

archithese

Internationale Zeitschrift und Schriftenreihe für Architektur
International thematic review for architecture

3.2013

Fadenkonstruktionen: armes Material, starkes Medium

Do Ho Suh's genähte Räume

Von *ant farm* bis Hüpfburg

Textile Schalungen

Heinz Islers Eis-Versuche

Die Hauträume von Heidi Bucher

Zur Bedeutung von Bewehrungsplänen

ProtoRobotic FOAMing

The (risky) craft of digital making

Material: Oberfläche oder strukturbestimmender «Stoff»

Über Putz

Bautraditionen in Himachal Pradesh, Indien

Digitales Prototyping: Leadenhall Building von RSHP

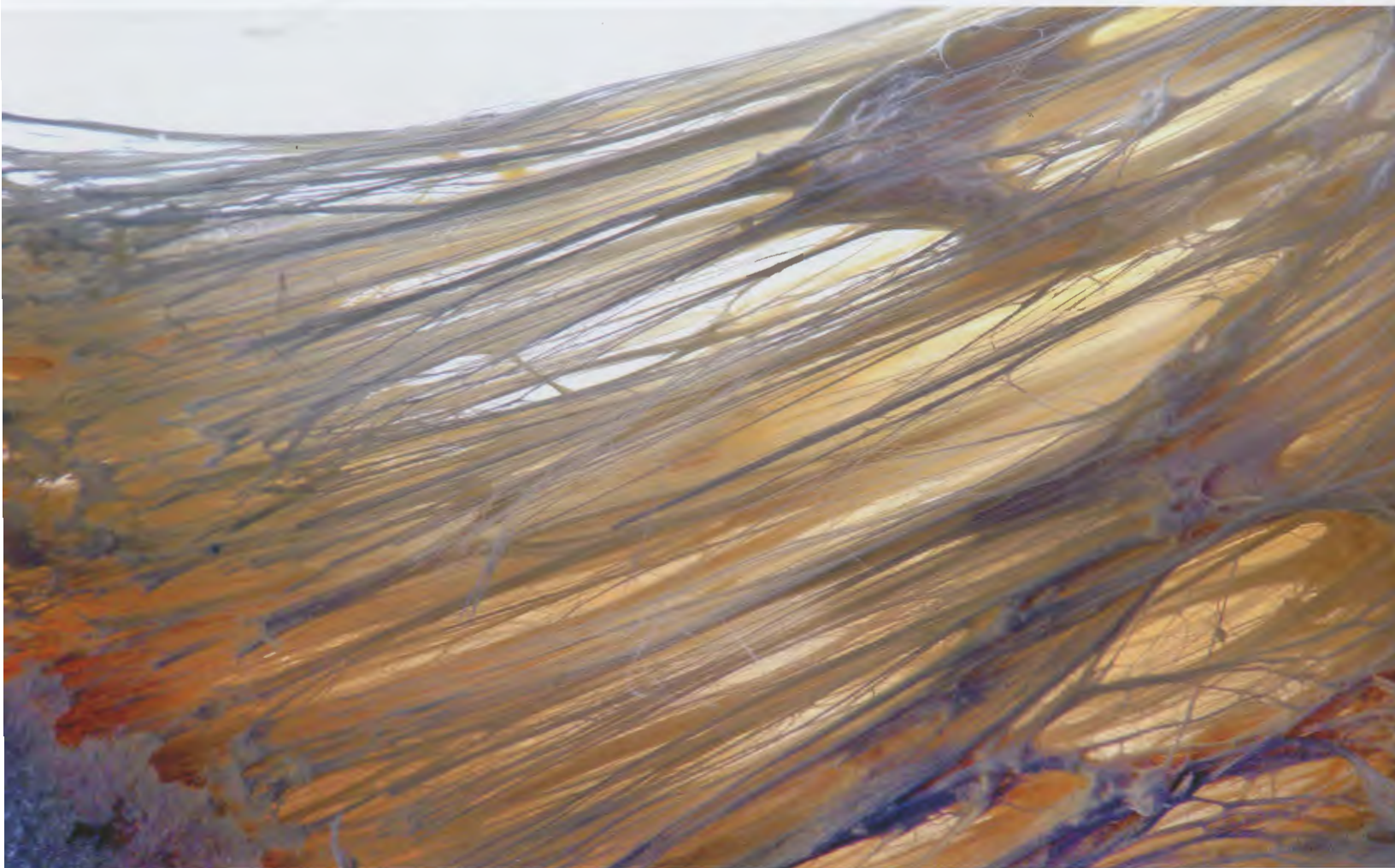
Digitale Fabrikation und Denkmalpflege

Sandstein-3-D-Druck von Michael Hansmeyer

Renzo Piano Building Workshop: The Shard, London

**Caruso St John Architects: Erweiterung des Sir John Soane's
Museum, London**

**Weak materiality –
Eine Schwäche für Materialität**



ZWISCHEN EFFIZIENTER KONSTRUKTION UND EXPRESSIVEM AUSDRUCK

Textile Schalungen von Gustav Lilienthal bis heute Einst kündigte der spanische Architekt Miguel Fisac den Holzschalungen den Kampf an, weil sie der Natur des Betons nicht entsprächen, und entwickelte ein alternatives Konzept mittels Textilschalungen. Diese erweisen sich heute dank neuester Erkenntnisse über ihr Verhalten als eine zukunftsweisende Technik für die ökonomische wie kreative Umsetzung anspruchsvoller Bauaufgaben aus Beton.

1–3 Die 10,5 Meter hohe hochbelastbare Wandschalung Mammut von MEVA mit Stützrahmen STB 450 im Vergleich mit einer 10 Meter hohen experimentellen flexiblen Textilschalung, 1995, Assadollah Redjvani, Prof. Rob Wheen, University of Sydney, Australien. (Foto 1: © MEVA Schalungs-Systeme GmbH; Fotos 2+3: Rob Wheen)

Autoren: Philippe Block und Diederik Veenendaal
Übersetzung aus dem Englischen: Hannes Mayer
Obwohl Beton als «flüssiger Stein» bezeichnet werden kann, sind die Assoziationen doch häufig die eines kalten, harten und groben Baustoffs, der insbesondere mit den massigen Sichtbetonbauten der Nachkriegszeit in Verbindung gebracht wird.

