Leicht und subtil zusammengefügt – das Dachtragwerk des Stade de la Tuilière in Lausanne

Dieses Projekt wurde mit einem Prix Acier 2021 ausgezeichnet

Der Entwurf des neuen Fussballstadions der Stadt Lausanne geht auf einen internationalen Wettbewerb zurück und resultiert aus der interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Architekten und Tragwerksplanern. Die Leichtigkeit des weitgespannten Stahldachtragwerks war ein wesentlicher Faktor, der die effiziente und wirtschaftliche Umsetzung des architektonischen Entwurfs ermöglicht hat. Das Dachtragwerk wurde mit wenigen Tragelementen konzipiert. Ihre wiederkehrende Geometrie und klaren Linien stehen im Kontrast zum expressiveren Ausdruck des Gebäudesockels. Das subtile Gleichgewicht des leichten Dachtragwerks wirkt als Gegenpol zu den im architektonischen Ausdruck lesbaren Kräften des Spannbetonsockels. Dank der besonderen Leistungsfähigkeit von Stahl konnte das Dachtragwerk fast ohne provisorische Abstützungen in kurzer Zeit aufgerichtet werden. Die konstruktive Ausbildung widerspiegelt die klaren und einfachen Tragkonzepte der Stahlstruktur. Mit der Realisierung des Dachtragwerks des Stade de la Tuilière konnte die Wettbewerbsfähigkeit von Stahl für die Realisierung weitgespannter Tragwerke erneut unter Beweis gestellt werden. Als Fassade für das neue Stadion wurde eine funktionale gläserne Gebäudehülle konzipiert.

Stichworte Fußballstadion; Dachtragwerk; Glasfassaden; Montage Dachtragwerk

Light and subtly designed – the roof structure of the Stade de la Tuilière in Lausanne

The design of the new football stadium of the city of Lausanne goes back to an international competition and results from the interdisciplinary cooperation between architect and structural engineer. The lightness of the wide-span steel roof structure is the essential factor that enabled the efficient and economical implementation of the architectural design. The roof structure was designed with few load-bearing elements. Its recurring geometry and clean lines contrast with the more expressive building's base. The subtle balance of the light roof structure acts as a counterpoint to the forces of the prestressed concrete base, which are expressed in the architecture. Thanks to the special performance of steel, the roof structure could be erected in a short time without temporary supports. The structural details reflects the clear and simple load-bearing concepts of the steel structure. A functional glass envelope was designed as façade for the new Stade de la Tuilière. With the realization of the roof structure of the Stade de la Tuilière, the competitiveness of steel for the realization of long-span structures was proven once again.

Keywords football stadium; roof steel construction; glass facades; assembly roof structure

1 Die Metamorphose einer Stadt

Die Idee, im Norden der Stadt Lausanne neue Sportinfrastrukturen zu errichten, entstand aus einer städtebaulichen Studie und der Notwendigkeit, das den heutigen Anforderungen nicht mehr entsprechende Olympiastadion La Pontaise zu ersetzen. 2007 startete die Stadt Lausanne ein großes Stadterneuerungsprojekt mit dem Namen Metamorphose. Neben anderen städtebaulichen

Maßnahmen umfasste dieses Projekt die Verlegung des Fußballstadions nebst zugehöriger Trainingsgelände in den Norden der Stadt, in die Nähe des Autobahnanschlusses und der künftigen Metrostation (Bilder 1, 3). Die von der alten Sportinfrastruktur befreite Fläche in der Nähe des Stadtzentrums wird von einem neuen Öko-Viertel eingenommen, das sich derzeit im Bau befindet und für mehr als 10.500 Einwohner und 4500 neue Arbeitsplätze vorgesehen ist.



Bild 1 Luftaufnahme des Stadions Aerial view of the stadium



Bild 2 Außenansicht der Seitentribüne B und der Haupttribüne A Exterior view of the side stand B and the main stand A

Der Entwurf des neuen Stadions Tuilière geht auf einen internationalen Wettbewerb mit selektivem Verfahren zurück, der 2014 von der Stadt Lausanne ausgeschrieben wurde. Die markante Grundform des Stade de la Tuilière entstand bereits während der Wettbewerbsphase in interdisziplinärer Zusammenarbeit im Entwurfsteam, bestehend aus der Architektengemeinschaft :mlzd – Sollberger Bögli und den Tragwerks- und Fassadenplanern der Dr. Lüchinger+Meyer Bauingenieure AG.

2 Eine angepasste Architektur

Das neue Stade de la Tuilière bietet Platz für 12.000 Zuschauer. Die Haupttribüne beherbergt Cateringbereiche, die VIP-Logen, die Umkleideräume, einige Büros und verschiedene technische Räume. Die drei Seitentribünen sind offen, d.h. ohne thermische Hülle ausgeführt. Sie dienen im Wesentlichen als Zuschauertribünen und nehmen die Verpflegungsstände auf, die sich im Erdgeschoss auf Höhe des unteren Umlaufgangs im hinteren Teil der Tribünen befinden (Bild 2).

