

glasfaserbeton

composition in concrete

leicht
hochfest
stahlfaserbewehrt
selbstverdichtend
pigmentiert
glasfaserbewehrt

Schnitt A-A

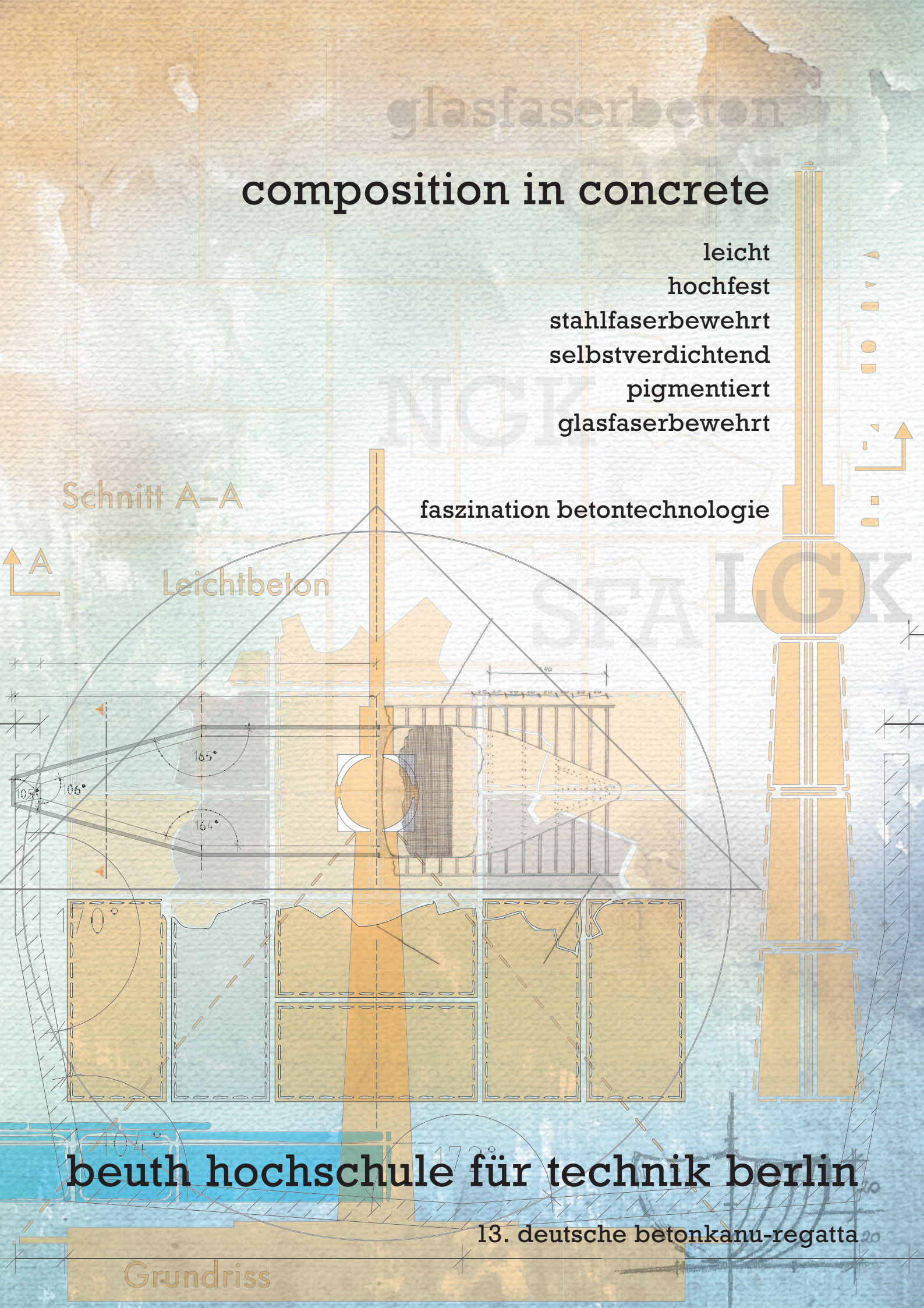
faszination betontechnologie

Leichtbeton

beuth hochschule für technik berlin

13. deutsche betonkanu-regatta

Grundriss



Inhaltsverzeichnis

Namensfindung	.....	1
Konstruktion	.....	1
Werdegang	.....	1
Ponton	.....	3
Druckverteilungsplatte	.....	4
Druckplatte „be berlin“	.....	5
Berlinform	.....	6
Kern & Spitze	.....	7
Turmschafft	.....	8
Kegelaufsatz	.....	9
Abspannplatte	.....	10
Fotobetonplatte	.....	11
Auftriebsnachweis	.....	12
Schwimmstabilität	.....	12
Nachweis gegen Versinken	.....	12
Materialübersicht	.....	14
Mitwirkende	.....	14

Anlagen	Übersichtsplan der Konstruktion mit Bezeichnung der Bauteile
	Auftriebsberechnung für Betonkanus
	Datenblatt zum Bootsbau

Namensfindung

Betontechnologie ist facettenreich, inspirierend und innovativ, so auch Berlin!!!

Wie unsere Hauptstadt mit ihren unterschiedlichen Kulturen, ihrer Kunst und der verschiedenen Menschen fasziniert, so stellt sich auch für Beton mit seinen verschiedenen Kompositionsmöglichkeiten eine Faszination ein. Für uns war es daher naheliegend, ein bekanntes Wahrzeichen unserer Stadt zu nutzen, um der Vielseitigkeit der Betontechnologie in einer "composition in concrete" Ausdruck zu verleihen.

Konstruktion

Die Konstruktion besteht im Wesentlichen aus einem Ponton, den Aufbauten in Form des Berliner Fernsehturms und einer Auflageplatte in der geographischen Kontur des Landes Berlin.

Der Ponton besteht aus 18 Einzelementen, welche mit Spannstäben (\varnothing 14mm) auf zwei Ebenen miteinander verbunden sind. Die Turmaufbauten bestehen aus einer äußeren Hülle (Druckverteilungsplatte, Turmschafft, Kugel und Kugelaufsatz) und aus einer inneren Stützkonstruktion (Kern, Abspannplatte und Spitze), die auf der Druckverteilungsplatte gelenkig gelagert ist.

Die Stützkonstruktion ist mit vier Zugseilen am äußeren Ende des Pontons, über Spannstäbe und am Turm über die Abspannplatte gehalten.

Um den Turmaufbau herum befinden sich vier Abdeckplatten, welche auf rutschfesten Gummimatten gelagert sind. Diese vier Platten ergeben zusammengesetzt die geographische Kontur von Berlin.

Werdegang

Zur 13. Betonkanuregatta möchten die Studierenden der Beuth-Hochschule für Technik Berlin in der "Offenen Klasse" antreten.



