

# Die Architektur des Komplexen

Marie-Luise Heuser-Keßler, Wolf-Ernst Reif, Frank Schweitzer, Klaus Teichmann, Joachim Wilke

'Natürliche Konstruktionen' - Auf den ersten Blick erscheint diese Formulierung paradox. Sind doch 'Konstruktionen' üblicherweise der Natur entgegengesetzt, Symbole des Mensch-Gemachten, Artefakte, 'Kunst' also im weitesten Sinne.

Im Sonderforschungsbereich 230 der Universitäten Stuttgart und Tübingen arbeiten seit 1984 Architekten, Bauingenieure, Biologen, Geodäten, Physiker und Philosophen an dem Thema 'Natürliche Konstruktionen' zusammen. Für sie ist der scheinbare Widerspruch Programm - ein Programm allerdings, in dem Fragestellungen untersucht werden, die nur im interdisziplinären Diskurs durch den Austausch von Ideen, durch den Transfer von Methoden und die Übertragung von Modellen zu beantworten sind.

Grundgedanke ist die Erkenntnis, daß sich die immense Formenvielfalt der Natur auf einige gemeinsame Konstruktionsprinzipien zurückführen läßt. Kennzeichnend für die in der Natur zu beobachtenden 'Konstruktionen' ist zugleich, daß es sich in vielen Fällen um Systeme handelt, deren Struktur sich überwiegend aus Selbstbildungs- oder Selbstorganisationsprozessen ergibt. Die Erforschung derartiger Strukturbildungen in der Natur, ihre Auffindung im Bereich des vom Menschen Geschaffenen sowie die Ausarbeitung von Methoden zur Entwicklung solcher 'künstlicher natürlicher Konstruktionen' steht im Mittelpunkt des Interesses dieser Forschergruppe.<sup>1</sup> Bis heute wird diese Thematik mit dem Architekten Frei Otto in Verbindung gebracht, dem Initiator und Gründungssprecher des SFB 230. Seine leichten Flächentragwerke und Zehldächer wirkten ebenso impulsgebend wie die von ihm zwischen Biologie und Bauen hergestellte enge Verknüpfung. Mittlerweile haben andere die Anregungen aufgegriffen und zu einem umfassenden Konzept weiterentwickelt. Hervorzuheben ist dabei in besonderem Maße die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit, die die am SFB 230 beteiligten Forscher ebenso prägte, wie sie das gemeinsame Thema über die Grenzen der Einzeldisziplinen hinaus zum wissenschaftlichen Programm machte.

### Das Naturverständnis des Selbstorganisationsparadigmas

Bereits in der Renaissance wurden erste Ansätze zu Theorien selbsterzeugender Strukturbildung entwickelt, wie zum Beispiel Keplers Überlegungen zur Entstehung von Schneeflocken, Bienenwabenzellen und Blütenblättern. Mit der Entdeckung verschiedenartiger Fossilien in übereinanderliegenden geologischen Formationen im 18. Jahrhundert wurde die Naturgeschichte in Konkurrenz zum Newtonschen Modell der Welterklärung zu einer leitenden Forschungsidee. Die Vorstellung, daß die gesamte Erde mit ihrer Fauna und Flora eine einmalige, nicht umkehrbare Geschichte durchlaufen hat, führte zur Formulierung erster allgemeiner Entwicklungstheorien. In diesem Zusammenhang wurde innerhalb der Philosophie der Begriff 'Selbstorganisation' geprägt, um die autonome Entwicklungsdynamik von der mechanistischen abzugrenzen. Kant, der der Auffassung war, daß es einen 'Newton des Grashalms' nicht geben könne, verwendete den Ausdruck 'Selbstorganisation' in der 'Kritik der Urteilskraft' 1790 erstmals, um die Selbstreproduktion der Organismen von extern organisierten Maschinen zu unterscheiden. Während allerdings Kant an der mechanistischen Auffassung der Physik festhielt und nur für die belebte Sphäre deren Erklärungsgrenzen feststellte, unternahm Schelling mit seiner Naturphilosophie den umfassenden Versuch, eine 'spekulative Physik' der Selbstorganisation des Universums zu begründen.<sup>2</sup> Er ging von der grundlegenden Idee aus, daß menschliche Kreativität und Naturaktivität keine unüberbrückbaren Gegensätze bilden, sondern im Kern identisch sind. Sein hierfür entwickeltes Selbstorganisationsmodell konnte aufgrund des damals

unzureichenden naturwissenschaftlichen Instrumentariums jedoch nur zu einem qualitativen Verständnis beitragen.

