Größte Auskragung eines Ingenieurholzbaus

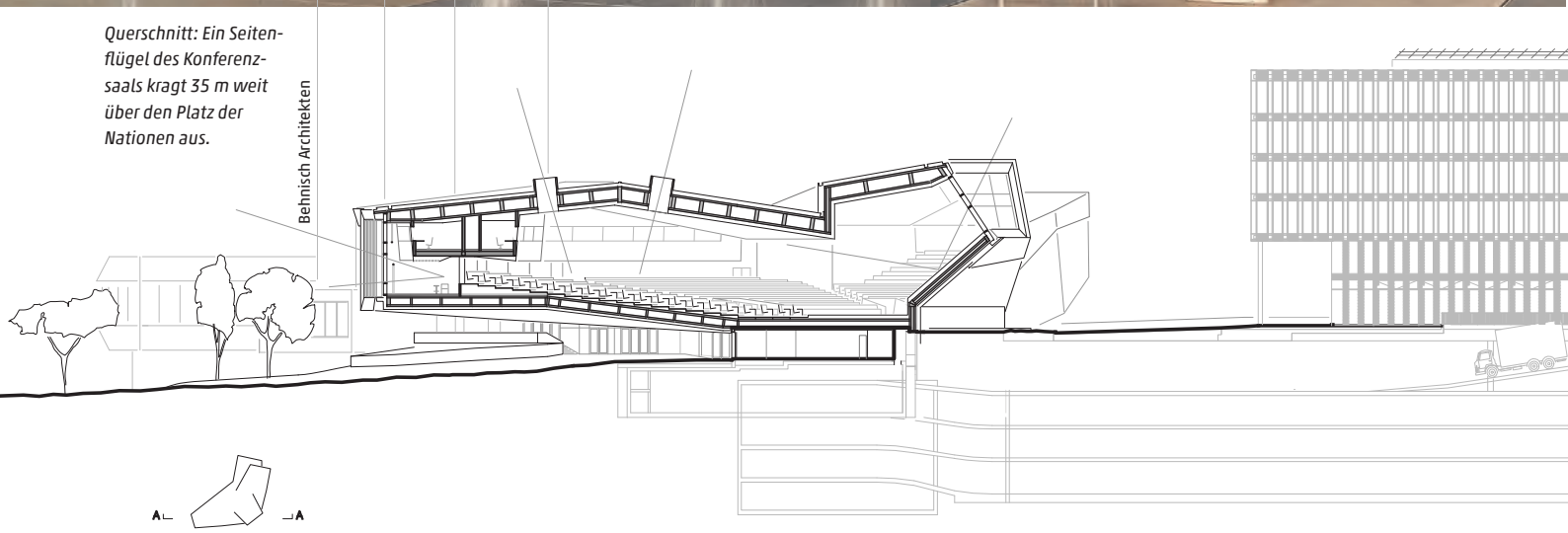
Skulpturaler Charakter

Die Weltorganisation für Geistiges Eigentum in Genf ist eine dynamische Organisation. Beim Bau des neuen Konferenzsaales bot Holz mit dem passenden Tragwerkskonzept beste Voraussetzungen, den 35 m weit auskragenden Teil des Neubaus auszubilden. Die leichte und „weiche" Konstruktion nimmt neben den ständigen Lasten auch die anzusetzenden hohen Zusatzlasten auf.

| Susanne Jacob-Freitag

Seit Ende September 2014 in Betrieb: Der neue Konferenzsaal der OMPI im Herzen des UN-Viertels in Genf. Der Holzbau kontrastiert mit den beiden bestehenden Glas-/Stahl-/Stahlbeton-Gebäuden des OMPI-Komplexes.

David Matthiessen



Querschnitt: Ein Seitenflügel des Konferenzsaals kragt 35 m weit über den Platz der Nationen aus.

