

Bericht über die  
Konstruktion des Schwimmkörpers

# Die Reiseboot



Technische Universität Dresden  
Fakultät Bauingenieurwesen  
Institut für Baustoffe  
Die Bastelkinder 2011

## 1 Einleitung

Wieder einmal suchten die „Bastelkinder“ der TU Dresden eine Idee für ein Wasserfahrzeug zur Teilnahme an der Offenen Klasse der nunmehr 13. Deutschen Betonkanuregatta.

Schon seit einigen Jahren existiert der Wunsch mit einem Betonboot auf dem Wasser zum Wettkampfort zu fahren. Schließlich gehören Boote ja aufs Wasser und nicht in LKWs geladen. Aber bisher bot sich nie eine Gelegenheit zur Verwirklichung dieses Traums.

Doch in diesem Jahr liegt der Austragungsort der Regatta, Magdeburg, genau wie Dresden an der Elbe! - die Idee zum Bau eines Reisebootes konnte Realität werden.

Mit diesem Ziel vor Augen nahmen wir die Herausforderung an. Sofort stellten sich viele Fragen über die Umsetzung. Welche Bootsform eignet sich für dieses aufwendige Vorhaben? Wie viele Personen trägt ein solches Boot? Wie lange würden wir unterwegs sein um die 270 Flusskilometer hinter uns zu bringen (Bild 1) und wie viel Muskelkraft wird benötigt? Welche Vorkehrungen sind zu treffen, um sicher und ohne Rechtsverstöße nach Magdeburg zu gelangen? Über die Lösung dieser und anderer Probleme werden wir im Folgenden berichten.

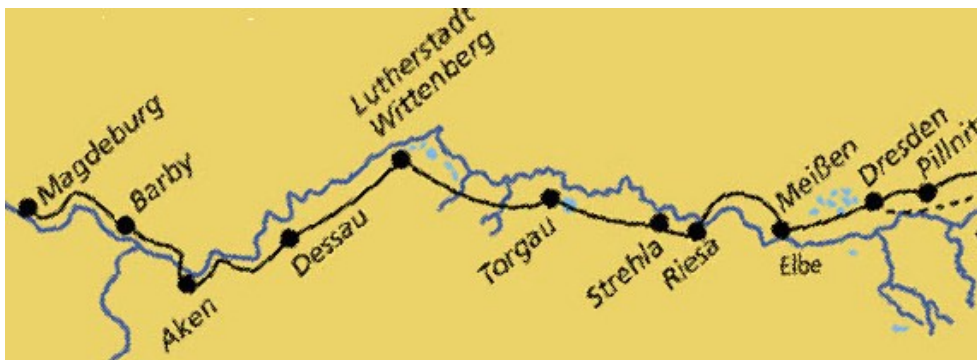


Bild 1: 270 Flusskilometer trennen Dresden von Magdeburg

## 2 Danksagungen

Für die Umsetzung unserer Projektidee erhielten wir finanzielle, materielle und ideell-organisatorische Unterstützung von:

**HeidelbergCement AG** (Heidelberg),

**MC Bauchemie GmbH** (Bottrop),

**Torkret AG** (Essen)

**EIBS Entwurfs- und Ingenieurbüro Straßenwesen GmbH** (Dresden),

**Schlaich Bergermann & Partner Sonne** (Stuttgart),

**Wasser- und Schiffsamt Dresden,**

Technische Universität Dresden – **Institut für Baustoffe,**

Technische Universität Dresden - **Fakultät Bauingenieurwesen,**

**Verein Freunde des Bauingenieurwesen der TU Dresden e.V.,**

**Fachschaftsrat Bauingenieurwesen,**

Studentenrat **StuRa** der TU Dresden.

**HEIDELBERGCEMENT**



**TORKRET**

**EIBS**

**sbp sonne**



**WSV.de**

**Wir Bastelkinder der TU Dresden**

**danken allen Unterstützern von ganzem Herzen!**

**3**



## Konstruktion und Geometrie

### 3.1 Form und Abmessungen

Im Vorfeld des konstruktiven Entwurfes wurden Anforderungsprofile an das Reiseboot erarbeitet. Wesentliche Anforderungen waren:

- Reise aller Bastelkinder mit dem Reiseboot von Dresden nach Magdeburg,
- Transport des gesamten Gepäcks sowie der Rennkanus im/am Reiseboot,
- Hinreichend Platz für die Bootsmannschaft bei mehrtägiger Reise,
- Antrieb vorwiegend durch Flussströmung und Muskelkraft (Stechpaddel),
- Umsetzen des Reisebootes von der Elbe in den Salbker See ohne aufwändige Technik,
- Problemlose und hinreichend nachhaltige Entsorgung nach Ende der Regatta,
- Herstellung des Bootes unter eingeschränkten räumlichen, technischen sowie zeitlichen Rahmenbedingungen am Institut für Baustoffe der TU Dresden.

