

Im ausgehenden 20. Jahrhundert hat ein allgemeiner Paradigmenwechsel in Teilbereichen der Wissenschaft stattgefunden. Die Abkehr von der linearen Logik eines deterministischen Weltbildes, welches über einen langen Zeitraum unsere Bemühungen um Erkenntnis geprägt hat, öffnet den Blick auf neue Wissenschaftsbereiche. Die Komplexitätstheorie, die Chaostheorie, Fuzzy Logik oder die Netzwerktheorie verankerten in diesem Kontext neue Begriffsgruppen: Emergenz, Selbstorganisation, Selbstähnlichkeit, Adaptivität, Synthetik etc.

Architektur als förderndes und forderndes Abbild von Gesellschaft sollte sich die-

Adaptive und selbst-organisierende Systeme in der Architektur

Adaptive and Self-organising Systems in Architecture

Towards the end of the 20th century, a general paradigm change took place in areas of science. The renunciation of a linear logic of a deterministic world view, which had long conditioned our strive for knowledge, opens up new areas of science. The complexity theory, the chaos theory, fuzzy logic and network theory have established new concept groups within this context: Emergence, self-organisation, self-similarity, adaptability, synthesis etc. Architecture as an encouraging and



sem wissenschaftlichen Diskurs nicht verschließen, sondern müsste aktiver Teil dieses Prozesses werden, denn das erkennbare Verharren auf ein selbstreferenzielles System würde dazu führen, dass Architektur als gesellschaftliche Kraft an Einfluss verliert und sich damit selbst abschafft.

Wir nutzen daher den Entwicklungsvorsprung aktueller Themen in anderen Wissenschaftsbereichen um deren Übertragbarkeit auf die Architektur zu untersuchen. Selbstorganisation und Adaptivität scheinen dabei uns besondere Anhaltspunkte zu bieten, die uns veranlassen, diese auf Architektur forschungsbezogen anzuwenden.

An anderer Stelle haben wir bereits projektbezogen auf dieses Phänomen hingewiesen: „Typical parameters of hierarchical design methods – controllability, optimization, predictability, comprehensibility- gave way to parameters inherent to the complex behaviour of swarm systems: adaptability, evolvability, resilience, boundlessness, novelty“¹. Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus gesehen, überschreiten diese Methoden bewusst Grenzziehungen, die eine objektive Bewertung erschweren, ja unmöglich machen. Es ist unstrittig, dass diese Grenzen unscharf sind, neu jedoch ist, diese Unschärfe bewusst als operatives Instrumentarium einzusetzen.

MSc_reseach_lab² - Experimentelles Entwerfen. Im Rahmen einer Researchphase haben Studenten des MSc-Studios Experimentelles Entwerfen an der Bergischen Universität Wuppertal sich dieser Thematik angenähert. In verschiedensten Szenarien wurden Möglichkeiten und Konsequenzen adaptiver und selbstorganisierender Strukturen untersucht. Ausgehend von Materialstudien über die Erstellung von Prototypen bis hin zu Entwurfsprojekten. In szenischen Beschreibungen der Folgen auf gesellschaftlicher und städtebaulicher Basis konnten erste Schritte gemacht werden, die die Potentiale dieser Architekturentwürfe ausloten.

Komplexität. Die, zumindest subjektiv wahrgenommene, Steigerung der Komplexität in allen Lebensbereichen führt oft zur Kompliziertheit in den Lösungsmustern entsprechender Fragestellungen. Nicht nur die Akzeptanz, sondern auch die Fehleranfälligkeit solcher Systeme ist kritisch zu betrachten und oftmals nicht zielführend. Die Komplexitätstheorie hat sich diesbezüglich als Wissenschaftsfeld zu Beginn der neunziger Jahre soweit etabliert, das sich inzwischen weite Kreise verschiedenster Disziplinen auf diesen Denkansatz beziehen. So wie jedes andere System bestehen komplexe Systeme aus einer Reihe von Einzelkomponenten. Bemerkenswert sind dabei jedoch weniger diese Einzelkomponenten, sondern deren Interaktion untereinander. Adaptive und selbstorganisierende Systeme haben den Vorteil, Komplexität erzeugen zu können, obwohl sie in ihrem Aufbau durch Einfachheit charakterisiert sind. Sie zeichnen sich durch Stabilität und Robustheit aus, sind aber gleichzeitig lernfähig und schnell. Möglicherweise könnte das Verständnis dieser Wir-

demanding reflection of society should not be closed to this scientific argument, but should become an active part of this process, since the recognisable insistence on a self-referencing system would lead to architecture losing its influence as a force in society, and thus do away with itself.

That is why we use the developmental advances of current themes in other areas of science to investigate its applicability to architecture. In this respect, self-organisation and adaptability appear to offer us particular clues allowing us to use these in architectural research.

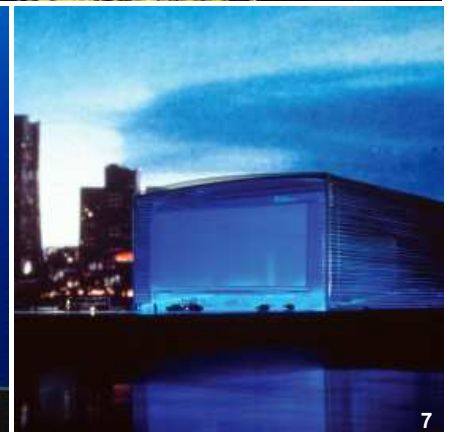
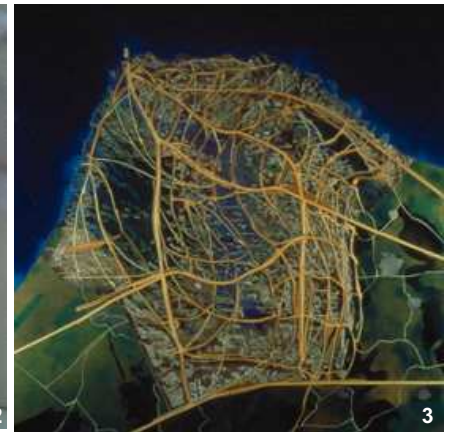
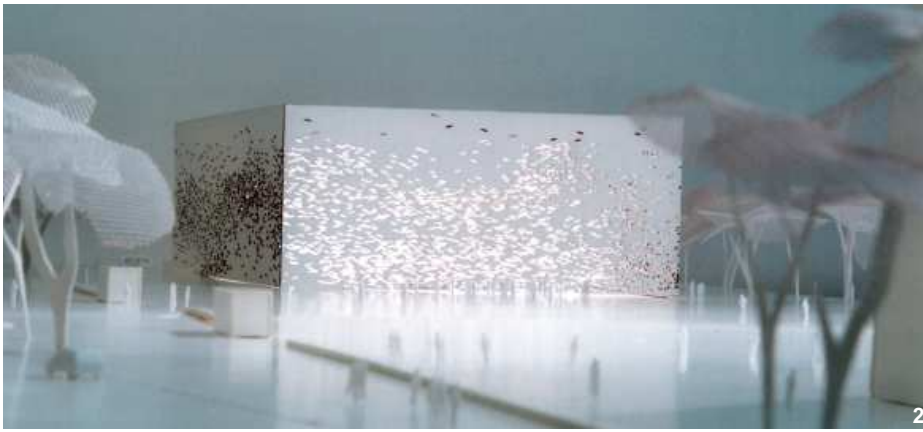
Elsewhere¹ we have referred to this phenomenon with regard to projects: „[...] Typical parameters of hierarchical design methods - controllability, optimization, predictability, comprehensibility - gave way to parameters inherent to the complex behaviour of swarm systems: adaptability, evolvability, resilience, boundlessness, novelty.“ From a scientific point of view, these methods cross certain boundaries, boundaries which make it difficult (or even impossible) to give an objective evaluation. It is indefensible to say that these boundaries are indistinct; what is new, however, is to consciously employ these indistinctions as operational instruments.

MSc_Research_Lab² - Experimental design.

Within the framework of a research phase, a number of students from the Bergische Universität Wuppertal's MSc studio of experimental design have approached this topic. The possibilities and consequences of adaptive and self-organisational structures were investigated using very different scenarios - from material studies, via the production of prototypes and onto the design project. Through the description of the consequences of these scenarios in terms of society and urban development, the first steps could be made to get to the bottom of the potential of these architectural designs.

Complexity. The (at least subjectively perceived) increase in complexity in all areas of living often leads to complexity in the solutions to the corresponding questions. One must critically examine not just the acceptance, but also the susceptibility for error of such systems. This examination is not often productive. With regard to this, the complexity theory started, at the beginning of the 1990s, to establish itself as a scientific field to such an extent that wide sections from diverse disciplines made reference to this approach.

As with all other systems, complex systems consist of a range of single components. These single components are less noteworthy, however, than their interaction. Adaptive and self-organisational systems have the advantage of being able to give rise to complexity, although the systems are characterised by the simplicity of their construction. They distinguish themselves by their stability and hardiness, whilst at the same time being adaptive and quick. The understanding of these causal links could be brought into play for the instrumental development of an architectural design method, as it obviously refers to similar initial conditions.



kungszusammenhänge für die instrumentelle Entwicklung einer architektonischen Entwurfsmethode herangezogen werden, da es sich hierbei offensichtlich um ähnliche Ausgangsbedingungen handelt.

Emergenz. Als Gegenmodell zum Determinismus hat sich der Begriff der Emergenz als Erklärungsmuster komplexer Systeme etabliert. Emergentes Verhalten liegt dann vor, wenn aus einer Summe von Einzelkomponenten ein übergeordnetes System generiert wird, deren Eigenschaften ein qualitatives Mehr schaffen als es die Summe der Eigenschaften der Teilsysteme für sich alleine hätte erzeugen können. Dieser Entstehungsprozess lässt sich nicht mehr bezogen auf seine ursprünglichen Teilsysteme rückkoppeln und steht daher im Gegensatz zu deterministischen Modellen. Emergente Systeme sind nicht durch Zerlegung beschreibbar oder reduzierbar.

Über emergente Qualitäten etwas Neues zu erzeugen,

Emergence. The concept of emergence has established itself as a way of explaining complex systems as a counter-model to determinism. Emergent behaviour exists when a comprehensive system is generated from the sum of the single components; components whose properties create a qualitative advantage compared to the sum of the properties of the part-system. This development process allows no feedback into the original part-system and thus stands in opposition to deterministic models. One cannot describe or reduce Emergent systems by dissection or analysis.

In order to give rise to something new, over and above emergent qualities, the actual goal of architectural design should be described. Compositional design strategies are not able to do it in themselves, as emergence cannot be formed. One can simply define the initial conditions and then develop these emergently. In this case, designing is limited solely to the choosing of parts and the speculation about their possible emergent be-

könnte auch als das eigentliche Ziel des architektonischen Entwurfs bezeichnet werden. Kompositorische Entwurfsstrategien sind dazu aus sich heraus nicht in der Lage, denn man kann Emergenz nicht gestalten. Man kann lediglich Ausgangsbedingungen definieren und diese sich dann emergent entfalten lassen. Entwerfen beschränkt sich in diesem Fall lediglich auf die Auswahl der Teile und die Spekulation über deren eventuelle emergente Verhaltensweise durch Interaktion. Im günstigsten Fall funktioniert ein solches System als ein „patchwork of parallel operations“, welches Kevin Kelly³ bei der Beschreibung neuraler Netzwerke benutzt.

