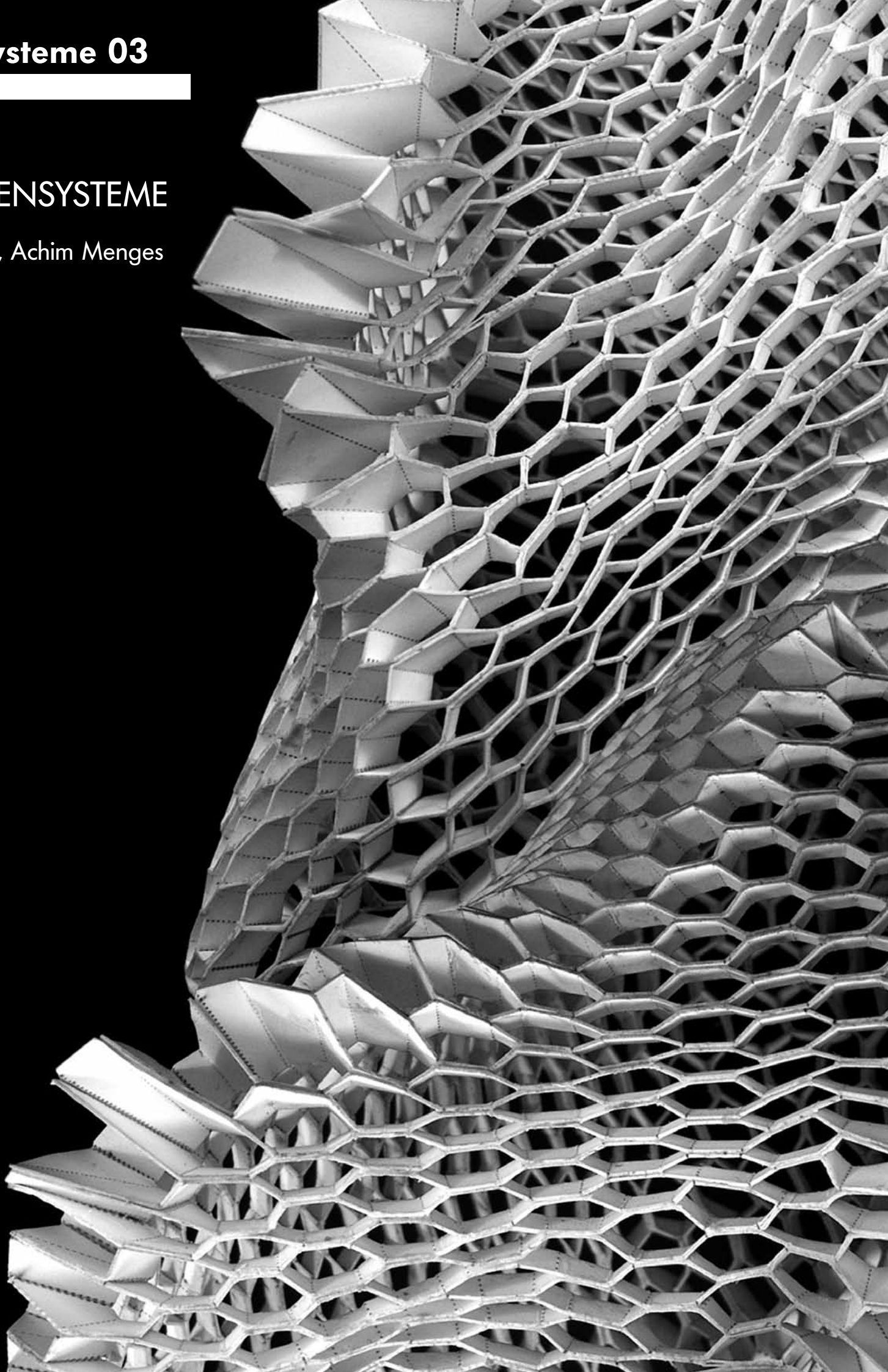


## GRADIENTENSYSTEME

Michael Hensel, Achim Menges



*Nicht jedes Ding, so oder anders in einem größeren Ganzen situiert, ist als Teil des systemischen Ganzen zu betrachten. Teile sind jeweils nur jene Subsysteme des Gesamtsystems, aus deren wechselseitiger Anordnung und Abhängigkeit ein systemspezifisches Verhalten möglich wird.*

