

## ... und Beton schwimmt doch!



### Spanner

Gewicht : 56 kg  
Wandstärke : 2- 5 mm

7. Deutsche Betonkanu-Regatta 1998  
Fühlinger See Köln

2. Platz Konstruktion

## Konstruktionsbericht



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

### Vorwort

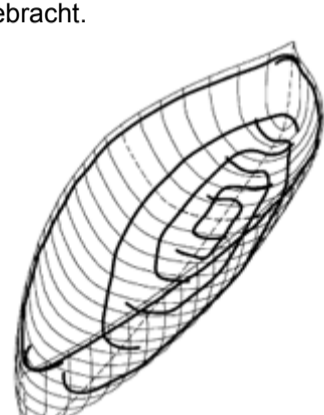
Wir, das BetonbootTeam der Fakultät Bauingenieurwesen der TU Dresden, hatten uns entschlossen, an der 7. Deutschen Betonkanu-Regatta in Köln und dem BETONKANORACE 1998 der Hogeschool van Amsterdam teilzunehmen. So wurde der Bau von drei Booten der Kanuklasse geplant. Mit unserem dritten Boot "Spanner" versuchten wir erstmalig, randversteifte, dünnwandige Segmenten miteinander lösbar zu verbinden. Dies vereinfacht einerseits den Transport, andererseits ist es dadurch möglich, das Boot vorzuspannen. Die einzelnen Schalen (Segmente) werden durch die Spanglieder überdrückt (vorgespannt). Dadurch minimiert sich die Rißbildung im Zugbereich und die Wasserdurchlässigkeit der dünnen Schalen wird erhöht.



spanner - mit überhöhten Spannkanälen

### Segmentbauweise

Die Tragwirkung der vier einzelnen Segmente wird über ihre räumliche Krümmung (Schalenwirkung) und die aussteifenden Randglieder erzielt. Nach dem Aufbringen der Vorspannung wirken alle Segmente zusammen. Dadurch entsteht eine dünnwandige Schale aus Feinbeton mit einem ausgesteiften Randwulst. Der konzentrierte Lasteintrag durch die Bootsbesatzung wird durch die am Boden eingelegten Auftriebskörper aus Schaumpolystyrol als quasi flächige Belastung auf die Schale aufgebracht.



Durch die bewehrten Feinbetonrippen über den Spangliedern wird ein Abreißen der Spanglieder unter Last verhindert.

Das Aufbringen Vorspannung erfolgt über vier Spangliedellipsen. Die Oberste befindet sich am oberen Rand, die anderen im Boden des Bootes. Die konstruktive Umsetzung einer Spangliedellipse erfolgt durch zwei Spanglieder, die annähernd symmetrisch zur Längsachse des Bootes verlaufen und deren Enden sich wechselseitig mit einem Versatz kreuzen.

An die Spannritze ist an einem Ende eine Spannschraube angelötet, das andere Ende wird in die Spannkanäle eingefädelt und mittels eines Klemmfutters an der Austrittsstelle kraftschlüssig blockiert. Die Spannkraft wird durch Aufdrehen einer Mutter auf die Spannschraube erzeugt. Die Aufnahme der konzentrierten Betondruckkraft erfolgt an massiven, isenartigen Elementen.



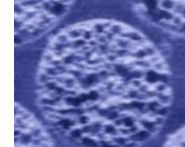
Die Spannschrauben, die Klemmfutter und die Ankerplatten wurden eigens für das Boot entworfen, getestet und gebaut. Die Hüllrohre haben einen Außendurchmesser von 4,0 mm und sind innenseitig mit einer Teflon-Gleitschicht versehen. Die Spannritze hat einen Durchmesser von 1,5 mm.



### Bootsform

Die Erfahrungen unserer Vorgänger führten uns zu dem Entschluß, auch dieses Jahr ein Boot zu bauen, bei welchem die Sportler einen möglichst großen Sitzabstand haben, damit ein großer wirksamer Hebelarm für Wendungen zur Verfügung steht. Weiterhin sollte eine sportliche Formgebung in Anpassung an die Bedingungen des Betonbootbaus erzielt werden.

Als Grundlage der zu überarbeitenden Geometrie wurden die Daten eines C2-Kanadiers des Institutes für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten (FES) in Berlin verwendet. Diese Ausgangsform wurde in Länge und Breite den Erfordernissen des Betonbootbaus mit Hilfe eines eigens dafür geschriebenen Computerprogrammes angepaßt.



