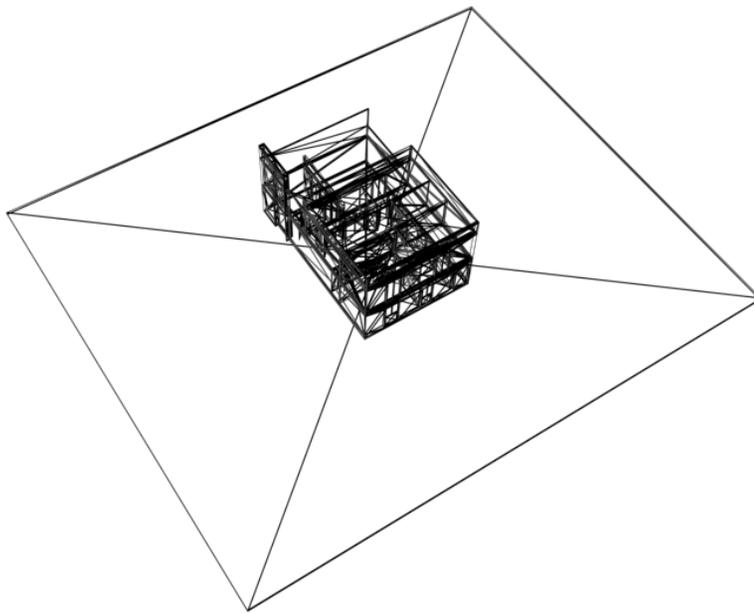
- a. the St. Mark's-in-the-Bouwerie apartment building
- b. the Chicago apartments
- c. Crystal Heights hotel and apartment complex; and
- d. the Price Tower

## Malag

*Alvaro Siza Viaro, Architekt*

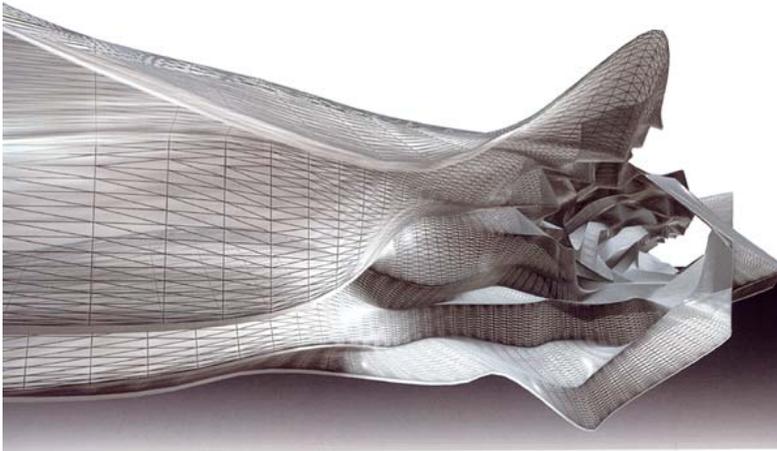
Formulierte eine Grammatik eines Gebäudetypus: Malag

Umsetzung im Jahr 2001



## Karl S. Chu

Architekt



## **Genetische Algorithmen**

Erzeugung von mutierenden Formen und Räumen

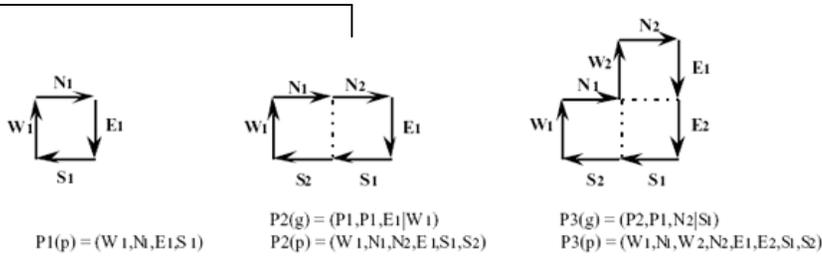
Auswahl der besten Formen als Basis einer nächsten Generation

Fitnessfunktion subjektiv wählbar

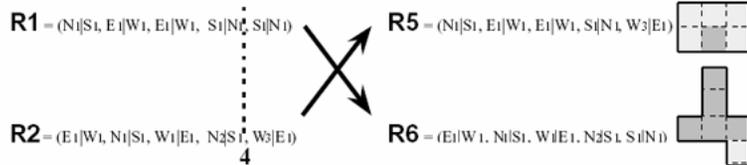
# The generation of form using an evolutionary approach

## The generation of form using an evolutionary approach

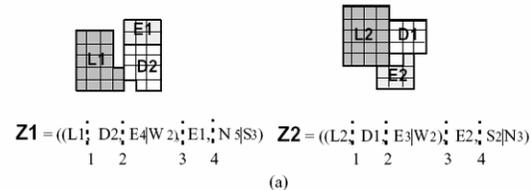
### Raumdarstellung als Richtungsvektoren



### Crossover



### Zonierungen

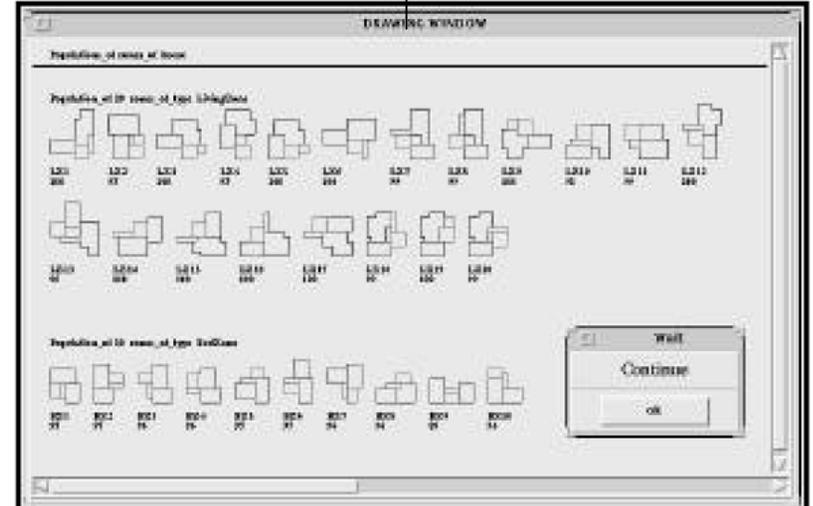
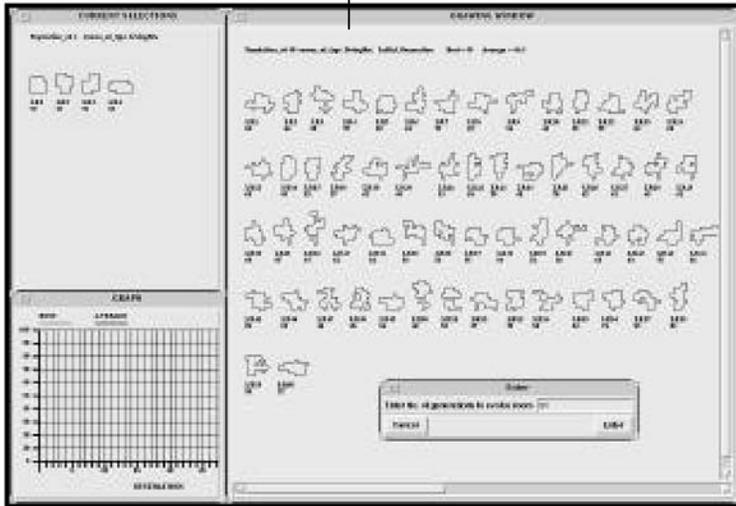