Die Konzepte für die Formgebung und die Tragstruktur des Stade de la Tuilière sind das Ergebnis einer eingehenden Analyse der besonderen Bedingungen des Standorts, der Funktionen des Bauwerks und der öffentlichen Zugangswege zur neuen Sportstätte. Der Standort für das neue Stadion wurde im Rahmen des Masterplans Metamorphose festgelegt. Dieser definierte den Bau eines Sportzentrums mit neun terrassenförmig angeordneten Trainingsplätzen im Norden und dem Stadion im südlichen Bereich, begrenzt durch die Hauptzufahrtsstraße zur Autobahnanschlussstelle (Bild 3).

Die relativ kleine verfügbare Fläche und die Notwendigkeit, breite Verkehrswege außerhalb des neuen Stadions zu schaffen, um eine schnelle Evakuierung des Publikums zu ermöglichen und den Zugang für Rettungsdienste im Notfall zu gewährleisten, sowie die Forderung nach großen Flächen außerhalb des Stadions für Medieninstallationen erforderten eine Lösung, die den Fußabdruck der

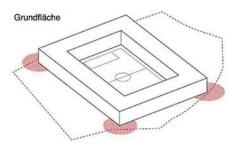


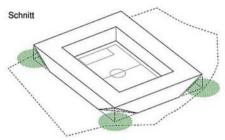


Bild 3 Masterplan des Projekts Metamorphose (a) und Wettbewerbsmodell (b)

Master plan of the Metamorphose project (a) and model delivered at the end of the competition (b)

neuen Sportstätte auf dem Geländegrundriss minimiert. Um die Baukosten zu begrenzen, wurde außerdem ein kompakter Bau mit einem minimalen Volumen angestrebt. Um diese Ziele zu erreichen und zugleich die beste Sicht auf das Spielfeld von den Sitzplätzen aus zu gewährleisten, wurde eine Tribünenneigung von 38° gewählt. Dies entspricht dem Höchstwert, der nach den geltenden Normen für diesen Bauwerkstyp zulässig ist. Diese Maßnahme ermöglichte es, die Tiefe der Tribüne zu verringern und somit die Spannweite des Dachs zu begrenzen, was eine wirtschaftlichere Realisierung zur Folge hatte. Das Aufklappen der vier Ecken des Stadions (Bild 4) reduzierte das Gesamtvolumen und die Grundfläche zusätzlich und gestattete eine adäquate Positionierung des Gebäudes mit den notwendigen externen Verkehrswegen auf der Bauparzelle. Die Faltung der Stadionecken ermöglichte es zudem, die vier Haupteingänge zu den Tribünen hervorzuheben, und sorgt für klare Ver-





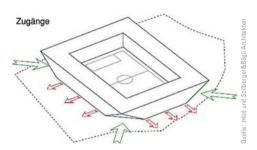


Bild 4 Prinzipschemata Entwurf Volumen und Zugänge Diagram of volumes and access

kehrswege, die dem Publikum die Orientierung erleichtern und die Sicherheit erhöhen. Die besondere Form des Bauwerks mit seinen gefalteten Ecken verleiht dem neuen Stade de la Tuilière eine einzigartige und wiedererkennbare Identität. Das Bauwerk hebt sich als ikonografisches Symbol am Eingang der Stadt an einer Hauptzufahrtsstraße hervor, die das Stadtzentrum mit den Vororten verbindet.

Auch die Wahl der für das Bauwerk verwendeten Werkstoffe zielte auf eine ökonomische Ausführung ab. Die Anzahl der Bauteile ist auf ein Minimum reduziert und beschränkt sich auf die unverzichtbaren Strukturelemente. Daher sind in der Außenansicht des Stadions die Betonfertigteilstufen der Tribünen zu sehen, die in diesem Bereich die bauliche Hülle bilden (Bild 2). Um eine schnelle und rationelle Ausführung zu ermöglichen und störende Schwingungen im Zusammenhang mit den dynamischen Belastungen der Zuschauer auf den Tribünen zu vermeiden, ist der Sockel des Stadions im Wesentlichen als Stahlbetonbau realisiert worden. Er besteht aus vertikalen Stahlbetonscheiben aus Ortbeton, auf denen horizontale vorgefertigte Spannbetonelemente ruhen. Ein wesentliches Element, das die Architektur des neuen Tuilière-Stadions auszeichnet, ist das Stahltragwerk des Dachs. Die leichte Struktur krönt den unteren Betonsockel gestalterisch und überdeckt die gesamte Fläche der Tribünen und des unteren Umlaufgangs (ca. 12.000 m²). Die am oberen Ende der Fassaden angeordneten Randträger definieren eine augenfällige horizontale Linie, die eine formale Verbindung zwischen den Fassaden der vier verschiedenen Tribünen bildet und dem Bauwerk eine Einheit verleiht (Bild 2). Die Leichtigkeit des Stahldachtragwerks kontrastiert mit der Massivität des Betonsockels, die unterschiedlichen Tragelemente des Stadions stehen miteinander im Dialog.