Nach kurzem Überlegen fand sich so



auch eine Gruppe von sechs Studenten zur Entwicklung dieses Vorhabens zusammen. Der Gruppe schwebte dabei vor, neben der Vielfältigkeit der Betontechnologie auch ein Wahrzeichen von Berlin zu präsentieren. So kam man bei der Frage nach einem zentralen und bekannten Wahrzeichen schnell auf den Berliner Fernsehturm. Mit einer Exkursion zum Alexanderplatz

verschaffte man sich zunächst einen Überblick über die Proportionen, fertigte einige Vorentwürfe im CAD und führte hydraulische Vorberechnungen um zu dem Entschluss zu kommen, dass das Projekt realisierbar erscheint. Kurz darauf wurde eine Projektplanung aufgestellt und eine Ausführungsplanung entwickelt. Diese enthielt sieben verschiedene Betone, die passend zu Ihrem Einsatzort in der Konstruktion ausgewählt worden. Für die Betonrezepturen kamen selbst programmierte Excel-Tabellen zum Einsatz um die jeweils gewünschten Parameter so effizient wie möglich einzustellen. Die Grundlage der Tabellen waren selbst berechnete Sieblinien nach Fuller bzw. selbstgerechnete Regelsieblinien A & B. Die angestrebten Sollsieblinien lagen $\frac{1}{3}$ unter den Regelsieblinien B. Insgesamt waren 51 Rezepturansätze und Versuche nötig um sieben Betone mit den geforderten Eigenschaften zu erhalten.



Diese sind:

- ein glasfaserbewehrter Leichtbeton
- ein farbpigmentierter hochfester Beton
- ein sehr fließfähiger hochfester Beton
- ein stahlfaserbewehrter farbpigmentierter Beton
- ein selbstverdichtender Beton
- ein reologisch gut wirksamer Rollbeton
- ein Sichtbeton.

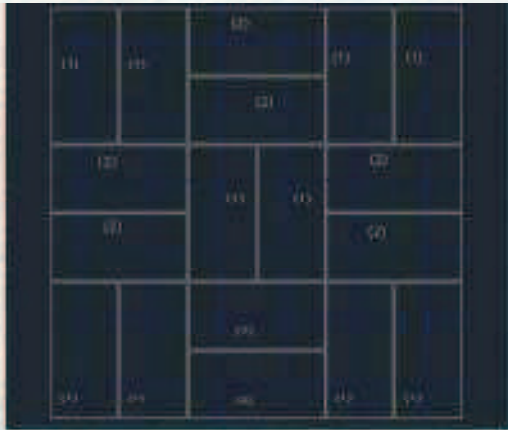
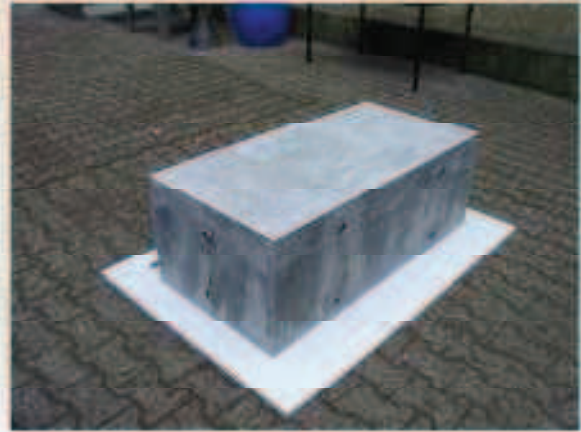


Parallel zur Rezepturensuche wurde mit den Arbeiten an den vielen, komplexen und wiederverwendbaren Schalungen begonnen. Die Betonagen der Einzelteile erstreckte sich über $3\frac{1}{2}$ Monate und wurden Mitte Mai zum Abschluss gebracht.



Ponton

Ein Pontonelement (122 x 60 x 43 cm; 128,30 kg) ist ein Hohlkasten (Wandstärke: 3cm) aus glasfaserbewehrtem Leichtbeton mit Blähglas. Gefüllt ist dieser Hohlkasten mit nicht druckfestem Styropor diente. In jedem Element werden Stahlrohre in Längs- und Querrichtung auf zwei Ebenen hindurchgeführt, die als Hüllrohre für die Spannstäbe dienen. Die ge-



samte Pontonfläche (362 x 362 cm) setzt sich aus 18 Elementen ($V_{ges}=5,665m^3$) zusammen, die aus konstruktiven Gründen in zwei verschiedene Ausführungen hergestellt werden mussten.

Der Ponton bildet den Schwimmkörper für die Aufbauten. Er ist die unterste Konstruktionsebene. Durch den Ponton wird der benötigte Auftrieb sichergestellt.

Beim Beton für die Pontonelemente wurden folgende Komponenten verwendet:

Zement: CEM I 52,5 R

Silicastaub: Microsilica Grade 971-U

Flugasche: steament RW

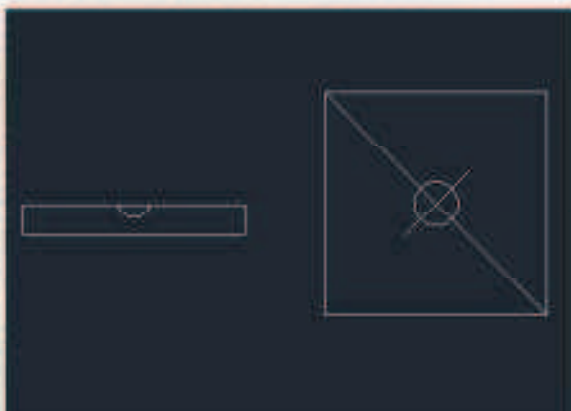
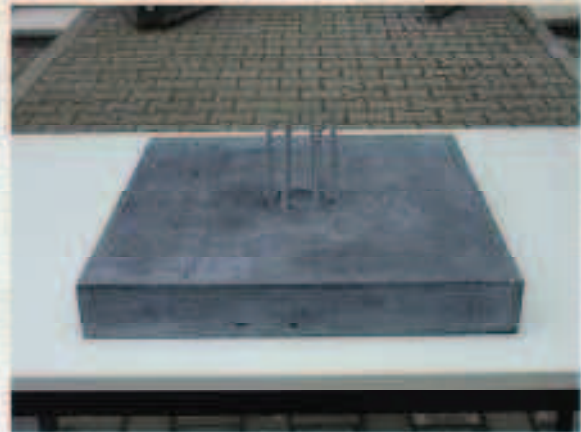
Glasfasern: CEM FIL 62/2 6mm

Fließmittel: Glenium ACE 430

Eingangsseite			
122/60	0,30		
Zement (Z)	300,0		
Silicastaub (S)	5,0%		
Flugasche (F)	10,0%		
Glasfasern (G)	0,5%		
Fließmittel (M)	5,0%		
Fließmittel (FM)	1,0%		
Ergebnisse			
	in kg	in kg/m³	in kg
g*	187,4	3,0	187,4
z*	300,0	5,1	300,0
s*	20,0	2,2	20,0
f*	60,0	2,4	60,0
g1*	10,0	2,2	10,0
g2*	10,0	2,2	10,0
Summe	547,4		547,4
g*			300,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,00	1,0
Summe	48,0	9,6	48,0
g2 (S)	10,0	2,00	10,0
g2 (F)	20,0	2,00	20,0
g2 (G)	1,0	2,00	1,0
g2 (M)	1,0	2,00	1,0
g2 (FM)	1,0	2,	

Druckverteilungsplatte

Die Druckverteilungsplatte (50 x 50 x 7 cm; 43,50 kg) ist eine Platte aus hochfestem Beton mit eingelegter Bewehrungsmatte. Sie enthält Pigmente und hat eine Mulde für den gelenkigen Anschluss des Kerns. Gleichzeitig wird der untere Turmschaft, mit Gewindestangen, gegen horizontale Verschiebung gesichert.



