

Dachtragwerke für die Stadien der Fußball-Weltmeisterschaft

Seit den 1970er Jahren hat die Pfeifer Seil- und Hebetechnik GmbH, Memmingen, an mehr als 1000 Projekten im Bereich Sportstätten, Brücken, Fassaden und Dachkonstruktionen sowie weitgespannten Zweckbauten, Hallen und Messebauten mitgearbeitet. Für die Fußball-Weltmeisterschaft 2010 in Südafrika hat das Unternehmen zwei große Dachtragwerke erfolgreich realisiert: die Dachkonstruktion des Moses Mabhida Stadions in Durban und das Dachtragwerk des Cape Town Stadions in Kapstadt.

Moses Mabhida Stadion, Durban/Südafrika

Von den fünf neu gebauten Stadien für die Fußball-Weltmeisterschaft 2010 in Südafrika ist das Moses Mabhida Stadion in Durban sicherlich das spektakulärste. Den imposanten Stadionskörper überspannt ein unkonventionelles Dach, bestehend aus einem Stahlbogen, der durch das Seiltragwerk mit Membraneindeckung stabilisiert wird. Der Bogen überspannt leicht und doch dominierend das Spielfeld.

Verantwortlich für die Erstellung des gesamten Dachtragwerks war die Firma Pfeifer Seil- und Hebetechnik GmbH. Die in dieser Art für ein weitgespanntes Dachtragwerk ungewöhnliche Kombination von Stahlbaustruktur und leichtem Seilnetz hat sowohl die Tragwerksplaner und Fertigungsingenieure als auch die Montage-Fachkräfte von PFEIFER vor zahlreiche Extremforderungen gestellt. Zu Recht kann dieses Bauwerk als eines der anspruchsvollsten derzeit erstellten Stahlbauwerke bezeichnet werden.

Mit dem Dach zum Moses Mabhida Stadion in Durban ist ein großartiges Bauwerk entstanden, welches dem Bauherren, der Ethekwini Municipality, noch lange nach den Spielen zur Weltmeisterschaft 2010 einen Publikumsmagneten garantiert. Das Dach wurde bereits 2009 mit dem südafrikanischen Stahlbau-Preis ausgezeichnet.

Das Projekt in Zahlen

Das Moses Mabhida Stadion wird zur Fußball-Weltmeisterschaft 75000 Zuschauern auf drei Rängen Platz bieten. Nach den Spielen 2010 kann die Kapazität durch temporäre Sitze zwischen 50000 und 75000 Plätzen variiert werden. Den Zuschauern bieten sich 10000 Stellplätze in einem angeschlossenen Parkhaus. Der VIP-Bereich mit Foyer und VIP-Club umfasst 150 Logen. Der gesamte Stadionkomplex wurde vorrangig in Ortbeton-Bauweise mit 80000 m³ Stahlbeton erstellt.

- überdachte Fläche: 42000 m²
- Umfang des Druckrings: 830 m



Bild 1. Moses Mabhida Stadion, Durban/Südafrika

- Spannweite des Bogens: 350 m
- Bogen: 2700 t Stahl
- temporäre Konstruktionen: 1200 t Stahl
- Druckring: 2800 t Stahl
- Seilstruktur: 18000 m Seile, 150 t Gussteile
- Membran: 48000 m² PTFE-Glasfaser
- Verkleidungen: 10000 m² Aluminium-Sandwichbleche

Dachkonstruktion

Das Dach des Moses Mabhida Stadions ist eine atypische Stahl-Seilstruktur. Das prägnanteste Element, der Bogen, ist in Bogenquerrichtung nicht freitragend und muss durch das Seiltragwerk stabilisiert werden. Dabei wirkt das Seiltragwerk mit integriertem Stahldruckring am Außenrand wie ein Radspeichensystem. Der Druckring entspricht hierbei der „Felge“, die radial angeordneten Seile dienen als Speichen und die ringförmig angeordneten Seile stellen die „Nabe“ dar. Diese Radspeichensysteme, die bei Stadionüberdachungen häufig zum Einsatz kommen, sind hoch vorgespannt und grundsätzlich selbstständig tragfähig.

Im Moses Mabhida Stadion wird das Seiltragwerk zusätzlich am Bogen aufgehängt, um den Bogen zu stabilisieren. Durch die Abhängung nach oben zum Bogen sowie durch speziell für dieses Tragwerk eingesetzte vordere Gratseile wurde auch die Auffächerung der Radialseile geschaffen. Diese war für den Membranbau erforderlich, um die Membranflächen durch die entstandenen Hoch-Tiefseile tragfähig zu gestalten und die Dachfläche entwässern zu können.

