

# Bambus als Vorbild für ultraleichte, dünnwandige stabförmige Betonhohlbauteile

## Ultra-lightweight Concrete Members Inspired by Bamboo

*Empelmann, Martin; Sawicki, Patricia*

### Abstract

Bamboo is an exceptional product of evolution: Its culms are able to reach a height of more than 30 m only having diameters of 12 cm. This remarkable slenderness results from the efficient anatomical structure of bamboo. On the one hand bamboo is very lightweight and elastic due to cavities; on the other hand it possesses a high stability as a result of rigid diaphragms. Within the approach of "Concrete light", bamboo provides an excellent archetype for ultra-lightweight concrete members.

### 1 Einführung

In dem interdisziplinären Forschungszweig der Bionik werden innovative Lösungsstrategien für technische Problemstellungen aus geeigneten Analogien der Natur entwickelt. Im Hinblick auf nachhaltiges und ökologisches Bauen stehen die Reduzierung von Eigengewicht und ein optimierter Materialeinsatz im Vordergrund. Gerade bei schlanken Druckgliedern wird dabei der Stabilitätsnachweis als untere Schranke maßgeblich.

Ein eindrucksvolles Vorbild für sehr schlanke Hohlstützen findet man jedoch in der Natur: Mit der für bauliche Zwecke bevorzugten Bambussorte *Guadua angustifolia* können erstaunliche Bauwerke geschaffen werden, wie der Bambus-Pavillon des Architekten Simon Velez (Kolumbien) auf der Expo 2000 zeigte.



BILD 1 Bambus-Pavillon auf der EXPO 2000

Innerhalb des Schwerpunktprogramms "Leicht Bauen mit Beton" (SPP 1542) ist das Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB), Fachgebiet Massivbau, der TU Braunschweig mit dem Teilprojekt "Ultraleichte, dünnwandige stabförmige Betonhohlbauteile" beteiligt, in dem das Trag- und Bruchverhalten von bambusähnlichen Betonstützen optimiert wird.

### 2 Bambus

Bambuspflanzen, die zu der Familie der Gräser gehören, können bei Durchmessern von ca. 12 cm eine Höhe von über 30 m erreichen. Diese außergewöhnliche Schlankheit wird durch die effiziente Struktur der Bambuspflanze ermöglicht.

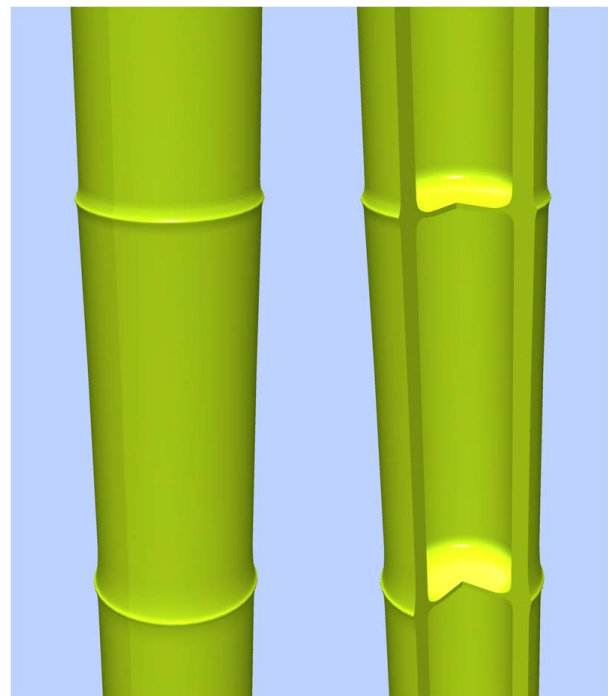


BILD 2 Struktur der Bambuspflanze

Jeder Bambushalm gliedert sich in einzelne Segmente (Internodien), die über flache Knoten (Nodien) verbunden sind. Die Wandung der Internodien hat eine Stärke von nur 1 bis 2 cm und ist in Längsrichtung mit Fasern durchzogen, durch die sowohl die charakteristische Här-

te als auch die ausgeprägte Elastizität des Bambushalms begründet sind. Ferner sorgen die dünnen Scheidewände der Nodien für eine zusätzliche Aussteifung der Bambuspflanze.

