

Polymerbeton im Hochbau

Autor(en): **Willi, Thomas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **136 (2010)**

Heft 19: **Alles im Beton**

PDF erstellt am: **13.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-109607>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

POLYMERBETON IM HOCHBAU

Der Bologna-Reform wird oft der schwarze Peter in die Schuhe geschoben, wenn es darum geht, die fehlenden Praxiskenntnisse frisch gekürter Bauingenieure zu erklären. Doch Bildungssysteme sind und waren kaum je alleinige Ursache für solche Defizite. Es liegt stets auch am Einzelnen, das Beste aus dem bereitgestellten Bildungsangebot herauszuholen. Zwei Bachelorabgänger der Hochschule Luzern belegen mit ihrer Abschlussarbeit, dass der Praxisbezug durchaus Teil ihrer erworbenen Kompetenzen ist.

Die Aufgabenstellung für die beiden angehenden Bauingenieure Arnaud Deillon und Thomas Willi war kurz und klar: Sie sollten ein zehn Meter hohes und begehbares Tragwerk aus Polymerbeton – auch Mineralguss genannt – in Kombination mit Glas und Seilen entwickeln und bauen. Vertraut gemacht mit der Architektur von Türmen, erarbeiteten sie ein Design für das Tragwerk. Dabei richtete sich der Fokus auf eine materialgerechte Konstruktion, denn in erster Linie soll der Turm die Möglichkeiten und Stärken des Materials repräsentieren.

POLYMERBETON – IM HOCHBAU NOCH UNBEKANNT

Das Bindemittel von Polymerbeton ist ein Epoxydharz (Polymer), das die Gesteinskörner und den Quarzsand verbindet. Das Grösstkorn der Gesteinspackung beschränkt sich auf 5mm. Damit lassen sich schalenförmige Strukturen mit einer Stärke von nur 10mm realisieren. Das Material kann neben Druck- auch Zugspannungen aufnehmen, was ein Vorteil gegenüber herkömmlichen Betonwerkstoffen ist: Bei Polymerbeton kann bis zu einer bestimmten Zugbelastung auf Bewehrung verzichtet werden. Die Verarbeitung von Polymerbeton ist grundsätzlich standortgebunden, erfordert eine saubere Umgebung und eine präzise Anlage, um die Komponenten miteinander zu mischen – eine Vorfabrikation ist deshalb sinnvoll. Weiterbearbeiten lässt sich Polymerbeton wie herkömmlicher Beton mit Bohrungen, Zuschnitten und Fräsungen. Durch die Möglichkeit, den Werkstoff in nahezu jede Form zu giessen, lassen sich ästhetische und funktionelle Teile herstellen. Seine hohe Beständigkeit gegenüber Chemikalien zeichnet den Werkstoff zusätzlich aus. Deshalb findet man Bauteile aus Polymerbeton heute vor allem im Bereich von Kanalisationen, als vorgefertigte Elemente für Kontrollschachtschalen, Rinnen- und Röhrensysteme.

VERSUCHE – DEN WERKSTOFF KENNEN LERNEN

Mit Versuchen am Werkstoff wurden mehrere Ziele gleichzeitig verfolgt: Einerseits wurden die Kennwerte wie E-Modul, Querdehnungszahl, Biegezug- und Zylinderdruckfestigkeit ermittelt. Andererseits förderte der Umgang mit Probekörpern das Verständnis dafür, wie der Werkstoff beschaffen ist, welche Oberflächen er hat und wie er bearbeitet werden kann. Bei den Prüfungen stellte sich heraus, dass Polymerbeton ein sehr homogenes Gefüge aufweist: Die Versuchswerte wiesen meist eine nur geringe Streuung auf. Verschiedene Auszugs-, Scher- und Lochleibungsversuche zeigten die Grenzen im Bereich der Verbindungen (Abb. 9–12). Einige zusätzlich gewonnene Werte ermöglichten nachträgliche Auswertungen. So wurde während der Zylinderdruckversuche die Last über eine gewisse Zeit konstant gehalten und die Dehnung des Werkstoffes unter dieser Last in Abhängigkeit der Zeit aufgezeichnet. Aus diesen Messungen liess sich das Kriechverhalten des Werkstoffes bestimmen.