Aus der Vielfalt möglicher Bootsformen wurde nach etlichen Diskussionen ein Drachenboot als geometrische Grundform gewählt, da ein solches Boot hinreichende Größe, Schnelligkeit und manuellen Antrieb vereint.

In einem nächsten Schritt der Geometriefindung wurden die Länge, Breite und Höhe unseren Anforderungen angepasst. Die Breite ist so bemessen, dass zwei nebeneinandersitzende Matrosen bequem paddeln können und noch hinreichend Durchgangsbreite vorhanden ist. Die minimale Bootslänge wurde aus der Anzahl potentieller Matrosen abgeleitet und mit ca. 12 m (8 Sitzreihen für 16 Matrosen + Bug & Heck) abgeschätzt. Die äußere Querschnittsform des Rumpfes wurde durch einen Polygonzug aus 5 Linien abgebildet, um den Formenbau zu vereinfachen. Auf einen Kiel wurde verzichtet, um das Übersetzen des Bootes auf Land (Transport auf Rollen) zu erleichtern.

Die Bootshöhe wurde anhand von 2 Parametern bestimmt. Zum einen wurde der Tiefgang des Reisebootes mit und ohne Besatzung mithilfe eines in Excel programmierten Makros numerisch bestimmt. Dazu wurde der Querschnitt eines Regelsegmentes als Polygonzug modelliert und mit den Masseigenschaften des Betons versehen. Zusätzlich wurden Nutzlast und geschätzte Masse für die Lisenen-Segmente, sowie Bug und Heck anteilig als Belastung eines Segmentes angenommen. Im numerischen Iterationsprozess wurde schrittweise die Eintauchtiefe gesteigert bis ein Gleichgewicht zwischen Abtriebs- und Auftriebskräfte erreicht war. Die auf diese Weise entwickelte Eintauchtiefe betrug 0,36m für das vollbesetzte Boot. Zum anderen sollte die Höhe des Freibordes ein bequemes Paddeln bei hinreichender Sicherheit gegen Wellenschlag ermöglichen. Aus beiden Parametern ergibt sich die Höhe des Bootes von ca. 0,65 m. Die Oberkante der Sitzbänke wurde auf 0,5 m über dem Bootsboden festgelegt. In Bild 2 ist der Entwurfsquerschnitt für das Reiseboot abgebildet.

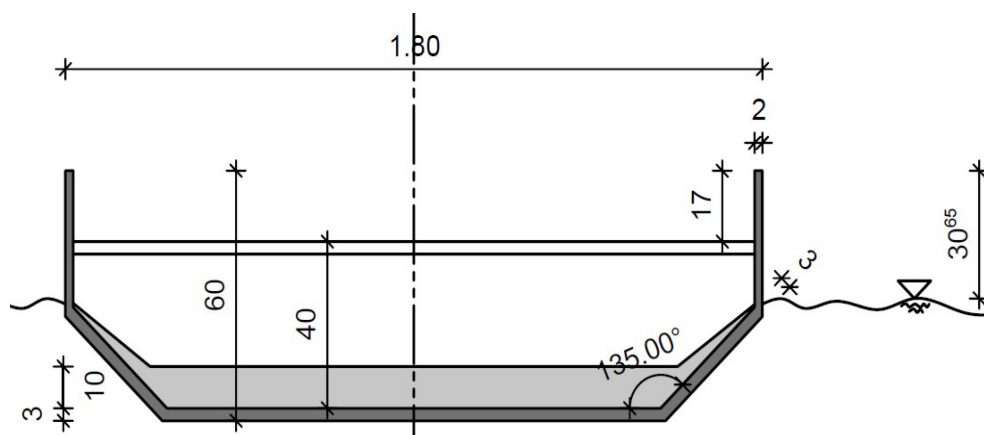


Bild 2: Entwurfsplanung des Querschnittes des Regelsegmentes für das Reiseboot.

Aus betontechnologischen und baupraktischen Gründen haben wir das Boot in Segmentbauweise ausgeführt. Ein weiterer positiver Effekt der Segmentierung war die variable Länge des Bootes, die so der Anzahl reisewilliger Bastelkinder angepasst werden konnte.