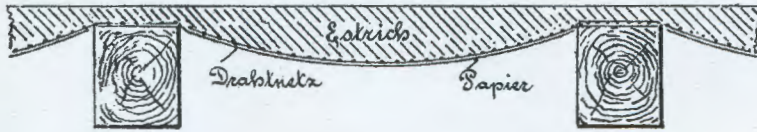
Die jüngeren Entwicklungen in der Architektur und insbesondere im Bereich des digitalen Entwerfens haben in vielen Fällen zu komplexeren Formen geführt als jemals zuvor. Heute ist der Anblick von doppelt gekurvten Geometrien in der Architektur beinahe ein Normalfall geworden, und entsprechend floss viel Zeit und Anstrengung in die Entwicklung neuer, computergesteuerter Herstellungsmethoden – mit dem Versprechen vollkommener geometrischer Freiheit.

Währenddessen genießt an vielen Architekturhochschulen eine völlig andere Herstellungsmethode grösste Popularität: Die Textilschalung – weit entfernt von Hightech und digitalen Trends – besitzt den Reiz des Einfachen, da sie nichts weiter als frischen Beton und ausreichend Textilgewebe oder biegsame Folie benötigt. Indem das Textilgewebe

in einen Tragrahmen gehängt oder eingespannt wird, können auf einfache Weise eine Vielzahl an Formen betoniert werden. Da das Textilgewebe auch leicht im Gewicht, günstig und wiederverwendbar ist, bietet die Textilschalung Einsparungsmöglichkeiten beim Materialverbrauch, aber auch bei Transport, Lagerung und Verarbeitung. Deutlich wird dies bei Stützen- und Wandschalungen von bis zu zehn Metern Höhe, die in der Lage sind, dem Betondruck standzuhalten, obwohl sie wesentlich weniger Material und stabilisierende Hilfsgerüste benötigen als eine konventionelle Schalung. Die «skulpturalen» Möglichkeiten dieser Fertigungsweise können darüber hinaus genutzt werden, um höchst leistungsfähige Betontragwerke zu entwerfen, die massgeblich zu Einsparungen bei Betonmenge und Bewehrung führen – und damit zur Reduzierung von Kosten wie Energie und Treibhausgasen.

Diese Arbeiten stellen keineswegs den Beginn der Untersuchungen dar. Die dokumentierte Geschichte der Textilien als Schalung reicht bis ins 19. Jahrhundert zurück, doch es gibt Hinweise, dass bereits die Römer Reet in verwandter Weise als flexibles Schalungsmaterial nutzten. Das erste Patent wurde 1897 von Gustav Lilienthal in Deutschland einge-