Den neuen, großen
Stellenmarkt
 sowie Weiterbildungsangebote
 finden Sie ab sofort am Ende jeder Ausgabe

Montage des Stahlbogens

Die äußerst komplizierte Montage des Stahlbogens begann im April 2008 mit dem Heben der ersten vier Elemente am „Spliced Arch“, der zweigeteilten Bogenhälfte, über das Stadion. Schon dieser Hub war mit 200 t Einzelgewicht eine große Herausforderung. Das Einstellen der Geometrie dieser vier Elemente war die Grundlage für die gute Passgenauigkeit beim letzten Element.

Bei der weiteren Montage wurde nichts dem Zufall überlassen und nach dem Anhängen jedes weiteren Elementes (insgesamt 56 Elemente und 6 Rungen) die Geometrie über Vermessung in einem 3D-CAD-System ausgewertet und notwendige Korrekturen veranlasst. Wichtiges Montagehilfsmittel waren drei temporäre Stahltürme, die nach Fertigstellung des Stahlbogens wieder abgebaut wurden.

Der Bogen ist eine so filigrane Konstruktion, dass bestimmte Montageabschnitte nur unter geringem Wind stattfinden konnten. Insbesondere die Montage der Elemente nach den drei Hilfstürmen war sehr schwierig, da immer wieder auf bestimmte „Windfenster“ geachtet werden musste. Die Windvorhersage musste mit einer 99 %igen Wahrscheinlichkeit eine Windgeschwindigkeit von unter 10 m/s ergeben, bevor der Startschuss für die relevanten Schritte erfolgte. Da das Stadion nur etwa 500 m vom Indischen Ozean entfernt liegt, sind die Verhältnisse entsprechend schwierig und es mussten immer wieder Wartezeiten eingelegt werden. Der Schlussstein des 2700 t schweren Stahlbogens wurde schließlich am 13.1.2009 um 15.45 Uhr Ortszeit eingesetzt – und er hat exakt gepasst.

Der Bogen ist über Treppenaufstiege von allen Seiten begehbar und kann mit einer Kabinenbahn von Norden her befahren werden. Endstation ist eine Aussichtsplattform mit Glaseinhausung auf dem Zenit des Bogens.



Bild 2. Montage des Stahlbogens in Durban

Bautafel

Moses Mabhida Stadion, Durban/Südafrika

Bauherr: Ethekwini Municipality, Durban/Südafrika

Generalunternehmer: WBHO/Group 5/Pandev Joint Venture, Durban/Südafrika

Generalunternehmer Dach: Pfeifer Seil- und Hebeteknik GmbH, Memmingen
Planung: gmp Architekten – von Gerkan, Marg und Partner, Hamburg
Ingenieur: sbp gmbh Schlaich Bergermann & Partner, Stuttgart

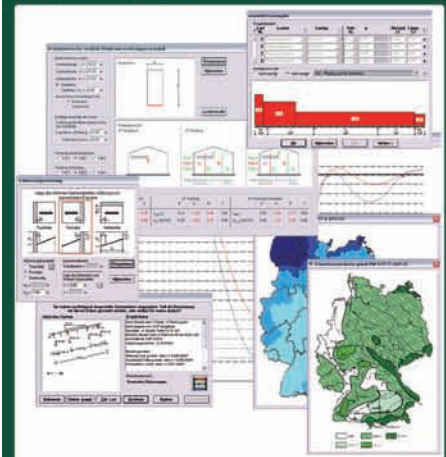
Cape Town Stadion, Kapstadt/Südafrika

Das Cape Town Stadion, zwischen Tafelberg und Table Bay gelegen, ist das eleganteste der Stadien der Fußball-Weltmeisterschaft 2010 in Südafrika. Seine geschwungene Silhouette fügt sich elegant in die exponierte Lage an der Victoria & Alfred Waterfront ein.

Verantwortlich für die Erstellung des Dachtragwerks war das Birdair/Pfeifer Joint Venture unter der Leitung der Pfeifer Seil- und Hebeteknik GmbH. Das Dachtragwerk ist ein aus Ring- und Radialseilen konzipiertes Hängedach mit radialen Fachwerkbindern. Diese Unterstruktur trägt die Dacheindeckung aus Verbundsicherheitsglas auf einem Stahlgitterrost sowie im Innenraum die durchscheinende Membran. Der Raum zwischen der Glaseindeckung und der Membran integriert technische Elemente wie Beschallung und Beleuchtung, bietet Wetterschutz und dient als schallabsorbierendes Volumen.

Die filigrane Konstruktion zeichnet sich durch eine hohe Komplexität und eine enorme Zahl von Einzelbauteilen aus. Die logistischen Herausforderungen und das Zusammenspiel aller Beteiligten im Sinne einer Linienbaustelle stellte die Verantwortlichen bei PFEIFER vor extreme Anforderungen.