Behnisch Architekten

Der Hauptsitz der 1967 gegründeten Weltorganisation zum Schutz des geistigen Eigentums in Genf, Schweiz, hat einen neuen Konferenzsaal. Nach rund drei Jahren Bauzeit war das spektakuläre Gebäude am Platz der Nationen fertiggestellt. Der Holzbau hat mit einem auskragenden Gebäudeteil von 35 m – laut Planer – die bisher weltweit größte Auskragung eines Ingenieurholzbaus dieser Art. Ende September 2014 wurde der Neubau – in Genf kurz OMPI (Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle) und englisch WIPO (World Intellectual Property Organization) genannt – seiner Bestimmung übergeben.

Den Auftrag für den Konferenzsaal erhielt das Stuttgarter Büro Behnisch Architekten. Die Idee, Holz zu verwenden, entwickelte sich aus der Zusammenarbeit zwischen den Architekten, den Tragwerksplanern von Schlaich Bergermann und Partner sowie dem Klima- und Haustechnikplaner Transsolar. Vorgabe der Bauherrin war lediglich der Wunsch nach einem nachhaltigen Gebäude. Die Materialwahl erschien den Planern als sinnvoll und als die größte Stellschraube, um diesem Anspruch gerecht zu werden. Denn neben den positiven konstruktiven Eigenschaften von Holz galt es außerdem, bei Errichtung und Betrieb den Primärenergiebedarf (graue Energie) so gering wie möglich zu halten, kurz: einen möglichst kleinen CO_2-Fußabdruck zu erzeugen. Doch auch bauphysikalisch, brandschutztechnisch und im Hinblick auf die hohen anzusetzenden Zusatzlasten, die bei dieser Gebäudekategorie als außergewöhnliche Lasteinwirkung zu berücksichtigen waren, konnte Holz mit seinem geringen Gewicht im Vergleich zu Beton und Stahl eindeutige Vorteile aufweisen, die die Entscheider überzeugten.

Als günstig bewertete man zudem die akustischen Eigenschaften sowie die geringe thermische Masse und die damit verbundene kurze Reaktionszeit des Gebäudes beim Heizen oder Kühlen. Das kommt dem Konferenzbetrieb mit temporärer Saalbelegung bzw. nutzungsfreien Phasen entgegen.

Konferenzsaal komplettiert OMPI-Gebäudeensemble

Der mit Lärchenholzschindeln und bronzefarben eloxiertem Aluminiumblech bekleidete, 1.600 m² große Konferenzsaal ergänzt die Bestandsgebäude und liegt zwischen dem OMPI-Hochhaus mit konkav gekrümmter Glasfassade von Pierre Braillard aus dem Jahr 1978 und dem 2011 errichteten fünfgeschossigen Verwaltungsgebäude, das ebenfalls von Behnisch Architekten stammt.

Der kompakte und weitgehend geschlossene Neubau scheint über dem 'Place des Nations' zu schweben. Trotz seines Volumens wirkt er vergleichsweise leicht und kommunikativ. Die sich verjüngenden, auskragenden Gebäudeflügel mit ihren vollverglasten Stirnseiten geben ihm den Anschein einer Großskulptur, die zwischen den beiden Bestandsbauten in den Garten der OMPI gesetzt wurde. Mit Fertigstellung des Konferenzsaals ist das Gebäudeensemble nun vollständig.

WIPO

Der weit aufgespreizte, V-förmige Grundriss des Konferenzsaales mit zentraler „Bühne" ähnelt einem antiken griechischen Theater. Er bietet 850 Delegierten Platz.

