



Bionik als Innovationsmethode:

## Von Bäumen lernen

Die Natur ist der ideale Ideengeber für die Technik, denn niemand versteht so gut wie sie Prozesse und Materialien zu perfektionieren. So dient der Aufbau von Knochen als Vorbild für den Leichtbau, der Gecko-Fuß für die Art, wie moderne Klebstoffe Haftung erzeugen und die selbstreinigende Oberfläche des Lotus für Beschichtungen. Der Natur für technische Herausforderungen ihre Lösungen abzuschauen, heißt Bionik. Mit Denkwerkzeugen, die er in der Natur gefunden hat, eröffnet Prof. Dr. Claus Mattheck einen leicht verständlichen, beinahe universell anwendbaren Zugang zu komplexen technischen Sachverhalten und Problemstellungen.

*Autor: Ing. Peter Kemptner / x-technik*

Das Video zum Bericht



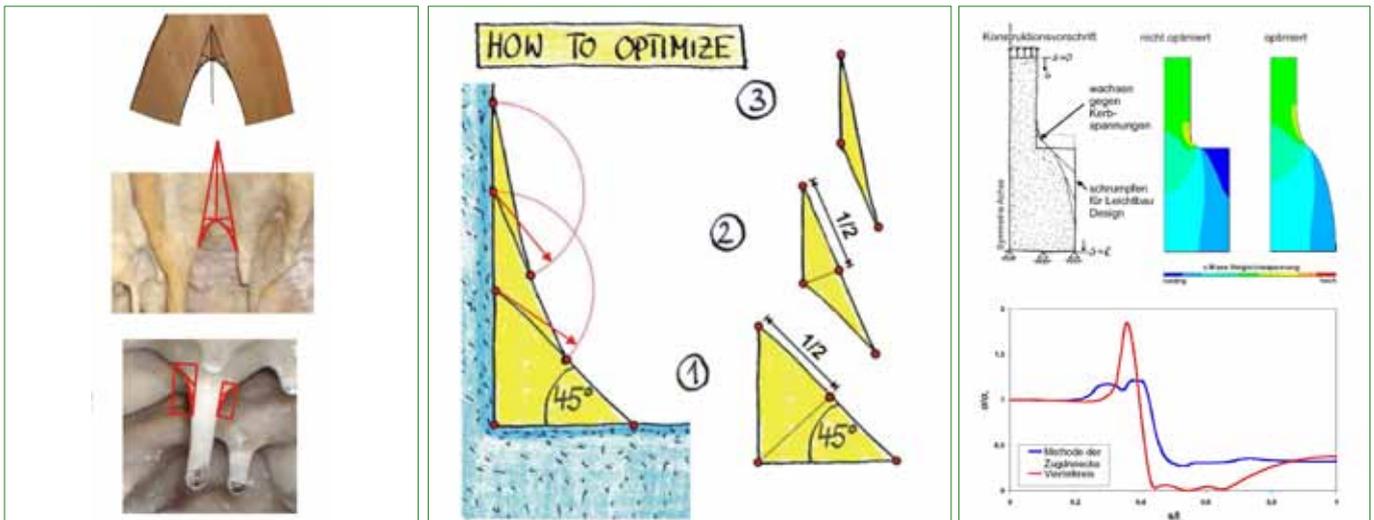
Baumsachverständige und Maschinenbau-Ingenieure haben eine Gemeinsamkeit. Beiden dient die wissenschaftliche Arbeit von Claus Mattheck als Grundlage für ihre Arbeit.

Die einen nutzen die von dem Dozenten für Schadenskunde entwickelte Methode zur visuellen Schadensbestimmung an Allee- oder Parkbäumen. Die anderen greifen auf die Beobachtungen des Doktors der theoretischen Physik an der Natur zur Optimierung ihrer Entwicklungen zurück.

### Kraftflüsse erkennen ohne Mathematik

In der Natur ist nichts kreisrund oder rechtwinklig. Weil sogar Lebewesen, die im Stehen schlafen – z. B. Pferde – umfallen, wenn sie sterben, nennt Claus Mattheck 90° den Todeswinkel. „Ecken sind Angriffspunkte für einwirkende Kräfte, Innenkanten sind Sollbruchstellen“, sagt Claus Mattheck. „Selbst eine kreisförmige Verrundung schützt nicht immer vor Brüchen, denn auch sie ist eine gelegentliche

Ursache für Kerbspannungen und Materialbruch.“ Bei jeder Belastung durch Zug, Druck oder Torsion kommt es unabhängig vom Materialverhalten zum Auftreten von Schubspannungen im Winkel von 45° zur einwirkenden Kraft. „Das erklärt, warum Knochenbrüche, aber auch Risse nicht selten schräg zur Krafrichtung verlaufen und warum die Natur ihren Querverstrebungen oft ca. 45° Abzweigwinkel verpasst“, erklärt Claus Mattheck, der aus Schubbetra- chungen ein Denkwerkzeug entwickelt hat. „Ohne komplizierte Formeln helfen diese



**links** Ob Kieselstein oder Astgabel, Baumstamm-Fuß oder Stalaktit: In der Natur hat sich eine geometrische Form durchgesetzt, die Kerbspannungen gleichmäßig verteilt und damit sowohl die Bruchgefahr als auch den Materialbedarf minimiert.