#### SITE 2 - Crossover



# The generation of form using an evolutionary approach

Implementation:



## **Agency**

*Agency*, Emergent Design Group, MIT

---

Plug-In für Maya

---

Software-Framework

---

Erzeugung von Formen durch Extrusion und Transformation von Grundkörpern

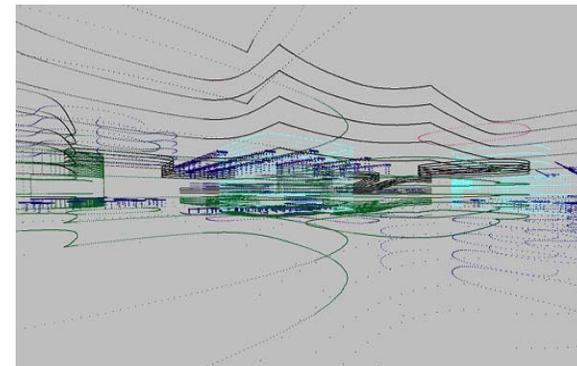
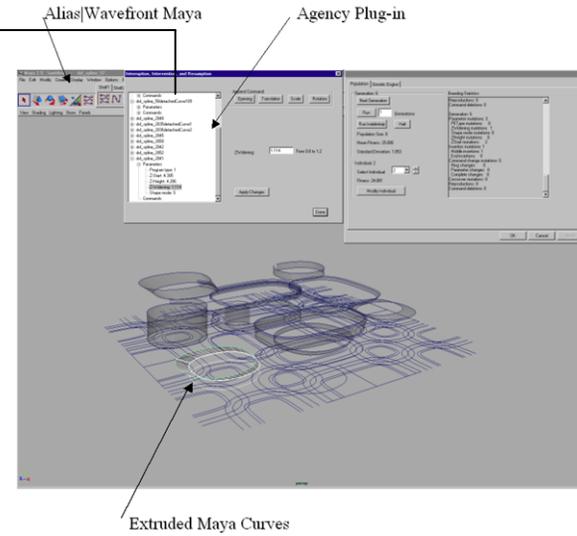
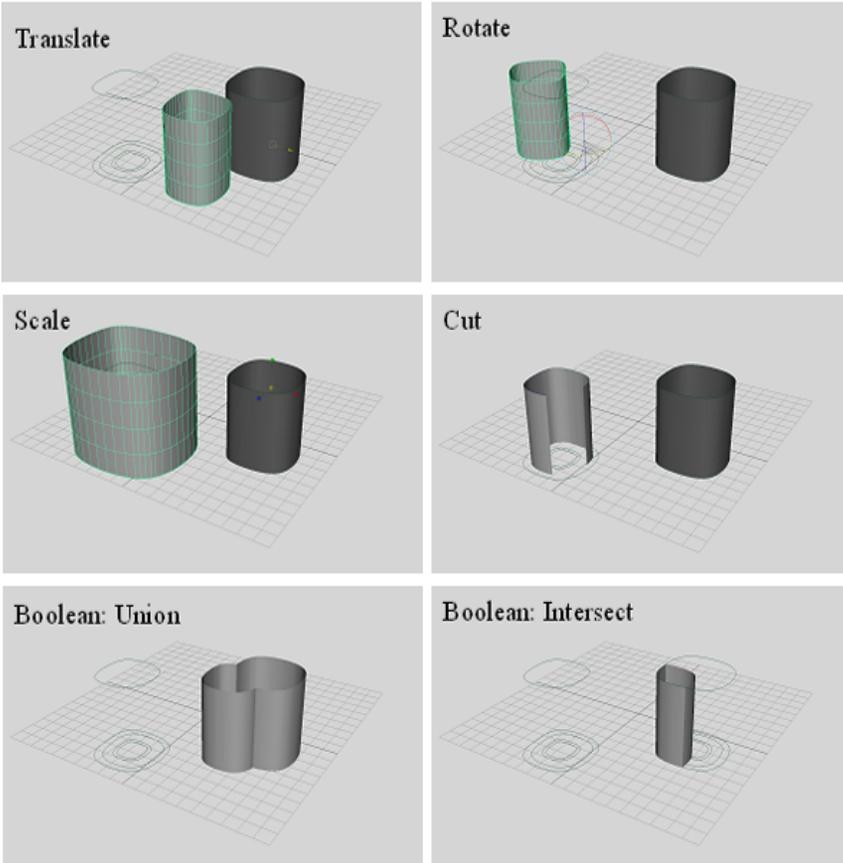
---

Software Agenten können interagieren (Agency)

