

Prof. Dr. Claus Mattheck,
Institut für Materialforschung II,
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Einheit in der Vielfalt!

Universalformen

**Die Natur kennt keine Gnade!
Wer nicht funktioniert, wer im
Wettbewerb nicht bestehen kann,
wird zumindest verjagt, überschattet,
verdrängt oder gar aufgefressen.**

**Kein Wunder also, dass die
Überlebenden der Evolution,
was ihre mechanische Belastbarkeit
angeht, sowohl formoptimiert als auch
werkstoffoptimiert sind.**

Foto: photocase.de | Mitnetzmaedchen

denkwerkzeuge

Bedenkt man noch, dass mechanische Bauteile meist an Kerben, d.h. scharfen Ecken, Rillen oder Löchern Risse starten und schließlich versagen können, so lohnt sich ein verschämter Blick auf die Ausformungen natürlicher Kerben, die in Jahr-millionen vielleicht eine Optimalform ohne gefährliche Spannungsspitzen reifen ließen, die auch unseren Maschinchen als lebensverlängerndes Elixier dienen könnten.

Vorbild Natur

Der Stammfuß der Bäume war hier die Stimulanz oder besser der Wurzelanlauf, der die Wurzel mit dem Stamm verbindet (Abb. 1). Die Idee: Die scharfe Ecke wird am Stammfuß durch ein Zugdreieck überbrückt und so entschärft. Denkt man darüber nach, so findet sich schnell die abgebildete Konstruktionsvorschrift, die auch gut durch die Tangensfunktion wiedergegeben wird.

Geht man mit dieser Kontur der „Zugdreiecke“ im Kopf durch die Welt, so stellt man schnell fest, dass es fast schwerer ist, sie nicht zu sehen, als sie zu finden (Abb. 2).

Optimale Kurve

Insbesondere überrascht den evolutionsgläubigen Kurvensucher, dass nicht nur lebende und damit überlebenswillige Strukturen durch die Methode der Zugdreiecke beschrieben werden, sondern auch tote, geomechanische Gebilde de-

nen, weil sie ohnehin tot sind, am Überleben nicht viel liegen kann. Die Erosion schafft Konturen mit gleichförmiger Spannungsverteilung ohne lokale Spannungsspitzen, wie wir sie in technischen Kerben oft noch finden. Damit ist die Erosion zumindest theoretisch eine „Fertigungsmethode“, die aus einem druckbelasteten Rohling Optimalformen knabbert.

Auch Gabelformen der Natur lassen sich als zwei zusammengesetzte Wurzelanläufe mit der Zugdreieckskontur beschreiben, wie Abb. 3 beispielhaft zeigt.

Damit nicht genug – die Kontur findet sich als Risskontur in verschiedensten Werkstoffen. Man möchte meinen, dass beim Versagen von Bauteilen, formoptimierte Fragmente entstehen können. So zeigen Risse (Abb. 4) in Zimmerecken, in Stahlproben und im Fahrbahnasphalt oft diese Kontur und zwar dann, wenn Schubspannungen bei der Rissbildung eine Rolle spielen.

Allgemein herrscht die Ansicht, dass Schaden und Schadensverhütung zueinander stünden wie der Teufel und der liebe Gott. Was aber, wenn die Zerstörung – auch die durch Bruch – eine Fertigungsmethode für die Optimalform wäre, wenn Schaden und Prävention ein in ewig nörgelnder Hassliebe verbundenes Ehepaar wären?

Es spricht in bislang unbekanntenen Grenzen einiges dafür (Abb. 5). Reißt man ein Papierschnitzel oder ein Stück angeschnittene Alufolie ab, so entsteht die Kontur der Zugdreiecke also eine Optimalform für um 90° gedrehte Lastrichtung

