



# Zurück in die Zukunft

## Ökologische Materialtechnologie

Der Architekt Julian Trummer will die Bauindustrie aufmischen – mit einem robotisch gefertigten Bausystem aus Holz und Lehm. Ist das eine nachhaltige Alternative für die Beton- und Zementindustrie?

VON MONIQUE OPETZ

**E**in junger Mann springt in die Höhe und landet mit voller Wucht auf einem Holz-Lehm-Deckenprototypen, der etwa einen Meter über dem Boden auf Holzstützen aufgebockt ist. Auf der Unterseite zwischen den Latten befindet sich der Lehm. Nichts bröckelt, nichts kracht zusammen. Die Konstruktion hält die Erschütterung problemlos aus.

Dieser Erfolgsmoment lief kürzlich als Video in den Münchner Kammerspielen – bei einem Science Slam, einem Event mit wissenschaftlichen Kurzvorträgen. Der Testspringer steht auf der Bühne. Hier präsentiert Julian Trummer in einem zehnmütigen Vortrag „Timber Earth Slab – ein robotisch gefertigtes Bausystem aus Holz und Lehm“ seine Erfindung.

Die Leute jubeln und es gibt jede Menge Beifall für den energiegeladenen 28-Jährigen mit der dunklen Brille. Die Idee ist grandios, findet das Publikum. Umwelt-

freundliche Baustoff-Alternativen anstelle von Stahl-Betonkonstruktionen sind gefragt; die robotische Fertigung würde zudem einen hohen Automatisierungsgrad möglich machen. Schließlich ist die Zementproduktion für acht Prozent der weltweiten Treibhausgase verantwortlich. Die Emissionen, die bei der Herstellung von Beton entstehen, sind größtenteils auf den Brennvorgang zurückzuführen: durch das Bereitstellen der Wärme, aber auch durch die Entsäuerung des Klinkers. 1.450 Grad Celsius sind dafür nötig.

Die ersten Gedanken zu dem nachhaltigen Deckensystem entstehen in einer Semesterarbeit während Trummers Architekturstudium an der Technischen Universität München am Lehrstuhl für Di-



### GREEN CHIPS

#### Neue Technologien für eine klimaneutrale Zukunft

Forschungseinrichtungen, Unternehmen, soziale Initiativen, Tüftler oder Erfinder versuchen, den Klimawandel zu stoppen. Sie alle haben eines gemeinsam: Sie sind getrieben von modernsten Technologien. CHIP stellt sie in dieser Rubrik vor



FOTO: MARTON DEIME

### Kollege Roboter – übernehmen Sie

Julian Trummer steuert hochkonzentriert die Vakuumgreifer des Roboters per Fernbedienung. Per Unterdruck können sie Holzplatten gezielt aufnehmen und ablegen

gitale Fabrikation. „2019 war Lehm kein Baumaterial, das in der modernen Bauindustrie ernst genommen wurde, da es wasserlöslich ist und eine geringe Druckfestigkeit aufweist“, sagt er. Doch er bleibt dran damals und entwickelt die Idee gemeinsam mit Kommilitone Markus Schneider in seiner Masterarbeit weiter. Ein Holz-Lehmdecken-Prototyp beweist schließlich, dass die Idee funktioniert.

Mittlerweile arbeitet der Österreicher als Forschungs- und Entwicklungsingenieur bei Leipfinger-Bader, einem Unternehmen für ökologische Ziegelproduktion. Seine Herkunft hört man deutlich raus und sein immer mal wieder eingeschobenes „Passt!“ macht ihn umso sympathischer. Seine Forschung betreibt er innerhalb des

Unternehmens weiter. Aktuell entstehen Prototypen für Wandelemente aus Holz und Lehm. Will man den 28-Jährigen bei der Arbeit besuchen, muss man in das kleine Örtchen Pfeffenhausen in Niederbayern fahren, wo Leberkäs-Semmeln beim Metzger noch 1,50 Euro kosten.