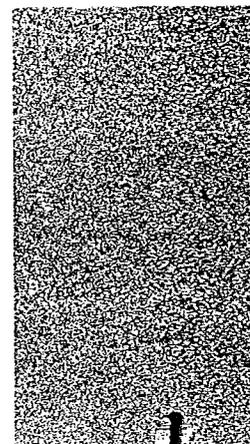
Im 19. Jahrhundert wurden - neben dem Ausbau biologischer Evolutionstheorien - auch erste mathematische Modelle und Methoden zur Beschreibung von Selbststrukturierung in der unbelebten Natur konzipiert: Die Vel algebra und -analysis zur Erklärung 'Morphogenese' von Kristallen, Rechenmethoden zur Beschreibung nichtlinearer Effekte bei der Entstehung von Schockwellen, die als 'Biomathematik' gedachte transfinite Mengenlehre Cantors (dem Initiator der Fraktalen Geometrie) sind nur einige wenige Beispiele.

Ein Problem der Strukturbildungstheorien des 19. Jahrhunderts war, wie sie vornehmlich statische Strukturen klären konnten, die durch Abkühlung entstehen. Die Bildung dynamischer Prozeßorganisationen schien dem II Hauptsatz der Thermodynamik zu widersprechen, der für geschlossene Systeme eine maximale Desorganisation (Entropie) voraussagt, die um so höher je mehr Freiheitsgrade das System besitzt, das heißt je 'dynamischer' ein System ist. Im 20. Jahrhundert wurde die Entdeckung gemacht, daß offene Systeme bei unspezifischer Energie-(oder) Materialzufuhr jenseits eines statischen Nichtgleichgewichts spontan kohärente Prozeßorganisationen aufbauen können. Kurz, daß es einen beschreibbaren Weg von der Regellosigkeit zur dynamischen Ordnung gibt. Zum prototypischen Beispiel avancierten die bereits 1900 experimentell untersuchten Bénard-Zellen. Ausgehend von unterschiedlichen Wissenschaften wurden verschiedene Theorien der Selbstorganisation entwickelt.

Ilya Prigogine begann in den 40er Jahren dissipative (energiestreuende) irreversible Prozesse in der physikali-

Momentaufnahmen eines Sandhaufens auf einer Platte mit Loch, durch das Sand abfließen kann. Der Sandabfluß stoppt an dem Punkt, an dem sich die Sandmassen um das Loch stabilisieren. Das Verhalten des Sandhaufens ist ein Beispiel für selbstorganisierte Kritizität

Snapshots of a heap of sand situated on a board with a hole through which the sand can flow off. The sand stops flowing at the point at which the masses of sand surrounding the hole have stabilized. The behaviour of this heap of sand is an example of self-organized criticality



schen Chemie zu erforschen und eine neue Zeittheorie aufzustellen. 1971 konnte er in seiner Theorie dissipativer Systeme Bedingungen dafür formulieren, wann ein System instabil wird und neue Ordnungen auftreten müssen.<sup>3</sup> Es läßt sich jedoch bislang kein thermodynamisches Organisationsprinzip angeben, welches konkrete Aussagen darüber machen würde, was am kritischen Punkt passiert und welche Ordnungen auftreten.<sup>4</sup>

Hermann Haken, der seit den 60er Jahren anhand des Lasers das kohärente Verhalten von Lichtwellen studierte, formulierte 1971 zusammen mit Robert Graham die disziplinübergreifende Synergetik, die Lehre vom Zusammenwirken. Als Kernstück der Synergetik gilt das - wertfrei zu verstehende - Prinzip der 'Versklavung': während des kritischen Nichtgleichgewichts setzt sich eine von vielen möglichen makroskopischen Bewegungsformen durch, die die Mikrobewegungen koordiniert und gleichzeitig von diesen erzeugt wird. Angewandt auf den Laser bedeutet dies, daß die von den einzelnen Atomen erzeugte Lichtwelle auf die Atome zurückwirkt, sie zur 'induzierten' Abstrahlung veranlaßt und somit sich selbst verstärkt, wodurch aus den vielen ursprünglich unkoordinierten 'kurzen' Wellenzügen eine einzige hochkohärente Welle entsteht, die sprunghaft einen höheren Energiedurchfluß ermöglicht. Haken und seine Mitarbeiter haben mittlerweile die mathematischen Prinzipien der Synergetik auf viele andere Disziplinen wie Biologie, Psychologie und Ökonomie angewandt.<sup>5</sup>