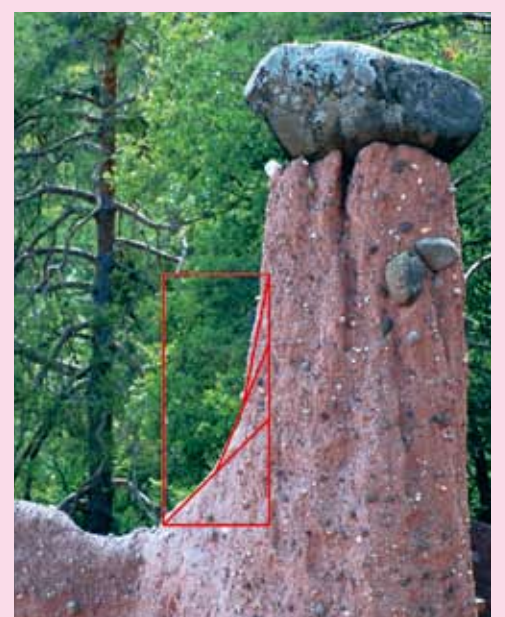
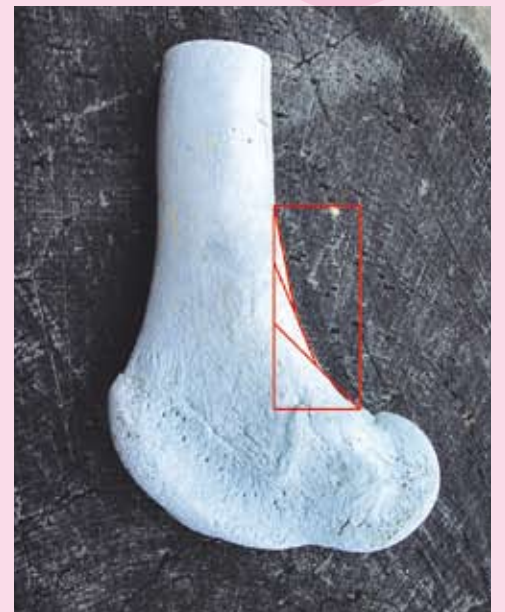


Abb. 2 Der Stammfuß der Bäume, der Säugetierknochen, die Steilküste und die Erdpyramide werden durch die Kontur der Zugdreiecke beschrieben.

Bildquelle: Forschungszentrum Karlsruhe

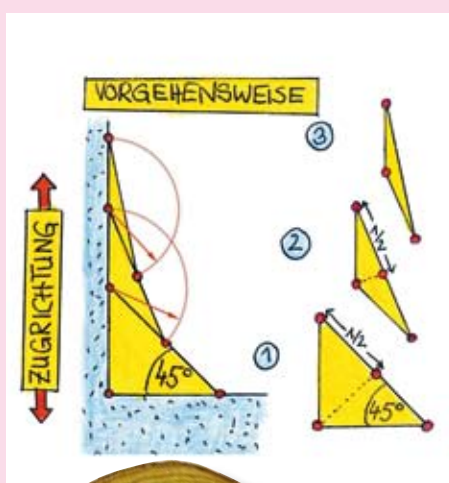
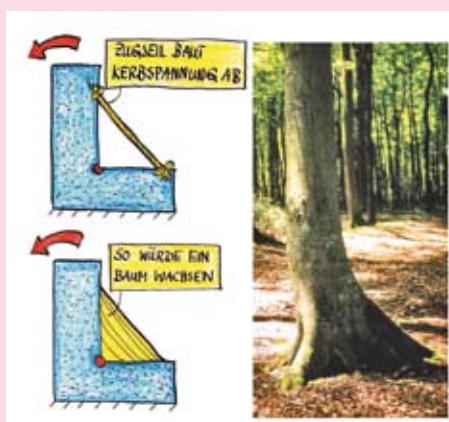


Abb. 1 Die Idee: Die scharfe Ecke wird am Stammfuß durch ein Zugdreieck überbrückt und so entschärft.

oben Ein Baumstamm bildet mit der Erdoberfläche eine scharfeckige Kerbe. Er überbrückt und entschärft diese Ecke durch den Wurzelanlauf, der meist windseitig am stärksten ausgeprägt ist und der wie ein Zugdreieck wirkt! Das ist die Anregung für die „Methode der Zugdreiecke“, einer rein graphischen Methode zum Abbau von Kerbspannungen und zur Entschärfung von Sollbruchstellen. Das Dreieck wird symmetrisch zur Ecke angebracht.

unten Ausgehend vom unteren 45°-Winkel wird ein Zugdreieck in die „scharfe“ Ecke gelegt. So entsteht weiter oben eine neue, bereits stumpfere Kerbe. Diese wird wiederum symmetrisch überbrückt, immer von der Mitte des unteren Zugdreiecks ausgehend, und so weiter – meist reichen drei Zugdreiecke. Rundet man die verbleibenden stumpfen Ecken mit Kreisradien aus, so erhält man eine in Lastrichtung optimierte Kerbkontur, die auch gut mit dem Ergebnis der Computermethode CAO übereinstimmt.