Heute ist Prototyping-Tag. Das heißt, Trummer wird ein weiteres Holz-Lehm-

**85%**  
geringer ist der  
Primärenergiebedarf von Lehm.  
Im Gegensatz zu Zement wird  
der Naturbaustoff getrocknet  
und nicht gebrannt

Element gießen, um neue Erkenntnisse zu gewinnen – auf dem Weg zu seinen nachhaltigen und industriell gefertigten Wand- oder Deckenelementen. In einer der Hallen des Ziegelherstellers darf der Tüftler experimentieren, ein Kollege bereitet die Lehmfüllung vor – eine Mischung aus Ton, Schluff, Kies, Sand und Stroh landet in vier großen Plastikwannen. Ein Holzrahmen von der Größe einer Palette ist bereits vorbereitet und liegt auf einer Unterlage daneben. Trummer und sein Kollege werden später noch Querlatten montieren – ein Vorgang, den er an der TU München für zwei Roboterarme konzipiert hat und den er später noch genauer erklären wird.

### Tricky: Brand- und Schallschutz

„Wenn Ingenieure oder Architekten an Decken-Entwicklung denken, dann spielt in erster Linie die Statik eine Rolle“, sagt der Architekt in robusten Arbeitshosen und Funktionsjacke. Die Frage laute: Wie kann eine Decke möglichst Material-effizient die statischen Erfordernisse erfüllen? Dazu müssen Deckensysteme andere Anforderungen erfüllen, insbesondere an Brand- und Schallschutz – beim Holzbau eine besondere Herausforderung. Julian Trummers Erfindung Timber Earth Slab soll die Vorteile von Holz- und Massivdecken zusammenführen.

Lehm ist seit der Industrialisierung als Baustoff in Vergessenheit geraten – obwohl das Bauen damit bis ins 19. Jahrhundert hinein weit verbreitet war. Fachwerkhäuser etwa nutzten den Naturstoff als Füllmaterial und setzten auf die guten Dämm- und feuchtigkeitsregulierenden Eigenschaften. Im Gegensatz zu Zement



JULIAN TRUMMER

### Härtetest mit Spaßfaktor

Markus Schneider, Julian Trummer und Thibault Demoulin (v. l. n. r.) testeten erfolgreich die Prototypen



FOTO: JULIA FLECKENSTEINTUM

### Die Mischung macht's

Mit dem richtigen Verhältnis von Ton, Schluff, Sand, Kies, Stroh, Wasser und dem mineralischen Zusatzstoff entstehen keine Risse



FOTO: JULIAN TRUMMER

### Stresstest für die Grundstruktur

Mithilfe einer Presse wurde getestet, wie dick die Holzlatten sein müssen, damit das Holzraster tragfähig ist



FOTO: JULIAN TRUMMER

### Experimentierstation

Mit jedem Prototyp wachsen die Erkenntnisse – je nachdem, an welchen Stellschrauben gedreht wird

wird er nicht gebrannt, sondern nur getrocknet. Das spart Energie: Sein Primärenergiebedarf fällt deshalb 85 Prozent geringer aus.

„Der Ansatz in dem Projekt ist, dass wir dem Lehm möglichst wenig zumuten“, sagt Trummer. Das Konzept von Timber Earth Slab: Ein tragendes Holzraster sorgt für die nötige Statik. Der Lehm soll dagegen den Brand- und Schallschutz sowie die thermische Masse sicherstellen – und er soll wie Beton gegossen werden können. Das heißt, der Lehm müsse nur die Lücken im Holzraster schließen und dadurch relativ kurz spannen. „Das Material ist im Vergleich zu Beton zwar schwächer, dafür muss es aber statisch fast nichts können, denn diese Funktion übernimmt das Holz“, erklärt er.

### Programmierte Raster-Geometrie

Während in der Halle in Pfeffenhausen der Prototyp in Handarbeit entsteht, programmierte Trummer in München die Tragstruktur eines 1:4-Modells für die robotische Fertigung. Zwei Roboterarme saugen mit Vakuumgreifern und mithilfe von Unterdruck die Holzlatten automatisiert an, legen sie an der richtigen Stelle ab und setzen Klebepunkte für die Latten.

„Die Tragstruktur habe ich algorithmisch erstellt. Das heißt, ich programmiere die Geometrie. Ich modelliere sie nicht, weil es viele Latten sind und es gewisse Unregelmäßigkeiten gibt“, sagt Trummer. Dafür schrieb er einen Code, der das Raster generativ erstellt. Für die Umsetzung stellte die Technische Universität München nigelneue Robotersysteme zur Verfügung. Holz und andere Materialien

lieferten Sponsoren und Industriepartner. Die Klebepistole indes baute Trummer mit einem Kommilitonen Daniel-Düsentriebmäßig selbst: Dafür nutzten sie Dispenser-Geräte im Labormaßstab, die sie kurzschließen und mit einem Kabel zum Roboter umleiten. „Statt auf ein Pedal zu drücken, um den Leim aus der Spritze zu befördern, haben wir dem Roboter gesagt, löse einen Stromschlag aus, damit Leim freigegeben wird“, erzählt er. Sicher flog damals ein „Passt!“ durch den Raum, als die Stromschläge das Pedaldrücken beim Dispenser erfolgreich simulierten.