SandStat Bemessungssoftware für Sandwichbauteile



SandStat

Leistungsmerkmale:

- Schnelle und wirtschaftliche Bemessung von Sandwich-Wand-, -Dach- und -Deckenelementen
- Umfangreiche Profildatenbank, die nahezu alle marktüblichen Elemente und Verbindungsmittel beinhaltet
- Beliebige Einfeld- und Durchlaufsysteme
- Automatische oder manuelle Lasteingabe (einschließlich Eigenlasten, Schnee, Wind, Temperatur, Kriechen etc.) **auch nach der neuen DIN 1055**
- Nachweis der Befestigungen, auch als verdeckte/nicht sichtbare Befestigungen
- Grafische Darstellungen und Kontrollen auf dem Bildschirm und Drucker
- Erforderliche Zusatznachweise z. B. Auflagerpressungen und Schraubenkopfauslenkungen
- Bemessung nach den allgemeinen bauaufsichtlichen **Zulassungen des DIBt** und/oder nach **ECCS/CIB-Empfehlungen** und/oder nach der **EN 14509**

Aktuelle **Dokumentationen** und eine **Demoversion** zum Herunterladen unter

www.sandstat.de

Vertrieb durch:

iS-engineering GmbH
Otto-Hesse-Straße 19
64293 Darmstadt

Tel.: +49 (0) 6151 / 870 33-0

Fax: +49 (0) 6151 / 870 33-20



Das Ergebnis überzeugt durch hohe Ästhetik und Eleganz und bestätigt, dass „leichtes Bauen mit Seilen“ auch bei einem Stadion dieser Größe möglich ist. Durch den Bau des Cape Town Stadions im innerstädtischen „Cape Town Common“, in unmittelbarer Nähe der Touristenpfade, erwarten die Verantwortlichen eine weitere Aufwertung des Viertels. Die Attraktivität von Cape Town wird im Umfeld des Stadions durch Sportstätten, einen Golfplatz und Fußgängerbereiche zwischen Waterfront und Beach-Promenade erhöht. Die Entwicklung des Stadions zur multifunktionalen Arena hat begonnen, das Dach als optisches Highlight und Wetterschutz wird seinen Teil dazu beitragen.



Bild 3. Cape Town Stadion, Kapstadt/Südafrika

Das Projekt in Zahlen

Das Cape Town Stadion wird zur Fußball-Weltmeisterschaft 68000 Zuschauern auf drei Rängen Platz bieten. Nach den Spielen wird die Kapazität auf 55000 Sitzplätze reduziert. Der VIP-Bereich mit Foyer und VIP-Club umfasst 60 Logen mit insgesamt 2200 m². Der gesamte Stadionkomplex wurde vorrangig in Ortbeton-Bauweise mit 109000 m³ Stahlbeton erstellt. Die Bauzeit erstreckte sich von März 2007 bis Dezember 2009.

- überdachte Fläche: 38000 m²
- Umfang des Druckrings: 800 m
- Druckring: 1400 t Stahl
- Stahl-Hauptstruktur, Fachwerk: 1800 t Stahl
- Glas-Unterstruktur: 600 t Stahl
- Seilstruktur: 7000 m Seile, 150 t Gussteile
- Verbundglas: 9000 Einzelscheiben
- Membran: 42100 m² PVC-Membran
- Schrauben: ca. 250000 Stück

Dachkonstruktion

Das Seiltragwerk ist mit dem integrierten Stahldruckring am Außenrand ist wie das Dach des Moses Mabhid Stadiums als Radspeichensystem konzipiert. Im Cape Town Stadion sind 72 Radialseile über Gussstahl-Elemente mit den acht Ringseilen verbunden. Auf den Radialseilen stehen Stahl-Fachwerkträger, die zueinander über tangential angeordnete Stahlträger verbunden sind.

Die Glasscheiben sind einzeln frei „schwimmend“ auf einem Gitterrost aufgelegt, um die enormen Bewegungen aufnehmen zu können. Da sich das Dach bei den extremen Kap-Winden um ± 1 m heben und senken kann, war dies eine der größten planerischen Herausforderungen. Durch die onduлиerte Dachform sind ca. 4500 der 9000 Glasscheiben Modellscheiben, die eigens für die Position zugeschnitten wurden. Die Membran spannt mit 8–13 m von Radialseil zu Radialseil über die Dachlänge von ca. 40 m. Sämtliche Elemente wurden in Produktionswerken auf vier verschiedenen Kontinenten maßgenau hergestellt und baukastenartig auf der Baustelle zusammengebaut.

