

03/17 steeldoc

Spezialkonstruktionen



Ein Gebäude wie eine Brücke

Bauherrschaft

JT International AG

Architekten Planung

Skidmore, Owings & Merrill, London

Architekten Ausführung

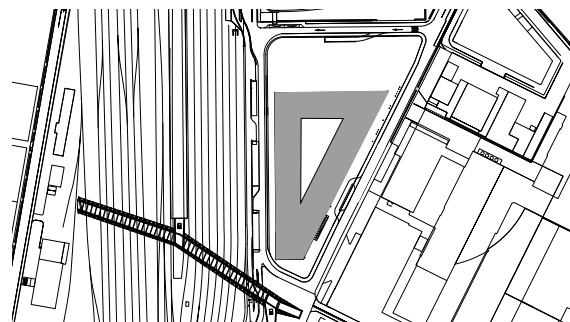
Burckhardt + Partner SA, Lausanne

Ingenieure

Ingeni, Genève; SOM, London

Baujahr

2015



Lageplan M 1:5000

Die Geometrie und die ungewöhnlichen Spannweiten des unweit vom Genfer Hauptbahnhof gelegenen Gebäudes von Japan Tobacco International (JTI) zwangen die Ingenieure von Ingeni zu einem Entwurf, der sich am Brückenbau orientiert. Für diese Leistung wurden sie mit dem Schweizer Stahlbaupreis Prix Acier 2016 ausgezeichnet und bereits in steeldoc 04/16 mit einem kurzen Bericht präsentiert.

Das JTI-Gebäude, das im Grundriss ein Dreieck bildet, folgt annähernd dem Umriss der Bauparzelle. Um die Raumqualität im Gebäudeinnern aufzuwerten, hatten die Architekten des englischen Büros Skidmore, Owings & Merrill (SOM) die Idee, bestimmte Gebäudeteile schräg in die Höhe aufsteigen zu lassen. Das Haupttragwerk gleicht einem riesigen Hohlprofil mit rechteckigem Querschnitt (30 m Höhe, 16 m Breite), das einen Innenhof wie ein geknicktes Band umschliesst, wobei die sich kreuzenden Enden des Baukörpers gestapelt übereinanderliegen (Abb. S. 11).

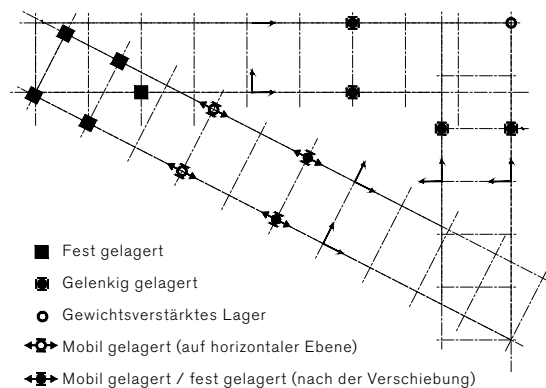
Eine elegante Lösung

Statisch zeichnet sich der Bau durch eine kühne, ca. 60 m weit spannende Auskragung in der nordöstlichen Ecke aus. Spektakulär ist auch die 80 m grosse Spannweite an der südöstlichen Ecke. Aufgrund dieser für ein Gebäude ungewöhnlichen Dimensionen liessen sich die Bauingenieure bei der Planung und Realisierung des Strahltragwerks von Methoden aus dem Brückenbau inspirieren, wodurch sie die Herausforderungen auf elegante Weise lösen konnten.

