

Konstruktionen - Baustoffe - Bautechniken

## Siebte Deutsche Betonkanu-Regatta 1998

Edwin Bayer, Wiesbaden

*Im Vorfeld der Ruderweltmeisterschaften war die Sportanlage Fühlinger See in Köln am 19. und 20. Juni 1998 Austragungsort der siebten Deutschen Betonkanu-Regatta, an der sich 26 Ausbildungszentren, Fachschulen, Technikerschulen und Hochschulen mit 40 Betonkanus und 70 Teams beteiligten (Bild 1). Die von den Teilnehmern selbst konzipierten, konstruierten, gefertigten und im Wettbewerb an den Start gebrachten Kanus zeigten die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten des Baustoffs Beton für eine ungewöhnliche „Baufaufgabe“ auf. Dieser Beitrag berichtet über Neuerungen und Besonderheiten der '98er Betonkanu-Generation, kommentiert den aus dem Vergleich mit den Vorjahren abgeleiteten Trend und stellt u.a. die drei erstplatzierten Kanus des Wettbewerbs „Konstruktion“ vor.*

### 1 Konstruktionsidee und Konstruktionsbericht

Die Konstruktionsidee, die Bautechnik, die Auswahl von Bewehrung und Betonzusammensetzung sowie das handwerkliche Können bei der Herstellung der Kanus stehen im Vordergrund der Veranstaltung, bei der die angehenden Ingenieure, Techniker und Facharbeiter in kreativer Weise den Baustoff Be-

ton erforschen. In einem Konstruktionsbericht, der auch als Grundlage für die Auslobung der Preise für die beste Bauausführung dient, müssen der Planungs- und Bauablauf und die begleitenden Material- und Ausführungstests dokumentiert werden. Dabei werden vielfach bekannte Konstruktionsideen weiterentwickelt und neue Ideen, Baukomponenten und Ausführungstechniken gesucht

und getestet, die sich z.T. an den neuesten wissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen orientieren.

In diesem Zusammenhang sind einige Hinweise zu dem Begriff Konstruktionsidee und zum Konstruktionsbericht angebracht. Die Konstruktionsidee ist das gewählte übergeordnete Grundprinzip für die Kanukonstruktion und die i.d.R. damit verbundene Ausführungstechnik: sei es z.B. die Herstellung in einer sorgfältig geglätteten Außenschalung in Spachteltechnik, um ohne nachträgliche Bearbeitung eine porenfreie, glatte Oberfläche zu erzielen oder die Formgebung durch Auffalten von eben hergestellten Platten mit über die ausgesparten Fugen durchgehender Mattenbewehrung oder die Formung der noch frischen auf ebener Schalplatte hergestellten Bootswandung in einer Außenschalung. Die Konstruktionsidee entscheidet nicht nur über die Bauausführung und die Auswahl der Baustoffe, über die Art der Schalung, die Wahl der Bewehrung – Matten, Gitter, Faserstränge oder kurze Fasern –, sondern auch über die Betonzusammensetzung und die Art des Betonierens.

Der Konstruktionsbericht als Teil des Wettbewerbs soll den Bau von der ersten Idee bis zum fertigen Kanu in den einzelnen Schritten beschreiben und begründen und möglichst mit erläuternden Skizzen, ggf. mit Hinweisen auf Vorversuche und begleitende Tests für die Jury nachvollziehbar machen. Die Beurteilung der Jury basiert zum einen auf dem im Bericht zusammengestellten technischen Daten, Erläuterungen, Skizzen und Fotos und zum anderen auf der Begutachtung des Kanus vor Ort, auf dem Gespräch mit den Teilnehmern, auf der Übereinstimmung von Bericht und Wirklichkeit bis hin zur Wasserlage und Renntauglichkeit. Ein vollständiger und gut abgefaßter Konstruktionsbericht ist die notwendige Voraussetzung für die fachgerechte Beurteilung.