3 Dachtragwerk

Die Tragstruktur ist ein integraler Bestandteil der Architektur des Stade de la Tuilière. Während die Struktur des unteren Betonsockels des Stadions bewusst von einer gewissen Ausdruckskraft geprägt ist, die sich aus den Formen der Spannbetonstruktur und des vorgespannten Zugrings ergibt, der die vier geneigten Eckscheiben des Stadions stabilisiert [1], wurden die Form und die Anordnung des Stahltragwerks so gewählt, dass das Dach des Stadions ein lineares und möglichst einheitliches Erscheinungsbild erhält. Es besteht aus einigen wenigen Elementen, die in einem wiederkehrenden und regelmäßigen räumlichen Muster angeordnet sind. Die Dominanz der Betonstruktur, die die inneren Kräfte der vorgespannten Tragstruktur von außen wahrnehmbar macht, kontrastiert mit der Innenansicht, die von der Einheitlichkeit der Dacheindeckung dominiert wird. Diese verleiht der weiten horizontalen Dachfläche des Stadions eine gewisse Immaterialität und damit Leichtigkeit (Bild 5).

Für das Dach wurden wenige Tragelemente mit großen Spannweiten verwendet. Das horizontale Dachtragwerk besteht lediglich aus Bindern und Pfetten (Bild 6). Abgesehen von den vier langen Trägern, die diagonal verlaufen und auf den Ecken aufliegen, sind keine weiteren Stäbe diagonal zwischen den Hauptträgern angeordnet. Auch wurden keine Windverbände zur Stabilisierung des Tragwerks eingesetzt. Die Stabilität in der Dachebene wird im Wesentlichen mittels Schubfeldscheibenwirkung gewährleistet, die durch die auf den Bindern und Pfetten mit Setzbolzen befestigten Trapezbleche erzielt wird.

Um die Leichtigkeit der großen Dachfläche hervorzuheben, wurde die Anzahl der vertikalen Stützen auf ein Minimum reduziert. Die vertikalen Lasten der Überdachung der Seitentribünen werden lediglich über 17 Stahlstützen aus Walzprofilen HEM360 und die vier Auflager in den Ecken des Stadions in die untere Betonkonstruktion eingeleitet. Um die Sicht auf die Spielfläche frei zu halten, sind die Stützen im hinteren Bereich der Tribünen mit großen Achsabständen von 20,22 m (auf den Seitentribünen B, D) bzw. 19,05 m (auf der Seitentribüne C) angeordnet. Die Lärmschutzfassade ist zurückversetzt am äußeren Rand des oberen Umlaufgangs angeordnet. Die Verwendung sehr schlanker Stahlpfosten generiert eine hohe Transparenz (Bild 7a). Durch diesen Effekt wird der weitgespannten Dachfläche eine größere Leichtigkeit verliehen.



Bild 5 Blick auf die Haupttribüne A vom Inneren des Stadions aus View of the main stand A from inside the stadium

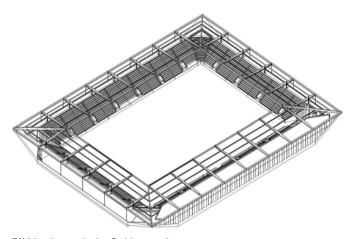


Bild 6 Isometrie des Stahltragwerks Isometry of the steel structure

Die Haupttragelemente der Dachkonstruktion bilden gevoutete Binder. Die Stahlquerschnitte wurden aus geschweißten Blechprofilen zusammengesetzt. Die Binder der Haupttribüne weisen eine Auskragung von ca. 18,9 m und eine maximale statische Höhe von 2,3 m auf (Bild 8). Sie lagern auf der Stahlbetondecke über dem zweiten Stockwerk der Haupttribüne A und übertragen die vertikalen Lasten auf die vorfabrizierten Stahlbetonstützen des Gebäudes. Das im Träger wirkende Biegemoment verursacht eine Auflagerreaktion auf Zug am äußeren

Auflager. Diese wird in den vorfabrizierten Stahlbetonstützen entlang der Außenfassade der Haupttribüne A aufgenommen (Bild 9).

