

Facettenreiches Fachwerk

Autor(en): **Perret, Jacques**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **139 (2013)**

Heft 49-50: **Campus Epfl**

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-389563>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

FACETTENREICHES FACHWERK



01 Die Skizze der Architekten zeigt die Absicht: Das Dach krägt weit aus und schwebt über einer filigranen Glasfassade.
(Zeichnung: Richter-Dahl Rocha & Associés)

BEWEGLICHER BODEN

Eine der Anforderungen an das Kongresszentrum war sein modularer Aufbau. Ein besonders findiges System ermöglicht es, die Sitzreihen zu versenken und den Boden anzuheben, wenn das Kongresszentrum nicht mit maximaler Kapazität betrieben werden soll. Die Sitzreihen werden mit einer Art Teleskopstütze auf bis sechs Meter Höhe angehoben, die Sitze auf die Unterseite geklappt und der Boden auf die gewünschte Höhe gesenkt. Eine anschauliche Animation auf der Website der Architekten¹ zeigt dieses System. Um nun nicht Stäbe in dieser Länge verwenden zu müssen, wird im neuen Gebäude ein Band aus Metallblech spiralförmig zusammengerollt, das in einen Zylinder von geringer Höhe gelagert werden kann. Mit dieser Vorrichtung kann bei grösstmöglicher Flexibilität wertvoller Raum eingespart werden.

Anmerkung

¹ www.richterdahlrocha.com/fr/project/ccr_epfl_ecublens/video



Das Swiss Tech Convention Center, dessen Eröffnung für April 2014 vorgesehen ist, ist ein Referenzprojekt für die EPFL. Seit der Auftragserteilung waren seine Grösse und Modularität ein Gesprächsthema. Der Ingenieur Jacques Perret, Redaktor der Zeitschrift Tracés, hat sich auf der Baustelle ein Bild des mit Spannung erwarteten Bauwerks gemacht. Ingenieure der am Bau beteiligten Unternehmen haben ihm die Statik des Gebäudes erläutert und einige Herausforderungen für die Tragwerksplaner hervorgehoben: das polygonale Dach, die unterteilbaren Säle und den höhenverstellbaren Boden mit den versenkbaren Sitzreihen.

Das Kongresszentrum vereint unter seinem prägnanten Dach mehrere Säle, die sich je nach Nutzung unterschiedlich abtrennen lassen. Die unteren Geschosse, die dank schlanken Säulen in grosszügigem Abstand eine vielfältig nutzbare Struktur aufweisen, beherbergen einen Konferenzsaal für bis zu 1400 Personen, der sich für Belegungen mit 50 bis 1000 Teilnehmenden unterteilen lässt. Das darüber liegende, bis zu 3000 Plätze bietende Audimax kann in drei kleinere Räume für 1757, 458 bzw. 357 Personen unterteilt werden. Je nach Nutzung hebt ein Mechanismus den Boden an und versenkt die Sitzreihen (vgl. Kasten). Für besondere Anlässe transformiert er das Auditorium in einen Festsaal für 1200 tafelnde Gäste.

BEEINDRUCKENDE FACHWERKSTRUKTUR

Die Tragkonstruktion des Dachs ist 67 m breit und 116 m lang, am Südende krägt sie rund 40 m über das Foyer aus. Ingenieure und Architekten arbeiteten schon früh und intensiv auf der Grundlage einer Skizze zusammen, auf der die wichtigsten Raumverhältnisse – und insbesondere das Dach – festgelegt waren (Abb. 01). Die Vorarbeiten zur Abstimmung der Anforderungen von Architekten und Tragwerksplanern nahmen mehr als sechs Monate in Anspruch. Daraus ging eine Tragkonstruktion mit je einem räumlichen Haupt-Fachwerkträger an der West- und der Ostseite des Dachs hervor. Die Trapezform des Dachs bedingt eine komplexe räumliche Geometrie der Träger, die deshalb aus je zehn Segmenten zusammengesetzt sind (Abb. 03). Diese Träger aus Rohrprofilen liegen auf je drei Auflagern: zwei Auflager auf dem zentralen Stahlbetonkern und ein Auflager auf dem nördlichen Treppenturm (Abb. 04). Diese Bauteile gewährleisten den Zugang zum oberen Teil des Kongresszentrums sowie zur Gebäudetechnik. Statisch wirken die Hauptträger als Durchlaufträger mit einer grossen Auskragung gegen Süden.