### Der Autor:

Prof. Dr.-Ing. Edwin Bayer studierte an den Technischen Universitäten Karlsruhe und Darmstadt und war von 1963 bis 1969 als wissenschaftlicher Assistent am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Darmstadt tätig. Nach mehrjähriger Tätigkeit in einem Consulting-Büro auf internationaler Ebene ging er 1973 zum Bundesverband der Deutschen Zementindustrie. Prof. Bayer ist Leiter der Bauberatung Zement Wiesbaden, Honorarprofessor der TU Darmstadt und Initiator der Deutschen Betonkanu-Regatta.



Bild 1: Betonkanus '98 am Fühlinger See

Foto: Schönig

Die Ergebnisse der Wettbewerbe „Konstruktion“ und „Gestaltung“ sind in den Tafeln 1 und 2 zusammengefasst.

## 2 Bautechniken und Baustoffe im Überblick

Der tragende und raumabschließende Baustoff für Betonkanu ist ein bewehrter und wasserundurchlässiger Feinbeton, meistens mit einem Größtkorn von kleiner 1 mm. Der Einfachheit halber wird in den weiteren Ausführungen, wie schon bisher, dafür der Begriff Beton verwendet.

In den Veröffentlichungen [3] und [4] sind die eingesetzten Schalungen, Bewehrungen und Ausführungstechniken aller Betonkanus seit 1986 in Tafeln aufgeführt. Die Daten wie auch die Kanugewichte und Wanddicken werden in diesem Bericht fortgeschrieben und durch 1998 neu eingesetzte Baustoffe bzw. Bautechniken ergänzt. Zusammen mit den 40 in Köln gestarteten Betonkanus sind damit alle rund 230 Kanus er-

faßt, die seit der ersten Regatta im Jahre 1986 niemals teilnahmen.

In diesem Jahr wurde das Kanu „INOX FEinstein“, Fachhochschule Frankfurt, für die Optimierung eines neuartigen Verfahrens, bei dem die Außenschalung aus glasfaserverstärktem Kunststoff und die Innenschalung aus heißgeformten PVC-Platten bestand, mit dem ersten Preis ausgezeichnet. Dabei diente ein Edelstahlwollevlies als Bewehrung. Die Herstellung des Kanus erfolgte durch Injektion der zwischen beiden Schalungen eingebauten Bewehrung mit Zementsuspension. Platz 2 belegte das Kanu „Spanner“, Technische Universität Dresden. Das Kanu besteht aus vier dünnwandigen (4,5 mm) Leichtbeton-Segmenten mit Randverstärkungen. Die Vorspannung erfolgte mit Litzen; zur Aussteifung verlaufen über den Spannkanälen Betonrippen. Als schlaife Bewehrung dienen ein triaxiales Textilgewirk und Glasfaserstränge. Der Kanadier „sowieso“ der Fachschule für Bautechnik München, der in einer viertei-

ligen, kippbaren Außenschalung hergestellt wurde, kam auf Platz 3. Durch die aufwendig gefertigte und sorgfältig bearbeitete Schalung wurde eine hohe Oberflächenqualität erzielt. Der durchgefärbte Beton (i.M. 5,3 mm dick) ist mit Glasfasergelege und Glasfasergewebe bewehrt.

## Schalung

Die Arten der verwendeten Schalungen zeigt Tafel 3. Seit 1994 dominiert klar die Außenschalung, die der vom Wasser benetzten Oberfläche des Kanus die Form und Oberflächenstruktur gibt: Ausgehend von 30 % der Kanus im Jahre 1986 stieg deren Anteil stetig mit rd. 40 % in 1988/1990, 50 % in 1992 auf 70 % in 1994/1996, mit Zuzählung der ebenen Schalplatten sogar auf 80 %. 1998 lag der Anteil bei 60 % bzw. einschließlich ebener Schalplatten und zweier noch zu beschreibender Schalungstechniken bei 75 %.

