Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 137 (2011)
Heft: 40: Konstruktion auf Zeit

Artikel: Zeitweilig in Manhattan
Autor: Joos, Martin / Kurath, Josef / Büren, Rebecca von
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-170275

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ZEITWEILIG IN MANHATTAN

In einer Baulücke an der Houston Street in Manhattan steht seit Anfang August 2011 ein Pavillon aus carbonfaserverstärktem Kunststoff. Die Begegnungsstätte, in der Veranstaltungen für die Öffentlichkeit stattfinden, wird Mitte Oktober rückgebaut und in Berlin aufgebaut, bis sie nach Mumbai umzieht. Dieses erste von drei «BMW Guggenheim Labs» wurde vom Architekturbüro Atelier Bow-Wow entworfen, und das Schweizer Unternehmen Nüssli setzte die architektonischen Ideen um. Unterstützung holten sie sich bei den Schweizer Bauingenieuren von Staubli, Kurath und Partner.

01 Die Baulücke an der Houston Street in Manhattan, in der das «BMW Guggenheim Lab» für wenige Wochen steht. Nach dem Rückbau wird sich die Baulücke aufgefrischt gegenüber dem ursprünglichen Zustand zeigen: Die steinerne Bodenpflästerung bleibt, und es werden Bäume gepflanzt
(Foto: Solomon R. Guggenheim Foundation)

Die Solomon-Guggenheim-Stiftung in New York – die Betreiberorganisation der Guggenheim-Museen – schickt in den nächsten sechs Jahren drei mobile Labore um die Welt. Jeder Pavillon ist nacheinander zwei Jahre lang unterwegs und in drei Städten stationiert (vgl. Kasten nebenan). Die temporären und mobilen Bauwerke sollen dabei der Gesellschaft einen Ort bieten, wo sie verschiedene Themen wie das Zusammenleben der Menschen in Städten diskutieren kann. Der erste Zweijahreszyklus findet zum Thema «Confronting Comfort» statt und widmet sich der Erforschung des individuellen und kollektiven Komforts sowie der dringenden Notwendigkeit ökologischer und sozialer Verantwortung.

AUFGESTÄNDERTER PAVILLON VIELFÄLTIG NUTZBAR

Für diese Initiative mit dem Namen «BMW Guggenheim Lab» lud die Stiftung im Herbst 2010 die japanischen Architekten des Ateliers Bow-Wow ein, den ersten Pavillon zu entwickeln. Vorgabe des Auftraggebers an die Architekten war, dass der Pavillon eine anpassungsfähige Infrastruktur bietet, in der Workshops, Ausstellungen, Fachvorträge und Quartierfeste durchgeführt werden können. In einem interdisziplinären Team sollen ausserdem neue Technologien für die Bauindustrie diskutiert und Lösungen entwickelt werden.
Da sich der Pavillon am ersten Standort präzise in die schmale Baulücke zwischen alten Häusern einbettet (Abb. 1), entwarfen die Architekten ein Konzept für ein aufgeständertes mobiles Bauwerk, in dem – ähnlich einer Theaterbühne – die Requisiten hochgezogen und heruntergelassen werden können. Modulare Bühnen hängen an Seilen, und Stühle und Tische sind über den Köpfen der Besuchenden untergebracht. Die eingeschränkte Nutzfläche kann so vielfältig genutzt werden.