Gesucht: Tragwerk für asymmetrisches Gebilde

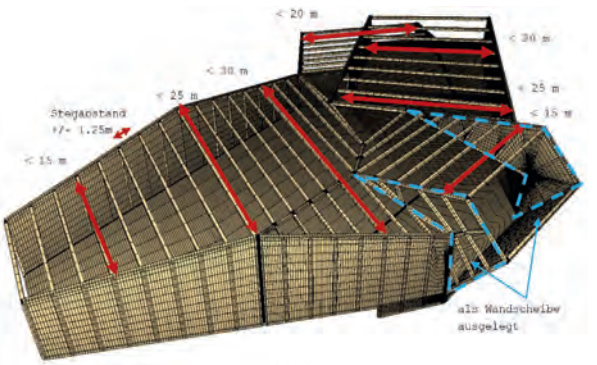
Der Baukörper, der aus vier sich verjüngenden, Guckkastenähnlichen Holzröhren zusammengesetzt ist, ruht im Zentrum auf einem Stahlbeton-Sockelbau. Die Guckkästen kragen von hier in vier Richtungen über ihn hinweg aus. Die größte Auskragung misst 35 m, die nächst kleinere 17 m; bei den beiden Kragarmlängen handelt es sich um den gleichen Guckkasten, der zwei verschiedene Seitenlängen hat.

Für dieses in Höhe und Breite sich ständig ändernde, höchst asymmetrische Gebilde entwickelte Schlaich Bergermann und Partner ein Flächentragwerk in Form von selbsttragenden, biege- und torsionssteifen Röhren aus Brettsperrholz(BSP)-Platten. Mit dieser Konstruktion wollten die Ingenieure zum einen die Vorteile von BSP als zweiachsial tragfähiges Material nutzen, zum andern dem Wunsch der Architekten nach einem maximalen Anteil an Holz entsprechen.

Mit einem „puren" Flächentragwerk hätten aber bei Boden- bzw. Decken-Spannweiten von bis zu 20 bzw. 28 m nur die globalen, also die über die Scheiben verteilten Zug- und Druckspannungen in Längsrichtung aufgenommen werden können, nicht aber die lokalen Biegespannungen in Querrichtung z.B. durch Schnee auf dem Dach oder durch die besetzten Sitzreihen auf den Boden.

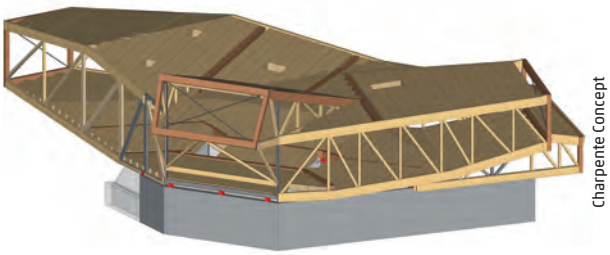
Zum Lastabtrag dieser lokalen Biegespannungen waren Versteifungen quer zur Kragrichtung erforderlich. Daher modifizierten die Tragwerksplaner die einfache Massivholz-Lösung und erarbeiteten verschiedene Varianten aufgelöster und zusammengesetzter Konstruktionen mit Rippen für die Quertragfähigkeit. Am Ende fiel die Wahl auf Hohlkasten-Elemente.

Mit insgesamt 1,50 m Höhe sollten 18 cm breite Rippen aus Kerto-S im Abstand von 1,25 m schubfest mit den ober- und unterseitigen Platten aus 15 cm dickem BSP verbunden werden, sodass wieder ein Flächentragwerk entsteht, das beide Beanspruchungen aufnehmen kann.



schlaich bergermann und partner

Dach- und Bodenspannweiten, eingetragen im 3D-Computermodell der Tragwerksvariante „Hohlkästen aus BSP und Kerto-Rippen“.