Erstmals wurden auch doppelwandige, im Betonbau übliche zweihüftige Schalungen

Tafel 1: Ergebnisse des Wettbewerbs „Konstruktion“

1.	„INOX FEinstein“	Fachhochschule Frankfurt/Main
2.	„Spanner“	Technische Universität Dresden
3.	„sowieso“	Fachschule für Bautechnik München
4.	„Der weiße Riese“	Technische Universität Darmstadt
5.	„Fisherman's Friend“	Technische Universität Darmstadt
6.	„Athene“	Technische Universität Darmstadt
7.	„Betunzel“	Fachhochschule Deggendorf
8.	„Blaues Wunder“	Technische Universität Dresden
9.	„irgendwie“	Fachschule für Bautechnik München
10.	„Betonya“	Fachhochschule Köln
11.	„WiMagie“	RW Technische Hochschule Aachen
12.	„Elbatros“	Hochschule für Technik und Wirtschaft (FH) Dresden

Tafel 2: Ergebnisse des Wettbewerbs „Gestaltung“

1.	„sowieso“	Fachschule für Bautechnik München
2.	„Blaues Wunder“	Technische Universität Dresden
3.	„Elbflorenz“	Überbetriebliches Ausbildungszentrum Dresden
4.	„Athene“	Technische Universität Darmstadt
5.	„Kenterli“	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
6.	„Buddelkudder“	Universität Rostock, Außenstelle Wismar

Tafel 3: Übersicht für Schalungs-/Ausführungstechniken der Wettkampfkanus

Ausführungstechnik	Betonkanu-Regatta		
	1994	1996	1998
Anzahl der Betonkanus	47	45	40
Innenschalung (Positiv-Schalung)	11	5	5
Außenschalung (Negativ-Schalung)	32	32	25
Betonieren auf ebener Schalplatte (Faltsystem)	3	4	4
Folienschalung („shaping by lifting“)	-	-	1
Doppelwandige Schalung	-	-	2
Freitragender Bewehrungskorb	1	1	1
steinmetzmäßig aus Porenbetonblock gemeißelt	-	-	1
sonstige, keine Angaben	-	3	1

Tafel 4: Übersicht über verwendete Bewehrung, Zuschläge und Zusatzstoffe (bei Kombinationen Mehrfachnennung)

Bewehrung (bei Kombinationen Mehrfachnennung)	1994	1996	1998
Bewehrungskorb + Maschendraht	2	3	1
Bewehrungskorb + Glasfasergewebe	-	3	-
Stahldraht	-	-	1
Stahlilitzen	-	-	3
Maschendraht	8	-	-
Stahlfasern	-	-	2
Edelstahlfasermatten (Stahlwollevlies)	-	-	1
Glasfasern	9	16	10
Glasfaserstränge	-	-	4
Glasfaserstrangmatten	-	-	3
Glasfasergewebe/-gittermatten	25	22	24
Glaswirrfasermatten	3	-	5
Kunststofffasern	6	4	1
Kunststofffasergewebe	8	10	6
Kohlefaserlamellen (Sika-CFK-Lamellen)	-	-	1
Kohlefasergerirke	-	1	-
Verwirktes multiaxiales Gelege (WIMAG) aus Glasfaser- und Kohlefasersträngen	-	-	1
Hybridfasermatten (Sigratex PDL 9018)	-	-	1
Naturfasergewebe (Jute, Sisal, ...)	-	1	-
<b>Feinbeton</b>			
Leichtzuschläge (Blähton, Blähglas, Kork, Hohlkugelkorund, Polystyrol-Hohlkugeln)	21	8	15
Sand, Quarzsand	18	30	21
Zementleim („pur“)	-	3	2
Porenbeton	1	-	1
Fertigmörtel	5	3	3
Schaumbeton	1	-	-
Recyclingsand	-	5	5
<b>Zusatzstoffe</b>			
Silicastaub	14	20	20
Polymerdispersion	7	7	3
Farbpigmente	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	12 <sup>2)</sup>
Betonkanus ohne Anstrich (d.h. unbehandelt)	- <sup>1)</sup>	- <sup>1)</sup>	23

<sup>1)</sup> vor 1998 nicht erfaßt / <sup>2)</sup> schwarz, blau, grün, rot, orange, gelb, weiß



Bild 2: Verwirktes multiaxiales Gelege (WIMAG) aus alkaliresistenten Glasfaser- und aus Kohlefasergarnen (Kanu „WiMagie“) Foto: Jochim



Bild 3: Glasfasern: Rovingmatte, wasserlöslich verleimte Matte (Kanu „Flotter Goethe“) Foto: Jochim

