

Vom Kakteenholz zur bionisch optimierten Faserverbundstruktur

Hannes Schwager, Tom Masseleer, Thomas Speck, Christoph Neinhuis

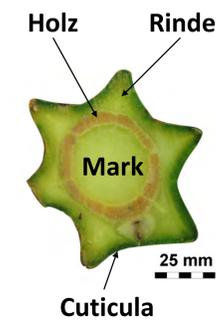


Im Gegensatz zu Laubbäumen weisen verzweigte Säulenkakteen an der Astansatzstelle deutliche Einschnürungen auf.

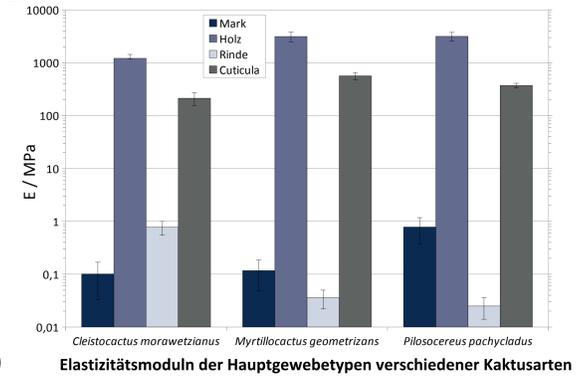
Ziel der biomechanischen Untersuchungen ist die ingenieurmäßige Analyse der Stabilität und Festigkeit dieser vermeintlichen Schwachstellen zur Entwicklung alternativer Gestaltungskonzepte für verzweigte Faserverbundbauteile mit begrenztem Bauraum.

Zum besseren Verständnis des „biologischen Bauplans“ der Kakteenverzweigungen werden Finite Elemente Modelle (FEM) generiert, welche die anatomischen Besonderheiten in Anpassung an den ariden Lebensraum, berücksichtigen.

Materialprüfung:

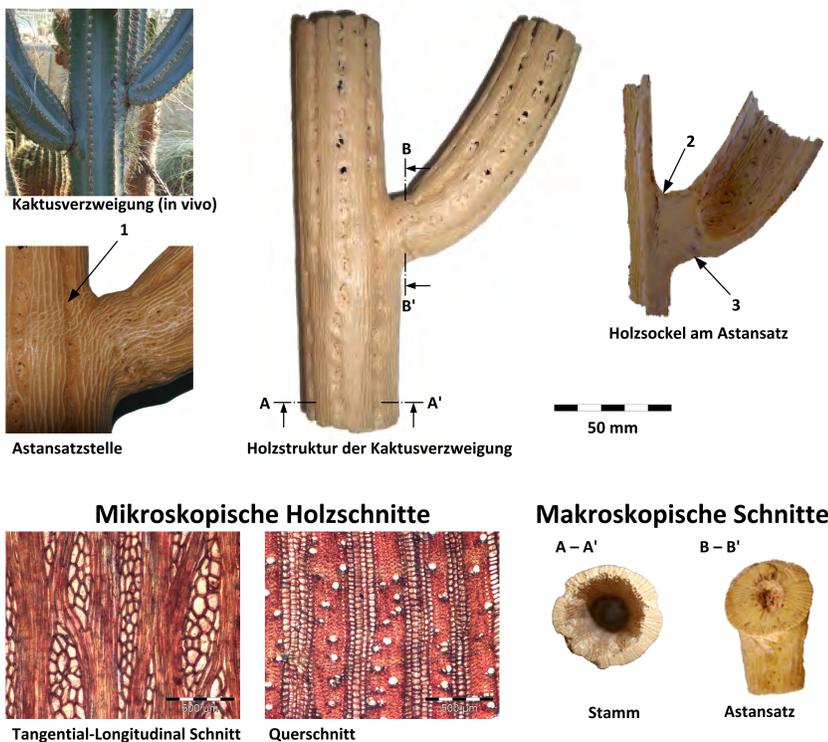


Stammquerschnitt (*P. pachycladus*)