Die Druckverteilungsplatte liegt unter dem Kern und unter dem Turmschaft. Sie verteilt die auftretenden Belastungen aus dem Turm gleichmäßig auf die darunter liegenden Pontonelemente.

Beim Beton für die Druckverteilungsplatte wurden folgende Komponenten verwendet:

Zement: CEM I 52,5 R

Silicastaub: Microsilica Grade 971-U

Flugasche: steament RW

Farbpigmente: Beyferrox schwarz 360/1

Fließmittel: Glenium ACE 430

Eingangsdaten			
Wasser	18,72		
Zement (Z)	443,0		
Silicastaub (S)	8,05		
Flugasche (F)	90,05		
Glenium (G)	0,15		
Druckfestigkeitsmittel (DM)	1,5		
Farbpigmente (FP)	0,35		
Fließmittel (FM)	1,25		
Eingangsdaten:			
	m³/m³	ρ [kg/m³]	V [dm³]
W	18,72	1,0	18,72
Z	443,0	3,1	143,2
S	8,05	2,2	3,66
F	90,05	2,4	37,5
G	0,15	0,7	0,105
DM	1,5	1,1	1,35
FP	0,35	1,1	0,385
FM	1,25	1,1	1,375
Summe	662,0		205,4
			205,4
100%	100%	200%	200%
DM	188,7	2,002	200,0
Summe	1444,4	2,002	200,0
FB	0,0		
Prüfkörpermasse:			
FB	2381,1 kg/m³		

Bei der Prüfung der erstellten Probekörper ergab sich eine Dichte von $2,367 \text{ kg/dm}^3$. Eine Prüfung der Festigkeiten nach sieben Tagen ergab für die Biegezugfestigkeit $8,53 \text{ N/mm}^2$ und für die Druckfestigkeit $88,06 \text{ N/mm}^2$.

Bei der Schalung fanden saugende sowie nichtsaugende Schalplatten Verwendung. Zur Erstellung der Mulde in der Platte wurde ein Kunststoffball in die Schalung integriert. Zur Sicherung des Kerns auf der Platte wurden sechs Gewindehülsen einbetoniert.



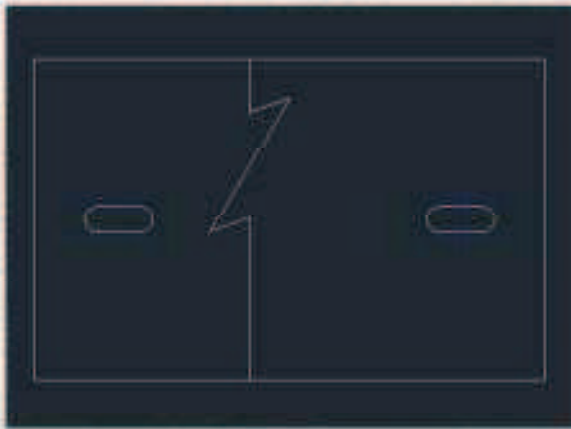
Druckplatte „be berlin“

Die Druckplatte „be berlin“ (38 x 21 x 4 cm; 7,03 kg) ist eine Platte aus hochfestem Beton. Sie enthält Pigmente und die Sprechblasenumrisse der Kampagne „be berlin“ der „berlin-partner agentur“. Zur Befestigung der Druckplatte an den Pontonelementen sind



zwei Nuten eingearbeitet.

Um ein Durchstanzen der Spannstäbe in die Pontonelemente zu verhindern, befinden sich an den Außenflächen des Pontons 24 Druckplatten.



Beim Beton für die Druckplatten „be berlin“ wurden folgende Komponenten verwendet:

Zement: CEM I 52,5 R

Silicastaub: Microsilica Grade 971-U

Flugasche: steament RW

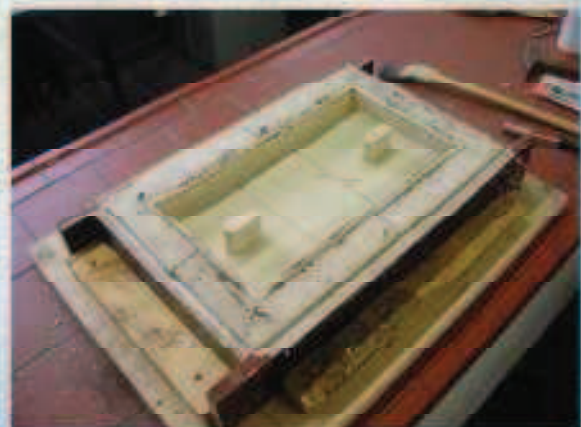
Farbpigmente: Beyferrox schwarz 330/1

Fließmittel: Glenium ACE 430

Eingangsdaten				
Wasser	8,32			
Zement (Z)	440,0			
Silicastaub (S)	6,0%			
Flugasche (F)	30,0%			
Glenium (G)	0,1%			
Farbpigmente (P)	4,4%			
Fließmittel (FL)	0,3%			
Feuchtigkeit (H)	1,3%			
Eingangsdaten		m³ [kg]	m³ [kg]	V [dm³]
W	8,32	13	13	13,0
Z	440,0	3,1	3,1	3,1
S	41,0	2,2	2,2	2,2
F	110,0	2,4	2,4	2,4
G	0,1	0,0	0,0	0,0
P	19,7	0,1	0,1	0,1
FL	0,3	0,0	0,0	0,0
Summe	680,4	11,8	11,8	11,8
W	10,0%	107,5	2,0	2,0
W (S)	18,7	2,0	2,0	2,0
W (F)	11,2	2,0	2,0	2,0
Summe	137,4	4,0	4,0	4,0
FL	0,0			
Prüfungsergebnisse				
FL	2,367 kg/dm³			

Bei der Prüfung der erstellten Probekörper ergab sich eine Dichte von $2,367 \text{ kg/dm}^3$. Eine Prüfung der Festigkeiten nach sieben Tagen ergab für die Biegezugfestigkeit $8,53 \text{ N/mm}^2$ und für die Druckfestigkeit $88,06 \text{ N/mm}^2$.

Für das Betonieren der Druckplatten wurde über eine Holzschablone die Negativschalung aus Silikon hergestellt. Dies geschah durch das Aufstreichen des Silikons auf die Holzschablone. Zusätzlich wurden diese außen durch Gips und Holzrahmen fixiert. In der Schalung wurden die zwei Nuten für die spätere Durchführung der Spannstäbe eingearbeitet.