Manche im ursprünglichen Entwurf noch als Stützelemente angedachte Lager wurden bei massgebenden Lastfällen auf Zug beansprucht – das Abheben der Gebäudeecken musste verhindert werden. Um die Komplexität der Statik zu reduzieren, entschloss sich das Planerteam, die Auflager neu zu positionieren, sodass nur das Auflager in der Nordwestecke (gegenüber der Auskragung in der kürzesten Fassade) bei Einwirkung ausserordentlicher Lasten weiter auf Zug beansprucht wird. Im Ergebnis umfasst das statische System lediglich zwölf vertikale Stützelemente und zusätzlich zwei seitliche Stützen an der Südostfassade (Abb. S. 10 rechts). Daraus ergeben sich für dieses Gebäude aussergewöhnliche vertikale Kräfte von bis zu 8600 Tonnen. Um die Auflagerreaktionen zu begrenzen, tarierten die Ingenieure den Kräftefluss aus. Sie «spielten» vor allem mit dem relevanten Lastbeitrag des Eigengewichts. Die Geschossdecken liessen sie in Stahl-Beton-Verbundbauweise mit Leichtbeton (1900 kg/m³) ausführen, und die Gebäudebereiche, die bei gewissen Lastfällen abheben, wurden mit normalem Beton ausgeführt, was die Zugkraft in den Gründungspfählen verringerte (Abb. S. 12).

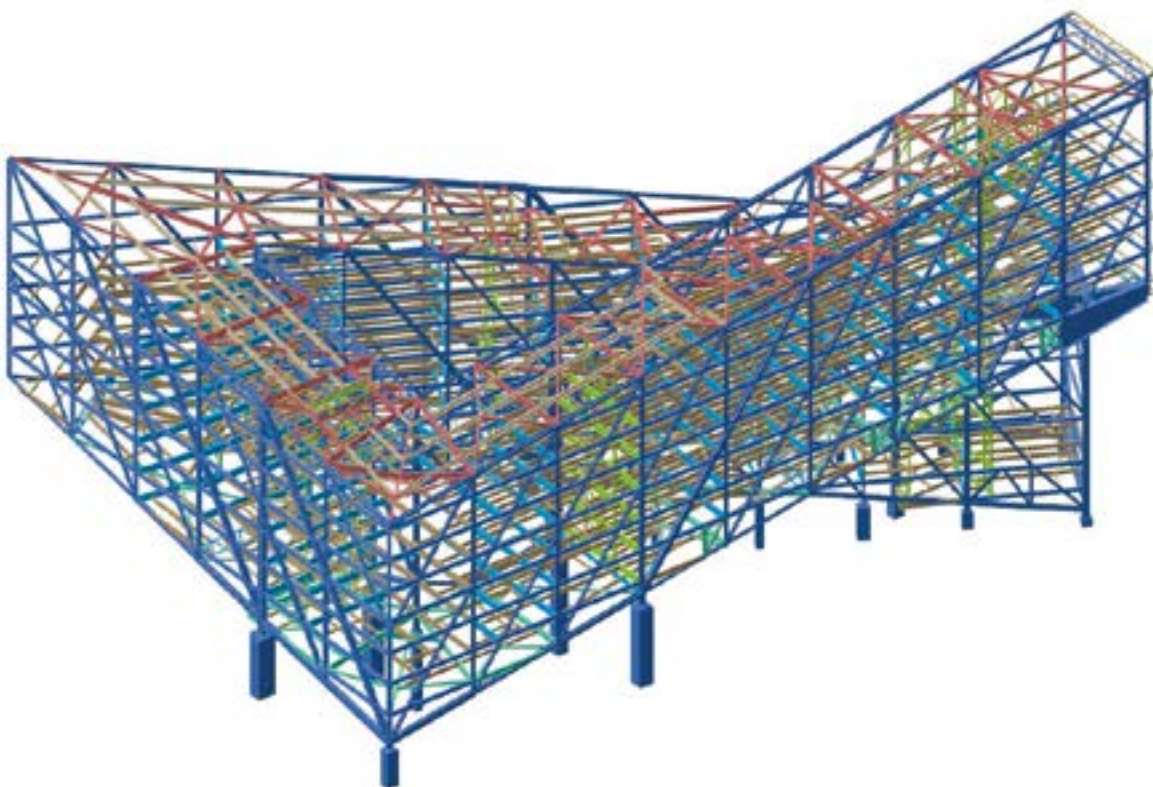


Links: Querschnitt des Gebäudes Ostseite. Rechts: Auflager des Stahltragwerks, M 1:2000.





