

Wissen

Mit Betonkanus zur Regatta

ETH-Studenten bauten Kanus aus Spezialzement und mithilfe digitaler Produktion. Zum Einsatz kamen ein 3-D-Druck-Roboter und eine neuartige Formtechnik.

Joachim Laukenmann

Für eine ordentliche Bootstaube braucht es Sekt. Und es braucht eine Frau. Denn ein männlicher Taufpate gilt als schlechtes Omen. Gut, dass unter den Bootsbauern - zwei Dreierteams von ETH-Studenten - jeweils eine Frau dabei ist. So konnte die Taufe nach allen Regeln der Tradition über die Bühne gehen, bevor die Kanus, gefertigt aus Hightech-Beton, am Mittwoch der letzten Woche in einen kleinen Teich auf dem Gelände der ETH Höggerberg stachen.

Beim Bau eines Kanus ist Beton natürlich nicht die erste Wahl. Und genau darin liegt der Reiz: Ähnlich wie Bertrand Piccard und André Borschberg mit der Solar Impulse 2 die Möglichkeiten und Grenzen der Solarenergie ausloten, eignet sich der Bau von Kanus, um das Maximum aus dem grauen Material herauszuholen.

«Der Bau eines Betonkanus und die Teilnahme an einer Regatta lösen unter den Studenten grossen Enthusiasmus aus», sagt Robert Flatt, Professor am Institut für Baustoffe, unter dessen Federführung die Kanus fabriziert wurden. «In einem Wettstreit mit anderen Hochschulen können sie unter Beweis stellen, dass sie etwas offensichtlich Schwierigeres meistern können.» Aus Sicht der Forschung sei der Bau von Betonkanus eine Spielweise, um neue Technologien an konkreten Objekten zu testen. Dieses Jahr stand die digitale Produktion im Fokus: Im Rahmen von zwei Bachelorarbeiten am Institut für Baustoffe stellten Studenten in Zusammenarbeit mit der Professur für Architektur und digitale Fabrikation zwei Betonkanus her.

Gerüst aus dem 3-D-Drucker

Das Grundgerüst von Kanu Nummer eins wurde von einem Roboter gedruckt. Dieser kreierte ein am Computer entworfenes, dreidimensionales Kunststoffnetz in Form des Kanus, eine als Mesh-Mould bezeichnete Technologie. Daran angelehnt, taufte die Studenten das Betonkanu auf den Namen Queen ElisabethTH. Das Kunststoffgerüst des Kanus armierten die Studenten zusätzlich von Hand mit Karbonfasern und füllten die offenen Maschen mit leichtem Blähglasbeton und einem noch leichteren Aerogelbeton. Fertig war das 105 Kilogramm schwere Betonkanu. Wie Flatt sagt, eröffne die Mesh-Mould-Technologie Gestaltungsmöglichkeiten, die eine klassische Betonbauweise mit Schalung nicht biete. Da das Kunststoffgeflecht zuerst als Schalung wirkt und später als stabilisierende Armierung, spare man Zeit und Material.

Das zweite Kanu erhielt den Namen S2D2 und ist in anderer Hinsicht zukunftsweisend: Ein Roboter formte das Kanu dynamisch, in der Fachsprache mittels «smart dynamic casting». Statt einer statischen Schalung für das rund 4,5 Meter lange Kanu bauten die Studenten eine nur rund 40 Zentimeter hohe «Gleitschalung». Im Unterschied zu einer konventionellen Gleitschalung ist diese aber flexibel, wodurch komplexe Formen realisiert werden konnten. Vorgegeben war somit nur die Wandstärke von circa zwei Zentimetern. Der Querschnitt des Kanus liess sich frei formen.

Und das ging so: Während Beton von oben in die Form floss, hob ein Roboter die Gleitschalung gemächlich an und weitete sie zugleich. So verbreiterte sich der stetig entstehende Kanurumpf von der Spitze bis zur Mitte. Dann verengte der Roboter die Form in einem zweiten



105 Kilogramm Beton tragen drei Studenten sicher über den Teich auf dem Gelände der ETH Höggerberg. Foto: Tom Kawara

Arbeitsschritt wieder bis zum Heck des Kanus. Damit der senkrecht stehende Rumpf im Verlauf der Produktion nicht kollabiert, muss der Beton die Gleitform fest genug verlassen. Zugleich muss er im Innern der Gleitform noch flexibel genug sein, um die Formänderungen mitzumachen. Dies gelang dank Echtzeitmessung der Betoneigenschaften und der kontrollierten Zugabe von sogenannten «Gewürzen».

