Kräfte balancieren

Autor(en): **Guscetti, Gabriele**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **135 (2009)**

Heft 33-34: **Dosiertes Chaos**

PDF erstellt am: **13.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-108299

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

KRÄFTE BALANCIEREN

Die Tragelemente der Volière im Park «Bois de la Bâtie» in Genf scheinen chaotisch angeordnet. Hinter dem Tragwerk steckt jedoch ein systematischer Aufbau, der der Konstruktion erst Tragfähigkeit und Stabilität gibt. Architektonisches Konzept und ingenieurspezifische Rahmenbedingungen ergeben eine freie Form, der vermeintlich keine Grenzen gesetzt werden mussten. Die Jury des Prix Acier würdigt denn auch den behutsamen Eingriff in die Natur, die Klarheit der Struktur sowie die materialoptimierte konstruktive Umsetzung mit einer Anerkennung.

Jedes Gebilde, ob natürlich oder künstlich, muss gleichzeitig mehrere Zwecke erfüllen, die nicht immer von Vornherein augenfällig sind. Für die Umsetzung dieses meist äusserst komplexen Sachverhalts gibt es in der Natur wie im Ingenieurbau viele gangbare Lösungswege mit einer Vielfalt von verwendbaren Materialien, woraus sich eine ungeheure Freiheit an Formen ergibt. Dabei geht es jedoch stets darum, eine wirtschaftlich vertretbare und technisch einwandfreie Tragstruktur zu entwickeln und zu verwirklichen.
Beim Projekt für eine neue Volière im Park «Bois de la Bâtie» im Genfer Quartier St-Jean stellte die gewünschte Anlehnung an Baumformen für das Tragwerk komplexe konstruktive Fragen und erforderte eine sehr enge Zusammenarbeit zwischen Architekten und Ingenieuren. Mit der Vorgabe der Architektur für eine von baumartigen Säulen getragene, freie Dachform drängt sich die Frage nach dem geeigneten Tragwerk auf: Wie soll man ein System entwickeln, das seine Aufgabe funktionsgerecht erfüllt und gleichzeitig die poetische Komponente wirkungsvoll inszeniert?

01 (nächste Doppelseite) Bauablauf der Volière von der Vorfertigung der Stahlstützen in der Werkstatt über den Transport bis zu Errichtung vor Ort und Befestigung des Edelstahlnetzes (Fotos: dgbp.ch)

GEBÜNDELTE KRÄFTE

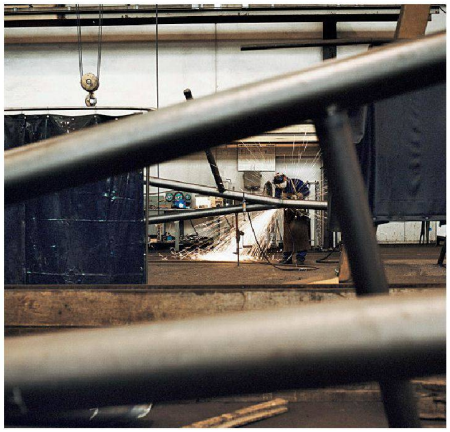
Bereits in den 1980er-Jahren stellte der deutsche Architekt Frei Otto Untersuchungen über baumartige Konstruktionen an. Diese bilden, zusammen mit den Studien an Hängemodellen, wie sie Antonio Gaudí zur Ermittlung seiner Konstruktionen benutzte (Abb. 5), die Planungsgrundlagen für die geforderte scheinbar naturnahe Einfachheit der Volièrenkonstruktion. Jeder «Baum» soll das Abbild aller vom Dach zum Fundament führenden, gebündelten Normalkräfte sein (Abb. 3).
16 Quader (Abb. 4) bilden das Raster für die sechzehn verästelten Stützen, die alle voneinander verschieden sind und die dünne Stahlbetonplatte 9 m über dem Boden tragen. Die genaue Platzierung der Baumfüsse und -köpfe erfolgte am Hängemodell, wodurch sich durch sukzessives Verschieben der Auflagerpunkte nach und nach die reinen Zugkräfte in den Stützen ergaben und sich schrittweise ein empfindliches Gleichgewicht für das System aus den vielen, sich gegenseitig beeinflussenden Tragelementen einstellen liess. Durch das Drehen des Hängemodells um 180° werden die Zug- zu Druckkräften in der stehenden Konstruktion.