Der neue Hauptsitz von JTI.
Dahinter die Weltorganisation
für Meteorologie, rechts das
Studentenhaus des IHEID.



3-D-Rechenmodell für die
Stahlstruktur des Gebäudes.



Ostansicht des neuen JTI-Sitzes. Ein Teil des ehemaligen Sécheron-Werks mit seinen roten Ziegelsteinen wurde in den Bau des Hauptquartiers von Merck Serono, den heutigen Standort des Biotech Campus, integriert. Links die «Passerelle de la Paix». Dahinter ein Blick auf das «Maison de la Paix».

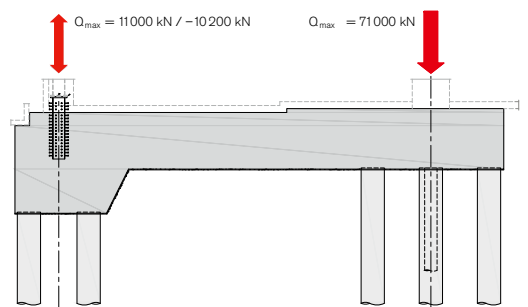
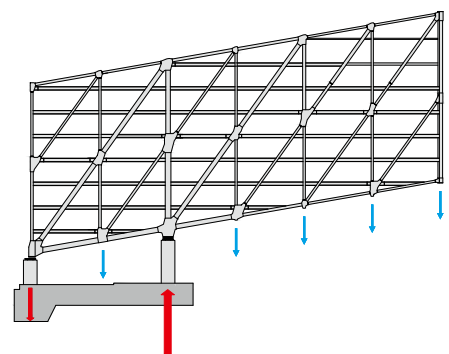
Antizipation der Verformungen in allen Projektphasen

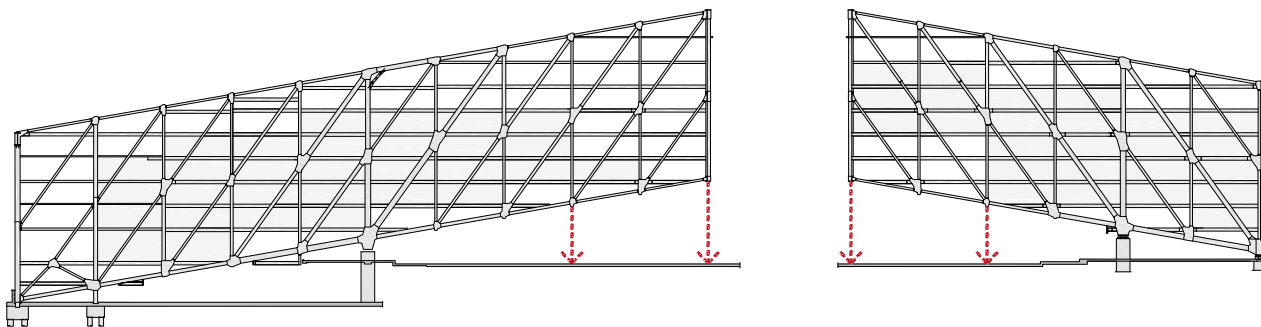
Das Hauptproblem bestand allerdings nicht in der Lastabtragung bei den Lagern, sondern in der Beanspruchung und Verformung des Tragwerks im Endzustand und während der Ausführung. Um diese korrekt eruiieren zu können, bedurfte es eines Modells, dessen Sicherheit in hohem Masse von den Steifigkeitsannahmen seiner Bestandteile abhing.

Jedes Stadium der Bauausführung wurde mit seinem spezifischen statischen System modelliert, das die in der jeweiligen Phase effektiv vorhandene Anzahl der Auflager sowie deren Bauart berücksichtigte. So konnte die Veränderung der Beanspruchungen und Verformungen für folgende Ausführungsphasen korrekt bestimmt werden: Montage, Entfernen der Stützkonstruktion sowie Justieren, hydraulische Höhenpositionierung und Feststellen des nordwestlichen Auflagers und Spannen der Auskragung, wobei die beiden Letzteren entscheidend für den Erfolg dieser Ausführungsphasen waren.

