

# Project Milestone

Text | Peter Leuten;  
Fotos | Project Milestone, Houben & VanMierlo

In vielen Branchen hat sich der 3D-Druck inzwischen als eine vorteilhafte Alternative erwiesen. In der Bauindustrie waren es nicht zuletzt Schalungshersteller wie Doka, die mit Hilfe dieser Technik gänzlich neue Formgebungen ermöglichten. Die Technische Universität Eindhoven und einige Industriepartner gehen nun einen entscheidenden Schritt weiter: Sie sparen sich die Schalung und lassen Bauten gleich von einem Beton-3D-Drucker erstellen



**D**er Bau einer Gruppe völlig neuartiger Häuser geht im niederländischen Eindhoven im neu geschaffenen Stadtteil Meerhoven an den Start: Hier sollen in Bälde fünf neue Einfamilienhäuser entstehen, die schon über ihre von runden, fließenden Formen geprägte Gestalt zum Ausdruck bringen, dass es etwas Besonderes mit ihnen auf sich hat. „Ausdruck“ ist in diesem Zusammenhang überhaupt das richtige Stichwort: Der Rohbau dieser als kreative Variationen der Eiform interpretierbaren Gebilde wurde nämlich von einem 3D-Drucker erstellt. Abgesehen von einigen ersten in den letzten Jahren entstandenen Experimentalbauten entstehen damit in Europa jetzt die ersten „ausgedruckten“ Bauten, die sowohl bestehenden Bauvorschriften entsprechen als auch in Bezug auf Qualität, Gestaltung und Komfort den Anforderungen der Bewohner gerecht werden. Interessenten für die Immobilien gibt es offenbar reichlich.

Entsprechend haben die Beteiligten am Bau der Siedlung, die Technische Universität Eindhoven sowie der Immobilienmanager Vesteda, der Bauunternehmer Van Wijnen, das Ingenieurbüro Witteveen+Bos, der Betonhersteller Saint Gobain-Weber Beamix und das Architekturbüro Houben & Van Mierlo Architekten als Partner, dem Projekt den passenden Namen verpasst: Project Milestone! Und der scheint durchaus angemessen. Denn das Verfahren zeigt sich hier erstmals von einer weitestgehend ausgereiften Seite, hinter der jahrelange Grundlagenforschung und eine gut eingespielte Zusammenarbeit der wichtigsten Projektpartner steht.

### Vorteile des 3D-Drucks in Beton

Abgesehen von der Knappheit an erfahrenen Maurern in den Niederlanden, die von den Beteiligten als einer der Gründe für den Bau der Häuser per 3D-Druck angeführt wird, spielten auch Umweltaspekte eine Rolle. Doch vor allem ermöglicht der Beton-3D-Druck den

Architekten, sehr feine Betonstrukturen zu entwerfen und dabei Gebäude und Objekte in fast jeder Form und Größe zu konstruieren. Außerdem ist es möglich, in nur einem Produkt unterschiedlichste Farben und Qualitäten zu drucken, wodurch in ein und dieselbe Struktur

verschiedene Funktionen integriert werden können. So erlaubt das Verfahren, spezifische Wünsche mit nur minimalen Zusatzkosten zu erfüllen.

Damit ist der Beton-3D-Druck in der Baubranche als wahrlich bahnbrechende Veränderung anzusehen. Auch in Hinsicht auf die Frage nach der Nachhaltigkeit kann das Verfahren punkten: Beim 3D-Druck als Herstellungsmethode wird für den Bau von Häusern deutlich



Die ersten Häuser entstehen noch an der Universität, später sollen die Häuser direkt auf der Baustelle gedruckt werden

weniger Beton benötigt, was sich unmittelbar auch in einem reduzierten Gesamtverbrauch von Zement niederschlägt. Und das wiederum dürfte beim Einsatz des Verfahrens in größerem Maßstab zur spürbaren Senkung der bei der Zementherstellung anfallenden CO<sub>2</sub>-Emissionen führen.