Montage von Seiltragwerk und Glasdach

Zu Beginn des Jahres 2009 wurde das 700 t schwere Seiltragwerk in der Rekordzeit von nur 4 Wochen auf dem Boden ausge-



Stahlkonstruktionen und mehr ...
Glas, Holz, Beton, Dach & Wand



bocad-3D
bocad-PS

Setzen Sie Ihre Projekte erfolgreich mit unseren CAD/CAM-Lösungen, Konzepten und Dienstleistungen um. Profitieren Sie von unseren mehr als 25 Jahren Erfahrung!

Wir beraten Sie gern!

Am Umweltpark 7 • 44793 Bochum
Fon: +49(0) 234 964 17-0 • Fax: -79 www.bocad.com



Bild 4. Montage von Seiltragwerk und Glasdach (Fotos: PFEIFER)

legt. Das Spannen, der sogenannte „Big Lift“, des Seiltragwerks musste sehr sorgfältig durchgeführt werden und erforderte die ganze Erfahrung der Montagespezialisten. Im März 2009 waren dann alle 72 Achsen eingebolt und das Seiltragwerk war durch ein temporäres Vorspannsystem auf seine Endgeometrie eingestellt. Nun konnte der Dachbau beginnen. Aufgrund des enormen Zeitdrucks wurden Nachtschichten eingeführt und sämtliche Arbeiten verzahnt. Damit der Takt der Montage nicht ins Stocken geriet, wurden Mannschaften verdoppelt, und wie bei einer Linienbaustelle hatten die Teams ihre Vorgaben genauestens einzuhalten. Vorbereitung und Montage der Stahl-Trusses, Montage der Verbindungsträger, Vorbereitung und Montage der Glasunterstruktur, Glasmontage – alles lief parallel, nur wenige Meter voneinander entfernt, Tag und Nacht, sieben Tage die Woche. Dem PFEIFER-Team und den bis zu 500 Arbeitern wurde alles abverlangt. Termingerech am 6.8.2009 war die

Dachstruktur montiert, alle Kräne abgebaut und das Spielfeld an den Generalunternehmer übergeben.

Bautafel

Cape Town Stadion, Kapstadt/Südafrika

Bauherr: City of Cape Town/Südafrika

Generalunternehmer: Green Point Stadium Joint Venture

Murray & Roberts/WBHO Joint Venture, Kapstadt/Südafrika

Generalunternehmer Dach: Birdair/Pfeifer Joint Venture unter Leitung von Pfeifer Seil- und Hebetechnik GmbH, Memmingen

Planung: gmp Architekten – von Gerkan, Marg und Partner,

Hamburg, mit POINT ARCHITECTS, Kapstadt/Südafrika

Ingenieur: sbp gmbh Schlaich Bergermann & Partner, Stuttgart

Sonderlösungen sind gefragt

Mit der zuverlässigen Ausführung der Dachkonstruktionen in Durban und Kapstadt hat sich die Pfeifer Seil- und Hebetechnik GmbH auch als Generalunternehmer für die Erstellung anspruchsvollster Sonderbauwerke einen Namen gemacht. Neben dem Seiltragwerk als Kernkompetenz hat sich PFEIFER in der Zusammenführung aller Gewerke im Dach ein Renomee erarbeitet und hohe Kompetenzen in Planung, Lieferung und Montage gezeigt. Leichte, weitgespannte Seilstrukturen werden weiterhin im Rahmen zukünftiger Sportwettbewerbe und -spiele auf der ganzen Welt gefragt sein. Dabei tendieren Bauherren und Betreiber mehr und mehr zu Sonderlösungen in der Architektur und im Bereich der Tragwerke, um sich von anderen Veranstaltungsstätten abzuheben.

Weitere Informationen:

PFEIFER Seil- und Hebetechnik GmbH,

Dr.-Karl-Lenz-Straße 66, 87700 Memmingen,

Tel. (08331) 937-285, Fax (08331) 937-350,

cablestructures@pfeifer.de, www.pfeifer.de

Ästhetik entscheidet

Lindapter Hollo-Bolt® Flush Fit

Hohlraumdübel mit komplett versenkbarem Bund

- Entspricht ästhetischen Anforderungen der modernen Stahlkonstruktionen
- Für Hohlprofile und Rohre
- Für Konstruktionen mit schwer zugänglichen Rückseiten
- Erhältlich in 3 Längen für diverse Klemmstärken
- Zugbelastungen bis 10,5 kN
- Scherbelastungen bis 15,0 kN
- Hoher Korrosionsschutz durch JS500 Beschichtung
- Auch in Edelstahl rostfrei lieferbar

Projekt: Brooktorkai, HafenCity, Hamburg



lindapter®

T: +49 (0) 201 / 21 47 78

F: +49 (0) 201 / 29 06 14

E: info@lindapter.de

www.lindapter.com