Die Binder der Seitentribünen B, C und D weisen eine Auskragung von ca. 17,7 m und eine maximale statische Höhe von 2,2 m auf (Bild 10). Die Querschnitte der Blechträger bestehen aus zwei Flanschen FLB 40 × 450 mm und einem 15 mm dicken Steg. Die Binder ruhen auf Stahlstützen HEM360 S355 und werden an ihrem Ende durch einen Zugstab aus Stahlprofil ROR 133 × 25 S355 vertikal stabilisiert. Die Zugkraft aus dem Auflager wird im Fundament unter der Umfassungsmauer des Stadions mit je einem Ortbetonpfahl verankert (Bild 10). Die vertikalen Lasten des Dachtragwerks werden von den Stahlstützen über eine spezielle Stahleinlage am oberen Ende der auskragenden Ortbetonwandscheiben der Seitentribünen übertragen (Bilder 10, 15).

Die detaillierte Untersuchung der Windlast auf die Dachkonstruktion als Grundlage für die Bemessungen wurde mittels mehrerer numerischer CFD-Simulationen durchgeführt (Bild 11). Aus diesen Analysen ging hervor, dass das Dach einer (abhebenden) Sogbelastung standhalten muss. Infolgedessen kann unter bestimmten Bedingungen der am äußeren Rand des Stadions angeordnete Zugstab auch geringen Druckbelastungen ausgesetzt sein. Anstelle





Id 7 Ansichten der Dachkonstruktion von der Spielfläche (a) und vom oberen Umlaufgang aus der Ecke des Stadions (b) Views of the roof construction from the football ground (a) and from the upper gangway from the corner of the stadium (b)

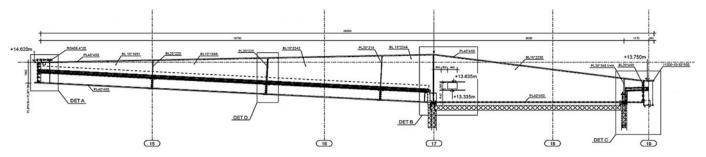


Bild 8 Binder über der Haupttribüne A Main girder above the main stand A

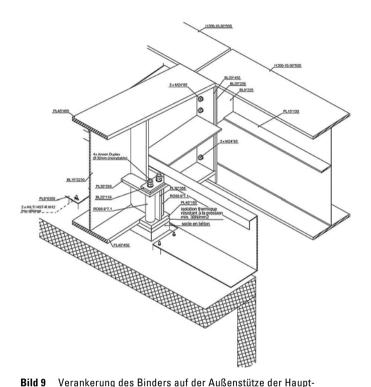


Bild 9 Verankerung des Binders auf der Außenstütze der Haupttribüne A

Bolting the main girder to the outer support of the main stand A

von Seilen oder reinen Zugelementen wie Rundstählen wurden daher für die Zugstäbe Rohrprofile ROR 133 × 25 S355 verwendet, um ein Ausknicken unter der Einwirkung von Druckkräften zu verhindern.

Um die optischen Auswirkungen der Bolzengelenke an beiden Enden der Zugstangen zu minimieren, wurden ihre Abmessungen durch die Verwendung von Stahl S460 für die mit den Bolzen verbundenen vertikalen Laschen reduziert (Bild 12). Mit Ausnahme dieser Verbindungen wurde die gesamte Stahlkonstruktion aus rd. 1240 t Stahl S355 hergestellt.

Die Dachpfetten der Seitentribünen bestehen aus Walzprofilen HEA500 aus Stahl S355 und sind mittels Fahnenblechen auf Höhe des unteren Binderflansches verschraubt, wodurch sie diese gegen Kippen stabilisieren. Auf den in einem Abstand von ca. 4,45 m bis 5,45 m zueinander angeordneten Pfetten sind Trapezbleche SP153/280A aus verzinktem Stahl Z275 mit einer Blechdicke von 1 mm bzw. 1,25 mm angeordnet. Sie tragen die Abdichtung aus Kunststofffolie sowie die Lasten der auf der gesamten Dachfläche angeordneten Photovoltaikanlage ab (Bild 1).