An ihrem nördlichen und südlichen Ende sind die beiden Hauptträger durch keilförmige Raumfachwerke verbunden, die das Tragwerk in der Ebene aussteifen. Auf den Hauptträgern liegen die Sekundär-Fachwerkträger. Sie sind als herkömmliche zweidimensionale Fachwerke mit Spannweiten von bis zu 40 m ausgebildet, die die Dachhaut tragen.

VERFORMUNG DES DACHS

Die Dachkonstruktion ist über eigens entwickelte stählerne Schubdorne mit den Stahl-Glas-Fassaden verbunden (Abb. 10). Rund 40 dieser Vorrichtungen übertragen nur horizontale Kräfte zwischen Dach und Fassaden. Dadurch sind die Bauteile vertikal entkoppelt, sodass das Dach keine Lasten in die Fassaden einleitet und eine relative vertikale Verformung



02

02 Blick auf die beiden Stahlbetonkerne im mittleren Gebäudebereich, die Empore dazwischen (grösstenteils durch Gerüste verdeckt) und die beiden Haupt-Fachwerkträger, die über konventionelle Sekundär-Fachwerkträger verbunden sind. (Foto: Yves André)

03 Das Tragwerk des Dachs: links die Haupt-Fachwerkträger und die keilförmigen Raumfachwerke; rechts die Sekundär-Fachwerkträger mit Dachscheibe und Fassade.

04 Die beiden Haupttragwerke des Dachs liegen jeweils auf drei Auflagern auf. Gegen Süden kragt das Dach 40 m weit aus.

(Pläne ohne Mst.: Autoren)

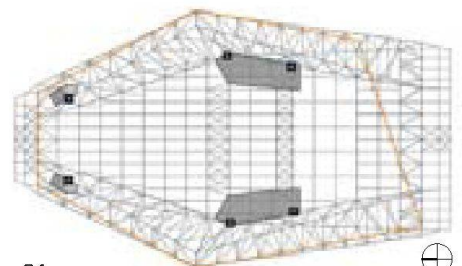
05 Der Grundriss (Mst. 1:1000) des Erdgeschosses zeigt, wie die gesamte Anlage in die Kurve eingebettet ist, auf der die M1 in das Gelände des Campus einbiegt (vgl. «Tout est à inventer», S. 17). Die Fassade springt in der südöstlichen Ecke zurück und definiert einen Eingangsbereich zum Platz hin.

06 Im Schnitt (Mst. 1:1000) zeigt sich der neue Platz zwischen Halle und Studentenheim. Das Wohnheim bietet dem Kongresszentrum ein Vis-à-vis. Erst durch das Ensemble wird dessen schiere Grösse verträglich.

(Grundriss und Schnitt: Richter · Dahl Rocha & Associés)