Die Lasten (blau) und Reaktionen (rot) der Auskragung werden vom Verteilträger der Foundation aufgenommen.

Da das Tragwerk statisch mehrfach unbestimmt ist, führten die Ingenieure für die Hauptparameter Sensitivitätsanalysen an der modellierten Tragkonstruktion





durch: die Verbindungen der Fassadenfachwerke, die Steifigkeit der Geschosdecken in Mischbauweise sowie der Auflager, insbesondere der Fundationspfähle. Auf die Veränderung von Steifigkeitsannahmen – ein relevantes und den Kräftefluss beeinflussendes Mass – reagiert das Modell sehr sensibel. Wenn man beispielsweise die Setzungen der Gründungspfähle durch Verringerung ihrer Steifigkeit verstärkt, so verändert sich die Verteilung der Kräfte innerhalb des Tragwerks. Anhand dieser Analysen konnten die optimalen Positionen der endgültigen Stützkonstruktionen und die notwendigen Überhöhungen bestimmt werden.

Da die Fassadenelemente eine hohe Genauigkeit mit nur kleinen Toleranzen voraussetzten, erwies sich die Begrenzung der Verformungen während der Montage als besonders wichtig. Das Stahltragwerk wurde deshalb mit einer verformten Geometrie gefertigt, die beispielsweise die Überhöhung (22 cm im Bereich der Auskrägung) berücksichtigte. Dies war notwendig, um erstens das Eigengewicht der tragenden Bauteile und zweitens das Gewicht der Fassaden (Abb. S. 13) zu kompensieren. Die Tragkonstruktion wurde auf provisorischen Stütztürmen montiert, die auch beim Betonieren der Geschosdecken zum Einsatz kamen.

Schemazeichnung der drei Fachwerkträger (Bilder links, Mitte, rechts): Positionierung der temporären Seile zur Verankerung der Tragkonstruktion vor der Fassadenmontage.



Der Einbau der Fassadenelemente erforderte hohe Präzision, die durch eine ausgeklügelte Spanntechnik (im Bild blau) gewährleistet wurde. So erhielt das Gebäude gleich am Anfang der Bauphase seine endgültige Geometrie. Die allmähliche Zunahme der Lasten wurde durch Verringerung der Seilspannung ausgeglichen, sodass nachträgliche Verformungen vermieden wurden.

Sie wurden in vier unterschiedlichen Arbeitsschritten demontiert, um extreme Belastungssituationen zu vermeiden, die eine Verstärkung des Tragwerks bedingt hätten. Nach Demontage der Abstützung setzte sich die Auskragung des Stahltragwerks unter der Einwirkung des Eigengewichts um 8 cm. Um schliesslich auch das Gewicht der noch zu montierenden Fassadenelemente kompensieren zu können, wurden Spannseile eingezogen, die weitere 14 cm Absenkung ermöglichten.

Mit Messungen prüfte man die ursprünglichen Berechnungsannahmen. Die Resultate dienten der Kalibrierung der digitalen Modelle, um die bei den späteren Montagephasen aufzubringenden Kräfte und Verschiebungen (hydraulische Höhenpositionierung und Spannen der Auskragung) korrekt zu bestimmen.