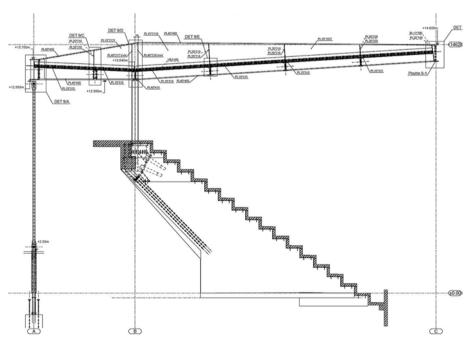


Bild 10 Binder auf den Seitentribünen (B, C, D)

Main girder above the side stands (B, C, D)

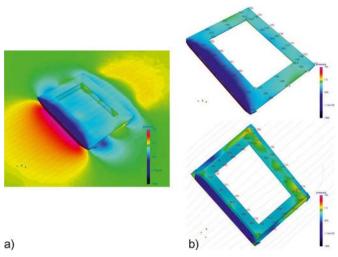


Bild 11 Resultate der numerischen Analyse (CFD) zur Bestimmung der Windlasten: a) 3D-Modell, b) Druck auf die Ober- bzw. Unterseite des Dachs (oben bzw. unten); Kennwert der Einwirkung [Pa]
Results of the numerical analysis (CFD) to determine the wind loads: a) 3D model, b) pressure on the top and bottom of the roof (above and below, respectively); characteristic load value [Pa]

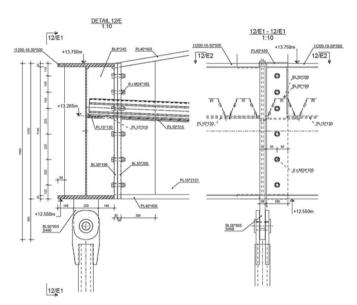


Bild 12 Oberes Bolzengelenk zur Verbindung des Zugstabs am äußeren Rand des Binders

Upper pin joint for connecting the tension rod at the outer edge of the main girder

Da sich das Stadion in einem Wohngebiet befindet, wurden besondere Maßnahmen gegen Lärmemissionen ergriffen. Neben der Lärmschutzfassade, die die Außenseiten der Seitentribünen zwischen oberem Umlaufgang und dem Dach vollständig verschließt (Bild 7b), kamen für die Dachfläche Trapezbleche mit perforierten Stegen zum Einsatz. Das Dämmungsmaterial auf der Innenseite der Rippen, d.h. auf der Oberseite der Trapezbleche, ermöglicht die Absorption eines Teils der Schallemissionen.

4 Horizontale Stabilisierung und Konstruktionsdetails

Das Dachtragwerk ist an den Berührungspunkten mit dem darunterliegenden Betonsockel verbunden und wird

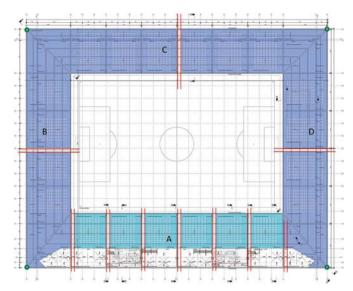


Bild 13 Anordnung der Dilatationsfugen in der Dachfläche Layout of the dilatation joints in the roof surface

hierdurch horizontal stabilisiert, d.h. auf der Stahlbetondecke über dem zweiten Geschoss der Haupttribüne A und auf den vier geneigten Stahlbetonscheiben in den Ecken des Stadions. Da jeder Binder über der Haupttribüne A an der Stahlbetondecke befestigt ist und sich die Träger außerhalb des thermischen Dämmperimeters befinden, wurden in den Pfetten seitlich jedes Binders Dilatationsfugen vorgesehen, um Überbeanspruchungen aufgrund von thermischen Ausdehnungen zu vermeiden (Bild 13). Die Dachabdeckungen der Seitentribünen, die sich in Längsrichtung des Stadions über eine Länge von ca. 162,1 m (Tribüne C) und in Querrichtung von ca. 128,7 m (Tribünen B, D) erstrecken, wurden aufgrund ihrer großen Ausdehnungen jeweils mit einer Dilatationsfuge in ihrer Symmetrieachse versehen (Bild 13). Diese Fugen sind besonders wichtig, da sie neben Zwängungen infolge thermischer Ausdehnungen auch das Auftreten unkontrollierter Spannungen in der Stahlkonstruktion verhindern, die z.B. durch differenzielle Setzungen der vier festen Auflager in den Ecken des Stadions oder durch eine Relaxation bzw. einen Spannungsverlust aufgrund des Schwindens des Betons im Spannbetonzugring zwischen den geneigten Eckscheiben hervorgerufen werden könnten [1].

Die Dilatationsfugen sind so bemessen, dass sie horizontale Bewegungen von \pm 50 mm zulassen. Um die Scheibenwirkung für die Stabilität in der Dachebene zu gewährleisten, sind die Trapezbleche entlang der Dilatationsfuge binderseitig mit zusätzlichen Stahlprofilen HEA160 verbunden. Diese nehmen die horizontalen Kräfte entlang des Trapezblechfeldrands auf, lassen jedoch horizontale Bewegungen senkrecht zum Binder in der Dilatationsfuge zu (Bild 14).