Neue Designmöglichkeiten

«Es wäre enorm aufwendig, eine kontinuierliche Krümmung mit einer fixen Schalung zu erreichen», sagt Flatt. «Wann immer man eine etwas ausgefallene Form aus Beton machen möchte, wird es wegen der speziell nötigen Gussform sehr aufwendig und teuer.» Hier sei der Einsatz von Robotern in Kombination mit der Echtzeit-Materialkontrolle vielversprechend. «Diese digitale Produktion eröffnet völlig neue Möglichkeiten beim Design.»

Schon früher hat die ETH an der seit 1986 alle zwei Jahre stattfindenden Deutschen Betonkanu-Regatta teilgenommen und diverse Preise eingeholt. 2005 und 2011 gab es Preise für das leichteste Kanu - dasjenige von 2011 wog gerade mal 17,5 Kilogramm und hatte eine 1,5 Millimeter dünne, mit einem Karbonnetz verstärkte Wand. 2013 gewann das Team von Flatt den Konstruktionspreis. Das Besondere: Es baute das Kanu mit Schnellbeton vor Ort, frühmorgens am Tag der Regatta. «Innerhalb von zwei bis drei Stunden war das Kanu fertig.» Auch letztes Wochenende an der 15. Deutschen Betonkanu-Regatta in Brandenburg an der Havel hatten die Studenten Erfolg. Queen ElisabethTH erhielt den begehrten Konstruktionspreis, und S2D2 ergatterte den Preis als schwerstes Kanu: Es wiegt 293 Kilogramm.

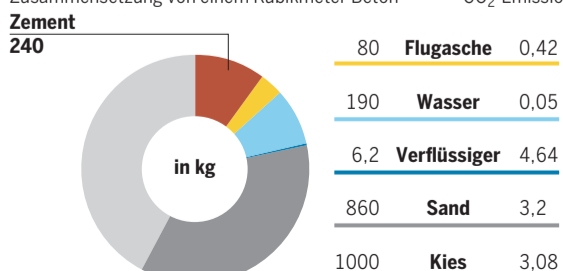


Bilder Das Betonkanu der ETH-Ingenieure

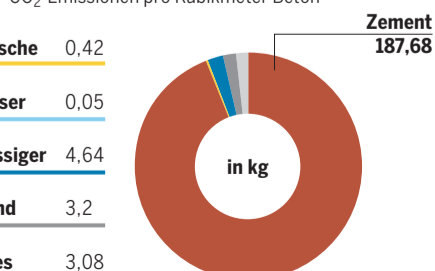
kanu.tagesanzeiger.ch

Klimawirkung von Zement

Zusammensetzung von einem Kubikmeter Beton



CO₂-Emissionen pro Kubikmeter Beton



TA-Grafik/Quelle: Ecoinvent v2.2, Guillaume Habert ETH

Ökobeton

«Gewürze» für mehr Nachhaltigkeit

Zement verursacht 5 bis 8 Prozent der globalen CO₂-Emissionen. Forscher der ETH wollen jetzt die Klimabilanz verbessern.

Beton ist das weltweit am häufigsten verwendete Baumaterial. «Jedes Jahr werden global rund drei Tonnen Beton pro Person verbaut», sagt Robert Flatt, Professor am Institut für Baustoffe der ETH Zürich. Das Betonbauvolumen ist sogar grösser als die Summe aller anderen Baustoffe zusammen. «Beim Thema Nachhaltigkeit im Bausektor kommt man daher am Beton nicht vorbei.» Denn allein bei der Zementproduktion entstehen derzeit fünf bis acht Prozent der globalen CO₂-Emissionen.

Das ist substanzial. Und es stellt sich die Frage, warum man Beton nicht einfach durch andere, klimafreundlichere Baustoffe ersetzt. Die kurze Antwort: weil andere Baustoffe alles nur noch schlimmer machen würden.