Schwarm. Der Schwarm kann als ein besonders geeignetes Modell für die oben beschriebenen Phänomene herangezogen werden, zumal er auch ästhetische und räumliche Qualitäten besitzt und daher für Architekten eine besonders anziehende Wirkung ausübt. Die enorm kurze Reaktionszeit, die bei einem Richtungswechsel einen Fischschwarm durchläuft, lässt sich nicht mit der eher schwach ausgebildeten Kommunikationsfähigkeit einzelner Fische erklären. Das Gedächtnis eines Bienenschwarms als Ganzes liegt um ein Vielfaches über der Gedächtnisleistung einer einzelnen Biene. Termitenstaaten und andere Organisationsformen von Insekten wurden bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts von William M. Wheeler⁴ zu Sonderformen des Lebens deklariert: „Like a cell or the person, it behaves as a unitary whole, maintaining its identity in space, resisting dissolution...neither a thing nor a concept, but a continual flux or process.“ Kevin Kelly⁵ resümiert: „At a high level of connectivity, and a high number of members, the dynamics of mobs takes hold. More is different“. Natürlich wurde dieser von Kelly benutzte Begriff von „Moreness“ in geeigneter Verkürzung als Abgrenzung zu bekannten Strategien der Moderne (less is more) eingesetzt.

Naturwissenschaft. Der mathematisch naturwissenschaftliche Ursprung der Komplexitätstheorie lässt sich auf breiter Basis nachweisen. Die Forschungsfelder des AL (Artificial Life) und der AI (Artificial Intelligence) waren treibende Kräfte im Prozess des Aufbrechens der deterministischen Sichtweise von Wissenschaftsmodellen und führten hin zu einer Akzeptanz und einem strategischen Umgang mit nichtlinearen, komplexen Erklärungsmodellen. Diese von Stephen Wolfram⁶ als „A New Kind of Science“ zusammengefasste Wissenschaftstheorie findet sich inzwischen in großer Diversität in allen Sparten wieder: Exemplarisch sei Stuart A. Kauffman⁷ erwähnt, der sich insbesondere mit Selbstorganisation und Adaption in komplexen Systemen beschäftigt. Seine Arbeitshypothese stellt tradierte Ordnungsmuster in Frage: „our intuitions about the requirements for order in very complex systems have been wrong.(...) Adaptation to the edge of chaos may ultimately become a general principle in biology.“ Über statistische Untersuchungen und Computersimulationen versucht er nachzuweisen, dass neben der Darwinschen Evolutionslehre von Zu-

haviour through interaction. When conditions are favourable, such a system functions as a „patchwork of parallel operations,“ which Kevin Kelly³ uses in his description of neural networks.

Swarm. The swarm can be brought into play as a particularly apt model for the phenomena described above, given that it also has aesthetic and spatial qualities, and thus exerts an especially attractive effect for architects to use. The incredibly short reaction time which runs through a shoal of fish when there is a change of direction cannot be explained by the rather poorly developed communicative capacity of individual fish. The memory of a whole swarm of bees can be expressed as a multiple of the memory capacity of the individual bee. Colonies of termites and other organisations of insects were proclaimed special life forms as early as the start of the 20th century by William M. Wheeler⁴: „Like a cell or the person, it behaves as a unitary whole, maintaining its identity in space, resisting dissolution [...] neither a thing nor a

concept, but a continual flux or process...‘

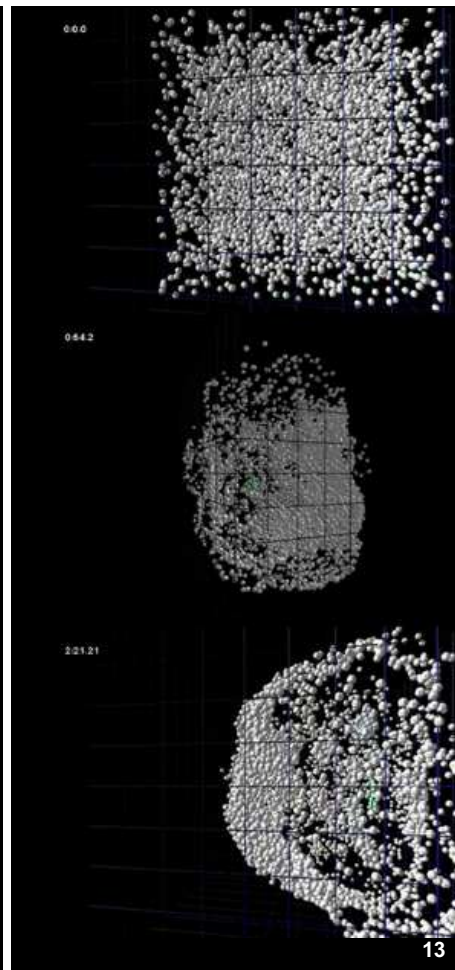
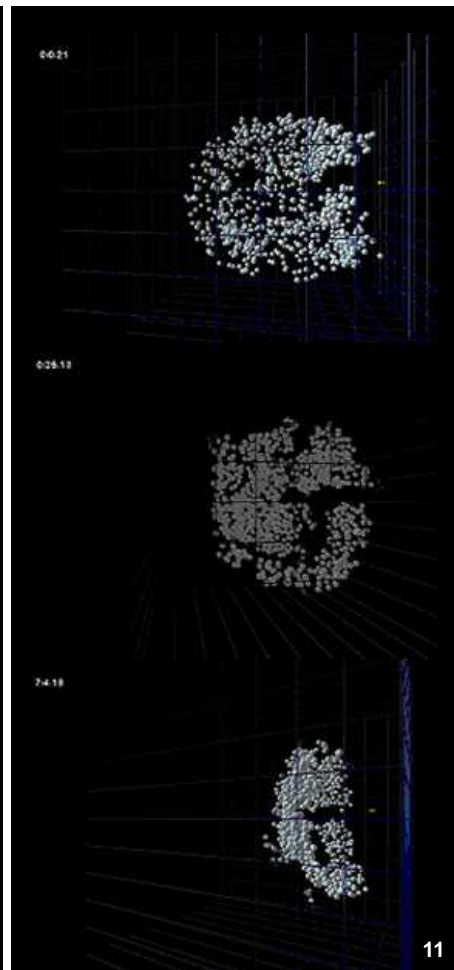
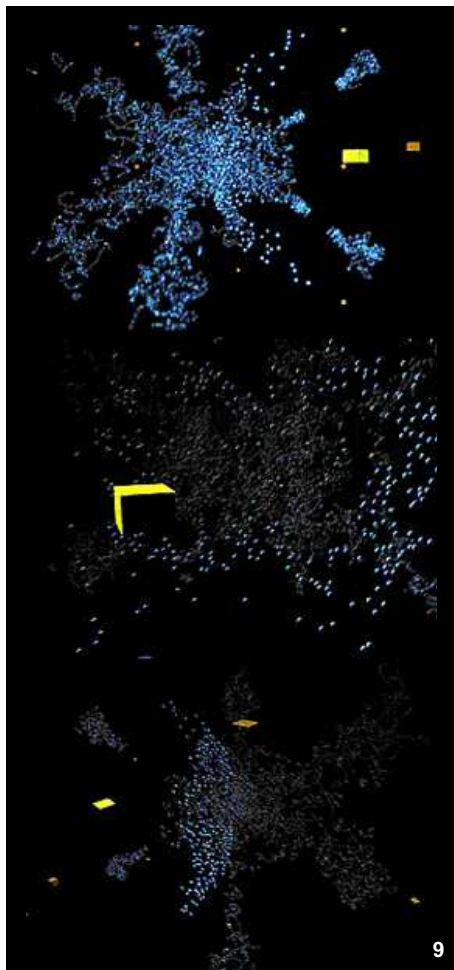
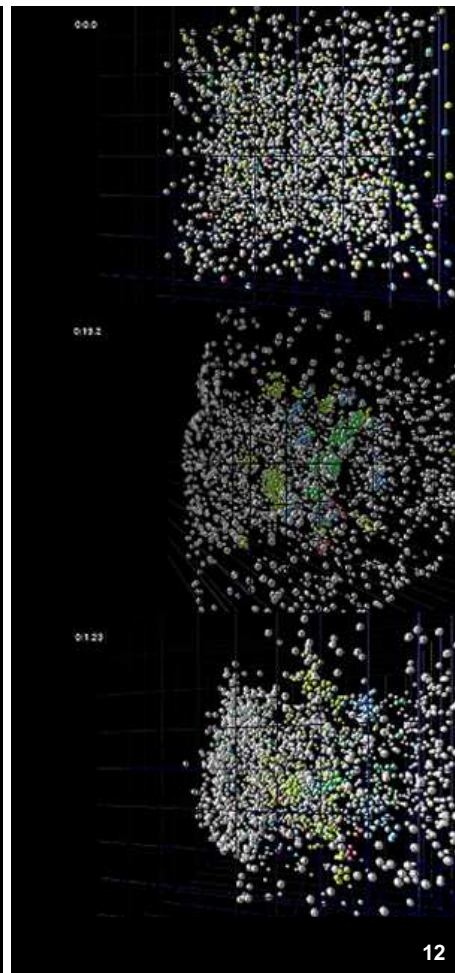
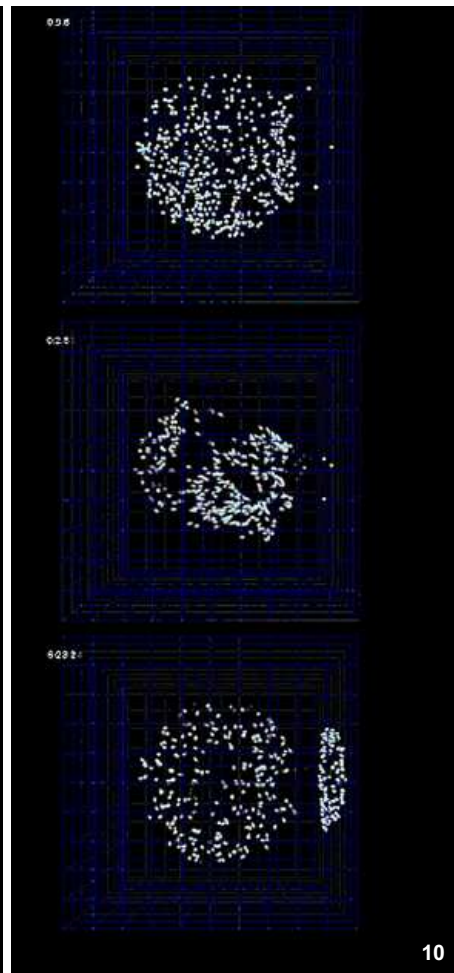
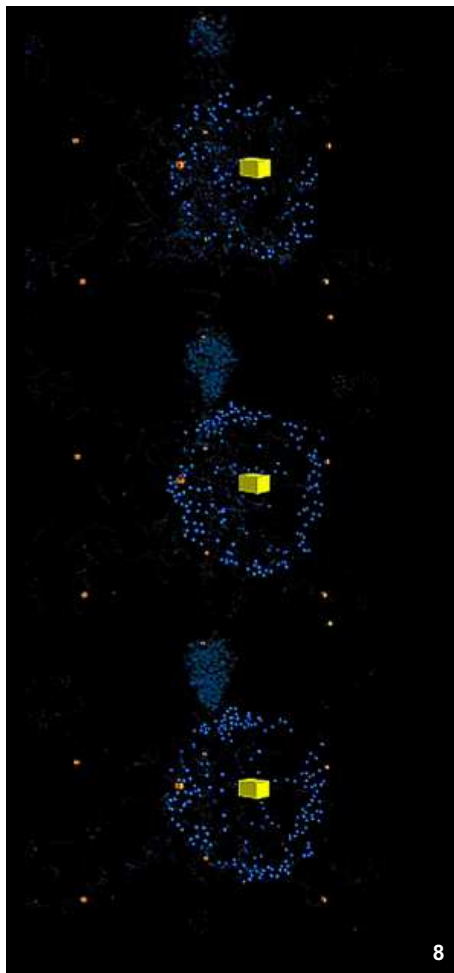
So wie jedes andere System bestehen komplexe Systeme aus einer Reihe von Einzelkomponenten. Bemerkenswert sind dabei jedoch weniger diese Einzelkomponenten, sondern deren Interaktion untereinander.