Die Neurophysiologen Humberto Maturana und Francisco Varela sind am Problem der Selbstproduktion (autopoiese) von Organismen interessiert. Ausgehend vom Selbstregulationsmo-

dell der Kybernetik, charakterisierten sie Anfang der 70er Jahre Organismen als autonome, 'operational geschlossene' Systeme, die mittels ständig ablaufender interner Auf- und Abbauprozesse die von außen aufgenommenen Materialien so transformieren, daß ihre zyklische Selbstreproduktionsdynamik erhalten bleibt.<sup>6</sup> Im Unterschied zu den physikalischen Selbstorganisationstheorien, denen es vornehmlich um die Entstehung des qualitativ Neuen geht, konzentriert sich die Autopoiesistheorie Maturanas und Varelas auf das Problem der Selbsterhaltung von bereits existenten organismischen Systemen. Sie basiert auf der deterministisch beschreibbaren stationären Dynamik des Fließgleichgewichts. Kritische Nichtgleichgewichtsprozesse und die damit einhergehende Emergenz neuartiger Ordnungen werden von Maturana/Varela nicht miteinbezogen.

Die Fraktale Geometrie Benoit Mandelbrots hat unter anderem neue Instrumentarien zur Aufhellung der komplexen Dynamik im 'kritischen Punkt' der spontanen Strukturentstehung bei Phasenübergängen bereitgestellt.<sup>7</sup> In den durch die modernen Hochleistungsrechner graphisch darstellbaren Lösungsmengen dieser nichteuklidischen Geometrie erscheint der kritische Punkt des Übergangs selbst als unendlich zerklüftete, selbstähnlich strukturierte Grenze mit gebrochener ('fraktaler') Dimensionszahl.

Auch die sich seit dem letzten Jahrzehnt stark entwickelnde Chaos-Theorie lieferte wichtige Beiträge zum Verständnis der Entstehung von Ordnung in komplexen Systemen, indem sie Bedingungen für das chaotische Verhalten deterministischer Systeme und damit Grenzen für deren Vorhersagbarkeit angeben konnte.

Mit den genannten Richtungen sind noch nicht alle Ansätze umrissen, die Einfluß auf die heutige Selbstorganisati-

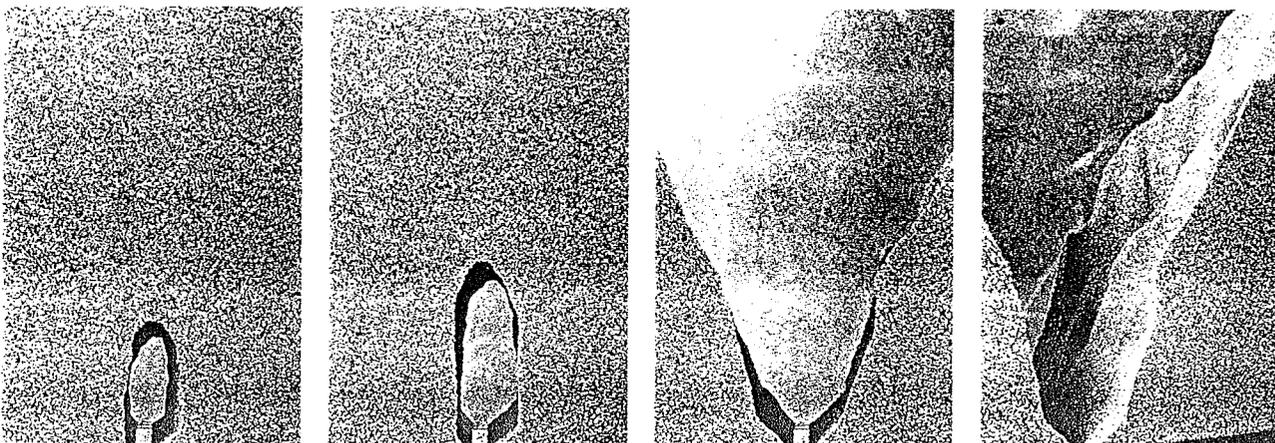
onstheorie genommen haben. Ergänzend zu nennen wären an dieser Stelle auch die Beiträge der modernen Ökologie (Elastische Ökosysteme, Koevolution) zur heutigen Theorie komplexer Systeme.

#### Auf dem Weg zu einer einheitlichen Selbstorganisationstheorie

Ungeachtet der Vielzahl und Bandbreite von Phänomenen in Natur, Gesellschaft und Geisteswissenschaft, die heute im Rahmen der Selbstorganisationstheorie diskutiert und zum Teil auch erklärt werden, sind wir zur Zeit noch weit davon entfernt, von einer Selbstorganisationstheorie sprechen zu können. Vielmehr sind die verschiedenen Zweige innerhalb der Selbstorganisationstheorie erst dabei, gemeinsam zu einer Wissenschaft vom Komplexen zusammenzuwachsen.

