

KURZBERICHT

Titel: RCWE

Entwicklung und Anwendung von komplett demontablen Wohneinheiten aus ressourcenschonendem Beton

Az.: SWD-10.08.18.7-16.54

Anlass/ Ausgangslage

Neben der von der Bundesregierung proklamierten Energiewende rücken recyclinggerechte und ressourceneffiziente Bauweisen immer stärker in den Fokus. Rohstoffverbräuche und zunehmende Rohstoffvielfalt, steigende Rohstoffpreise auf der einen Seite und die jährlich erzeugten exorbitanten Mengen an Bauabfällen bei sinkenden Deponiekapazitäten und einschränkenden Verwertungsmöglichkeiten (Mantelverordnung), erfordern nachhaltigere Lösungen.

Weiter spielte die Frage der Bereitstellung von Wohnungen und Unterkünften mit verkürzten Planungs- und Realisierungszeiten eine wichtige Rolle für das Vorhaben.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung und Demonstration einer massiven, modularen, transportablen und voll demontablen/recyclinggerechten Wohneinheit für die schnelle Bereitstellung von Wohnraum und ggf. temporären Unterkünften, die am Ende ihrer Nutzungszeit umsetzbar sind. Dabei waren die Anforderungen der Next-Generation-Buildings zu erfüllen und Stoffkreisläufe nach dem Prinzip Cradle to Cradle (kreislaufgerechtes Bauen auf Bauteilebene) zu schließen. D.h. flexibel (schnell, demontierbar, anpassungsfähig etc.), schadstofffrei und ressourcenschonend mit System (modulare Bauweise) zu bauen. Dazu gehören die sortenreine Trennbarkeit und der Wiederverwendbarkeit ganzer Bauteile des Rohbaus auch deren nachhaltige Herstellung durch die Nutzung von Recyclingmaterial. Einmal hergestellt, befinden sich ganze Module im Nutzungskreislauf, ohne eine Shredderung am Nutzungsende. Daher wird mit der Wiederverwendungsoption ein Beitrag zur Werterhaltung geleistet (Upcycling). Bei dem Projekt standen die Erprobung der erarbeiteten Grundlagen und die Optimierung von wiederholbaren, adaptiven Konstruktionslösungen sämtlicher Gebäudeteile im Mittelpunkt.

Demontable Strukturen benötigen einen hohen Grad an lösbaren Verbindungen. Auf das Verbundprinzip muss gänzlich verzichtet werden. Die punktuellen Verbindungen sind in den einzelnen Elementen bzw. Bauteilen vorzusehen (s. Bild 3)

Des Weiteren setzen variable Strukturen eine hohe Modularität voraus. Um dem Prinzip der Ökoeffektivität gerecht zu werden bzw. um einen hohen Grad an Nachhaltigkeit zu erlangen, sind die einzelnen Module - bestehend aus Fundament-, Wand- und Deckenbauteilen aus ressourcenschonendem Beton bzw. Recyclingbeton (RC-Beton) – hergestellt worden.

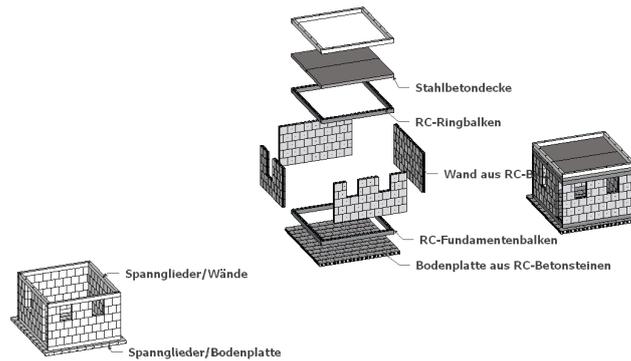


Bild 1 Erster Entwurf der Einheit zu Projektbeginn



Bild 2 Schraubverbindungen der RC-Deckenplatten

Bild 3 Zusammenschrauben der RC-Deckenplatten

Je nach vorhandener Produktionstechnik waren dazu Wand- und Deckenelemente zu untersuchen als auch kleinformatigere Betonsteine.- Der Lösungsansatz bestand darin, demontable modulare Wohneinheiten (WE) aus RC-Beton unter Berücksichtigung von trennbaren Materialverbänden und Funktionstrennungen (Tragkonstruktion getrennt von Ausbaukonstruktion) konstruktiv durchzubilden und hinsichtlich der Machbarkeit und Gebrauchstauglichkeit zu testen (s. Bild 4).