Gespanntes Tragwerk

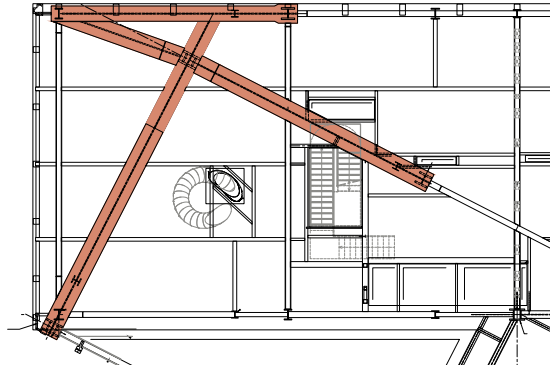
Indem die Tragkonstruktion während der Bauphase temporär vorgespannt wurde, konnten die Fassadenelemente eingebaut werden, ohne dass es zu einer nachträglichen Verformung des Gebäudes kam. Die etappenweise Zunahme der Lasten wurde mit dem Entspannen der Seile ausgeglichen: Nach Fertigstellung der Fassade wurden die Seile, die bereits fast schlaff waren, vollständig gelockert – die endgültige Geometrie des Tragwerks stellte sich ein (Abb. S. 14 oben).

Die Fassadenfachwerke umfassen eine Vielzahl von Knoten, die aufgrund der Gebäudegeometrie alle unterschiedlich sind (Abb. S. 15 unten). Die Planung der Knoten wurde mittels eines Regelsystems zur Ermittlung der Geometrie der verschiedenen Anschlussstypen rationalisiert, wobei eine gleichmässige Verteilung der Kräfte in den Fachwerkstäben gewährleistet wurde.

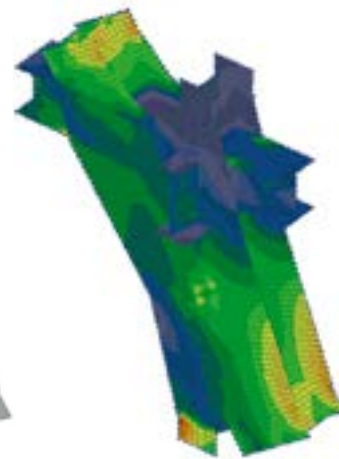
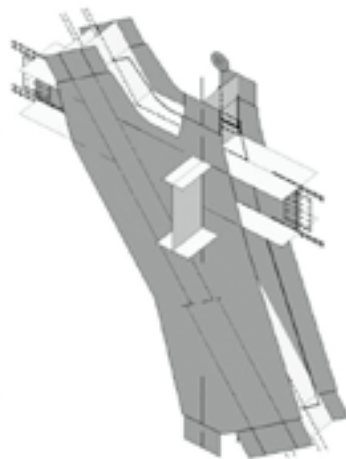
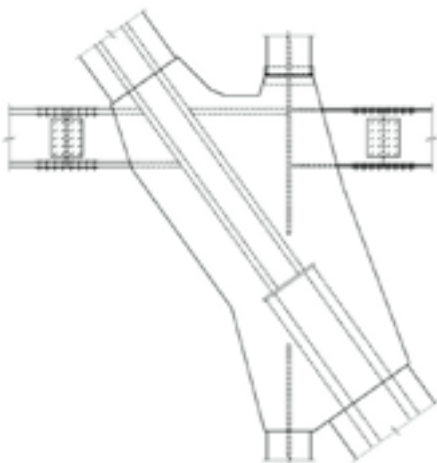
Die Anschlüsse der auf Zug bzw. auf Zug und Druck beanspruchten Bauteile sind geschweisst, die lediglich auf Druck beanspruchten Elemente sind hingegen verschraubt. Obwohl die Mehrzahl der geschweissten Elemente werkseitig vorgefertigt worden waren, mussten aufgrund der grossen Abmessungen der zu verbindenden Teile zahlreiche Schweissarbeiten vor Ort ausgeführt werden.



Verbindung eines Knotens vor dem Verschweissen der Diagonalstäbe und der Querträger.



Trägerkonstruktion zur direkten Übertragung der Lasten von den oberen auf die unteren Geschosse.



Finite-Elemente-Modellierung eines Fassadenknotens.