---

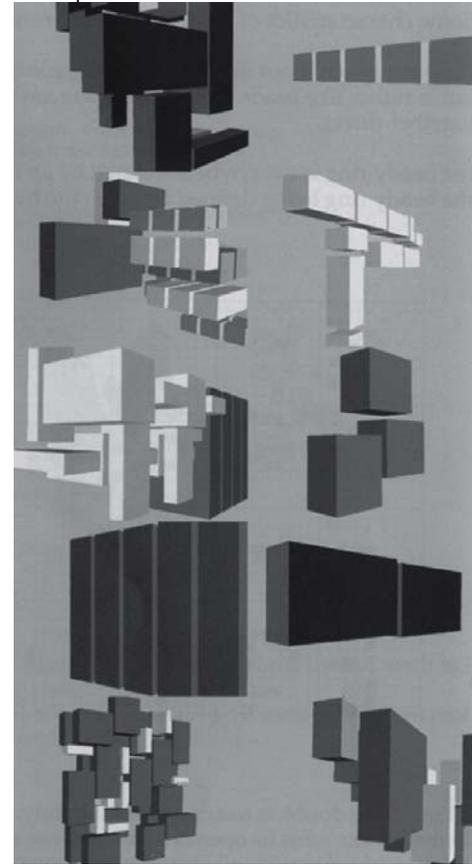
# Agency

## Implementation:



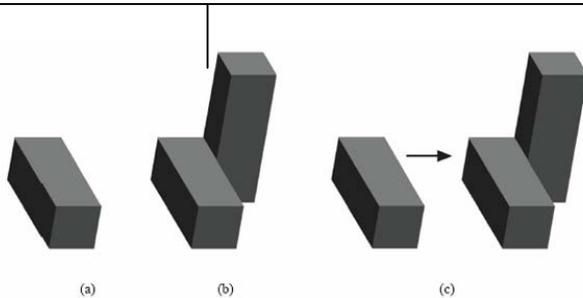
## Rhizome GA

Räumliche Anordnungen werden mit einem genetischen Algorithmus erforscht



## SGGA

Dieser Ansatz bringt Shape Grammars und genetische Algorithmen zusammen



Old	Old String	New	New String
I	2 1 3   1 6 5 3	I	2 1 3 2 1 5 5
V	5 6 6   2 1 5 5	II	5 6 6 1 6 5 3
III	5 4 3 4   1 3 6	III	5 4 3 4 4 1 2
VI	5 6 4 1   4 1 2	IV	5 6 4 1 1 3 6
II	2 2 1 5 4   2 1	V	2 2 1 5 4 2 5
V	5 5 6 2 1 5   5	VI	5 5 6 2 1 5 1

Member	String	Fitness	Relative
I	2 1 3 2 1 5 5	19	12.9%
II	5 6 6 2 6 5 3	33	22.4%
III	5 4 3 4 4 1 2	23	15.6%
IV	5 6 4 1 1 3 6	26	17.7%
V	2 2 1 5 4 2 5	21	14.3%
VI	5 5 6 2 1 5 1	25	17.0%
<b>Total</b>		147	100.0%

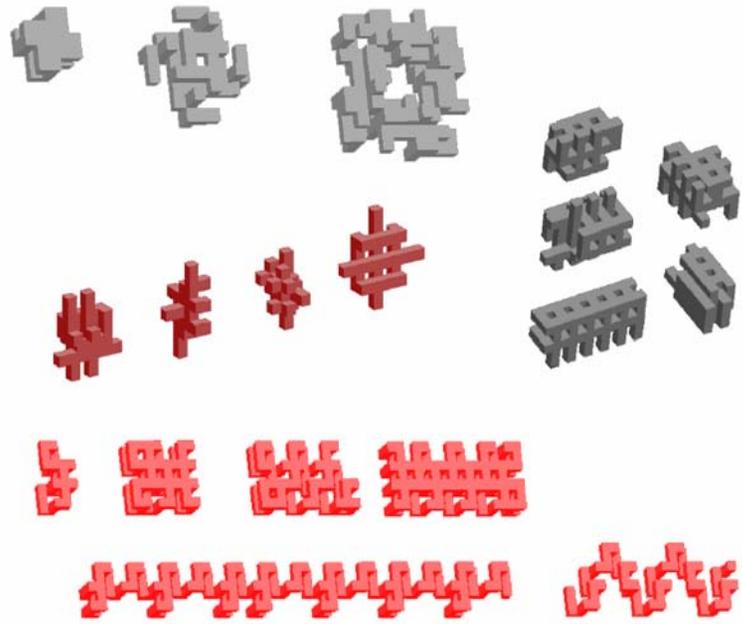
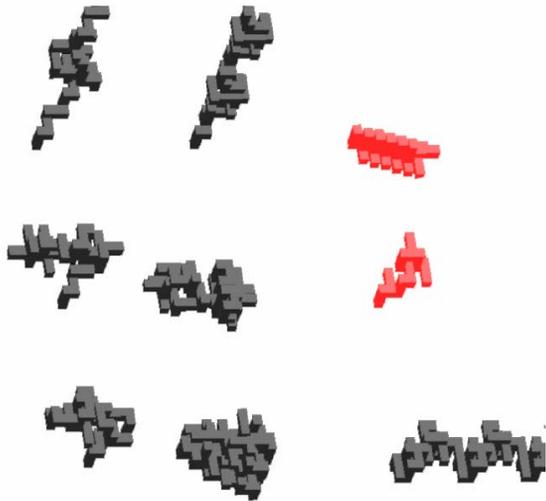
Einfaches Beispiel für genetischen Programmieren