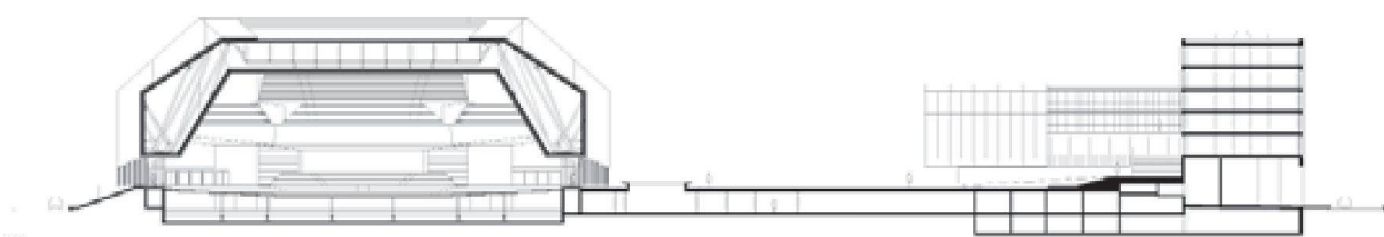
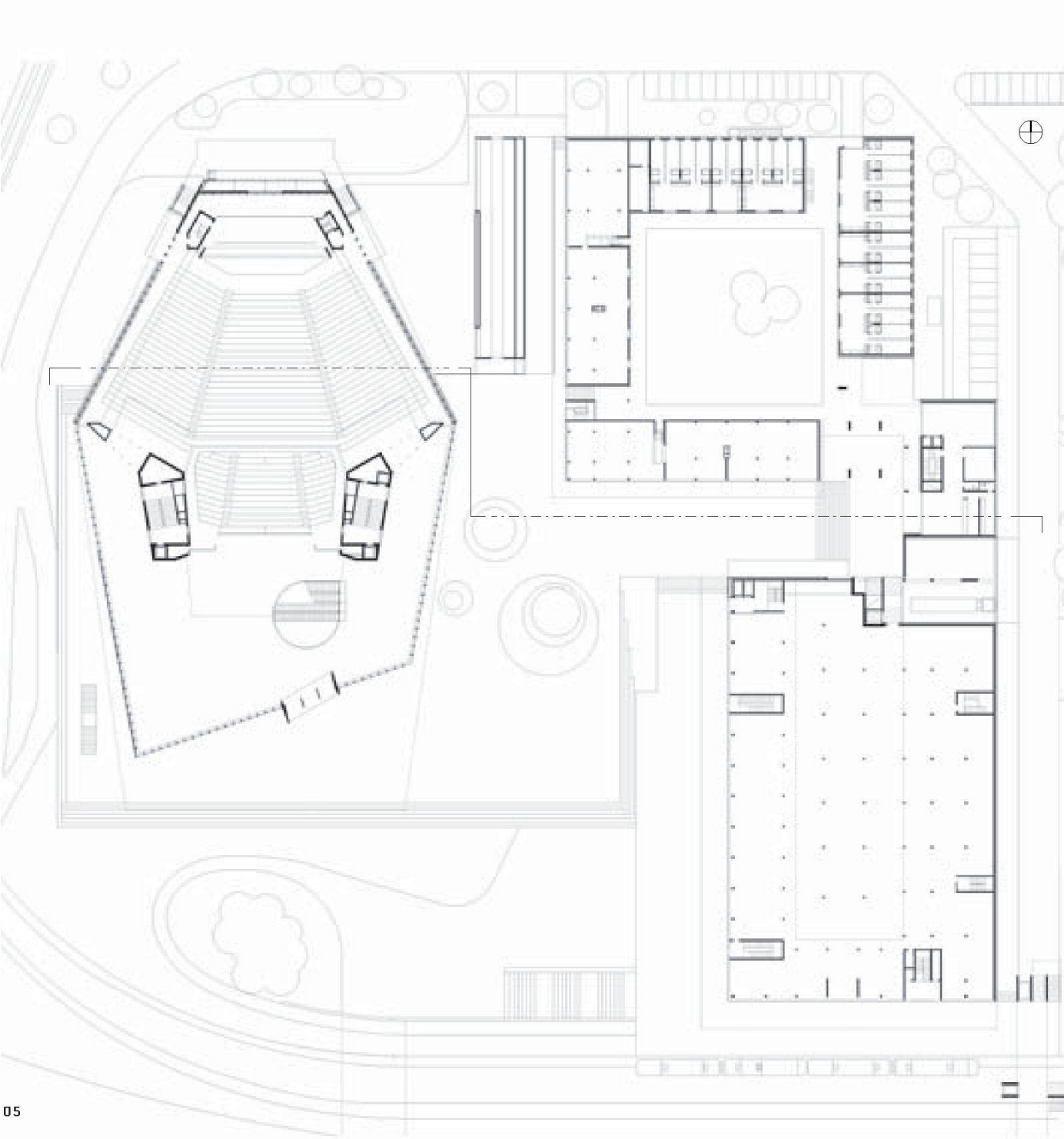