Berlinform

Die Berlinform (3,59 m² x 4 cm; 337,00 kg) ist eine vierteilige Auflage aus Stahlfaserbeton. Sie ist der geographischen Kontur des Landes Berlin nachempfunden. Im Beton sind Pigmente, fünf Zentimeter lange Stahlfasern und eine Bewehrungsmatte enthalten. Auf der Oberfläche wurden Berliner Wahrzeichen konkav aufgebracht.



Sie liegt auf der Pontonoberfläche und umringt die Druckverteilungsplatte unter dem Turm. Ihr Schwerpunkt liegt in der vertikalen Turmachse um eine horizontale Schwimmlage des Pontons beizubehalten. Sie soll noch einmal den Bezug zur Hauptstadt festigen und zeigen, wie der Fernsehturm aus Berlin hervorragt.

Beim Beton für die Berlinform wurden folgende Komponenten verwendet:

Zement: CEM I 52,5 R

Farbpigmente: Beyferrox schwarz 330/1

Stahlfasern: DE 50/1,0N

Fließmittel: Glenium ACE 430

Eingangswerte:			
Wasser (w)	225,6		
Zement (z)	491,2		
Sand (s)	491,2		
Silicafume (si)	0,0%		
Füllstoffe (f)	0,0%		
Stoffverlust (st)	0,0		
Platzgewicht (p)	2300		
Festigkeitsfaktor (FF)	0,0%		
Fließmittel (FM)	0,0%		
Ergebniswerte:			
	m (kg)	p (kg/dm ³)	V (dm ³)
w =	225,6	1,0	225,6
z =	491,2	2,1	145,6
s =	0,0	2,2	0,0
f =	0,0	2,4	0,0
st =	0,0	7,82	0,0
p =			300
FF =	220,0	4,5	5,0
Summe =	899,4		480,2
g =			193,8
SD (A)	829,7	2,60	207,2
SD (B)	137,4	2,60	290,9
GM	157,0	2,05	194
Summe =	1074,0		592,0
FM =	3,8		
Frischbetondichte:			
FB =	2374,5 kg/m³		

Bei der Prüfung der erstellten Probekörper ergab sich eine Dichte von 2,299kg/dm³. Eine Prüfung der Festigkeiten nach sieben Tagen ergab für die Biegezugfestigkeit 6,02 N/mm² und für die Druckfestigkeit 62,00 N/mm².

Die Schalung besteht aus 13 in Berlinform geschnittenen Holzplatten. Für die Umrandung von vier Einzelelementen wurden Kunststoffstreifen verwendet. Als Abstandshalter für die Bewehrungsmatte kamen Bulldog Dübel zum Einsatz. Die Wahrzeichen sind aus Moosgummi ausgeschnitten und in den Frischbeton eingerollt worden.



Kern & Spitze

Der Beton für den Kern (241 x ø 7cm; 21,85 kg) und die Spitze (205 x ø 7cm; 18,62 kg) ist ein hochfester Beton. In der Achse des Bauteils befindet sich ein Stahlrohr. Der Beton war besonders weich / fließfähig da er gut an der Schalung entlang laufen sollte.



Der Kern und Spitze bilden das Zentrum der Aufbauten und werden über Zugseile gehalten. Auf den Kern wurden später die Einzelelemente für den Turm „aufgefädelt“. Kern und Spitze sind mit einem Stabstahlverbinder verbunden. Der Kern trägt zudem noch die Masse der Kugel und des Kugelaufsatzes.

Beim Beton für Kern & Spitze wurden folgende Komponenten verwendet:

- Zement: CEM I 52,5 R
- Silicastaub: Microsilica Grade 971-U
- Flugasche: steament RW
- Fließmittel: Glenium ACE 430

Bei der Prüfung der erstellten Probekörper ergab sich eine Dichte von $2,360\text{kg/dm}^3$. Eine Prüfung der Festigkeiten nach sieben Tagen ergab für die Biegezugfestigkeit $8,92\text{ N/mm}^2$ und für die Druckfestigkeit $96,18\text{N/mm}^2$.

Für die Schalung wurde ein KG-Rohr DN 75 verwendet, welches durch eine Verschwertung aus Dachlatten und Holzplatten fixiert wurde. Für die positive Ausrundung am Kern wurde vorher bereits ein Negativ aus Beton gegossen und mit Kunststoff beklebt.

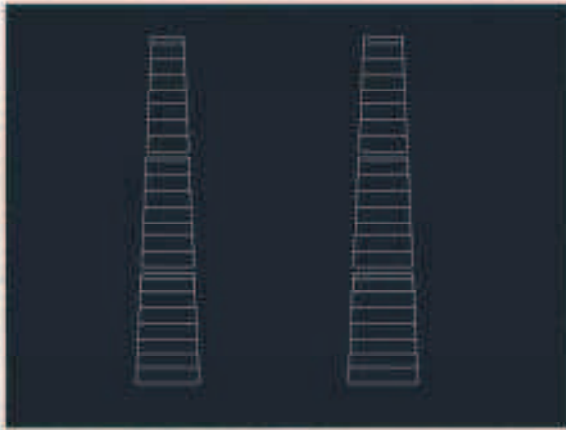


Eingangswerte:			
Wasser	4,30		
Zement (II)	500,0		
Silicastaub (U)	6,00		
Flugasche (R)	30,00		
Fließmittel (II)	0,00		
Fließmittel (I)	1,50		
Fließmittel (FP)	0,50		
Fließmittel (F)	0,00		
Ergebniswerte:			
	Wasser	Wasser	Wasser
W	100,0	1,0	100,0
Z	500,0	5,0	100,0
S	47,0	2,2	100,0
F	67,0	3,4	100,0
FP	0,0	0,0	100,0
F	0,0	0,0	100,0
Ergebniswerte:			
W	100,0	2,00	100,0
Z	500,0	2,00	100,0
S	47,0	2,00	100,0
Summe	1.585,00		100,0
Ergebniswerte:			
W	100,0		
Ergebniswerte:			
W	100,0		



Turmschafft

Der Turmschafft (h = 235cm) ist eine Konstruktion aus drei einzelnen Kegelstumpfsegmenten (h = 74 cm \varnothing 45; 34,60 kg \varnothing 38; 27,43 kg \varnothing 31; 20,73 kg). Die Betonwandung ist in zwei Schichten glasfaserbewehrtem Rollbeton (2 cm) auf einem Styroporträger aufgebracht und über Kreisschablonen aus Holz geglättet worden.



Der Turmschafft befindet sich zwischen Druckverteilungsplatte und Kugel. Mit ihm wird das typische Erscheinungsbild des Berliner Fernsehturms erreicht.