Das Reiseboot setzt sich aus Regelsegmenten, 2 Lisenensegmenten sowie Bug- und Heck zusammen. Regelsegmente und Lisenensegmente sind mit Stahl bewehrt und bilden einen abgeschlossenen, selbständig schwimmfähigen Bootskern. Bug und Heck aus Textilbeton sind aus ästhetischen und hydrodynamischen Gründen nötig und an den Bootskern „angehängt“ (Bild 3). Bei einer Masse von ca. 2800kg hat „Die Reiseboot“ eine Länge von 11,8 m, eine Breite von 1,8 m, eine Höhe von 0,65 m.

Der Bootskern besteht aus einer - theoretisch beliebigen - Anzahl von aneinander gereihten Regelsegmenten, die von den Lisenensegmenten eingefasst werden. Der Bootskern wird zentrisch voll vorgespannt, um klaffende Fugen zu vermeiden. Die Vorspannung ist als externe Vorspannung ohne Verbund ausgeführt. Die 4 Spannglieder (mit Langmuttern gekoppelte Gewindestäbe M16–8.8, Spannkraft je 100 kN) sind im Inneren des Reisebootes angeordnet und werden in den Lisenen-Segmenten verankert. Als Bemessungslastfälle für die Vorspannung wurde der Landtransport eines 8 m langen Kernbootes mit angehängtem Bug und Heck auf Rollen angenommen (Lastfall 1: je eine Rolle unter den Lisenensegmenten ist belastet → Träger auf 2 Stützen, Lastfall 2: nur eine Rolle in Bootsmitte ist belastet → Kragarm).

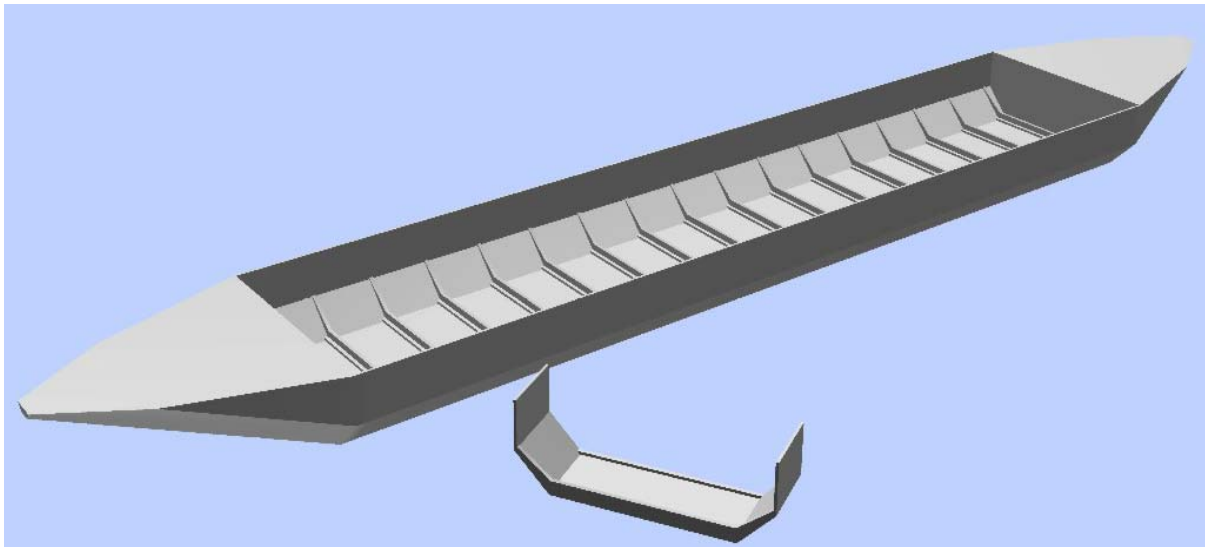


Bild 3: Entwurfsgrafik des Reisebootes aus Regelsegmenten, Lisenensegmenten sowie Bug und Heck.

Der Querschnitt der Regelsegmente ist in Bild 2 dargestellt. Für den im Wasser befindlichen Teil des Bootes ist eine Wandstärke von 30 mm kalkuliert, da dort eine größere Robustheit gefordert ist, als in den nur 20 mm dicken, senkrechten Seitenwänden. Die unterschiedlichen Wanddicken ergaben sich zudem auch aus dem Lastfall Seitenstoß (Anprall). Die minimale Wanddicke von 20 mm wurde durch die Herstellungstechnologie (selbstverdichtender Mörtel in zweischaliger Form) in Wechselwirkung mit den Abmessungen sowie der Anordnung der Stahlbewehrung bestimmt. Die Einhaltung einer Mindestbetondeckung war kein Entwurfskriterium, da das Reiseboot nach der Regatta entsorgt werden soll und so keine Dauerhaftigkeitsaspekte zu berücksichtigen sind.

