

Ästhetik der Ressourceneffizienz oder: Wie sich mit weniger Material nachhaltig und schön bauen lässt

Um die in Stuttgart besonders gut funktionierende Zusammenarbeit von Architekten und Bauingenieuren kennenzulernen, kam die Russin Daria Kovaleva vor fünf Jahren nach Baden-Württemberg. Ihr erstes großes Projekt wurde gleich zum Aushängeschild dieser Kooperation: Am Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) plante sie mit ihren Kollegen den Rosenstein-Pavillon. Das Bauwerk sollte zeigen, wie interdisziplinäre Forschung die Grenzen bisheriger Bauweisen sprengt.

Ressourcen effizient einzusetzen, ist eine der Grundvoraussetzungen für Nachhaltigkeit im Bauwesen. Das betrifft insbesondere die Arbeit von Architekten und Ingenieuren, denn der ökologische Fußabdruck des Gebäudes wird bereits in der Entwurfsphase definiert. Deshalb lassen sich die Expertinnen und Experten bei der Entwicklung materialsparender architektonischer Lösungen von der Natur inspirieren: zum Beispiel dort, wo biologische Organismen nach unterschiedlichen Prinzipien konstruieren, um ihre vitalen Funktionen mit möglichst wenigen Ressourceneinsatz zu erfüllen. Unter anderem reagieren biologische Gewebe auf externe Anforderungen, indem sie Material gezielt nur dort platzieren, wo es funktionell benötigt wird.

Wie sich solche Erkenntnisse ins Bauwesen übertragen lassen, zeigt ein Pavillon, der für eine Sonderausstellung zur Baubionik im Naturkunde-Museum Schloss Rosenstein in Stuttgart entstand. Entworfen und geplant hat ihn Daria Kovaleva, wissenschaftliche Mitarbeiterin am ILEK. Sie ist eine von zahlreichen Forscherinnen und Forschern im Sonderforschungsbereich Transregio (TRR) 141 „Entwurfs- und Konstruktionsprinzipien in Biologie und Architektur. Analyse, Simulation und Umsetzung“. Im TRR 141 arbeiten seit 2014

Architekten, Bauingenieure, Maschinenbauer und Statiker der Universität Stuttgart zusammen mit Biologen und Physikern der Universität Freiburg sowie mit Geowissenschaftlern und Evolutionsbiologen der Universität Tübingen. Ihr gemeinsames Ziel ist es, biologische Wirkprinzipien zu analysieren und sie auf Architektur und Bauingenieurwesen zu übertragen. Untersucht wird dies beispielsweise am Aufbau des Skeletts eines Seeigels oder anhand der Mechanismen, nach denen sich die Paradiesvogelblume öffnet.

Einheit aus Form, Struktur und Material

Für den Rosenstein-Pavillon diente lastabtragende Gewebe aus der Natur als Vorbild. „Die Struktur des menschlichen Knochens passt sich im Laufe des Lebens dynamisch an äußere Anforderungen an“, erklärt Kovaleva. Der Körper bildet dort, wo er höher belastet wird, mehr Knochenmasse. An Stellen, an denen der Knochen weniger tragen muss, spart er Material und Gewicht ein. Ziel der jungen Architektin war es, diese Konstruktionsprinzipien auf ihren Experimentalbau zu übertragen und durch eine lastabhängige Materialverteilung weniger Ressourcen zu verbrauchen. Wie in der Natur dürfe man dabei die Form, die Struktur und das Material eines Objekts nicht getrennt betrachten, sondern müsse es als eine Einheit sehen, sagt die 31-Jährige. Weil am ILEK Architekten und Bauingenieure traditionell eng zusammenarbeiten, wurde der Pavillon im Rahmen eines integrierten Planungsprozesses entwickelt, bei dem das Team architektonische, statische und fertigungstechnische Anforderungen bereits in einer sehr frühen Entwurfsphase miteinander verknüpfte.

Bei ihren Planungen griff Kovaleva zudem auf Forschungen zu funktional gradierten Strukturen zurück, die das Team am ILEK um dessen Leiter Prof. Werner Sobek seit den 1990er-Jahren betreibt. Dabei optimieren die Forscher die innere Struktur

von Bauelementen, während die Außengeometrie unverändert bleibt, um so weniger Material zu verbrauchen. Beim sogenannten Gradientenbeton etwa werden unterschiedliche Betonmischungen je nach den jeweils geforderten statischen oder bauphysikalischen Anforderungen gezielt in die entsprechenden Bereiche des Bauteils eingebracht.