Alle bisher entwickelten Selbstorganisationstheorien erheben einen universalen Anspruch, das heißt sie gehen von der Überlegung aus, daß physikalische, biologische, kognitive und soziale Selbstorganisationen vom Prinzip her mit einheitlichen Erklärungsmethoden zu fassen sind. Es gibt allerdings bis heute keine allgemeine Theorie der Selbstorganisation, was außer in der Tatsache, daß die Prinzipien der verschiedenen 'Schulen' zum Teil nicht kompatibel sind, auch mit Problemen der Analogiebildung und Modellübertragung zusammenhängt.

Ein weiteres grundlegendes Problem besteht heute in der Beziehung zwischen den Ansätzen, die vornehmlich durch die Autopoiese-Konzeption bestimmt sind, und denen, deren Selbstorganisationsbegriff sich mehr am physikalischen Herangehen orientiert. Dies betrifft zum Beispiel die Frage nach dem Verhältnis von Strukturbildung (als Selbstorganisation vorhandener Ele-



mente) zur Systembildung, bei der neben der Selbstorganisation auch die Selbsterschaffung der Elemente und die Konstitution des Systems als Ganzheit durch Herausbildung eines Randes berücksichtigt werden muß.

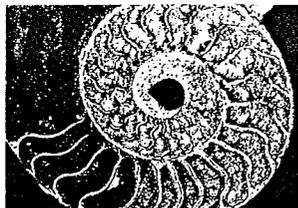
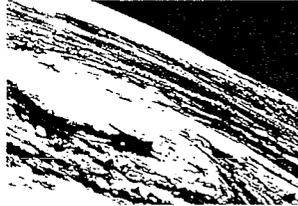
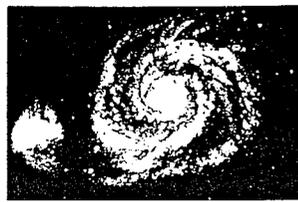
Im interdisziplinären Diskurs ist man daher bislang auf einen 'Arbeitsbegriff' von Selbstorganisation angewiesen, der teilweise intuitiven Charakter hat, so auch im Sonderforschungsbereich 230.

Vortheoretisch wird 'Selbstorganisation' definiert als die spontane Entstehung, Höherentwicklung und Ausdifferenzierung von komplexen Ordnungsstrukturen, die sich in nichtlinearen dynamischen Systemen über Rückkopplungsmechanismen zwischen den Systemelementen ausbilden, wenn sich die Systeme durch die Zufuhr von unspezifischer Energie, Materie oder Information jenseits eines kritischen Abstands vom statischen Gleichgewichtszustand befinden. Daneben wird im SFB 230 der Begriff 'Selbstbildung' verwendet, der, in Anlehnung an Erich Jantsch - wertfrei zu verstehenden - Begriff der 'konservativen Selbstorganisation' Strukturbildungen beschreibt, deren Selbstorganisationsprozeß zu einem stabilen Gleichgewichtszustand führt, in dem es zur Aufrechterhaltung der Struktur keiner Dissipation mehr bedarf.<sup>9</sup>

#### Ästhetische Grundfiktionen:

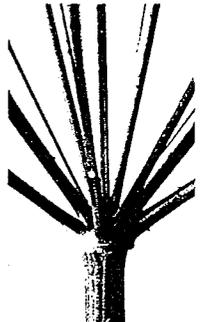
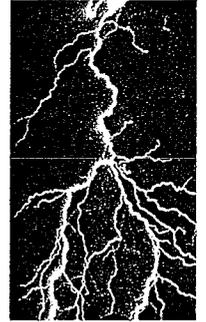
##### Das Bild von der selbstorganisierten Natur

Jedes Naturbild, auch das der Wissenschaft, bedarf bestimmter Axiome, Grundelemente, Grundfiktionen, um überhaupt dargestellt werden zu können. Diese Grundfiktionen entscheiden insgesamt darüber, was für uns wahrnehmbar ist. Die menschliche Wahrnehmungsfähigkeit (aisthētikos: der Wahrnehmung fähig) entscheidet durch eine interesselgeleitete Selektion von Bildern über die Charakteristik der Grundvorstellungen, aus denen sich unsere Wirklichkeit konstruiert. Das Naturverständnis der Selbstorganisation unterscheidet sich vom kausalmechanistischen Naturverständnis der neuzeit-