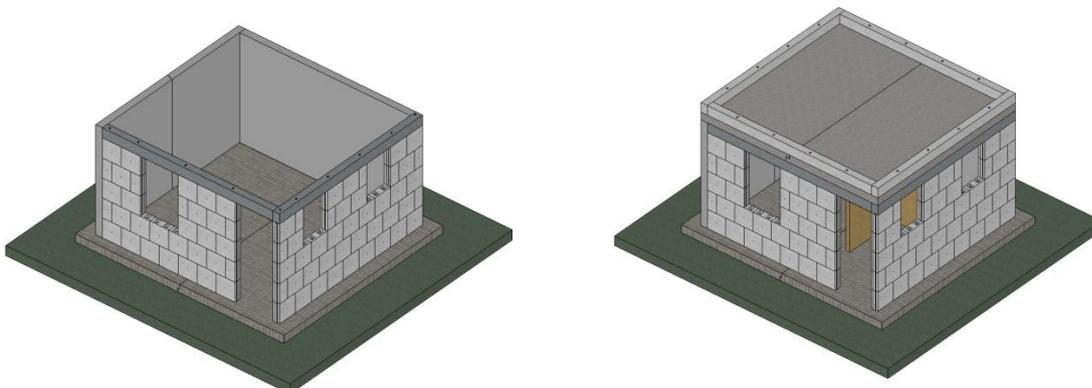


Bild 4 Realisierte Einheit aus Bodenplatten, Wandplatten und Wandbausteinen

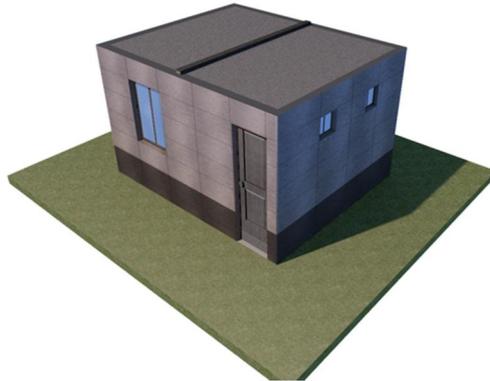


Bild 5 *Fassadenausbau*

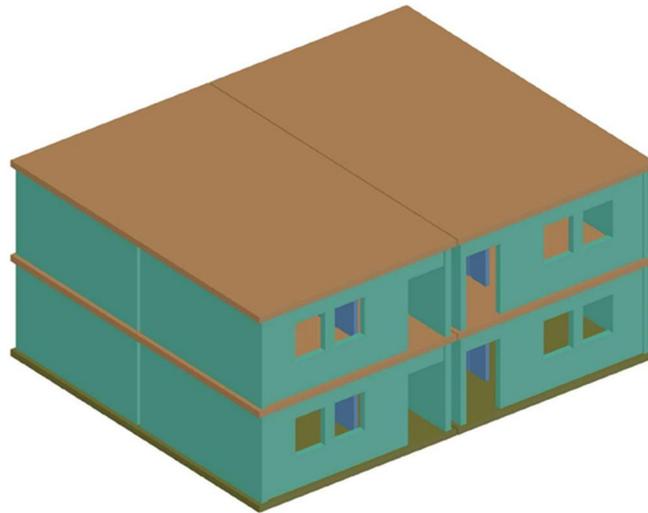


Bild 6 *Modifizierte RC-Wohneinheit in Plattenbauweise*

Dazu war zu untersuchen, welche Betonrezeptur für das jeweilige Bauelement mit welchem Grad des Einsatzes von Recyclingmaterial zur Anwendung kommen kann. Der schadlose Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen (RC-GK) war nachzuweisen und der Anteil und Liefertyp der RC-GK im Beton zu optimieren, wobei die Grenze des Anteils an RC-GK im Beton auszuloten war.

Die eigens für dieses Projekt produzierten RC-GK der Liefertypen 1 und 2 wurden

- in den zulässigen Anteilen nach DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620“ und
- darüberhinausgehend im Beton zu 100% eingesetzt und getestet.

Die Betonrezepturen und Stoffraummodelle wurden unter Berücksichtigung des Einsatzes von unterschiedlichen Anteilen entsprechend der Expositionsklasse und der lastabhängigen Belastung zu substituierender natürlicher GK entwickelt.



Bild 7 *Probenahme vom Haufwerk 0/16 mm Betonbruch auf dem Betriebsgelände der Firma Heim Deponie & Recycling GmbH*

Neben der o.a. Richtlinie wurden folgende Normen zugrunde gelegt:

- DIN EN 206-1:2001-07+A1:2004+A2:2005 „Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität“ und
- DIN 1045-2:2008-08 „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206“.

Getestet wurde der Einsatz von verschiedenen Zementarten und -mengen zur Erreichung der geforderten Festigkeitsklassen und hinsichtlich der Verarbeitbarkeit (Konsistenz) des Betons.

