

Projektinformationen zum Forschungsvorhaben:

Additive Fertigung von multifunktionalen, monolithischen Wandelementen durch Extrusion von Leichtbeton (LC3D)

Projektlaufzeit:

Juli 2017 - November 2019

Forschungsstellen:

Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter
Arcisstraße 21
D-80333 München

Technische Universität München
Lehrstuhl für Werkstoffe und Werkstoffprüfung im Bauwesen
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Gehlen
Baumbachstraße 7
D-81245 München

Projektleitung/Bearbeitung:

Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Klaudius Henke
Daniel Talke, M.Sc.

Dr.-Ing. Thomas Kränkel
Carla Matthäus, M.Sc.

Industriepartner:

HeidelbergCement AG
Ed. Züblin AG
Knauf PFT GmbH & Co. KG
Dennert Poraver GmbH

gefördert von:

Innovationsprogramm Zukunft Bau
Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31-37
D-53179 Bonn

Das Forschungsvorhaben wurde aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat gefördert.

(Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.14)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

München, 10. Juni 2020

Kurzbeschreibung des Projektes:

Die physikalischen Eigenschaften von Leichtbeton ermöglichen die Herstellung von tragenden Wänden, die ohne zusätzliche Wärmedämmung in der Gebäudehülle eingesetzt werden können. Derartige monolithische Bauweisen sind äußerst robust und versprechen Vorteile beim Rückbau. Durch den Einsatz der additiven Fertigung bei der Herstellung solcher Leichtbetonwände können äußere Form und innere Struktur der Bauteile in hohem Maße frei gestaltet werden. Dies kann genutzt werden, um Wärmedämmung und Tragfähigkeit zu optimieren und weitere technische Funktionen in die Bauteile zu integrieren. Gleichzeitig ergeben sich Einsparungen durch den Wegfall der Schalung.

Gegenstand des Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines Verfahrens zur additiven Fertigung von multifunktionalen, monolithischen Wandelementen durch Extrusion von Leichtbeton. Frei geformte Bauteiloberflächen von hoher geometrischer Auflösung und filigrane Hohlraumstrukturen sollten durch den Einsatz von feinen Düsen möglich gemacht werden. Für alle Komponenten dieses neuartigen Fertigungssystems mussten maßgeschneiderte Lösungen erarbeitet und präzise aufeinander abgestimmt werden.

Einen wesentlichen Teil der Arbeiten stellte die Materialentwicklung dar. Dabei kam ein gefügedichter Leichtbeton, bestehend aus Blähglasgranulat als Leichtzuschlag und Zement als Bindemittel zum Einsatz. Unterschiedliche Faktoren wie Zementart, Zusatzstoffe, w/z-Wert, Korngrößenverteilung des Zuschlags und Zusatzmittel wurden hinsichtlich ihres Einflusses auf die Materialeigenschaften untersucht. Während die Frischbetoneigenschaften insbesondere in Hinblick auf Pumpbarkeit, Baubarkeit, Formtreue und Schichtenverbund optimiert wurden, waren dies bei den Festbetoneigenschaften vor allem Festigkeiten und Wärmeleitfähigkeit. Parallel zur Materialentwicklung wurde eine an den Werkstoff angepasste, kontinuierlich arbeitende Misch- und Fördertechnik zusammengestellt. Untersuchungen zur Raupengeometrie (Raupenbreite, Schichthöhe und Raupenprofil) mündeten in das Design und die Fertigung von prozessgerecht gestalteten Düsen. Des Weiteren musste eine durchgängige digitale Prozesskette aus Modellier- und Steuerungstools für die Steuerung des Roboters aufgesetzt werden. Der angestrebten Bauteilfunktionalisierung sowie der engen Abhängigkeit zwischen Material, Prozess und Geometrie wird durch speziell gestaltete Schichtenlayouts Rechnung getragen.

Im Laufe des Projektes wurden entsprechend den unterschiedlichen untersuchten Fragestellungen (z.B. Baubarkeit, Formtreue, Oberflächenqualität, Festigkeit) die verschiedensten Testobjekte gefertigt. Beispielsweise wurde anhand einer Reihe von speziellen Testobjekten untersucht, in welchem Maße Überhänge machbar sind. Eine andere Art von Testobjekten war für Versuche mit geschlossenen Zellen erforderlich. Daneben entstanden am Ende der Projektlaufzeit mehrere großformatige Demonstratoren. Dabei kamen starr montierte, runde Düsen mit einem Öffnungsdurchmesser von 15 mm zur Anwendung, die Schichthöhe beträgt 9 mm. Die Herstellung erfolgte jeweils ohne Unterbrechung auf einem kontinuierlichen Extrusionspfad. Unter den Demonstratoren befindet sich ein Wandelement mit den Maßen (LxBxH) 115,5 cm x 56,5 cm x 150 cm, das innerhalb von 3,5 Stunden gefertigt wurde, und ein 198 cm hoher Pfeiler mit einer Basisfläche von 69 cm x 69 cm, für dessen Herstellung 5 Stunden benötigt wurden.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Klaudius Henke
Technische Universität München
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Arcisstraße 21
D-80333 München
Tel. 089-289-22509
henke@tum.de

Publikationen:

Henke K., Talke D., Matthäus C. (2020) Additive Manufacturing by Extrusion of Lightweight Concrete - Strand Geometry, Nozzle Design and Layer Layout. In: Bos F., Lucas S., Wolfs R., Salet T. (eds) Second RILEM International Conference on Concrete and Digital Fabrication. DC 2020. RILEM Bookseries, vol 28. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49916-7_88

Matthäus C., Back D., Weger D., Kränkel T., Scheydt J., Gehlen C. (2020) Effect of Cement Type and Limestone Powder Content on Extrudability of Lightweight Concrete. In: Bos F., Lucas S., Wolfs R., Salet T. (eds) Second RILEM International Conference on Concrete and Digital Fabrication. DC 2020. RILEM Bookseries, vol 28. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49916-7_32

Matthäus C., Weger D., Kränkel T., Carvalho L.S., Gehlen C. (2020) Extrusion of Lightweight Concrete: Rheological Investigations. In: Mechtcherine V., Khayat K., Secieru E. (eds) Rheology and Processing of Construction Materials. RheoCon 2019, SCC 2019. RILEM Bookseries, vol 23. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22566-7_47

Abbildungen:



Bilddatei: Bild_1.JPG

Bildunterschrift: Additive Fertigung durch Extrusion von Leichtbeton (Foto: K. Henke, TUM)

Bild 2:



Bilddatei: Bild_2.JPG

Bildunterschrift: Additive Fertigung durch Extrusion von Leichtbeton (Foto: C. Matthäus, TUM)