TRAGELEMENTE AUS CARBONFASERVERSTÄRKTEM KUNSTSTOFF

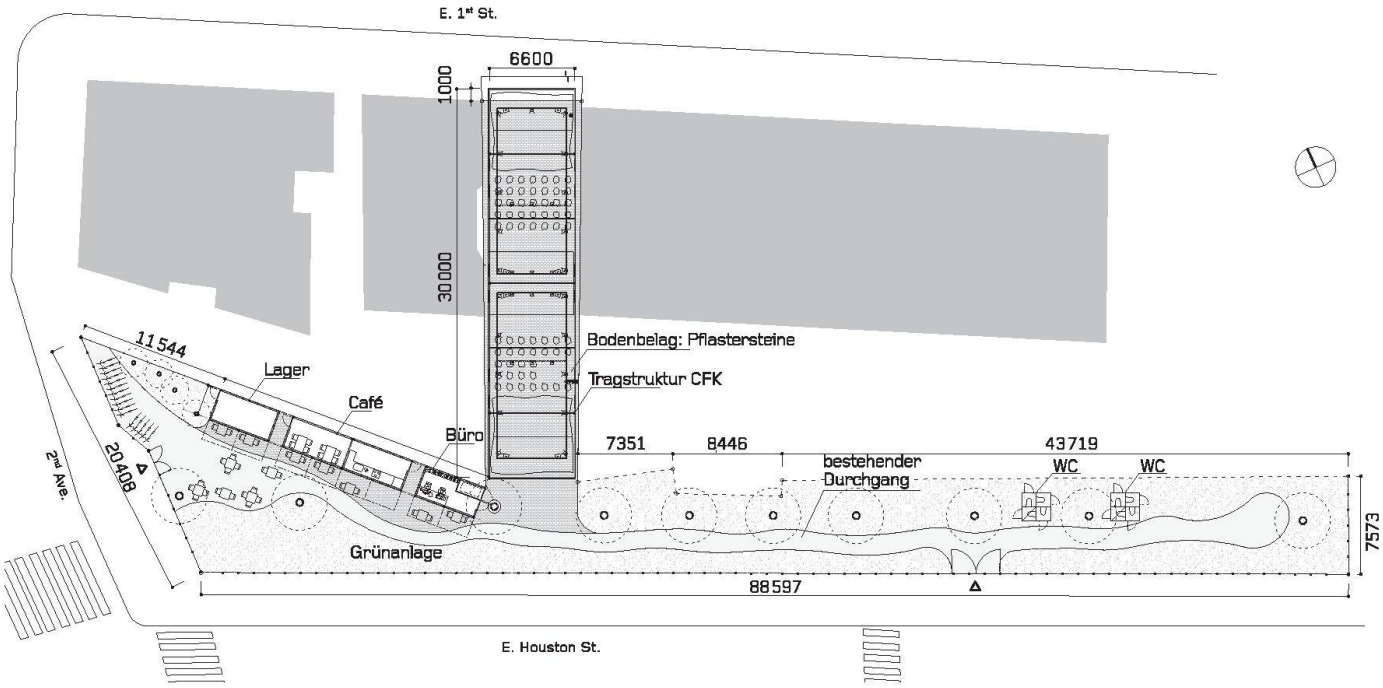
Das Tragwerk wurde aus carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) hergestellt. Die Architekten setzten – unterstützt von der Bauherrschaft – bewusst auf dieses Material, das im Bauwesen erst als Verstärkungselement Fuss fasst, sonst aber noch kaum eingesetzt wird. Um die tragwerksspezifischen Aspekte zu analysieren und festlegen zu können, suchten Architekten und Bauherrschaft die Zusammenarbeit mit dem Schweizer Unternehmen Nüssli, das Erfahrungen mit temporären und modularen Bauten hat. Unterstützt von den Bauingenieuren von Staubli, Kurath und Partner aus Zürich, legte das Projektteam das statische Konzept fest – abgestimmt auf die Transport-, Montage- und Standortbedingungen. Die Projektbeteiligten verglichen internationale Gesetzgebungen miteinander, eruierten die massgebenden Lasten und Lastfälle und bestimmten die Lieferanten für die Hauptgewerke, die in der Lage waren, innerhalb von drei Monaten projektspezifische Lösungen zu entwickeln und zu produzieren. In kurzer Zeit brachten sie die Ideen des Architekten mit dem Budget des Auftraggebers und den produktionsbedingten und montagetechnischen Randbedingungen in Einklang.