Die Dilatationsfugen unterteilen das Dach der Seitentribünen (B, C, D) in vier rechteckige bzw. L-förmige Segmente, die horizontal an den Auflagern an den vier Ecken des Stadions gehalten sind (Bild 13). Die Stabilität

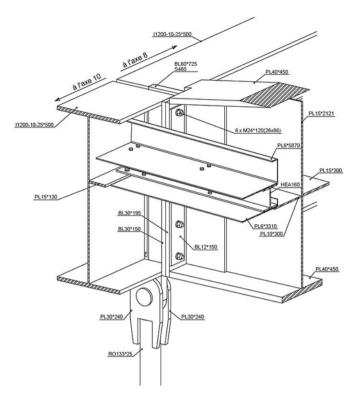


Bild 14 Detail der Auflagerprofile HEA160 in der Dilationsfuge zwischen Trapezblechen und Binder

Detail of the HEA160 support profiles in the dilatation joint between trapezoidal sheets and main girder

der Tragstruktur in diesen Flächen gegen horizontale Einwirkungen durch Wind oder Erdbeben wird durch die Einspannung und resultierende Rahmenwirkung der Stahlstützen HEM360 in den vertikalen Stahlbetonscheiben der Tribünen sichergestellt. Diese Einspannung und die Biegesteifigkeit der Stahlstützen verhindern, dass sich die einzelnen Dachsegmente unter horizontalen Einwir-

kungen um ihre Fixpunkte an den Ecken des Stadions drehen.

Die Einspannung am Fuß der Stahlstützen HEM360 wurde mittels Stahleinlage in den vertikalen Ortbetonscheiben realisiert (Bild 15). Sie nimmt einerseits das Stützeneinspannmoment auf und dient zugleich als Auflagerkonsole für die vorgefertigten Spannbetonträger, welche am oberen Ende der Seitentribünen angeordnet sind. Diese Träger bilden den umlaufenden Zugring, der die Ecken des Stadions horizontal verbindet und die Stabilität der geneigten Eckscheiben gewährleistet [1]. Zudem dient die Stahleinlage als Verankerung für die beiden Vorspannkabel, die die Biegebeanspruchung in den vertikalen Ortbetonscheiben der Tribünen aufnehmen (Bild 15).

Mit Ausnahme der Randträger entlang der Tribünenaußenfassaden, deren Montagestöße aus ästhetischen
Gründen vor Ort geschweißt wurden, sind alle Stahlverbindungen mit hochfesten verzinkten Schrauben SHV
10.9 ausgeführt worden. Dort, wo es die Montagetoleranzen erforderten, wurden übergroße Schraubenlöcher zum
Ausgleich der Herstellungstoleranzen zwischen Ortbeton- und der Stahlkonstruktion ausgeführt (z. B. bei der
Schraubverbindung am Stützenfuß zwischen Stahleinlage
und Stahlstütze HEM360). Diese wurden mit entsprechenden Stahlplatten abgedeckt, um die Kraftübertragung von den vorgespannten Schrauben in die untere
Stahlplatte zu gewährleisten (Bild 15).

Der Anschluss zwischen Stützenkopf und Binder wurde ebenfalls mit Stirnplattenverbindungen und vorgespannten Schrauben SHV 10.9 auf der Baustelle hergestellt. Da die Biegesteifigkeit der Stahlstütze wesentlich kleiner als diejenige des Binders ist, wird nur ein kleiner Teil des

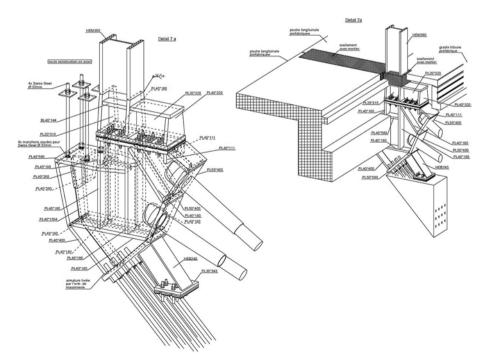


Bild 15 Stahleinlage am Stützenfuß in der vertikalen vorgespannten Ortbetonscheibe der Seitentribünen
Steel insert at the column base, in the vertical prestressed in-situ concrete walls of the side stands



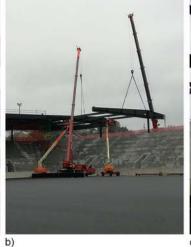




Bild 16 Montagephasen der Haupttragelemente der Stahlstruktur (Binder und Pfetten HEA500): a) Ecke AB, b) Ecke BC, c) Seitentribüne C Assembly phases of the main elements of the steel structure (main girders and purlins HEA500): a) corner AB, b) corner BC, c) side stand C

Biegemoments in die Stütze eingeleitet, und die Schraubverbindung ist nur schwach auf Biegung beansprucht.