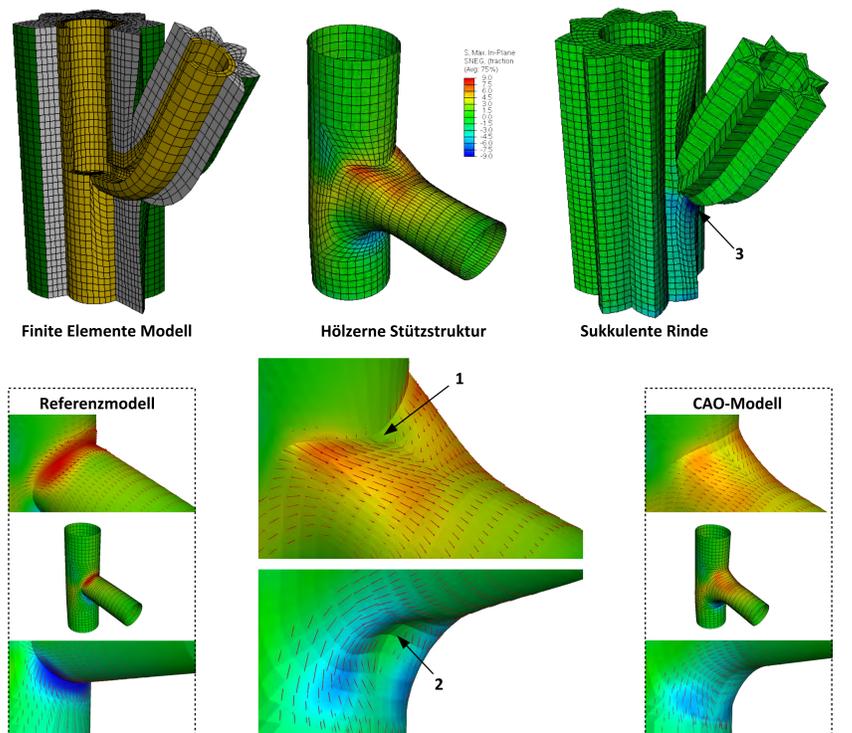
Die Materialeigenschaften wurden in Abhängigkeit der Materialbeschaffenheit in Dreipunktbiege- (Holz) bzw. in einachsigen Zug- (Cuticula) oder Druckversuchen (Mark & Rinde) ermittelt.

Anatomische Untersuchungen:



Das Kakteenholz unter der sukkulenten Rinde liegt normalerweise in Form eines mit Mark gefüllten Rohres bestehend aus Holzlamellen und Holzstrahlen vor (A-A'). Am Astansatz ist dieses Rohr zu einem kompakten Holzsockel (B-B') mit deutlichen Einkerbungen auf Ober- (2) und Unterseite (3) reduziert. Die longitudinal verlaufenden Holzlamellen weisen in Bereich des Astansatzes einen höheren Quervernetzungsgrad auf (1). Auf mikroskopischer Ebene gleicht Kakteenholz zerstreutporigem Laubholz. Die Lamellenstruktur ist der enormen Holzstrahlgröße geschuldet.

Finite Element Analyse:



Im Eigenlastfall zeigen die FEA-Ergebnisse, dass die Lastanpassung der Kaktusverzweigung im Gegensatz zu Baumverzweigungen nicht der Regel der Homogenisierung und Minimierung der mechanischen Spannungen durch Ausformung des kritischen Bereichs entspricht (CAO-Modell; vgl. Mattheck, 1990). Das sekundäre Dickenwachstum ist durch die sukkulente Rinde behindert, folglich ist es vorteilhafter den Spannungszustand am Astansatz durch Einkerbungen an vorhandene Faserorientierungen anzupassen (1,2). Druckspannungen auf der Unterseite werden teilweise über das Rindenparenchym abgeleitet (3).

Literatur

1. Mattheck C. 1990. *Design and Growth Rules for Biological Structures and their Application in Engineering*. Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct. 13: 535-550.
2. Mauseth JD. 2006. *Structure-Function Relationships in Highly Modified Shoots of Cactaceae*. Ann. Bot. 98: 901-926.
3. Molina-Freaner F, Tinoco-Ojanguren C and Niklas KJ. 1998. *Stem Biomechanics of three Columnar Cacti from the Sonoran Desert*. AmJBot 85: 1082-090.
4. Niklas KJ, Molina-Freaner F, Tinoco-Ojanguren C and Paolillo Jr. DJ. 2000. *Wood Biomechanics and Anatomy of Pachycereus Pringlei*. AmJBot 86: 469-481.
5. Schwager H, Haushahn T, Neinhuis C, Speck T and Masseleer T. 2010. *Principles of Branching Morphology and Anatomy in Arborescent Monocotyledons and Columnar Cacti as Concept Generators for Branched Fiber-Reinforced Composites*. Adv. Eng. Mater. 12: B695-698.

Projektpartner:



Finanzierung:

