

Stand der Entwicklung – dünnwandige Kuppelbauten

Benjamin Kromoser, Institut für Tragkonstruktionen, TU Wien, benjamin.kromoser@tuwien.ac.at

Johann Kollegger, Institut für Tragkonstruktionen, TU Wien, johann.kollegger@tuwien.ac.at

Hannes Kari, ÖBB-Infrastruktur AG, Hannes.Kari@oebb.at

Hinko Jusufagic, Öhlinger + Partner Ziviltechniker Ges.m.b.H., Jusufagic@oehliner.at

Optimiert man die Form eines Betontragwerks entsprechend der Lastpfade beispielsweise zu einer Schale, so kann das Material Beton, charakterisiert durch eine hohe Druckfestigkeit und vergleichsweise niedrige Zugfestigkeit, bestmöglich ausgenutzt werden. Betonschalen als Tragwerke weisen insgesamt ein sehr günstiges Tragverhalten auf. Große Spannweiten können mit einem verhältnismäßig geringen Materialaufwand ressourcenschonend realisiert werden. Wird die Form des Tragwerks günstig gewählt, stellt sich im Tragwerk ein Membranspannungszustand ein und es treten im Querschnitt hauptsächlich gut vom Beton aufnehmbare Druckspannungen und nur geringe, für das Tragwerk ungünstige Biegespannungen und transversale Schubspannungen auf. Problematisch dabei ist die Herstellung der Schalung der meist komplexen freigeformten Strukturen. Ein an der TU Wien entwickeltes Bauverfahren mit dem Namen *Pneumatic Forming of Hardened Concrete (PFHC)* stellt dabei eine wirtschaftliche Alternative dar. Der Ansatz zur Reduktion des Herstellungsaufwandes für die Schalung von Betonschalen ist dabei eine ursprünglich ebene, bewehrte Betonplatte aushärten zu lassen und diese nachträglich zu einer zweifach gekrümmten Betonschale zu verformen. Die ebene Platte wird dabei wie in Abbildung 1 dargestellt mit Hilfe eines darunter angeordneten Pneus angehoben und dieser Prozess wird zusätzlich durch Vorspannen von am Umfang verlegten Spanngliedern unterstützt. Kern des Verfahrens ist der Umformungsprozess, bei dem der ausgehärtete Beton und die Bewehrung in der Lage sein müssen die großen Verformungen aufzunehmen. Im Zuge von Voruntersuchungen wurden 4-Punkt-Biegeversuche an unterschiedlich bewehrten rechteckigen Betonplatten mit 50 mm, 100 mm und 120 mm Dicke durchgeführt. Als geeignete Bewehrung konnten Nirosta Stahlseile und Glasfaserverbundkunststoffstäbe (GFK) bestimmt werden [1]. Diese können einfach eingebaut werden und garantieren gleichmäßige Dehnungen während des Verformungsprozesses und somit gleichmäßige Krümmungen der Betonplatten. Die praktische Anwendbarkeit des Bauverfahrens konnte bereits an zwei Großversuchen an einer Kugelschale mit 13 m Durchmesser und 3,2 m Höhe [2] und einer freigeformten Betonschale mit 10,8x17,6 m und einer Höhe von 2,9 m [3] jeweils mit 50 mm Dicke erfolgreich getestet werden.

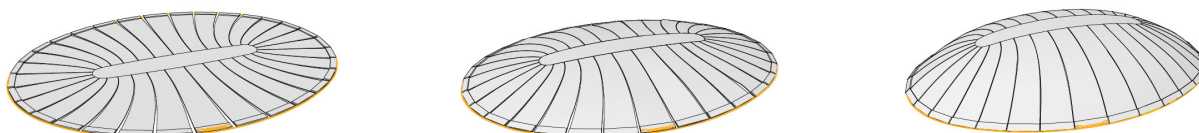


Abbildung 1: Umformungsprozess von der ursprünglich ebenen Platte zur zweifach gekrümmten Schale mit Hilfe des darunter angeordneten Pneus und am Umfang verlaufenden Spannlitzen (orange)



Abbildung 2: Visualisierung der Veranstaltungsüberdachung (links) und Visualisierung der Wildbrücke (rechts) © ÖBB Infrastruktur