Doch wie erhält die Lehmischung eine Konsistenz, die es erlaubt, sie wie Beton zu gießen? In der Halle rührt Trummer das Gemisch mit einem industriellen Handrührgerät. Harte Arbeit ist das. Einzelne Kiesel fliegen durch die Gegend, es dauert eine ganze Weile, bis sich die Materialien verbinden. Trummer gießt etwas Wasser dazu – zu viel darf es nicht sein, sonst reißt das Material während des Trocknens; ein weißes Pulver landet ebenfalls in der Wanne. „Das ist unser Zusatzmittel“, sagt er. Denn als es damals an der Uni an die Umsetzung der Idee ging, fragte er sich: Wie zur Hölle soll das eigentlich funktionieren? „Lehm muss man eigentlich stampfen, damit er nicht reißt“, sagt er. Aber das Stampfen ist ein langwieriger und teurer Prozess, der in der industriellen Fertigung fehl am Platz ist.

### Fließfähig wie Beton

An dieser Stelle kommt die Technologie der Oxara AG ins Spiel, ein Spin-off der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. Das Start-up für nachhaltige Bau-

materialien entwickelte ein Zusatzmittel, mit dem Beton auf Lehm-basis mit einem niedrigen Wassergehalt gegossen werden kann und eine ausreichende Festigkeit erhält – ohne dass Zement verwendet wird. Die guten Eigenschaften von Ton sollen dabei erhalten bleiben.

Die Mischung besteht aus Mineralpulvern, genauer: aus einem Dispergier- und einem Koagulieremittel. Sie sorgen einerseits dafür, dass sich die Tonpartikel während des Mischens neu anordnen – und fließfähig werden. Andererseits gewährleisten sie, dass sich das Lehmgemisch verdichtet und verfestigt. Einer der Co-Founder von Oxara, Thibault Demoulin, sei damals extra nach München gefahren, um vor Ort die richtige Mischung anzusetzen, erzählt Trummer. „Ohne Oxara gäbe es Timber Earth Slab nicht.“

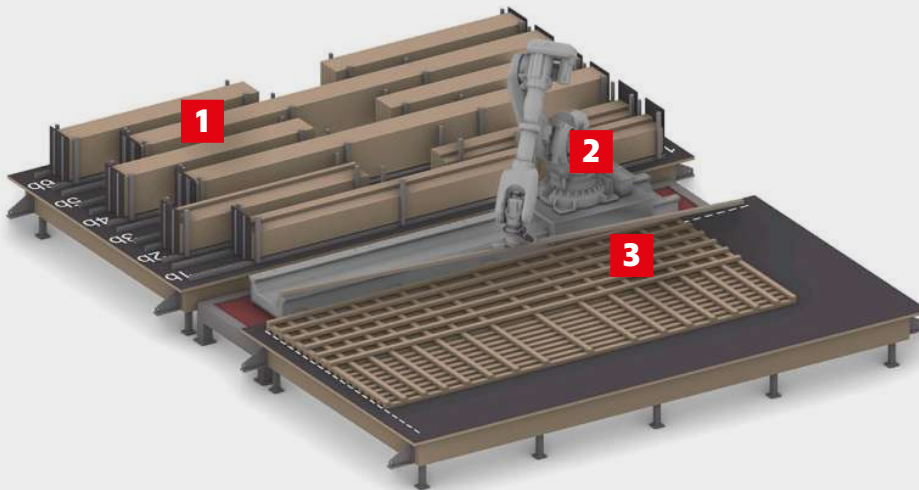
### Brandschutztest: Feuer frei

Was den Brandschutz angeht, basiert der momentan noch auf theoretischen Berechnungen; die praktischen Tests stehen noch aus. „Ich wollte eine Konstruktion schaffen, die man in der breiten Masse einsetzen kann“, sagt Trummer. Für den Brandschutz heißt das: Es gibt die Klassen F30, F60 und F90, die für die Brandwiderstandsdauer in Minuten stehen. Wenn der Raum darunter in Vollbrand gerät, hält die Decke entsprechend 30, 60 oder 90 Minuten, bis sie einstürzt.