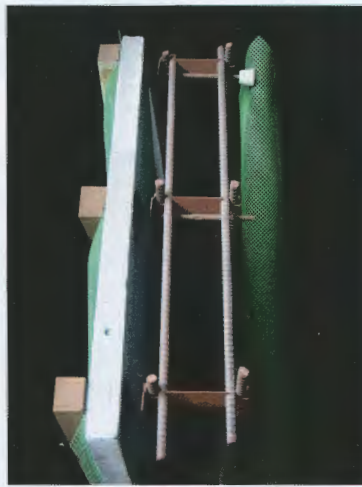




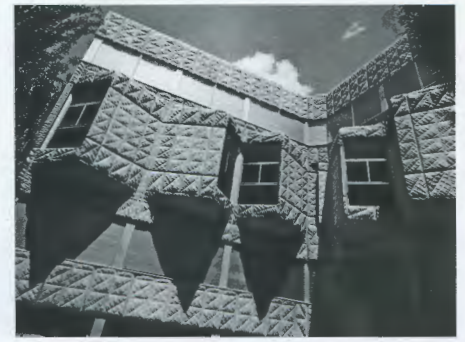
4



6



7



5



8

reicht und bezog sich auf ein textilgeformtes Deckensystem, das als Alternative zu den Preussischen Kappen aus Backstein gesehen werden muss. Das System – nichts Weiteres als ein zwischen den Deckenbalken abgehängtes Textilgewebe – fand breite Anwendung in Gebäuden in und um Berlin. Weitere Entwicklungen folgten auf der ganzen Welt.

Die Entwicklung von günstigen synthetischen Fasern seit den Sechzigerjahren war entscheidend für die Anwendung von textilen Schalungen. Insbesondere in den Gebieten der hydraulischen und geotechnischen Ingenieurwissenschaften fand die Technik nun breite Anwendung, es konnten aber auch aufblasbare (pneumatische) Schalungen für Betonschalen entwickelt werden. Die Grundlagenforschung von Mark West am Centre for Architectural Structures and Technology (CAST) der University of Manitoba, Winnipeg/Kanada passierte zeitgleich mit der Verbreitung des Internets. Die Arbeiten am abgelegenen Ort verbreiteten sich im Internet und wurden zur Inspirationsquelle vieler nachfolgender Forscher und Entwerfer. Dies verstärkte die gegenseitigen Wahrnehmung von Spezialisten aus Wissenschaft und Praxis und resultierte in einem regen Wissensaustausch sowie in zahlreichen Kollaborationen.

Ästhetischer Ausdruck

Bis in die späten Sechzigerjahre wurde Textilgewebe für Betonschalungen aus rein praktischen Gründen verwendet, ihr Gebrauch begründete sich aus der Notwendigkeit, Arbeitskraft und Material gering zu halten sowie leistungsfähige Tragstrukturen bauen zu können. Durch die günstigen Polymertextilen war die grossflächige Anwendung möglich. Dann begann der spanische Architekt Manuel Fisac (1913–2006) die bisherigen Anwendungen der Technik sowie die

möglichen Qualitäten des Betons radikal zu überdenken. Er patentierte eine neue Idee, die er erstmals 1969 am Centro de Rehabilitación para la M.U.P.A.G. in Madrid anwendete. Für die Betonschalungen nutzte er flache und flexible Polyethylenschichten, welche von einem biegesteifen Tragwerk als Schalung herabhingen. «Das Ergebnis, welches das Gewicht des leichten Materials auf den gegossenen Beton ausübt, ist authentisch und effektiv; der Beton übernimmt auf haptische Weise die Textur des Materials.» Diese neue Technik bedeutete für Fisac die Freiheit, eine Vielzahl an neuen Fassadenbauteiltypen zu entwickeln, die jedem Gebäude trotz des Systemgedankens eine spezifische Optik und Haptik nach seinen eigenen Vorstellungen gab. Bereits in seinen vorangegangenen Arbeiten in Bezug auf Betonformen sträubte er sich «gegen die Farce, an der auch [er] mitgewirkt hat, nämlich dass durch das Schalen mittels Holztafeln sich die Maserung als unpassender Abdruck auf den Beton übertragen hat.»¹ Er beschloss, sich von der «falschen» Oberflächenstruktur zu verabschieden. Fisac wandte die daraufhin entwickelte Fertigungsweise bis weit über die Siebzigerjahre hinaus mit grossem Erfolg an – sein letztes Bauwerk entstand im Jahr 2000, wobei seine patentierten Systeme bis heute gebraucht werden.