Die Frischbeton- und Festbetoneigenschaften wurden anhand folgender Parameter charakterisiert:

- Frischbetonrohddichte gemäß DIN EN 12350-6,
- Ausbreitmaß gemäß DIN EN 12350-5,
- Luftporengehalt gemäß DIN EN 12350-7,
- Druckfestigkeit nach 28 Tagen gemäß DIN EN 12390-3,
- Festbetonrohddichte gemäß DIN EN 12390-7 und
- Wassereindringtiefe gemäß DIN EN 12390-8 (ausschließlich für die RC-Bauteile des Moduls Fundament).

Die Festbetonuntersuchungen erfolgten an Probekörpern gemäß DIN EN 12390-2.

Auf den Erfahrungen vorangegangener Forschungsprojekte wurde aufgebaut.

Die zu entwickelnden RC-Bauteile sollten entsprechend der herausgearbeiteten Abmessungen im Projekt REMOMAB für flexible Systeme der Recycling-Wohneinheit (RC-WE) konstruktiv ausgebildet werden. Bei der Wandausbildung sind Noppen auf der Oberseite und Taschen/Vertiefungen auf der Unterseite angeordnet worden, um die RC-Bauteile gut untereinander ohne Betonverguss zu verzahnen. Damit sollte neben der Stabilitätssicherung der Wandkonstruktion die Demontierbarkeit der Bauteile sichergestellt werden.

Zur individuellen Anpassung der WE wurde die Entwicklung und Dimensionierung geeigneter Module (Blöcke) für Fundamente und Wände sowie geeigneter Platten für Decken und Wände (alternativ) vorgenommen.

Die optimierte Lösung des entwickelten Moduls (Prototyp) ist dann im Betonwerk Mattig & Lindner in Forst produziert und anschließend auf deren Gelände montiert worden. Dabei sind die Ergebnisse der Forschungsarbeit unter praktischen Bedingungen getestet und somit der Nachweis der Machbarkeit und Gebrauchsfähigkeit erbracht worden.



Bild 8 Schalung für RC-Beton-Halbsteine

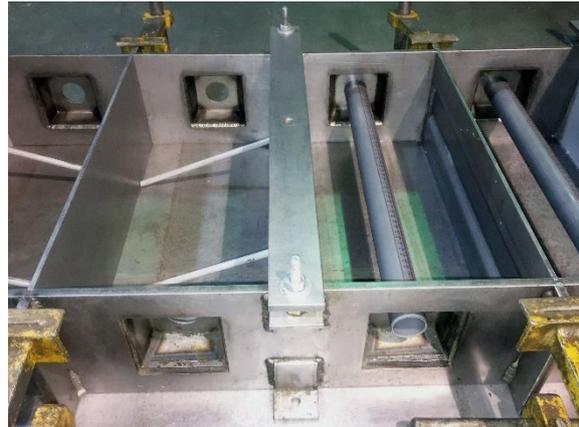


Bild 9 Schalprinzip für Halbsteine



Bild 10 RC-Balken, Betonier-Vorgang

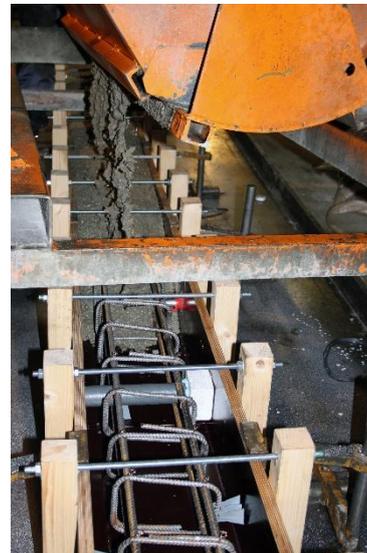


Bild 11 RC-Balken, Einfüllen des RC-Betons

Zur Sicherstellung einer effizienten Produktion der RC-Bauteile und -Elemente kann mit den Ergebnissen der Einzelfertigung der Prozess der Serienfertigung konzipiert werden. Erforderlich sind dann noch die Entwicklung einer effizienten Dosiertechnik und die Anpassung der Anordnung von Boxen für die sekundären Ausgangsstoffe unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten der Produktionsstätte. Für die Einzelsteine ist eine Form notwendig, die eine bessere Maßhaltigkeit insbesondere bei den Halbsteinen garantiert (z.B. in Batterieform).



Bild 12 *RC-Deckenplatte 1, Schalung, Verbindungstechnik*



Bild 13 *RC-Deckenplatte 1, Betonlage*

Die Montage der Wandplatten erfolgt mit den üblichen Hilfsmitteln Bild 14.