As with all other systems, complex systems consist of a range of single components. These single components are less noteworthy, however, than their interaction.

Kevin Kelly⁵ summarised: „At a high level of connectivity, and a high number of members, the mob dynamic takes hold. More is different.‘ Of course the term „moreness“ used by Kelly was applied using a suitable distinction from well known modern strategies.

Natural sciences.

The mathematically scientific origin of the complexity theory can be proven on a broad basis. The research fields of AL (Artificial Life) and AI (Artificial Intelligence) were driving forces in the process of breaking down the deterministic viewpoints of scientific models, and led to an acceptance and a strategic dealing with non-linear, complex models of explanation. This scientific theory, summed up by Stephen Wolfram⁶ as „A New Kind of Science“ can be found in great diversity in all areas: Wolfram cites as an example Stuart A. Kauffman⁷, who was involved in particular with self-organisation and adaptation. His hypothesis puts into question inherited patterns of order: „Our intuition about the requirements for order in very complex systems has been wrong [...] Adaptation to the edge of chaos may ultimately become a general principle in biology.“ He attempted to prove, through investigation and computer simulation, that alongside



fallsmutation und Selektion eine weitere Komponente, die der Selbstorganisation, zum Verständnis der Entstehung von komplexen Lebenssystemen herangezogen werden muss.

Eine Reihe von AL-Wissenschaftlern⁸ untersuchen des Weiteren die Potentiale von autonomen Agentensystemen, die adaptives Verhalten generieren. Emergenz und Selbstorganisation sind in allen Fällen die Schlüsselbegriffe der Denkansätze, die sich meistens darauf berufen, in der Natur vorkommende komplexe Prozesse zu simulieren und damit erklären zu können.

Im Rahmen des MSc Studiengangs an der BU Wuppertal untersucht Gerd Knobling⁹ mit seinem Modell MASSCAD in dem Fachbereich der Verteilten Künstlichen Intelligenz ein Multi-Agenten System im 3-D Raum. Er beschreibt die Chancen für die Entwicklung von Raum und Form durch parakreative Interaktion lernfähiger computergenerierter Zellen. Die Potentiale dieser Methode liegen in ihrer funktionalen Selbstoptimierung, kombiniert mit der Möglichkeit, abstrakt definierte Pre-Formation mit einzubringen. Die Form ist also vorher weder gedacht noch räumlich definiert, sie wird lediglich in den zu erfüllenden Eigenschaften beschrieben. Technisch kombiniert MASSCAD ein 3D-System mit einem fortgeschrittenem Multi-Agenten Simulationsprogramm.

Philosophie. Vor dem erweiterten naturwissenschaftlichen Begriff der Komplexitätstheorie lassen sich auch die philosophischen Modelle von Deleuze und Guattari¹⁰ interpretieren. Die Einführung der Begrifflichkeiten des „Rhizoms“ und der des „Glatten und Gekerbten Raumes“ ebnet den Weg für eine philosophische Betrachtung selbstorganisierender und adaptiver Strukturen. Manuel de Landa¹¹ führt diese Ebene weiter, indem er konstatiert: „In the eyes of many human beings, life appears to be a unique and special phenomenon... However, this view betrays an „organic chauvinism“ that leads us to underestimate the vitality of the processes of selforganisation in other spheres of reality.“ Antonio Negri, der als ideologischer Wegbereiter der Bewegung der Globalisierungsgegner gilt, bedient sich ebenfalls der Komplexitätstheorie, indem er das marxistische Ordnungsmodell der Klassengesellschaft durch ein postkommunistisches Selbstorganisationsmodell austauscht. Negri beschreibt Netzwerke von autonom innerhalb des globalen Kapitalismus, der „biopolitischen Sphäre“¹², agierenden Einheiten. Die dynamische Kraft, die der schwarmartigen Multiplizität solcher Strukturen innewohnt, wird inzwischen von verschiedensten gesellschaftlichen Organisationsformen genutzt, um eine Steigerung der Effektivität in der Durchsetzung von Zielen zu erreichen.

Städtebau. Auf städtebaulicher Ebene gibt es seit den 90er Jahren eine Reihe von wissenschaftlichen Ansätzen, die sich mit dem Phänomen der Selbstorganisation auseinandergesetzt haben, um Entstehungs-, Wachstums- oder Veränderungsprozesse menschlicher Siedlungsformen zu beschreiben. Exemplarisch sei hier

Darwinian evolutionary theories of random mutation and natural selection, a third component - self-organisation - should be factored into our understanding of the existence of complex systems of life.

Furthermore, a range of AL scientists⁸ are investigating the potential of autonomous agent-systems which generate adaptive behaviour. Emergence and self-organisa-

tion are, in any case, the key concepts of the approaches which mostly refer to the simulation of naturally occurring complex processes and thereby the possibility of explaining them.

Natürlich wurde dieser von Kelly benutzte Begriff von „Moreness“ in geeigneter Verkürzung als Abgrenzung zu bekannten Strategien der Moderne (less is more) eingesetzt.

Of course the term “moreness” used by Kelly was applied using a suitable distinction from well known modern strategies.

Within the framework of the MSc course at the Bergische Universität Wuppertal, Gerd Knobling⁹ is researching a 3-D multi-agent system in the field of shared artificial intelligence using his MASSCAD model.

He has described the opportunities for the development of

space and shape through the para-creative interaction of adaptive, computer-generated cells. The potential of his method lies in its functional self-optimisation, combined with the possibility of including abstractly defined pre-formation. The shape is thus neither conceptually nor spatially defined in advance, rather it is merely outlined using the properties to which it must pertain. Technically speaking, MASSCAD combines a 3-D system with an advanced multi-agent simulation program.

Philosophy. Alongside the scientific concept of the complexity theory, the philosophical models of Deleuze und Guattari¹⁰ can be interpreted. The introduction of the concept of the „Rhizoms“ and that of „smooth and carved space“ clear the way for a philosophical contemplation of self-organisational and adaptive structures. Manuel de Landa¹¹ takes them one stage further, remarking that: „In the eyes of many human beings, life appears to be a unique and special phenomenon [. . .] However, this view betrays an ‘organic chauvinism’ that leads us to underestimate the vitality of the processes of self-organisation in other spheres of reality.“ Antonio Negri, who is considered to have paved the ideological path of the anti-globalisation movement, also uses the complexity theory by exchanging the Marxist model of the class society with a post-communist model of self-organisation. Negri outlines autonomously acting units within global capitalism, which he terms the ‘biopolitical sphere’.¹² The dynamic power innate to the swarming multiplicity of such structures is now being used by **007**

nur die Arbeit von Frank Schweizer¹³ erwähnt, der konstatiert, dass „die Herausbildung urbaner Strukturen signifikante Analogien (...) auch zu Selbstorganisationsprozessen zeigt, bei denen neue Systemeigenschaften durch dynamische Wechselwirkung von Untereinheiten emergieren.“ Auch die Entstehung von menschlichen Wegesystemen hat Schweizer durch Simulationsmodelle, Active Walkers genannt, realitätsnah nachbilden können. Die Trampelpfade werden als klassisches Selbstorganisationsphänomen beschrieben¹⁴: „es gibt keine zentrale Vorgabe, wo der Weg lang zu gehen hat und es gibt auch keine „höhere Instanz“, die den Walkern mitteilt, welche Wege sie benutzen müssen. Vielmehr ist es die gemeinsame Aufgabe der Walker, diese Wege selbst hervorzubringen, ihre Existenz durch ständige Nutzung zu sichern und die Wege gegebenenfalls zu ändern, falls sich neue Anforderungen ergeben.“

Im Rahmen der Forschungsstudie *divercity*©¹⁵ für das IFG Ulm haben wir versucht, diese bekannten Ansätze einer phänomenologischen Beschreibung von Selbstorganisation in bereits existierenden städtebaulichen Strukturen in ein aktives Planungsinstrumentarium umzuwandeln, welches den tradierten Masterplan potentiell ersetzen könnte. Zeitlich vorausgreifend fixierte und räumlich starre

Planungsvorgaben weichen in *divercity*© ständig aktualisierten Planungseingaben in einem kontinuierlichen Austauschprozess. Unbewegliche, Regel-basierte Planungsgrundlagen werden in Verhandlungs-basierte, flexible

Planungsinstrumentarien umgewandelt. Während in sich abgeschlossene Planungssysteme nicht in der Lage sind, auf plötzliche Veränderungen zu reagieren, können auftretende Konvergenzen und Divergenzen in Form von Krisen, Katastrophen und Konkurrenzen produktiv in *divercity*© eingebaut werden; sie sind integraler Bestandteil methodischer Überlegungen.

Architektur. Die Ideen der Adaptivität und Selbstorganisation scheinen in anderen Wissenschaftsbereichen, gesellschaftstheoretischen Diskursen bis hin zu städtebaulichen Praktiken demnach bereits entwickelt oder zumindest angedacht. Sie auf die Architektur im engeren Sinne zu übertragen scheint nahe liegend.

Bisher bekannte Versuche, Architektur an sich verändernde Bedingungen anzupassen sind meistens dann gescheitert, wenn Planer versucht haben, mit flexiblen Systemen zu arbeiten. Deren beschränktes und vorher kategorisiertes Repertoire an Veränderungsmöglichkeiten war meistens nicht in der Lage, den neuen Anforderungen gerecht zu werden. Dies gilt sowohl für technische (z. Bsp. Bürobau) als auch für programmatische Veränderungen (z. Bsp. Schulbau). Die Partizipationsmodelle mit Nutzern und Planern der 70er und 80er Jahre waren ebenfalls selten erfolgreich, da auch hier mit tradierten Planungsverfahren wie Hierarchie und Ergebnisfixierung gearbeitet wurde. Flexibilität nach deterministischen Prinzipien scheint also nicht zielführend zu sein.

a diverse range of social forms of organisation, with the aim of bringing about an increased effectiveness in the accomplishment of their goals.

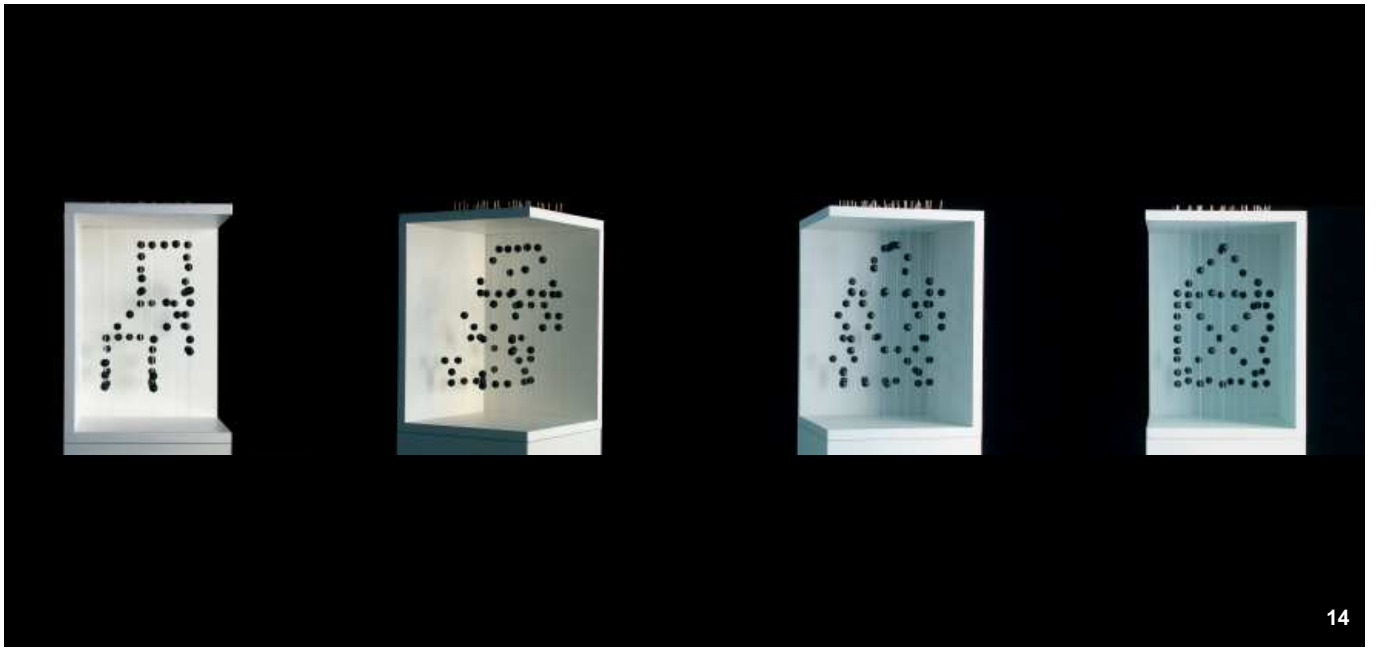
Urban development. In terms of urban development, there has been a range of scientific attempts at tackling the phenomenon of self-organisation, in order to describe the processes of formation, growth or modification of human settlements.