Während der späten Achtziger- und frühen Neunzigerjahre kam es zum vereinzelt Gebrauch ähnlicher Anwendungen von Textilgeweben durch Mark West in Kanada sowie Kenzo Unno in Japan. Beide arbeiteten unabhängig voneinander. Unno war auf der Suche nach einfachen, alternativen und kostengünstigen Konstruktionsmethoden, bis er die Festigkeit von Plastiknetzen als Schalungsmaterial entdeckte und damit ein abfallfreies Textilschalungssystem für tragende Wände entwickelte. Zeitgleich knüpfte West an

4 Gustav Lilienthals Brandschutzdecke von 1897, bestehend aus einem Drahtnetz, einer Lage Papier und darüberliegendem Estrich

5 Miguel Fisac: Centro de Rehabilitación para la M.U.P.A.G., Madrid, Spanien, 1969 (Foto: © Fundación Miguel Fisac)

6 Kenzo Unno: Wanddetail, URC house with grass, Kenzo Unno, in Edogawa-Ku, Tokyo, Japan, 2003 (Fotos 6+7, 14–19: Mark West)

7 Kenzo Unno: Zero-Waste-Formwork

8 Byoung Soo Cho Architects: Hanil Besucherzentrum und Gästehaus, Seoul, South-Korea, 2009 (Foto: Yongkwan Kim)



9



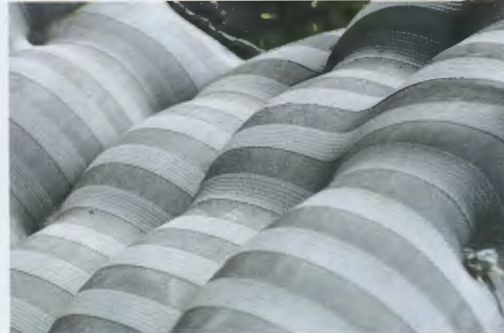
10



11



12



13

9 **Lars Englund:**
Volym, Sweden,
1967

10 **Andrew
Kudless: Seed
(P_Ball)**, USA, 2012
(Fotos 10+11:
© MATSYS)

11 **Andrew
Kudless: P_Wall**,
San Francisco,
USA, 2009

12 **Tejo Remy &
Rene Veenhuizen:**
Concrete Furniture,
Netherlands, 2012
(Foto: Atelier
Remy&Veenhuizen)

13 **Anne-Mette
Manelius:**
Ambiguous Chair,
Royal Danish
Academy of Fine
Arts, Denmark,
2010
(Foto: © Anne-
Mette Manelius)

eine Serie von eigenen Skulpturen an, welche aus Textilschalungen hergestellt waren, und entwickelte diese mit dem Wissen seiner handwerklichen Ausbildung und seines späteren Architekturstudiums an der Cooper Union weiter. Diese Arbeiten beinhalteten auch eine flexible Schalungsweise für Paneele, welche bei einem Projekt mit Byoung Soo Cho Architects in Südkorea (2003) zum Einsatz kam.

Die expressiven Qualitäten und Möglichkeiten der Textilschalung blieben auch von der Kunst nicht unentdeckt. Ein besonders frühes Beispiel ist die 1967 entstandene Skulptur *Volym* des schwedischen Künstlers Lars Englund, deren Flächen mithilfe einer aufblasbaren Gummimembran geformt wurden. Ein gegenwärtiges verwandtes, jedoch unabhängig davon entstandenes Objekt ist *Seed (P-Ball)* (2012) von Andrew Kudless. Die faserverstärkten Betonplatten bilden aus 12 Pentagonen und 20 Hexagonen einen sogenannten Ikosaederstumpf, der die früheren Textilschalungsstudien zur *P wall* (2006 und 2009 SFMOMA) verräumlicht. Kudless referenziert Fisacs Arbeit und aktualisiert seine Pionierleistungen mit den Möglichkeiten des heutigen Programmierens in der Architektur.

Auch im Möbeldesign haben Textilschalungen ihre Verwendung gefunden. Stühle im Besonderen forderten Designer heraus, da sie sowohl räumliche wie konstruktive Ansprüche erfüllen müssen und dennoch freie wie expressive Formen erlauben. Ein wiederkehrender Aspekt, welcher vonseiten der Designer angeführt wird, ist der Kontrast zwischen der offensichtlichen Wärme und Nachgiebigkeit des Betons und seinen tatsächlichen Eigenschaften. In der Tat, Anne-Mette Manelius definiert den Wortlaut «Textilschalung» als ein Oxymoron, das auf einen Widerspruch zwi-

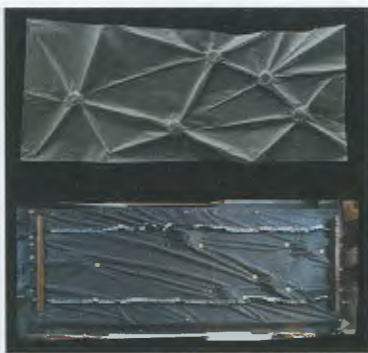
schen Textilgewebe auf der einen Seite und Schalung auf der anderen Seite hinweist.