Beim Beton für den Turmschafft wurden folgende Komponenten verwendet:

- Zement: CEM I 52,5 R
- Silicastaub: Microsilica Grade 971-U
- Flugasche: steament RW
- Glasfasern: CEM FIL 62/2 6mm
- Fließmittel: Woerment FM 30

Baugewichte		Dichtewerte			
		m [kg]	p [kg/m³]	V [dm³]	in [kg]
Wasser	1,80				
Zement (C)	440,0				
Silicastaub (S)	4,00				
Flugasche (F)	20,00				
Glasfaser (G)	0,70				
Fließmittel (L)	1,00				
Fließmittel (P)	1,10				
Dichtewerte					
m	289,4	1,0		289,4	
p	480,0	3,1		299,4	
V	39,2	2,2		10,4	
F	130,0	2,4		30,1	
G	18,0	2,7		0,0	
L				10,0	
P				10,0	
Summe	1.455,2			485,2	
G	0,0	2,007		0,0	
L	0,70	0,4		1,00	0,7
P	1,10	1,1		2,11	1,1
Summe	2,80			4,11	2,8
F	2,4				
Frischbetonwichte:					
m	1.455,2 kg/m³				

Bei der Prüfung der erstellten Probekörper ergab sich eine Dichte von $1,455 \text{ kg/dm}^3$. Eine Prüfung der Festigkeiten nach sieben Tagen ergab für die Biegezugfestigkeit $3,87 \text{ N/mm}^2$ und für die Druckfestigkeit $31,21 \text{ N/mm}^2$.

Bei der Schalung handelt es sich um drei einzelne Schalungen aus nicht druckfestem Styropor. Diese sind jeweils aus zehn Zentimeter dicken Schichten zusammengesetzt und mit einem heißen Draht zugeschnitten. Damit die Segmente später auf den Kern aufgefädelt werden können, wurde in der Achse ein KG-Rohr DN 115 einbaut.



Kugelaufsatz

Der Kugelaufsatz (\varnothing 15 h 30cm; 3,84 kg) ist ein Hohlzylinder über der Kugel. Seine Wandung besteht aus selbstverdichtendem Beton, gegossen um ein KG-Rohr DN 115.



Der Zylinder sitzt oberhalb der Kugel und ist durch das Loch an der Spitze fixiert. Er repräsentiert das Gerüst, an dem die Antennen am Berliner Fernsehturm befestigt sind.

Eingangswerte:					
Wasser (m³/m³)	0,31				
Zement (kg)	422,5				
Silicastaub (g)	0,06				
Fließmittel (g)	0,06				
Gefasert (g)	0,06				
Polystyrol (g)	1,56				
Polystyrol (g)	1,26				
Ergebniswerte:					
m³	253,0	1,8	253,0		
kg	422,5	1,5	422,5		
g	253,0	2,2	253,0		
g	100,0	0,4	100,0		
g	0,0	2,7	0,0		
g			150,0		
Summe	146,1		421,2		
m³			146,1		
kg	377,0	2,80	377,0		
g	2,256,5	60,6	2,256,5	0,3	
g	1,62,0	100,0	1,62,0	0,3	
Summe	489,5		489,5	0,3	
g					
g					
Flächenberechnung:					
m²	0,2288				

Beim Beton für den Zylinder wurden folgende Komponenten verwendet:

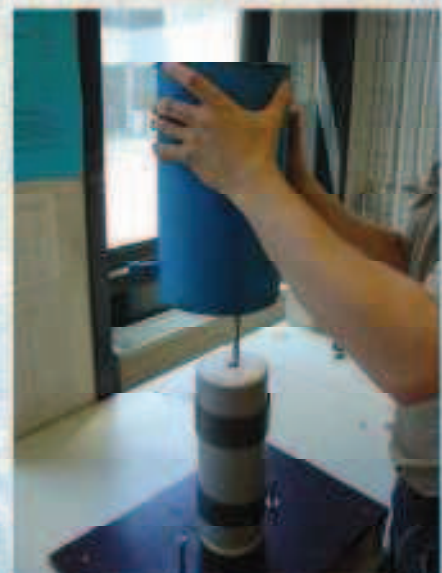
Zement: CEM I 52,5 R

Silicastaub: Microsilica Grade 971-U

Fließmittel: Glenium ACE 430

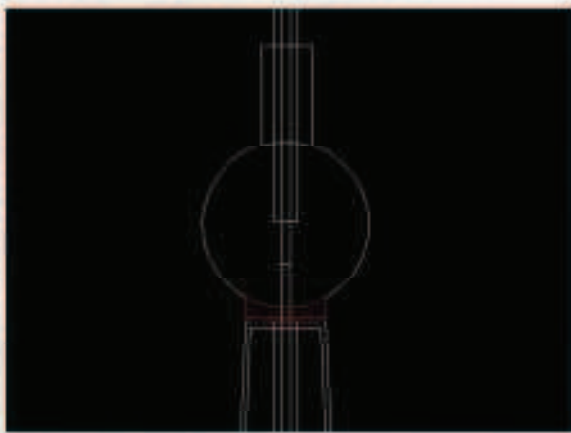
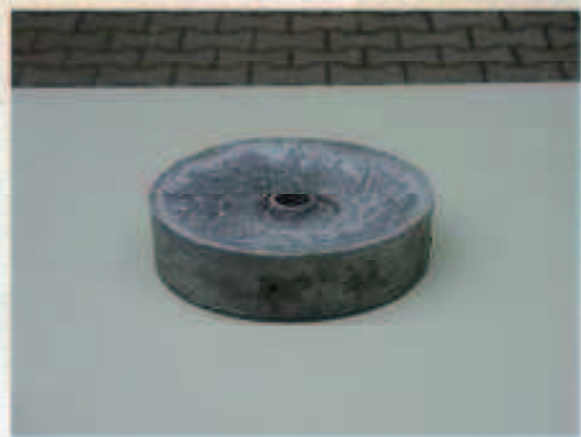
Bei der Prüfung der erstellten Probekörper ergab sich eine Dichte von $1,288\text{kg/dm}^3$. Eine Prüfung der Festigkeiten nach sieben Tagen ergab für die Biegezugfestigkeit $3,43\text{ N/mm}^2$ und für die Druckfestigkeit $26,53\text{N/mm}^2$.

Bei der Außenschalung handelt es sich um eine Zylinderform für die Herstellung von Normprüfkörpern. In dieser ist in der Mitte ein KG-Rohr DN 115 über eine Holzplatte befestigt worden um den Hohlraum zu realisieren.



Abspannplatte

Die Abspannplatte (\varnothing 24 cm h 6 cm; 6,25 kg) ist ein Vollzylinder aus hochfestem Beton und einer Stahlbewehrung sowie vier Gewindehülsen in der Mantelfläche. Äußerlich bildet sie die Verlängerung des oberen Kegelstumpfelementes an die darüber liegende Kugel. Sie ist über ein Metallrohr in ihrem Zentrum auf den Kern aufgesetzt.



Im Inneren der Konstruktion liegt sie in der Verbindung zwischen Kern und Spitze und bildet durch ihre Gewindehülsen die Befestigungspunkte für die Zugseile am Turm.