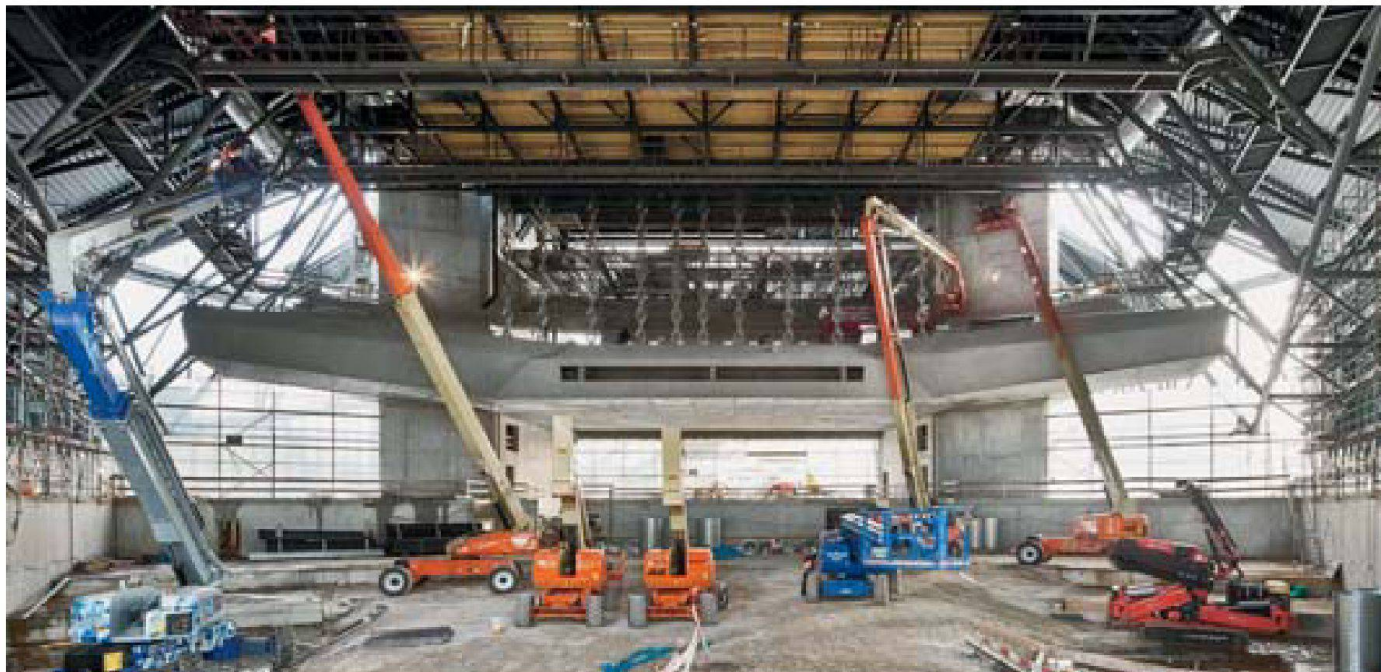
03



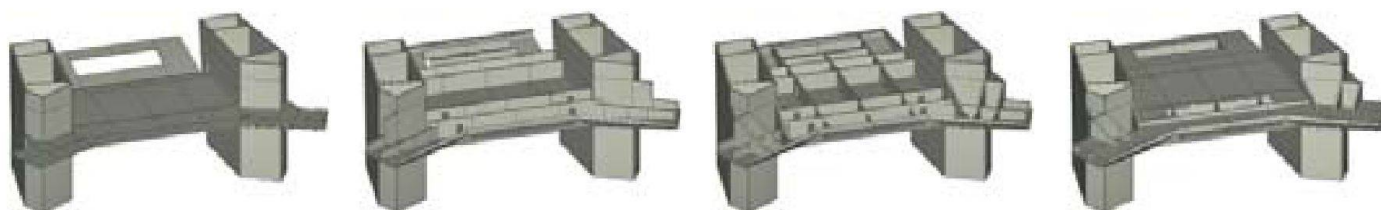
04







07



08

07 Die beiden Kerne im mittleren Gebäudebereich wirken als Auflager der Empore. Diese dient der Erschliessung und beinhaltet die Technikräume. (Foto: Yves André)

08 Die Stahlbetonempore ist einem Brückentrag in Hohlkastenbauweise vergleichbar. (Modell: Autoren)

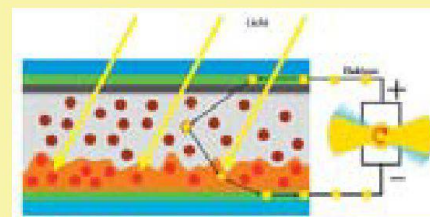
möglich ist. Trotz der grossen Steifigkeit der seitlichen Hauptträger ergaben die statischen Berechnungen für die Kote der südlichen Auskragung eine Gesamtamplitude von mehr als 200 mm, resultierend aus der Absenkung unter Schneelast (−101 mm) sowie einer möglichen Anhebung durch Windeinwirkung (+105 mm). Um diese zu begrenzen, wird die Dachkonstruktion mit zwei Drahtseilen zwischen den auskragenden Enden der Hauptträger und den Fusspunkten der südlichen Fassadenpfeiler – die nicht Teil der Dachkonstruktion sind – unter der Betondecke des Erdgeschosses vorgespannt. Unter Schneelast sinkt die Spannung der Kabel, und sie steigt, wenn das Dach starken Windböen ausgesetzt ist (Abb. 11). Den Berechnungen zufolge kann durch die Vorspannung der Dachkonstruktion die erwartete Verformung halbiert werden. Zur Überprüfung dieses Konzepts werden die Spannungen in den Kabeln im Betriebszustand permanent gemessen.