Die etwas längere Antwort: Kein anderes Material ist global betrachtet in den nötigen Mengen vorhanden, und wenn doch, dann kann es mit Beton entweder wirtschaftlich oder in puncto ökologischen Fussabdrucks nicht mithalten. Denn mit Beton sind erheblich weniger Klimaemissionen pro Kilogramm Baumaterial verknüpft als mit Backsteinen, Stahl und im Grunde auch mit Holz. Holz an sich hat zwar eine positive CO₂-Bilanz, schliesslich nehmen Bäume das Treibhausgas aus der Luft auf. In der Schweiz gebe es auch durchaus ein Ausbaupotenzial für den Einsatz von Holz als Baustoff. «Die mit Holz verknüpften Arbeitsschritte wie Trocknen, Sägen, Hobeln, Kleben und die oft weiten Transportwege können dessen Umweltbilanz aber deutlich trüben», sagt Flatt. Ohnehin wäre es undenkbar, ausreichend Holz nachhaltig zu ernten, um einen Grossteil des Betons zu ersetzen.

30 Prozent weniger CO₂

Will man die globale CO₂-Bilanz der Baustoffe optimieren, bleibt somit nur der Beton selbst. «Unser Ziel ist es, die mit Beton verknüpften CO₂-Emissionen um 20 bis 30 Prozent zu senken», sagt Flatt.

Der Hauptfaktor für die CO₂-Emissionen ist Zement. Er besteht vorwiegend aus Kalkstein, der bei rund 1450 Grad Celsius mit Ton gebrannt wird. Dabei wird pro Tonne Zement eine halbe bis

eine Tonne CO₂ frei. Die einfachen Ansätze, um diese Emissionen zu senken, wurden bereits umgesetzt. Dazu gehört die Teilsubstitution des Zements durch andere Substanzen, etwa durch gebrannten Schiefer, durch nicht gebrannten Kalk oder durch Flugasche aus Kohlekraftwerken. Auch die fossilen Brennstoffe wurden teils substituiert: Viele Zementwerke nutzen heute Abfallprodukte wie Klärschlamm oder Altreifen. So hat die Zementbranche zwischen 1990 und 2010 rund 40 Prozent zu den Schweizer Verpflichtungen im Rahmen des Kyoto-Protokolls beigetragen.

«Nun wird es schwieriger, die Nachhaltigkeit von Beton weiter zu steigern», sagt Flatt. Sein wesentlicher Ansatzpunkt ist der Einsatz von «Gewürzen», also geringen Zugaben mit grosser Wirkung. Wie das geht, demonstriert er in seinem Labor. Zu einer gewöhnlichen Zementmischung schüttet Flatt etwas Wasser und rührt. Es entsteht ein klumpiger Teig. Darauf träufelt er ein paar Tropfen eines Betonverflüssigers. Dieser besteht aus einem organischen Polymer, das sich an der Oberfläche der Partikel anlagert und diese am Verkleben hindert. Nach kurzem Rühren zerfliesst der Teig wie Butter an der Sonne.

Mehr Ersatzstoffe im Zement

Ein anderes «Gewürz» kann zum Beispiel die chemischen Bindungsreaktionen beschleunigen, sofern eine umweltfreundliche Beigabe zum Zement diese verzögert. Oder man versucht, die Abbindefähigkeit des Zements zu erhöhen, den Zement quasi zu «strecken», mit weniger Zement erreicht man so dieselbe Leistung. Dank der «Gewürze» können dem Zement viel mehr Zutaten beigemischt werden, ohne dass dessen Eigenschaften leiden. «Bis zu 50 Prozent Ersatzstoffe im Zement sind das Ziel», sagt Flatt. «Wir beginnen die Wechselwirkungen der zahlreichen Komponenten des Zements auf molekularer Ebene zu verstehen.» So könne er nun einem Chemiker sagen, was für ein Polymer er designen müsse, um diese oder jene Eigenschaft des Betons zu erhalten.

Eine Herausforderung ist es, die Haltbarkeit neuer Betonarten abzuschätzen. «Wir wissen viel darüber, wie die Degradierung abläuft», sagt Flatt. «Kritischer ist die Simulation des zeitlichen Verlaufs der Alterung.» Doch gerade das ist zentral. Denn mit einem Beton, der nur halb so viel CO₂ erzeugt, aber doppelt so schnell altert, ist nichts gewonnen.

