

Nachhaltige Schalungsmaterialien für das Betonkanu 2017

Leichtbau Projekt_Zukunftssicher Bauen_SS'16

Betreuer/-in: Prof. Dr.-Ing. Agnes Weilandt
 Bearbeiter/-in: Rebecca Geiger 1102651,
 Henry Kohn 995335,
 Moritz Milch 1118056



Zusammenfassung

- Während der vergangenen Betonkanuregatten wurde wenig auf eine ökologische Konstruktion geachtet
 - Der Anspruch sollte sein unter den Aspekten der Nachhaltigkeit ein Kanu zu entwerfen, dass auch den Anforderungen an Gestaltung und Konstruktion gerecht wird.
- Die Versuche haben ergeben, dass kinetischer Sand und Ton sich grundsätzlich sehr gut als Schalungsmaterial eignen würde.
 - Der kinetische Sand glänzt mit einer einfach herzustellenden Form und den geringsten Verunreinigungen an der Schalung
 - Bei Ton ist der große Vorteil die einfache Modellierbarkeit bei der Herstellung komplexerer Formen.

Abstract

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts wurde das erste schwimmfähige Fahrzeug aus Beton gefertigt. Der Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. initiierte 1986 die erste deutsche Betonkanuregatta mit der komplexen Aufgabe aus den Bestandteilen Zement, Wasser, Sand sowie Zuschlägen ein schwimmfähiges und optimiertes Kanu zu bauen. Die Herausforderung besteht darin ein leichtes und trotzdem robustes Kanu herzustellen. Prämiert werden neben dem schnellsten Boot auch die Konstruktion, Gestaltung sowie das leichteste als auch das schwerste schwimmende Kanu. Zur Realisierung dieses Projekts sind vor allem zwei Themen von besonderem Belang, zum einen das Material an sich (also die Zusammensetzung des Betons sowie die Bewehrung), zum anderen die Konstruktionsweise sowie die verwendete Schalung. Das folgende Paper befasst sich im Detail mit der Konstruktionsweise und der Herstellung der Schalung. Die

Auswertung der vergangenen Betonkanuregatten zeigt, dass bei der Realisierung der bisherigen Betonkanus und deren Schalungen wenig bis gar nicht auf die Nachhaltigkeit der verwendeten Materialien geachtet wurde. Eine Prüfung der besten Ansätze war Grundlage, ob es möglich ist eine neue, nachhaltige und effiziente Herstellungsmethode der Schalung für das Betonkanu 2017 zu kreieren. Hieraus wurde eine Versuchsreihe mit Ton, gebrochenem und kinetischem Sand als nachhaltiges Schalungsmaterial durchgeführt. Die Ergebnisse wurden anhand der Betonqualität der Versuchskörper analysiert und bewertet. Als Ergebnis stellte sich heraus, dass eine Schalung aus kinetischem Sand die Anforderungen an Wiederverwendbarkeit, Realisierbarkeit der Schalung in Form und Oberflächenbeschaffenheit sowie auch in der Einfachheit der Herstellung am besten in sich vereint.



Ausschalen Ton



Ausschalen Ton gefroren



Ausschalen Sand



Ausschalen Sand gefroren



Übersicht der Schalungen nach Betonage

Analyse der vergangenen Betonregatten

Betonkanu-Regatta	2015	2015	2015	2013	2011	2009	2007	2007	2005	2005	2005
Platzierung	1. Platz	2. Platz	3. Platz	3. Platz	1. Platz	2. Platz	1. Platz	3. Platz	1. Platz	2. Platz	leichtestes Kanu
Universität	ETH Zürich	TU Wien	TU Darmstadt	RWTH Aachen	TU Nürnberg	H Darmstadt	TH Nürnberg	HTWK Leipzig	TH Nürnberg	TU Dresden	TU Graz
Schalung – Herstellung Kanu	Carbonfaser-matte – Netzschalung	Stacksystem aus CNC gefrästen MDF Platten	Plexiglas, Elementbauweise Holz Nut & Feder	Elementbauweise, flache gegossene Dreiecke; verleimt	Plexiglas	Modell aus Holz, Kanu abgeformt (positiv Schalung)	positiv & negativ vorgelegte Spanten Schalung aus Styropor gefräst; Beton in Zwischenraum gegossen	5-10mm breite Holzleisten beplankt, Kunstharzbeschichtet, Spritzbeton	flache Schalung (150 Einzelteile mit 2 Komponentenkleber-verklebt)	Textilschalung = Bewehrung. Beton ist flexibel, Herstellung 9 Lappen, dann biegen und zusammensetzen	CNC gefräste Dämmplatten (XPS)
Materialmenge in Relation zu Kanugröße	1	-1	-1	1	0	1	-1	-1	1	1	-1
Gewicht Schalung (leicht = 1 schwer = -1)	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
Einfachheit der Herstellung	-1	0	0	-1	-1	0	1	0	-1	-1	1
Wiederverwendbarkeit Schalung (mehrere Kanus herstellen)	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1
Recycling / Sondermüll	-1	0	-1	-1	-1	0	-1	0	0	-1	-1
Bauökologische Bilanz (Energie Aufwand für Herstellung - abgeschätzt)	-1	0	-1	0	-1	0	-1	0	1	1	-1
Reproduzierbarkeit Schalung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	-1	1	-1	2	-1	4	1	1	4	0	1