Tafel 5: Gewichte der Kanus

Gewichtsbereich	1994	1996	1998
	Anzahl der Betonkanus		
	47	45	40
25 – 50 kg	1	4	11
> 50 – 75 kg	7	13	8
> 75 – 100 kg	13	9	7
> 100 – 150 kg	16	13	9
> 150 – 250 kg	9	5	5
> 250 kg	1	–	–
kleinstes Gewicht in kg	47,0	38,5	27,4
kleinstes Gewicht in kg/m	9,5	7,9	6,07
größtes Gewicht in kg	253	189	217,2
größtes Gewicht in kg/m	– <sup>1)</sup>	– <sup>1)</sup>	53,3

<sup>1)</sup> vor 1998 nicht erfaßt

beim Kanubau eingesetzt: Außen- und Innenschalung wurden so montiert, daß sich gemittelte Wanddicken von knapp 10 mm bzw. 15 mm ergaben. Über die Kanus „INOX FEinstein“ (FH Frankfurt) und „Betunzel“ (FH Deggendorf) wird in Abschnitt 3 ausführlich berichtet.

Eine weitere Neuerung war die Verwendung einer Baufolie, in der die frisch betonierete Kanuschale hängend aushärten konnte; nähere Angaben dazu ebenfalls in Abschnitt 3.

Zum zweiten Mal (nach 1986) wurde ein Kanu aus Porenbeton präsentiert, das steinmetzmäßig aus einem Porenbetonblock gemeißelt wurde, in den der vorgefertigte Bewehrungskorb eingebettet war: Die „Betonya“ der Fachhochschule Köln. Dieses Kanu benötigte ausnahmsweise keine Auftriebskörper, da die Rohdichte des Porenbetons ausreichend weit unter 1,00 kg/dm<sup>3</sup> lag und der Auftrieb damit größer war als sein Gewicht.

## Bewehrung

Bewehrungstextilien sind auch bei den Betonkanus auf dem Vormarsch. Als Material werden vor allem Glasfasern, aber auch Kunststoff- und Kohlefasern – z.T. in Kombination – verwendet (Tafel 4). Seit 1996 kommen zunehmend auch spezielle Gewebe, Gewirke und Gelege mit definierter Ausrichtung der Bewehrung aus Glas- und Kohlefasergarnen zur Anwendung (Bild 2).

Die Offenheit der Textilien für die Ein- bzw. Durchdringung des Betons, die hohe Formstabilität und Verschiebefestigkeit der Textilstruktur sowie die gestreckte Lage der Bewehrungsstränge [5] sind auch für die Stabilität und Rissfreiheit der extrem dünnwandigen Kanus günstig. Neben Glasfasersträngen als gerichtete Zusatzbewehrung (Bild 3) für Glasfaserbeton wurde erstmals eine Edelstahlfasermatte (Edelstahlwollevlies) als Bewehrung verwendet (s. Abschnitt 3).

## Zuschläge, Zusatzstoffe

Der Trend zum Leichtbeton zeigte sich auch auf der siebten Betonkanu-Regatta. 50 % der Kanus setzten Recyclingsand, i.d.R. aus Bläh-

glas, ein. Ebenfalls bei der Hälfte der Kanus wurde Silicastaub zugegeben (Tafel 5). Hier sollte in aller Regel die Betonfestigkeit gesteigert werden. Angedeutet wurde auch der positive Einfluß des „Klebeeffekts“ und des guten Zusammenhalts: Bei der üblichen Spachtelmethode wird die Einarbeitung des Betons in die Bewehrungsmatten und -gitter in den vertikalen Bereichen der Schalung dadurch erleichtert. Auffallend ist der Trend zu Farbpigmenten. Während bisher nur wenige Kanus zur Farbgebung durch gezielte Zementauswahl oder vereinzelt durch Pigmente aufwarteten, waren es diesmal gleich 30 % der Kanus, die sich in allen Farben des Regenbogens präsentierten. Dazu paßt, daß weit über die Hälfte der Kanus an der Oberfläche völlig unbehandelt waren.