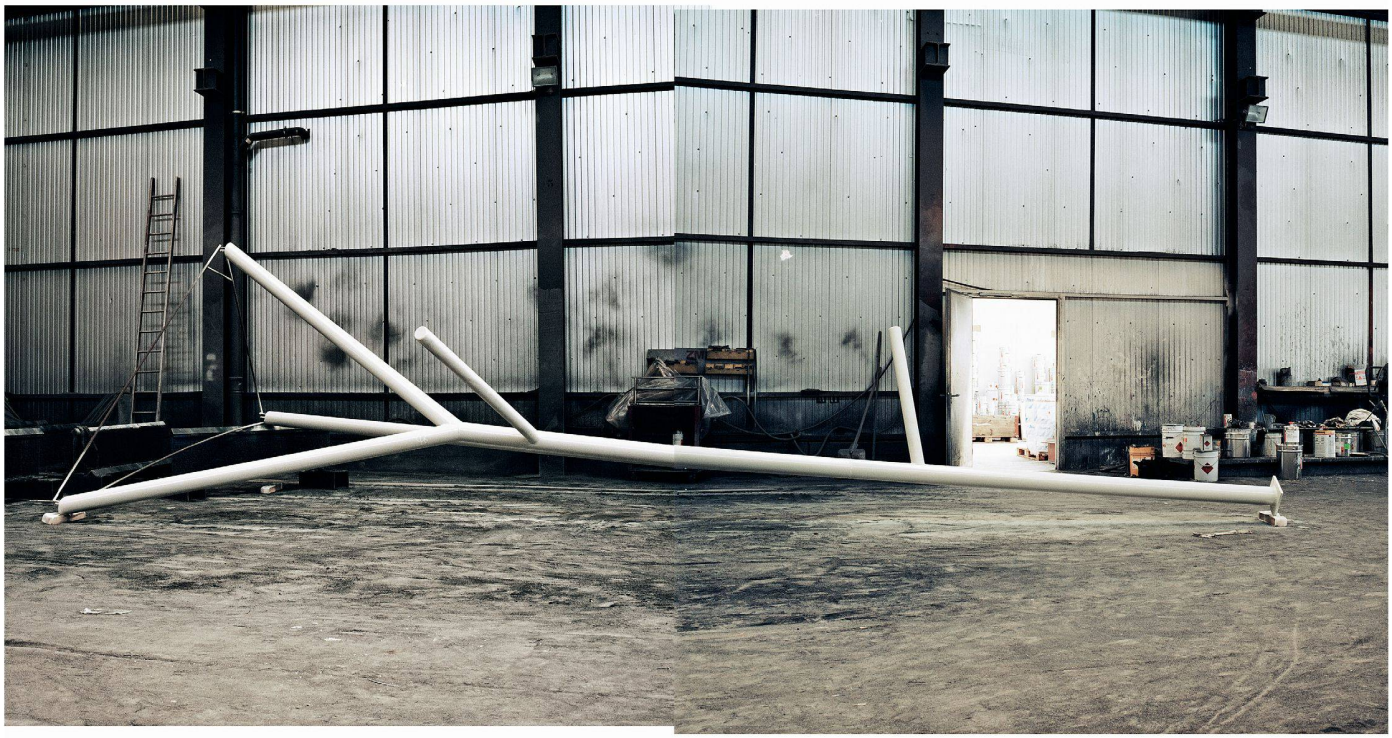
MODULAR UND DOSIERT CHAOTISCH

Eine weitere Herausforderung freier Formen stellt deren rationelle Herstellung und Aufbau dar, ohne dabei das gewünschte zufällige Erscheinungsbild der sechzehn Stützen zu schmälern. Um dies zu erreichen, wurden alle Bauteile in ein streng modulares System eingeordnet. Der Baukörper wurde in ein Raster (1 m) unterteil (Abb. 4), in dem jeder Baum in einem Quader mit einer Grundfläche von 3 × 3 m und 9 m Höhe einbeschrieben ist (Abb. 2). Die Rasterachsen laufen vom Schwerpunkt der Decke aus in Richtung der Hauptträgheitsachsen ihrer Oberfläche. Die Bäume sind regelmässig auf die ganze Dachfläche verteilt, um die Lasten so gleichmässig wie möglich abzutragen und Verformungen der dünnen Deckenplatte zu vermeiden (Abb. 4).