- Analyse der Betonregatten der letzten 10 Jahre
- Wertung anhand von Aspekten der Nachhaltigkeit
- Entwurf der Technischen Hochschule Nürnberg von 2005 überzeugt durch seine Konstruktionsweise aus geklebten, einzelnen Dreieckssegmenten

- Das Darmstädter Kanu von 2009 zeichnet sich vor allem durch die Herstellung aus einer Positivschalung mit einem kohlefaserverstärktem Spritzbeton aus

Bewertungsmaßstab	
gut	1
neutral	0
schlecht	-1

Betonprobekörper



v.l.n.r. Referenzkörper, Körper hergestellt mit Schalung aus: raumtemperierter kinetischer Sand, gefrorener kinetischer Sand, raumtemperierter Ton, gefrorener Ton

Auswertung Laborversuche

Fazit Schalung aus Ton

- Ton bei Raumtemperatur erzielt bestes Ergebnis
- Zuvor eingefrorener Ton wird rissig
 - negative Auswirkung auf das Schalbild

Fazit Schalung aus kinetischem Sand

- Kaum Unterschiede zwischen gefroren und raumtemperierten Probekörpern
- Exakte Formgeometrie
- Hervorragende Oberflächeneigenschaften

Fazit Schalung aus gebrochenem Sand

- rau und stark sandende Oberfläche
- Keine exakte Formgebung
- Nicht ausgehärteter Beton
 - schlechtes Mischungsverhältnis

Untersuchter Aspekt	Ton 20,8°	Ton 1,0°	Sand 21,8°	Sand 0,2°
Ökologische Aspekte				
Wiederverwendbarkeit	1	2	3	3
nachhaltiger Rohstoff	3	3	3	3
Schadstoffe	3	3	3	3
Summe Punkte	7	8	9	9
Herstellung				
Verarbeitung	2	2	3	3
benötigte Hilfsmittel (Werkzeug, Gefrierschrank, etc.)	2	1	3	2
Einfachheit der Herstellung	2	1	3	2
Gewicht Schalung	1	1	2	2
Benötigte Hilfskonstruktion für Schalung	2	2	1	1
Trennung Probekörper - Schalung	1	2	3	3
Negativ-Schalung	2	2	3	3
Positiv-Schalung	3	3	3	3
Nachbearbeitung der Oberfläche notwendig - 1; nicht nötig - 3	2	1	1	2
Summe Punkte	15	14	21	19
Rahmenbedingungen				
Haltbarkeit	3	3	3	3
Verfügbarkeit	3	3	2	2
Kosten	3	3	1	1
Summe Punkte	9	9	6	6
Probekörper				
Oberfläche	3	1	2	3
Glätte Oberfläche nach Nachbearbeitung	2	2	3	3
Formgenauigkeit	2	1	3	3
Summe Punkte	7	4	8	9
Gesamt Punktzahl	38	35	44	43

Ausblick

- Überprüfung des Ergebnisses der Schalung mit gebrochenem Sand (wegen aufgetretenen Problemen mit der Betonzusammensetzung)

- Weitere Tests mit **herkömmlichem Sand** als Schalungsmaterial:
 - Bestimmen idealer Feuchte, wie kann sie konstant gehalten werden?
 - Verwendung anderer Sandkörnung, um Ergebnis der Oberflächenbeschaffenheit zu optimieren.
 - Überprüfen, ob gefrorener Sand bessere Ergebnisse erzielen kann

Weitere Fragestellungen:

- Wie kann der Versuchsmaßstab in 1:1 Maßstab übertragen werden?
 - Ton-Variante:** Materialeinsparung durch Verwendung von Ziegelsteinen als Grundgerüst für Positivschalung (Kirchlocken Herstellung)
 - kinetischen Sand-Variante:** gleiches Vorgehen

- Herstellung des **kinetischen Sandes** im Labor
 - Zusammensetzung überprüfen (geringerer Anteil an Polydimethylsiloxan möglich?)

- Positiv-Schalung:**
 - Oberfläche der Schalung an Kanuinnenseite
 - äußerste Schicht: „Schwimmhaut“ nicht in direktem Kontakt mit der Schalung
 - Schalhaut hat keine negativen Auswirkungen auf Schwimmfähigkeit des Kanus
 - Durch „lackieren“ des Kanus als letzte Betonschicht entsteht sehr glatte Oberfläche

- Prüfen, ob erarbeitete Herstellungsmethode mit der vorgesehenen Naturfaserbewehrung vereinbar ist.