DESIGNPROZESS – ENTWICKLUNG DES TRAGWERKS

Die Aufgabenstellung machte in Bezug auf das Turmdesign nur wenige Vorgaben. Lediglich bei der Verwendung der Materialien forderte sie, die Haupttragelemente aus Polymerbeton in Kombination mit Glas und Seilelementen auszuführen.

POLYMERBETONTURM

Technische Werte

Gesamthöhe: 9.5 m
Grundmass Stahlfundation: 4.2 × 4.2 m
Kerndurchmesser Polymer: 1.0 m
Aussendurchmesser Polymer: 2.7 m
Eigengewicht: 10 800 kg
Summe Vorspannkraft im Kern: 755 kN

Materialien

Kern, Tritte, Geländer, Podest: Polymerbeton
Kreuzfundament, Abspannplatte oben: Stahl
Gehfläche Kopfpodest, Kernabschluss: Glas
Vorspannseile: Chromnickelstahl

Fachhochschule:

Hochschule Luzern, Technik & Architektur, Horw
Bachelor-Absolventen: Arnaud Deillon und Thomas Willi

Dozent Fassaden- und Metallbau: Daniel Meyer

Wirtschaftspartner:

Projektinitiator und Sponsor:
Müller Steinag Baustoffe AG, Rickenbach
Projektunterstützung und Sponsoren:
CreaBeton Baustoff AG, Rickenbach
H.Wetter AG, Stetten
Jakob AG, Trubschachen
SIKA Schweiz AG, Zürich
Glas Trösch AG, Bützberg



01

Die Planung begann damit, mögliche Entwürfe und Tragwerkssysteme zu konzipieren. Viele auf den ersten Blick erfolgsversprechende Ideen mussten nach Einbezug aller Randbedingungen aus Statik, Herstellung, Transport und Wirtschaftlichkeit wieder verworfen werden. Den Wendepunkt in der Designfindung brachte die Besichtigung des Werkes des Betonlieferanten. Von der praktischen Erfahrung der Werksmitarbeiter zu profitieren, war für die Diplomanden entscheidend. Zum ersten Mal entstand ein wirkliches Bewusstsein für die eigentlichen Materialstärken, die Fabrikationsmöglichkeiten und die durch das Material gegebenen Einschränkungen.

Nach der Wahl eines Konzeptes arbeiteten Deillon und Willi den Entwurf weiter aus. Dabei standen die baustatischen Überlegungen und die Umsetzbarkeit im Vordergrund. Nach zahlreichen Überarbeitungen entstand das Konzept einer vorgespannten Spindeltreppe aus identischen, reproduzierbaren Einzelelementen. Solche Spindeltreppen sind nicht neu, es gibt sie in diversen Formen und Grössen aus vorfabriziertem Stahlbeton und Baustahl. Bei ihnen ist das Aussengeländer aber meist separat aus Metall und/oder Glas gefertigt. Zudem ist in der Regel keine Vorspannung notwendig, weil der Spindelkopf horizontal durch das Austrittspodest gehalten und die Spindel biegesteif ausgebildet wird.

Zur Bemessung des Turmes gehörten unter anderem Nachweise für die Gesamtstabilität, die Ermittlung der minimalen Vorspannkraft in den Seilen und der Spannungen im Kern sowie die Dimensionierung des Stahlfundamentes. Zusätzlich mussten das Kopfpodest, dessen begehbare Glas und die Seile unter dem Einfluss des kriechenden Betons bemessen werden. Eine besondere Herausforderung stellte die Bemessung des Auftrittes bzw. dessen Einspannung am Spindelring dar (Abb. 5). Als Grundlage dafür dienten die Werte aus den Laborversuchen (Abb. 3).

