

# Entspannen auf Hochofenzement: Der Beitrag der TU Dresden zur 12. Deutschen Betonkanu-Regatta

Von Otmar Hersel, Wiesbaden

## 1 Einleitung

Am Baldeneysee, einem der beliebtesten Naherholungsgebiete der Stadt Essen, fand am 19. und 20. Juni 2009 die 12. Betonkanu-Regatta statt, **Bild 1**. Mehr als 900 Studenten, Schüler und Auszubildende waren dabei und feuerten zusammen mit den zahlreichen Zuschauern ihre Wettkämpfer in den Kanus an. An den Start gingen 36 Damen- und 67 Herrenmannschaften. Mit insgesamt 65 Wettkampfkanus kämpften sie auf einer rund 350 m langen Wasserstrecke um den Sieg.

Auch die „Offene Klasse“ – frei nach dem Motto „Ist aus Beton und schwimmt“ – war mit zwölf ausgefallenen und spektakulären Wasserfahrzeugen hervorragend vertreten. Neben einem schwimmendem, 800 kg schweren Fußball samt Fußballfeld aus Cottbus, einer impo-

santen Wasserburg mit feuerspeiendem Betondrachen aus Hildesheim, einem stattlichen Wikingerboot mit Betonsegel und gehörnter Besatzung aus Konstanz, einem eleganten Weihnachtsschlitten gelenkt von Weihnachtsmännern und -frauen aus Hannover und einer wasserstrahlgetriebenen Betonrakete aus dem Bayrischen Wald fiel der Beitrag der Studenten aus Dresden dank seiner ausgefallenen Idee und seiner hervorragenden konstruktiven Durcharbeitung besonders auf. Hatten sie in früheren Jahren mit einem (wieder aufgetauchten) Beton-U-Boot bei der Betonkanu-Regatta in Potsdam, einem schwimmendem Laufrad in Heidelberg und einem Tragflächenboot in Hannover teilgenommen, wollten sie sich in diesem Jahr entspannt zurücklehnen und in geselliger Runde mit Grillwürstchen und kühlem Bier an der Regatta teilnehmen.



Bild 1: Sportliches Regatta-Treiben auf dem Essener Baldeneysee

## 2 Konstruktion

Zur Verwirklichung ihrer Idee entwarfen die Dresdner Studenten eine Sitzbank in offener Kreisform mit innen liegenden Sitzflächen für wenigstens neun Personen und einem integrierten Grill als Wasserfahrzeug und benannten es sinnigerweise „entSpannRING“. Bei einem Innendurchmesser von 2,00 m, einem Außendurchmesser von 4,00 m und einer Sitzhöhe von rund 1,20 m wäre ein Transport in einem Stück fast unmöglich. Daher griffen die Studenten auf das bewährte Prinzip der Segmentierung des Rings in neun Hohlelemente mit einer nachträglichen Verspannung zurück. Diese Segmente sollten darüber hinaus frei austauschbar sein und eine „Substruktur“ ermöglichen, wie z.B. Profilierungen für Spannglieder und -schlösser, Sitzmulden sowie Wasserablaufkanäle.

Um das Gewicht des Bootes nachhaltig zu reduzieren und im Hinblick auf die Krümmungen der Segmente für Kreis und Sitzgelegenheiten bot sich die Verwendung von textilbewehrtem Beton an. Damit war eine mittlere Wanddicke von 5 mm bei einem maximalen Gewicht eines Segments von 50 kg realisierbar. Die Aussteifung der durch Wasserdruck und Besatzung belasteten Oberfläche erfolgte durch die räumliche Krümmung der Oberflächen sowie durch zusätzliche Profilierungen.