*Peter Erni*

Functionally Graded Materials (FGM), oder Gradientenwerkstoffe, sind eine neue Generation von Werkstoffen, die sich durch den nicht-gleichförmigen und lokal variierten Aufbau ihrer internen Mikrostruktur auszeichnen. Die differenzierte Mikrostruktur erlaubt die punktuelle oder graduelle Veränderung der thermischen und mechanischen Eigenschaften des Materials im Makro-Maßstab des Werkstücks. Moderne Gradientenwerkstoffe werden vor allen Dingen für Bauteile mit komplexen Beanspruchungen konstruiert, da die Materialeigenschaften lokal den jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden können. Somit können Gradientenwerkstoffe auch verschiedenartige Funktionen integrieren, die bei Materialien mit einer homogenen Mikrostruktur als widersprüchliche Anforderungen verstanden werden müssten.

Dieser aus den Materialwissenschaften stammende Ansatz der lokalen Differenzierung der Stoffeigenschaften lässt sich auch in einem architektonischen Konzept fassen, das durch eine spezifische und örtlich unterschiedliche Makrostruktur die Eigenschaften und performative Kapazität eines Materialsystems erzeugt. Im Gegensatz zu den zuvor behandelten Komponentensystemen, in denen die individuelle Ausbildung jedes Bauteils in der Summation des Systems verschiedene raumbildende und performative Möglichkeiten eröffnet, kann ein solches performatives Gradientensystem aus der Differenzierung einer durchgängigen Struktur bestehen. Dies bedarf allerdings der Erweiterung des Begriffs der systembildenden Komponenten.

Ausgangspunkt für die in den vorausgegangenen Forschungsprojekten vorgestellten Materialsysteme und die Entwicklung der jeweiligen systemspezifischen performativen Kapazität war die Definition eines Subsystems, das als "Grundbaustein" dient. Diese Komponente setzt sich aus mehreren Elementen zusammen. Sie kann durch die Veränderung ihrer Geometrie und ihrer Eigenschaften im Rahmen der parametrischen Komponentenlogik den räumlichen und performativen Anforderungen des Gesamtsystems angepasst werden und diese zur Entfaltung bringen. Der Aufbau des Systems aus einzelnen, differenzierten Bauteilen hat daher additiven Charakter. Die Komponente, die in ihrer potenziellen Mannigfaltigkeit einen wichtigen Entwurfsgegenstand darstellt, ist hierbei immer deckungsgleich mit einem tatsächlichen Bauteil. Der Entwurf von Materialsystemen, die sich nicht aus einer Vielzahl als Komponenten definierter Bauteile zusammensetzen, sondern eine durchgängige Struktur aufweisen, erfordert eine Erweiterung des Konzepts der Komponente, um in der Veränderung der Makrostruktur des Systems eine integrierende, performative Kapazität erreichen zu können.

Im Folgenden werden vier an der AA in London und der HFG Offenbach entwickelte Forschungsprojekte vorgestellt, die von einer solchen Erweiterung des Komponentenkonzepts getragen werden. Sie entwickeln Performatively Graded Material Systems, die komplexe performative Anforderungen und Möglichkeiten in einem System verbinden. Im ersten Projekt, das sich mit der Weiterentwicklung von mehrschichtigen, honigwabenförmigen