Die Länge eines Regelsegmentes beträgt 0,525 m und wurde auf das Rastermaß der Stahlmattenbewehrung (K16 bzw. AQ24) abgestimmt. Jedes Regelsegment ist zur Verbesserung der Quer- und Verwindungssteifigkeit mit einer Querrippe ausgestattet (Bild 4). Die Querrippe mit Höhe von 100 mm und Dicke von 25 mm verläuft entlang der Breitseite des Segmentes und endet jeweils 0,18 m unterhalb der Oberkante des Regelsegmentes. Neben der Aussteifung dient die Querrippe zur Führung der Spannglieder (4 Öffnungen mit Durchmesser 20 mm) und am oberen Ende als Auflager für die Sitzbankkonstruktion. Die Masse eines Regelsegmentes beträgt ca. 135 kg.

Die Lisenensegmente (Bild 5) haben die gleichen äußeren Abmessungen wie die Regelsegmente, unterscheiden sich von diesen aber durch spezielle Einbauten (hochgradig bewehrte Spannlisenen mit Stahleinbauten, Vergrößerung der Querrippe zu einem 0,6 m hohen Querschott). Die Masse eines Lisenensegmentes beträgt ca. 230 kg



Bild 4: Aneinanderreihung von Regelsegmenten mit eingefädelt Spanngliedern



Bild 5: Lisenensegment mit eingefädelt Spanngliedern

Bug und Heck sind separat an die Lisenensegmente angespannt. An der Anschlussstelle zu den Lisenen-Segmenten haben sie deren Querschnittsform, welche sie auf 0,35 m Länge beibehalten. Anschließend verjüngt sich die Breite des Bugs auf einer Länge von 1,20 m auf 0,75 m und läuft dann auf einer Länge von 0,50 m auf 0,12 m Breite aus (Bild 6), wohingegen das Heck bereits bei einer Breite von 1 m endet und mit einem senkrechten Spiegel abgeschlossen wird (Bild 7). Die Masse des Bugs beträgt ca. 180 kg, die des Hecks ca. 150 kg.



Bild 6: Bug



Bild 7: Heck

## 4 Form / Schalung

### 4.1 Regelsegmente

Zur Herstellung der Regelsegmente wurden zwei identische zweischalige Formen aus Holz gebaut. Zwei Formen waren nötig, um innerhalb des durch äußere Zwänge vorgegebenen zeitlichen Rahmens die Betonierarbeiten bis zum Osterfest des Jahres 2011 abschließen zu können. Die Formen wurden so gebaut, dass die Regel- und Lisenensegmente „über Kopf“ gefertigt wurden. Die Innenform wurde als Kasten mit hinreichenden Entschalschrägen ausgebildet, die Außenform abnehmbar gestaltet (Bild 8).

Zum Bau der Form nutzten wir Schaltafeln mit glatter Oberfläche, aus denen die Formteile gesägt wurden. Die Abmessungen der Formteile wurden der Konstruktionszeichnung entnommen. Als Stützkonstruktion wurden Vierkanthölzer zugeschnitten.

Nun ging es ans Zusammenfügen der einzelnen Formteile, wobei wir erkennen mussten, dass beide Formen nicht identisch waren. Ausgleichsarbeiten (z.B. Längen Anpassung einzelner Teile) behoben die größten Ungleichheiten. Dadurch änderten sich zwar die Maße minimal, aber die Harmonie der Gestalt und die Möglichkeit die Regelsegmente hinreichend passend zusammenzufügen blieb erhalten. Nach Zusammenbau beider Formen wurden die-

se nochmals mittels Laser und Wasserwaage ausgerichtet und vermessen sowie Geometriefehler ein weiteres Mal soweit wie möglich korrigiert. Anschließend wurden Schraubenköpfe und Konstruktionsspalte verspachtelt, geschliffen und abschließend mit PU-Harz versiegelt. Eine gestalterische Besonderheit der Außenform sind eingefräste „Schuppen“ (Bild 9), die auf die Drachenbootcharakteristik verweisen sollen.