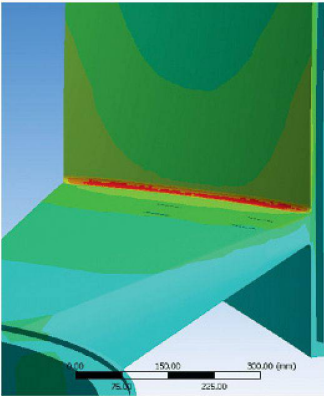
Beim Polymerbeton handelt es sich um ein sprödes Material, das keinen plastischen Bereich aufweist. Deshalb wurden sämtliche Nachweise mit den ersten Hauptzugspannungen ge-

Bestandteil	Funktion der einzelnen Komponente
Harz	Bindemittel zwischen Sand und Gesteinskörnung
Quarzsand	Füllstoff
Kreide	Dient zur Füllung kleinster Hohlräume
Aluminiumoxyd	Verleiht dem Werkstoff eine hellgraue Farbe
Beschleuniger	Dient zur Steuerung der Aushärtzeit
Härter	Ist für den chemischen Abbindprozess verantwortlich

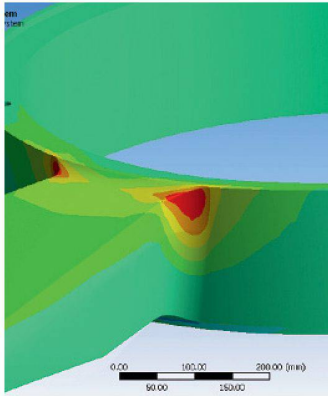
02

	Charakteristischer Mittelwert	Bemessungswerte
Zylinderdruckfestigkeit	86.2 N/mm ²	54.2 N/mm ²
Biegezugfestigkeit	19.8 N/mm ²	11.4 N/mm ²
E-Modul	—	19 200 N/mm ²
Querdehnungszahl	—	0.29

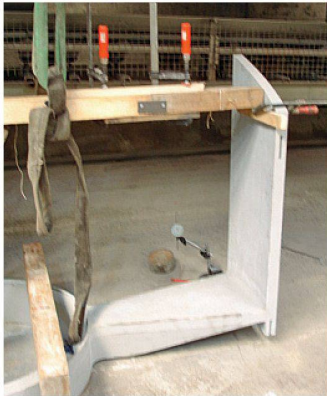
03



04



05



06



07



08

01 Visualisierung des Treppenturms inkl. Fundationskreuz in Stahl (Bilder: HSLU)
 02 Zusammensetzung von Polymerbeton
 03 Ergebnisse aus den Werkstoffprüfungen
 04 FEM-Simulation Geländereinspannung
 05 FEM-Simulation Tritteinspannung
 06 + 07 Bruchversuche an Prototypen
 08 Visualisierung mit halbttransparenten Polymerbetonelementen, um den Blick auf die inneren Spannseile freizugeben. Die Gesamtstabilität des Turmes wurde durch ein Fusskreuz aus Stahlwalzprofilen, vorgereckten Spannseilen und einem Kopfdeckel erreicht. Das Kriechen ist beim Polymerbeton nach einem Monat nahezu abgeschlossen, deshalb wurden die Seile nach einer Stunde, einer Woche und einem Monat nachgespannt. Die Vorspannkraft beträgt total im Maximum 755 kN.
 09–12 Versuchsanordnungen für die Polymerbeton-Werkstoffprüfung