Innere Werte machen es leicht

Mit ihrem Beitrag bringt Kovaleva dieses Konzept nun einem breiten Publikum nahe: „Zum ersten Mal wollten wir das Prinzip der funktionalen Gradierung in einen architektonischen Maßstab bringen“, erzählt sie. „Um es für den Betrachter wahrnehmbar zu machen, haben wir uns für eine

offene Porosität entschieden. Wie bei biologischen, richtungsabhängigen Strukturen entsprechen Dichte und Richtung der Porosität der Größe und Richtung des Spannungsfeldes.“ So entstand „eine wissenschaftlich-künstlerische Vision“, wie ressourcenschonendes Bauen in der Zukunft funktionieren könnte.

Eineinhalb Jahre lang hat ein interdisziplinäres Team am Rosenstein-Pavillon gearbeitet. Beteiligt waren auch Wissenschaftler vom Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) und vom Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf (ITV). Um die insgesamt 69 einzelnen Betonteile zu fertigen, entstand zunächst die Geometrie der einzelnen Segmente am Computer, die als Negativ-Form exportiert wurde, sodass sich anschließend die Schalungen auf einer CNC-Maschine fräsen ließen. Zur Verstärkung des Betons wurden die Formen mit Kohlefasern belegt und ausgegossen. Nach Aushärten des Betons entfernten die Expertinnen und Experten die Schalung, die für die Herstellung weiterer Segmente zum Einsatz kam. Zum Schluss wurde die Konstruktion auf einem Gerüst aufgebaut und vorgefestigt; ein vorgespanntes, äußeres Metallseil sorgte dafür, dass die Konstruktion ihre Sollgeometrie einnahm.

Auf diese Weise gelang es Kovaleva, im Vergleich zu einer kontinuierlichen Betonschale gleicher Tragfähigkeit 40 Prozent Material einzusparen: Bei einer Höhe von 3,5 Metern und einer Fläche von knapp sechs mal sechs Metern ist die Schale nur drei Zentimeter dick und wiegt lediglich 1,7 Tonnen. Ihren Entwurf hatte Daria Kovaleva exakt dem Raum angepasst, in dem der Pavillon stehen sollte, dem ehemaligen Frühstückszimmer des Schlosses Rosenstein mit seinen Säulen und Pilastern. Das Bauwerk ruht auf vier sehr filigranen Stützen, die genau ins Raster des Marmorbodens passen und – sich trichterförmig nach oben öffnend – unter der



Foto: Universität Stuttgart/Ull Regenscheit



Foto: Universität Stuttgart/ILEK

Bei höheren Belastungen bildet der Körper mehr Knochenmasse, muss der Knochen weniger tragen, spart der Material und Gewicht ein. Daria Kovaleva hat dieses Konstruktionsprinzip auf ihren Experimentalbau übertragen, um durch eine lastabhängige Materialverteilung weniger Ressourcen zu verbrauchen.

Kassettendecke enden. Durch die Poren scheint der ursprüngliche Raum durch, was den künstlerischen Eindruck und die Einheit von Form, Struktur und Material noch verstärkt.

Das Bauen der Zukunft ist interdisziplinär

Die besondere Arbeitsweise des ILEK und anderer Institute an der Universität Stuttgart hat Kovaleva vor fünf Jahren nach Deutschland geführt. Nach einem Diplom in Russland arbeitete sie in mehreren Büros als Architektin sowie als Bauleiterin bei der Renovierung eines historischen Wohnhauses. Parallel dazu begann sie, experimentelle Architektur und Installationen zu entwerfen, um das form- und raumbildende Potenzial von Materialien wie Textilien und Gips zu untersuchen. Dabei orientierte sie sich an Arbeiten von Werner Sobek und dessen Vorgänger, dem visionären Architekten und Pritzker-Preisträger Frei Otto. Dieser hatte sich bereits in den 1960er-Jahren von der Natur inspirieren lassen und strebte nach geringerem Materialverbrauch – Prinzipien, die das TRR 141 heute noch leiten.

Im Jahr 2012 stieg Kovaleva im Moskauer Büro der Werner Sobek Group ein. Dort kam sie erstmals mit der Stuttgarter Schule in Kontakt, bei der Bauingenieure und Architekten eng kooperieren. Ein Jahr später zog sie in die Landeshauptstadt von Baden-Württemberg, um die praktische Arbeit im Büro Werner Sobeks mit der Forschung am ILEK zu verbinden. „Deutschland ist sehr fortschrittsorientiert mit einer tiefgehenden Forschung“, beschreibt sie ihren Beweggrund.