Beim Beton für die Abspannplatte wurden folgende Komponenten verwendet:

Zement: CEM I 52,5 R

Silicastaub: Microsilica Grade 971-U

Flugasche: steament RW

Fließmittel: Glenium ACE 430

Bei der Prüfung der erstellten Probekörper ergab sich eine Dichte von $2,360 \text{ kg/dm}^3$. Eine Prüfung der Festigkeiten nach sieben Tagen ergab für die Biegezugfestigkeit $8,92 \text{ N/mm}^2$ und für die Druckfestigkeit $96,18 \text{ N/mm}^2$.

Die Außenschalung besteht aus dem unteren Ende eines Kunststoffeimers, welcher mit einer Holzaußenschalung gegen Verformung beim Betonieren gesichert wurde.

Eingangsdaten:			
Wasser	18,00		
Zement (Z)	400,00		
Stärke (S)	8,00		
Flugasche (F)	10,00		
Glenium (G)	0,10		
Überschusssilica	4,40		
Feinstkies (FF)	0,00		
Feinstsand (FS)	2,30		
Eigenschaften:			
	m [kg]	f [kg/m³]	V [dm³]
W	18,00	1,8	10,00
Z	400,00	3,5	114,29
S	8,00	2,2	3,64
F	10,00	2,4	4,17
G	0,10	1,7	0,06
Ü	4,40	1,4	3,14
FF	0,00	0,0	0,00
Komma	780,50		432,20
W			100%
Q2 (Z)	51,20	2,00	233,1
Q3 (S)	78,20	2,00	391,0
Q4	155,0	2,00	775,0
Komma	1488,20		480,7
FB	11,7		
Fruchtbarkeitskoeffizient:			
FB	1170,1 kg/m³		



Fotobetonplatte

Die Fotobetonplatte (49 x 66 x 7cm; 50 kg) ist eine Vollbetonplatte aus Sichtbeton, welche durch eine Q-Matte (\varnothing 6mm) bewehrt ist. Auf ihrer Oberfläche befindet sich eine Applikation vom Foto des Berliner Fernsehturms.



Die Fotobetonplatte liegt auf der Pontonoberfläche, neben der Berlinform und ist durch rutschfeste Gummimatten sowie Stahlseile gesichert. Sie soll die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten der Biontechnologie in diesem Projekt letztlich ergänzen.



Beim Beton für die Fotobetonplatte wurden folgende Komponenten verwendet:

Zement: CEM II-A/M 42,5 R

Flugasche: steament RW

Fließmittel: Woerment FM 30

Vorgabewerte:			
Wasser	0,35		
Zement (z)	365,0		
Flugasche (f)	0,0%		
Flugasche (f)	20,0%		
Gipsanteil (g)	0,0%		
Fließmittel (m)	2,0%		
Fließmittel (m)	1,2%		
Ergebniswerte:			
W/B	0,35	1,3	210,0
Z	365,0	1,1	117,1
f	0,0	2,2	0,0
g	0,0	0,0	0,0
m	0,0	2,7	0,0
g	0,0	-	0,0
Summe z	660,0		210,0
W/B			0,35
0,2 (A)	362,2	2,00	240,0
0,4 (L)	615,5	2,50	307,5
W/B	0,35	2,00	0,0
Summe z	1011,1		410,0
FD	0,4		
Fraktionsergebnisse:			
FD	2,215,0 kg/m ³		

Bei der Prüfung der erstellten Probekörper ergab sich eine Dichte von $2,224 \text{ kg/dm}^3$. Eine Prüfung der Festigkeiten nach sieben Tagen ergab für die Biegezugfestigkeit $4,88 \text{ N/mm}^2$ und für die Druckfestigkeit $40,03 \text{ N/mm}^2$.

Für die Schalung wurden nichtsaugende Schalplatten verwendet und es kam ein spezielles Hochleistungstrennmittel zum Einsatz, um eine möglichst poren- und staubfreie Oberfläche zu ermöglichen. Durch partielles Absäuern entstand das Motiv auf der Sichtbetonoberfläche. Abschließend erhielt die gestaltete Oberfläche eine Schutzimprägnierung.



t = Eintauchtiefe **A** = Pontonfläche **FQ** = Gewichtskraft der Besatzung
F = Freibord **h_{ponton}** = Pontonhöhe **FG** = Gesamtgewichtskraft ohne Besatzung
F_A = Pontonauftrieb **F_{A2PE}** = Auftrieb von zwei Pontonelementen **F_{ATS}** = Auftrieb Turmstumpf
ρ_w = Wasserdichte **g** = Erdbeschleunigung **h_m** = metazentrische Höhe
v_v = verdrängtes Wasservolumen
I = Flächenträgheitsmoment der Schwimmfläche bezüglich der Kippachse
s = Abstand vom Schwerpunkt der Gesamtkonstruktion zum Schwerpunkt der verdrängten Flüssigkeit

Auftriebsnachweis (mit Besatzung)

$$t = \frac{FG + FQ}{A \times \rho_w \times g}$$

$$t = \frac{31,762 \text{ kN} + 5,000 \text{ kN}}{(3,62\text{m})^2 \times 1,00 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,286\text{m}$$

$$F = h_{\text{ponton}} - t$$

$$F = 0,43\text{m} - 0,286 = 0,144\text{m} = \mathbf{14,4\text{cm}}$$

Schwimmstabilität (mit Besatzung)

$$h_m = \frac{I}{v_v} - s$$

$$h_m = \frac{14,31\text{m}^4}{3,747\text{m}^3} - 0,354\text{m} = \mathbf{3,465\text{m} \geq 0 \rightarrow \text{schwimmstabil}}$$

Nachweis gegen Versinken (ohne Besatzung)

$$\text{Forderung: } F_A \geq FG + 1000N$$

$$F_A = \rho_w \times g \times v_v$$

$$F_A = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times (0,43\text{m} \times 3,62\text{m} \times 3,62\text{m}) = 55278N$$

$$\Delta F = F_A - FG$$

$$\Delta F = 55278N - 31762N = \mathbf{23516N} \gg \mathbf{1000N} \quad (55278N \geq 31762N + 1000N)$$

a) für das schwerste Flächenbauteil (¼ der Berlinform)

Die flächig liegenden Aufbauten sind durch eine rutschfeste Gummimatte gegen Verschieben auf dem Ponton gesichert und mit Drahtseilen an der Verbindungsstelle zwischen je zwei Pontonelementen befestigt. Diese dienen im Havariefall als Bojen um die Einzelbauteile bergen zu können.

$$FG = 3526N + 1000N \leq 6175N = F_{A2PE}$$

b) für die innere Konstruktion

Kern, Spitze sowie Abspannplatte und Kugelaufsatz sind über vier Drahtseile mit dem Ponton verbunden. Im Havariefall wirken je zwei Pontonelemente als Auftriebsbojen, um ein Bergen der inneren Konstruktion zu ermöglichen.

$$FG = 3248N + 1000N \leq 6175N = F_{A2PE}$$

c) für den Turmstumpf

Die Segmente des Turmstumpfes sind untereinander mit Steckverbindungen fest verbunden und erbringen durch ihre einbetonierten Styroporkerne ihren eigenen Auftrieb, um im Havariefall nicht zu sinken.