An example of this is the work of Frank Schweizer¹³, who notes that „the development of urban structures [...] shows significant analogies to the processes involved in self-organisation, whereby new system properties emerge through the dynamic effecting of change by sub-units.“ Schweizer was even able to realistically simulate the formation of human transport systems with his model Active Walkers. The trodden paths are described as classic self-organisational phenomena: „There is no central prescription as to where the path should go; and there is no ‘higher authority’ communicating to the walkers which path they should use, Rather it is the collective task of the walkers themselves to create, to ensure the paths’ existence by their constant use, and to change the paths if need be, should new requirements arise.“¹⁴

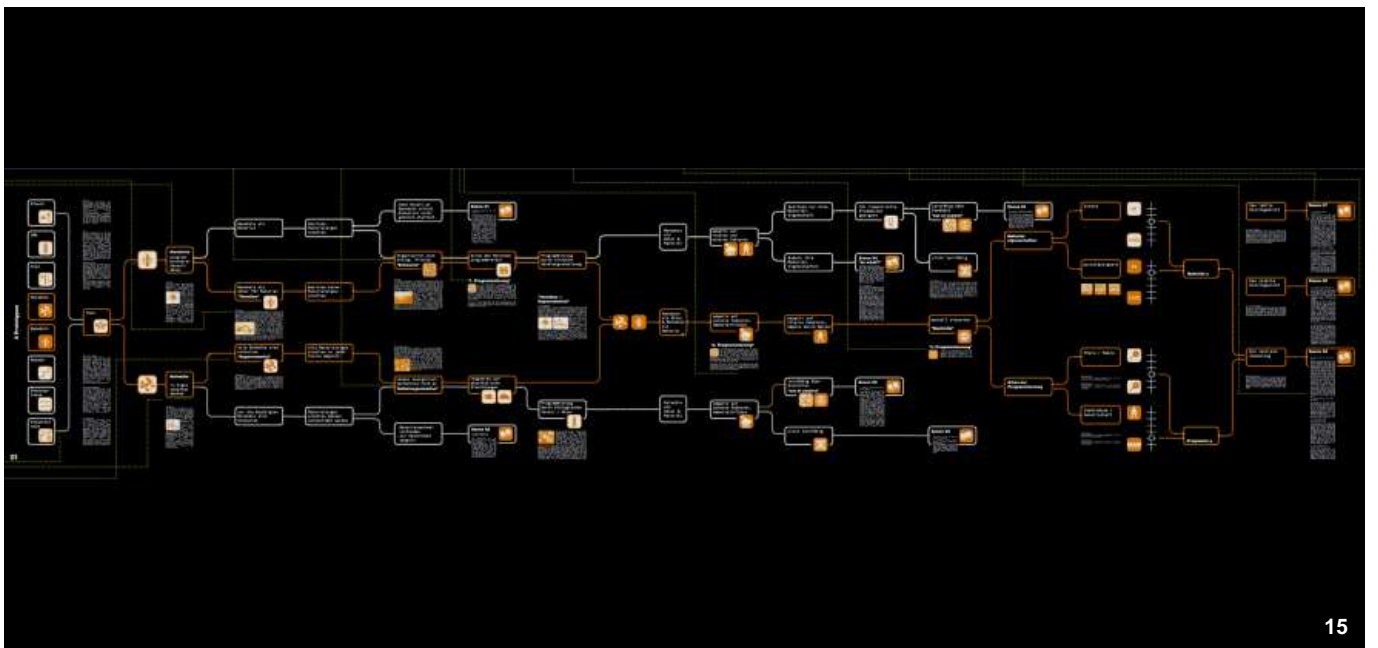
Within the framework of the *divercity*©¹⁵ research study for the IFG Ulm, we attempted to transform these known approaches which describe - in terms of phenomena - self-organisation in existing urban-planning structures, into active planning instruments, which could potentially replace the traditional master plan.

In *divercity*© temporally fixed and spatially inflexible planning prescriptions give way to planning inputs which are constantly updated in a continual process of exchange. Inflexible, regulation-based planning structures are transformed into negotiation-based, flexible planning instruments, Whilst „locked“ planning systems are not in a position to react to sudden changes, any convergences and divergences which crop up in the form of crises, catastrophes or competition can be productively worked into *divercity*©; they constitute an integral part of methodical reflection.

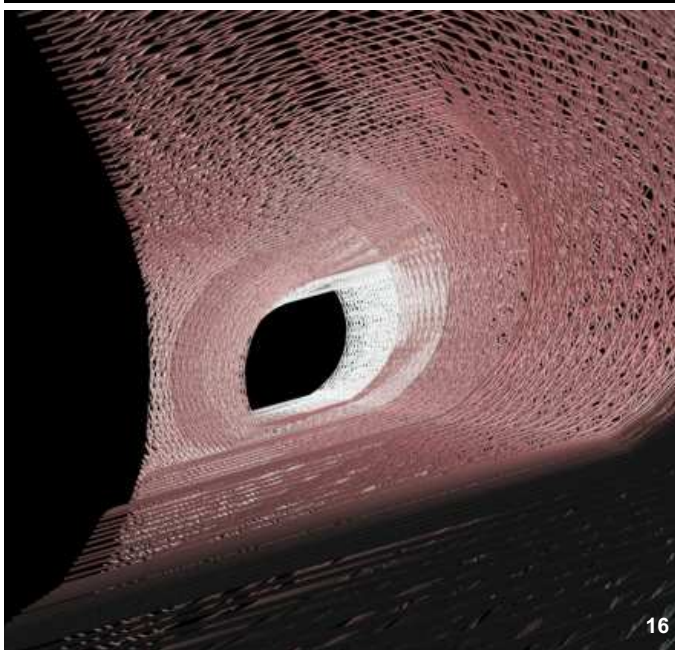
Architecture. The concepts of adaptability and self-organisation appear in other scientific areas, sociological discourse and urban planning in an accordingly developed way or are at least cited. To transpose them onto architecture in its strictest sense seems natural. Planners’ previous attempts to adapt architecture to changing conditions by using flexible systems have mostly failed, however. Their restricted and categorical repertoire of modification possibilities was, for the most part, not in the position to do justice to the new demands. This was true both for technical (e.g. for an office building) and for programmatic (e.g. for a school building) modifications. The participation models of the 70s and 80s were also seldom successful, as traditional planning methods such as hierarchy and goal-setting were used: Thus, flexibility according to deterministic principles does not appear to be productive.



14



15



16



17



18

Die Akzeleration der Veränderungsgeschwindigkeit macht es notwendig, nach neuen Strategien zu suchen, die die geforderte Adaptivität möglich macht oder, besser noch, in ein völlig neues Bezugssystem setzt. Von diesem neuen Bezugssystem werden die Teilaspekte „Raum“ und „Programm“ gleichermaßen betroffen sein und müssen daher einander neu zugeordnet werden.

Eine lineare Übertragung und Verengung des Maßstabes aus den vorgenannten Kategorien bis hin zur Größenordnung eines Hauses oder Zimmers scheint nicht möglich. Wir nähern uns daher von der anderen Seite dem Phänomen und benutzen die Materialforschung als Zugangsschlüssel. Dieser Perspektivwechsel mit der Hinwendung zum Material hat noch einen weiteren Grund:

Im Verlauf der Architekturgeschichte hat die Materialentwicklung erheblichen, wenn nicht sogar den bedeutendsten Einfluss auf die Innovationskraft von Architektur ausgeübt. Die Erfindung und Verwendung von industri-

The accelerated increase in modifications makes it necessary to look for new strategies which make the required adaptability possible, or even better, place this adaptability in a new frame of reference. The aspects „space“ and „agenda“ will be equally affected by this new frame of reference, and must therefore be newly related to each other.

A linear transposition and narrowing of the above named categories' standards in order to take into account the scale of a house or room does not appear possible. We are therefore approaching the phenomenon from the other angle and are utilising material research as a way in.

A further reason for this change of perspective towards a focus on material is that in the course of architectural history, material research has exerted a considerable - a most significant, even - influence on architecture's innovative forces. The discovery and use of industrially produced steel, glass and concrete have, in **010**

ell herstellbarem Stahl, Glas oder Beton hat bekannter Maßen größten Einfluss auf die Veränderung von Formen, Konstruktionen, Typologien und Programmen in der Architektur. Bezeichnender Weise waren es selten Architekten, die diese Potentiale zuerst erkannten. Gärtner (Paxton), Bauingenieure (Nervi) oder anonyme Konstrukteure profitierten von Ihrer architektonischen Unbefangenheit und ermöglichten das Neue, welches erst später dann von Architekten adaptiert wurde.

Im MSc_reseach_lab ging es jedoch zunächst nicht wie in einem klassischen Entwurfsprozess darum, eine Entwurfsidee zu materialisieren, sondern wir formulierten die Zielsetzung umgekehrt: Zu einem Material, zu einer Struktur oder zu einer Technologie galt es eine Entwurfsidee zu entwickeln.

Material¹⁶. Adaptive, oder so genannte intelligente Materialien besitzen keine festen, unveränderlichen Eigenschaften mehr, vielmehr variieren sie selbsttätig aufgrund von äußeren Einflüssen. Ähnlich wie Lebewesen können sich derartige Materialien und Systeme den jeweiligen Anforderungen anpassen, auf Beschädigungen Rücksicht nehmen, sich selbst reparieren oder aktiv ihre Energieversorgung sichern. Die Grundbausteine adaptiver Strukturen sind Aktuatoren, Sensoren und Prozessoren.

Aktuatoren können bei Änderung der Temperatur oder des elektromagnetischen Feldes Form, Steifheit, Position, Schwingungsfrequenz und andere mechanische Charakteristika variieren, ihr Verhalten ist dem von Muskeln ähnlich.

Sensoren sind mit Nerven oder dem Gedächtnis von Lebewesen vergleichbar, sie sind unentbehrliche Bausteine intelligenter Strukturen. Aktuatoren erhalten von ihnen Informationen über den physikalischen Zustand der Werkstoffstruktur. Dadurch sind Materialien fähig, Informationen über die Umgebung zu sammeln und sich sinnvoll anzupassen

Prozessoren repräsentieren praktisch das Gehirn oder Rückenmark des Systems und bilden somit das Steuermodul der Struktur. Sie sollten auf die erforderliche Vielzahl von Sensoren und Aktuatoren reagieren und sie miteinander vernetzen, hierdurch könnten die Systeme am ehesten aus ihren Erfahrungen lernen und auf Ereignisse angemessen reagieren.