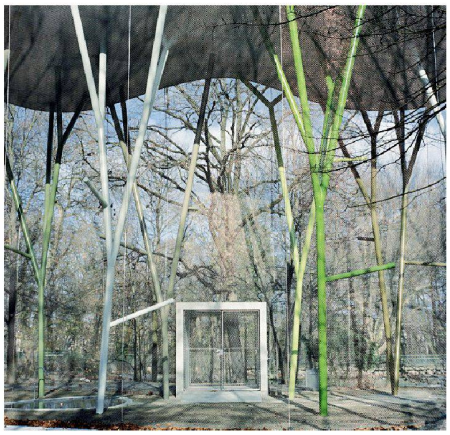
PROJEKTDATEN

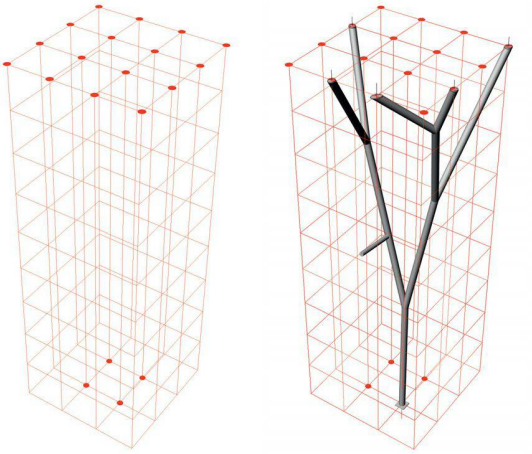
Bauherrschaft: Stadt Genf
Architektur: group 8, Genf
Mitarbeit: Daniel Zamarbide, Grégoire Du Pasquier, Thomas Sponti
Tragwerk: Guscetti & Tournier, Genf
Stahlbau: Zwahlen & Mayr SA, Aigle
Edelstahlnetz: Jakob AG, Trubschachen
Beton: INDUNI & CIE SA, Genf
Fertigstellung: 2008





01





02

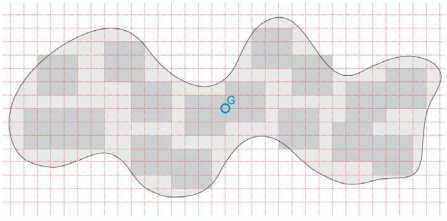
03

Die Modularität gab die für Planung und Ausführung notwendigen Bezugspunkte und erleichtert die Herstellung und das Fügen der Einzelteile sehr. In der Bauphase erlaubt die Festlegung einiger Achsen zudem die Montage aller Einzelteile sowie deren richtige Lage auf einfache Art zu überprüfen.