Eine weitere Besonderheit ist die Südecke: Hier liegt das eine Ende des überdimensionalen Hohlprofils auf dem anderen. Da die tragenden Bauteile an dieser Stelle nicht direkt übereinander lagern, werden die vertikalen Lasten über einen Abfangträger abgeleitet. Dieser besteht aus verschweissten Tragelementen unterschiedlicher Höhe von bis zu 3,6 m. Dieses Teilstück der Tragkonstruktion wiegt 138 Tonnen und umfasst vier Elemente, die aufgrund ihres hohen Gewichts (52 Tonnen für das schwerste Teil) vor Ort verschweisst wurden. Mobile Sonderkrane kamen zum Einsatz, um sie an Ort und Stelle zu heben (Abb. S. 15 oben).

Projekt Neuer internationaler Sitz von JTI
Ort, Adresse des Projekts Genf, rue Kazem Radjavi
Bauherr JT International SA
Architekt Entwurfsverfasser Skidmore Owings & Merrill (SOM), London
Ausführender Architekt Burckhardt + Partner, Lausanne
Ingenieure ARGE SOM / Ingeni, Genf
Stahlbauunternehmen Zwahlen & Mayr, Aigle
Gebäudetyp Verwaltungsgebäude
Stahlsorte S355
Stahlgewicht 5700 t
Tragwerkssystem Stahltragwerk, Geschossdecken in Verbundbauweise Stahl-Leichtbeton
Bebaute Fläche Geschossdecken 18 500 m (EG + OG), 9900 m (UG)
Abmessungen des Stahltragwerks 75 m × 126 m × 110 m × 51 m (H)
Ausführungsdauer 40 Monate
Fertigstellung Oktober 2015
Mit Brandschutz ausgeführte Fläche 40 % der Deckenunterzüge

Impressum

steeldoc 03/17, September 2017
Spezialkonstruktionen

Herausgeber:
SZS Stahlbau Zentrum Schweiz, Zürich
Patric Fischli-Boson

Redaktion und Texte:
espazium – Der Verlag für Baukultur, Zürich
Judit Solt
Franziska Quandt
Clementine Hegner-van Rooden, S. 4–9
Jacques Perret, S. 10–15
Clementine Hegner-van Rooden, S. 16–21
Clementine Hegner-van Rooden und Franziska Quandt,
S. 22–26
Christof Rostert, Abschlussredaktor

Übersetzung Deutsch-Französisch:
Chantal Pradines, Michel Crisinel
Übersetzung Französisch-Deutsch:
Anna Friedrich

Projektbeschriebe aufgrund der Projektinformationen
der Planer.

Die Pläne stammen von den Planungsbüros.

Layout:
espazium – Der Verlag für Baukultur, Zürich
Claudia Hodel, Anna-Lena Walther

Fotos:
Titel: Michael Zimmermann
Editorial: Oliver Heissner
S. 5: Iwan Baan
S. 6, 8: Oliver Heissner
S. 11–15: Ingeni, Genf
S. 17, 20: Christoffer Reglid
S. 18: Dr. Lüchinger + Meyer
S. 23, 24: Jo Pesendorfer
S. 25: Dietmar Feichtinger Architectes,
Thomas Jouanneau
Grafik S. 26: Projet du Mont Saint-Michel

Designkonzept:
Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zürich

Druck:
Stämpfli AG, Bern

ISSN 0255-3104

Jahresabonnement Inland CHF 60.– / Ausland CHF 90.–
Einzelexemplar CHF 18.– / Doppelnummer CHF 30.–
Preisänderungen vorbehalten.
Bestellung unter www.szs.ch/steeldoc/

Bauen in Stahl/steeldoc® ist die Bautendokumentation
des Stahlbau Zentrums Schweiz und erscheint vier-
mal jährlich in deutscher und französischer Sprache.
Mitglieder des SZS erhalten das Jahresabonnement
und die technischen Informationen des SZS gratis.

Die Rechte der Veröffentlichung der Bauten bleiben den
Architekten vorbehalten, das Copyright der Fotos liegt
bei den Fotografen. Ein Nachdruck, auch auszugsweise,
ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags und
exakter Quellenangabe gestattet.

**steeldoc abonnieren für CHF 60.– im Jahr
(Studierende gratis) auf www.szs.ch/steeldoc/**