



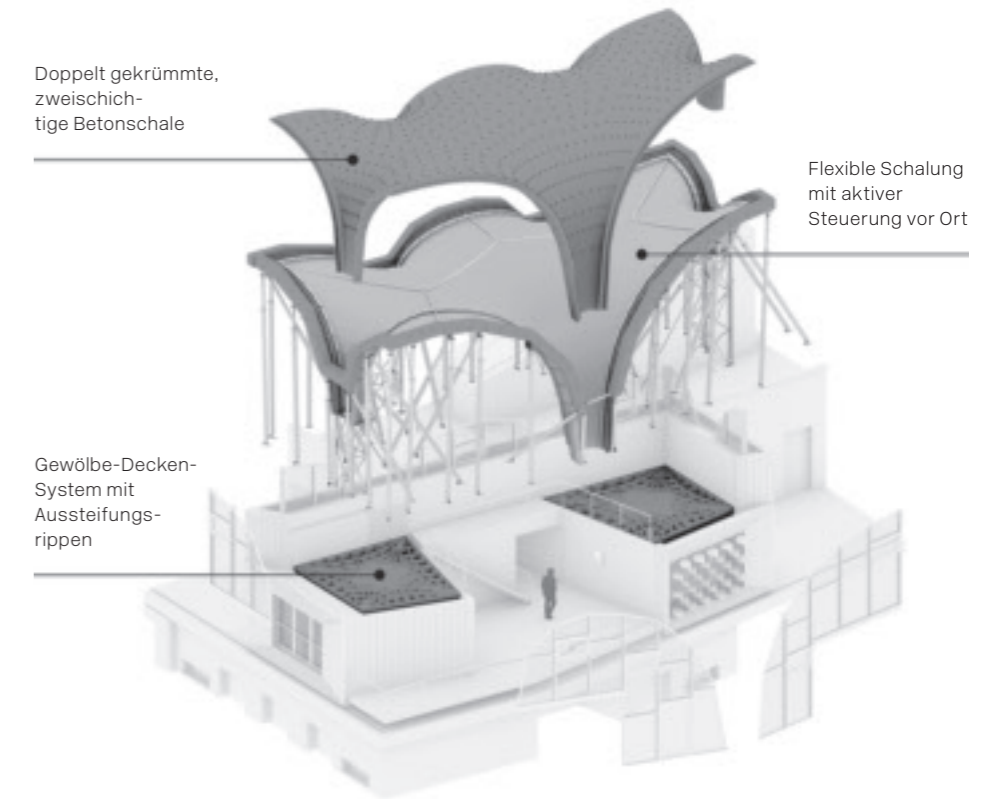
Seit vielen Jahre arbeitet die Block Research Group an der ETH Zürich an einer Alternative zum klassischen Beton-Massivbau, der, meist hoffnungslos überdimensioniert, Unmengen von Material verbraucht. Mithilfe digitaler Planungs- und Fertigungsmethoden haben die Forscher Prinzipien für einen Beton-Leichtbau entwickelt.

# Beton

Text **Jan Friedrich**



Die HiLo (High Performance, Low Emissions) genannte Einheit besetzt die Südwestecke des Forschungsgebäudes in Dübendorf. Links die fertige doppelt gekrümmte Dachschaale. Fotos: Roman Keller



Doppelt gekrümmte, zweischichtige Betonschale

Flexible Schalung mit aktiver Steuerung vor Ort

Gewölbe-Decken-System mit Aussteifungsrippen

Mit den Herausforderungen, vor denen derjenige steht, der materialsparend bauen möchte, beschäftigt man sich seit vielen Jahren nicht nur an der Universität Stuttgart, sondern auch an der ETH Zürich (Bauwelt 23.2018). Der Schwerpunkt der Forschung ist in der Schweiz etwas anders gelagert als in Schwaben. In Zürich spielt traditionell der Massivbau eine größere Rolle; nicht umsonst sind Architekten aus ganz Europa begeistert von der Qualität Schweizer Betonbauten. Beim Bauen mit Beton ist es nun aber umso wichtiger, den Materialeinsatz zu reduzieren, fällt seine CO<sub>2</sub>-Bilanz doch besonders schlecht aus.

Wie im Leichtbau, dem Steckenpferd der Stuttgarter, gilt auch im Betonbau die, zugege-

benermaßen etwas vereinfachte, Formel: Je mehr Geometrie, desto weniger Material. Was das genau bedeutet, wird am augenfälligsten beim Betonschalensbau: Wenn die Form, den Lastverhältnissen entsprechend, optimal ausgebildet wurde, dann kann ein nur wenige Zentimeter dickes Tragwerk ausreichen, um selbst große Spannweiten zu überbrücken.

