

Grünes Grau

Beton ist aus gutem Grund der meistverwendete Baustoff. Doch er verursacht einen Großteil der weltweiten CO₂-Emissionen und verschlingt immense Rohstoffmengen. Carbonbeton soll diesen Ressourcenverbrauch senken. Um den Weg in die breite Anwendung zu beschleunigen, eröffnete die HTWK Leipzig im September 2022 eine Modellfabrik für die automatisierte Fertigung von Bauteilen aus Carbonbeton.

Die Entdeckung des Stahlbetons führte im 20. Jahrhundert zu einer Revolution im Bauwesen: Immer größere Hochhäuser, weiter spannende Brücken, gewaltigere Industriehallen und ganze Stadtteile entstanden innerhalb kürzester Bauzeit. Mit dem zugfesten Material Stahl als Bewehrung kann Beton beachtliche Flächen überspannen. Aufgrund dieser Vorzüge ist Stahlbeton heute weltweit der meistverwendete Baustoff. Doch die Kehrseite des »grauen« Siegeszugs ist ein enormer Rohstoff- und Energieverbrauch, ganz zu schweigen von den Treibhausgasemissionen.

Beton besteht hauptsächlich aus Zement, Kies, Sand und Wasser, wobei allein die Zementherstellung für rund acht Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich ist – dreimal mehr als der Flugverkehr. Dass viel Beton verbraucht wird, liegt auch am Stahl. Er kann leicht rosten und muss deshalb durch eine dicke Betonschicht vor Korrosion geschützt werden.

Ressourcen sparen mit Carbonbeton

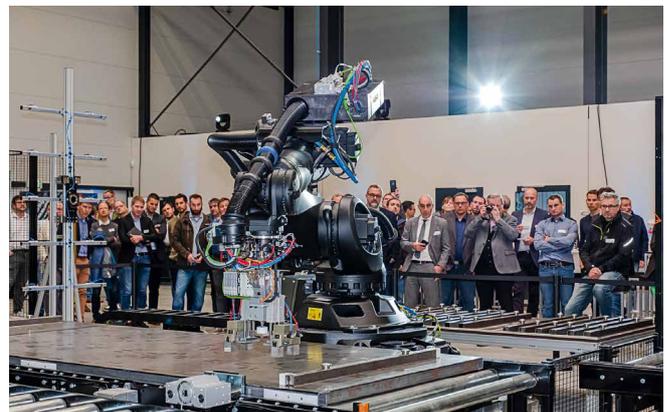
An einer Alternative, die die Vorzüge von Stahlbeton übertreffen und gleichzeitig Ressourcen sparen soll, arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Deutschland seit rund zwanzig Jahren: Carbonbeton. Carbon kann nicht rosten und ist enorm zugfest. Im Vergleich zum Stahlbeton spart der neuartige Baustoff bis zu 80 Prozent Material, denn Bauteile aus Carbonbeton sind bei gleicher Leistungsfähigkeit um ein Vielfaches dünner und leichter. Dadurch wird nicht nur weniger Beton und damit Zement, Kies, Sand und Wasser benötigt, sondern auch deutlich weniger Energie für Herstellung, Transport und Logistik. Diese Einsparungen übertreffen schon heute den höheren Energieverbrauch, den die Herstellung von Carbonfasern aus Erdöl gegenüber der Stahlverarbeitung verursacht. In wenigen Jahren sollen Carbonfasern CO₂-neutral aus nachwachsenden Rohstoffen unter Nutzung regenerativer Energien erzeugt werden.

Damit es Carbonbeton in die breite Anwendung schafft, braucht es mehr als Ideen und gute Argumente. Vor acht Jahren startete deshalb »C³ – Carbon Concrete Composite«, das mit 45 Millionen Euro Förderung größte Bauforschungsprojekt Deutschlands. Über 160 Partner aus Wissenschaft und Praxis schufen dabei unter Koordination der Technischen Universität Dresden viele Voraussetzungen für die Markteinführung von Carbonbeton. Auch die HTWK Leipzig war mit mehreren Forschungsgruppen an den erarbeiteten Lösungen beteiligt. Zum Abschluss des Projekts entstand mit dem Cube am Dresdner Universitätscampus das weltweit erste Gebäude aus Carbonbeton.

