

BIONIK BRINGT ARCHITEKTUR IN BEWEGUNG

Architekten und Ingenieure entdecken zunehmend die Natur, wenn es darum geht, gewagte, zum Teil dynamische Tragwerke und Gebäudehüllen zu entwickeln. Baubionik nennt sich die Disziplin, die auf Zellebene Pflanzen oder Lebewesen analysiert, um deren Mechanismen zu begreifen.

Von Bernd Seidel

Daedalos war einer, Georges de Mestral ebenso und auch Jan Knippers ist einer. Alle drei sind Bioniker und lassen sich von der Natur inspirieren. Jeder auf seine eigene Art und Weise. Daedalos baute sich und seinem Sohn Ikarus Flügel nach dem Vorbild von Vögeln, um dem Tyrannen Minos zu entkommen. Für Ikarus endete der Flug tödlich, da das Wachs, das die Federn verklebte, schmolz, als er der Sonne zu nah kam. Ganz anders erging es Mestral: Der Ingenieur erfand den Klettverschluss und patentierte das System. Seine Firma ist heute Weltmarktführer (siehe Kasten S. 27).

Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers wiederum setzt auf bionische Prinzipien, um Gebäude und bewegliche, anpassungsfähige Fassaden zu entwickeln. „Derzeit gewinnt Bionik bei der Gestaltung und Planung von Gebäuden und beweglichen Elementen oder Tragwerken an Bedeutung. Die Motivation ist der Trend zu mehr Nachhaltigkeit und schlicht die Neugier konstruktiv arbeitender Architekten, Neues auszuprobieren“, erläutert Knippers. Nach dem Motto: Immer nur Bauhaus, Jugend- oder Landhausstil ist auch keine Lösung.

Daedalos, Mestral und Knippers – das Forschungs- und Anwendungsspektrum in der Bionik ist vielfältig. Genau wie der Expertenkreis, der an bionischen Projekten arbeitet und zu dem Ingenieure, Architekten und Statiker ebenso zählen wie zum Beispiel Biologen oder Materialforscher. „Bei unseren Projekten arbeiten immer die unterschiedlichsten Fachrichtungen zusammen und profitieren von ihrem jeweiligen Know-how und den verschiedenen Herangehensweisen, Probleme zu lösen“, unterstreicht Knippers, Direktor des Instituts für Tragkonstruktion und konstruktives Entwerfen (ITKE).

Nicht alles, was wie ein Abbild der Natur aussieht, ist bionisch

Doch Vorsicht: Nicht alles, was aussieht wie ein Abbild der Natur, ist im strengeren Sinne auch bionisch. In der Bionik ist die Natur Ideengeber, bietet dabei „aber nie die Blau-



pause, sondern Inspiration“, wie der Zoologe und Biologe Prof. Dr. Werner Nachtigall konstatiert, der als einer der Pioniere der Bionik gilt. Man müsse unterscheiden zwischen visueller, romantischer und konstruktiver, technischer Bionik, erklärt Dieter Leukefeld, Architekt und Bauioniker. Das als „Nest“ bezeichnete Olympiastadion in Peking oder auch das Dach des venezolanischen Pavillons auf der EXPO 2000, das optisch einer sich öffnenden künstlichen Blüte nachempfunden ist, seien der Kategorie visuelle Bionik zuzuordnen und müssten daher hinterfragt werden. Leukefelds Kommentar: „Die Optik ist meist durch einen hohen konstruktiven Materialmehraufwand erkaufte, und das widerspricht den Prinzipien der Natur.“ Denn in der Natur ist Material nur dort vorhanden, wo es auch gebraucht wird. Den meisten wirklich bionisch inspirierten Anwendungen sieht man ihre konstruktive, bionisch inspirierte Herkunft nicht an.

„Schonender Umgang mit Ressourcen, Leichtbau und völlige Rückführung in den Kreislauf kennzeichnen die Natur“, bringt es Knippers auf den Punkt. Die Statik im Inneren von Knochen zeige das zum Beispiel sehr anschaulich. „Nur an den Stellen, an denen Kräfte wirken, ist Knochenmaterial vorhanden, der Rest ist dünner oder gar hohl.“ Die Entwickler des Hörsaals der Uni Freiburg sowie des Eiffelturms in Paris greifen auf das Knochenprinzip zurück. Der Vorteil dieser Bauweise: 20 Prozent weniger Gewicht und 20 Prozent weniger Material.