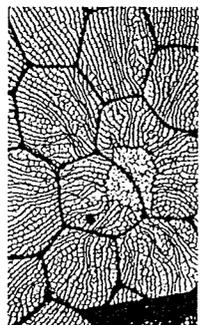
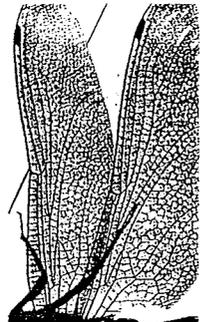
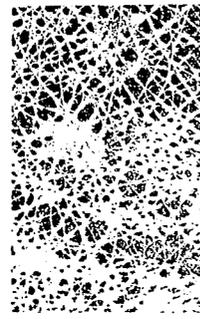
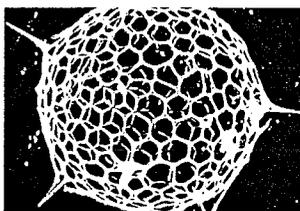
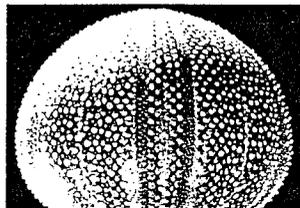
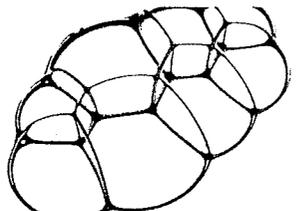
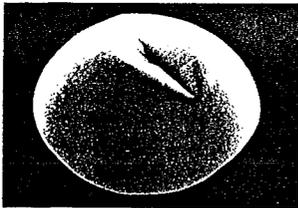
Spiralförmige Strukturen gehören zu den auffälligsten Mustern, die sich selbststrukturierende Materie erzeugt

Spiral structures are among the most conspicuous patterns generated by matter which structures itself



Verzweigte Strukturen treten in der belebten und unbelebten Natur auf

Branching structures occur in animate as well as in inanimate nature



Zu den interessantesten Phänomenen der Struktur- und Formbildung gehören die pneumatischen Konstruktionen, die durch Innendruck aufrechterhalten werden

Some of the most interesting phenomena in the world of structures and forms are pneumatic constructions which are maintained by internal pressure

Eine der bevorzugten Konstruktionen der biologischen Evolution ist die Schale, die bei effizienter Materialausnutzung ein Maximum an Funktionalität besitzt

One of the favourite constructions in biological evolution is the shell which combines a maximum of functionalness with efficient utilization of material

Die vielfältigen Möglichkeiten zur Flächen- und Raumstrukturierung werden bei der Betrachtung von netzartigen Phänomenen deutlich, d.h. von Verzweigungssystemen mit geschlossenen Maschen

The manifold ways in which surfaces and spaces can be structured become evident when one looks at reticular phenomena, i.e. branched systems with closed meshes

lichen Naturwissenschaft durch seinen ausgeprägt 'ästhetischen' Blickwinkel, wobei hier von einer epistemischen 'Ästhetik' die Rede ist, die der sinnlichen Wahrnehmung des Untersuchungsgegenstandes (Formen, Strukturen, Muster etc.) eine zentrale Bedeutung für den Erkenntnisprozeß zuerkennt.

Liest man die Schriften zur Selbstorganisationstheorie unter dem Gesichtspunkt ästhetischer Manifeste, so zeichnet sich ein generelles Konzept für die Wahrnehmung der Natur ab, für das folgende Charakteristika kennzeichnend sind:<sup>9</sup>

Die 'Wiederentdeckung der Zeit': Die irreversible Zeit der Selbstorganisationstheorie tritt als einigendes Band auf, das 'die zeitliche Existenz des Menschen mit dem Universum der Physiker wiederverbindet'.<sup>10</sup> Zeit ist nicht mehr ein einfacher Parameter, Zeit erscheint 'als qualitativer Wechsel'.<sup>11</sup>

Die alles verbindende Evolution: Die klassisch-physikalische 'Unterschiedlosigkeit zwischen Zukunft und Vergangenheit wird durch die klare Empfindung einer unabwendbaren Evolution ersetzt'.<sup>12</sup> Der Evolutionsgedanke wird zum verbindenden Element zwischen den verschiedenen Bereichen der Wissenschaft, der Lebenswelt, der Kunst, der Geschichte.

Die Kreativität: Das Schöpferische der Natur gerät wieder neu in den Blickpunkt, und die Naturwissenschaft hat teil an diesem Schöpfungsprozeß, indem sie ihn versteht und nachvollziehen kann.

Die gebrochenen Dimensionen und die gebrochenen Symmetrien: Die Fraktalität der Natur bestimmt die Optik des neuen Naturbildes, und Symmetriebrüche bewirken eine an Diversifikation, an Komplexität zunehmende Wirklichkeit, in der alle Zustände nur eine relative Stabilität besitzen.

Das fruchtbare Chaos: Es wird ein neues Verhältnis zur Irregularität der Wirklichkeit entwickelt, und mit dem Aufzeigen von Übergängen zwischen Chaos und Ordnung verliert auch das Chaos seinen Schrecken, es wird als ein Zustand angesehen, aus dem neue Ordnung hervorgehen kann.