Die Widersprüchlichkeit in der Wahrnehmung zwischen textiler Form und Betonkonstruktion ist im Falle von dünnen, schalenartigen Bauteilen besonders ausgeprägt. Wenn faserverstärkter Spritzbeton auf ein hängendes Textilgewebe aufgebracht wird, führt es zur Verfestigung der Falten. Im Gegensatz zum gewöhnlichen Gebrauch von Textilgewebe in der Architektur, zum Beispiel bei zugbeanspruchten Membrandächern, müssen diese Funktionen nicht umgangen werden, können stattdessen in den Entwurf miteinbezogen werden. Ausserdem beschrieb Mark West, wie durch den Betondruck die planen Tücher Falten von doppelter Krümmung ausbilden, tiefe Falten und Wellenbewegungen, die, wenn man sie umkehrt, helfen, das Tragwerk gegen Knicken zu schützen. Die Verwendung umgekehrt aufgehängter textiler Gewebe zur Formfindung dünner Druckschalen wurde von Heinz Isler entdeckt (vgl. Seite 44) und von Mark West in grösserem Massstab für ein fasergeformtes Tonnengewölbe am CAST der Universität von Manitoba 2004 übernommen. Für nachfolgende Experimente wurde das Textilgewebe vorgespannt, sodass Falten entstanden, welche sich vermutlich entlang der Hauptzugkräfte bilden und deshalb durch das Betonieren Schalen von höherer Widerstandsfähigkeit gegen Knicken erzielt werden können.

Bei vielen der bis dahin erwähnten Beispiele besteht die Konstruktionsstrategie darin, zwei Textilgewebekonstruktionen oder -tücher als äussere Schalung beispielsweise durch Bolzen miteinander zu verbinden, was, wenn man der Logik der Textilverarbeitung folgt, einer Steppetechnik entspricht. Verwendet man statt der punktuellen Verbindung grossflächige



14



15



16



17



18



19



20

Scheiben, so können offene Strukturen erzielt werden, die an Zell- oder Knochenstrukturen erinnern und den Ergebnissen der strukturellen Topologieoptimierung ähnlich sind. Entsprechend wecken sie den Anschein eines effizienten, leistungsfähigen Tragwerks. So verwundert es kaum, dass sich diese Experimente in den vergangenen Jahren grösster Beliebtheit erfreuten und Gegenstand wie Ergebnis zahlreicher Workshops für Studenten und Forschungsprojekte war.

Beide Tragsysteme, gefaltete Schalen und Zellentypen, repräsentieren ein zeitgenössisches Verständnis des Einsatzes von Textilgewebe und hochflexiblen Schalungen, welches Leistungs- mit Ausdrucksstärke zu verbinden versucht.

Diese Haltung markiert einen Perspektivwechsel, denn über weite Strecken des 20. Jahrhunderts fanden Textilgewebe Einsatz als Schalung weil sie den Ansprüchen der Ingenieure oder Baufirmen auf kostengünstige Lösungen entsprachen – und somit die Ästhetik nachrangig, wenn nicht gerade als hinderlich betrachtet wurde – oder weil sie dem Architekten und Entwerfer als Möglichkeit dienten, den Ausdruck von Betonarbeiten zu erweitern.

Leistungsfähiges Tragverhalten

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts arbeitete CAST im Rahmen einer Versuchsserie an einem durch Textilgewebe geformten Träger, wobei es ausschliesslich um ein leistungsfähiges Tragverhalten ging. Auf Basis der Idee, den Schnitt entlang des Biegemomentenverlaufs zu führen, entstand schliesslich ein zwölf Meter langer Kragbalkenprototyp. Bei weiterführender Materialreduzierung entlang der Nulllinie, entstand naturgemäss eine Abfolge von Fachwerken. Dieser Ansatz brachte eine Materialersparnis von bis zu vierzig Prozent ge-

genüber einem konventionellen Vierkantbalken. Seit diesen frühen Versuchen sind die Forschungen zu textilgeschalteten Balken insbesondere an der University of Bath in England fortgesetzt worden. Die dortigen Untersuchungen möchten ein tieferes Verständnis des Tragverhaltens erlangen und verfolgen gleichzeitig Strategien für einen leistungsstärkeren Einsatz von Bewehrung.

