

**Schnetzer Puskas
Ingenieure**

Entwurf
Struktur
Erfahrungen



**Schnetzer Puskas
Ingenieure**

**Entwurf
Struktur
Erfahrungen**

Aita Flury (Hg.)

gta Verlag

Prolog		171 Prada Aoyama
7	Konversationen – Prolog	177 Gemeindehaus Regensdorf
13	Entwurf Struktur Erfahrungen <i>Heinrich Schnetzer, Tivadar Puskas, Stefan Bänziger</i>	183 Administrativgebäude ABR Bau 5, Roche Diagnostics
15	Konstruktive Intelligenz <i>Aita Flury</i>	6 Hohe Häuser
1 Zusammenarbeit Ingenieur und Architekt		193 Konversationen VI
25	Konversationen I	201 Hohe Häuser <i>Tivadar Puskas</i>
33	Mehrdeutigkeit beim Bauen <i>Quintus Miller</i>	205 Messeturm Basel
37	Zusammenarbeit Ingenieur und Architekt <i>Tivadar Puskas</i>	213 Geschäfts- und Wohnhaus Aquila
41	Laborgebäude WSJ 352, Novartis Campus	219 Claraturm
49	Wohnhaus Hertenstein	7 Transformation
53	Erweiterung Landesmuseum Zürich	229 Konversationen VII
2 Entwicklung von Tragkonzepten		237 Vom Umgang mit «tückischen Problemen» <i>Harry Gugger</i>
61	Konversationen II	240 Transformation <i>Heinrich Schnetzer</i>
69	Der Ingenieur entwirft mit <i>Daniel Meyer</i>	245 Elbphilharmonie Hamburg
71	Entwicklung von Tragkonzepten <i>Heinrich Schnetzer</i>	253 CaixaForum Madrid
77	Actelion Business Center	259 Eishalle Lido
85	Forum 2004 Gebäude und Plaza	8 Brücken
93	St. Jakob-Arena	269 Konversationen VIII
3 Struktur und Raumordnung		273 Konzeptionelle und konstruktive Kreativität <i>Christian Menn</i>
101	Konversationen III	276 Zwei Capricci: Eine Holz- und eine Seilbrücke <i>Marcel Baumgartner</i>
105	Struktur und Raumordnung <i>Tivadar Puskas</i>	279 Brücken <i>Heinrich Schnetzer</i>
109	Einfamilienhaus St. Gallen	283 Wettbewerb Emmequerung
115	Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW	287 Wettbewerb Linthsteg
121	Alterswohnungen Im Büel	291 Zweite SBB Rheinbrücke
4 Struktur und Dach		299 Puna Tsang Chhu Brücke
129	Konversationen IV	9 Spezielle Aufgaben
133	Struktur und Dach <i>Stefan Bänziger</i>	309 Konversationen IX
137	Erweiterung St. Jakob-Park	313 Spezielle Programme <i>Stefan Bänziger</i>
143	Markthalle Im Viadukt	317 Prada Levabella, Lager- und Verteiler- zentrum
149	Wettbewerb Stadion Zürich (Hardturm)	321 Neugestaltung Leutschenpark
5 Struktur und Fassade		325 St. Prex Classics, «Luna»
157	Konversationen V	331 Werkverzeichnis
165	Bemerkungen zum Tragverhalten der Fassade von Prada Aoyama in Tokio <i>Jürg Conzett</i>	352 Publikationen, Auszeichnungen
168	Struktur und Fassade <i>Stefan Bänziger</i>	353 Firmenporträt
		354 Autoren
		355 Bildnachweis, Dank
		356 Impressum

Stefan Bänziger

Entwurf und Planung von Dachkonstruktionen mit grossen Spannweiten stellen für den Ingenieur eine besonders reizvolle Aufgabe dar, da viele bei anderen Konstruktionen einschränkende Rahmenbedingungen nicht von Relevanz sind: Meistens entfallen Schall- und Brandschutzanforderungen komplett, bei ungenutzten Dächern sind oft auch Durchbiegung und Schwingungsverhalten aus tragwerkplanerischer Sicht problemlos. Die vertikalen Belastungen sind verhältnismässig klein, wenn, vom Eigengewicht abgesehen, keine Nutzlasten, sondern ausschliesslich Schnee- und Windlasten zu berücksichtigen sind; bei sehr filigranen Konstruktionen können allenfalls Windsockkräfte für die Dimensionierung massgebend werden. Diese «freie» Ausgangslage schafft einen grossen Gestaltungsspielraum und liefert in Bezug auf Materialaufwand und Bauvorgang Optimierungspotenzial, was sich schliesslich auch in der ästhetischen Erscheinung niederschlagen kann.