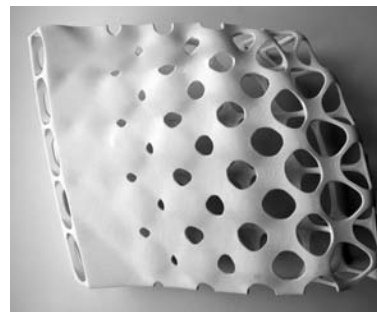


Gewirkeverbund

Strukturen beschäftigt, besteht die Komponente aus dem geometrischen Subsystem der Wabe, die in ihrer Größe, Ausrichtung und Tiefe verändert werden kann. Die geometrische Komponente findet allerdings nicht ihre Entsprechung in einem Wabenbauteil, vielmehr ist das System durch die zugrundeliegenden Herstellungseinschränkungen aus Streifenelementen zusammengesetzt. Die Schnittstelle zwischen der relativ komplexen lokalen Systemgeometrie und einfachen Konstruktionslogik bildet ein algorithmisches Verfahren, das die Wabenmorphologie als Streifensubsysteme generiert.

Das zweite Forschungsprojekt untersucht die aus natürlichen Systemen bekannte Möglichkeit, die Struktur und das Verhalten eines Systems durch die hierarchische Anordnung und verschiedenartige Ausrichtung von Fasern zu differenzieren. Hierbei ist die performance- und formgebende Komponente die lokale Interpretation der örtlich im Gesamtsystem auftretenden Kräfte und Einflüsse, die die lokale Anordnung und Ausrichtung einer durchgängigen Faser steuert. Aus den örtlichen Subsystemen dieser Steuerungskomponenten, die mit verschiedenartigen Simulations- und Evaluationsprozessen rückgekoppelt sind, entsteht eine differenzierte Struktur durchgängiger Fasern.

Im dritten vorgestellten Forschungsprojekt besteht die Komponente aus der Definition einer Manipulationsprozedur, nämlich der durch wenige Bewegungsabläufe bestimmten örtlichen Raffung eines Textils. Aus dieser Manipulation und der durch sie in das Textil eingebrachten Kräfte geht ein Selbstbildungsprozess hervor, der eine lokalen Wölbung bewirkt, die in einer weitläufigeren Anordnung zu einer Sekundärartikulation der Makrostruktur führt.



poröse Guss-Strukturen

Das vierte Projekt nutzt die Logik eines parametrischen Komponentenverbunds als Ausgangspunkt für die Entwicklung einer pneumatischen, lokal variablen Schalung für Faserbetonbauteile. Die durch Druckunterschiede erfolgende Anpassung der Produktions- bzw. Schalungskomponente ermöglicht die Ausbildung von Subsystemen differenzierter Makroporen innerhalb der monolithischen Gesamtstruktur.

All diesen verschiedenen Ansätzen ist gemein, dass die Differenzierung der Makrostruktur eines Materialsystems aus der Einbettung und Abstimmung einer Vielzahl performativer Anforderungen hervorgeht. Die komplexe Wechselbeziehung zwischen Umwelteinflüssen und Systemmorphologie wird hier im Spannungsfeld eines parametrischen Rahmenwerks mit vielfältigen Einflussgrößen fortentwickelt und kontinuierlich abgeglichen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Bau- und Konstruktionssystemen, die aufgrund ihrer Struktur verschiedene Erfordernisse und Funktionen durch ein gleichförmiges Ausmitteln abzugleichen versuchen, können hierbei auch divergente Anforderungen durch die räumlich unterschiedliche Gewichtung der Einflussparameter anhand lokaler, morphologischer Veränderungen berücksichtigt und abgebildet werden. Das sich daraus ergebende komplexe Verhalten des Systems in Interaktion mit der Umwelt ist einer der wichtigsten Faktoren eines morpho-ökologischen Entwurfsansatzes.

*Erni, Peter. Transfer. Erkennen und Bewirken. Lars Müller Publishers, Baden 1999, S. 343*

linkes Seite: Honigwabenstrukturen, Andrew Kudless