$$FG = 340N + 269N + 203N + 1000N \leq 1030N + 716N + 456N = F_{ATS}$$

$$FG = 1812 \leq 2202N = F_{ATS}$$

Materialübersicht

<u>Wasser</u>	<u>Zement</u>	<u>Silicastaub</u>	<u>Flugasche</u>	<u>Glasfasern</u>	<u>Quarzmehl</u>
377,4 kg	965,1 kg	45,9 kg	164,7 kg	21,8 kg	267,4 kg
<u>Gesteinskörnung 0/2</u>	<u>Gesteinskörnung 0/4</u>	<u>Blähglas 0,25/05</u>	<u>Blähglas 0,5/1</u>	<u>Blähglas 1/2</u>	<u>Blähglas 2/4</u>
314 kg	194,7 kg	82,8 kg	77,6 kg	68,9 kg	107,6 kg
<u>Farbpigment 330</u>	<u>Farbpigment 360</u>	<u>Fließmittel ACE 30</u>	<u>Fließmittel ACE 430</u>	<u>Stabstahlverbinder</u>	<u>Stahlfaser 5mm</u>
1,8 kg	3,6 kg	1,1 kg	13,1 kg	4,5 kg	4,3 kg
<u>Discokugel ø 50 cm</u>	<u>KG Rohr DN 115</u>	<u>Stahlrohr ø ¾"</u>	<u>Spannstahl</u>	<u>Hüllrohr ø 28mm</u>	<u>Drahtseil</u>
6 kg	3,3 m	4,71 m	98,4 m	89,64 m	35 m
	<u>Bewehrungsmatte ø 6mm</u>	<u>Baumatte 1cm</u>	<u>Glasfasermatte</u>	<u>Styropor EPS 040</u>	
	3,6m ²	12,5 m ²	15,8 m ²	4,4 m ³	

Mitwirkende

Labor für Baustoffe

Laborleiter: Prof. Dipl.-Ing. Jürgen Berger

Laboringenieure: Dipl.-Ing. Jörg Krüger

Dipl.-Ing. Olaf Linde

Laborantin: Bianca Freyer

Labor für Wasserbau

Laborleiter: Prof. Dr.-Ing. Stefan Heimann

Studenten

Konrad Fairless

Erik Haverland

Ingo Janich

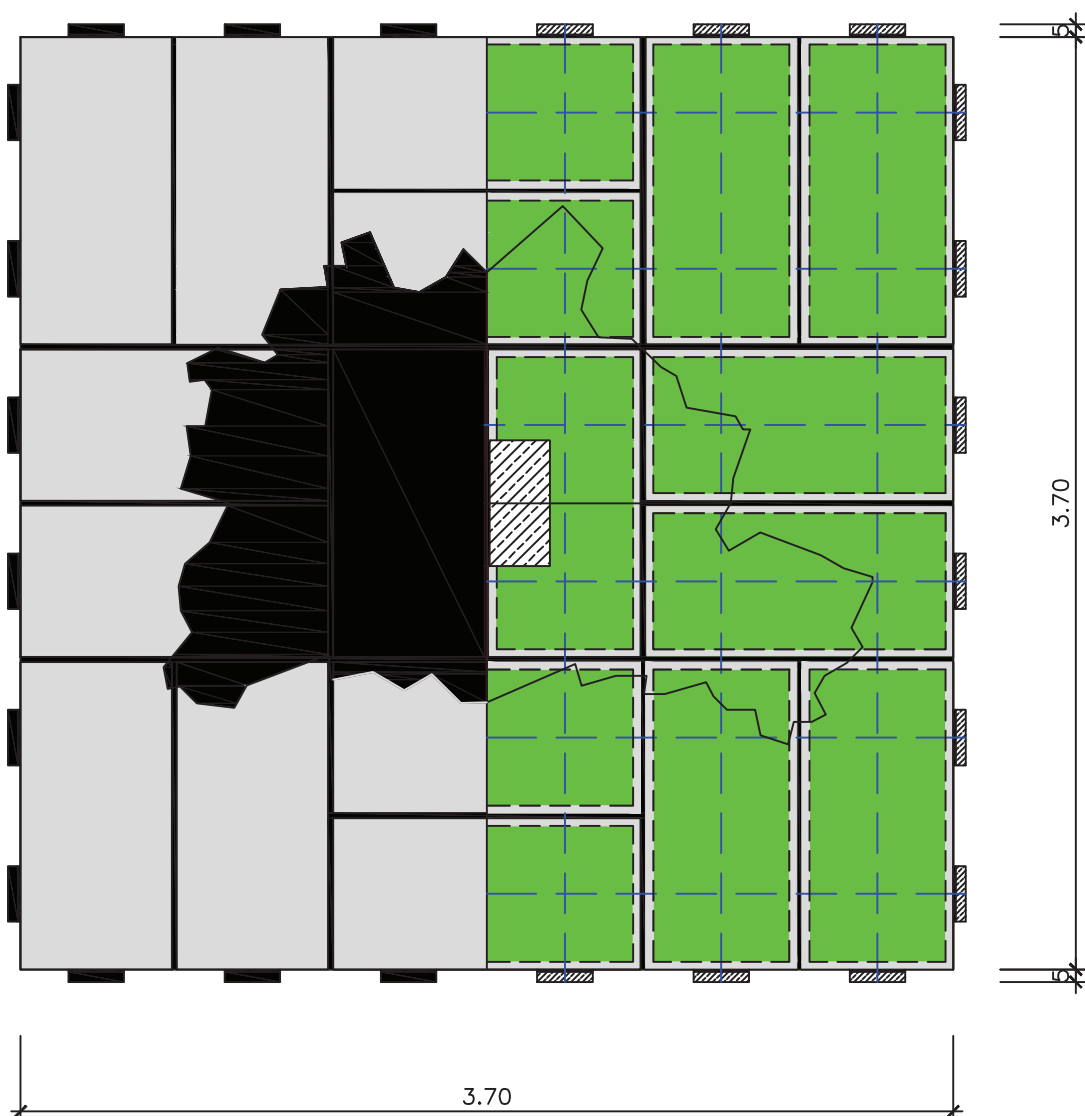
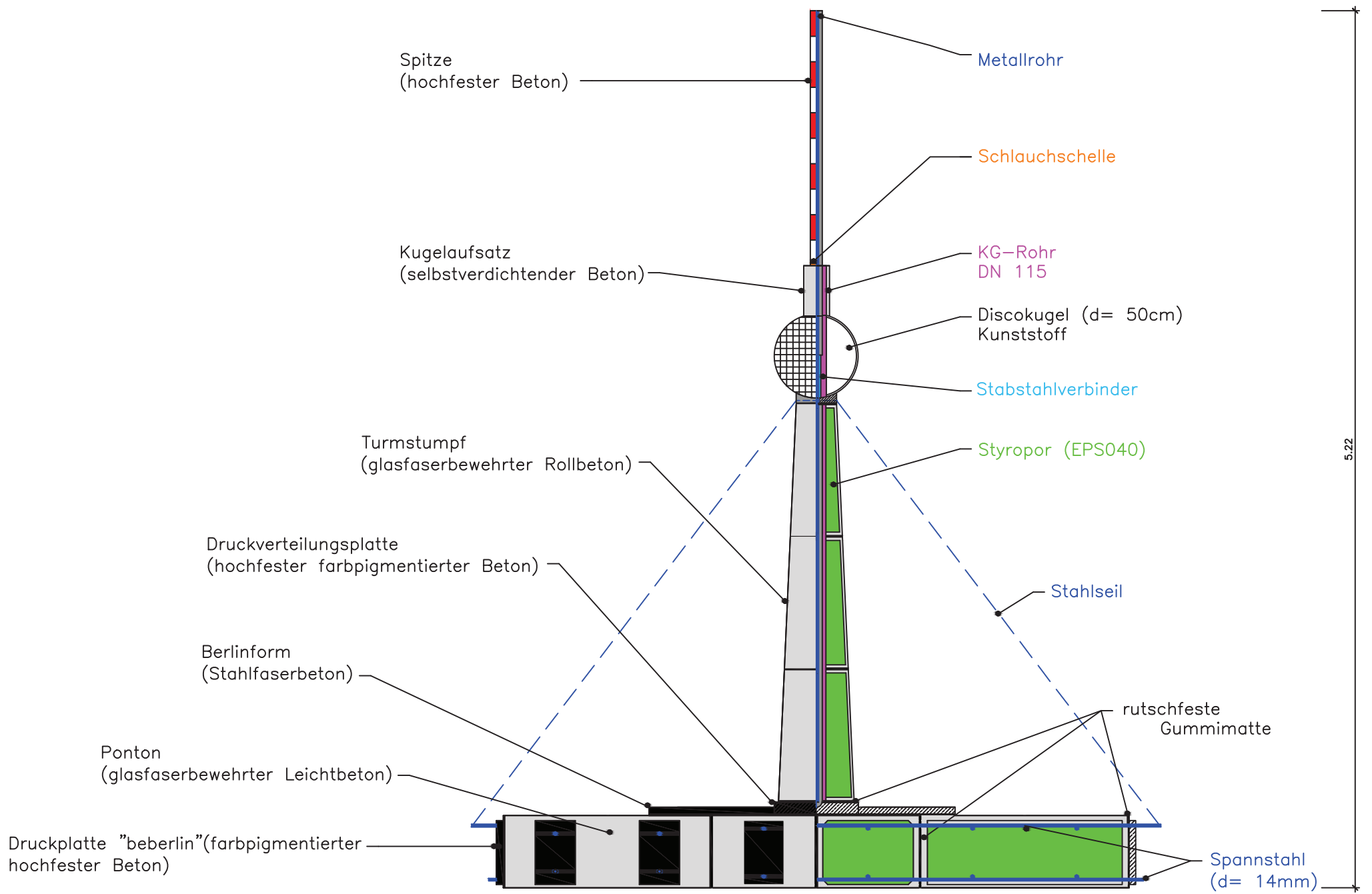
David Schreier