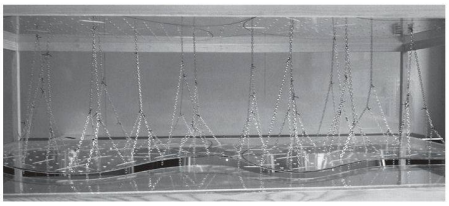
EINHEITLICHE ELEMENTE

Die Bäume wurden aus Stahlrohren mit einem Durchmesser von 152.2 mm und je nach aufzunehmender Teillast unterschiedlicher Wandstärke zusammengeschweisst. Der einheitliche Durchmesser ermöglicht das exakte Zusammensetzen ohne Abstufungen und vereinfacht die Herstellung der Gabelungen erheblich. Der Bau lässt sich dadurch rascher und rationeller errichten. Für die Gabelungen wurden bewusst keine gegossenen Muffen verwendet, da diese zu kompliziert wären und nicht der einfachen Erscheinung des Baus entsprochen hätten.

Die Auflagerpunkte am Boden und an der Decke ordnen sich dem metrischen Grundraster unter. Daraus ergeben sich für jeden Baum zwölf mögliche Deckenauflager und vier Stützenlager auf der Fundamentplatte (Abb. 2). Die Astgabeln, welche die verschiedenen Formen der Bäume bestimmen, werden ebenfalls nach dem metrischen Raster auf die Koordinate «z» und die weiteren Koordinaten «x» und «y» ausgerichtet, die sich aus dem Kräftegleichgewicht ergeben. Die Anzahl der die Deckenplatte tragenden Äste variiert zwischen drei und sechs, dabei ermöglicht deren Anordnung eine ausgewogene Verteilung der Kräfte und der Verformungen der Dachplatte.

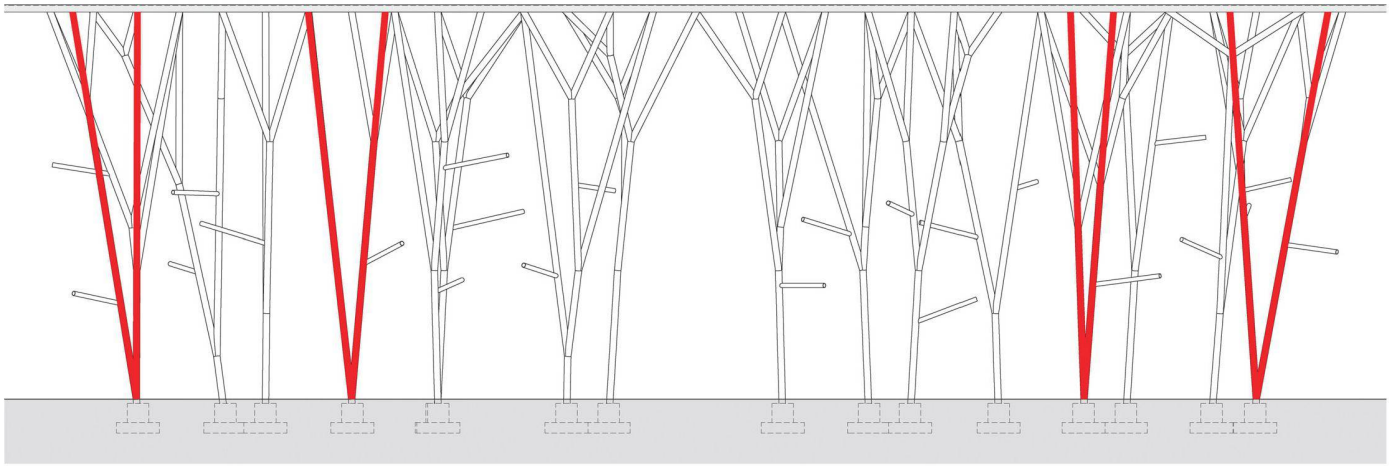


04



05

06



07

Vier der 16 Bäume weisen eine V-Form auf (Abb. 7). Sie übernehmen die Horizontalaussteifung und steifen das Tragwerk auch gegen Windkräfte aus, wenn das aus rostfreiem Stahl bestehende, feine Gitternetz teilweise von Schnee und Eis bedeckt ist und für Wind eine nicht zu unterschätzende Angriffsfläche darstellt. Dieser Rahmen aus V-Stützen und Betondecke widersteht auch der Einwirkung eines Erdbebens, das die Deckenplatte bewegen kann.