## Gewichte und Wanddicken

Absolute Gewichte (Tafeln 5 und 6) sagen bei den Betonkanus wenig aus, da die Länge zwischen 4 m und 6 m variieren darf. Ähnliches gilt für die Wanddicken; hier können die Rohdichten unterschiedlich sein, oft schlagen auch massive Queraussteifungen und Verstärkungen am Kanurand und im Kielbereich durch.

Das Prädikat „leichtestes Kanu“ erhielt „Yellow Submarine (YES)“ der Universität Leipzig mit 6,07 kg/m (Gewicht 36,40 kg bei 5,99 m Länge) vor dem Kanu „Blaues Wunder“ der TU Dresden, das mit 27,40 kg Gesamtgewicht bei nur 4,08 m Länge auf 6,71 kg/m kam. Das größte Gewicht brachte das Porenbeton-Kanu „Betonya“ mit 53,30 kg/m auf die Waage.

Die kleinste mittlere Wanddicke erreichten mit jeweils 3 mm zwei Dresdner Kanus: „Festung Königstein“ des Berufsförderungswerks des sächsischen Bauindustrieverbands und „Blaues Wunder“ von der Technischen Universität Dresden.

## 3 Bautechniken im Detail Zwei Kanus in doppelwandiger (zweihüftiger) Schalung gebaut

Der Erfolg des Betonkanus „INOX FEinstein“ begründete sich aus der Kombination von anspruchsvoller Aufgabenstellung und zündendem Einfall. Die Aufgabe: Entwicklung eines neuen Konstruktions- und Fertigungsverfahrens für dünnwandige, wasserundurchlässige Betonschalen; die Idee: Herstellung eines Kanus aus „Stahlbeton“ im Injektionsverfahren.

Für die Umsetzung war zunächst eine doppelwandige Schalung erforderlich. Es waren also Innen- und Außenschalung zu bauen, die zudem die optische Kontrolle des Injektionsvorgangs und Ausbreitung des Injektionsguts ermöglichen sollte (Bild 4). Die Materialanforderungen hierfür waren: durchsichtig, warm und nach dem Erwärmen für eine ausreichend lange Zeitspanne formbar, ausreichende Festigkeit, Möglichkeit stabiler Verbindung einzelner Segmente durch Schweißen bzw. Heißkleben, erschwinglicher Preis. Diese Anforderungen erfüllten 5 mm dicke, klare Hart-PVC-Platten. Für die paßgenaue Formgebung wurden ca. 40 cm breite PVC-Streifen im Klimaofen erwärmt und quer zur Kanulängsachse in die bereits fertiggestellte Außenschalung exakt positioniert eingelegt, fixiert und verschweißt. Dabei diente 40 mm dicker mit Zementleim getränkter Schaumstoff als Abstandhalter.

Die Bewehrung – ein 4 mm dickes, dreidimensional strukturiertes Edelstahlwollevlies (900 g/m<sup>2</sup>) – wurde in zwei Lagen kreuzwei-

Tafel 6: Gemittelte Wanddicken der Betonkanus

gemittelte Wanddicke <sup>1)</sup>	1994		1996		1998	
	Anzahl	Anteil in %	Anzahl <sup>2)</sup>	Anteil in %	Anzahl	Anteil in %
≤ 6 mm	10	21	15	36	13	33
> 6 – 8 mm	10	21	9	21	7	17
> 8 – 10 mm	5	11	6	14	8	20
> 10 mm	22	47	12	29	12	30
kleinste mittlere Wanddicke	3,75 mm		3,00 mm		3,00 mm	

<sup>1)</sup> aus vier Einzelmessungen / <sup>2)</sup> Daten nur von 42 Kanus vorhanden