DAS «BMW GUGGENHEIM LAB» UNTERWEGS

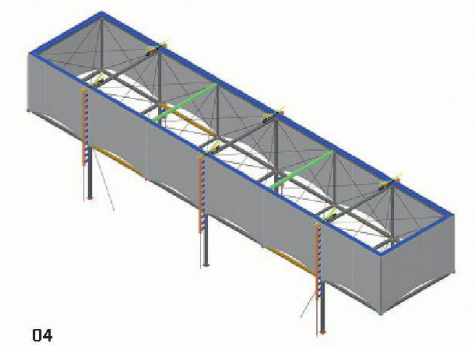
Das «BMW Guggenheim Lab» steht ab Mitte Mai 2012 für rund zehn Wochen in Berlin und wird dann nach Mumbai weiterziehen, wo es für weitere zwei Monate als Treffpunkt dienen wird. Abgeschlossen wird der erste Zyklus 2013 mit einer Ausstellung im Guggenheim Museum in New York. Bis zum Herbst 2016 folgen zwei weitere Zyklen, jeweils mit einem neuen mobilen Labor und einem anderen Thema, entworfen und realisiert von einem neu zusammengestellten Projektteam.
Mehr Informationen zum Veranstaltungskalender unter: www.bmwguggenheimlab.org

BMW
GUGGENHEIM
LAB
NO HORN
BLOWING
EXCEPT
Today at 3pm
Walking Waves: Collected Sounds
and Remixes of the City
Wednesday August 3rd at 6 pm
Screening: Blank City (2011,
USA/France, 94 min.)
BMW
GUGGENHEIM
LAB

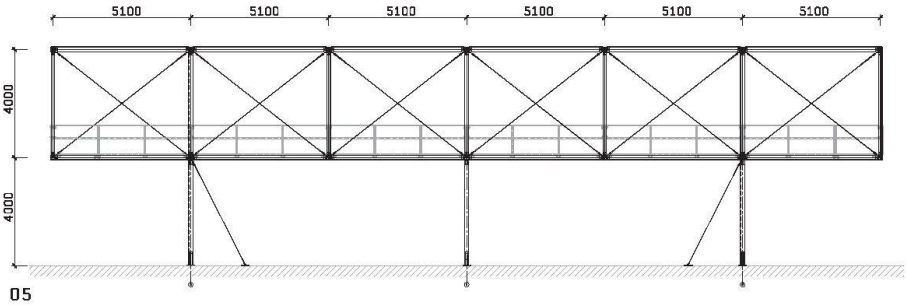
02



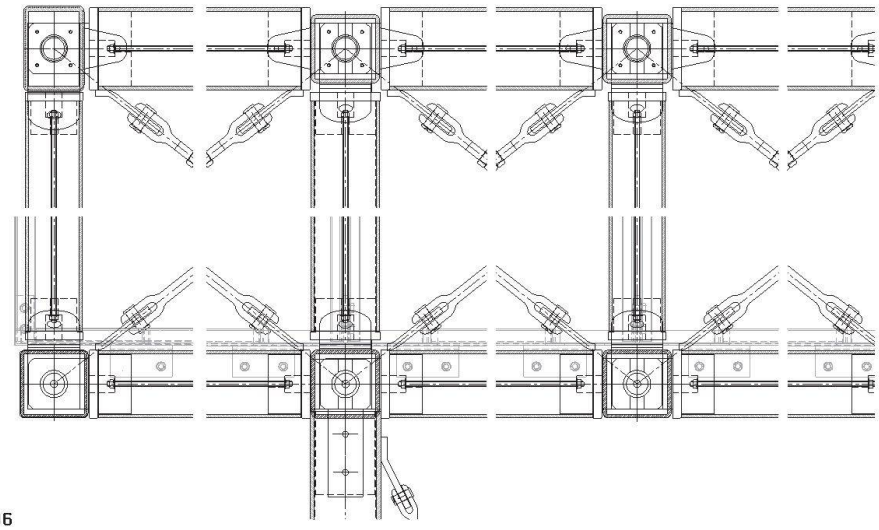
03



04



05



06

02 Blick durch den Pavillon (Foto: Solomon R. Guggenheim Foundation)
03 Grundrisse: Der Pavillon ist präzise in die Baulücke eingebettet. Die ebenfalls mobilen Bauten wie die Toilettenanlagen und das Café sind ausgelagert, da sie an anderen Standorten teilweise nicht eingesetzt werden müssen (Plan: Atelier Bow-Wow)
04 3D-Darstellung des Tragwerks des temporären und mobilen Bauwerks inklusive der Fassade aus PVC-beschichteter Membran. Ausgesteift ist die Konstruktion mit Abspannungen längs des Bauwerks, mit Andreaskreuzen in den Flächen und mit einer Profilaufdoppelung aus Stahl an den CFK-Stützen (Visualisierung: Nüssli)
05 Längsansicht des Fachwerks des Pavillons (Schema: Nüssli)
06 Detailplan der Anschlusskonstruktionen der Fachwerkprofile (Plan: Nüssli)