Materialien, welche als adaptiv bezeichnet werden können sind zum Beispiel Formgedächtnislegierungen, piezoelektrische Werkstoffe, Carbon-Fiber-Prozessoren und Aerogele

Molekulare Manipulation¹⁷. Molekulare Manipulation bezeichnet einen Konstruktionsprozess, welcher auf der Atomebene ansetzt. Durch Manipulation der Molekularstrukturen und der Atombestandteile werden hierbei die benötigten strukturellen und umweltbedingten Spezifikationen generiert.

Dies bedeutet, dass sich die molekulare Geometrie nach Belieben anordnen und sich somit die Dichte und Steifheit eines Materials bis hin zu seiner Transparenz ver-

same ways, had the greatest influence on architecture's changing shapes, construction, typology and agendas. Typically, architects were seldom the first to realise this potential. Gardeners (Paxton), civil engineers (Nervi) and anonymous constructors have profited from their architectural impartiality and facilitated innovations, which were not adopted by architects until later.

In MSc_Reseach_Lab however, it was not primarily a matter of creating a design idea (as it would have been for a classical design process); rather it was a matter of our formulating an objective in the wrong order: firstly a material, then a structure or technology, and finally the development of a design idea.

Materials¹⁶. Adaptive, or so-called intelligent materials cannot be assigned unambiguous, permanent qualities. Rather they have the ability to modify their composition independently in reaction to external and internal influences. On the one hand, adaptive structures adapt to spontaneously changing environmental conditions, and on the other hand they react to necessities resulting from the structure itself, just as living organisms do. The structures have, for example, the capacity for self-repair and the active assurance of their own energy supply. The base elements of adaptive structures are actuators, sensors and processors¹⁷. Actuators can vary the shape strength, position, oscillation frequency and other mechanical characteristics when there is a change in temperature or electro-magnetic field. This variation is similar to that displayed by muscles.

Sensors are comparable with a living being's nerves or memory; they are indispensable building blocks of intelligent structures. Actuators receive information about the material structure's physical condition from them. In this way, materials can collect information about the environment and adapt themselves usefully. In essence, processors represent the system's brain or its spinal cord, and thus make up the structure's steering module. They should react to the necessarily numerous sensors and actuators, and network with each other. In this way, systems can learn from their experiences as quickly as possible, and react to events in a measured way.

Some materials¹⁸ which can be labelled as adaptive are: alloys with a memory for their original shape; piezoelectric materials; carbon fibre processors; and aero gels.

Molecular manipulation¹⁹. „Molecular manipulation“ denotes a construction process which starts at the atomic level. The required structural and environmentally stipulated specifications are generated by the manipulation of the molecular structures and of the atomic components. This means that the molecular geometry arranges itself at your will, thereby allowing changes to the thickness, strength and transparency of a material.²⁰

Molecular building blocks could be rearranged to form completely new materials with made-to-measure attributes. This would establish a new way of thinking in the field of architecture, in the place of inflexible, specified materials. The possibility of placing every sin-

ändern lässt. Es könnten molekulare Bausteine zu völlig neuen Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften zusammengesetzt werden. Dies würde ein neues Denken in der Architektur etablieren, das Denken in Eigenschaften, anstelle von unflexiblen und festgelegten Materialien.

Die Möglichkeit jedes einzelne Atom an einen beliebigen Ort platzieren zu können setzt jedoch Werkzeuge und somit neue Technologieformen voraus. Eine Möglichkeit für ein geeignetes Werkzeug oder Transportmittel für Atome wären zum Beispiel in Dendrimeren zu sehen, baumkronenartig verzweigte Gebilde mit inneren Hohlräumen, welche in der Lage sind Liposomen oder eingekapselte Wirkstoffe zu transportieren.

Architekten und Ingenieure könnten somit Gebäude aus einfachen Atomen wie Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Silizium, Kalzium und Eisen planen und bauen. Man wäre in der Lage ein neues Verständnis für Werkstoffe auf einer atomaren Ebene entwickeln. Baumaterialien könnten in der Lage sein, sich selbst Instand zu setzen oder passive und aktive Interaktionen mit Schwerkraft, Luftbewegung und Strahlung zu demonstrieren und dies alles mit einem Minimum an benötigten Atomen. Eine der wichtigsten Fragen bei der Manipulation von Molekülen besteht darin, durch welche Einwirkungen die atomaren Bindungsenergien überwunden werden könnten, um so eine beliebige Molekülzusammensetzung zu erreichen. Hierbei würden sich sowohl chemische Reaktionen, biologische Aktoren oder Nano-Assembler anbieten. Die Frage, wie flexible, adaptive Reaktionen des neuen Materials durch jedwede Einflussfaktoren hervorgerufen werden können, beantworten sich durch Sensortechniken welche sich ebenfalls auf chemische, biologische oder nanotechnologische Entwicklungen berufen.

Nanobots¹⁸. Die Nanotechnologie bildet die Möglichkeit der Herstellung winziger Maschinen auf atomarer Ebene. Diese winzigen Roboter, im Folgenden Nanobots genannt, können im Bereich der adaptiven Architektur auf verschiedenste Arten eingesetzt werden. Nanobots können als ausführende Kraft innerhalb eines Gebäudesystems genutzt, d.h. zum Auf- und Abbau architektonischer Strukturen, als Sensoren und Aktoren, die auf spezielle Bedürfnisse des Nutzers reagieren und in der Lage sind, deren Befehle umzusetzen. Die Umsetzung der Befehle, Impulse oder Handlungsanweisungen durch die Nanobots erfolgt nach dem biologischen Prinzip der verteilten Intelligenz, entsprechend dem bereits weiter oben beschriebenen Schwarmverhalten.

Diese Technologie ermöglicht den Bau von Maschinen und Anlagen auf atomarer Ebene, die mit verteilter Intelligenz ausgerüstet werden.

Zur Generierung von Nanosystemen wurden bisher zwei Wege in der Forschung eingeschlagen. Einerseits versucht man, die in der belebten Natur ablaufenden Vorgänge zu verstehen und die gewonnenen Erkenntnisse für technische Fragestellung zu nutzen. Andererseits wird in der unbelebten Welt durch kleiner werdende Strukturen und Grundelemente neuer Materialien der

gle atom in a desired position presupposes tools and with them new forms of technology, however. One possibility for a suitable tool or means of transport for atoms could be seen, for example, in dendrimeral polymers: constructions with internal cavities which branch out like the tops of trees, and which are in a position to transport liposomes or encapsulated materials. Thus architects and engineers could plan and build out of simple atoms such as carbon, hydrogen, oxygen, silicon, calcium or iron. One would be in the position of developing a new understanding of materials on an atomic level. Construction materials could be in a position to repair themselves,

or to demonstrate passive and active interaction with gravity, movement of air and radiation, and to do all of this with a minimum of required atoms. One of the most important questions regarding molecular manipulation is this: „What effects can atomic bond energy overcome?“

Eric Drexler²¹ clarifies this difficulty using a playful description: „The atoms seemed to jump into place easily enough; can they jump out of place just as easily? By now the assembler arm has crept back from the surface, leaving a

Bisher bekannte Versuche, Architektur an sich verändernde Bedingungen anzupassen, sind meistens dann gescheitert, wenn Planer versucht haben, mit flexiblen Systemen zu arbeiten.

Planners' previous attempts to adapt architecture to changing conditions by using flexible systems have mostly failed, however.

small gap, so you can reach in and poke at the newly added atoms. Poking and prying do no good; when you push as hard as you can (with your simulated fingers as strong as steel), the atoms don't budge by a visible amount. Strong molecular bonds hold them in place.“ Chemical reactions, biological agents and nano-assemblers would also present themselves here. The question of how influential factors give rise to flexible, adaptive reactions from the new material, is answerable by means of sensor technology, which likewise refers to chemical, biological or nanotechnological developments.

Nanobots²². According to Drexler, nanotechnology constitutes the possible production of tiny machines on an atomic level: „Nanotechnology will be a bottom-up technology, building upward from the molecular scale. It will bring a revolution in human abilities like that brought by agriculture or power machinery. It can even be used to reverse many of the changes brought by agriculture or power machinery.“²³ Tiny robots resulting from this technology, henceforth known as nanobots, may be used in the area of adaptive architecture in diverse ways. Nanobots can be used as an executive force within a **012**

Weg in die Nanometerdimension eingeschlagen.

Wir sehen die größte Chance der zukünftigen Anwendung der Nanotechnologien in der Verknüpfung dieser beiden, zum einen mehr künstlich und zum anderen mehr evolutionär basierten, Techniken.

Damit wird es möglich, selbstreproduzierende Bausteine ähnlich der Körperzellen zu entwickeln, die in der Lage sind, diverse Aufgaben zu erfüllen und komplexe Systeme anhand einfacher Handlungsanweisungen zusammenzubauen.

Symbiose. Zu Beginn der Projektstudien verlief die Untersuchung der Technologien hinsichtlich ihrer Bedeutung und Anwendbarkeit in der Architektur parallel zueinander. Ziel dieser Arbeit war es, eine Repräsentation der gewonnenen Erkenntnisse auf verschiedenen Ebenen zu erstellen. Zum einen die Visualisierung der Forschungsergebnisse mit Hilfe einer Art Datenbank, zum zweiten die Erstellung von Prototypen eines im Allgemeinen noch nicht bekannten Materials, einer Struktur oder Technologie welche eine spekulative Anwendung im architektonischen Bereich ermöglichen könnte. Mit zunehmender Tiefe der Weiterbearbeitung dieser bis dato parallelen Studien stellte sich eine symbiotische Verbindung der beiden Technologien als sinnvoll und unumgänglich heraus. Die molekulare Manipulation sowie die Nanobots können ihr gesamtes Potential nur durch die Kombination ihrer beiden Technologien in vollem Umfang ausschöpfen. Die Moleküle innerhalb des Projektstrangs der molekularen Manipulation sind zwar in der Lage neue Materialien durch die bloße Art der Verbindung zu bilden, jedoch fällt die Programmierung auf biologischer Ebene mit Hilfe geeigneter Transportvehikel, wie z.B. Bakterien, noch schwer. Auf der anderen Seite sind die Nanobots sehr gut in der Lage als Sensoren und Aktoren zu fungieren, allerdings entspricht es nicht ihrer Funktion auch selbst das Material zu bilden, da dieser zwar mögliche, aber dennoch sehr statische Einsatz weit hinter ihren Möglichkeiten zurückbliebe. Unumgänglich erscheint uns vor diesem Hintergrund eine Zusammenführung bzw. eine symbiotische Verbindung dieser beiden Technologien.

Spekulation. Während der bisher dargestellte Teil der Untersuchung auf externe wissenschaftliche Erkenntnisse zurückgreift, basiert der zweite Teil auf Prognosen, die wir für den Einsatz der neuen Technologie im Bereich der Architektur für nahe liegend halten und welche die Potentiale der Symbiose von effizient arbeitenden Nanobots und manipulierter Moleküle offen legen sollen. Wir gehen davon aus, dass unter Annahme der beschriebenen Konstellation, dass das Bauen sich von seiner Fesselung an das Material im herkömmlichen Sinne befreien wird. Wir werden in Zukunft nicht mehr Planungen von fixierten Räumen und Programmen mit definierten Materialeigenschaften anfertigen, sondern wir werden lediglich Eigenschaften definieren. Eine Wand wird nicht mehr über statische Größen, 20 cm Stahlbeton, 12 cm Dämmung + Verkleidung definiert, sondern durch adap-

building system, i.e. for the construction and dismantling of architectural structures; as sensors and actuators reacting to the particular requirements of the consumer and in a position to carry out the consumer's orders. The carrying out of the consumer's orders, impulses or instructions by the nanobots occurs according to the biological principle of shared intelligence, described above as swarm behaviour. This technology enables the building of machines and constructions on an atomic level, which will be equipped with shared intelligence. Research into the generation of Nanosystems²⁴ has taken two courses up to now. Firstly, one has tried to comprehend processes taking place in the natural world, and to use the information gleaned in technical questioning. Secondly, new materials will suggest the way into nano-dimensions, through structures and basic elements diminishing in size.