Als den bislang produktivsten Entwickler im Bereich der Textilschalungen könnte man den irischen Ingenieur James Hardress de Warne Waller (1884–1968) bezeichnen, der die Idee als Erster für dünne Schalenkonstruktionen anwendete. Er entwickelte ein System, welches aus parallel aufgestellten Leererüstbögen in Kettenlinienform bestand, über die er Textilgewebe legen liess, welches zwischen den in gleichmässigen Abstand aufgestellten Bögen durchhängen konnte. Diese Konstruktionen waren bis zum Ende der Siebzigerjahre wirtschaftlich gesehen sehr konkurrenzfähig. Das von ihm unter dem Namen Ctesiphon patentierte System (nach der ehemaligen Hauptstadt des persischen Reichs im heutigen Irak, dessen Palast über einen monumentalen Steinbogen, den *Taq-i-kisra*, verfügte) fand bis zum Ende der Siebzigerjahre in über fünfhundert Schalenkonstruktionen auf der ganzen Welt Anwendung, oftmals für kostengünstige Tragwerke in Entwicklungsländern.

Auch der berühmte Schalenbauer Felix Candela nutzte das Ctesiphon-System für seine erste Schale eines experimentellen Gewölbes mit sechs Metern Spannweite in San Bartolo, Mexiko-Stadt. Er wendete dieses Verfahren abermals 1951 für eine ländliche Schule nahe Victoria, Tamaulipas (Mexiko) an, bevor er zu den hyperbolischen paraboloiden Schalen überging, die ihn schliesslich berühmt machten.

14+15 Gipsmodell für die Eingangsüberdachung eines Krankenhauses, CAST

16 Wandpaneel aus faserverstärktem Spritzbeton auf Basis eines hängenden Textilgewebes, CAST

17 Kyle Sturgeon: *FattyShell*, University of Michigan, US, 2010 (Foto: © Kyle Sturgeon)

18 Drei Zentimeter dicke fasergeformte Stahlbetonschale, Spannweite fünf Meter, CAST, 2009

19 Zwölf Meter langer Kragbalkenprototyp, CAST

20 Textilgeformte Betonfachwerkbalken, CAST, 2006



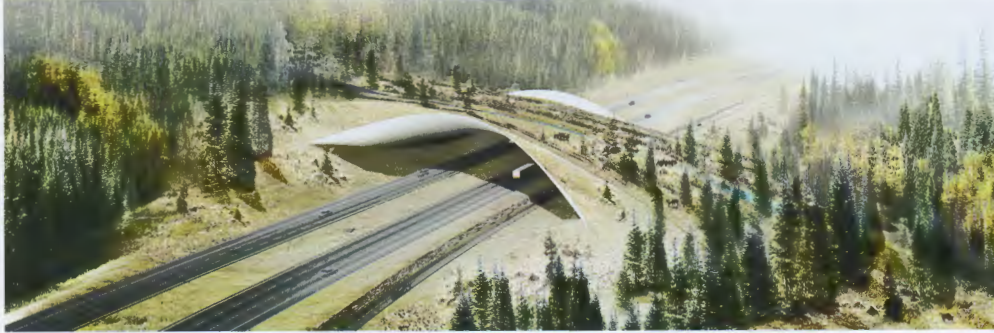
21



22



23



24

21 John Locke's Distillery, erbaut nach James Wallers Konstruktionsmethode, Kiltbeggan, County Westmeath, Irland, 1949

22 Felix Candela: Chapel Llomas de Cuernavaca, Mexico, 1958 (Foto: © Princeton University Library)

23 Brad Wells, George Nez et al. (TSC Global): Corner of Hope School, Nakuru, Kenya, 2010 (Foto: © TSC Global, LLC)

24 ZJA Zwartz & Jansma Architects: Landshape Wildlife Crossing, Colorado, USA, 2010 (Abbildung: © Zwartz & Jansma Architects)

Das sind Schalen, welche zwar doppelt gekrümmt sind, aber auf Regelflächen aufbauen, und somit durch Geraden beschrieben werden können. Dies hat offensichtlich einmalige Vorteile, denn die Schalung kann aus geraden Holzlatten bestehen, welche wiederverwendet werden können.

Obwohl äusserst raffiniert, eignet sich Candelas System nur bedingt für die gegenwärtige Lage der entwickelten Welt, wo Arbeitskraft teuer ist. Selbst in manchen Ländern Afrikas ist die Konstruktionsmethode aus anderen Gründen keineswegs ideal, denn häufig gilt Holz als wertvoller und seltener Rohstoff. Um Antworten auf diese Problematik zu finden, experimentierte George Nez während der Neunzigerjahre mit Alternativen zum Bauholz. Mithilfe von Textilstreifen formte er Hyperbolische Paraboloiden und brachte auf diese ein mit Latex versetztes Zement-Sand-Gemisch in einer Stärke von lediglich einem Zentimeter auf. Als Dachkonstruktion hat sich das System bislang in über zwanzig Projekten als erfolgreich bewiesen. Häufig in gekoppelten Gruppen – formal ähnlich zu Aldo van Eycks Waisenhaus in Amsterdam – erwiesen sich die Bauten als einfache Konstruktionen, die wie Wallers Ctesiphon-System weitgehend von ungelernten Arbeitskräften fast gänzlich ohne Aufsicht erstellt werden konnten.