(aus: C. Mattbeck, *Verborgene Gestaltgesetze der Natur - Optimalformen ohne Computer*, Verlag Forschungszentrum Karlsruhe GmbH 2006)

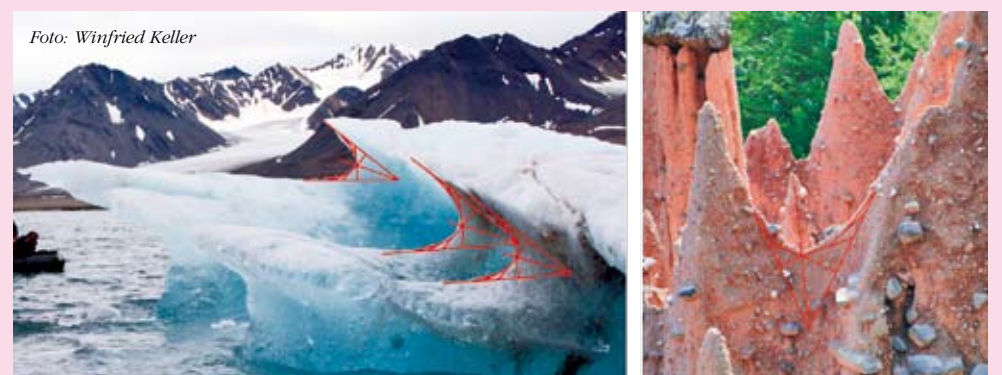


Abb. 3 Die Baumgabel, die Buchten im Roteichenblatt, die Erosionskerbe im Eisberg und die Gabel zwischen zwei Erdpyramiden (Tirol und Euseigne) sind formenverwandt mit dem Zuckerhut als konvexes Gegenstück!

denkwerkzeuge

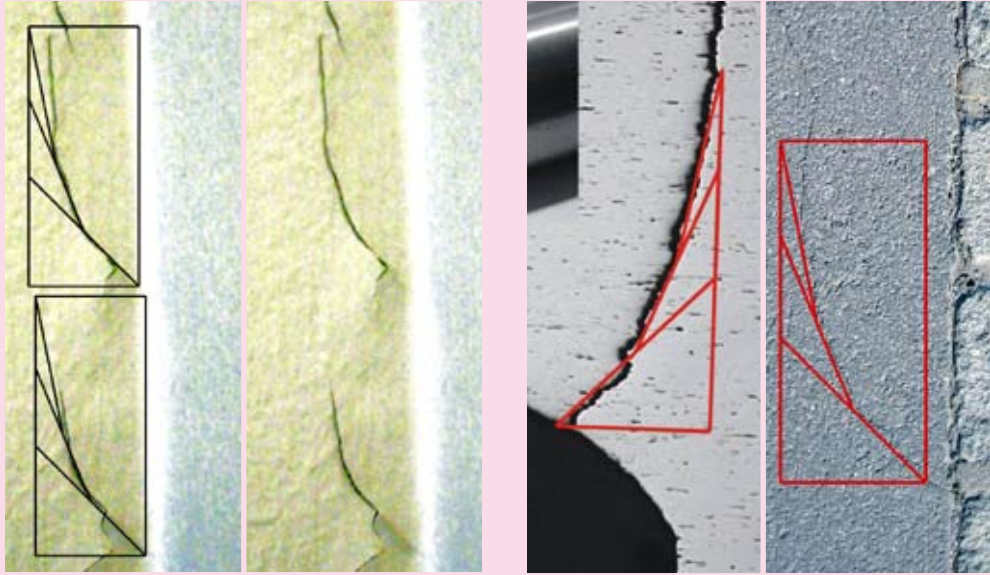


Abb. 4 Risse in Zimmerecken, an Stahlschwingproben und im Fahrbelag folgen der Zugdreieckskontur.