Symbiosis. At the start of the project, the investigation into the technologies' significance and possible use in architecture ran parallel. The point of this was to construct a representation of the knowledge gained on the various levels. Firstly the visualisation of the research results with the aid of a form of databank; secondly the construction of prototypes of as-yet-unknown materials, of a structure or technology which could enable a speculative use in the field of architecture. The increasingly involved further work to-date on these parallel studies gave rise to a useful and essential symbiotic link between the two technologies. Molecular manipulation and nanobots can only exploit their full potential through the combination of both technologies to their full extent. The molecules used in the molecular manipulation thread are indeed in a position to create new materials by their simple combination, but the programming on a biological level, with the help of suitable transport vehicles like bacteria, for example, is still hard to achieve. On the other hand, the nanobots are certainly in a position to function as sensors and actuators – making the material themselves is not their function in any case - since this possible - but still very statistical - deployment is well within their capabilities. A uniting or rather a symbiotic link between the two technologies appears to us to be absolutely necessary, given this background.

Speculation. Whilst the above section of the investigation falls back on external scientific knowledge, the second is based on prognoses which we consider natural for the use of the new technology in the field of architecture, and which ought to facilitate the potential symbiosis of efficiently functioning nanobots and manipulated molecules. We assume that, given the described constellation, construction will liberate itself from the limitations of conventional materials. In future, we will no longer make up plans of fixed rooms and agendas with defined material properties; we will simply define properties. A wall will no longer be defined by its statistical sizes, e.g. 20 cm reinforced concrete, 12 cm insulation + lining, but rather by adaptive properties: translucence: t_g; **013**



tive Eigenschaften: Transluzenz: t_g , Dämmwert: x_y , Festigkeit a_b . Die entsprechende Materialität und deren Veränderbarkeit werden durch die im Folgenden beschriebene Programmierung generiert.

Programmierung. Um eine größtmögliche Anpassungsfähigkeit und Effizienz zu erzielen, werden einzelne Gruppen von Nanobots, analog zu natürlichen Schwärmen, mit einfachen Anweisungen und Informationen über ihren jeweiligen Einsatzbereich ausgestattet, die wiederum durch Interaktion innerhalb der Gesamtpopulation zu komplexen Handlungsstrukturen führen. Die erste Programmierung ist als Basisinformation für die Nanobots über ihr bestimmtes Handlungsfeld zu verstehen, welche während ihrer Lebensdauer eine ständige Veränderung oder Erweiterung erfahren kann. So ist sie vergleichbar mit der Grundausstattung etwa eines Fahrzeugs, welches werkseits mit einer bestimmten Kw-Zahl ausgestattet ist. Eine angenommene Wand besitzt

insulation value: x_y ; strength: a_b . The corresponding materiality and its modification capacity will be generated using the following programming.

Programming. In order to achieve the greatest possible adaptability and efficiency, individual groups of nanobots - analogous to natural swarms - are equipped with simple instructions and information about their given area which, through interaction within the whole population, in turn leads to complex action structures. The first programming is to be understood as the basic information on their given area of action, which can be constantly modified or extended during their lives. Thus it is comparable to the basic equipping of a vehicle, given a certain serial number. A given wall possesses a given strength, translucence and insulation. A given colony²⁵ contains a basic code, which is constructed on the basis of the available information material. The adaptability of the materials requires programming, both with re- **014**

eine vorgegebene Steifigkeit, Transluzenz und Dämmwirkung. Eine angenommene Siedlung¹⁹ erhält eine Grundcodierung, die auf der Basis des zur Verfügung stehenden Informationsmaterials erstellt wurde.

Die Anpassungsfähigkeit des Materials sowohl an externe Faktoren, das heißt zum Beispiel Umwelteinflüsse, und an interne Faktoren wie spezifische Bedürfnisse des Nutzers (Biokompatibilität) bedarf einer Programmierung, die über die Basisinformation der Nanobots und der energetischen Optimierbarkeit des Materials hinaus geht. Diese Erweiterung der Ausgangsprogrammiierung durch Upgrades oder Lerneffekte wird hier als zweite Programmierung bezeichnet.

Analog zur Autopilot-Funktion in der Fahrzeugindustrie, welche selbstständig anhand von Informationen über Verkehrslage, Fahrbahnbeschaffenheit und Komfort die Geschwindigkeit reguliert, nimmt die zweite Programmierung ständig Einfluss auf die Eigenschaften und Gestalt des Materials. Bei der angenommenen Wand ändert sich die Transluzenz, Steifigkeit und Dämmeigenschaft je nach Anwesenheit der Nutzer, Witterungseinflüssen, Tageszeit, etc. In unserer angenommenen Siedlung wird der Bebauungsplan wie eine Wetterkarte ständig aktualisiert. Ähnlich der Wettervorhersage nimmt die prognostische Unschärfe der Planung mit zeitlicher Distanz zu. Um eine an die individuellen Bedürfnisse der Nutzer angepasste Funktionalität zu erzielen, besteht zusätzlich die Möglichkeit einer dritten Programmierung, der manuellen Steuerung des Systems, welche als Kontrollinstanz sowohl seitens des Individuums als auch der gemeinschaftlichen Interessen eingesetzt wird.

Verglichen mit einem Fahrzeug entspricht die dritte Programmierung der Steuerung und Geschwindigkeitsbestimmung durch den Fahrer selbst, unabhängig von automatisierten Vorgängen durch den Autopilot. Bei der angenommenen Wand kann beispielsweise auf Wunsch der Transluzenzgrad verändert werden. In unserer Siedlung können Grundstücksgrenzen „manuell“ verschoben werden.

Kontrolle. Eine anpassungsfähige Architektur, hervorgerufen durch selbstorganisierende Systeme, unterliegt nicht mehr der klassischen Kontrolle des Architekten oder des Nutzers. An anderer Stelle habe ich bereits darauf hingewiesen, dass die Abkehr von ergebnisfixierter, deterministischer Planung scheinbar einen Kontroll- und damit Machtverlust der Planer mit sich bringt.²⁰

In den beschriebenen Programmiermöglichkeiten sind hinsichtlich der Kontrollierbarkeit unterschiedliche Entwicklungsrisiken verborgen:

Die Ebene der ersten Programmierung tendiert dazu monopolisiert in den Händen einer zentralen Steuerung zu gelangen, eine Art Microsoft der Baustoffindustrie. Die zweite Programmierung tendiert dazu, „out of control“ zu geraten, da eine sich selbstorganisierende Evolution Lernfähigkeit generieren könnte, die sich möglicherweise gegen den Menschen richtet. Die dritte Programmierung verursacht chaotische Zustände, da divergierende Interessen nicht mehr ausgeglichen werden können.

garg to external factors, for example environmental influences, as well as to internal factors such as the specific requirements of the consumer (biocompatibility). This programming needs to go over and above the nanobots' basis information and the ability of the material to optimise its energy. This extension of the programming through upgrade or the results of learning are referred to here as second programming.

As with the automotive industry's auto-pilot function (which independently controls its speed thanks to information regarding the traffic situation, the quality of the road and comfort), the second programming constantly exerts influence on the properties and structure of the material. The transparency, strength and insulation of our given wall modify themselves according to the presence/absence of the consumer, weather conditions, time of day etc.

Adaptiven, oder sogenannten intelligenten Materialien lassen sich keine eindeutigen, dauerhaften Eigenschaften zuordnen.

Vielmehr sind sie in der Lage, ihre Beschaffenheit eigenständig in Reaktion auf externe und interne Einflüsse zu verändern.

Adaptive, or so-called intelligent materials cannot be assigned unambiguous, permanent qualities.

Rather they have the ability to modify their composition independently in reaction to external and internal influences.

In our given colony, the development plan is constantly updated like a weather map. In a similar way to the weather forecast, the prognostic inaccuracies increase with chronological distance.

In order to achieve a functionality which is moulded to the individual needs of the consumer, a third programming exists as an additional possibility. This is employed as a controlling authority for the individual as well as for the common interest. Compared to a car, the third programming corresponds to the driver's own steering and determination of speed, independent of the automated processes of the auto-pilot. For our wall, one may choose to change the level of translucency, for example. In our colony, the property boundaries may be „manually“ pushed back.

Control. An adaptable architecture produced by self-organising systems is no longer subject to the classical control of the architect or consumer. Elsewhere, I have emphasised that the renunciation of goal-obsessed, deterministic planning apparently carries with it a loss of control and therefore, power for the planner²⁶. In terms of controllability, various development risks are hidden within the outlined possibilities for planning: The first programming level tends to become monopolised in the hands of a central management - a kind of Microsoft of the building material industry. The second pro- **015**

Das neue Verständnis von Planung geht daher nicht mehr von räumlich oder zeitlich abgeschlossenen Gebilden aus, sondern von einem freien dynamischen Beziehungsgeflecht. Der Kontrollverlust wird im günstigsten Fall kaum negativ in Erscheinung treten, sondern entspricht in etwa der unterstützenden Wahrnehmung eines EPS-Stabilisierungssystems oder eines Navigationssystems in einem modernen Auto. Der Anspruch auf eine ergebnisfixierte Planung wird gegen das Vertrauen in ein prozessgesteuertes System eingetauscht.

In dem Entwurfsprojekt zur Trinationalen Bibliothek in der Euregio, dem Grenzraum zwischen Belgien, Deutschland und den Niederlanden versucht Kerstin Kimpeler²¹ diese Fragestellung umzusetzen. Der Bibliotheksraum unterliegt keiner räumlichen oder programmatischen Fixierung mehr. Im Rahmen der Systemgrenzen sind permanente Veränderungen des Raumes und des Programms möglich. Nach dem Prinzip der Selbstorganisation bilden sich Wege, Trampelpfade, Lesezonen, Arbeitsbereiche. Sensoren und Aktoren registrieren und ermöglichen die Anpassung des Raumes an die Nutzeraktivitäten. Weder der planende Architekt, noch der einzelne Nutzer kann unmittelbaren Einfluss auf die Raumkonfiguration nehmen, erst die Gesamtheit aller Einflüsse emergiert ein bestimmtes Raum- und Nutzungsgefüge. Das Vertrauen in dieses prozessgesteuerte System lässt eine eigene Ästhetik des Gebauten entstehen – die Abwesenheit des klassisch planenden Architekten führt nicht zur Abwesenheit von Architektur – im Gegenteil.

Resumee. Die Erosion der traditionellen Planungsmechanismen in der Architektur und im Städtebau bietet die Chance, neue Modelle auszuprobieren, die zukünftigen Entwicklungen vielleicht mehr entsprechen. Gesucht werden Systeme, die - im Gegensatz zu bekannten additiven Systemen - mehr herausgeben, als was in sie hinein gegeben wurde. Systeme, die in der Lage sind, aus bekannten Elementen, etwas Unvorhersagbares und Neues zu produzieren.

Adaptive und selbstorganisierende Systeme bieten eine Reihe von Ansätzen, die Architektur bezogene Anwendungen möglich und sinnvoll erscheinen lassen. Vom Ersatz städtebaulicher Masterpläne durch Prozess gesteuerte Planungswerkzeuge bis hin zur Entwicklung adaptiver Materialien im Bausektor. Die Chancen einer solchen Entwicklung sind Anpassungsfähigkeit, sowohl an externe (gesellschaftsrelevante) wie interne (biokompatible) Einflussgrößen. Architektur wird durch Selbstorganisation permanent aktualisiert und gewinnt dadurch an Dynamik, Schnelligkeit und Relevanz. Die formale Erstarrung einer Immobilie wird durch reagible Behältnisse ersetzt, die charakteristische Eigenschaften durch ihre Systemgrenzen erzeugen. Raum und Programmierung werden nicht mehr als Konstante wahrgenommen, sondern gehen in einen viskosen Zustand der permanenten Veränderung über. Architektur als forderndes und förderndes Abbild von Leben.

programming tends to get „out of control“, as a self-organizational evolution of adaptability could be generated, which might turn against humans. The third programming causes chaotic conditions when divergent interests can no longer be balanced.