Bild 8: Formen für Regelsegmente

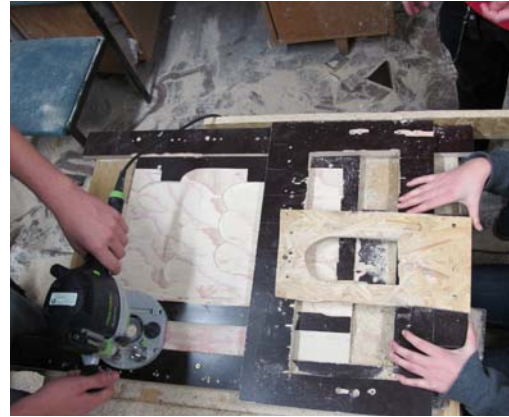


Bild 9: Fräsen der Schuppenstruktur

## 4.2 Lisenensegmente

Für die Herstellung der Lisenensegmente wurde nach Betonage von 12 Regelsegmenten eine Regelsegmentform umgebaut. Zur Ausbildung der Lisenen wurden gegenüber der Rip-penseite der Form zwei Keile ausgebildet (Bild 10). Die Öffnungen zum Einfädeln der Hüll-rohre für die Spannglieder sowie die Fixierungspunkte für die Einbauteile wurden aufwändig eingemessen, eingebracht und, weil dennoch fehlerhaft, mühsam korrigiert. Das Querschott wurde in einem zweiten Betonschritt an eine Arbeitsfuge mit Anschlussbewehrung (Bild 11) auf der Lisenenseite anbetoniert.



Bild 10: Umbau einer Regelsegmentform für die Lisenensegmente.



Bild 11: Lisenensegment mit Arbeitsfuge und Anschlussbewehrung für Querschott

## 4.3 Bug und Heck

Für Bug und Heck musste eine vollkommen neue Form konstruiert werden. Da die Herstellung beider Teile aus Textilbeton in Laminiertechnik geplant war, musste nur eine Negativform erzeugt werden (Bild 12). Nach Herstellung des Buges wurde ein Querschott zur Abbildung des Heckspiegels in die Bugform geschraubt und die so modifizierte Form zur Betonage des Hecks verwendet.

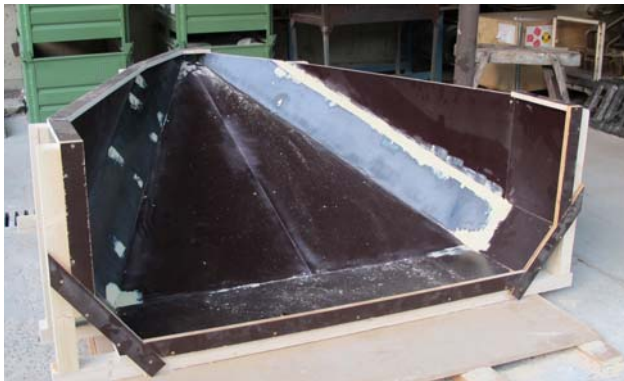


Bild 12: Form für das Bugsegment



Bild 13: Umbau der Bugform zur Heckform

## 5 Beton und Bewehrung

### 5.1 Bewehrung Regelsegment

Das Regelsegment wurde mit Stahlmatten K16 (tschechische Norm, Stabdurchmesser 4 mm, Stababstand 10 mm) bewehrt. Die 3 x 2 m<sup>2</sup> großen Bewehrungsmatten wurden in Streifen von 3 m Länge und 0,5 m Breite geschnitten und entsprechend der Segmentform gebogen. Die zentrisch im Betonquerschnitt angeordnete Bewehrung wurde aus zwei Matten gebildet, deren Stäbe in beiden Richtungen um je 5 cm versetzt wurden. Die Längsstäbe beider Matten lagen an den Außenseiten des Bewehrungskorbes (Bild 14). Die Querrippe wurde durch Stabstahlbewehrung (Aufbiegungen und übergreifende Längsstäbe, Durchmesser 4 mm) angeschlossen. Die Lagesicherung der Bewehrung im Querschnitt wurde durch Abstandhalter von ca. 8 mm Dicke sichergestellt. Als Einbauteile wurden in der Reling Langmutter M8 für eventuelle spätere Befestigungen und Hüllrohre in der Querrippe zur Durchführung der Spannglieder vorgesehen.

### 5.2 Bewehrung Lisenensegment

Das Lisenensegment wurde in gleicher Weise wie das Regelsegment bewehrt. Zusätzlich wurden vor bzw. beim Einlegen der Bewehrungsmatten noch Spiral-, Bügel-, und Flächenbewehrungen in den Lisenen montiert sowie als Einbauteile Lasteinleitungsblöcke aus Stahl und Hüllrohre für die Spannglieder sowie Verankerungspunkte für Bug und Heck (Schnittstelle: Langmutter M10) eingebaut (Bild 15).