DIE GRAETZEL-ZELLE

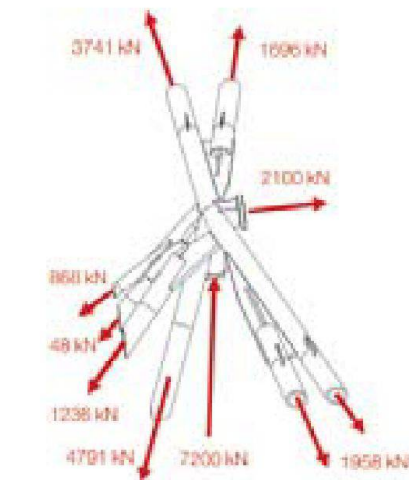
(te) Prof. Dr. Michael Grätzel, 1944 geboren, ist seit 1981 Professor und Direktor des Labors für Photonik und Grenzflächen an der EPF Lausanne. Die nach ihm genannte Farbstoffsolarzelle wurde auf dem EPFL-Gelände entwickelt. 1988 meldete er sie erstmals zum Patent ein. Die Graetzel-Zelle wurde 1992 patentiert und zählt zu den wesentlichen Entwicklungen in diesem Gebiet. Grätzel wurde für seine Forschungstätigkeit im Bereich der elektrochemischen Energieumwandlung weltweit mehrfach ausgezeichnet, unter anderem mit dem Swisselectric Research Award 2012 (vgl. TEC21 45/2012). Die Abbildung zeigt das Funktionsprinzip: Eine Farbstoffsolarzelle besteht aus zwei Glasplatten (■), von denen die eine mit gefärbtem Titandioxid (■) beschichtet ist. Der Zwischenraum ist

mit einer Flüssigkeit gefüllt, dem Elektrolyten (■). Bei einer Lichtbestrahlung geben die Farbstoffmoleküle Elektronen ab, die durch das Titandioxid auf die eine Seite der Zelle geleitet werden. Beide Glasplatten sind mit einer leitenden Schicht versehen (■), sodass die Elektronen als elektrischer Strom von der einen zur anderen fließen können. Via Elektrolyt gelangen sie zurück zum Farbstoff. Eine Grafitsschicht wirkt als Katalysator (■), der die Reaktion begünstigt. Die Bestückung der Fassade des Swiss Tech Convention Center mit 300 m² Graetzel-Zellen-Paneelen ist die erste grossflächige Anwendung dieser Technologie in einem architektonischen Zusammenhang. Die Paneele fungieren als transluzente, farbige Sonnenblenden, wobei die Hälfte des einfallenden Lichts aufgenommen wird. Fünf verschiedene Rot-, Orange- und

Grüntöne werden eingesetzt. Entwickler und Hersteller der Paneele ist der EPFL-Spinoff Solaronix in Aubonne. Die Firma prognostiziert eine jährliche elektrische Produktion von 2000 kWh für eine effektive Aufnahmefläche von 200 m².



(Grafik: element p / swisselectric research)



09

09 Die Rohrprofile des komplexen Knotens werden mit bis zu 7200 kN belastet. Die drei Hauptstäbe sind per Computer gefertigt und gesteckt, die restlichen Stäbe mit Laschen angeschweisst.

10 Knoten mit Schubdornen entkoppeln Dachkonstruktion und Fassade in vertikaler Richtung und stützen die Fassade in horizontaler Richtung.

11 Das Dach wird mittels zweier Kabel vertikal vorgespannt, um die Amplitude der Verformung von 200 mm auf rund die Hälfte zu verringern. Bei Schneelast nimmt die Spannung im Kabel ab. Wird das Dach durch Windwirkung angehoben, nimmt die Spannung zu.
(Foto und Pläne: Autoren)