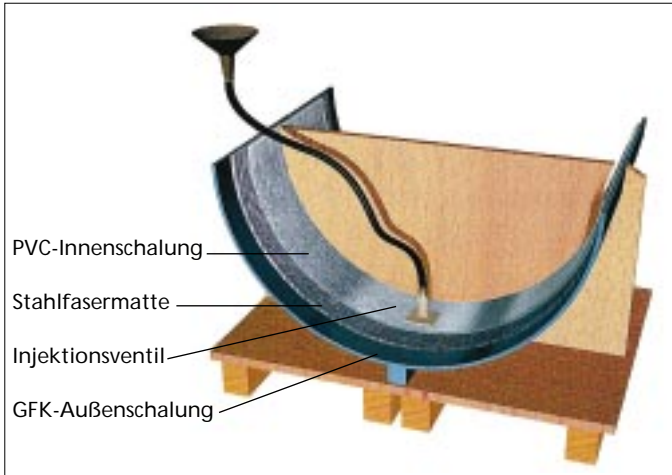


Bild 4: Prinzipskizze des Schalungsaufbaus des Kanus „INOX FEinstein“  
Graphik: Anyz



Bild 5: Edelstahlwollevlies zwischen Außen- und Innenschalung; Injektionsventile in der Innenschale montiert  
Foto: Lorenz

se übereinander und mit einer zusätzlichen Lage im Kielbereich in die Außenschalung eingelegt, die Innenschalung aufgelegt und mit der Außenschalung zu einer dichten Doppelschalung verspannt (Bild 5). Dabei wurden die Vlieslagen komprimiert. Allerdings konnte die angestrebte Wanddicke von 4 mm nicht erreicht werden. Da wegen des gewählten Schalungsaufbaus nicht beliebig große Anpreßdrücke aufgebracht werden konnten, ließ sich die Stahlwolle insbesondere bei der im Bereich enger Radien kaum vermeidbaren Faltenbildung nur auf ca. 10 mm zusammendrücken. Anschließend mußte die Zementsuspension in das kompri-

mierte, sehr dichte Stahlwollevlies eingepreßt werden. Das erforderte kleinste Korngrößen und gute Fließigenschaften der Suspension, die deshalb mit einem ultrafeinen Injektionszement, einem speziellen Fließmittel und Wasser in einem hochtourigen Rührwerk gemischt wurde. Über im Kielbereich der Innenschale eingesetzte Injektionsventile (Klebpacker) wurde am Heck beginnend die Suspension mit einer Handpumpe bei niedrigem Druck eingepreßt. Bei den meisten Packern stieg die Suspension in einem Arbeitsgang vom Kiel bis zum Bootsrand. Luftblasen, die dank der durchsichtigen Innenschalung zu erkennen waren, wurden durch Klopfen ausgetrieben. Von den vorsorglich in größerer Zahl eingebauten Packern wurden weniger als die Hälfte benötigt.

Namensgebung und Schreibweise „INOX FEinstein“ hoben zusätzlich die wichtigsten Komponenten – nichtrostende Stahlbewehrung und Feinbeton – hervor.

Auch das Kanu „BETUNZEL“ wurde in einer doppelten Schalung hergestellt, jedoch „konventionell“ betoniert. Zur Herstellung der Innen- und Außenschalung wurden auf einem nach den Kanuabmessungen gebauten Hilfsgerüst als Kern quer zur Kanuachse 0,8 mm dicke Blechstreifen gebogen, paßgenau fixiert und punktgeschweißt, danach die Nähte gespachtelt

und bearbeitet. Anschließend wurden beide Stahlschalungen in die planmäßige Betonierlage gebracht und in einem Gerüst mit außenliegenden Querprofilen ausgerichtet und verspannt (Bild 6).

Der gießfähige Glasfaserleichtbeton (aus Weißzement, Quarzsand 0,10 bis 0,40 mm, Blähtonsand 0/2 mm, Fließmittel, Luftporenbildner und Verzögerer; Wasserzementwert 0,41) wurde mit Einfülltrichtern in die Schalung eingebracht. Außenrüttler in der Schalung und die Entlüftung des Betons unterstützten das Fließen. Kleine Bohrungen in der Kernschalung sollten zusätzlich Luft- und Wassereinschlüsse vermeiden helfen.