AutoLisp Plug-in für AutoCAD

# SGGA

Crossover

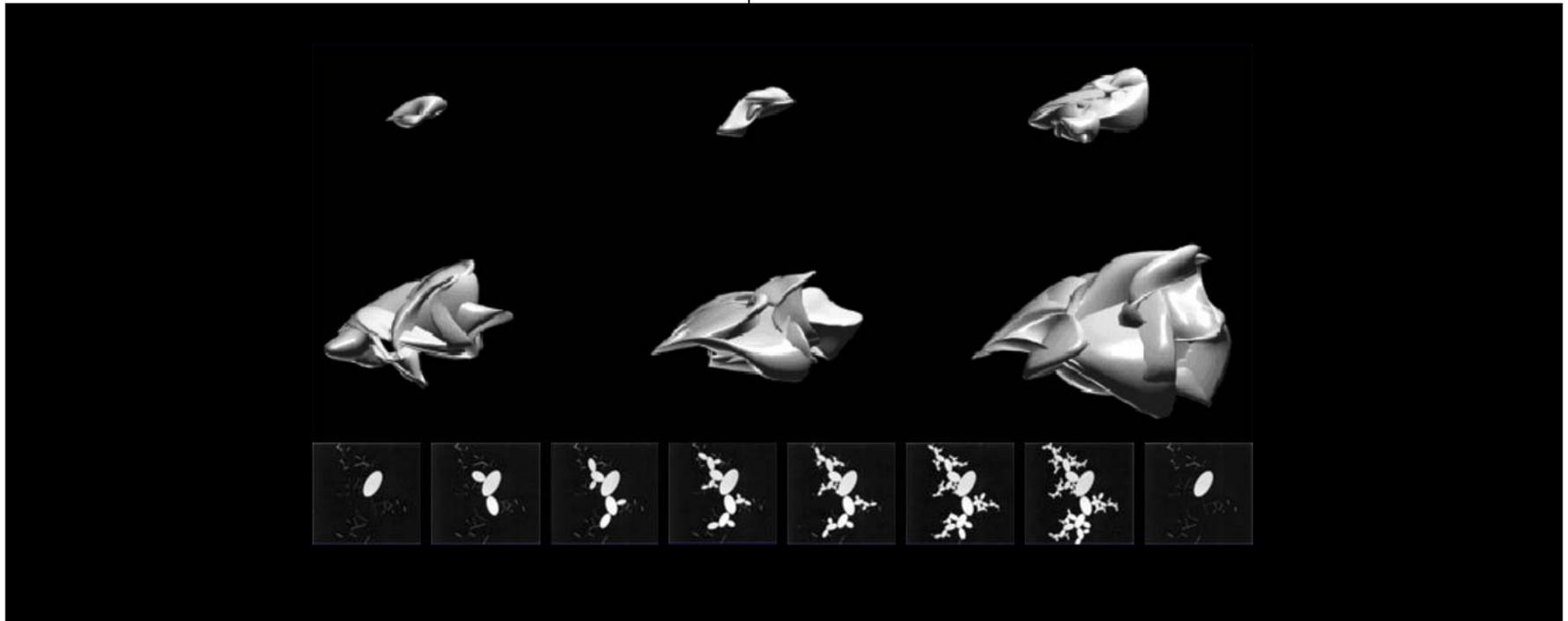
Beispiele



## John Frazer

Architekt

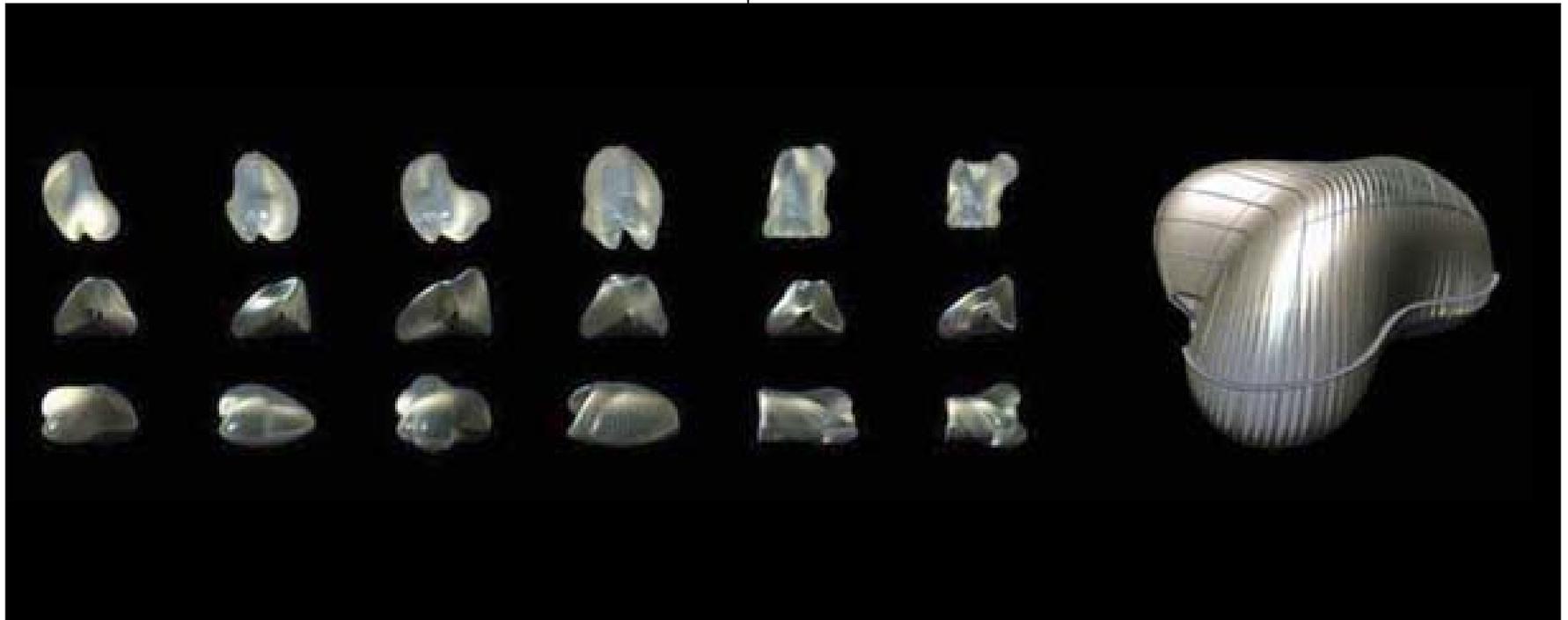
*Pseudo-Organisms*



## Greg Lynn

Architekt

### *Embryologic House*



## **Eigene Versuche**

Viele Ansatzmöglichkeiten

---

Abstraktionsgrad

---

Maßstab wählbar

---

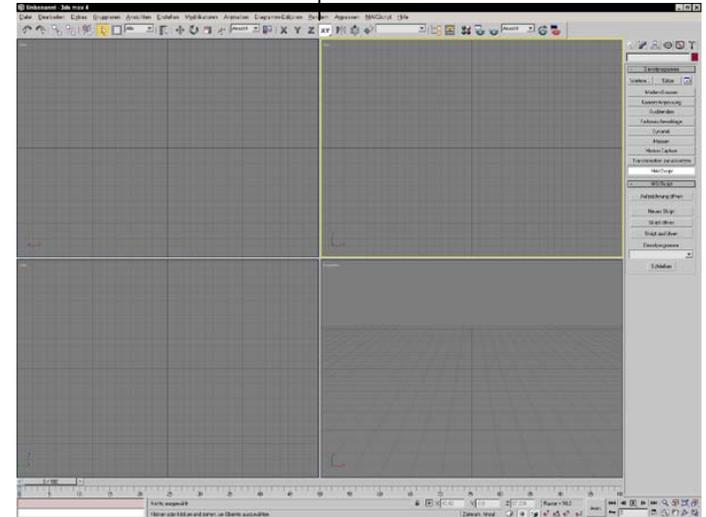
## Versuchsumgebung

3DStudioMax v4 von discreet

Formen und Funktionen für die 3D/4D-Modellierung

Animationen, Visualisierungen, Computerspiele

maxScript als eingebaute Skriptsprache



## Versuchsumgebung

### maxScript Beispiel

```

-----
fn buildPheno3DBlocks xOffset yOffset = (
-----

    boxMaterials=#()
    boxMaterials[1] = standardmaterial diffuse:[ 120, 120, 120 ]
    boxMaterials[2] = standardmaterial diffuse:[ 220, 80, 80 ]

    for y=0 to pheno.phenoMap.count-1 do (
        for x=0 to pheno.phenoMap[y+1].count-1 do (
            xpos=x*SEGMENTSIZE
            ypos=y*SEGMENTSIZE
            zpos=pheno.phenoMap[y+1][x+1]
            fkt=pheno.functionMap[y+1][x+1]
            if (zpos>0) then (
                mybox = box length:SEGMENTSIZE width:SEGMENTSIZE height:zpos position:[ (x+xOffset), (y+yOffset), zpos ]
                mybox.material = boxMaterials[fkt]