The new conception of planning no longer assumes spatially or temporally fixed constructions, but rather a free, dynamic battle of relationships. In a favourable scenario, the loss of control will hardly appear to have a negative hue, but will approximate the supportive detection of an EPS stabilising system or a navigation system in a modern car. The demand in goal-oriented planning is exchanged for trust in a process driven system. In the design project for the tri-national library in the Euregio (the border area between Belgium, Germany and the Netherlands), Kerstin Kimpeler²⁷ attempts to transpose this question. The library room is no longer subject to spatial or programmatic specification. Permanent changes in the space and programme are possible within the framework of the system boundaries. Roads, footpaths, reading areas and work areas are created according to the principle of self-organisation. Sensors and agents register and facilitate the adaptation of the rooms to the activities of the consumers. Neither the planning architect nor the individual consumer can exert direct influence on the room configuration; a certain spatial or activity construction can only emerge with the help of the entirety of all influences. The building gains its own aesthetic, through trust placed in this process-led system - the absence of the classically planning architect does not lead to an absence of architecture - quite the opposite.

Summary. The erosion of traditional architectural and urban planning mechanisms presents us with the chance to try out new models which are perhaps more appropriate to future developments. Systems are sought after which - in contrast to the existing additive systems - result in more than the sum of what is put in. Systems which are in a position to produce something unpredictable and new from known elements. Adaptive and self-organisational systems offer a range of starting points which allow useful architectural applications; from the replacement of master plans for urban development to the process of controlled planning tools, and the development of adaptive materials in the building sector. The chances of such a development depend on adaptability, as well as on the extent of external (socially relevant) and internal (biocompatible) influences. Architecture is permanently updated by self-organisation, and thereby gains in terms of dynamics, speed and relevance. The formal fossilisation of a property is replaced by reactive upkeep, which gives rise to characteristic properties by its system boundaries. Space and programming are no longer to be considered a constant, but surrender to the viscous condition of permanent change: architecture as a challenging and encouraging reflection of life.

Adaptive and Self-organising Systems in Architecture von Ulrich Königs wurde in Zusammenarbeit mit dem MSc_Research_Lab04, Studio Experimentelles Entwerfen an der Bergischen Universität Wuppertal entwickelt: Sophia Amend, Raphaella Burhenne de Cayres, Kerstin Kimpeler, Neda Nohadani, Matthias Stickel, Adriana Montaña Villegas, Thomas Will und Gerd Knobling.

Anmerkungen

- 1 Ulrich Königs, Andreas Ruby: Toward Moreness, in: assemblage No.33, MIT 1997, S.39.
- 2 MSc_research_Lab04, Bergische Universität Wuppertal, Leitung Studio Experimentelles Entwerfen: Ulrich Königs, Studenten: Sophia Amend, Raphaella Burhenne, Kerstin Kimpeler, Neda Nohadani, Matthias Stickel, Adriana Montaña Villegas, Thomas Will.
- 3 Kevin Kelly: Out of Control – The new biology of machines, London, 1994.
- 4 William Morton Wheeler: The Ant Colony as an Organism, in: Journal of Morphology, 1911.
- 5 Kevin Kelly: op. cit., S. 21
- 6 Stephen Wolfram, A New Kind of Science, USA, 2002.
- 7 Stuart A. Kauffman: The Origins of Order, Oxford, 1993, S. 235.
- 8 siehe dazu: Christopher G. Langton (Hrsg.), Artificial Life, MIT Press, 1995.
- 9 Gerd Knobling: Modell MASSCAD - Chancen für die Entwicklung von Raum und Form durch parakreative Interaktion lernfähiger computergenerierter Zellen: Thesis im Rahmen des MSc-Studios Bautechnik, Prof. Dr. Karl Schwalbenhofer, BU Wuppertal, 2004.
- 10 Gilles Deleuze und Felix Guattari: Tausend Plateaus, dt. Ausgabe, Berlin 1992, S. 657ff.
- 11 Manuel de Landa: A thousand years of nonlinear history, New York, 1997, S. 103.
- 12 Antonio Negri, Michael Hardt: Empire, dt. Ausgabe, Frankfurt a. M., 2003, S. 47.
- 13 Frank Schweizer: Selbstorganisation in der urbanen Strukturbildung in: Nichtlineare Dynamik. Instabilitäten und Strukturbildung in physikalischen Systemen. Tagungsband des SFB 185. Frankfurt/Marburg 1998, S. 38-48.
- 14 Frank Schweizer, ebda.
- 15 Ulrich Königs: Divercity© - in: Strategic Space – Urbanity in the Twenty-first Century. Frankfurt a. M., 2000, S. 56 ff.
- 16 Siehe: MSc_research_Lab04: Adaptive Architektur. Wuppertal, 2004. - Ausstellungskatalog.
- 17 Vgl. J. Grabner; J. Roschitz: Werkstoffe der Zukunft. TU-Graz/Institut für Hochbau für Architekten, 1998.
- 18 Vgl. Forschungs- und Arbeitsbericht 114/46 EMPA, Abteilung Kunststoffe/Composites, Mai 2004, S. 6-7.
- 19 Siehe: MSc_research_Lab04: Adaptive Architektur. Wuppertal, 2004. - Ausstellungskatalog.
- 20 J. Grabner; J. Roschitz: op. cit.
- 21 Eric Drexler; Chris Peterson; Gayle Pergamit: Unbounding the Future: The Nanotechnology Revolution. New York 1991, chapter 3.
- 22 Siehe: MSc_research_Lab04: Adaptive Architektur. Wuppertal, 2004. - Ausstellungskatalog.
- 23 Eric Drexler; Chris Peterson; Gayle Pergamit: Unbounding the Future: The Nanotechnology Revolution. New York 1991, chapter 2.
- 24 Vgl. Spektrum der Wissenschaft, Spezial: 2/2001, Nanotechnologie, S. 68ff.
- 25 vgl. Ulrich Königs: Divercity© in: Strategic Space – Urbanity in the twentyfirst Century, Frankfurt a. M., 2000, S. 56 ff.
- 26 Ulrich Königs: On Grafting, Cloning and Swallowing Pills, in: Daidalos No.72, 1999, S.20.
- 27 Kerstin Kimpeler: Selbstorganisation als Strategie für eine entwicklungsfähige Architektur, Thesis im Rahmen des MSc-Studios Experimentelles Entwerfen an der BU Wuppertal, 2004.

Abbildungen

- 1 Kulturforum Münster. Wettbewerbsentwurf 2004, 1. Preisgruppe, Verfasser: Königs Architekten, Ulrich Königs in Zusammenarbeit mit Jörg Rekitke, Landschaftsarchitekt.

Adaptive and Self-organising Systems in Architecture of Ulrich Königs in collaboration with the MSc_Research_Lab04 studio of experimental design at the Bergische Universität Wuppertal: Sophia Amend, Raphaella Burhenne de Cayres, Kerstin Kimpeler, Neda Nohadani, Matthias Stickel, Adriana Montaña Villegas, Thomas Will and Gerd Knobling.

Notes

- 1 Ulrich Königs, Andreas Ruby: Toward Moreness, in: assemblage No.33, MIT 1997, p.39.
- 2 MSc_research_Lab04, Bergische Universität Wuppertal, management of the studio of experimental design: Ulrich Königs, Students: Sophia Amend, Raphaella Burhenne, Kerstin Kimpeler, Neda Nohadani, Matthias Stickel, Adriana Montaña Villegas, Thomas Will.
- 3 Kevin Kelly: Out of Control – The new biology of machines, London, 1994
- 4 William Morton Wheeler: The Ant Colony as an Organism, in: Journal of Morphology, 1911.
- 5 Kevin Kelly: ibid, p. 21.
- 6 Stephen Wolfram, A New Kind of Science, USA, 2002.
- 7 Stuart A. Kauffman: The Origins of Order, Oxford, 1993, p. 235.
- 8 See: Christopher G. Langton (editor), Artificial Life, MIT, 1995.
- 9 Gerd Knobling: Modell MASSCAD - Chancen für die Entwicklung von Raum und Form durch parakreative Interaktion lernfähiger computergenerierter Zellen: Thesis im Rahmen des MSc-Studios Bautechnik, Prof. Dr. Karl Schwalbenhofer, BU Wuppertal, 2004.
- 10 Gilles Deleuze und Felix Guattari: Tausend Plateaus, Berlin 1992
- 11 Manuel de Landa: A thousand years of nonlinear history, New York, 1997, p. 103.
- 12 Antonio Negri, Michael Hardt: Empire, dt. Ausgabe, Frankfurt a. M., 2003, p. 47.
- 13 Frank Schweizer: Selbstorganisation in der urbanen Strukturbildung in: Nichtlineare Dynamik. Instabilitäten und Strukturbildung in physikalischen Systemen. Tagungsband des SFB 185, Frankfurt/Marburg 1998, pp. 38-48
- 14 Frank Schweizer, ibid.
- 15 Ulrich Königs: Divercity© in: Strategic Space – Urbanity in the twentyfirst Century, Frankfurt a. M., 2000, pp. 56.
- 16 See: MSc_research_Lab04: Adaptive Architektur, Wuppertal, 2004. - Exhibition catalogue.
- 17 Cf. J. Grabner; J. Roschitz: Werkstoffe der Zukunft. TU-Graz/Institut für Hochbau für Architekten, 1998
- 18 Cf. Forschungs- und Arbeitsbericht 114/46 EMPA, Abteilung Kunststoffe/ Composites, May 2004, pp. 6-7.
- 19 See: MSc_research_Lab04: Adaptive Architektur, Wuppertal, 2004. - Exhibition catalogue.
- 20 J. Grabner; J. Roschitz: ibid.
- 21 Eric Drexler; Chris Peterson; Gayle Pergamit: Unbounding the Future: The Nanotechnology Revolution. New York 1991, chapter 3.
- 22 See: MSc_research_Lab04: Adaptive Architektur, Wuppertal, 2004. - Exhibition catalogue.
- 23 Eric Drexler; Chris Peterson; Gayle Pergamit: Unbounding the Future: ibid. chapter 2.
- 24 Cf. Spektrum der Wissenschaft, Spezial: 2/2001, Nanotechnologie, pp.68.
- 25 Cf. Ulrich Königs: Divercity©. - In: Strategic Space - Urbanity in the Twenty-first Century. Frankfurt a. M., 2000, pp. 56.
- 26 Ulrich Königs: On Grafting, Cloning and Swallowing Pills, in: Daidalos no.72, 1999, p. 20.
- 27 Kerstin Kimpeler: Selbstorganisation als Strategie für eine entwicklungsfähige Architektur, Thesis im Rahmen des MSc-Studios Experimentelles Entwerfen an der BU Wuppertal, 2004.

Figures

- 1 Kulturforum Münster. Competition design 2004, first-prize winning team: Königs Architekten, Ulrich Königs in collaboration with Jörg Rekitke, landscape architect.