## Kanuabau in Folienschalung

Mit einer neuen Schaltechnik – einer „Folienschalung“ – wartete auch das Kanu „Grüner Punkt“ (FH Würzburg) auf: Ausgangspunkt hier war die Erkenntnis, daß i.d.R. der Schalungsbau am zeit- und kostenaufwendigsten ist. Das Schalgerüst besteht bei dieser Methode aus einem mit Dachlatten gefertigten Rahmen in Form und Größe des Bordrandes. Der Kanuquerschnitt mit der vorgesehenen Rundung und Tiefe wird durch eine entsprechend ausgeschnittene Holzplatte als Lehre vorgegeben. Dieser Rahmen wird so in ein Gerüst eingehängt, daß sich der Kiel wenige Zentimeter über der Arbeitsfläche (Boden, Werkbank) befindet. Auf eine unter dem Rahmen liegende Schalplatte mit aufliegender Baufolie wurde der Beton gleichmäßig aufgetragen und die als Bewehrung gewählte Glasfasergittermatte eingearbeitet. Die Formung des Kanus erfolgte nun durch das rundum gleichmäßige Anheben der Folie mit dem noch frischen Beton bis zu den Lehren bzw. bis zum Dachlattenrahmen, an dem die Folie befestigt wurde. In dieser für Form und Ebenheit der Kanuschale wichtigen Phase mußte die Folie glatt und möglichst faltenlos bleiben. Unmittelbar danach wurde der Bug frisch in frisch anmodelliert. Nach nur zwei Tagen wurde ausgeschalt und das noch offene Heck mit einer vorgefertigten dünnen Betonplatte geschlossen (Bild 7).



Bild 6: Außenschalung aus Stahlblech im Stützgerüst – Montage der doppelten Schalung (Kanu „Betunzel“)  
Foto: Buscher



Bild 7: Betonkanu „Grüner Punkt“ Foto: Schönig

## Segmentbauweise mit Vorspannung

Die Konstruktionsidee für das Kanu „Spanner“ entstand aus den Transportproblemen der bis zu 6 m langen Kanus. Das Kanu sollte sich, in Viertelschalen zerlegt, mit geringem Raumbedarf transportieren und vor Ort schnell und zuverlässig wieder zusammenbauen lassen.

Dazu wurden vier randversteifte dünnwandige Segmentschalen gebaut, die vom Bordrand und den Schnitten in den beiden Symmetrieachsen längs und quer begrenzt wurden. Die Schalen wurden mit Litzen- spanngliedern biegesteif miteinander verspannt, wobei die im Grundriß elliptisch geführten Spannglieder gleichzeitig die Schalen vorspannen (Bild 8). Die Tragwirkung der Einzelsegmente wurde durch räumliche Krümmung und Randversteifungen erreicht. Die Fugen sind durch eingelegte Gummiprofile und den erzeugten Anpreßdruck gedichtet. Die Spannritzen ( $\varnothing 1,5$  mm) verlaufen in Hüllrohren von 4 mm Außendurchmesser mit innenseitiger Teflonschicht. Über den Spanngliedern wurden Betonrippen mit Hilfe einbetonierter, biegeweicher Kunststoffrohre geformt, die zur Stabilisierung der Segmente unter Druckspannung dienen und die Gefahr des Abreißen der Spannglieder mindern (Bild 9). Von den vier angeordneten Spannglied-Ellipsen verlaufen eine im Bordrand und drei im Kielbereich des Kanus. Ankerplatten, Klemmfutter und Spannschrauben wurden eigens für das Kanu entworfen. Als Spannritzen mit ihren Hüllrohren dienten Bowdenzüge. Die vier Teilschalen aus verschieden eingefärbtem Leichtbeton wurden mit einem triaxialen textilen Gewirke und Glasfaser-Rovings als Bewehrung hergestellt.

## Drehbare Schalung

Das Kanu „sowieso“, ein leichter, schnittiger Kanadier, sollte „aus einem Guß“ hergestellt werden. Von Originalplänen wurde eine aufwendige, teilbare und um die Längsachse drehbare Schalung hergestellt, um in fünf vorgegebenen Positionen eine annähernd horizontale, für die Spachteltechnik günstige Lage zu ermöglichen. Die Teilung der Schalung war wegen der Kanuform erforderlich und ermöglichte ein leichtes Ausschalen ohne Zerstörung der Schalung. Die Spanten wurden mit dünnen Leisten beplankt, mit einer GFK-Schicht überzogen, mehrfach geschliffen und gespachtelt und schließlich lackiert.