                mybox.name="box"
            )
        )
    )
)

-----
fn buildPheno3DMesh xOffset yOffset = (
-----

    meshMaterial = standardmaterial diffuse:[ 120, 120, 120 ]
    mymesh = mesh length:1 width:1 lengthsegs:(PHENOX-1) widthsegs:(PHENOV-1)
    mymesh.material = meshMaterial

    idx=0
    for y=0 to pheno.phenoMap.count-1 do (
        for x=0 to pheno.phenoMap[y+1].count-1 do (
            xpos=x*SEGMENTSIZE
            ypos=y*SEGMENTSIZE
            zpos=pheno.phenoMap[y+1][x+1]
            idx=idx+1
            if (zpos<0) then (
                deletevert mymesh idx
            )
            else (
                setvert mymesh idx [ xpos, ypos, zpos ]
            )
        )
    )
    mymesh.position=[ xOffset, yOffset, 0 ]
)

-----
struct NATURE (
-----

    genePool=#().

```

## **Versuchsumgebung**

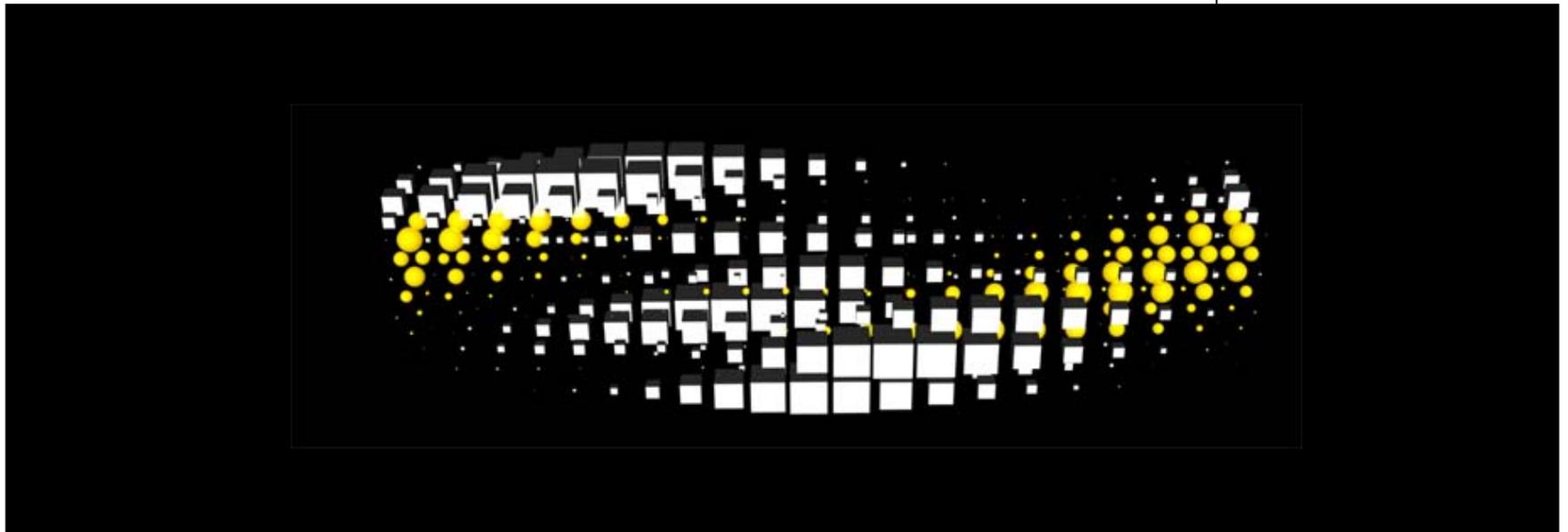
Matrix-Multiplikation

Zum Ausprobieren von maxScript.

Die Umsetzung erzeugt Würfel und Kugeln

## Versuchsumgebung

Matrix-Multiplikation



## **ZA - Beschattung**

Gebäudebeschattung als Simulation

---

Zellulärer Automat im 3-Dimensionalen Raum

---

Zellen bilden sich/sterben abhängig von Nachbarschaftsanordnung in Richtung einer virtuellen Sonne