Um sich auf die Forschung zu konzentrieren, wechselte Kovaleva komplett ans Institut und bereitet dort nun ihre Dissertation vor. Durch ihre Arbeit will sie „die strukturelle Seite des architektonischen Entwurfs besser verstehen“ und ihre Kenntnisse im Bauingenieurwesen vertiefen. Dafür sieht sich die Architektin am idealen Ort: „Der Stuttgarter Ansatz zur Architektur ist sehr spezifisch für Deutsch-

land und für Europa.“ Auch darum will sie hier die wissenschaftliche Basis für ihre Arbeiten schaffen. „Statische Anforderungen sind eine der wichtigsten Elemente im Entwurfsprozess“, sagt sie. „Nur die Zusammenarbeit von Architektur und Ingenieurwissenschaft bringt Projekte hervor, die von Grund auf integral geplant sind und die neue wissenschaftliche Erkenntnisse schaffen. Materialschonendes und energieeffizientes Bauen – dafür steht Stuttgart.“

Inzwischen ist die zweite Förderperiode des TRR 141 in Vorbereitung. Schon die erste hatte die Deutsche Forschungsgemeinschaft mit rund zehn Millionen Euro unterstützt. Nun wollen Daria Kovaleva und ihre Projektkolleginnen und -kollegen noch tiefer auf die Ebene des Materials schauen: Wie ließe sich CO₂-neutral, wie mit weniger Material mehr und kreativer bauen? Weiterzumachen wie bisher ist angesichts des weltweiten Bevölkerungswachstums jedenfalls keine Option. „Wir müssen es schaffen, die Materialeigenschaften der Rohstoffe zu nutzen und durch Integration in den Designprozess ein Gesamtbauwerk zu schaffen“, sagt Kovaleva. Eben ganz so, wie es ihr mit dem Rosenstein-Pavillon gelungen ist.

Daniel Völpel

Von der Natur inspiriert: Architekten und Bauingenieure orientierten sich am Skelett eines Seeigels, um daraus das „Dach“ des Pavillons zu entwickeln.

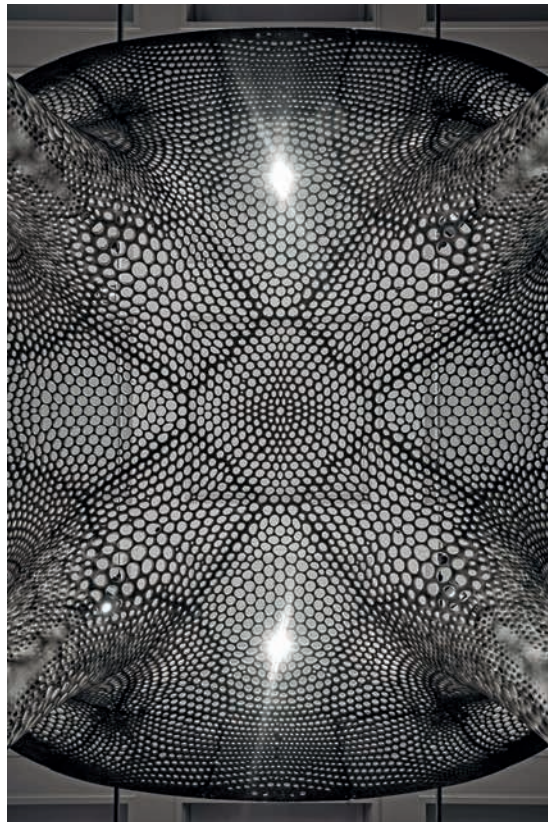


Foto: Universität Stuttgart/LEK

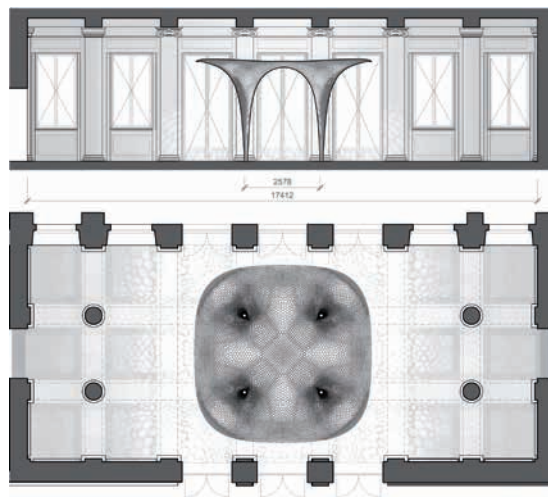


Abbildung: Universität Stuttgart/LEK