Charpente Concept

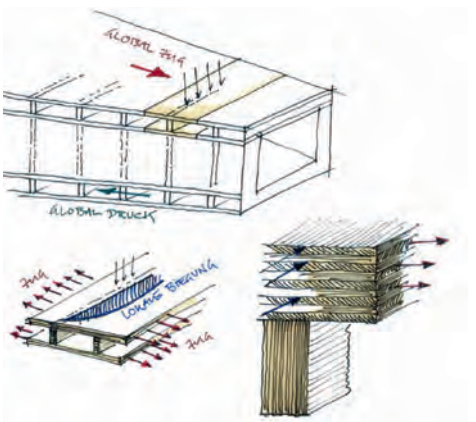
Statt BSP-Hohlkästen rundum wählten die Planer schließlich BS-Holz-Hohlkästen für Boden, Decken und Wände sowie Fachwerkträger. Das führte zum Einsatz von mehr Stahlbauteilen. Diese Lösung wurde ausgeführt.

Mehr Stahl im Holzbau

Das ‘Consortium Bois OMPI’, eine eigens für das Projekt gebildete Arbeitsgemeinschaft von ausführenden Schweizer Holzbau-Unternehmen und -Planungsbüros, arbeitete diese Konstruktion dann ein weiteres Mal zu einer noch kostengünstigeren Variante um, die allerdings den Holzanteil des Tragwerks reduzierte: Sie ersetzten BSP und Kerto der Hohlkästen durch Brettschicht(BS)-Holz und verringerten ihre Höhe auf 1,20 m. Für die Seiten der auskragenden Röhren wählten sie schubfest beplankte Fachwerk-Träger. Diese Änderungen hin zu einachsig lastabtragenden Bauelementen erforderten nun zusätzlich den Einbau von Stahlträgern und -stützen. Mit dieser Lösung ging es an die Ausführung.

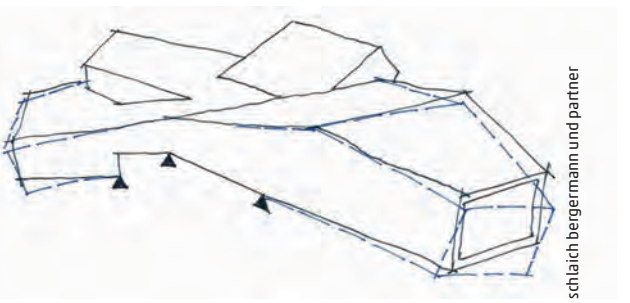
Tragstruktur auf Brückenlagern

Die größte Herausforderung stellten die Steifigkeit und die Verformung der 35-m-auskragenden Röhre dar sowie die Auflager für das Gebäude. Letzteres vor allem, weil sie auf dem bereits vorhandenen Unterbau nur an bestimmten Stellen angeordnet werden konnten.



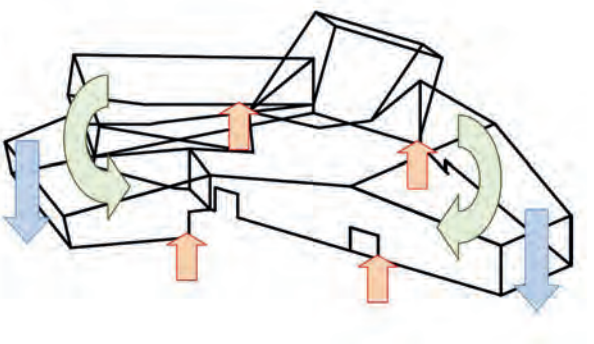
schlaich bergermann und partner

Prinzip der zweiachsigen Lastabtragung mit BSP-Hohlkästen.



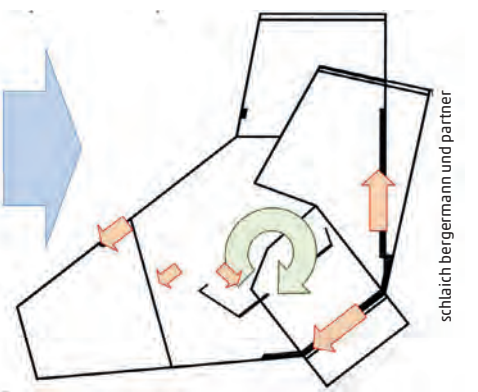
schlaich bergermann und partner

Skizze der ungleichmäßigen Verformungen des rechten Gebäudeflügels aufgrund seiner unterschiedlich langen Kraglängen.



schlaich bergermann und partner

Prinzip der vertikalen Lastabtragung: Biegung aus Eigengewicht und Verkehrslasten.



schlaich bergermann und partner

Prinzip der horizontalen Lastabtragung: Torsion infolge von Wind, Erdbeben- und sicherheitsbedingten Zusatzlasten.