## 3 Feinbeton und Bewehrung

Der entSpannRING sollte trotz der Leichtigkeit der Konstruktion den Betoncharakter nicht verleugnen. Aus diesem Grunde wurde auf jegliche Farbgebung verzichtet. Nicht verzichten wollten die Studenten aber auf einen schönen hellen und



Foto: TU Dresden

**Bild 2:** Fertiggestelltes Ringsegment mit Beschriftung

gleichmäßigen Grauton der Betonelemente, wie er bei einer Verwendung von Hochofenzementen zu erwarten ist. Für die reliefartige Beschriftung der Segmente mit „entSpannRING“ wurde im Hinblick auf einen ausreichenden Kontrast allerdings der Hochofenzement durch einen Weißzement ersetzt, **Bild 2**.

Um insbesondere die Biegezugfestigkeit des jungen Betons zu erhöhen, wurden dem Feinbeton (**Tafel 1**) mit hohem Gehalt an Hochofenzement CEM III/B 32,5 NW/HS/NA zusätzlich Kurzfasern aus alkaliresistentem Glas zugegeben. Der Beton erreichte so Druckfestigkeiten zwischen 70 N/mm<sup>2</sup> und 80 N/mm<sup>2</sup>.



Fotos: TU Dresden

**Bild 3:** Der Feinbeton wird auf die textile Bewehrung aufgetragen.

**Tafel 1:** Zusammensetzung des Feinbetons der Segmente für je 1 m<sup>3</sup>

	Dichte [kg/dm <sup>3</sup> ]	Masse [kg]	Volumen [dm <sup>3</sup> ]
Zementart und Festigkeitsklasse: CEM III/B 32,5 NW/HS/NA	2,97	539,4	181
Betonzusatzstoff: Mikrosilica Suspension	1,40	53,9	38
Betonzusatzstoff: Flugasche	2,38	242,7	101
Gesteinskörnung: Sand 0–1 mm	2,65	1.078,7	407
Wasser	1,00	242,0	242
<b>Summe</b>		<b>2.156,7</b>	<b>959</b>

Das Betonieren der Segmente erfolgte in vorbereiteten Formen durch schichtenweises Auftragen des Feinbetons in die zuvor eingelegte mehrlagige textile Bewehrung, **Bild 3**. Das biaxiale Gelege aus alkaliresistenten Glasfasern hat eine Maschenweite von 7,5 mm x 14,2 mm und eine Garnfeinheit von 1.200 g/km.

Nach dem Ende der Betonierarbeiten wurden die Segmente drei Tage lang feucht gehalten und anschließend ausgeformt. Die ausgeformten Segmente wurden nochmals sieben Tage lang feucht gehalten, danach erfolgten Nacharbeiten und das Aufkleben von Dichtungsstreifen.



**Bild 4:** Schalungsform aus Glasfaserkunststoff

## 4 Schalung

Als Schalung für die Hohlwandsegmente diente eine Form aus Glasfaserkunststoff (GFK), **Bild 4**. Um die Form abnehmen zu können, wurde zunächst ein Gipsmodell des Segments modelliert, in dem alle geometrischen Merkmale eingearbeitet wurden. Anschließend wurde das Gipsmodell geschliffen, mit Polyesterharz beschichtet, nachgeschliffen und durch Trennfugen am Sitz, Boden und Außenwand dreigeteilt. Die Herstellung der GFK-Formteile erfolgte in drei aufeinander folgenden Laminierprozessen, bei denen nach Auftrag eines ungesättigten Polyesterharzes als „Formengelcoat“, je fünf Schichten Glasfaservlies mit Polyesterlaminierharz aufgebracht wurden.

## 5 Antrieb

Im Hinblick auf eine kontinuierliche Vorwärtsbewegung schieden für den Vortrieb des entSpannRINGS herkömmliche Vorrichtungen (Schaufelräder, Paddel) aus. Die Lösung wurde den Fischen abgeschaut und in einer mittig angebrachten, höhenverstellbaren und biegeweichen Flosse aus



Bild 5: Die Segmente stehen aufgereiht zur Montage bereit.



Bild 6: Stück für Stück wird der Ring zusammengesetzt.