### Langjährige Erfahrung

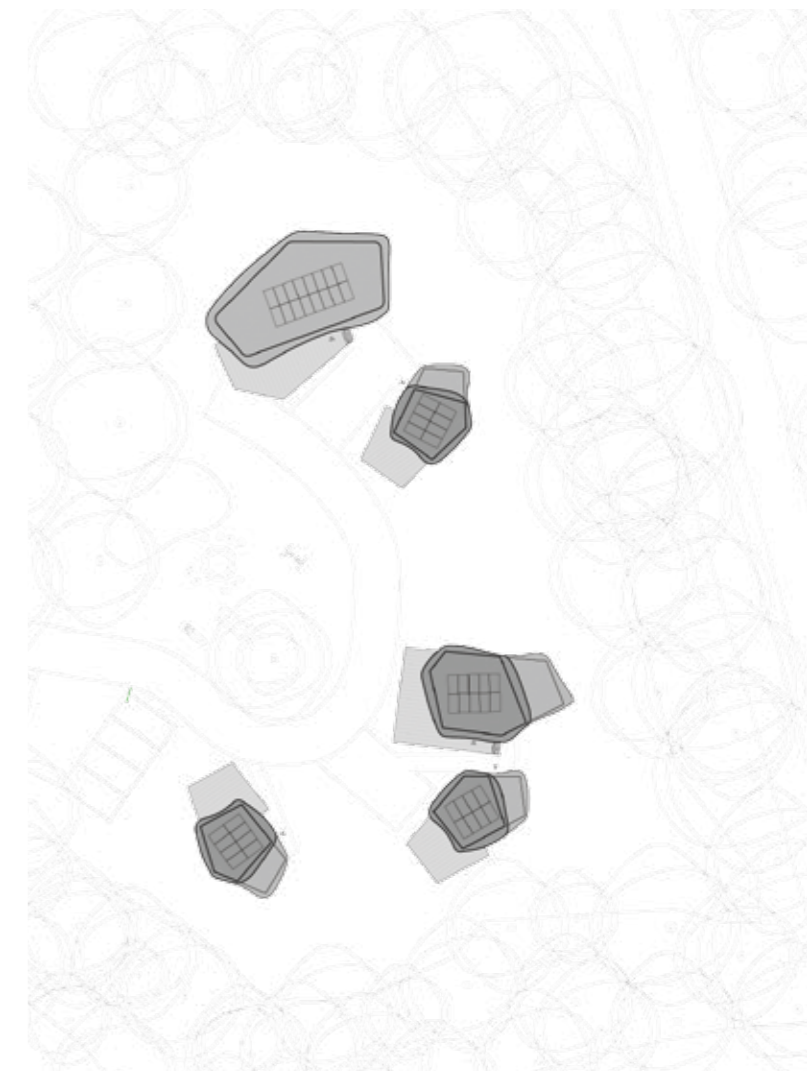
Die treibende Kraft hinter all dem, die Universität Eindhoven, verfügt auf dem Feld der additiven Fertigung von Gebäuden mittlerweile über eine langjährige Erfahrung. Schon im Jahr 2015 begann man mit der Entwicklung erster Projekte und der Konstruktion eines für den Hausbau entsprechend dimensionierten Beton-3D-Druckers. Im Jahr 2016 erhielt die TU Eindhoven dann erstmals die Erlaubnis, mit ihrem 3D-Drucker in der Stadt Eindhoven ein Haus aus Beton aufzubauen. Den verwendeten 3D-Drucker stellte man ein Jahr zuvor das erste Mal auf der Dutch Design Week



Die Innenstruktur der Komponenten entsteht durch einen schichtweisen Aufbau

2015 sowie auf der Website der Universität Eindhoven vor. Entwickelt wurde er im Rahmen des gemeinsamen Projekts 3DCP der TU Eindhoven und des niederländischen Unternehmens Rohaco Engineering B.V. Er ermöglicht ein Bauvolumen von 9 x 4,5 x 2,8 Metern und ist mit einem Extrusionsdruckkopf ausgestattet, der in





Die in die Grundleisten des Systems eingeschraubten Gewindestäbe ragen durch die Hohlkammern der Steine hindurch

alle Richtungen bewegt werden kann. Dieser Druckkopf wird über eine Pumpe an einem Betonmischer angeschlossen. Seine Entwicklung, für die eine Forschungsgruppe unter der Leitung von Professor Theo Salet, zuständig war, schlug mit etwa 650.000 Euro zu Buche. Inzwischen, so Salet; untersuche man auch den gleichzeitigen 3D-Druck mehrerer Betonarten und biete zusätzlich Sensoren und andere Hardware in das Material ein. Dadurch würde es möglich, 3D-gedruckte Strukturen in das Internet der Dinge zu integrieren.