---

Simulation rechnet eine einstellbare Anzahl von Generationen

---

Letztes Stadium wird als 3D-Modell in 3DSMax dargestellt

---

Änderungen zur letzten Generation werden hervorgehoben

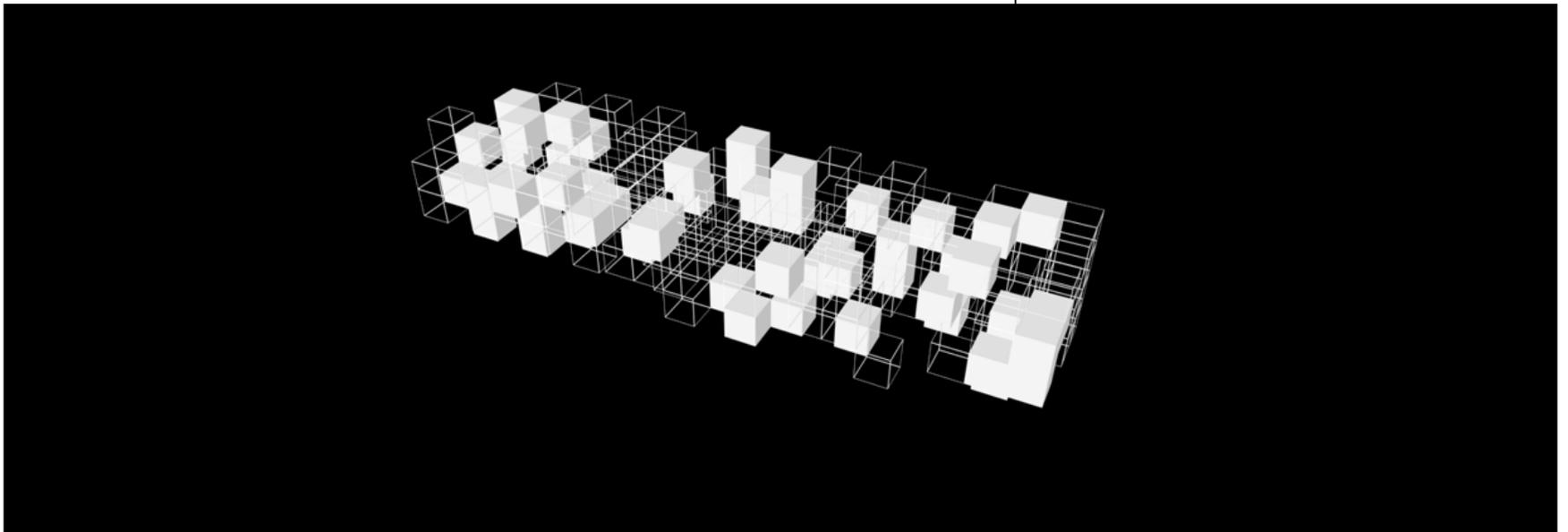
---

## ZA - Beschattung

Gebäudebeschattung als Simulation

Diskretisierung der Masse durch die zelluläre Einteilung des Raumes

Ergebnis stellt einen gewachsenen Körper dar



## **GA - Raumerzeugung**

Erzeugung eines Raumes durch einen genetischen Algorithmus

---

Die Höhen eines Raumes werden durch ein Netz dargestellt

---

Die DNA enthält alle Höhen dieses Netzes

---

Gestartet wird mit geometrisch geformten Höhennetzen

---

Fitnessfunktion analysiert Netz nach Idealhöhe, Kompaktheit und Ausrichtung

---

Die drei besten Formen erzeugen durch Kreuzung und Mutation die nächste Generation

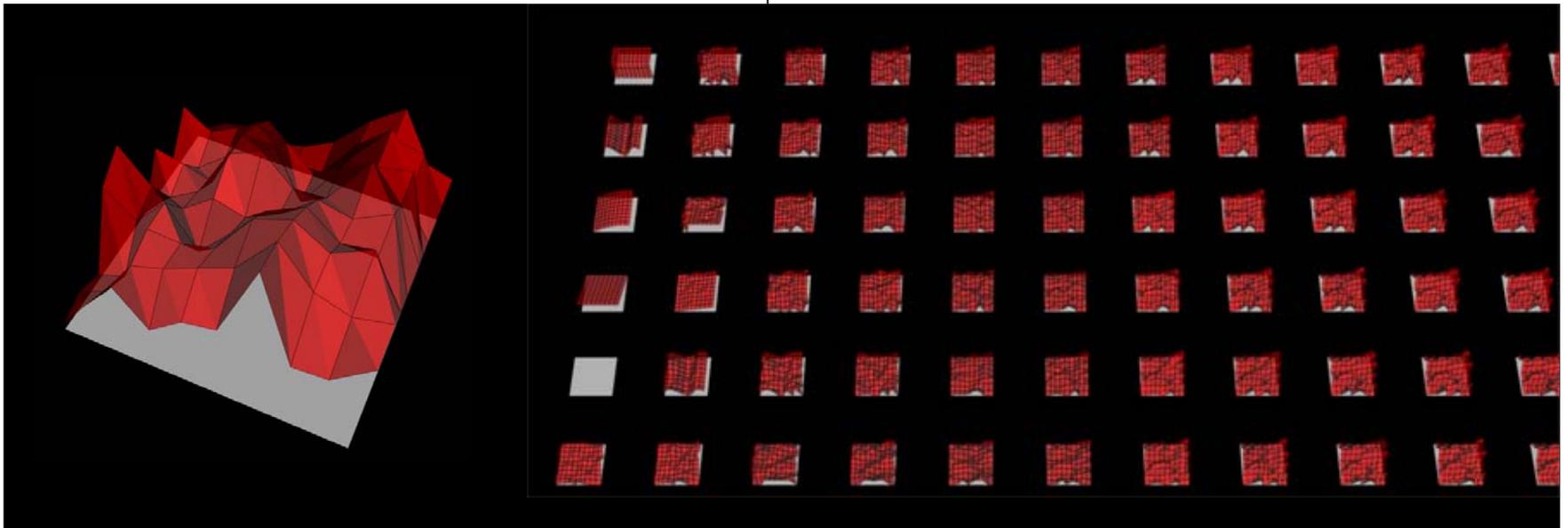
---

## GA - Raumerzeugung

Erzeugung eines Raumes

Prioritäten: Aufteilung, Kompaktheit, Belichtung, Ausrichtung

Ergebnisse stellen klaren Typen dar



## **GA - Raumerzeugung**

Veränderung des Phäno- und Genotyps

---

DNA besteht aus einer Folge von 0 und 1

---

Phänotyp besteht aus einem  $n \times n$  Matrix aus Würfeln

---

DNA enthält für jeden Würfel zwei  $n \times n$ -lange Abschnitte. Im ersten Abschnitt wird die Existenz eines Würfels festgestellt, im zweiten eine Funktionsbelegung

---

## **GA - Raumerzeugung**

Die Erzeugung des Phänotyps aus der DNA entsteht von links nach rechts und von oben