Bei Spannweiten bis knapp 40 Meter ist die Auswahl von Tragwerken aus wirtschaftlichen Überlegungen eingeschränkt. Meist stehen einachsige Systeme mit Brettschichtholzträgern, vorgespannten Betonunterzügen, vorfabrizierten Betonträgern oder Stahlträgern im Vordergrund. Bei Spannweiten über 40 Meter öffnet sich der Fächer zu aufgelösten, oft räumlich wirkenden Konstruktionen, die von Fachwerken, Unterspannungen, Rahmen oder Druckbögen gebildet werden.

Anhand zweier Fussballstadion und einer Markthalle sollen nachfolgend verschiedene Dachkonstruktionen vorgestellt werden.

Erweiterung St. Jakob-Park, Basel 2008

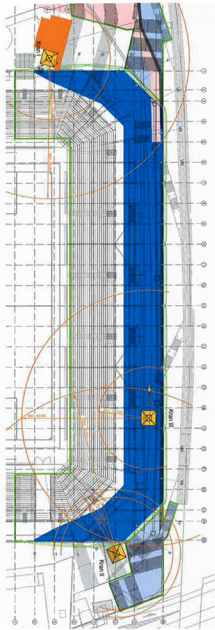
Für die Fussball-Europameisterschaft 2008 erweitern wir zusammen mit Herzog & de Meuron das Fussballstadion St. Jakob-Park in Basel. Mit einem neuen, dritten Tribünenrang auf der nördlichen Längsseite wurden rund 7000 zusätzliche Sitzplätze geschaffen. Da weiterhin alle Plätze ge-

deckt sein sollten, musste das bestehende, rund 26 Meter breite Tribürendach im Bereich der Erweiterung zuerst zurückgebaut und anschliessend durch eine neue, rund 38 Meter auskragende Konstruktion ersetzt werden – alles unter uneingeschränkt laufendem Fussballspielbetrieb.

Die Tragstruktur der Erweiterung fügt sich aus tragwerkspezifischer und architektonischer Sicht in die bestehende Konstruktion ein. Wie ein Stuhl mit Schirm schliesst sie hinten an die bestehende Bausubstanz an und überdacht Alt wie Neu durch eine weit auskragende Dachstruktur. Diese schliesst über einen geneigten Zwischenbereich seitlich an das bestehende Dach an. Die neue Fassade aus 24 Metern weit gespannten, ausleuchtbaren Luftkissen, die alle 8 Meter an die hintere Stützenreihe befestigt sind, schliesst das ganze Volumen einheitlich ein. Form und Dimensionierung der gesamten Tribünenkonstruktion inklusive der Fundation sind massgeblich durch die Einwirkungen aus der Dachkonstruktion bestimmt – die Belastung der Tribünen durch die Zuschauer spielt nur eine untergeordnete Rolle.

Die Dachkonstruktion besteht aus fachwerkartigen, im vorhandenen Achsraster von rund 8 Metern angeordneten Hauptbindern und dazwischen gespannten Pfetten, welche die Dachbleche tragen. Entlang des vorderen Dachrandes und etwa in der Mitte der Fachwerkbinder verläuft ein Längsfachwerk zur Stabilisierung und zur Erreichung einer gewissen Redundanz. Während ein Grossteil der Pfettenprofile und Bleche der alten Dachkonstruktion entnommen werden konnten, mussten die vorhandenen Fachwerkbinder ihrer Geometrie wegen komplett entsorgt werden. Die Hauptbinder des vollständig neu konstruierten Fachwerks liegen jeweils auf einer leicht geneigten Stahlstütze, deren Fuss auf einem sägezahnförmigen Tribünenträger steht. Dieser bildet formal die Verlängerung der bestehenden unteren Tribünenkonstruktion. Eine Zugabspannung verankert

1



den Hauptbinder am kurzen Ende auf der Rückseite. Vertikale Spannkabel in der ergänzten Betonkonstruktion leiten diese Zugkräfte vom Dachrand hinunter in die Pfahlfundation.