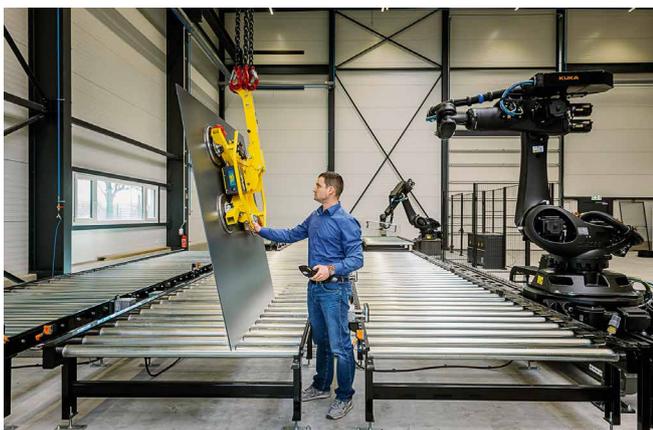
Doch bis solche Gebäude unsere Städte prägen, ist noch einiges zu tun. Um den Cube zu bauen, waren Zustimmungen im Einzelfall erforderlich. Zudem mussten die einzelnen Bauteile teilweise manufakturartig in enger Zusammenarbeit mit Forschenden produziert werden. Ohne öffentliche Förderung wäre so ein Vorzeigeprojekt nicht umsetzbar. Um einen substanziellen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, muss das Bauen mit Carbonbeton innerhalb kürzester Zeit von der Ausnahme zur Regel werden.

Von der Forschung in die breite Anwendung

Damit das gelingt, treiben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Aachen, Dresden und Leipzig den Transfer der Forschungsergebnisse weiter voran. In diesem Zuge entstand mit dem Carbonbetontechnikum Deutschland eine Modellfabrik in Leipzig-Engelsdorf, in der Bauteile aus Carbonbeton im Maßstab 1:1 für Forschungs- und Demonstrationszwecke gefertigt werden sollen. An der Eröffnungsfeier nahmen rund hundert Vertreterinnen und Vertreter aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft teil. Drei Industrieroboter und 64 Meter an Rolltischen sorgen im Carbonbetontechnikum dafür, dass die Fertigung von bis zu 3,125 m breiten und 1,25 m langen Bauteilen automatisch abläuft. Die fertigen Bauteile können an einem speziell entwickelten Kipptisch per Kran entnommen werden. Anfang 2023 sollen die derzeit noch im Aufbau befindlichen Bereiche Betonage und Qualitätsprüfung in Betrieb gehen. »Unser rund tausend Quadratmeter großes Carbonbetontechnikum ist weltweit einzigartig. Hier erforschen wir, welche Prozesse eine effiziente, nachhaltige und wirtschaftliche Produktion von Carbonbeton ermöglichen. Denn auch wenn Carbonbeton und Stahlbeton vergleichbare Anwendungsgebiete haben, müssen alle Produktionsschritte und Maschinen an den neuen Baustoff angepasst und zum Teil völlig neu gedacht werden«, so Prof. Klaus Holschemacher vom Institut für Betonbau der HTWK Leipzig. Hier



Blick ins Carbonbetontechnikum während der Eröffnungsfeier (Foto: Kirsten Nijhof/HTWK Leipzig)



Im Carbonbetontechnikum werden Bauteile aus Carbonbeton automatisiert gefertigt (Foto: Kirsten Nijhof/HTWK Leipzig)

zeigen wir Bauunternehmen, wie sie ihre Produktionsstätten gestalten müssen, um Carbonbetonbauteile zu produzieren.«

Besonders stolz sind die Leipziger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf eine Innovation: Im Carbonbetontechnikum fertigt ein Roboter die Bewehrung aus Carbon individuell vor Ort. Dazu legt er innerhalb von wenigen Minuten Carbongarn gitterförmig zu genau der Geometrie, die für ein bestimmtes Bauteil benötigt wird. Ein riesiger Fortschritt: Wird bislang Carbon verwendet, kommen fast immer vorgefertigte Carbonmatten mit Standardmaßen zum Einsatz. Sie müssen für die eigentliche Anwendung zugeschnitten oder zusammengelegt werden. »Durch die direkte Garnablage sparen wir nicht nur Transportwege, sondern auch bis zu 40 Prozent des teuren und energieintensiven Materials Carbon. Damit fallen die Herstellungskosten von Carbonbetonbauteilen auf das Niveau vergleichbar leistungsfähiger Stahlbetonbauteile«, prognostiziert Otto Grauer, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Betonbau der HTWK Leipzig.