Die Lebenswelt: Die mesoskopische Ebene zwischen der Welt des unendlich Kleinen und des astronomisch Großen wird wieder zur maßgeblichen Ebene für die Wissenschaft und für unser Naturbild erklärt. Diese Sicht bedeutet nicht mehr, 'von außen einen entzauberten Blick auf eine mondartige Wüste zu werfen, sondern vielmehr, eine komplexe und vielfältige Natur an Ort und Stelle nach ausgewählten Gesichtspunkten zu erforschen'.<sup>13</sup>

Die Einheit der Wirklichkeit: Von einem gewandelten Natur- und Wissenschaftsverständnis aus wird der Zugang

zur Einheit der Wirklichkeit neu bestimmt: Nicht mehr unter dem reduktionistischen Gesichtspunkt der Elementarteilchen oder einer alles bestimmenden Weltformel, sondern unter Wahrung der Komplexität der Systeme. Die Einheit der Wirklichkeit wird heute weniger in Bausteinen als vielmehr in den dynamischen Prozessen gesehen, die diese Komplexität in allen Bereichen hervorbringen und die auf den verschiedenen Ebenen nach den gleichen Prinzipien ablaufen.

#### Der Konstruktionsbegriff

Der Begriff 'Natürliche Konstruktion' suggeriert - nicht zu Unrecht - einen Zusammenhang zwischen Architektur und Biologie. Dabei bildet der Konstruktionsbegriff eine Art 'Brücke' zwischen den Disziplinen. Die Vorstellung, daß Organismen integrierte, hochfunktionelle Systeme sind, die gewissermaßen als Uhrwerke, Maschinen oder Konstruktionen betrachtet werden können, geht mindestens bis ins Spätmittelalter zurück.<sup>14</sup> Bis zur Darwinschen Evolutionstheorie (1859) war es ein wichtiges biologisches Forschungsprogramm, die Funktion einzelner Organe und ihre funktionelle Integration im Organismus zu untersuchen, um die Genialität des göttlichen Uhrmachers nachzuweisen.<sup>15</sup> Auch seitdem sich die Erkenntnis durchgesetzt hat, daß Organismen durch den Prozeß der Evolution zustande gekommen sind und daß die natürliche Selektion ihr wichtigster steuernder Mechanismus ist, stellt die funktionelle Erklärung der Bauteile der Organismen und ihrer Integration (also die Funktionsmorphologie, 'Morphologie' = Formenkunde) ein unverzichtbares Arbeitsgebiet der Biologie dar.

In den letzten zwei bis drei Jahrzehnten begann sich die Erkenntnis durchzusetzen, daß die Evolution von einem gegebenen Punkt aus nicht jede beliebige Richtung einschlagen kann, sondern daß sie in ihrer Richtungswahl limitiert ist. Die Konstruktionsmorphologie untersucht diese Limitierungen in der Evolution. Beschränkend wirken z.B. die zur Verfügung stehenden Baumaterialien, die ererbten Wachstumsprogramme, die 'Multikriterienoptimierung' der Organismen, physikalische 'Grenzen des Wachstums' u.a.

In Ergänzung zur Konstruktionsmorphologie abstrahiert die Theoretische Morphologie die Wachstums- und Bildungsprogramme von den Organismen, um sie dann im Computer zu simulieren. Dabei wird die Gesamtzahl der Formen ermittelt, die ein Wachstumsprogramm hervorbringen kann. In der

Regel stellt sich dann beim Vergleich mit der Wirklichkeit heraus, daß in der Evolution nur ein Teil der theoretisch möglichen Gesamtvielfalt verwirklicht ist. Wie sich zeigt, hat die Vorstellung, daß Organismen Konstruktionen seien, für die Biologie einen hohen heuristischen Wert. Zugleich jedoch läßt sich dieser biologisch geprägte Konstruktionsbegriff - ebenfalls heuristisch - in die Architektur 'reimportieren' und führt dann zu dem, was im SFB 230 als 'Natürliche Konstruktionen' bezeichnet wird.<sup>16</sup>