Das bionische Bauprinzip: Analyse, Abstraktion, Übertragung

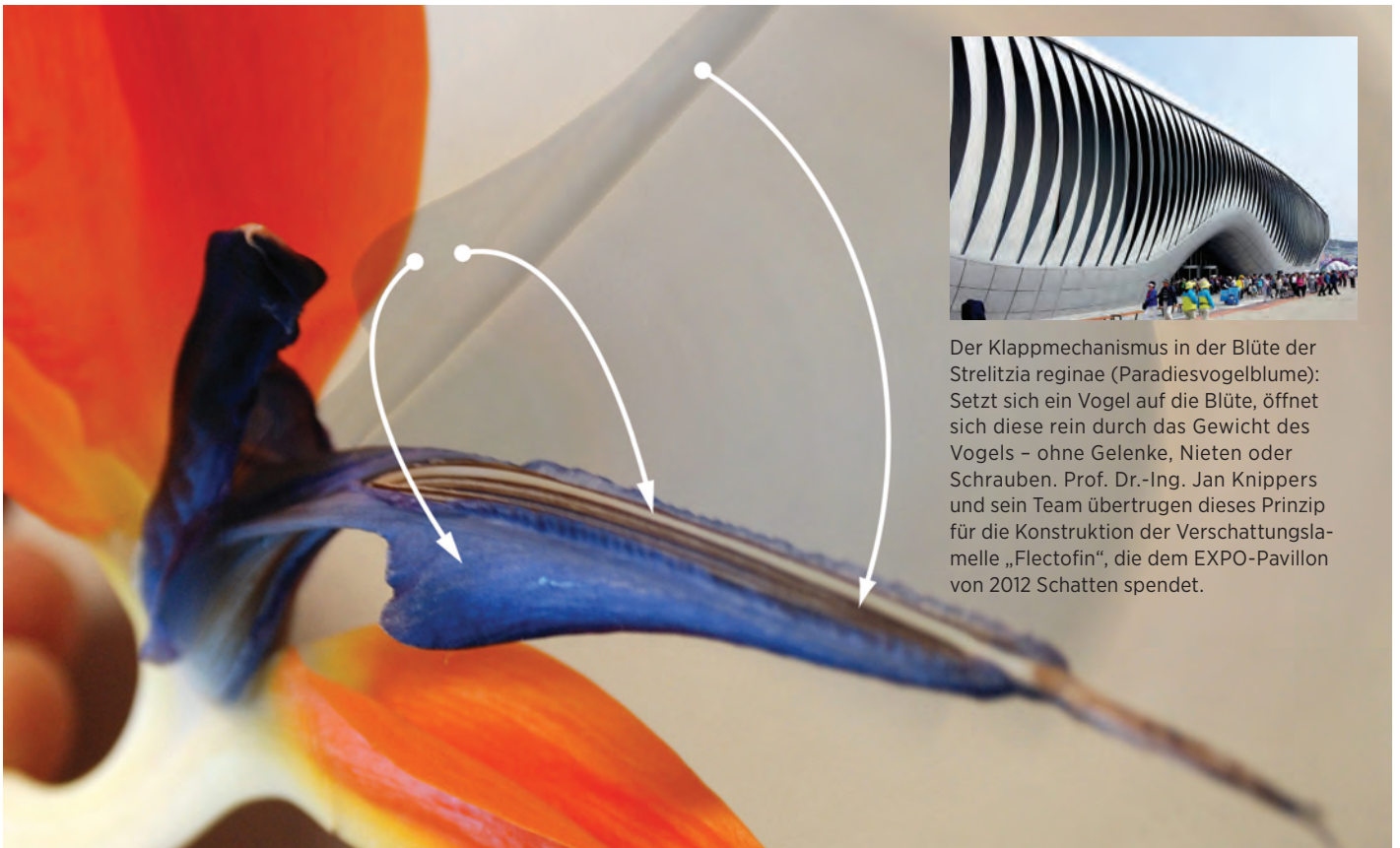
„Sich von der Natur inspirieren zu lassen und nicht einfach nachzubauen, bedeutet genau hinzuschauen“, weiß Experte Leukefeld. Naturstoffe müssten quasi auf Zellebene verstanden werden, um daraus Erkenntnisse für die Konstruktion und den Bau von Gewerken ziehen zu können. Frei nach dem bionischen Konstruktionsprinzip: Analyse, Abstraktion, Übertragung. Im Zeitalter des Rasterelektronenmikroskops ist das möglich.

Doch selbst wenn Funktionen und Eigenschaften der Biostrukturen bekannt sind, gestaltet sich deren Adaption häufig schwierig. Denn Pflanzenbewegung arbeitet nicht mit starren Elementen, faserbasierte Strukturen steuern die Festigkeit. „Es gibt kaum künstlich hergestellte Werkstoffe, die die Eigenschaften der Biovorlage aufweisen. Und wenn, dann eignen sie sich momentan nur für Versuchsbauten, da die Produktionskosten enorm hoch sind“, führt Knippers aus.