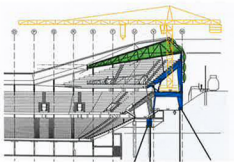
Funktionale, architektonische und tragwerkspezifische Aspekte beeinflussen sich nicht immer positiv. In diesen Fällen gilt es, sinnvolle, raffinierte und wirkungsmächtige Kompromisse zu finden. Einen solchen stellt bei diesem Projekt die Position der Dachabstützung dar: Die Dimensionierung der gesamten Konstruktion ist wesentlich durch die Lage und Neigung der Abstützung auf den Tribünenrängen bestimmt. Je weiter unten diese positioniert ist, desto wirtschaftlicher wird die Konstruktion. Im Gegenzug nimmt die Sichtbehinderung zu und damit die Qualität der neuen Sitzplätze ab. Die gewählte Disposition ist insofern ein sinnfälliger Kompromiss zwischen Statik und Raum wollen, dank dem überdies der vorgegebene, enge Kostenrahmen eingehalten werden konnte.

Markthalle Im Viadukt, Umnutzung Viaduktbögen, Zürich 2010

Im aufgehenden Spickel zwischen Wipkinger- und Lettenviadukt befindet sich die erste geschlossene Markthalle Zürichs, die wir zusammen mit dem Architekturbüro EM2N für die Stiftung PWG entwickeln und realisieren konnten. Während an den Wänden das rohe Zyklopenmauerwerk der Ende des 19. Jahrhunderts erstellten Bahnviadukte in Erscheinung tritt, wird der Hallenraum durch eine gefaltete Dachkonstruktion aufgespannt, die geometrisch zwischen den Viaduktbögen vermittelt.

Das hybride Tragwerk des Daches aus Holzelementen und einem integrierten Stahlfachwerkskelett ermöglicht die Optimierung der Bauteilabmessungen sowie elegante Lösungen der Auflagerdetails in den Bereichen der konzentrierten Kräfte beim Bruchsteinmauerwerk. Die Holz-

2



- 1 Baustellenübersicht Stadion St. Jakob-Park mit drei Turmdrehkranen
- 2 Querschnitt des Stadions mit mobilem Kran auf Schienen auf dem neuen Umgang

elemente der Dachflächen spannen zwischen den Fachwerkbindern. Sie bestehen aus 40 Zentimetern hohen, mit Mineralwolle ausgedämmten Brettschichtholzrippen, die oben mit Dreischichtplatten und unten mit OSB schubsteif beplankt sind. Die Elemente wirken im Endzustand auch als Scheiben, welche die Dachflächen horizontal aussteifen und die Stahlfachwerke seitlich stabilisieren. Die vertikalen Flächen zwischen den Fachwerken wurden an Ort mit Mineralwolle gedämmt und beplankt.

Eine wichtige Anforderung bestand in der Eliminierung der Erschütterungsübertragung aus dem Bahnbetrieb. In Kombination mit den unterschiedlichen Temperaturausdehnungen der beiden aufgehenden Viadukte und des aus verschiedenen Baustoffen konstruierten Daches stellte deshalb das Lagerungskonzept eine besondere ingenieurspezifische Herausforderung dar.

Grundsätzlich ist nur die Stahlkonstruktion punktuell mit dem bestehenden Bruchsteinmauerwerk verbunden. Der Wipkingerviadukt steht nach wie vor unter Bahnbetrieb, sodass keine vertikalen Kräfte auf seine Pfeiler abgegeben werden durften. Weil nur geringe Horizontalkräfte für die Stabilisierung des Hallendaches zulässig waren, wurde die Konstruktion dort selbsttragend zwischen die Viadukt Pfeiler gestellt. Beim stillgelegten Lettenviadukt hingegen liegen alle Fachwerke über eingemörtelte Stahlhülsen auf, wobei Gleitlager verwendet wurden, die nur vertikale Kräfte übertragen. Auf der Innenseite des Wipkingerviadukts wurden erschütterungsdämmende Zuganker in die Pfeiler gebohrt, die den Fixpunkt in Querrichtung der Halle bilden. In Längsrichtung ist eine schwimmende Lagerung vorhanden, indem das Dach beim Wipkingerviadukt auf V-förmigen Stahlabstützungen liegt, die zusammen mit einem durchlaufenden Dachträger und mit dem Trägerrost der Galerie einen biegesteifen Rahmen bilden. Die Stahlstützen wiederum sind mit erschütterungsdämmenden Lagern unterlegt.