---

Eine Fitnessfunktion errechnet für jeden Phänotypen einen Wert zwischen 0 und 1

---

Fitnessfunktion wertet Kompaktheit und Aufteilung des Körpers

---

Die fünf besten Genotypen werden mit der ganzen Generation kombiniert

---

Mutationen sorgen für ständige Veränderung

---

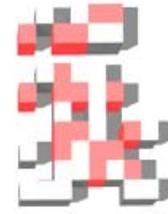
## GA - Raumerzeugung

Erzeugung eines Raumes

Genotype

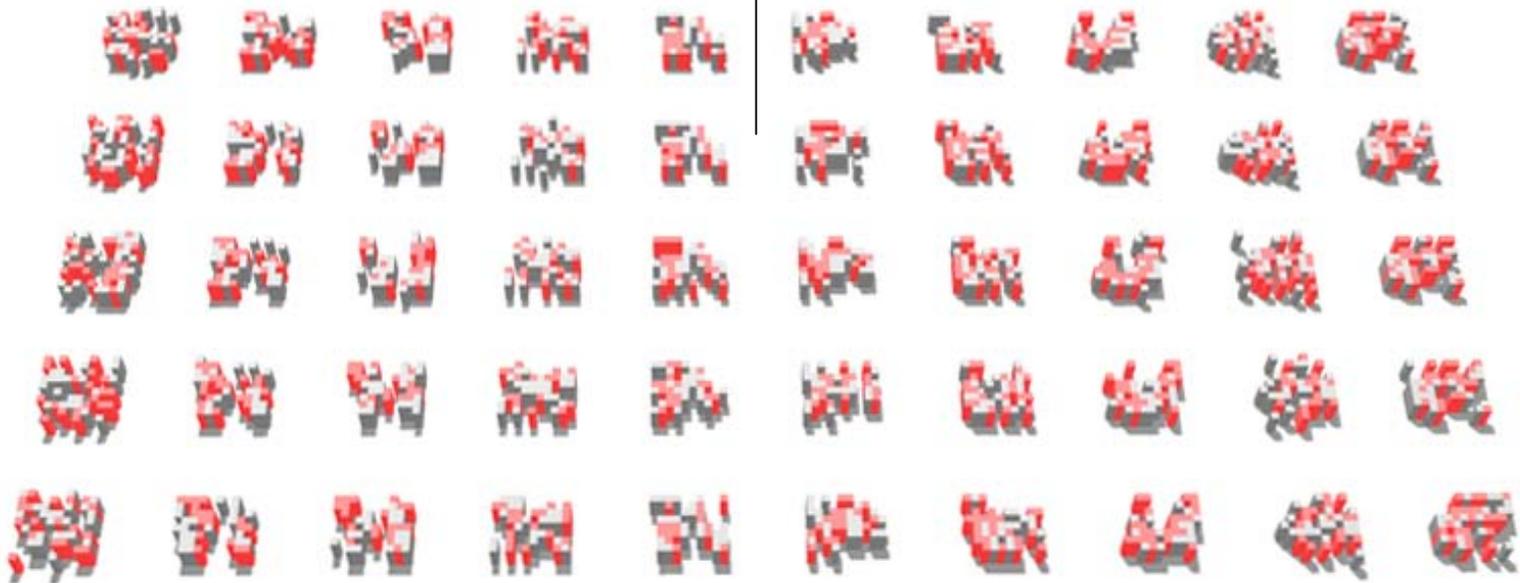
Phenotype

0001100000  
0000100101  
0000100000  
0001100000  
0011111000 ...



## GA - Raumerzeugung

Die Evolution der Generationen



## **Simulation im Raum, Haus Farnsworth Moves**

Anziehende und abstossende Punkte

---

In einem virtuellen Raum werden Raumkoordinaten als funktionstragende oder statisch-abweisende Bereiche angeordnet

---

Dynamische Objekte bewegen sich durch den Raum

---

Jedes dieser Objekte enthält einen abstrakten Zeitplan. Dieser Zeitplan stellt die Häufigkeit und Wichtigkeit einer Funktionsansteuerung dar

---

Für ein einzelnes oder mehrere Objekte bilden sich charakteristische Pfade

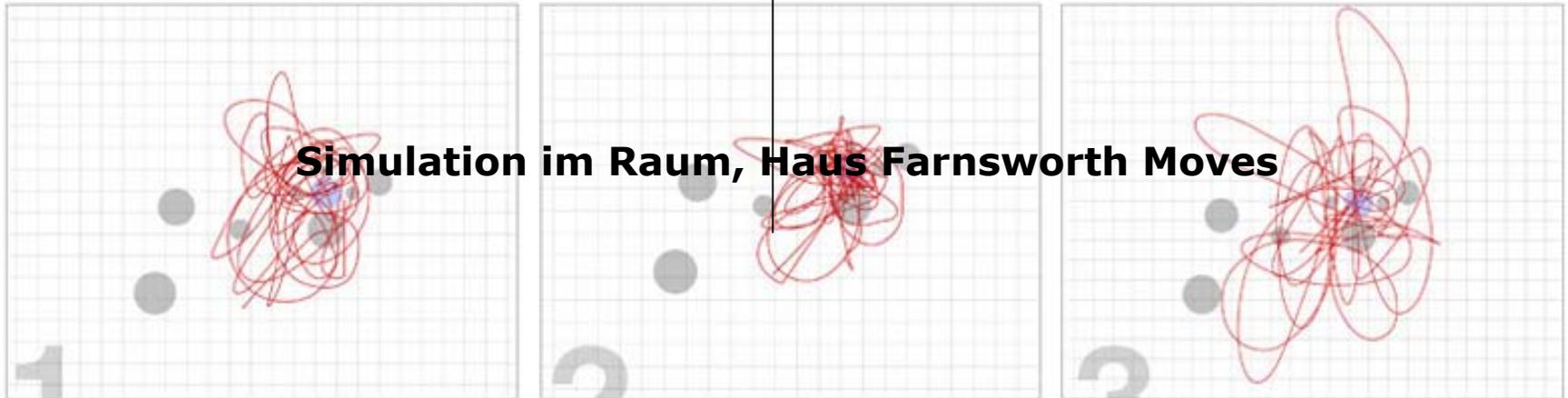
---

Als Testraum wurde der des Farnsworth-house von Mies van der Rohe nachgestellt

## Simulation im Raum, Haus Farnsworth Moves

Anziehende und abstossende Punkte

Agenten im Raum. Graue Kreise sind funktionale, blaue sind statische Bereiche



## **Simulation im Raum, Haus Farnsworth Moves**

Pfade werden mit einem Konstruktionsalgorithmus nachgefahren

---

Für jede Stelle des Pfades wird ein Tragwerk und eine Hülle entworfen

---

Erstellte Körper werden in 3DSMax untersucht

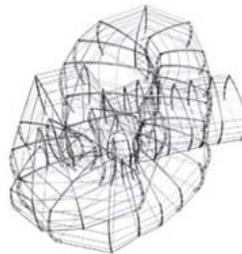
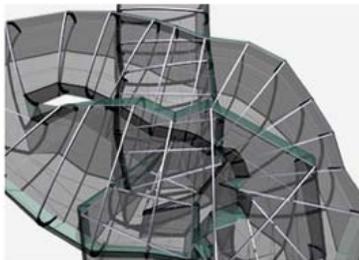
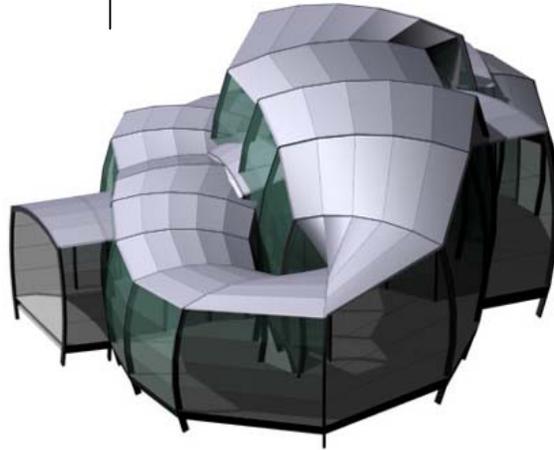
---