#### Anmerkungen:

- 1) Der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft seit 1984 geförderte SFB 230 gibt zwei Schriftenreihen heraus, die auf Seite 19 aufgeführt sind.
- 2) Zu Kants und Schellings Selbstorganisationsidee: Marie-Luise Heuser-Keßler: Die Produktivität der Natur. Schellings Naturphilosophie und das neue Paradigma der Selbstorganisation in den Naturwissenschaften, Berlin 1986.
- 3) Prigogine, Ilya/Glansdorff, Paul: Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuation, New York 1971.
- 4) Dazu neuerdings auch das für Laien verständlich geschriebene Buch von Covey, Peter/Highfield, Roger: Anti-Chaos. Der Pfeil der Zeit in der Geschichte des Lebens, Hamburg 1992.
- 5) Vgl. die populärwissenschaftliche Darstellung von Haken, Hermann: Erfolgsgeheimnisse der Natur - Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken. Frankfurt a.M. 1988.
- 6) Maturana, Humberto R.: Erkennen: Die Organisation und Verkörperung von Wirklichkeit, Braunschweig 1985 (2. Auflage).
- 7) Mandelbrot, Benoît: Die fraktale Geometrie der Natur, Basel/Boston 1987.
- 8) Jantsch, Erich: Die Selbstorganisation des Universums. Vom Urknall zum menschlichen Geist. München, Wien 1979.
- 9) Ausführlicher in: F. Schweizer: Natur zwischen Ästhetik und Selbstorganisationstheorie. In: Zum Naturbegriff der Gegenwart. Vorträge des Stuttgarter Kongresses "Natur im Kopf", Stuttgart-Bad Canstatt 1994.
- 10) I. Prigogine, S. Pahlaut: Die Zeit wiederentdecken. In: M. Baudson (Hrsg.): Die vierte Dimension der Kunst. Weinheim: Acta humaniora, 1985, S. 26.
- 11) Siehe Anmerkung 10.
- 12) G. Nicolis: Symmetriebrüche und Perzeption. In: M. Baudson, a. a. O., S. 36.
- 13) I. Prigogine, I. Stengers: Dialog mit der Natur. Neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens. 6. Aufl. München 1990, S. 16.
- 14) Sutter, A.: Göttliche Maschinen. Die Automaten für Lebendiges. Frankfurt/M. 1988.
- 15) Dawkins, R.: The Blind Watchmaker. Harmondsworth 1986.
- 16) Die Forschungsarbeiten zum aktuellen Wandel des Naturverständnisses finden unter der Leitung von Prof. Günther Bien am Institut für Philosophie der Universität Stuttgart und unter der Leitung von Prof. Werner Ebeling am Institut für Theoretische Physik der Humboldt Universität Berlin statt. Die Forschungsarbeiten zur Morphologie finden unter der Leitung von Prof. Wolfgang Maier, Prof. Volker Mosbrugger, Prof. Wolf Ernst Reif und Prof. Adolf Seilacher an der Universität Tübingen statt. Zur aktuellen Diskussion des Naturbegriffs vgl.: Bien, G./Th. Gil/J. Wilke (Hrsg.): "Natur" im Umbruch. Zur Diskussion des Naturbegriffs in Philosophie, Naturwissenschaft und Kunsttheorie. Stuttgart 1994.

Zeitschrift für Architektur und Städtebau G 5416 F

# ARCHIT

Die Architektur  
des Komplexen



Kritik:  
Die Banalität  
der Ordnung –  
Daniel Libeskind  
zu Lampugnani  
SPIEGEL-Essay

Baumarkt:  
Licht und  
Lichtplanung

121

März 1994  
DM 24



## Impressum

Herausgeber und Verlag:  
ARCH<sup>+</sup> Verlag GmbH, Marc Fester, Sabine Kraft,  
Nikolaus Kuhnert, Günther Uhlig

Verlagsadresse:  
ARCH<sup>+</sup> Verlag GmbH  
Charlottenstr. 14  
52070 Aachen  
Tel.: 0241/508329; Fax: 0241/54831

Redaktionsadressen:  
ARCH<sup>+</sup> Aachen (siehe Verlagsadresse);  
ARCH<sup>+</sup> Berlin  
Bergengruenstr. 35, 14129 Berlin  
Tel.: 030/802 69 86, Fax: 030/802 81 20

Redakteure:  
Nikolaus Kuhnert, Sabine Kraft, Philipp Oswalt,  
Angelika Schnell, Gunnar Tausch

Ständige Mitarbeiter:  
Dieter Hoffmann-Axthelm, Thomas Bösl, Joachim  
Krause, Bruno Schindler, Günther Uhlig.