Die Binder durchdringen die Dachebene und sind der Witterung ausgesetzt. Alle Oberflächen wurden deshalb mit einem dreischichtigen SikaCor-Beschichtungssystem mit 70 und 80 μm Dicke gegen Korrosion geschützt. Etwa 10 t Farbe wurden aufgetragen, um die rd. 18.000 m² Stahloberfläche des Dachtragwerks zu schützen.

5 Montage

Nach der Montage der Binder auf der Stahlbetondecke der Haupttribüne A wurde innerhalb von drei Monaten die Stahlstruktur auf den Seitentribünen (B. C. D) ausgeführt. Zunächst wurden alle Stützen HEM 360 versetzt. Nach dem anschließenden Aufsetzen des 38 m langen Diagonalträgers auf die geneigte Stahlbetonscheibe in der Südwestecke (AB) des Stadions und auf eine provisorische Stütze in der Innenecke des Dachs (auf der Seite der Spielfläche) wurde ein erster Binder mit einem Mobilkran direkt auf der Stahlstütze HEM360 montiert und durch die Verankerung des hinteren Zugstabs ROR 133 × 25 in seiner endgültigen Position vertikal stabilisiert. Im Fundamentsockel verankerte Gewindestangen ermöglichten die exakte Höheneinstellung der einzelnen Binder. Nach der Verbindung und horizontalen Stabilisierung mit mindestens vier Pfetten wurde der Binder schließlich vom Mobilkran gelöst (Bild 16). Die horizontale Stabilität während des Aufbaus wurde dadurch gewährleistet, dass der Diagonalbalken mit den Pfetten verbunden wurde und so eine stabile horizontale Fachwerkstrebe in der Ecke des Stadions entstand. Um diese Stabilität während der gesamten Montagephase sicherzustellen, wurden die in den Symmetrieachsen der Tribünen angeordneten Dilatationsfugen vorübergehend blockiert und erst nach Erreichen der festen Auflager in der Ecke auf der gegenüberliegenden Seite der Tribüne freigegeben. Während der Montage wurden alle Binder parallel zueinander verlegt, bis die Ecke BC des Stadions erreicht wurde. Die Seitentribünen C und D wurden anschließend auf die gleiche Weise fertiggestellt. Dank dieses Verfahrens konnte die gesamte Stahlkonstruktion in kurzer Zeit und – mit Ausnahme der vier provisorischen Stützen in den Innenecken bei den Diagonalträgern – ohne spezielle provisorische Abstützungen montiert werden. Um die Verformungen unter Eigen- und ständigen Auflasten zu begrenzen, wurden die Binder an ihrem spielfeldseitigen Ende mit einer maximalen Überhöhung von etwa 70 mm verlegt.

6 Fassaden

Drei verschiedene Fassadentypen vervollständigen die vertikalen Flächen des Gebäudes: die doppelhäutige Außenfassade aus Isolierglas (auf der Innenseite) und Sicherheitsglas (auf der Außenseite) der Haupttribüne A (Bild 17), die spielfeldseitige Innenfassade der Haupttribüne A (Bild 5) und die entlang des oberen Umlaufgangs angeordnete Fassade der Seitentribünen B, C und D (Bilder 7b, 18).

Die äußere Sicherheitsverglasung der doppelhäutigen Haupttribünenfassade soll hauptsächlich die Sonnenschutz- und Beleuchtungselemente der Fassade vor Witterung und Wind schützen. Ein leichte Schrägstellung zwischen den einzelnen vertikalen Glasbändern, die an der Stahlkonstruktion aufgehängt sind, bringt optisch Bewegung in die Fassadenebene und hebt den vorhangartigen transparenten Glasschleier der Fassade hervor (Bild 17). Die Faltung der Fassade nimmt das Thema der Faltung der Struktur in den Ecken des Stadions wieder auf und wiederholt es auf andere Weise.

Die Innenfassade der Haupttribüne besteht aus einer hochwertigen Dreifachverglasung. Sie erfüllt die für die thermische Hülle des Gebäudes definierten Minergie-Eco-Kriterien. Neben den Eigenschaften der Wärmedäm-



Bild 17 Außenfassade der Haupttribüne A Exterior facade of the main stand A



Bild 18 Außenansicht der Seitentribüne C Exterior view of the side stand C

mung waren auch die Kriterien der Transparenz ausschlaggebend für ihre Dimensionierung. Die spielfeldseitige Fassade wurde aus sehr schlanken Pfosten und Riegeln konstruiert und bietet die maximale Transparenz und beste Sicht von den VIP-Logen auf das Spielfeld (Bild 5).