Beton, Holz, Stahl und Glas sind halt nur bedingt flexibel. Daher kombinieren Architekten und Ingenieure heute unterschiedliche Materialien und Konstruktionselemente, koppeln eine Vielzahl von starren Elementen etwa aus Beton mit beweglichen Bauteilen wie Scharnieren oder Drehgelenken. Dadurch wird eine Anpassung an unterschiedliche Kräfte und Schwingungen möglich. Diesen Ansatz verfolgen zum Beispiel das Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) und das Institut für Systemdynamik (ISYS) der Universität Stuttgart: In Zusammenarbeit mit Bosch Rexroth konstruierten sie die Stuttgart Smart Shell – ein adaptives Schalentragwerk aus Holz. Die nur vier Zentimeter dicke und mehr als zehn Meter weit spannde Schale wäre viel zu dünn, um veränderliche Lasten wie Schnee oder Wind zu kompensieren, wäre da nicht ihre besondere Anpassungsfähigkeit: Die Schale aus Holz ist auf vier Punkten gelagert, von denen drei durch Hydraulikzylinder individuell bewegt und neu im Raum positioniert werden können. Sensoren erfassen den Belastungszustand an zahlreichen Punkten des Tragwerks, worauf das System innerhalb von Millisekunden mit gezielten Bewegungen der Auflagerpunkte reagiert. Diese Bewegungen wirken veränderlichen Lasten entgegen und reduzieren damit Verformungen und Materialspannungen, sodass der Materialeinsatz im Vergleich zur konventionellen passiven Bauweise erheblich geringer ist.

Konstruktionen, die sich an Pflanzenblättern oder wirbellosen Tieren orientieren

Für Jan Knippers ist das ein erster Schritt. Bei der Entwicklung der Verschattung des EXPO-Pavillons im südkoreani-



Der Klappmechanismus in der Blüte der *Strelitzia reginae* (Paradiesvogelblume): Setzt sich ein Vogel auf die Blüte, öffnet sich diese rein durch das Gewicht des Vogels – ohne Gelenke, Nieten oder Schrauben. Prof. Dr.-Ing. Jan Knippers und sein Team übertrugen dieses Prinzip für die Konstruktion der Verschattungslamelle „Flectofin“, die dem EXPO-Pavillon von 2012 Schatten spendet.

schen Yeosu gingen er und sein Team am ITKE weiter. „Der Freiburger Biologe und Direktor des Botanischen Gartens Thomas Speck brachte uns durch seine Beobachtungen der Strelitzie – im Volksmund Paradiesvogelblume genannt – auf die Idee“, sagt Knippers. „Wenn sich ein Nektarvogel auf die Blätter setzt, öffnen sich die pfeilförmigen Kronblätter rein durch das Gewicht des Vogels, damit der Pollen an seinem Gefieder hängen bleiben kann – und zwar ohne Gelenke, Nieten oder Schrauben“, beschreibt Knippers.

Übertrage man diese Prinzipien, die sich an Pflanzen- und Blütenblättern oder wirbellosen Tieren orientieren, auf die Architektur, so entstünden Konstruktionen, bei denen Form und Bewegung durch die reversible Elastizität ihrer Komponenten bedingt seien. Optimale Voraussetzungen für Elemente, die nicht verschleißen. Aus der Idee wurde die Verschattungslamelle „Flectofin“, die dem EXPO-Gebäude Schatten spendet und optisch an Kiemen von Fischen erinnert.

Die Grundlage für den Flectofin-Klappmechanismus ist ein glasfaserverstärkter Kunststoff, der hochelastische Eigenschaften hat und gut verformt werden kann. Das Auf- und Zuklappen der Lamellen ist an das Biegen eines in die Lamelle integrierten Stabes gekoppelt, wodurch sie um bis zu 90 Grad umklappt. Der Klappmechanismus funktioniert ohne technische Gelenke oder Scharniere und lässt sich daher auch auf aufwendig zu schattierende, gekrümmte Fassaden anbringen.

Erste Materialien, die Funktionen besitzen wie ihr natürliches Vorbild, sind also da. Auch heutige Simulations- und Rechenverfahren erlauben gewagte Konstruktionen. Doch von dem Prinzip der kompletten Rückführung und Entsorgung der Materialien in einen natürlichen Rohstoffkreislauf sowie deren Herstellung im großen Stil, wie man sie auf der Baustelle benötigt, ist man noch weit entfernt. Knippers und seine Kollegen sehen hier das kommende Forschungsfeld.

DIE ERFINDUNG DES KLETTBANDES



Georges de Mestral war passionierter Waidmann. Und Ingenieur. Als er 1941 nach einem Jagdausflug wieder einmal die Früchte der *Arctium lappa* – im Volksmund Große Klette genannt – mühsam von seinen Hosenbeinen und dem Fell seines Hundes fingerte, wurde er neugierig. Er inspizierte die Pflanze unter dem Mikroskop und begriff, wieso die igelartigen Kugeln so gut haften: Die Stacheln der Samen tragen an ihrer Spitze winzige elastische Häkchen, die sich bei Kontakt mit Fell oder gewobenem Stoff festsetzen. Der Rest ist schnell erzählt: Zehn Jahre später ließ Mestral seine Erfindung unter dem Namen „Velcro“ (von franz. „velours“ (Samt) und „crochet“ (Haken)) patentieren. 1959 gründete er die Firma Velcro Industries, die im gleichen Jahr den ersten Klettverschluss auf den Markt brachte. Die Firma mit Hauptsitz in Manchester, New Hampshire, USA, beschäftigt auf vier Kontinenten 3.000 Mitarbeiter und setzt als Weltmarktführer 260 Millionen US-Dollar jährlich um.