Wettbewerb Stadion Zürich (Hardturm), Zürich 2012

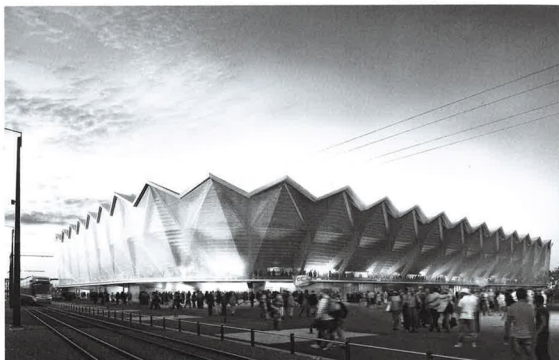
Ein Fussballstadion lebt in einer Woche 90 Minuten vom Spiel und die restlichen 9990 Minuten von der Architektur und somit auch von der Trag- und Raumstruktur. Da die Tragstruktur das architektonische Erscheinungsbild hier wesentlich prägt

und nach dem Rohbau sichtbar bleibt, sollte sie bei unserem Projektvorschlag im Wettbewerb für das neue Stadion Zürich lesbar und damit für den Zuschauer auch erlebbar sein – eine spezielle Aufgabe für den Bauingenieur. Neben den statischen Rahmenbedingungen beeinflussten bei diesem Wettbewerbsprojekt somit auch gestalterische Aspekte den Tragwerksentwurf massgeblich mit.

Das Tragwerk des Dachs ist gefaltet und gegen die Stadionmitte geneigt, was zur Erzeugung einer Kesselwirkung und damit zur Steigerung der Stimmung dient. Die Tragwirkung entsteht durch raumhaltige, zum Dachrand hin verjüngte Fachwerke aus Stahl, die Kragarme bilden. Die Einspannung erfolgt über die vertikale Verlängerung des Tribünenträgers und zwei seitlich angeordnete, gespreizte Stützen. Beide Tragelemente zusammen nehmen den Hebelarm auf, der für die Einspannung notwendig ist: Die Tribünenträger wirken als Druckelement und die Stützen nehmen die Zugkräfte auf. Aneinander gereiht und leicht verwunden bilden die verkleideten Fachwerke die für das Projekt typische, gefaltete Dachebene, die dem Bauwerk seine unverkennbare Silhouette und Identität verleiht und deren Eigenschaften in der Fassaden-Vertikalen thematisch weitergeführt werden.

Die Auskragung beträgt im Regelfall knapp 19 Meter bei einer wirksamen Trägerhöhe zwischen 1 (beim vorderen Dachrand) und 3 Metern (bei der Einspannung). Der Abstand der Fachwerke richtet sich nach dem Achsaster der Tribünenträger von 10,6 Metern. Durch eine spielfeldseitige Überhöhung mit einer Neigung des Untergurtes von etwa 3 Prozent ist die Entwässerung des Daches mit jeweils einer Rinne in der unteren Faltung «natürlich» gelöst. Ein umlaufender, horizontaler Aussteifungsträger im zweiten Knoten an der Spitze der Fachwerkträger kompensiert die durch die Faltung entstehenden Horizontalkräfte. Gleichzeitig liegt hier der umlaufende Servicesteg des Dachs auf. Bei der Einspannung der Kragarme nehmen die gespreizten Stützen die Horizontalkräfte aus der Faltung auf.

Wettbewerb Stadion Zürich (Hardturm)
Zürich 2012



- ← Aussenansicht (Visualisierung)
- Querschnitt Tribünenkonstruktion im Logenbereich
- ⊃ Vorspannkonzept der Tribünenkonstruktion
- Dachanschluss an Tribünenträger, Regelfall (links), Logenbereich (rechts)
- ↓ Visualisierung Querschnitt