Da die seitlichen Tribünen (B, C, D) offen sind und daher keine thermische Hülle haben, beschränkt sich die Funktion ihrer Glasfassade auf den Lärm- und Fallschutz. Die Hauptfunktion der Glasfassade besteht darin, die Ausbreitung von Lärm auf das Wohngebiet um das Stadion zu verhindern (Bilder 7b, 18). Diese Fassaden wurden unter Verwendung von Pfosten mit schlanken Stahlprofilen konstruiert, die einen ungehinderten Blick auf die Umgebung des Stadions gewährleisten.

7 Fazit

Das Dachtragwerk ist ein wesentlicher Bestandteil der Architektur des Stade de la Tuilière. Seine schlanken und leichten Formen kontrastieren mit der massiven Spannbetonstruktur, die den Sockel des Stadions bildet. Die wiederkehrenden Geometrien und klaren Linien der Stahlstruktur verleihen der weitgespannten Dachfläche Leichtigkeit. Sie stehen im Kontrast und bilden ein Gleichgewicht zu den expressiven Kräften, welche die Spannbetonstruktur des Sockels kennzeichnen.

Dank der leichten Stahlstruktur konnte die Anzahl vertikaler Tragelemente und Berührungspunkte zwischen der horizontalen Dachfläche und dem Betonsockel der Tribünen minimiert werden. Die geringen vertikalen Eigenlasten der weitgespannten Dachkonstruktion können auf den auskragenden Stahlbetonscheiben aufgenommen werden und ermöglichen, den Raum des unteren Umlaufgangs hinter den Seitentribünen und somit die äußere Erscheinung des Stadions freier und suggestiver zu gestalten. Die gewählte Tragwerkskombination verleiht der Architektur des Stade de la Tuilière ihre Einzigartigkeit.

Neben der architektonischen Gestaltung ist die Verwendung von Stahl für das Dachtragwerk wegen der einfachen Montage und aus wirtschaftlichen Gründen diktiert worden. Diese Vorteile und die hohe Tragfähigkeit im Vergleich mit anderen Werkstoffen bestätigen wiede-

rum die hohe Wettbewerbsfähigkeit von Stahl für die Realisierung weitgespannter Sportbauten und Dachtrag-

Zeitrahmen und Kenndaten

Projektierung 2015-2016 Realisierung 2017-2020 Grundfläche 11.000 m² Kosten 80 Mio. SFR

Ausgewählte Projektbeteiligte

Bauherrschaft Direction des sports et de la

cohésion sociale, Ville de Lausanne Projektleitung Service d'architecture, Ville de

Lausanne

LS Vaud Foot SA Nutzer

Generalplanung/Architektur :mlzd und Sollberger Bögli

Architekten, Biel

Dr. Lüchinger+Meyer Bauingenieure Tragwerksplanung, Fassadenplanung

AG, Lausanne/Zürich

Bauleitung Tekhne SA, Lausanne

Tiefbauingenieur WAM ING Planer und Ingenieure AG,

Solothurn

HLK-Planung Ingenieurbüro Stefan Graf, Basel

Autoren

Dr. Andrea Bassetti (Korrespondenzautor) aba@luechingermever.ch Dr. Lüchinger+Meyer Bauingenieure AG Limmatstrasse 275 8005 Zürich, Schweiz

Ing. Reto Furrer rfu@luechingermeyer.ch Dr. Lüchinger+Meyer Bauingenieure AG Limmatstrasse 275 8005 Zürich, Schweiz

Dipl.-Ing. Matthias Kunze mku@luechingermeyer.ch Dr. Lüchinger+Meyer Bauingenieure AG Limmatstrasse 275 8005 Zürich, Schweiz

Sanitärplanung Grünig + Partner AG, Basel Pro Engineering AG, Basel Elektroplanung Landschaftsarchitektur

Kuhn Landschaftsarchitekten GmbH,

Zürich

Sicherheits- und Brandschutzplanung Gruner AG, Basel

Bauphysik BAKUS Bauphysik und Akustik

GmbH, Zürich

Grolimund + Partner SA, Neuchâtel Karakas & Français SA, Lausanne Grolimund + Partner AG, Bern Dentan Frères SA, Lausanne

Sottas SA, Bulle Element AG. Tafers Orllati SA, Bioley-Orjulaz

Literatur

Geotechnik

Flementhau

Bauunternehmer

Stahl-/Fassadenbauunternehmer

Akustik

Tiefbau

[1] Bassetti, A.; Kunze, M. (2021) Gefaltet und vorgespannt -Das Tragwerk des Stade de la Tuilière in Lausanne. Betonund Stahlbetonbau 116, H. 5, S. 387-395. https://doi. org/10.1002/best.202100020

Zitieren Sie diesen Beitrag

Bassetti, A.; Furrer, R.; Kunze, M. (2021) Leicht und subtil zusammengefügt - das Dachtragwerk des Stade de la Tuilière in Lausanne. Stahlbau 90, H. 12, S. 857-866.

https://doi.org/10.1002/stab.202100095