### Betonprojektierung (geheim)

Als Zuschlag verwendet wird Liaver, ein Blähglas-Produkt aus Recyclingglas, hergestellt nach einem in limenau/Thüringen entwickelten und patentierten Verfahren. Liaver ist leicht, druckfest, formstabil und kann vollständig und problemlos recycelt werden. Mit diesem Zuschlag sind Betondichten von 1,5 bis 1,8 g/cm<sup>3</sup> möglich.

### Schalung

Für die Schalung des Kanus wählten wir eine Negativschalung aus Holz. Zu deren Herstellung wurden die Spantenrisse nach einem CAD-Plott aus Schalplatten gesägt und auf drei ca. 4,5 m langen Bohlen, die als Schnürboden dienen, fixiert.



In der Längsachse ist das „Kielschwein“ halbiert und über die gesamte Länge des Bootes miteinander verschraubt. An die „Kielschweinhälften“ wurden die mittig aufgesägten Spanten angeschraubt und der Spant Nummer 9 doppelt ausgeführt. Die Schalung ist somit längs und quer zur Längsachse in vier Viertel teilbar. Die Innenseiten der Spanten wurden wegen der mehrfachen Krümmung der Form nachgearbeitet, um später ein einfacheres Anbringen der Schalleisten zu gewährleisten.

So konnten die ca. 3 mm dicken und 15-30 mm breiten Schalleisten problemlos auf das Schalgerüst gelegt, verleimt, vernagelt und der Überstand an den Außenkanten sauber abgesägt werden. Im oberen Randbereich ist eine Abschlussleiste für den Randwulst auf der Schalung befestigt.



### Bewehrung

Zur Bewehrung der dünnwandigen Schale wurden triaxiale textile Gewirke aus Endlosfasern aus dem sächsischen Textilforschungsinstitut Chemnitz e.V. eingesetzt. Bei diesem Gelege ist der Kettfaden als Hauptbewehrungselement besonders kräftig ausgebildet und außerdem umgürtet. Die im Winkel von je 60° liegenden Diagonal-Schüsse enthalten ca. 12,5% der Fasermenge des Kettfadens und sind an den Kreuzungen mit dem Kettfaden eingefasst. In der Hauptrichtung sind 2400 tex, in den Diagonalen 300 tex eingelegt (1tex = 1g/km Länge). Die verwendeten Rovings bestehen aus alkaliresistenter Glasfaser. Die verwendeten Gewirke hatten eine Breite von 1,5 m bei beliebiger Länge.



Jedes der vier Segmente enthält eine einlagige Hauptbewehrung. Unter dieser Bewehrungslage liegen die Hüllrohre der Spanglieder, die durch einen schmalen Bewehrungsstreifen auf der Außenseite gesichert werden. Die über jedem Spanglied verlaufenden Rippen entstehen durch das Einbetonieren eines biegeweichen gerippten Kunststoffrohres. Dieses Rohr dient sowohl der Formgebung als auch der Gewichtseinsparung. Zur Aufnahme der Schubkräfte zwischen Rippe und Bootswand ist über das Rohr eine weitere Bewehrungslage eingelegt und mit der Hauptbewehrung der Schale auf ca. 5 cm verankert.

### Betonvorgang

Mit einer eigens für die Boote angefertigte Betonspritze wurde zuerst eine ca. 1 mm dicke Feinbetonschicht auf die vorher mit Trennmittel beschichtete Form gespritzt und die Hauptbewehrung mit den Spannkanälen einglegt.



Nachdem die Rippen und Verankerungsbereiche geformt und hergestellt waren, wurde eine weitere 1 mm starke Feinbetonschicht auf das gesamte Segment aufgespritzt und der Randwulst betoniert.

Die vier Segmente wurden nacheinander an einem Tag betoniert. Je Viertel wurden etwa 1,5 h für die Betonage benötigt

Durch die Überlappungen aufgrund der Abmessungen der Matten und der Einschnitte sind in einigen Bereichen drei Bewehrungen zu finden. Außerhalb dieser Zonen erreichen wir bei unserer Boot eine Wandstärke von 3 mm.

### Ausschalen und Nacharbeiten

Als Fehlschlag erwies sich die Verwendung gelber Pigmente in einem Viertel des Bootes. Dieses Zusatzmittel verhinderte vermutlich die Ausbildung wesentlicher Hydrationsphasen des Frischbetons, selbst nach 3 Tagen war bis auf ein geringes Ansteifen kein Festigkeitszuwachs zu beobachten. Aus diesem und optischen Gründen gaben wir bei der Nachproduktion dieses Segmentes keine Farbpigmente bei.



## Sponsoren