So ist der Baukörper über 18 Punktlager im Stahlbeton-Sockelbau verankert. Drei der Lager befinden sich in den Außenwandachsen der Südseite im Bereich der beiden Haupteingänge, sieben in den Außenwandachsen auf der Nordseite und acht im Mittelbereich. Um die verschieden großen und unterschiedlich gerichteten Kräfte aus Eigengewicht, Verkehrs-, Wind- und sicherheitsbedingten Zusatzlasten optimal in den Unterbau übertragen zu können, setzten die Tragwerksplaner Lager ein, wie sie im Brückenbau üblich sind – nicht zuletzt auch, weil die Lasten mit bis zu 1000 Tonnen teilweise ähnlich hoch sind. Kalottenlager stellen die kontrollierte Lastübertragung zwischen Bauwerks-Über- und Unterbau sicher und ermöglichen allseitige Kippbewegungen sowie Verschiebungen des Überbaus. Vertikal- und Horizontalkräfte werden direkt in den Sockelbau eingeleitet, Rotationen nehmen die bewegliche Kalotte und ein konkav geformtes Lagerunterteil auf.

Herausforderung „sicherheitsbedingte Zusatzlasten“

Das Gesamtgebäude reagiert unter den vertikalen Lasten wie ein Kragbalken auf zwei Stützen. Diese Lasten setzen sich klassisch zusammen aus dem Eigengewicht, der Verkehrslast für den Konferenzsaal (4 kN/m²) bzw. der Verkehrslast in den übrigen Bereichen (2 kN/m²) und der Schneelast (0,8 kN/m²). Das aus ihnen resultierende Moment am Kragarmauflager aufzunehmen, war aufgrund der enormen Kraglänge von 35 m eine knifflige Aufgabe.

Die Ingenieure haben das Moment in ein Zug-/Druck-Kräftepaar zerlegt und es mithilfe von Stahlpfosten und -diagonalen über die beiden Auflager des Fachwerkträger-Endfelds in den Unterbau zurückgespannt. Die größte aufzunehmende Zugkraft betrug 200 Tonnen!

Die offene Stirnseite dieser Röhre schließt mit einem biegesteifen Rahmen mit Stahlauskreuzung zur Stabilisierung (wie auch die anderen Guckkasten-Fenster). Damit konnte ein Teil der Lasten der 35 m Auskragung der einen Seite auf den Fachwerk-Kragbalken mit 17 m Kragarm der anderen Seite übertragen und so die Steifigkeit des Gesamtsystems verbessert werden.

Eine besondere Herausforderung für die Ausbildung des Tragwerks stellte die Aufnahme der Horizontalkräfte dar. Schon alleine die sicherheitsbedingten Zusatzlasten hatten eine Größe von etwa dem Zehnfachen der Windlast. Zusammen mit der Erdbebenlast summierten sich die horizontalen Lasteinwirkungen auf ein Vielfaches des sonst Üblichen. Zur Aufnahme der daraus resultierenden Quer- und Torsionskräfte dienen Querschotts in und zwischen den auf Abstand verlegten Hohlkästen.

FEM für die Bestimmung der Kräfte und Verformungen

Das Gebäude wurde als 3D-Computermodell mithilfe der Finiten-Elemente-Methode (FEM) als räumliches Tragwerk simuliert. Damit ließen sich die Kräfte und Verformungen bestimmen und die Bauteile dimensionieren.