Ein Ausgewähltes Beispiel wird in einer Präsentation aufbereitet

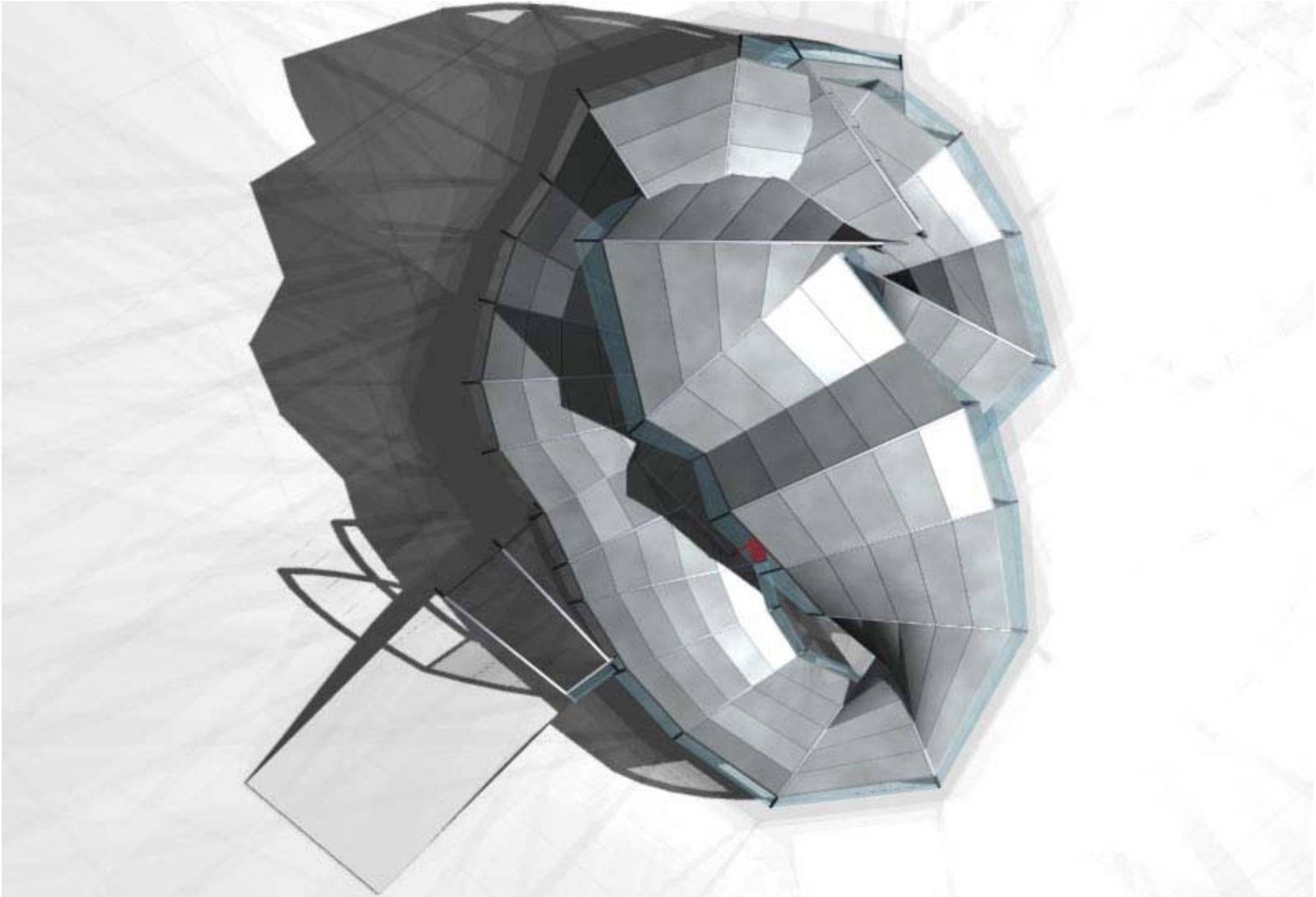
---

## Simulation im Raum, Haus Farnsworth Moves

Ergebnisse nach Konstruktionsalgorithmus



## Simulation im Raum, Haus Farnsworth Moves



## **Fazit**

Theoretische Ansätze haben selten überzeugende Ergebnisse

---

Gute Entwurfsarbeiten sind kaum brauchbar dokumentiert

---

Potenzial schwer zu vermitteln

---

Einfache Lösungen tragen eher zum Verständnis bei

---

## Literatur und Bilder

*Classical and non-classical computation*; Terry Knight und George Stiny (MIT) arq.vol5.no4.2001

*The generation of form using an evolutionary approach*; M. A. Rosenman (University of Sydney) 2002

*A note on generative design techniques: SGGA - a user-driven genetic algorithm for evolving non-deterministical shape grammars*; Benjamin A. Loomis (MIT) Working Paper 2002

*Europäische Architektur*, Nikolaus Pevsner, Prestel-Verlag, München 1994

*Regelsysteme: Pflanzen automatisch modellieren*, Bernt Lintermann, Oliver Deussen, c't 11/2003

*Architectural Competitions 1792-1949*, Benedikt Taschen Verlag GmbH, Köln 1994

*Bauhaus*, Jeannine Fiedler, Peter Feierabend, Könemann Verlagsgesellschaft mbH, Köln 1999

*Umbau des Reichstagsgebäudes des Deutschen Bundestages*, Matthias Schuler, DETAIL 3/1999

*Architektur und Computer*, James Steele, Verlag Georg D.W. Callwey GmbH & Co, München 2001

## Literatur und Bilder

*<http://www.giform.com>, Greg Lynn Homepage*

*<http://www.bartlett.ucl.ac.uk/ve/heo/Theorypaper.htm>, A Study for ev-Design*

*<http://plottegg.tuwien.ac.at/comp.htm>, Plottegg's Computerkunst*

*<http://www.alcyone.com/max/links/alife.html>, Alcyone*

*<http://www.arch.columbia.edu/gsap/1740/>, AlgorithmicArchitecture*

*<http://www.alife.org>, ALife.org*

*[http://www.ds.arch.tue.nl/Education/Courses/7m690\\_01/QuoteZone/Lynn/Lynn\\_ani.stm](http://www.ds.arch.tue.nl/Education/Courses/7m690_01/QuoteZone/Lynn/Lynn_ani.stm), Animate Form Quotes*

*<http://www.celestinosoddu.com>, Argenia*

*<http://www.centrifuge.org/marcos/>, Centrifuge*

## Literatur und Bilder

*<http://www.arbld.unimelb.edu.au/~bdave/ABP/di00/links.shtml>, Design Investigation 2000*

*<http://www.embeddedspaces.dk/>, EmbeddedSpaces*

*<http://www.bol.ucla.edu/~jfernand>, Fernandez*

*<http://www.generativeart.com>, Generative Art*

*<http://www.artegens.net/progra99.htm>, Generative Art 99*

*<http://www.iit.edu/~krawczyk>, Krawczyk*

*<http://www.isd.uni-stuttgart.de/~alber/arbeit2.htm>, L-SystemTragwerke*

*<http://www.civil.ist.utl.pt/~jduarte/malag/>, Malag*

*<http://www.ai.mit.edu/people/unamay/>, Una May*