führt. Das bedeutet, dass bei Polymerbeton die gleichen Bemessungsverfahren wie bei Glas am Bau angewendet werden können. Handrechnungen, basierend auf den massgebenden Lastfallkombinationen, lieferten in einem ersten Schritt die Vordimensionierung eines Treppentritts. Dabei untersuchten die Diplomanden die Einspannstelle des Geländers am Tritt und diejenige zwischen Tritt und Kern. Da der Tritt eine geometrisch komplexe Struktur aufweist, werden die Kräfteverläufe an einigen Stellen gestört und umgeleitet. Durch diese Diskontinuitäten entstehen Kerbspannungen, die bis zur maximalen Hauptzugspannung von 5 N/mm^2 zugelassen wurden. Das vordimensionierte Element wurde anschliessend als dreidimensionales Modell aufgebaut und in ein Finite-Element-Programm FEM eingelesen. Im Preprocessing wurden alle massgebenden Parameter für die Untersuchung eingebracht. Dazu gehören alle notwendigen Materialeigenschaften, die Lagerbedingungen und die Einwirkungen auf Bemessungsniveau. Die Eckbereiche des Elementes wurden ausgerundet, um die Spannungsspitzen genügend abmildern zu können. Dann verglichen die Diplomanden die resultierenden mit den zulässigen Spannungen und optimierten die Trittgeometrie so lange, bis die Kerbspannungen die zulässige Spannung von 11.4 N/mm^2 unterschritten.

SPANNUNGSSPITZEN «ABRUNDEN»

Die maximalen Hauptzugspannungen traten entlang der oberen Kante im Anschluss des Geländers auf. Sie sind relativ gleichmässig verteilt, da die Einwirkung aus der Windlast gleichmässig auf die Fläche wirkt und die Abschränkungslast als Linienlast an der oberen Geländerkante angreift. Mit einem Ausrundungsradius von 10 mm liessen sich die Spannungen auf einen Wert von 9.16 N/mm^2 reduzieren. Wie erwartet traten maximale Hauptzugspannungen auch bei der Einspannung des Trittes in den Kern auf. Der Nachweis wurde mit einem seitlichen Ausrundungsradius von 50 mm und bei deren oberen Kante mit einem solchen von 5 mm geführt. Nach der Produktion der ersten drei Elemente wurden Bruchversuche (Abb. 6 und 7) durchgeführt, um die Richtigkeit der FEM-Berechnungen zu bestätigen. Die Bruchlinie verlief durch den Bereich der maximalen Hauptzugspannungen aus dem FEM-Modell; die mittlere Abweichung zwischen FEM und Realität lag bei erstaunlich geringen 5%.

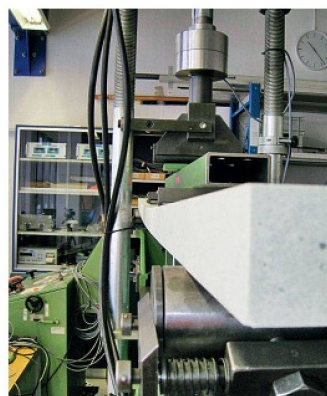
PERSPEKTIVEN IM HOCHBAU

Die Untersuchungen am Werkstoff Polymerbeton haben gezeigt, dass sich das Material für den Einsatz im Bereich von Tragwerks- und Fassadensystemen gut eignen kann. Trotz seines spröden Verhaltens machen ihn die geringen Streuungen im Bereich des Biegezugses zu einem berechenbaren und vertrauenswürdigen Werkstoff. Mit der Eigenschaft, sich in nahezu jede Form giessen zu lassen, kann Polymerbeton auch in der Architektur neue Akzente setzen.

Thomas Willi, thomas.willi@feroplan.ch, dipl. Bauing. Bsc FH



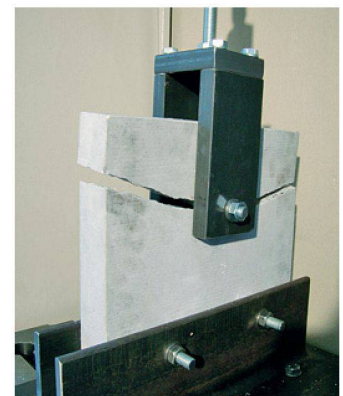
09



10



11



12