### 5.3 Beton Regel- und Lisenensegment

Die Regel- und Lisenensegmente wurden mit einem selbstverdichtenden Mörtel (Größtkorn der Gesteinskörnung 4 mm) hergestellt. Die selbstverdichtenden Eigenschaften wurden durch einen relativ hohen Feinkornanteil sowie den auf die Betonkomponenten abgestimmten Einsatz von Stabilisierer und Fließmittel erreicht. Zur Einstellung der Mischung wurden dazu zahlreiche Mischungsexperimente durchgeführt und mit empirischen rheologischen Messverfahren (Setzfließmaß, Trichterauslaufzeit) begleitet. Für die Herstellung eines Regelsegmentes wurden ca. 65 L Frischbeton mit nachfolgender Zusammensetzung gemischt: CEM I 42,5 R-HS (Heidelberger): 29,4 kg, Kalksteinmehl (Geomin 15HE): 26,1 kg, Sand 0/4 (Ottendorf): 70,6 kg, Wasser: 14,5 kg, Fließmittel (Glenium 51, BASF): ca. 140 g, Stabilisierer (Rheomatrix 100, BASF) ca. 120 g.

Das Betonieren gestaltete sich unkompliziert: Das gemischte Frischbetonvolumen wurde mit konstantem Volumenstrom auf die oben offene Form entleert und lief selbständig in die tieferliegenden Bereiche der Form (Bild 16). Problematisch gestaltete sich die Entlüftung des frischen Betons. Um diese zu unterstützen, wurde die Form halbseitig auf einen Außenrüttler gestellt, was aber nur zu einer geringfügigen Verbesserung der Entlüftung führte.

Für die Lisenensegmente wurden 95 L Frischbeton angemischt. An die Lisenensegmente wurde in einem zweiten Betonierschritt noch das Querschott anbetoniert (Bild 17).

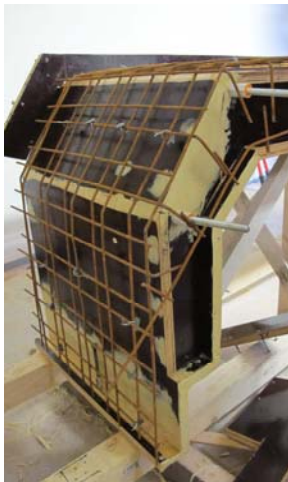


Bild 14: Bewehrungskorb des Regelsegmentes



Bild 15: Zusatzbewehrung und Einbauteile an der Lisenensegmente



Bild 16: Einfüllen von 65 L selbstverdichtenden Mörtel in die Regelsegmentform

#### 5.4 Bewehrung Bug und Heck

Im Gegensatz zu den Regel- und Lisenensegmenten wurden Bug und Heck mit textiler Bewehrung ausgestattet. Die textilen Bewehrungsgelege waren aus Kohlefasergarnen (Garnfeinheit 3300 tex, Garnabstand 14,8 mm) konfektioniert.

#### 5.5 Beton Bug und Heck

Als Beton kam eine speziell für Textilbeton entwickelte Feinbeton-Fertigmischung der Fa. Pagel zum Einsatz.

Bei der Betonage wurde der Feinbeton in einer dünnen Schicht flächendeckend auf die Form aufgetragen. Anschließend strichen wir Bewehrungsmatten in den Beton ein, wobei um die vorher eingesetzten Gewindestäbe (zur Verankerung der Spannkraft) besonders viele Lagen eingebracht wurden (Bild. 18). Die Bewehrungsstücke waren von unterschiedlicher Form und Größe, um sich der Schalungsform bestmöglich anzupassen. Die über den Rand ragende Bewehrung wurde umgeklappt und in den Beton eingebettet.



Bild 17: Betonieren des Querschotts am Lisenensegment



Bild 18: Betonieren des Bugteiles

### 6 Ausformen und Nacharbeiten

Die Regel- und Lisenensegmente wurden nach 3 bzw. 4 Tagen ausgeformt, um je Woche 2 Betonierzyklen zur Herstellung von je 2 Segmenten sicherzustellen (dienstags, freitags). Dazu wurden die nicht fest installierten Teile der Außenschalung entfernt und die Form auf den Kopf gestellt. Dann wurde die Innenform durch Schläge mit einem Gummihammer vom Be-

ton gelöst und mit Hilfe von Schraubzwingen und Gewindestangen aus dem Segment herausgedrückt (Bild 19). Eine großzügige dimensionierte Entschalschräge an der Innenform hätte den Ausformprozess vermutlich deutlich vereinfacht.