07

08

09

TRAGWERK, KONSTRUKTION UND DETAILS

Der Pavillon ist 8 m hoch und hat einen Grundriss von 30 m auf 6 m (Abb. 3). Das Tragwerk aus CFK besteht aus einem Raumfachwerk, das auf sechs Stützen steht (Abb. 4). Die Fachwerkstäbe sind nicht wie üblich nur in Längs-, sondern auch in Querrichtung belastet; um die Montage der Einbauelemente flexibel zu halten, sollten die Kräfte nicht nur über die Fachwerkknoten, sondern auch über die Profillängen eingeleitet werden. Die gekreuzten Verbände bestehen aus vorgespannten Stahlseilen und steifen die Gesamtkonstruktion flächenweise aus (Abb. 4). Die in Querrichtung mit Aufdopplungen biegesteif ausgeführten CFK-Stützen enthalten aus Brandschutzgründen und wegen ihrer Schlag- respektive Anprallempfindlichkeit einen Stahlkern. Das Stahlprofil dient im Brandfall als Rückfallebene, da Carbon zwar bei erhöhten Temperaturen seine Festigkeit behält, die Matrix des CFK aber verkohlt. In Längsrichtung sind die gelenkig gelagerten Stützen mit Stahlseilen zum Boden abgespannt (Abb. 5).
Die CFK-Stäbe wurden in einem modifizierten Wickelverfahren hergestellt. Da die massgebende Tragrichtung auch quer zur Profilachse erfolgt, wurden die Fasern nicht nur längs in 2°-Richtung, sondern zusätzlich im 45°- und 85°-Winkel gewickelt (Abb. 7), womit die Bauingenieure die Profildimensionen optimieren konnten. Es sind Vierkantrohre mit Querschnitten von 200/140/11.6 mm bis 130/130/5.4 mm, an deren Enden Stahlanschlussteile platziert sind. Diese sind mittels Stahlstangen im Innern der CFK-Profile untereinander verspannt (Abb. 6). So können die verschweissten Laschen Zug-, Druck- und Querkräfte aufnehmen. Die gegenseitige Verspannung der Knoten ist eine einfache mechanische Verbindung. Sie leitet keine zusätzlichen, ungünstigen Kräfte wie Zwängungen und Lochleibung in den CFK-Stab, die das Material an den heiklen Endbereichen zusätzlich belasten und schwächen würden. Der Spalt zwischen CFK-Rohr und Stahlinsert ist mit einem speziellen Kleber verfüllt, der örtliche Spannungsspitzen verhindert. Eine kraftübertragende Klebeverbindung war in diesem Fall nicht möglich, da sie in der Bauindustrie allgemein unüblich ist und es daher schwierig ist, eine Genehmigung dafür zu erhalten. In der gegebenen Zeit war es auch nicht möglich, solche Knoten ausreichend zu testen.

MONTAGE IN MANHATTAN

Nach der Herstellung der Profile in den Werken von Carbofibretec führte das Herstellerunternehmen Ende Mai 2011 einen Probeaufbau in der Halle in Friedrichshafen durch. Er gab dem Projektteam und der Montagecrew die Gewissheit, dass das geplante Montagekonzept tatsächlich umsetzbar ist. Nach einer sorgfältigen Verpackung der CFK-Profile in gepolsterte Transportkisten erfolgte die Verschiffung der fünf Seefrachtcontainer nach New York. Durch-