- Die Fassade der Konzerthalle besteht lediglich aus zwei verschiedenen, replikativ eingesetzten Öffnungselementen. Deren schwarmartige Verteilung und Verdichtung richtet sich nach den Notwendigkeiten der Belichtung der dahinter liegenden Funktionsbereiche.
- 2 Siehe Abb. 1.
- 3 Haikou, Hainan – China. Jeffrey Kipnis, Bahram Shirdel und Architectural Association - Graduate Design Group, London 1994: Städtebaulicher Entwurf einer neuen Stadt in der Sonderwirtschaftszone Hainan (Südchina) für 400.000 Einwohner, ca. 70% der projektierten Endkapazität.
- 4 Divercity©. Installation von Königs Architekten auf der Biennale 2000 in Venedig. Eine Laborartige Simulation von Stadtplanung als Selbstorganisation durch prozessgesteuerte Handlungsanweisungen seitens der Ausstellungsbesucher.
- 5 Siehe Abb. 4.
- 6 Sportstadion Chemnitz. Wettbewerbsbeitrag 1995, 1. Preis, Verfasser: Peter Kulka mit Ulrich Königs. Der Entwurf erfolgte auf der Basis eines emergenten Prozesses. Die zunächst unabhängig voneinander entwickelten Teilsysteme treten in Interaktion und verlieren im Verlauf des Entwurfsprozesses ihre Autonomie.
- 7 Yokohama International Port Terminal. Wettbewerbsbeitrag 1994, Honourable Mention, Verfasser: Ulrich Königs. Die leere Röhre erlaubt dem differenzierten Programm einen permanenten Wechsel. Dabei werden Attraktoren zu Beginn provisorisch platziert um eine Anfangskonfiguration zu ermöglichen.
- 8 MSc projectThesis, Masterthesis im Schwerpunkt experimentelles Entwerfen. Gerd Knobling. MASSCAD / Multi-Agent System Simulating Computer Aided Desing. Chancen für die Entwicklung von Raum und Form durch parakreative Interaktion lernfähiger computergenerierter Zellen.
- Zufallsbewegung innerhalb eines von negativen Attraktoren. Ein definierter Bereich um einen Sonnenplatzhalter macht den Agenten "glücklich".
- In dieser Sequenz wurde der Basisraum nicht mehr über Kollisionsbarrieren sondern über negative Attraktoren (organe Kuben) definiert. Die blauen Agenten prüfen, ob sie sich in einem bestimmten Abstand zum gelben Kubus befinden. Ist dieser erreicht setzen sie ihre Geschwindigkeit auf 0. Es bildet sich ein sphärenartiger Raum um den gelben Kubus herum.
- 9 Im Unterschied zum Vorexperiment kann der Abstand nur in ca. der Hälfte des Bereichs um den gelben Kubus herum eingenommen werden, da das Fluchtverhalten vor den orangefarbenen Kuben, die sich in diesem Raum befinden, überwiegt.
- 10 Agenten erkennen andere Agenten, die bereits glücklichkeitszustand erlangt haben In der Sequenz soll analog zum Scentmodell erreicht werden, dass Agenten, die den angestrebten Zustand erreicht haben diese Information an ihre Nachbarn übermitteln. Agenten mit diesem Zustand wechseln in eine Gruppe namens "Happyagent". Sich zufällig in der Nähe befindliche andere Agenten nehmen diese Gruppe über den Vision-Sensor wahr und aktivieren das "seek to" Verhalten. Sie steuern daraufhin die "Happyagent" Gruppe an und geraten so selbst in den Bereich, in dem sie in die Gruppe "Happyagent" überwechseln können.
- 11 Problem des Ausfallens bereits glücklicher Agenten ausserhalb der Corona minimiert. Da Kollisionen von sich bewegenden Agenten mit stillstehenden dazu führen können, dass der ruhende aus seiner Position verschoben wird, wurde in dieser Sequenz das Verhalten erweitert. Agenten mit Ruheposition wechseln nur dann in die Glückliche-gruppe, wenn sie in ihrer nächsten Umgebung keinen Nachbarn wahrnehmen. Nur diese Agenten werden von den freien Agenten identifiziert und steuern auf diese zu.
- 12 Sequenz B3
- Charaktere werden programmiert und anschließend dupliziert. Es gibt vier Gruppen von Agenten, die jeweils einen Raum repräsentieren. Die räumliche Ausdehnung wird über die Anzahl der Agenten gesteuert. Der Attraktor für Sonnenlicht erhält außer seiner Position keine weiteren Parameter. Ein Helferobjekt sitzt im Mittelpunkt und gibt das Koordinatensystem um die Agenten vor, um die Agenten vor einem Exit aus dem Solver zu bewahren.
- Die Bewegungsparameter einer Agentengruppe sind gleich. Einerseits um die Konsistenz der Ergebnisse zu gewährleisten, andererseits um die Komplexität nicht zu groß werden zu lassen.
- Auswertung: Die Interaktion der einzelnen Agenten und das „freischaufeln“ von Material welches emulierten Schatten wirft funktioniert. Einige Materialagenten werden
- The concert hall façade consists of just two different, replicated opening parts. Their swarm-like distribution and density follow the light demands of the activity areas behind.
- 2 See illustration 1.
- 3 Haikou, Hainan – China. Jeffrey Kipnis, Bahram Shirdel and Architectural Association - Graduate Design Group, London 1994: urban planning design of a new town in the special economic zone Hainan (Southern China) for 400,000 inhabitants, ca. 70 % of the projected final population.
- 4 Divercity©. Installation by Königs Architekten at the Biennale in Venice in 2000. A laboratory-style simulation of town planning as self-organisation through process-driven behaviour by the exhibition visitor.
- 5 See illustration 4.
- 6 Chemnitz Stadium competition entry 1995, 1st prize: Peter Kulka with Ulrich Königs. The design followed the basis of an emergent process. The initially independently developed part systems come into interaction and lose their autonomy in the course of the design process.
- 7 Yokohama International Port Terminal. Competition entry 1994, Honourable Mention: Ulrich Königs. The empty pipes allow the differentiated plan to be in permanent change. Attractors are provisionally placed at the start to enable a starting configuration.
- 8 MSc project thesis, Masters thesis with a main focus of experimental design. Gerd Knobling. MASSCAD/Multi-Agent System Simulating Computer Aided Design. Development possibilities for space and shape by para-creative interaction of adaptive, computer-generated cells. Accidental movement inside one of the negative attractors. A defined area around a sunny spot makes the agents „happy“. In this sequence the basic space was no longer defined above collision barriers, but rather above negative attractors (orange cubes). The blue agents check whether they are at a certain distance from the yellow cube. If this is managed, they set their speed to 0. A spherical space around the yellow cube is made.
- 9 In contrast to the previous experiment, the space can only occupy about half the area around the yellow cube, as the escaping tendency prevalent in the presence of orange cubes is dominant.
- 10 Agents recognise other agents who have reached a state of happiness. In sequence, the scent model should be achieved in an analogue way: agents who have reached the desired condition communicate this information to their neighbour. Agents in this condition move into a „happy agent“ group. Agents who happen to find themselves near to this group locate this group via the vision sensor, and activate „seek to“ behaviour. They steer towards the „happy agent“ group and arrive to an area where they can transfer into the „happy agent“ group.
- 11 Precipitation problem of already happy agents minimised. Since collisions between moving and stationary agents can lead to the latter being pushed out of position, that behaviour was extended in this sequence. Stationary agents then transfer into happy groups only when they are not aware of any neighbours in their immediate vicinity. Only these agents are identified by the free agents, who then make their way towards them.
- 12 Sequence B3: Characters are programmed and then duplicated. There are 4 groups of agents, each of which represents a space. The number of agents governs the spatial extension. The sunlight attractor holds no parameter other than its position. A helper object is located in the centre and gives the co-ordination system around the agents, in order to protect the agents from leaving the solver. The movement parameters of a group of agents are the same. This is to ensure consistency of results on the one hand, and on the other to make sure that the complexity does not become too great. Evaluation: The interaction between the individual agents and the „free shovelling“ of material - which casts emulated shadows - indeed functions. However, some material agents are pushed outside the solver area, and are no longer counted in the reckoning. The problem of numerous agents pushing past another agent to get to a „free“ place (which in fact is no longer free) is still present. The agent groups gather in numerous heaps. It is assumed that the number of these collections is dependent on the scent area of the „there's space around me“ group.
- 13 See illustration 12.
- 14 MSc_research_Lab04: Research phase 1: Construction of prototypes resul-

- jedoch außerhalb des Solverbereiches gestoßen und nicht mehr von den Berechnungen berücksichtigt. Das Problem, dass mehrere Agenten zu einem „freien“ Platz um einen anderen Agenten drängen, der bereits nicht mehr frei ist, besteht nach wie vor. Die einzelnen Agentengruppen ballen sich zu mehreren Haufen. Es ist anzunehmen, dass die Anzahl dieser Ansammlungen u.a. vom Scentbereich der Gruppe „um mich ist Platz“ abhängig ist.
- 13 siehe Abb. 12.
- 14 MSc_research_Lab04: Researchphase 1: Erstellung von Prototypen resultierend aus technischen Entwicklungen der aktuellen Materialforschung.
- 15 MSc_research_Lab04: Researchphase 2: Ablaufschema zur Generierung selbstorganisierender Systeme in der Architektur.
- 16 MSc_research_Lab04: Adaptive Architektur, Ausstellung, Wuppertal, 2004
Der Prototyp hat weder Maßstab noch Funktionen. Die auf möglichst breiter Ebene angelegte sinnliche (Raum-) Erfahrung des Neuen, Andersartigen steht im Vordergrund. Er dient zur Visualisierung einer spekulativen Anwendung eines im Allgemeinen noch nicht bekannten Materials, dessen Struktur sowie der zu Grunde gelegten Technologie.
- 17 MSc_research_Lab04: Adaptive Architektur, Ausstellung, Wuppertal, 2004
Die Potentiale der neuartigen Materialkombination werden auf phänomenologischer und emotionaler Ebene aufgezeigt. Die Grundlage hierbei bildet eine Raummatrix aus Bändern. Dieses System ist mit seinen linear gerichteten Einzelteilen zunächst als dumm zu bezeichnen, jedoch ermöglicht die Programmierung der Matrix die Entstehung von komplexen Raumgefügen.
- 18 MSc_research_Lab04: Adaptive Architektur, Ausstellung, Wuppertal, 2004
Das entstandene Raumkontinuum ist nicht in seiner gesamten Erscheinung zu erfassen. Ausgewählte Einblicke an den Schlüsselpunkten der Matrix stellen eine Verbindung zu den entsprechenden Themen innerhalb der Box her. Diese Form der Repräsentation spiegelt ein herausragendes Merkmal komplexer Systeme wieder: Die Emergenz.
- 19 MSc projectThesis, Masterthesis im Schwerpunkt experimentelles Entwerfen. Kerstin Kimpeler. (Das Prinzip der) Selbstorganisation als Strategie für eine entwicklungsfähige Architektur. Projektarbeit Trinationale Bibliothek in der Euregio Maas/Rhein.
- ting from technical developments in current material research.
- 15 MSc_research_Lab04: Research phase 2: Timetable for the generation of self-organisational systems in architecture.
- 16 MSc_research_Lab04: Adaptive Architecture, Exhibition, Wuppertal, 2004. The prototype had neither scale nor function. The sensory (space) experience of new and different things stands in the foreground. This experience is positioned on as wide a level as possible. It serves as a visualisation of a speculative application of a material which is not commonly known in terms of structure or its underlying technology.
- 17 MSc_research_Lab04: Adaptive Architecture, Exhibition, Wuppertal, 2004. The potential of the new type of material combination is shown on a phenomenal and emotional level. The basic structure here is a spatial matrix made of tape. This system may at first glance be considered stupid because of the lineally erected parts. However, the programming of the matrix makes the existence of complex structures possible.
- 18 MSc_research_Lab04: Adaptive Architecture, Exhibition, Wuppertal, 2004. The space continuum must not be understood in its full state. A connection is made from the chosen views of key points in the matrix with the corresponding themes inside the box. This form of representation reflects an excellent feature of complex systems: emergence.
- 19 MSc project thesis, Masters thesis with a main focus on experimental design. Kerstin Kimpeler. (The principle of) self-organisation as a strategy for a developmentally versatile architecture. Project work on the tri-national library in the Euro-region Maas/Rhein.