Nach dem Ausformen wurde die unmittelbar nach Herstellung begonnene Nachbehandlung (Abdecken mit Folie) durch besprühen mit Wasser und einschlagen in feuchte Tücher bis zum Betonalter von 7 Tagen fortgesetzt.

Unmittelbar nach dem Ausformen wurde die Form für den nächsten Betonierzyklus vorbereitet. Dazu wurde die Form gereinigt, mit Schalwachs beschichtet, wieder zusammengebaut und erneut mit Beton belegt. Nach 5 Betonierzyklen wurde zudem die PU-Harz-Beschichtung erneuert.

An den Segmenten wurden überstehende und scharfe Kanten mit dem Winkelschleifer entgratet. Durch Ungenauigkeiten der Formen zwischen den einzelnen Segmenten vorhandene Fugen wurden mit einem polymermodifizierten Mörtel geschlossen, um die Vorspannkkräfte gleichmäßig über die Fugen zu übertragen und eine lokale Überlastung des Betons zu vermeiden. Dazu wurde ein Fugenufer (Querrippenseite) mit Klebeband abgeklebt und das andere Fugenufer aufgeraut, vorgehäst und mit einer Wulst polymermodifizierten Mörtels bestrichen. Anschließend wurden beide Segmente passgenau aneinandergestellt und abgequetschter Fugenmörtel entfernt. Nach Aushärten des Fugenmörtels wurden die Segmente getrennt, der Klebestreifen entfernt und einseitig ein dauerelastisches Fugendichtband aus Zellkautschuk aufgeklebt.



Bild 19: Ausformen eines Regelsegmentes



Bild 20: Fliegende Dachkonstruktion

## 7 Reisebootausstattung

Um uns vor Regen und massiver Sonneneinstrahlung zu schützen, haben wir ein leicht auf- und abbaubares Dach konzipiert. Dieses besteht aus glasfaserverstärkten Kunststoffstäben (GFK), welche in verschiedener Anzahl mit Kabelbindern zusammengefasst wurden (Bild 20). Die Verankerung des Daches erfolgt an bzw. in den Langmuttern in der Relling durch Einstecken der Stäbe und Sichern der Steckverbindung mit einem doppelten Seilschlag. Als Dachplane wird eine Gerüstbaufolie mit Abmessung von 10 x 2,1 m<sup>2</sup> genutzt. Wesentliche Vorteile der entwickelten Dachkonstruktion sind ihre Nachgiebigkeit gegenüber Wind, ihr geringes Gewicht und das einfache Auf- und Abbauverfahren.

Die Sitzbänke sind gehobelte Fichtenholzbohlen, die auf Längsträgern aus Holz aufliegen, welche sich auf den oberen Enden der Querrippen der Regelsegmente abstützen. Die Sitzbänke können so an beliebige Positionen im Boot verschoben oder zu anderen Zwecken entnommen und genutzt werden.

In Gesprächen mit dem Wasser- und Schiffsamt Dresden mit dem Ziel der Erlangung einer Betriebserlaubnis für den Schwimmkörper „Die Reiseboot“ wurden verschiedene Auflagen formuliert und baulich umgesetzt. Dazu gehören eine Ruderanlage sowie ein Außenbordmotor mit Mindestleistung von 25 PS. Die Ruderanlage wurde aus Blechen, Rohren, Stab- und Winkelstahl zusammengeschweißt, der Bootsmotor zähneknirschend für 699 Euro erworben. Beide Aggregate wurden nebeneinander am Heckspiegel befestigt. Weiterhin sind Anker, Festmacherklampen, -leinen und -stangen, Handstaken, Bootshaken, div. Leinen, ein Rettungsring, ein Signalhorn, ein weißes Positionslicht, sowie Fernglas, Feuerlöscher und

Sanitätskasten erforderlich, um eine „Wasserpolizeiliche Sondergenehmigung“ zum Betrieb des Schwimmkörpers „Die Reiseboot“ zu erlangen. Die Bedienung des Bootsmotors mit 25 PS muss zudem durch ein Bastelkind mit Bootsführerschein (Binnen) erfolgen.