Das Problem beim Bau gekrümmter Tragwerke aus Beton: Sobald man von der rechtwinkligen Form abweicht, kann der Aufwand, eine solche Konstruktion zu schalen, enorm groß, enorm teuer und enorm materialverschwendend werden. Und da setzen die Forscher der ETH Zürich an: Wie lässt sich mithilfe digitaler Entwurfs-

#### Innovation

Block Research Group, ETH Zürich  
Chair of Architecture and Building Systems, ETH Zürich

#### Architektur

ROK Architekten, Zürich  
Block Research Group, ETH Zürich

#### Ausgewählte Planer und Unternehmer

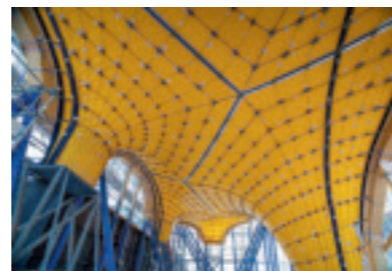
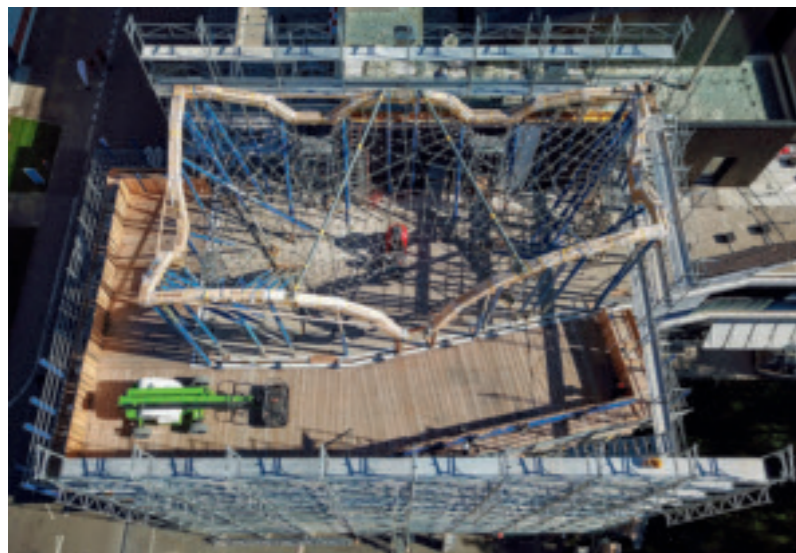
Burgin Creations  
Dr. Schwartz Consulting AG  
Marti AG  
Pletscher Metallbau AG

#### Künzli Holz AG

Kaufmann Spenglerei & Sanitär AG  
Holcim Schweiz  
Mitsubishi Electric

#### Finanzielle Unterstützung

ETH Zürich  
Dr. Max Rössler/ETH Foundation  
Empa  
NCCR Digital Fabrication  
Holcim Schweiz  
Mitsubishi Electric



Unten: Aufbau und Ausrichtung des Kabelnetzes. Die eigentliche Schalungsschicht, auf die der Beton aufgesprüht wurde, war ein dünnes Gewebe, das auf dem Netz lag.  
Fotos: ETH Zürich, Block Research Group/Juney Lee; Roman Keller (unten rechts)

**Auf den ersten Blick scheint die Fertigung der Dachschale ein rein analoges Verfahren. Doch die präzise Form des Kabelnetzes ist nur möglich, weil jeder Knotenpunkt ein Messpunkt ist, dessen Position sich mittels GPS überprüfen lässt.**



und vor allem Fertigungsmethoden der Aufwand, komplexe Geometrien zu planen und zu bauen, reduzieren?

Schalen zu konstruieren, die sich ohne Einwegschalungen bauen lassen, ist einer der Forschungsschwerpunkte der Block Research Group am Institut für Technologie in der Architektur in Zürich. Ein anderer Schwerpunkt der von Philippe Block und Tom van Mele geleiteten Forschungsgruppe ist die Entwicklung von Alternativen zu den üblicherweise im Betonbau verwendeten Flachdecken. Flachdecken bilden nur deshalb den Standard, weil man sie, flach wie sie nun einmal sind, sehr einfach herstellen kann. Aber was ihr Tragverhalten betrifft, sind sie üb-

licherweise vollkommen überdimensioniert. Die Block Research Group hat Gewölbedecken entwickelt, bei deren Herstellung man gegenüber konventionellen Betondecken mehr als 70 Prozent Material spart: Massivbau wird gleichsam zum Leichtbau.

Die Ergebnisse beider Forschungsschwerpunkte müssen nun erstmals den Alltagstest bestehen – im modularen „Forschungs- und Innovationsgebäude“ auf dem Campus der Schweizerischen Materialforschungsanstalt Empa und des Wasserforschungsinstituts Eawag in Dübendorf (Bauwelt 14.2018). Auf dem Dach des Hauses wurde Ende vergangenen Jahres eine neue Büro- und Konferenzinheit