Zeitung: Gunnar Tausch, Angelika Schnell

Baumarkt: Andreas Bittis, Wolf Loebel

Anzeigenverwaltung:  
Bernhard Harzer Verlag GmbH  
Westmarkstraße 59/59 a  
76227 Karlsruhe  
Tel.: 0721/40 64 64; Fax: 0721/40 64 65

Aboverwaltung:  
Computerservice Jost  
Ickstattstr. 9  
80469 München  
Tel. 089/24013229; Fax: 089/24013215  
Konto: Postgiroamt München 221560-808  
(BLZ 700 100 80)

Vertrieb:  
Claudia Roelen

Einzelbestellungen:  
ARCH<sup>+</sup> Verlag GmbH  
Konto: Deutsche Bank Aachen 2525426  
(BLZ 390 700 20)

Preise:  
Einzelheft DM 24, Doppelheft DM 30

Abonnement:  
Inland DM 72,  
Ausland DM 80 (nur gegen Vorauszahlung)

Ermäßigtes Abonnement:  
für Studenten, Arbeitslose gegen Vorlage einer  
Bescheinigung  
Inland DM 63, Ausland DM 70

Abonnementbedingungen:  
Das Abonnement kann mit jedem gewünschten  
Heft beginnen. Ein Jahresabonnement umfasst 4  
Einzelhefte, inkl. eines Doppelheftes. Kündigungen  
sind bis zum Erhalt des letzten berechneten Heftes  
möglich. Bestellungen können innerhalb von sieben  
Tagen widerrufen werden.

Umzug:  
Bitte teilen Sie uns unverzüglich eine etwaige  
Adressenänderung mit, da Zeitschriften leider vom  
Nachsendeantrag ausgeschlossen sind. Nicht  
zustellbare Hefte landen im Reißwolf.

Rechte:  
Die Redaktion behält sich alle Rechte, einschließlich  
der Übersetzung und der fotomechanischen Wie-  
dergabe vor. Auszugsweiser Nachdruck mit Quellen-  
angabe ist gestattet, sofern die Redaktion davon  
informiert wird. Für unverlangt eingesandte Manu-  
skripte wird keine Gewähr übernommen. Ein Auto-  
renhonorar kann nicht gezahlt werden.

Layout:  
K/PLEX: Dominika Hasse, Nana Rausch;  
Marion Strüber

Umschlag:  
K/PLEX: Dominika Hasse, Nana Rausch

Satz:  
K/PLEX GmbH, Monumentenstr. 35, 10829 Berlin  
context GmbH, Oranienstr. 9, 52066 Aachen

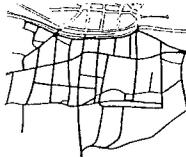
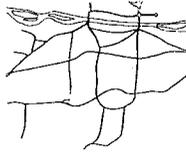
Lithos und Druck:  
Ruksal Druck, Hagelbergerstr. 53, 10965 Berlin

ISSN 0587-3452

# ARCH<sup>+</sup>

## 121

März 1994



"Die Grundlage der  
Selbstorganisierenden  
Prozesse jeder Stadt ist  
das Wegesystem."  
Frei Otto

## Kritik

- 14 Daniel Libeskind: Die Banalität der Ordnung  
Erwiderung auf den SPIEGEL-Essay  
von Vittorio Magnago Lampugnani:  
Die Provokation des Alltäglichen

## Zeitung

- 17 Wired, RISZ, Zlaty rez  
18 Formfindungsprogramme  
19 Buchtips  
20 Junge Architekten(4): Christian Wendt,  
Klaus Gurk, Hanjörg Bohm  
22 An ARCH<sup>+</sup>

## Die Architektur des Komplexen

- 25 Zu diesem Heft  
30 Selbstbildende Formen  
Frei Otto im Gespräch mit ARCH<sup>+</sup>  
38 Marie-Luise Heuser-Keßler, Wolf-Ernst Reif,  
Frank Schweitzer, Klaus Teichmann, Joachim Wilke,  
Kai-Uwe Bletzinger:  
Die Architektur des Komplexen  
43 Ulrich Kull, Klaus Teichmann, Joachim Wilke:  
Zum Formverständnis  
45 Joachim Bahndorf, Jürgen Hennicke, Ralf Höller,  
Frieder Klenk, Kurt Maute:  
Experimentelle Formfindung und Computersimulation  
56 Rüdiger Vaas: Form und Emergenz  
57 Sybille Becker, Klaus Brenner, Pierre Frankhauser,  
Klaus Humpert, Ulrich Kull, Eda Schaur:  
Selbstorganisation urbaner Strukturen  
69 Dirk Helbing, Martin Hilliges, Peter Molnar,  
Frank Schweitzer, Arne Wunderlin:  
Strukturbildung dynamischer Systeme  
76 Elisabeth Sikiaridi : Wege des Komplexen  
Die Arbeit von Behnisch & Partner  
84 "Die Dinge werden, wie sie wollen"  
Günter Behnisch im Gespräch mit ARCH<sup>+</sup>

## English Summary

- 86 The Architecture of the Complex  
88 Self-Organisation in urban Structures  
89 Structure Formation in dynamic Systems

## Baumarkt: Licht und Lichtplanung

- 90 Planungsbüros  
95 Simulation und Steuerung  
97 Lampen und Leuchten  
100 Internationale Möbelmesse Köln '94  
101 Deubau Essen