

LUST AUF MEHR?

Wunderwerk Knochen

Von Materialwissenschaftlern als „ultimativer Werkstoff“ bezeichnet, ist unser Skelett hart wie Stahl, aber leicht wie Aluminium. Einerseits müssen die Knochen stabil genug sein, um unser Gewicht zu tragen. Auf der anderen Seite dürfen sie nicht zu schwer sein, damit wir uns noch bewegen können. Im menschlichen Skelett arbeiten etwas mehr als 200 einzelne Knochen in perfekter Harmonie zusammen. Bei der Geburt sind es übrigens über 300, die aber z.T. später - aber nicht bei allen Menschen einheitlich - zusammenwachsen! Und im Ernstfall halten sie stärkstem Druck stand, sie sind zugfest

und sogar flexibel. Bei einem Sturz fangen die Knochen das Zwanzigfache des Körpergewichts auf - im glücklichsten Fall ohne einen Bruch. Ein Oberschenkelknochen hält in Längsrichtung sogar dem Gewicht eines Mittelklassewagens stand, ohne Knacks! Was so robust ist, so extrem fest und zugleich elastisch, besteht trotzdem nur aus einfachen Materialien, nämlich aus kalziumreichen Mineralien und Collagen, einem Strukturprotein. Kalzium macht den Knochen hart, und Collagen sorgt für seine Biegsamkeit.

Von Knochen lernen - Bionik als Mittlerin zwischen Biologie und Technik

Auf den ersten Blick sieht die Knochenstruktur aus wie ein Wirrwarr aus unzähligen und unregelmäßigen Hohlräumen, zwischen denen kleine Knochenbälkchen liegen. Erst Hermann von Meyer entdeckte 1870, dass diesem scheinbaren Durcheinander ein funktionelles Ordnungsschema zugrunde liegt: Denn die feinen Knochenbälkchen sind räumlich so ausgerichtet, dass sie genau den Kraftlinien der im Knochen auftretenden Zug- und Druckspannungen folgen.

Forscher folgen demselben Bauprinzip. Dort, wo keine Belastungen auftreten, kann man auf den Baustoff verzichten. Dort aber, wo es zu erhöhten Beanspruchungen kommt, muss man Material hinzufügen. Nach diesem einfachen Prinzip hat die Evolution im Lauf von Jahrtausenden gewichtsoptimierte „Bauteile“ hervorgebracht.

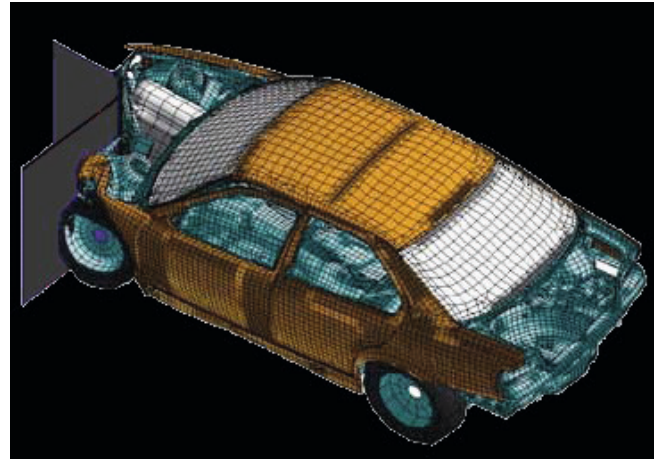


LUST AUF MEHR?

Wunderwerk Knochen

Mit Hilfe spezieller Software schaffen es die Wissenschaftler nun, diese Evolution auf eine kurze Zeitspanne zu verkürzen. Man geht davon aus, dass eine Konstruktion nur dann so leicht wie möglich und so fest wie nötig ist, wenn überall konstante Spannungen herrschen, so dass es keine über- und keine unterbelasteten Bereiche gibt.

Um die Leichtbaustrategie nach dem Vorbild der Natur zu simulieren, definieren die Wissenschaftler zunächst einen virtuellen (scheinbaren) Designraum, der die äußere Begrenzung für das spätere Bauteil darstellt. Dieser Designraum wird durch ein Gitternetz in viele kleine Einzelteile, die so genannten Finiten (endlichen) Elemente unterteilt. Lässt man nun virtuell eine äußere Kraft einwirken, berechnet der Computer die auftretende Belastung für jedes einzelne Finite Element. Dadurch sehen die Forscher, an welchen Stellen im Bauteil keine Belastungen auftreten und deshalb unnötiges Material eingespart werden kann. In den hoch belasteten Bereichen dagegen schlägt



das Simulationsprogramm eine Materialverstärkung vor. Durch Programm-Wiederholung lässt sich das Teil immer weiter verfeinern, bis die optimale Form gefunden wird, bei der die Spannungen im Bauteil gleichmäßig verteilt sind. So wird mit virtuellen Crash-Tests bereits die Karosserie vor dem Bau eines Prototyps optimiert.

Was aber Ingenieure nicht können – die Natur ist hier einen großen Schritt voraus:

Ein sich selbst erneuerndes Bauteil zu schaffen! Dass sich stets genügend Knochensubstanz im richtigen Augenblick am richtigen Ort befindet, dafür sorgen spezielle Zellen. Diese lassen je nach Belastung, Knochen wachsen oder bauen einen Überschuss ab. Dadurch haben etwa die Schienbeine vieler Langstreckenläufer stärkere Außenwände.

Dieses ständige Reparieren und Regenerieren macht den Knochen zu dem, was Forscher „intelligentes Material“ nennen. Die Natur ist uns hier noch einen großen Schritt voraus: Selbst ein kleiner Knochenspan von nur einem Millimeter Dicke widersteht noch einer Belastung von 15 Kilogramm!