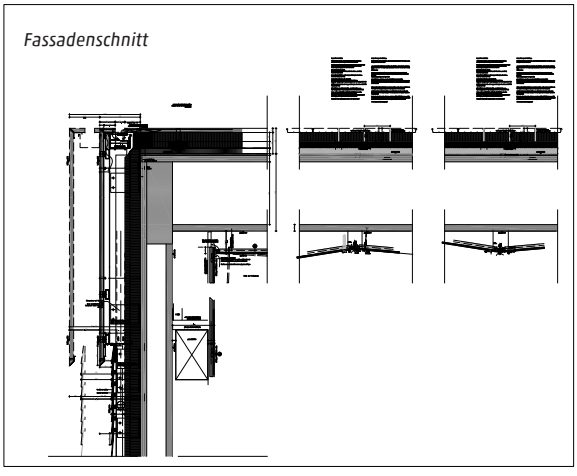
Das Zusammenwirken der zu Scheiben und Rahmen verbundenen Hohlkasten-Elemente der Decken, Böden und Wände bzw. der beplankten Fachwerkträger sorgen für die Gebäudeaussteifung.

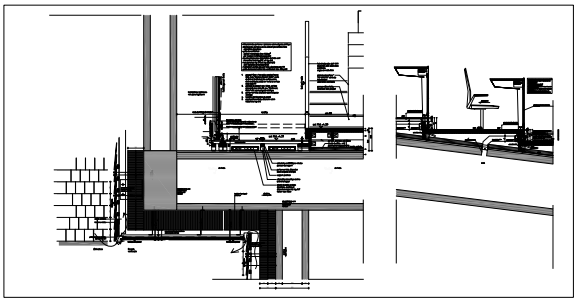
Dasta Charpente Bois – Gilbert Buron

Wie ein Puzzle fügen sich Stahlnocken und Randausfräsungen ineinander. BS-Holz-Platten schließen nach Einbau der Querschotts die Lücken zwischen den Hohlkästen.

Charpente Concept – Lucien Fortunati und Mageba

Einbau der Querschotts zwischen die Hohlkästen zur Aufnahme der Torsionskräfte.





Behnisch Architekten

Hohlkästen schubfest zu Scheiben verbinden

Die 1,25 m breiten und 1,20 m hohen Hohlkasten-Elemente (Platten und Rippen: d = 10 cm) der Dachflächen überspannen bis zu 28 m, die 90 cm hohen Elemente der Böden bis zu 20 m. Sie wurden im Abstand von 2,50 m per Kran zwischen die 50 cm dicken und bis zu 11,50 m hohen Wandscheiben bzw. die Ober- und Untergurte der Fachwerke eingehängt.

BS-Holz-Randträger mit integrierten reißverschlussartigen Stahlnockenbändern schließen die Wandelemente – ebenfalls BS-Holz-Hohlkästen (2 x 10 cm BS-Holz-Platten mit 30 cm hohen BS-Holz-Rippen dazwischen) – oben ab und dienen den Decken-Hohlkästen als Auflagerkonsole.

Die Nockenbänder nehmen die passgenau dafür ausgefrästen Plattenränder der Hohlkästen oben und unten auf und halten sie unverschieblich. Verschraubungen sorgen für die Wand-/Decken- bzw. Wand-/Boden-Anschlüsse und bilden die biegesteifen Rahmen bzw. Röhrenabschnitte aus.

Zwischen die Hohlkästen wurden die Querschotts aus BS-Holz eingebaut. Über die Ausfräsungen in den überstehenden BS-Holz-Platten der Hohlkästen können sie exakt von oben eingeschoben und mit ihnen verzahnt werden.

BS-Holz-Platten schließen die Lücken oben und unten. Mit den angrenzenden Hohlkästen und den Querschotts verschraubt verbinden sie die Hohlkasten-Elemente zu Scheiben und damit die Rahmen zu torsionssteifen Röhren. Man könnte auch sagen, die Röhren ergeben sich aus der Aneinanderreihung der biegesteifen Rahmen aus Boden-, Dach- und Wand-Elementen.