10

FÜGUNG UND MONTAGE

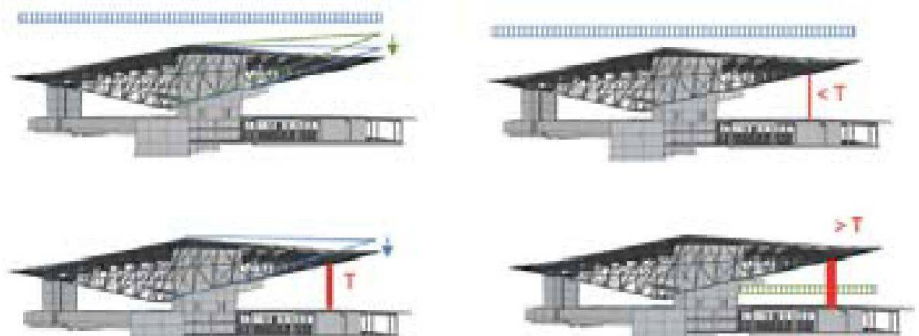
Obwohl Verbände mit komplizierten Geometrien aus Rohrprofilen verhältnismässig leicht zusammengefügt werden können, war die Konstruktion einiger Verbindungsstellen in enger Zusammenarbeit zwischen Ingenieurbüro, Unternehmen und einem Fachspezialisten für Röhrenkonstruktionen sehr anspruchsvoll. So laufen in den Firstknoten auf den zentralen Betonkernen jeweils zehn Stäbe mit Normalkräften bis zu 7200 kN zusammen. Mit Ausnahme des Auflagers stehen dort alle Stäbe unter Zugbeanspruchung (Abb. 09). Um die Passgenauigkeit der am stärksten beanspruchten Stäbe – zwei aus den oberen Gurtungen, ein diagonaler Stab und der druckbelastete Stützstab auf dem Betonkern – zu optimieren, wurden sie computergesteuert zugeschnitten und vollständig eingesteckt. 80 mm starke Stahl-laschen verbinden die restlichen, weniger beanspruchten Stäbe. Wegen der ausserordentlichen Abmessungen der Hauptträger wurden die meisten Bestandteile einzeln angeliefert und vor Ort verschweisst. Komponenten unter 34 m Länge und 5.5 m Breite konnten bereits im Werk vorgeschweisst und in einem Stück auf die Baustelle geliefert werden. Um das Dach aufzusetzen, waren neben einem aufwendigen Gerüstsystem provisorische Stützen und Hebezeug erforderlich. Die provisorischen Stützen wurden erst nach einer Kontrolle der Schweisssnähte entfernt. Der Ablauf der Montage- und Demontagearbeiten stellte sicher, dass die endgültige Tragstruktur im Bauzustand nicht überbeansprucht wurde.

EMPORE MIT TECHNIKRÄUMEN

Die Dachstruktur des Kongresszentrums vermittelt den äusseren Eindruck eines reinen Metallbaus. Ein Grossteil der Strukturen im Innern ist jedoch aus Stahlbeton bzw. Spannbeton gefertigt. Auch die rund 300 Pfähle, auf denen das Gebäude ruht, sind aus Beton. Über den Räumen südlich der zentralen Kerne ist eine Empore mit einer in Ost-West-Richtung ausgerichteten vorgespannten Beton-Rippendecke mit einer Spannweite von 14.4 m angelegt. Diese grosse Spannweite ermöglicht die flexible Nutzung der Säle mit versenkbaren Wänden. Die Vorspannung minimiert die Verformung der Platte insbesondere an den Stellen, wo sie als Auflager für die empfindliche Fassade dient.

Die beiden grossen Stahlbetonkerne im mittleren Gebäudebereich sind ungefähr auf halber Höhe durch eine Stahlbetonempore verbunden, deren Tragwerkskonzept einer Brücke ähnlich ist. Diese Empore spannt ca. 28 m zwischen den Betonkernen und integriert mehrere Technikräume. Die quer und längs vorgespannte, mit den Kernen monolithisch verbundene horizontale Tragkonstruktion hat dieselbe Funktion wie der Trog einer Brücke in Hohlkastenbauweise (Abb. 07 und 08). Der Verlauf der Spannkabel ist weitgehend durch die zahlreichen Aussparungen bestimmt. Die Empore dient ausserdem als Auflager für den unteren Teil der oberen Sitzreihe, der obere Teil ist an einem Sekundär-Fachwerkträger aufgehängt.

Jacques Perret, jp@revue-traces.ch, in Zusammenarbeit mit den Bauingenieuren Claudio Pirazzi, Lionel Bussard, Marco Bosso, Gabriele Guscetti (alle Ingeni SA, Lausanne) und Michel Thomann (Zwahlen & Mayr SA, Aigle). Übersetzung: Richard Squire, Schüpfen



11