07 Die CFK-Profile werden im Wickelverfahren hergestellt. Die Fasern werden dabei in verschiedenen Winkeln gewickelt – bei den Profilen für das «BMW Guggenheim Lab» sind neben den üblichen längs gerichteten Fasern vor allem auch Fasern in Querrichtung und in einem Winkel von 45° angeordnet. Vor dem Einsatz an Ort werden die Profile – anders als bei handelsüblichen Materialien – immer auch getestet (Foto: Carbofibretec)
08 Nachdem der Überbau des Pavillons hochgehoben war, stellten die Monteure die Stützen unter die Konstruktion. Die Tragelemente sind dabei sorgfältig verpackt, damit sie vor Schlägen einigermassen geschützt sind. Die Montage des «BMW Guggenheim Lab» in die bestehende Baulücke dauerte vier Wochen; die Demontage wird ebenso lang dauern (Foto: Nüssli)
09 Die im Überbau verstauten Requisiten werden für Veranstaltungen an Seilen heruntergelassen
(Foto: Solomon R. Guggenheim Foundation)
10 Tabelle mit dem Vergleich der Fasereigenschaften (Faservolumengehalt 60 %) mit den schliesslich nutzbaren Materialeigenschaften des Carbonstabes in der Hauptrichtung, auf Tragsicherheitsniveau
(Tabelle: Staubli, Kurath & Partner)

CARBONFASERVERSTÄRKTER KUNSTSTOFF

Carbonfasern haben gute Eigenschaften in Längsrichtung auf Zug. Die Festigkeit und die Steifigkeit sind hoch. Die Druckfestigkeit der Fasern ist jedoch aufgrund des mikroskopischen Aufbaus wesentlich tiefer als die Zugfestigkeit. Im Vergleich zu den hohen Zugfestigkeiten der Faser von 3500 bis 7000 N/mm² liegen die Querdruck-, die Querzug- und die Schubfestigkeit der Faser bei 1 bis 3 % dieses Wertes. Diese Differenz der Fasereigenschaften führt dazu, dass die nutzbaren mechanischen Eigenschaften des Verbundbauteiles je nach Schichtenaufbau und Kraftwirkung etwa 50 bis 95 % tiefer liegen als die eigentliche Zugfestigkeit der Carbonfaser.

Neben der Harz-, der Verarbeitungsqualität und den Umwelteinflüssen sind folgende Wirkungen für diesen grossen Abfall der nutzbaren mechanischen Eigenschaften verantwortlich:

- Der maximale Faservolumengehalt liegt bei rund 70 %. Dadurch wird die Festigkeit um mindestens 30 % reduziert.
- Beim Laminieren wird als kleinste Einheit ein Roving verwendet. Der Roving ist ein Faserbündel mit mehreren 1000 Einzelfasern. Es ist mit keinem Produktionsverfahren möglich, die einzelnen Fibrillen (Fasern) so zu legen, dass alle gestreckt und parallel zueinander im Laminat liegen. Bereits beim Kräfteaufbau reissen deshalb erste Fasern – noch bevor andere Fasern zu tragen beginnen.
- Sind die einzelnen Lagen im Laminataufbau nicht sauber aufeinander abgestimmt, führen interlaminare Spannungen zu einem frühzeitigen Versagen. Meist ist auch bei optimalem Lagenaufbau ein solcher Zwischenfaserbruch für das Versagen des Bauteiles verantwortlich.
- Kann sich die Wandung eines längsbeanspruchten Stabes in Querrichtung nicht frei verformen (z.B. infolge Querdehnungsbehinderung bei Endplatten am Stab), kann dies bereits zu grossen Querspannungen und zu einem frühzeitigen Bruch führen. Dies kann den eigentlichen Tragwiderstand in Längsrichtung um weitere 50 % reduzieren.

Die meisten dieser Eigenschaften sind berechenbar, oder es können Abminderungsfaktoren eingesetzt werden. Die Berechnungen wurden mit Klein- und Grossversuchen erhärtet.

Eigenschaften einer UD-Laminatschicht mit 60 % Faservolumenanteil an High-Strain-Fasern
(UD: Unidirektionale Faserrichtung)

Fasereigenschaften	N/mm²	
Zugfestigkeit in Faserrichtung	3950	100 %
Elastizitätsmodul Faser längs	238000	100 %
UD-Laminat		
Zugfestigkeit Faserrichtung	2070	52 %
Druckfestigkeit Faserrichtung	1650	42 %
Querdruckfestigkeit	110	2.8 %
Querzugfestigkeit	96	2.4 %
Schubfestigkeit x–y, x–z	112	2.8 %
Schubfestigkeit y–z	35	1.0 %
Elastizitätsmodul Zug längs	136000	57 %
Elastizitätsmodul Druck längs	107000	45 %