Nicht nur hat jeder Hohlkasten des Gebäudes eine andere Länge und Auflagergeometrie, die BS-Holz-Rippen der Wände, Decken und Böden sind unterschiedlich hoch und in Abhängigkeit zu den Spannweiten sind ihnen auch verschiedene Festigkeitsklassen zugeordnet. Die Decken-Elemente wurden zudem mit einer Überhöhung ausgeführt. Diese war jeweils so bemessen, dass sich die Hohlkästen nach der Montage aufgrund ihres Eigengewichts gerade ziehen. Auch dieses Maß der Überhöhung ist trägerspezifisch, so dass alle Elemente in jeder Hinsicht Unikate sind.

Fertigung erforderte präzise Planung mit 3D-CAD

Die Planung und Fertigung der BS-Holz-Bauteile erfolgte mit einem 3D-CAD-Modell, in das alle Geometrien samt Ausfräsungen für Anschlussbleche und Stahlverbinder sowie Lüftungsauslässe exakt eingearbeitet wurden. Es bildete die Grundlage für die CNC-Bearbeitung aller Holz- und Stahlbauteile.

Die werkseitig vorgefertigten BS-Holz-Hohlkasten-Elemente sind vergleichsweise leicht und ermöglichten eine effiziente Montage per Kran. Lediglich für die Errichtung des großen Kragarms nutzte man ein Lehrgerüst: Die

untere Geschossdecke und die Hohlkasten-Wände, ergänzt durch die Fachwerkträger, wurden eingebaut und mit den Dachelementen zu einer großen Holzröhre verbunden. Erst wenn der Bau fertiggestellt und ganz geschlossen ist, funktioniert das Tragsystem.

Die Hohlräume der Decken und Böden wurden für Installationen bzw. das Belüftungssystem genutzt. So sind die Oberseiten der Bodenelemente mit vielen kleinen Löchern perforiert, durch die Frischluft in den Konferenzsaal transportiert wird. Das dazu gewählte Quellluftsystem ermöglicht eine hocheffiziente Belüftung mit minimaler Temperaturdifferenz. Die Luft wird dort eingebracht, wo man sie benötigt, und sorgt für einen hohen Nutzerkomfort. Die Kühlenergie wird regenerativ dem Genfersee entnommen.

Die Hohlkasten-Elemente selbst wurden nicht ausgedämmt. Die Wärmedämmung umhüllt vielmehr die Hohlkästen auf der Außenseite.

Das Gebäude erfüllt eine Feuerwiderstandsklasse von F30.

Effizientes Tragwerk mit kleinem CO_2-Fußabdruck

Das höchst asymmetrische Gebäude ist als Flächentragwerk aus Hohlkasten-Elementen und Fachwerkträgern konzipiert. Damit ließen sich die großen Spannweiten mit wenig Material überbrücken. Für den Bau wurden lokale Holzbestände genutzt. Vier Panoramafenster bringen viel Tageslicht in den Saal. Das Seewasser-Kühlungssystem im Rahmen des Projekts „Genève - Lac Nations" (GLN) trägt ebenfalls seinen Teil zum Gebäudebetrieb mit geringem CO_2-Fußabdruck bei. ‹

LINKTIPPS
Bau in Zeitrafferaufnahme:
http://tinyurl.com/mc58ehc
unter „Morphing of the construction"

SUSANNE JACOB-FREITAG
› Dipl.-Ing. (FH); konstruktiver Ingenieurbau Karlsruhe; von 1997 - 2007 Redakteurin einer Holzbau-Fachzeitschrift; seit 2007 freie Journalistin, schwerpunktmäßig Ingenieur-Holzbau und Architektur; Inhaberin des Redaktionsbüros manuScriptur, Karlsruhe