### Brücke gedruckt

Im Sommer 2017 ging mit der Fertigung einer Fahrradbrücke per 3D-Beton-Drucker dann das nächste Projekt

unter federführender Beteiligung der Hochschule in die Realisierungsphase. Entworfen vom Ingenieurbüro Witteveen+Bos zeichnete der entsprechende Fachbereich der Universität gemeinsam mit dem Bauunternehmen BAM Infrastructure (Royal BAM Group) für die Herstellung einer 8 Meter langen und 3,5 Meter breiten Radfahrer- und Fußgängerbrücke mittels des universitätseigenen 3D-Beton-Druckers verantwortlich. Die Schichtdicke des Betons liegt bei einem Zentimeter. Errichtet wurde die Brücke unweit von Eindhoven in der Kleinstadt Gemert.



Ausgedruckt: 8 m lange und 3,5 m breite Radfahrer- und Fußgängerbrücke in Gemert

Beim 3D-Druck, darauf verwies in diesem Zusammenhang der Direktor der BAM Infrastructure Niederlande, Marinus Schimmel, seien keine Hilfsstoffe für eine Schalung erforderlich, da ein

speziell angemischter Beton zum Einsatz komme, der seine Form beibehalte, sobald er gedruckt wurde. Das führe an sich schon zu deutlich weniger Abfall.

### Systematisierung der Grundlagen

Angeregt durch dieses Projekt erstellte der Professor für angewandte Mechanik von der TU Eindhoven, Akke Suiker, mit der Erarbeitung eines mathematischen Modells zur Optimierung des 3D-Drucks von Betonbauwerken zugleich für die bestimmenden Parameter des neuen Verfahrens eine systematische Grundlage. In Suikers Anfang des Jahres in einem Wissenschaftsmagazin vorgestelltem und auf der Finite-Elemente-Methode basierendem mathematischen Modell geht es in erster Linie um die optimierte Zuführung von Beton für die einzelnen Schichten und das Ziel, Bauwerke aus dem 3D-Drucker stabiler zu machen und schneller fertigzustellen. Es berücksichtigt insbesondere, dass gedruckter Beton ohne Unterstützung einer Schalung gleich das Gewicht der darüber ausgebrachten Betonschichten tragen muss. Jede weitere Schicht erhöht die Belastung der zuerst aufgetragenen Schicht. Wie schnell

man eine zusätzliche Schicht aufdrucken kann, ist eine der zentralen Fragen beim 3D-Druck von Gebäuden. Suikers Gleichungen erlauben nun eine Berechnung, in welcher Geschwindigkeit bei einer gegebenen Aushärtungscharakteristik und den jeweiligen Abmessungen der Wände die gedruckten Schichten ohne Zusammenbrechen der Strukturen aufgetragen werden können. Möglich ist es aber auch, zu bestimmen, auf welche Weise eine Wand mit geringstmöglichem Materialeinsatz hergestellt werden kann. Auch welche Auswirkungen bauliche Unregelmäßigkeiten haben lässt sich mit diesem Modell voraussagen. Aus der Zahl von etwa 15 bis 20 Einflussgrößen isolierte Suiker durch möglichst zweckmäßige Skalierung seiner Gleichungen am Ende fünf dimensionslose Parameter, die das Modell dem Professor zufolge zu einem intuitiv handhabbaren Werkzeug machen, welches damit zugleich wichtiges Basiswissen für alle zur Verfügung stelle, die Bauwerke per 3D-Drucker fertigen wollen. Als potenzielle Nutzer sieht er dabei vor allem Bauingenieure, Ingenieurbüros sowie Unternehmen, die dünnwandige, kleine Kunststoffprothesen herstellen, weil die errechneten Gleichungen auch dort gelten würden.  $\Delta$