Bild 8: Betonkanu „Spanner“ Foto: Schönig

Das Ergebnis war eine sehr gute Qualität der Betonoberfläche mit guten Detaillösungen. Verwendet wurde ein Beton mit Weißzement, Leichtzuschlägen, Silicastaub, Farbpigmenten und Fließmittel sowie Bewehrung aus Glasfaserplatten und montierten Glasfasersträngen in Richtung der Längsachse.

## 4 Sonderpreis

Drei Kanus der Technischen Universität Darmstadt belegten in der Bewertung „Konstruktion“ die Plätze 4 bis 6: „Der weiße Riese“, „Fisherman's Friend“ und „Athene“. Allen gemeinsam ist die Faltechnik, eine hervorragende Oberflächenqualität mit durchgefärbtem, unbehandeltem Beton und geringe Wanddicken von 3 mm bis 5 mm. Sie zählten mit 6 kg/m bis 10 kg/m zu den Leichtgewichten.



Bild 10: Betonkanu „Der weiße Riese“ Foto: Schönig



Bild 9: Betonrippe über Spannkanaal (Systemskizze) Graphik: Buscher

„Der weiße Riese“ nahm unter den dreien eine Sonderstellung ein, da das Kanu zu den wenigen gehörte, die bisher vor Ort aus vorgefertigten Elementen montiert wurden. Nach je einem Boot 1986, 1990 und 1996 waren es in Köln gleich zwei (Bild 10). Das dreigeteilte Kanu mit dem mittleren Bereich des Rumpfes mit parallel verlaufenden Boots-rändern und den je gestreckt, spitz zulaufenden Bug- und Hecksegmenten, die an den Koppelstellen besonders verstärkt und bewehrt waren, konnte mit je 16 Schrauben und einer Gummidichtung zu einem leicht transportablen, eleganten Kanu zusammengebaut werden.

## 5 Dank und Ausblick

Den Lehrern, Dozenten und Professoren als Initiatoren, Ideenfinder, Berater und Betreuer gilt Dank und Anerkennung. Wie groß der Arbeitsaufwand vor und während der Bauphase war, mag man daraus erkennen, daß im „Proberstadium“ reihenweise Arbeitsstücke gefertigt werden mußten, oft erst nach Fehlschlägen die günstigste Fertigungstechnik erkannt werden konnte und nicht selten Studierarbeiten im technisch-wissenschaftlichen Vorfeld Eigenschaften neuer Baustoffe sowie neuer Baustoffkombinationen und Ausführungstechniken klären müssen. Daß viele Hochschulen die mit dem Kanubau verbundenen theoretischen und praktischen Leistungen der meist kleinen Teams als Studienarbeit anerkennen, ist gerechtfertigt und vorbildlich.

Ein großes Kompliment gebührt aber vor allem den Kanubauern. Wiederum wurden Kanus präsentiert mit neuen Konstruktionen und Baumethoden, mit weiterentwickelten Techniken beim Schalungsbau und in der Bauausführung.

## Literatur

- [1] Konstruktionsberichte '98. Betonkanu-Regatta 1998 in Köln (unveröffentlicht)
- [2] Ausschreibung und Programm der 7. Deutschen Betonkanu-Regatta am 19./20. Juni 1998 auf der Sportanlage Fühlinger See in Köln. Bauberatung Zement Wiesbaden
- [3] Bayer, E.: Betonkanus – Entwicklung und Tendenzen bei der Deutschen Betonkanu-Regatta. Beton 44 (1994) H. 10, S. 581-586
- [4] Bayer, E.: Betonkanus – Konstruktion und Ausführung. 6. Deutsche Betonkanu-Regatta auf der Elbe in Dresden. Beton-Fertigteile-Jahrbuch 1997, S. 308-314, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin
- [5] Bischoff, Th.; Wulfhorst, B.: Textilbewehrte Betonrohre – die Herstellung von Rohren mit neuartigen Bewehrungstextilien. Bauen mit Textilien 1 (1998) H. 1, S. 14-16