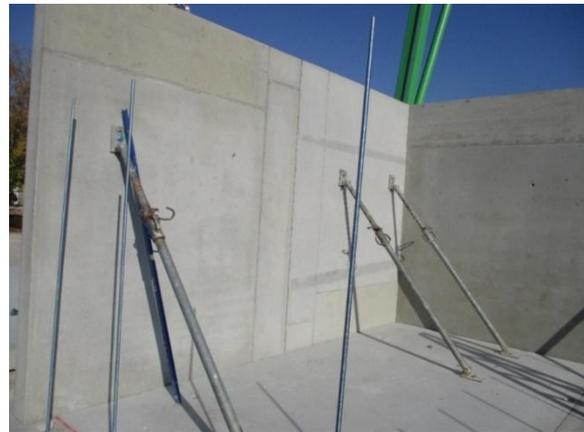
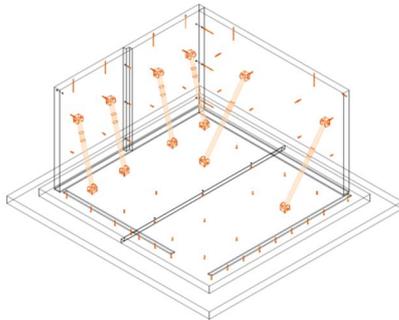


Bild 14 *Montage der Wandplatten mittels Montagehalterungen*

Die Wandsteine werden mit üblicher Hebe- oder Versetztechnik über die vertikalen Ankerstäbe eingeführt. Die vertikale Verspannung erfolgt in der Deckenebene, im Bereich der Fenster in der Brüstung).

In einem weiteren letzten Projektschritt ist dann die Demontierbarkeit und Wiederverwendbarkeit erprobt worden. Das Gebäude wurde in Forst abgebaut, zwischengelagert und anschließend an einen neuen Standort transportiert worden, wo der Wiederaufbau realisiert wurde. Das erfolgte bei ungünstigen Witterungsbedingungen. Es zeigte sich, dass auch unter diesen Bedingungen die neue Bauweise vorteilhaft ist.

Bei der Konzeption und Realisierung des Gebäudes ist vollkommen auf das Verbundprinzip verzichtet worden. Nur so kann eine saubere Zerlegung und Wiederverwendung garantiert werden. Die infolge von geringfügigen Toleranzen entstehenden Spannungsspitzen können ohne weiteres von Betonbauteilen aus RC-Beton aufgenommen werden.

Kurzbericht Forschungsvorhaben RCWE



Bild 15 *Demontage eines RC-Betonsteines mit der Winkelementzange*



Bild 16 *Re-Montage am neuen Standort – Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit auf der Bodenplatte li. – Wandmontage re.*



Bild 17 *Vollständig re-montiertes Modul am neuen Standort*

Fazit

Mit dem Forschungsvorhaben konnte unter Beweis gestellt werden, dass Recycling-Beton geeignet ist, für tragende Konstruktionen im Wohnungsbau unter Verzicht auf das Verbundprinzip eingesetzt werden kann. Die bisher zulässigen Grenzen an RC-Körnungen können weit nach oben verschoben werden, was erheblich zur Ressourcenschonung und Verbesserung der Nachhaltigkeit beiträgt.

Bei modularer Gestaltung des Entwurfes eines Wohngebäudes können Montierbarkeit als auch Demontierbarkeit eines massiven Gebäudes gewährleistet werden.

Damit kann ein entscheidender Beitrag zur Reduzierung von Schutt- und Baurestmassen geleistet werden. Der Energieaufwand für den Rückbau kann im Vergleich zu heute üblichen Margen auf ein absolutes Minimum reduziert werden. Andererseits wird das Versetzen eines Gebäudes in seinem Lebenszyklus entsprechend des veränderten Bedarfs möglich.

Eckdaten

Kurztitel: Komplett demontable Wohneinheiten aus ressourcenschonendem Beton - RCWE

Forscher / Projektleitung:

TU Dresden, Fakultät Architektur, LS Tragwerksplanung,

o. Prof. Dr.-Ing. Wolfram Jäger (Projektleitung)

Dipl.-Ing. Hassan Youssef

Forscher Recyclingbeton und dessen Anwendung:

BTU Cottbus- Senftenberg,

Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik

Arbeitsgebiet Bauliches Recycling

Siemens-Halske-Ring 8

03046 Cottbus

apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Angelika Mettke

Dipl.-Ing. Stephanie Schmidt,

Dipl.-Ing. Viktoria Arnold

Projektpartner und Förderer

Mattig & Lindner GmbH C.-A.-Groeschke-Str. 15 03149 Forst	mCon GmbH In der Schlade 1 57258 Freudenberg
Ecosoil Umwelt GmbH Laugfeld 29 01968 Senftenberg	DYWIDAG-Systems International GmbH Germanenstraße 8 86343 Königsbrunn

Gesamtkosten: 247.735,73 Euro

Anteil Bundeszuschuss: 163.647,57 Euro

Projektlaufzeit: 01.12.2016 bis 31.05.2019