„Mein Ziel war es F60, besser F90 zu erreichen“, sagt Trummer. „Das ist eine Grundvoraussetzung dafür, dass ein Deckensystem in mehrstöckigen Gebäuden eingebaut wird.“ Es ließen sich gewisse Erwartungswerte festlegen, etwa wie sich

## Simulation eines robotisch gefertigten Holz-Lehm-Elements

Mithilfe der 3D-Software Rhino 3D und der Erweiterung Grasshopper entstanden 3D-Modelle, um zu zeigen, wie eine industrielle Fertigung der Holz-Lehm-Elemente zukünftig aussehen und ablaufen könnte



QUELLE: JULIAN TRUMMER

### 1 Lattenstapel

Unterschiedlich lange Holzlatte liegen geordnet in Reihen nebeneinander, um gezielt vom Roboter angesteuert zu werden

### 2 Roboter

Der Roboterarm saugt mit Vakuumgreifern eine Latte an, dreht sich um seine eigene Achse und legt sie auf der Position ab, die programmiert wurde

### 3 Holzraster

Das Raster wird algorithmisch per Code erstellt. Der Roboterarm positioniert die Latten und setzt die Klebpunkte

die Hitze durch den Lehm bis zum Holz fresse, sagt er. Denn Lehm leite die Hitze weiter, obwohl er selbst nicht brennt.

„Holz fängt bei etwa 300 Grad an zu verkohlen und wenn zu viel Holzstruktur verkohlt, stürzt die Decke ein. Diesen Punkt erwarte ich bei rund 90 Minuten“, sagt der Architekt. Die genaue Widerstandsdauer ließe sich jedoch nur durch Experimente herausfinden. Für das Deckensystem läuft derzeit ein Forschungsantrag – falls dieser bewilligt wird, wäre das ein Punkt, den er mit dem Fördergeld praktisch umsetzen könnte. Ebenso wie Schallschutz-Experimente: Mit der Mas-

se, die mit dem Lehm vorhanden sei, könne man zwar trotz fehlender Experimente sagen, dass die Timber-Earth-Slab-Werte viel besser sein werden als bei anderen Deckensystemen. Aber auch hier seien noch physische Nachweise nötig.

### Kreislauf für Baumaterialien

Die Materialien in der Wanne haben mittlerweile eine matschartige Konsistenz angenommen. Trummer verteilt die Mischung mithilfe einer Rüttelflasche gleichmäßig in dem Lattenholzgestell. Er betont, sein Ansatz sei ressourcenschonend und materialeffizient: „Den

Lehm bekommen wir über Kieswerke, der dort beim Auswaschen von Sand und Kies als Abfallprodukt anfällt – als Ton und Schluff, die Basis unserer Mischung.“

Zudem seien die Holz-Lehm-Elemente nachhaltig, weil sie jederzeit wieder in ihre Bestandteile zerlegt werden könnten und so eine Kreislaufwirtschaft gewährleisten würden. „Es sind keinerlei umweltschädliche Stoffe enthalten“, sagt er. „Einzig beim Holz gibt es einen Knackpunkt: Es muss thermisch getrocknet werden – und das verschlingt jede Menge Energie.“ Wobei Timber Earth Slab weit aus weniger Holz benötige als andere Holzdecken. Verglichen mit klassischen Stahlbetonkonstruktionen würden bei der Produktion von Holz-Lehm-Elementen etwa 80 Prozent weniger Treibhausgase entstehen, schätzt er.

Der frisch gegossene Prototyp wird nun etwa vier Tage an der Luft trocknen. Diesmal hat Trummer eine Mischung mit größerer Körnung ausprobiert. Ob es funktioniert, wird er schließlich an den Rissen ablesen, die im Material auftreten – oder eben nicht. Sein Ziel hat er jedenfalls fest im Blick: Die Holz-Lehm-Decken und -Wände sollen zukünftig in möglichst vielen Gebäuden verbaut werden. Denn er findet: „Lehm muss als ernst zu nehmendes Material mehr in den Fokus der Bauindustrie rücken.“ [redaktion@chip.de](mailto:redaktion@chip.de)



FOTO: MARTON DEMEGGETTY IMAGES

**Uralte Baukunst**  
Bereits im 14. Jahrhundert verwendete man Lehm als Dämm- und Füllmaterial in Fachwerkhäusern