HILFREICHES NUMERISCHES MODELL

Die 16 Baumformen sowie die Berührungspunkte mit der Decken- und der Fundamentplatte wurden ausgehend von der Modellstruktur als statisches Modell erfasst und nach der Finite-Elemente-Methode computerunterstützt berechnet. Dies erlaubte die Masse der Baumstützen und die genaue Lage jeder Astgabel zu bestimmen. Das Computermodell diente danach auch dazu, die Auswirkungen der verschiedenen veränderlichen Einwirkungen wie Schnee, Wind oder Erdbeben statisch zu überprüfen.
Um die Knicklänge der auf reine Druckkraft beanspruchten Äste und Unteräste zu bestimmen, waren besondere Untersuchungen zur Stabilität erforderlich; auch 9m lange Stahlrohre können noch sehr schlank gehalten werden ($\lambda_k = L_k / i = 180$). Sie werden durch die vorhandene Verästelung steifer und weniger anfällig für Ausknicken.
Die Planungsarbeit mit dem computergestützten Verfahren setzte sich bei den dreidimensionalen Zeichnungen für die Schnitte der Rohre und in der Werkstattarbeit mit den CNC-gesteuerten Maschinen fort. Die Einzelteile wurden unter Zuhilfenahme des Modulquaders als Lehre in der Werkstatt zusammengesetzt.
Die Deckenplatte aus Stahlbeton ist nur 15cm dick und nicht wasserdicht. Einzig die leichte Randaufkantung hält das Regenwasser zurück, das an vier Stellen durch in den Stützen geführte Leitungen abfliessen kann. Die obere Bewehrungsmatte besteht aus TOP-12-Stahl mit erhöhter Korrosionsbeständigkeit. Am Rand der Platte sind die Befestigungen für das Gitter eingelassen, das zwischen der Deckenplatte und dem Boden spannt.

HARMONISCH UND TECHNISCH PERFEKT

Alle Bauteile – Deckenplatte, Baumstützen und Gitternetz – der Volière im Bois de la Bâtie lassen mit ihrer ruhigen und harmonischen Gestalt die ausgeklügelte Technik vergessen, die wegen der freien Formen und der verschiedenen Anforderungen nötig war. Um den Bau so schlicht und einfach aussehen zu lassen, ist jede Einzelheit entscheidend und trägt zur filigranen Wirkung der Konstruktion bei.

Gabriele Guscetti, Ing. dipl. EPFL, guscetti@gti.ch

Übersetzung: Peter P. Schmid, Fachjournalist, Ossingen; Beratung: Maya Haus, Übersetzerin, Puilly

02 Geometrisches Modell zu Entwicklung der 16 unterschiedlichen Baumstützen. In ein dreidimensionales Koordinatensystem einbeschrieben, erscheinen sie dennoch frei geformt
(Grafik: Guscetti & Tournier Ingénierie Civile)
03 Kraftfluss in der Stütze. Die Bäume sind sowohl am Kopf als auch am Fuss gelenkig angeschlossen – die Stützen funktionieren als Fachwerkstäbe, die nur Normalkräfte aufnehmen
(Grafik: Guscetti & Tournier Ingénierie Civile)
04 Ordnung im Chaos – die dunkelgrauen Quadrate zeigen die Positionen der Baumstützen unterhalb der nur 15cm dicken Stahlbeton-Deckenplatte
(Grafik: Guscetti & Tournier Ingénierie Civile)
05 Inspiriert von Antonio Gaudí, wurde das Tragwerk in einem Hängemodell optimiert
(Foto: Guscetti & Tournier Ingénierie Civile)
06 Die in Weiss- und Grüntönen lackierten Baumstützen verschwinden optisch im Wald
(Foto: dgbp.ch)
07 Hinter der vermeintlich «chaotischen» Stützenstellung, die die Konstruktion im Verbund trägt, steckt eine systematische Anordnung
(Grafik: Guscetti & Tournier Ingénierie Civile)