Joachim Laukenmann

Mers-Erreger als Kinderkrankheit

Bei Kamelen übertragen vor allem die Jungtiere das Atemwegsvirus.

Das 2012 erstmals nachgewiesene Atemwegsvirus Mers-CoV wird wahrscheinlich vor allem von jungen Kamelen übertragen. Das schliessen Forscher um den Bonner Virologen Christian Drosten aus der Untersuchung von mehr als 800 Dromedaren. Demnach infizieren sich fast alle von Mers betroffenen Kamele in den ersten zwei Lebensjahren.

Das Mers-Virus kann zwar von Mensch zu Mensch übertragen werden, stammt aber ursprünglich von den auf der Arabischen Halbinsel sowie in Teilen Nord- und Ostafrikas gehaltenen Kamelen. Allein durch einen anderen Umgang mit den Nutztieren lasse sich die Zahl der Übertragungen auf Menschen möglicherweise deutlich senken, schreiben die Forscher im Fachblatt «Emerging Infectious Diseases» der US-Gesundheitsbehörde CDC.

Nur einige Tage ansteckend

Das von Ulrich Wernery vom Zentralen Tieruntersuchungslabor der Vereinigten Arabischen Emirate in Dubai geleitete Team hatte von März bis Juni 2014 Blutproben und Nasenabstriche von Dromedaren gesammelt. Untersucht wurden drei Bestände für Rennen, Milchgewinnung und Zucht. Bei 96 Prozent der über zwei Jahre alten Tiere fanden die Forscher Mers-CoV-Antikörper - ein Zeichen dafür, dass die Dromedare die Infektion bereits durchlebt haben. Bei den unter ein Jahr alten Kälbern waren es immer noch gut 80 Prozent.

Weitere Analysen liessen auf ein höheres Ansteckungspotenzial bei Kälbern schliessen, schreiben die Forscher. Wahrscheinlich kursieren demnach immer neue Mers-Wellen in den Beständen, von denen Jungtiere erfasst werden, die zuvor noch keinen Kontakt zu dem Erreger hatten - ähnlich wie bei vielen typischen Kinderkrankheiten des Menschen. Die Ergebnisse wiesen auch darauf hin, dass ein neu infiziertes Tier nur einige Tage ansteckend sei. Im gesamten Bestand könne sich der Erreger wohl über Wochen halten. Die Ergebnisse bedürften allerdings noch weiterer Prüfung, betonen die Forscher. (DPA/FWT)

Nachrichten

Paläontologie

Älteste Schildkröte der Welt bei Stuttgart entdeckt

Paläontologen haben bei Schwäbisch Hall nahe Stuttgart das Fossil der ältesten Schildkröte der Welt gefunden. Diese 240 Millionen Jahre alte Urschildkröte ist in der Abstammungsgeschichte ein bislang fehlendes Bindeglied zu den Echsen. Ihre anatomische Konstruktion ermögliche es, Schildkröten in die nähere Verwandtschaft der Echsen, Krokodile und Vögel zu stellen, berichten Forscher um Rainer Schoch vom Stuttgarter Naturkundemuseum im Fachblatt «Nature». Sie widerlegt die Hypothese, dass Schildkröten von sehr urtümlichen Sauriern abstammen. Die Urschildkröte erhielt den Namen Pappochelys (übersetzt: Opa-Schildkröte). (SDA/DPA)

Astronomie

Ein Exoplanet, der aussieht wie ein Komet

Aus einem Exoplaneten der Grösse Neptuns entweicht eine Wasserstoffwolke, die ihn wie einen riesigen Kometen aussehen lässt. Gemäss einer Mitteilung der Universität Genf spekuliert das internationale Astronometeam, dass die Strahlung des Sterns die Atmosphäre des Planeten erst aufheizt, wodurch der Wasserstoff verdampft, dann aber zu schwach ist, um die Wolke wegzublasen. Der Exoplanet GJ436b hat etwa 23-mal die Masse der Erde und umkreist seinen Stern in nur drei Tagen. Solch ein «Kometenschweif» sei bereits bei einigen sehr grossen und heissen Exoplaneten beobachtet worden, jedoch noch nie in diesem Ausmass, schreiben die Astronomen im Fachblatt «Nature». Sie konnten den Schatten der Wolke beobachten, wenn sie vor dem Stern vorbeizieht. (SDA)