Andre Windemuth

Steve Wulff

Außen

Innen



Maßstab:
1:30

Auftriebsberechnung für Betonkanus

Institution: *Benth Hochschule für Technik* Bootsname: *composition in concrete*

1. Forderung laut Ausschreibung:

„Der Auftrieb soll das Eigengewicht des Kanus um mindestens 1000 N ($\cong 100$ kg) übersteigen.“

$$\mathbf{F \text{ Auftriebskraft} \geq F \text{ Gewichtskraft Kanu} + F \text{ Sicherheit [N]}}$$

mit F Sicherheit = 1000 N

$$F \text{ Auftriebskraft} \geq \dots 323,77 \dots [N] + 1000 [N] = \dots 333,77 \dots [N]$$

2. Der Auftrieb bestimmt sich aus dem Volumen des verdrängten Wassers

$$\mathbf{F \text{ Auftriebskraft} = \rho \times g \times V [N]}$$

ρ = Dichte des Wassers = 1000 kg/m³

g = Fallbeschleunigung = 9,81 m/s²

V = Volumen des eingetauchten Körpers in m³

3. Das erforderliche Volumen für die Auftriebskörper bestimmt sich aus der zweiten Formel:

$$\mathbf{V \text{ erforderlich} = F \text{ Auftriebskraft} / (\rho \times g) [m^3]}$$

$$V \text{ erforderlich} = \dots 333,77 \dots / (1000 \times 9,81) = \dots 3,41 \dots [m^3]$$

$$\text{Kanugewicht: } \dots 323,77 \dots \text{ kg} \times 9,81 \gg F_{\text{Kanu}}: \dots 31762 \dots [N]$$

Gewähltes Material für die Auftriebskörper: *Styropor*

Befestigung der Auftriebskörper: *einbetoniert*

Bitte dem Konstruktionsbericht beifügen!

DATENBLATT ZUM BOOTSBAU

Typ (ankreuzen) Wettkampfkano <input type="checkbox"/> Offene Klasse <input type="checkbox"/>	
Institution Beuth Hochschule für Technik Berlin	
Name des Bootes	composition in concrete
Gewicht	Gesamtgewicht: 32 37,7 Gewicht/Meter:
Abmessungen	Länge: 3,78 Breite: 3,78 Höhe: 5,22 Wanddicke: 20 & 30
Konstruktion/ Konstruktionsidee	Mehrteilige Betonkonstruktion unter Verwendung verschiedener Betonsorten und Betoniertechnologien
Ausführung, Herstellungsverfahren	Gießen Verdichten (Flaschenrüttler, Rütteltisch sowie SVB) Aufrollen auf Styropor
Schalung	Außenschalung: nicht saugende Schalplatten, Silikon Innenschalung: Styropor, KG-Rohr Schalmaterial: Holz, Styropor, Kunststoff, Silikon, Metall
Bewehrung	Art/Material: Matten & Fasern / Stahl & Glasfasern Durchmesser: 6mm & 1mm Stahl / 0,62mm Glasfasern Verlegung: Abstandshalter, Aufrollen
Mörtel	Gesteinskörnungen: normale Gesteinskörnung, Blähglas Zement: CEM I 52,5 R, CEM II-A/M 42,5 R Zusätze: Silicastaub, Flugasche, Farbpigmente, Glasfasern, Fließmittel w/z-Wert: 0,32; 0,38; 0,50; 0,53; 0,55 Kunststoffanteil (kg): 25,0
Aussteifung	durch Beton Drahtseile Bewehrung
Auftriebskörper	Art: Styropor Volumen: 4,38 m ³ Befestigung: einbetoniert
Farbgebung	Anstrichmaterial: Acryl-Farbe - 1 Vol.-% durchgefärbter Beton: schwarz - 13 Vol.-% unbehandelt: 86 Vol.-%

Ort/Datum: _____ Unterschrift: _____

bitte dem Konstruktionsbericht beifügen