**Mitte** Die Zugdreieck-Methode ermöglicht die Annäherung an die erfolgreiche natürliche Universalform mit nichts komplexerem als einem Geo-Dreieck.

**rechts** Die mittels Zugdreiecken ermittelte naturnahe Form ist der üblichen Verrundung überlegen, wie die FEM-Grafik beweist. Diese deckt zudem unbelastete „Faulpelz-Zonen“ auf, die sich mit der Zugdreieck-Methode einsparen lassen.

Schubvierecke dabei, Konstruktionen zu überprüfen und zu optimieren sowie Ursachen für Beschädigungen aufzuspüren.“

### Erfolgversprechende Formfindung

Ob am Fuß eines Baumstamms oder einer Kreideklippe, an der Außenkontur eines Bachkiesels oder in den Gabeln des Hirschgeweihs: „Die Natur verwendet als konstruktives Element stets dieselbe Form“, schildert Claus Mattheck eine seiner Beobachtungen aus der Baumdiagnostik. „Diese einzigartige Form sorgt für eine gerechte, also gleichmäßige Verteilung der inneren Spannung im typischen Lastfall und bietet sich deshalb zur Nachahmung in der Technik an.“

Dazu verwendet Claus Mattheck ein weiteres Denkwerkzeug, das er der Natur ab-

geschaut hat, die Zugdreiecke. „Mit einem Dreieck lässt sich eine 90°-Ecke entschärfen, da der Kerbwinkel stumpfer wird. In die in Lastrichtung gelegene Kerbe kommt ein weiteres Dreieck und so weiter. Bereits ab dem dritten Dreieck erkennen Sie die universelle Form aus der Natur“, erläutert Claus Mattheck. „Auf diese Weise können Sie ohne Verwendung komplexerer technischer Hilfsmittel als einem Geo-Dreieck Formen entwerfen, die eine hohe Belastbarkeit erwarten lassen, weil sie an den entscheidenden Stellen keine Kerben aufweisen.“

### Faulpelze 'raus!

Wegen der Einflüsse unterschiedlicher Materialien kann diese Entwurfsmethode natürlich eine Festigkeitsanalyse nach der Finite Elemente Methode nicht erset-

zen. Diese liefert jedoch den Gültigkeitsbeweis für die Methode der Zugdreiecke. Mit dieser lassen sich auch nicht belastete Bereiche – Claus Mattheck nennt sie „Faulpelz-Zonen“ – entfernen und so Material einsparen. Noch erheblicher fällt die erzielbare Gewichtsersparnis bei Anwendung eines weiteren Denkwerkzeuges aus der Natur aus, der Kraftkegel-Methode. Mit ihrer Hilfe können einfach und ohne Investition in teure Spezialsoftware hoch belastbare Strukturen aus Seilen und Stäben entworfen werden, die nur einen Bruchteil des Gewichtes solider Körpern aufweisen.

### Siegen durch Nachgeben

Die Natur ist klug und der Klügere gibt nach. Ihre Konturen passen sich den Belastungsszenarien an, denen sie ausgesetzt sind. Daraus abgeleitet hat Claus Mattheck einen Tipp für den Umgang mit Faserverbundwerkstoffen parat: „Bauteile aus Faserverbundwerkstoff im noch nicht erstarrten Zustand mit der späteren Betriebslast zu belasten, führt zur Selbstoptimierung in die natürliche Form, wie sie der Stammfuß eines Baumes aufweist und wie sie mittels der Zugdreiecke konstruiert werden kann.“

Generell bietet die Kunststofftechnologie in all ihren Teilbereichen vielfältige Möglichkeiten dazu, Maschinen, Werkzeuge und Produkte auf die Universalformen der Natur zu optimieren und so die Belastungsfähigkeit und Effizienz ihrer Produkte und Produktionsverfahren zu steigern. Und das sichert den Markterfolg, denn wie sich diese Form in der Natur durchgesetzt hat, werden sich auch solche Produkte auf dem Markt durchsetzen. ■



“Berücksichtigung der Kraftflüsse im Lastfall und Anwendung der Denkwerkzeuge, die uns die Natur liefert, eröffnet mit einfachsten Mitteln Wege zu vorteilhaften Bauformen.

**Prof. Dr. Claus Mattheck, KIT Distinguished Senior Fellow, Karlsruher Institut für Technologie**