Modellfabrik ermöglicht neue Innovationen

Bauteile aus Carbonbeton haben weitaus mehr Potenzial. Denn Carbon ist elektrisch leitfähig. Die einbetonierten Carbonfasern könnten also genutzt werden, um nützliche Funktionen direkt ins Bauteil zu integrieren. An der HTWK Leipzig arbeiten deshalb Fachleute aus Bauingenieurwesen und Automatisierungstechnik zusammen. Aus dieser Kooperation entsprangen ein Patent und mehrere Forschungsprojekte mit Millionenförderung.

Die Autorin

Dr. Rebecca Schweier

HTWK Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Referat Forschung
Postfach 30 11 66
04251 Leipzig
Tel. 0341/3076-6101
forschung@htwk-leipzig.de



Prof. Tilo Heibold (links) und Prof. Klaus Holschemacher mit einem Carbonbetonlege mit integriertem AS-Interface-Kabel im Carbonbetontechnikum der HTWK Leipzig (Foto: Maximilian Johnson/HTWK Leipzig)

In einem dieser Projekte soll Sensorik in Carbonbetonbauteile integriert werden. Die Idee dahinter entstammt dem industriellen Übertragungsstandard AS-Interface. »Durch AS-Interface kommunizieren zahlreiche Sensoren und Aktoren flexibel über ein und dasselbe Kabel miteinander. Selbst die benötigte Energie beziehen sie über dieses Kabel. Das reduziert den Verkabelungsaufwand auf ein Minimum«, erklärt der Elektrotechnik-Professor Tilo Heibold. Die Technologie ist weltweit millionenfach im Einsatz und ermöglicht automatisierte Prozesse in Flughäfen, Fabriken und Gebäuden. Heibold: »AS-Interface wird bislang hauptsächlich in der Industrie verwendet. Nun wollen wir die Vorzüge der Technologie auch auf Carbonbetonbauteile übertragen.« Exemplarisch soll ein Demonstrator eines Büro-Wandelements im Carbonbetontechnikum entstehen. Wandintegrierte Helligkeitssensoren steuern hier Jalousien und Beleuchtung, wohingegen Feuchte- und CO₂-Sensoren das Raumklima steuern.

Im ersten Schritt integrieren die Forschenden handelsübliche AS-Interface-Kabel in die Carbonbewehrung. Doch zukünftig soll die Datenkommunikation direkt über Carbonfasern laufen. Umsetzbar ist das nur, wenn die Carbonbewehrung automatisiert individuell gefertigt wird. Und diese Schlüsseltechnologie ermöglicht noch mehr, blickt der Automatisierungsexperte Tobias Rudloff in die Zukunft: »Nachdem ein Roboter aus Carbongarn die Gitterstruktur für die Bewehrung des Bauteils erzeugt hat, könnte er an einer bestimmten Stelle eine Struktur aus Carbongarn legen und so beispielsweise einen Sensor nachbilden. Wer später an dieser Stelle an das Bauteil fasst, könnte das Licht an- und ausschalten – ähnlich einem Touchscreen, ganz ohne Schalter.«

Parallel dazu erforschen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, wie sie die elektrische Leitfähigkeit von Carbon nutzen können, um Heizungen in Wandelemente zu integrieren. Dazu analysieren die Forschenden in einem weiteren Projekt die Energiebilanz und Sicherheit dieser Bauteile, entwickeln standardisierte und automatisierte Fertigungsprozesse, testen deren elektromagnetische Verträglichkeit im Forschungs- und Transferzentrum der HTWK Leipzig und führen die gewonnen Erkenntnisse in einem technischen Regelwerk zusammen.

Forschungsbedarf, um das Bauen mit Beton umweltfreundlicher zu machen, gibt es an vielen Stellen. So soll in der Halle zukünftig auch erprobt werden, wie Carbonbetonbauteile recycelt werden können. Dabei werden Carbon und Beton getrennt, denn nur sortenreine Materialien lassen sich gut wiederverwenden.