



Von Michael Vogel

# VON BÄUM

Bäume nehmen teils bizarre Formen an. Das ist kein Zufall: Sie wachsen so, dass die mechanische Spannung in ihrem Innern möglichst gleichmäßig ist. Das Prinzip ist auf technische Bauteile übertragbar.

Gewusst, wie, lautet die Devise beim Baumfällen. Wer einen keilförmigen Einschnitt in den Stamm treibt, hat deutlich weniger Aufwand als jemand, der den Baum mit einem einzigen geraden Schnitt zu durchtrennen versucht. Der Grund ist die Kerbe, die durch die Keilform entsteht: An dieser scharfkantigen Ecke ist die mechanische Spannung im Stamm am größten. Aus Sicht eines Ingenieurs lässt sich der Baum dank der Kerbe leichter fällen, weil es dort zum Materialversagen kommt. Technisch formuliert: Die Kerbspannung war an einer Stelle zu hoch.

„Umgekehrt haben Bäume im Lauf der Evolution einen Weg gefunden, hohe Kerbspannungen – wie sie etwa durch Verletzungen auftreten – zu vermeiden“, sagt Prof. Claus Mattheck, der trotz seiner Emeritierung weiterhin am Karlsruher Institut für Technologie forscht. Erkennt die Wachstumsschicht zwischen Rinde und Stamm irgendwo eine erhöhte Spannung, so bildet der Baum dort dickere Jahresringe aus und baut dadurch die Spannung wieder ab. „Auch der Übergang von der Wurzel zum Stamm lässt sich als eine Stelle erhöhter Spannung auffassen“, erklärt Mattheck. „Dieser Übergang verläuft daher nicht rechtwinklig oder halbkreisförmig, sondern entlang einer Kontur, die man mit der von mir entwickelten Methode

der Zugdreiecke leicht mit Bleistift, Zirkel und Geodreieck ableiten kann.“ Rechnen müsse man da nichts. Doch was bei Bäumen klappt, funktioniert auch bei technischen Bauteilen, wie Mattheck zeigte. Bäume sind Vorbilder für die Konstruktion. Der Physiker spricht in diesem Zusammenhang von Biomechanik, populärer ist der Begriff Bionik.

## Die Methode der Zugdreiecke spart Zeit

Die Sachs Engineering GmbH aus Engen, ein Ingenieurdienstleister und Solutions-Partner von Hays, nutzt solche Erkenntnisse. Wichtig sind sie etwa im Leichtbau in der Automobilindustrie. „Der Leichtbau ist die Kunst des Weglassens von Material, das nicht zur mechanischen Stabilität eines Strukturbauteils an Karosserie oder Fahrwerk beiträgt“, erklärt Geschäftsführer Wolfgang Sachs. Eine Lkw-Radnabe zum Beispiel wiegt dadurch fast 40 Prozent weniger. Das spart Sprit. Doch wer Material weglässt, riskiert höhere Kerbspannungen. „Das bedenkt man am besten schon bei der Konstruktion, sonst muss man nach der anschließenden Festigkeitsberechnung zu viel nachbessern“, sagt Sachs. „Die Methode der Zugdrei-



# EN LERNEN

ecke, die wir schon seit mehr als zehn Jahren anwenden, hilft uns, Zeit zu sparen.“

Auch Ralph Hellmig, Leiter F&E Schraube bei der EJOT GmbH aus Bad Berleburg, hat gute Erfahrungen mit der Methode gemacht. EJOT ist ein Spezialist für Schrauben – nicht für Schrauben, die es im Baumarkt gibt, sondern für Schrauben, die in einer automatisierten Fertigung zum Einsatz kommen: Zum Beispiel erzeugen solche Schrauben ihr eigenes Bohrloch und versehen es mit einem Gewinde. Interessant sind derlei Verbindungselemente etwa in der Automobilindustrie, um Strukturbauteile zu verschrauben. „Ob unsere Konstrukteure die Methode der Zugdreiecke anwenden, ist natürlich ihre Entscheidung“, so Hellmig. „Aber das Prinzip ist in unseren Konstruktionen verankert.“ Bei einer Schraube spielt immer der Konturverlauf am Übergang zum Kopf und an den Flanken des Gewindes eine große Rolle. „Treten später im Alltag Belastungen auf, kann das bei falscher Auslegung oder bei Anbringung einer Schraube an der falschen Stelle zur Materialermüdung führen“, erklärt Hellmig.

Er erinnert sich an einen Fall, bei dem ein Kunde mit einem Problem zu EJOT kam: eine Konstruktion, bei der ein schwingendes Bauteil von einer einzigen Schraube gehalten werden

sollte. „Da graust es einem Konstrukteur sofort, weil man so etwas eigentlich vermeidet“, sagt Hellmig. Aber das Bauteil war schon in einem weit fortgeschrittenen Entwicklungsstadium – alles von Grund auf neu zu machen, war deshalb kein gangbarer Weg. „Die Dimensionen der Schraube durften sich daher nicht mehr ändern“, so Hellmig. „Mit der Methode der Zugdreiecke ist es uns aber wenigstens gelungen, den Übergang zum Kopf zu optimieren, was die Gefahr eines Bruchs durch Vibrationen deutlich verringerte.“

## Optimieren mit Volksmechanik und gesundem Menschenverstand

Natürlich hat die Zugdreieckmethode auch Grenzen: Spannungen durch mehrachsige Belastungen, die abwechselnd aus unterschiedlichen Richtungen auf ein Bauteil einwirken, lassen sich nicht mehr mit Zirkel und Geodreieck optimieren. Genügend Anwendungsfälle bleiben trotzdem. Selbst ein Handwerker könnte auf einer Baustelle mit den Zugdreiecken die beste Form eines Blechs oder einer Ausparung ermitteln. Oder wie es Claus Mattheck formuliert: „Jeder soll optimieren können – mit Volksmechanik und gesundem Menschenverstand.“