11

11 Hohe mechanische Festigkeiten in Faserrichtung und schlechte Eigenschaften in die anderen Richtungen
(Tabelle: Staubli, Kurath & Partner)

(UD: Unidirektionale Faserrichtung)	Zugfestigkeit N/mm²	Druckfestigkeit N/mm²	Im Vergleich zur Faserfestigkeit Zug	UD-Einzelschicht Druck	Elastizitätsmodul Zug N/mm²
High-Strain-Fasern T300	3950		100 %		238000
Einzelschicht UD gerechnet	2370		60 %		143000
Einzelschicht UD gemessen Labor	2070	1650	52 %	100 %	136000
Bauteil gerechnet	1191	961	24 %	58 %	80300
Bauteil gerechnet mit Beulen im Druckgurt		426	11 %	26 %	
Bauteil gemessen (Grossversuch)		490	12 %	29 %	83040
Bauteil gestörter Bereich (z.B. Stabendbereich) gerechnet		213	5 %	13 %	80300

10

schnittlich sechs Monteure bauten den Pavillon in knapp vier Wochen vor Ort auf. Zuerst wurde am Boden das Obergeschoss zusammen- und das wasserdichte Membrandach aufgesetzt. Danach wurde das 16 t schwere Skelett mit einem Kran angehoben und die Stützen darunter montiert (Abb. 8). Diese Phase war der kritischste Moment im Montageablauf, da aufgrund der engen Platzverhältnisse die Gefahr bestand, dass die auf Schlageinwirkung empfindlichen CFK-Profile ihre Tragwirkung infolge eines Anpralls verlieren könnten.

DAS POTENZIAL IST DA

Mit dem Einsatz von CFK in diesem – experimentellen – Bauwerk gewannen die Projektbeteiligten Bauingenieurinnen und Bauingenieure neue Erkenntnisse zum Tragverhalten des Materials, die die Forschung und Weiterentwicklung kanalisieren. Eine Erkenntnis sticht dabei heraus: Quer zur Faser ist CFK noch schwächer als befürchtet (Abb. 10 und Kasten oben). Die Umsetzung dieses Projektes zeigt aber auch, dass sich die Kosten der Carbonfasern stark reduziert haben. Das Potenzial für den Einsatz von CFK im Hochbau steigt damit an. Die Vorteile des Werkstoffes wie sein kleines spezifisches Gewicht, seine geringe Korrosions- und Ermüdungsanfälligkeit sowie seine positiven Eigenschaften bezüglich Nachhaltigkeit können so im Hochbau vermehrt genutzt werden – wenn auch nur für ganz spezifische Fälle, wo sie auch tatsächlich zum Tragen kommen.

AM BAU BETEILIGTE

Bauherrschaft: Solomon R. Guggenheim Foundation, New York, USA; BMW Group, München
Architektur: Atelier Bow-Wow, Tokio, Japan
Graphic Designer: Sulki & Min, Seoul, Südkorea
Gesamtleitung, Realisierung: Nüssli (Schweiz) AG, Hüttwilen, Schweiz; Nussli (US) LLC, Indianapolis, USA
Tragwerk: Ove Arup & Partners Japan Limited, Tokio, Japan; Staubli, Kurath & Partner AG, Zürich, Schweiz; formTL, Radolfszell (D)
Dimensionierung Carbonstruktur, Ausführungsstatik Gesamttragwerk: Staubli, Kurath & Partner AG, Zürich
Herstellung Carbonträger: Carbofibretec, Friedrichshafen
Versuche Carbonträger: ZHAW, Departement A, ZKE, Fachgruppe FVK, Winterthur, Schweiz

Martin Joos, dipl. Bauing. ETH/SIA, Nüssli AG, martin.joos@nussli.com
Josef Kurath, Prof. dipl. Bauing. ETH/SIA, Staubli, Kurath & Partner AG, josef.kurath@wasserbau.ch
Rebecca von Büren, dipl. Bauing. FH, Staubli, Kurath & Partner AG, rebecca.vonbueren@wasserbau.ch
Alvine Wiedstruck, dipl. Masch.-Ing. Theater FH, Nüssli AG, alvine.wiedstruck@nussli.com