Einen grundsätzlichen quantitativen Zusammenhang zwischen Durchmesser, Wandstärke und Nodienabstand gibt es nicht, da die Ausbildung auch durch die äußeren Umstände während der Wachstumsphase vorgegeben wird. Allerdings zeigt das Vorbild aus der Natur deutlich, dass die Abstände der Nodien über die Länge des während des Wachstums teleskopisch ausfahrenden Stängels dem Bauprinzip „Form follows force“ folgen, da die Nodienabstände am Fuße des in den Boden elastisch eingespannten Halms deutlich enger als im weiteren Verlauf angeordnet sind.

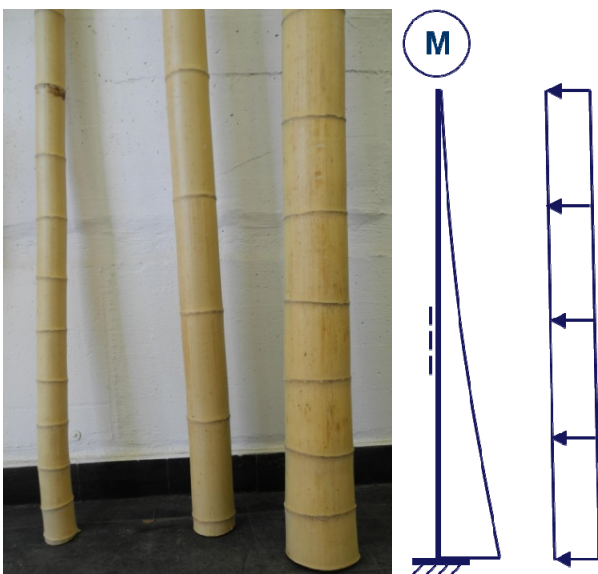


BILD 3 Bambus nach dem Prinzip „Form follows force“

### 3 Druckversagen der Bambushalme

In einer Versuchsreihe wurden am iBMB Teilstücke mehrerer Bambusstangen mit Durchmessern von 8 bis 14 cm in zentrischen Druckversuchen bis zum Bruch belastet, um die grundsätzliche Versagensform zu untersuchen. Dabei wurde bei den Versuchskörpern die Lage der Nodien variiert, so dass auch Teilstücke ohne Nodien bzw. mit nur außen- oder nur innenliegenden Nodien geprüft wurden.

Auffallend war bei allen Versuchskörpern das lamellenartige Bruchverhalten, das reines Quersugversagen erkennen lässt. Vor dem Bruch war ein ausgesprochen duktiler Verlauf zu erkennen, welches durch ein deutliches Plateau im Last-Verformungsdiagramm angezeigt wurde.



BILD 4 Bambus nach Druckversuch

Die Anzahl und Verteilung der Nodien zeigte dagegen in dieser Versuchsreihe keinen Einfluss auf die Höhe der Traglast, da bei zentrischen Druckversuchen lediglich die Querschnittstragfähigkeit maßgeblich wird. Die versteifende Wirkung der Nodien kommt erst bei Einflüssen aus Theorie II. Ordnung oder bei exzentrischer Normalkraft bzw. Momenteneinwirkung zum Tragen.

### 4 Bambusähnliche Stützen aus Beton

Grundsätzlich ist der Querschnitt eines Kreisringzylinders für die postulierten Ziele des materialsparenden Bauens gut geeignet, da die Gewichtsersparnis gegenüber einem Vollquerschnitt enorm ist, während die Biegetragfähigkeit aufgrund des auf den Rand konzentrierten Materials deutlich weniger verringert ist. Die zusätzlichen Nodien erhöhen darüber hinaus die Knick- und Beulfestigkeit der schlanken Strukturen.

Um das Tragprinzip des Bambus auf den Beton übertragen zu können, wird im Innern einer runden Stützenschalung als verlorene Schalung ein Kern aus PU-Schaum eingesetzt, der eine Wandstärke von ca. 2 cm erzeugt. Zur Gestaltung der Nodien werden in den Kern Querschotte eingefräst, deren Anzahl und Ausbildung individuell angepasst werden können. Zukünftig ist angestrebt, ein geeignetes Bewehrungskonzept zu entwickeln, das im Zug- und Druckbereich annähernd gleiche Tragfähigkeiten erlaubt.