Fotos: VBT/Biedenhofen

Elastomer mit 1.000 mm Länge und 400 mm Breite gefunden. Über ein Handrad im Inneren des Ringes um eine mittig angeordnete Antriebswelle konnten die Studenten im Sitzen bequem eine oszillierende Bewegung der Flosse erzeugen und damit Fahrt aufnehmen. Richtungsänderungen sind durch Drehen der Flosse ebenfalls möglich.

## 6 Verspannung und Montage

Für die Verspannung der Segmente dienten kaltgewalzte Stahldrähte mit 5 mm Durchmesser und einer Festigkeit von 520 N/mm<sup>2</sup>. Die Koppelung der Stahldrähte erfolgte mit handelsüblichen Spannschlössern aus Aluminium-Spritzguss. Dazu musste an den Enden der Drähte ein Rechts- bzw. Linksgewinde aufgeschnitten werden. Die maximale Spannkraft wurde auf 4,3 kN festgelegt.

Es wurden insgesamt vier ringförmig verlaufende Spannglieder eingesetzt, zwei innen liegend und zwei in offenen Vertiefungen an der Außenfläche. Die Endverankerung erfolgte in den Verschlussplatten an den freien Enden der Segmente 1 und 9.

Eine besondere Herausforderung ergab sich bei der schubsteifen, wasserdichten und wieder lösbaren Abdichtung der Fugen der einzelnen Segmente – bei gleichzeitigem Erhalt der unbeschränkten Austausch-

barkeit der Segmente. Erschwert wurde diese Aufgabe durch einen anfangs unerklärlichen uneinheitlichen Verlauf der Fugenbreiten von 0 bis 12 mm, der beim Zusammenfügen der Segmente festgestellt wurde. Da bei der Herstellung der Gipsform für die Schalung der Segmente nachweislich die Randflansche eben ausgebildet waren und die Schwindverkürzung des Feinbetons in diesen Größenordnung nicht auftritt (maximales Endschwindmaß ca. 1,8 mm/m), richtete sich das Augenmerk auf die GFK-Formen. Und hier wurde man fündig: Offensichtlich unterlagen die GFK-Formen nicht erwarteten Verkürzungen, die dort besonders groß waren, wo keine oder eine nur geringe Aussteifung durch Glasfasermatten erfolgt war.

Aber auch hier fanden die Studenten aus Dresden eine Lösung: Schläuche von Rennfahrrädern dichteten zusammengeklebt und schwach aufgepumpt die unterschiedlichen Breiten der Fugen hervorragend ab.

## 7 Regatta und anschließende Verwendung

Nach der anstrengenden Konstruktions- und Erstellungs-Phase wurden die Studenten mit einem reibungslosen Ablauf bei der Regatta (Bilder 5 bis 7) belohnt: Die Montage des Segment-Rings verlief ohne Probleme, er schwamm trotz des

Gesamtgewichts von ca. 470 kg plus Besetzung unfallfrei und zum krönenden Abschluss gewann das Team noch den 3. Preis in der Kategorie „Offene Klasse“.

Doch was soll nach der Betonkanu-Regatta mit dem Wasserfahrzeug geschehen? Das übliche Schicksal, als „Blumenkübel“ oder „Abfallcontainer“ eingesetzt zu werden, wollten die Studenten ihrem Werk ersparen. Sie konzipierten aus diesem Grunde den entSpannRING so, dass er auch auf dem Trockenen als „Kommunikationsinsel“ für kommende Studentengenerationen dienen kann. Ein gemütliches Plätzchen dafür wird noch gesucht. Zur Aufbesserung des Etats für den Bootsbau wird allerdings auch darüber nachgedacht, den entSpannRING zu verkaufen.

## 8 Literatur

- [1] Butler, Marco et al.: Konstruktionsbericht entSpannRING der TU Dresden, Juni 2009



Bild 7: Entspanntes Schwimmen auf dem See

Foto: BetonBild