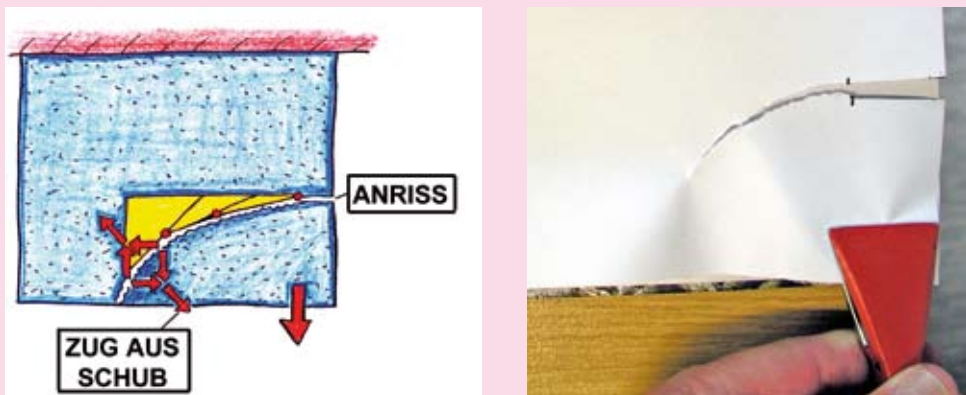


Abb. 5 Ein durch die Zugkraft (roter Pfeil) herausgerissenes Papierschnitzel hinterlässt eine optimale, kerbspannungsfreie Kerbform für den um 90° dazu gedrehten roten Zug.

(Wir haben dazu kreuzverklebtes und damit quasiisotropes Papier verwendet: C. Mattheck, K. Bethge: Schnitzeljagd: Die Wahlverwandtschaft von Optimalform und Risskontur, Konstruktionspraxis 11-2008, 24- 28).

In dem Büchlein C. Mattheck „Verborgene Gestaltgesetze der Natur – Optimalformen ohne Computer“ (Bezug: sh.: www.mattheck.de) findet sich ein computerfreier Zugang zum Verständnis natürlicher Formen einerseits und zur Gestaltoptimierung technischer Bauteile mit der Methode der Zugdreiecke andererseits.

Grenzenlose Träume

Wir sind damit am Neuanfang einer „geometrischen“, weitgehend formelfreien Naturwissenschaft, die uns Formen und Ver-

laufsrichtungen liefern kann, wohl aber niemals Zahlen. Sie findet bereits jetzt als qualitative Volksmechanik schnell Akzeptanz in der industriellen Konstruktion und im Maschinenbau, aber auch in Schulen und bei Schülern. Die Grenzen der vorgestellten Denkwerkzeuge kennen wir nicht, sie sind wohl viel, viel weiter gesteckt als wir früher glaubten und damit stehen wir vor einem Potenzial an Erklärungs-möglichkeiten, das uns hoffen lässt – und träumen...

→ mattheck@web.de

Literatur

C. Mattheck, *Verborgene Gestaltgesetze der Natur – Optimalformen ohne Computer*, Verlag Forschungszentrum Karlsruhe GmbH 2006
C. Mattheck, *Warum alles kaputt geht – Form und Versagen in Natur und Technik*, Verlag Forschungszentrum Karlsruhe GmbH 2003



Dieses Buch und weitere Buchveröffentlichungen von Professor Mattheck sind exklusiv erhältlich bei Buchhandlung Mende in Karlsruhe, Telefon 0721/981610, Fax 0721/815343, info@mende.de

Stupsi, der pfiffige und lederbemützte Igel, liebt wie sein Erfinder Bäume, Bäume und Bäume ... Er erklärt Ingenieuren und Kindern und jedem, der sich dafür interessiert, die Gesetze der Bäume und was wir von Ihnen lernen können. Alle, die Bäume gern haben oder für Sie Verantwortung tragen, führt dieses Buch in die Körpersprache der Bäume ein. Auf verständliche Art vermittelt Stupsi die Ergebnisse mehrjähriger Forschungsarbeiten Matthecks.



Claus Mattheck, geb. 1947 in Dresden, studierte Theoretische Physik in Dresden und promovierte 1973. Er habilitierte sich 1985 für das Fach Schadenskunde an der Universität Karlsruhe. Zu seinen Vorlesungen über Biomechanik finden sich die Studenten scharenweise ein. Mattheck ist Abteilungsleiter für Biomechanik am Institut für Materialforschung II des Forschungszentrums Karlsruhe, er ist Sachverständiger für Mechanik und Bruchverhalten der Bäume und für Ermüdungsbrüche mechanischer Bauteile. Mattheck erhielt viele Wissenschaftspreise, u.a. den Preis der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften 1998, den Literaturpreis der Karl-Theodor-Vogel-Stiftung für Technikpublizisten 1992, den Inge- und Werner-Grüter-Preis für Wissenschaftspublizistik 1999 und den Deutschen Umweltpreis 2003. Er ist Ehrenmitglied der Urban Tree Diagnosis Association Japan.