Ähnliche Projekte wurden auch im akademischen Umfeld durchgeführt, um zum Beispiel den Gebrauch von Spritzbeton zu untersuchen und eine mögliche Anwendung in den Industrieländern zu testen. Der Erfolg war allerdings gering, denn es konnte keine klare Methode gefunden werden, um die Unterschiede zwischen Entwurf und resultierender Form infolge der vorhandenen Zugkräfte des vorgespannten Textilgewebes zu kontrollieren.

Emergenz versus Kontrolle

Die Toleranzen zwischen Entwurf und gebauter Realität bei den Textilgewebeflächen stellen bei der Arbeit mit Textilschalungen eine wohlbekannte Tatsache dar; der Grad an Ungewissheit und Kontrollverlust wurde bislang akzeptiert.

Die Forschung der BLOCK Research Group der ETH Zürich löste dieses Problem auf theoretischer Ebene für die aus Textilgewebe geformten Schalen. Die Forschungsgruppe entwickelte Algorithmen, welche es ermöglichen, die erforderlichen Vorspann-Richtwerte eines Kabelnetzes zu errechnen, sodass die resultierende Zielgeometrie nach dem Betonieren der geplanten Entwurfsgeometrie entspricht. Dies bedeutet nicht allein mehr Planungsgenauigkeit. Es bedeutet die Auflösung der Bindung an bestimmte geometrische Formen wie hyperbolische Paraboloiden und somit mehr Freiheit, mannigfaltige Formen entsprechend der Logik der Schalen mit minimalem Materialeinsatz sowohl bei den Schalungen wie auch beim Füllmaterial bauen zu können. Dies ist für die zeitgenössische, von den digitalen Entwurfssystemen mitgeprägte Formensprache von Bedeutung, in welcher hyperbolische Paraboloiden Seltenheitswert haben und somit Planer wie Ausführende entweder auf traditionelle, aufwendige Holzschalungen zurückgreifen oder CNC gefräste Hartschaumblocke als Schalung verwenden, die sich als nicht nachhaltig erweisen, weil sie selten wiederverwandt werden können. Noch wichtiger wiegt jedoch die Tatsache, dass endlich die Schalengeometrie kontrolliert werden kann. So waren zwar Candelas Schalen effiziente Tragwerke, welche hängende und bogenförmige Parabeln kombinieren, doch lediglich minimale Änderungen an ihrer Geometrie würde die Tragfähigkeit der Schalen massiv erhöhen.

Zwarts & Jansma Architects (ZJA) aus Amsterdam entwickelten die Idee, ein Kabelnetz mit einem Textilgewebe zu kombinieren, womit das Konzept einer Textilschalung auf die Grösse einer weitgespannten Brücke ausgedehnt werden könnte. Die BLOCK Research Group wurde zur Zusammenarbeit mit ZJA eingeladen, um eine Serie von Grünbrücken im südlichen Teil der Rocky Mountains in der Nähe von Vail, Colorado zu entwerfen. Eine Voraussetzung war, dass der Verkehr des zu überbrückenden Interstate Highway nicht unterbrochen würde, was durch ein weit- und vorgespanntes Kabelnetz gewährleistet werden kann.

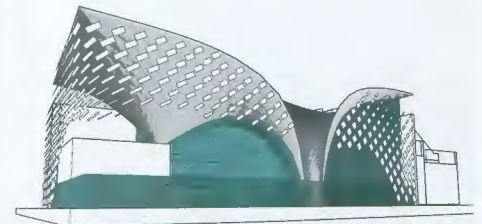
Diese Zusammenarbeit setzt sich fort für das Design eines Daches für den Neubau der Forschungs- & Technologieplattform für nachhaltiges Bauen (NEST) der Schweizer EMPA, der sich aus unterschiedlichen Modulen aufstapelt und bis 2015 fertiggestellt werden soll. Unter der Federführung der BLOCK Research Group arbeitet ein internationales Design-team an einem der Dachgeschoss-Apartments, welches von einem Kabelnetzgeformten textilgewebegeschaltem Dach überdeckt werden wird.