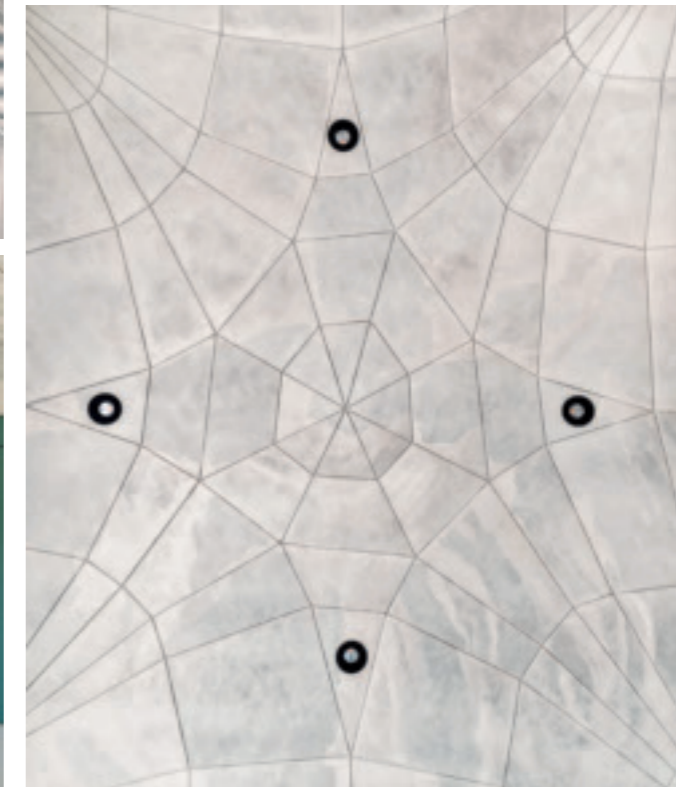
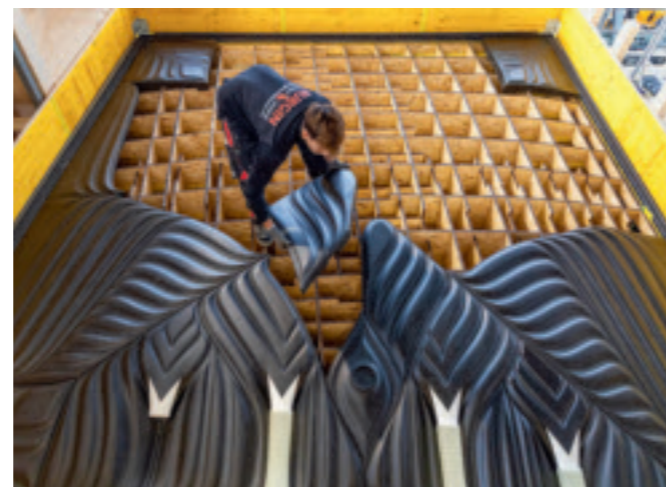
Zwei separate, eingeschossige Büroräume wurden der zwei Geschosse hohen Dachschale „untergeschoben“. Vor dem Fenster des östlichen Büros befindet sich eine adaptive Solarfassade aus 30 Modulen, die sich auf zwei Achsen bewegen.  
Fotos: Roman Keller



Oben: Schalung für die Leichtbau-Gewölbedecken mit Aussteifungsrippen auf der Westseite. Unten: Ansicht nach dem Betonieren.  
Foto: ETH Zürich, Block Research Group/Juney Lee



Montage der 3D-gedruckten Schalungsteile für die Leichtbau-Gewölbedecke auf der Ostseite  
Foto: ETH Zürich, Digital Building Technologies/Georgia Chousou



Untersichten der Gewölbedecken im Büroraum auf der Ostseite (oben) und auf der Westseite (unten). Die Gebäudetechnik samt Heiz- und Kühlleitungen ist in die Decken integriert.  
Fotos: Roman Keller

fertiggestellt, bei der sowohl zwei verschiedene Varianten leichter Gewölbedecken realisiert wurden als auch eine doppelt gekrümmte Betonschale, die man mithilfe einer von Philippe Block's Team entwickelten flexiblen Schalung herstellte, deren meiste Teile wiederverwendbar sind.

Bei dieser Schalung handelt es sich um ein Kabelnetz, das eine Membran trägt, die wiederum als Auflage für den Betonguss fungiert. Auf den ersten Blick scheint das ein analoges Herstellungsverfahren zu sein. Aber tatsächlich wäre das Aufspannen des Netzes in seine richtige Form – die sich dann unter der Belastung des frischen Betons zur endgültigen Geometrie der Betonschale verformen muss – unmöglich ohne

allerlei komplexe Berechnungen mithilfe digitaler Software. Überhaupt ist die präzise Form des Kabelnetzes nur möglich, weil jeder Knotenpunkt ein Messpunkt ist, dessen Position sich mittels GPS überprüfen lässt.

Die beiden Gewölbedecken sind ebenfalls doppelt gekrümmte, aber sehr flache Schalen mit vertikalen Aussteifungsrippen, die die Lasten ausschließlich über Druckkräfte in die Auflager leiten. So werden die erwähnten 70 Prozent Beton eingespart und sogar 90 Prozent des Bewehrungsstahls. Die Forscher rechnen vor, dass sich mit derartigen Deckenplatten durchschnittliche mehrgeschossige Gebäude mit rund einem Drittel weniger Betonvolumen bauen ließen.