## 8 Auftrieb und Schwimmstabilität

Die Masse des Schwimmkörpers „Die Reiseboot“ beträgt ca. 2800 kg. Der Bootskern wird im Katastrophenfall durch 16 Kunststoffässer mit Fassungsvermögen von jeweils > 100 L am Absinken unter die Wasseroberfläche gehindert. Je 2 Fässer sind unter jeder Sitzbank verstaut und mit dem jeweils unteren Spannglied vertäut. Neben der Sicherstellung hinreichenden Auftriebs dienen die Fässer dem Gepäcktransport. In Bug und Heck wurden jeweils ca. 0,6 m<sup>3</sup> Styropor befestigt, so dass diese Bootsteile zum einen separat schwimmfähig sind und zum anderen den Auftrieb des Bootskernes unterstützen. In Summe ergibt sich eine effektive Auftriebskraft von ca. 22 kN, welche bei Berücksichtigung des Auftriebes des Betonvolumens im Wasser hinlänglich genügt, um Die Reiseboot am Sinken unter die Wasseroberfläche zu hindern.

Die Schwimmstabilität des Reisebootes ist zum einen offensichtlich und wurde zum anderen überschlägig mit folgendem Ansatz nachgewiesen:

$$h_m = \frac{I_{Boot}}{V_w} - e.$$

|            |                                                     |
|------------|-----------------------------------------------------|
| $h_m$      | Stabilitätswert                                     |
| $I_{Boot}$ | axiales Flächenträgheitsmoment zur Bootslängsachse  |
| $V_w$      | Verdrängungsvolumen                                 |
| $e$        | Abstand zwischen Verdrängungs- und Bootsschwerpunkt |

Das axiale Flächenträgheitsmoment  $I_{Boot}$  wurde näherungsweise mit Hilfe eines Rechteckes bestimmt zu

$$I_{Boot} = \frac{9m \cdot (1,8m)^3}{12} = 4,37m^4.$$

Für den Gesamtschwerpunkt  $z_s$  wurden die Einzelschwerpunkte vom Boot, Besatzung und Ladung kombiniert:

$$z_s = \frac{(0,12m \cdot 2,8t) + (1,1m \cdot 1,5t) + (0,4m \cdot 0,4t)}{2,8t + 1,5t + 0,4t} = 0,46m$$

Die Exzentrizität  $e$  ergab sich aus der Differenz zwischen Gesamtschwerpunkt des Bootes und dem Schwerpunkt des verdrängten Wassers.

$$e = 46cm - 15cm = 31cm$$

Die Volumenverdrängung  $V_w$  gibt an wie viel Wasser das Boot voll beladen verdrängt. Dazu wurden die Massen von Boot, Besatzung und Ladung in das entsprechende Volumen Wasser umgerechnet und addiert.

$$V_{Boot} + V_{Besatzung} + V_{Ladung} = 2,8 + 1,5 + 0,4 = 4,7m^3$$

Damit ergibt sich für den Stabilitätswert  $h_m$  ein positiver Wert und damit eine stabile Schwimmelage:

$$h_m = \frac{I_{Boot}}{V_w} - e = \frac{4,37m^4}{4,7m^3} - 0,31m = 0,62m.$$

## 9 Beteiligte Bastelkinder



Philipp Schulz  
(2. Semester)



Kai Schneider  
(6. Semester)



Luise Zillmann  
(2. Semester)



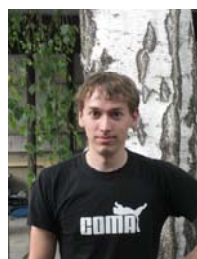
Andrea Quaß  
(2. Semester)



Carolin Wenk  
(2. Semester)



Julia Wark  
(2. Semester)



Tobias Hein  
(2. Semester)



Randolph  
Nauert  
(2. Semester)



Jakob Müller  
(2. Semester)



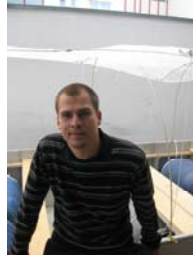
Jeanette Tintner  
(2. Semester)



Stefan Leibelt  
(6. Semester)



Alex Wäntig  
(4. Semester)



Jan Stojanow  
(10. Semester)



Robert Ritter  
(Dipl.-Ing.)



Martin Weidemüller  
(2. Semester)



Sascha Hintze  
(2. Semester)



Dr. Butler

Marko



Max Hofmann  
(2. Semester)



Ulrike Renner  
(2. Semester)



Theresa Leschik  
(2. Semester)



Diana Heider  
(2. Semester)



Carsten Schulz  
(2. Semester)



Olivia Weller  
(2. Semester)



Anna Kaidel  
(10. Semester)



Sören Klose



Andreas Vogel

Eric Münecke

Benjamin Walther