Aktuell wird im Entwicklungsprozess der nächste Schritt in Angriff genommen und das Bauverfahren wird im Auftrag der ÖBB-Infrastruktur von der Fa. Kostmann GmbH nach der Planung der TU Wien in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Öhlinger+Partner ZT GmbH erstmals für die Errichtung von zwei Betonschalen, einer Veranstaltungsüberdachung (Abbildung 2 links) und einer Wildbrücke über die Koralmbahn (Abbildung 2 rechts), praktisch angewendet. Die Idee ist dabei das erste Bauwerk (Maßstab 1:2 kleiner als die Brücke), die Veranstaltungsüberdachung, als zusätzlichen Zwischenschritt für eine weitere Optimierung des Bauverfahrens, der Bauausführung und der Planung zu nutzen. Im vergangenen Dezember 2016 konnte der Umformungsprozess der ersten Betonschale in Kärnten erfolgreich durchgeführt werden. Dabei wurde die 80 t wiegende Betonplatte (Grundrissabmessungen 28,3x21,4 m) mit einem Luftdruck von nur 20-22 Millibar angehoben und zur geplanten Betonschale verformt. Die anfangs ebene Betonplatte und die fertiggestellte Betonschale sind in Abbildung 3 dargestellt. Die besonders glatte Oberflächenform ist einer ausgeklügelten Geometrieoptimierung zu verdanken. In den folgenden Bauschritten erhält die Kuppel noch eine zusätzliche bewehrte Aufbetonschicht und wird anschließend großzügig zur geplanten Struktur ausgeschnitten. Die fertiggestellte Kuppel soll bereits im Sommer 2017 erstmals genutzt werden. Der gesamte Bauablauf ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Veranstaltungsüberdachung ist im Endzustand 26,5 m lang, 19,1 m breit und 4,2 m hoch.



Abbildung 3: Ursprünglich ebene Platte (links) und fertiggestellte Betonschale (rechts) der Betonschale, die später als Veranstaltungsüberdachung genutzt werden soll © Webcam von Dipl.-Ing. Wolfgang Reinisch - <http://reinisch.at/> im Auftrag ÖBB Infrastruktur

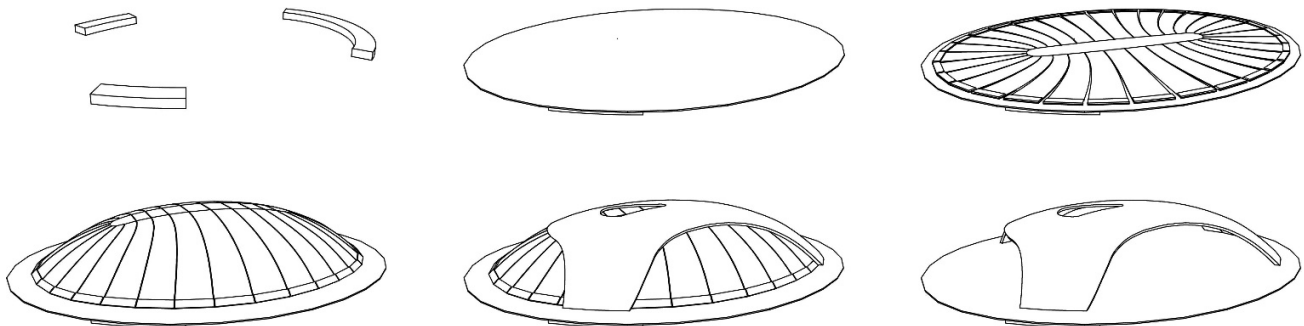


Abbildung 4: Bauablauf Veranstaltungsüberdachung (1) Herstellung der Fundamente, (2) Herstellung der als Arbeitsebene und Zugplatte dienenden flügelgeglätteten Betonplatte, (3) Herstellung der ursprüngliche ebenen Platte mit keilförmigen Auslässen, (4) Umformungsprozess zur geplanten Betonschale mit Hilfe des darunter angeordneten Pneus und den am Umfang verlaufenden Spannritzen, (5) Aufbringen der zusätzlichen Bewehrung und der zusätzlichen Aufbetonschicht in den relevanten Bereichen, (6) Herstellen der Ausschnitte und Versiegeln der Kanten

Literatur

- [1] Kromoser, B., Kollegger, J.: Aktives Verformen von ausgehärteten Betonelementen zur Herstellung von räumlich gekrümmten Betonflächen. Beton- und Stahlbetonbau 112, S.106-15, 2017.
- [2] Kromoser, B., Kollegger, J.: Herstellung von Schalentragerwerken aus Beton mit der „Pneumatic Wedge Method“ - Ein neues Bauverfahren für den Bau von zweifach gekrümmten Betonflächen. Beton- und Stahlbetonbau 109, Heft 8, S. 557–565, 2014.
- [3] Kromoser, B.; Kollegger, J.: Pneumatic forming of hardened concrete –building shells in the 21st century. Structural Concrete (2015), Nr. 2, S. 161-171.

Projektpartner