Ein erster Prototyp einer Betonschale, die in ihrer Herstellung Kabelnetz und Textilschalung verbindet, wurde jüngst an der ETH Zürich fertiggestellt. Ausgehend von einem hyperbolischen Paraboloiden wurde die Form optimiert, um die Festigkeit zu erhöhen und die Durchbiegung zu reduzieren. Möglich wurde dies durch die Berechnung der notwendigen Vorspannung und der resultierenden Zugkräfte unter der Last des Frischbetons eines jeden einzelnen Kabels. Typisch für diese Art der Schalenkonstruktion sind die wellenförmigen Veränderungen in der Stärke des Betons durch das Durchhängen der Textilgewebe, welches dementsprechend durch den Einsatz unterschiedlicher Gewebe und das Layout der Kabel kontrolliert werden kann. Dadurch lässt sich nicht allein das statische Verhalten kontrollieren, sondern auch die ästhetische Wirkung steuern. Wenn möglich, ist die Unterseite der Schale sichtbar zu belassen; so bewahrheitet sich auch hier, was der frühe Erfinder der Textilgewebeschalung Gustav Lilienthal bereits attestierte: die Oberfläche «ähnelt der eines Sofakissens». Im Falle des Prototypen ähnelt sie einem Kissen, welches durch den Abdruck der Textilfasern mit schönstem Schlangenleder bezogen sein könnte.

Das Gebiet der Textilschalung, obwohl es bereits seit über einem Jahrhundert mit Entdeckungen und Erfindungen aufwarten kann, erfährt derzeit eine Renaissance und steckt voller neuer Errungenschaften, profitiert von neuen Erkenntnissen wie sie auch in diesem Text vorgestellt worden sind. Aufgrund des aktiven Austauschs sowohl von empirischem Wissen, aber auch der Suche nach neuem Ausdruck durch eine wachsende Gemeinschaft von Forschern, Entwerfern und Herstellern sind weitere Überraschungen und Leistungen auf dem Gebiet der textilgeschalteten Architektur zu erwarten. Die Tatsache, dass Textilschalungen nicht nur ein machbares und ökonomisches Prinzip darstellen, um die wachsende Komplexität der heutigen Entwurfsformen umzusetzen, sondern zugleich ein reiches Gestaltungsmittel sind, mag den baldigen Durchbruch der Technik ankündigen.

25 **Entwurfszeichnung HiLo corner apartment für NEST, BLOCK Research Group et al., 2013**
(Fotos 25–28: BLOCK Research Group, ETH Zürich)

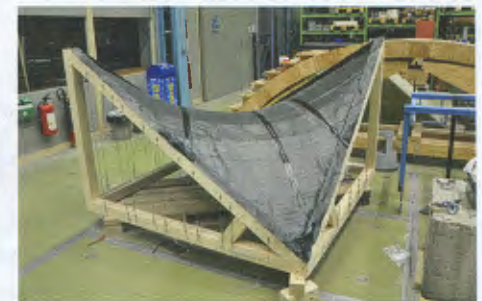
26–28 **HiLo prototype I für NEST, erste mittels Kabelnetz und Textilgewebe geformte Schale, 2013**



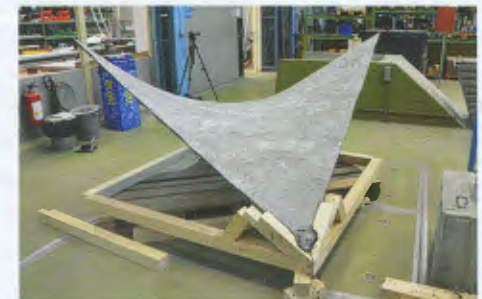
25



26



27



28

Autoren: Philippe Block ist Assistenzprofessor für Tragkonstruktionen am Institut für Technologie der Architektur an der ETH Zürich. Er ist Leiter der Block Research Group, deren Schwerpunkt im Bereich des Entwurfs und der Analyse von Gewölbestructuren sowie in der Entwicklung von neuen Ansätzen des Tragwerksentwurfs und der Fertigung liegt. Block studierte Architektur und Bauingenieurwesen an der VUB in Belgien (MSc 2003) und am MIT in den USA (SMArchS 2005, PhD 2009), wo er im Bereich neuer Computermodelle für die Analyse und den Entwurf von Steingewölben promovierte. Neben seiner akademischen Tätigkeit ist Block Gründungspartner des Ingenieurbüros ODB (Ochsendorf, DeJong & Block, LLC).

Diederik Veenendaal ist Bauingenieur. Nach seinem Studium an der TU Delft arbeitete er für Witteveen+Bos engineering consultants, wo er an der Planung des grössten Membrandachs der Niederlande beteiligt war. Derzeit promoviert er an der ETH Zürich als Doktorand der Block Research Group über computerbasierte Formfindungsmethoden und textile Schalungen.

¹ Übersetzt nach «Carta a mis sobrinos» (Letter to my nephews) by Miguel Fisac, Fundacion Miguel Fisac, Ciudad Real 2007.