

# INGENIEURBAUKUNST 2016

MADE IN GERMANY



**Ernst & Sohn**  
A Wiley Brand

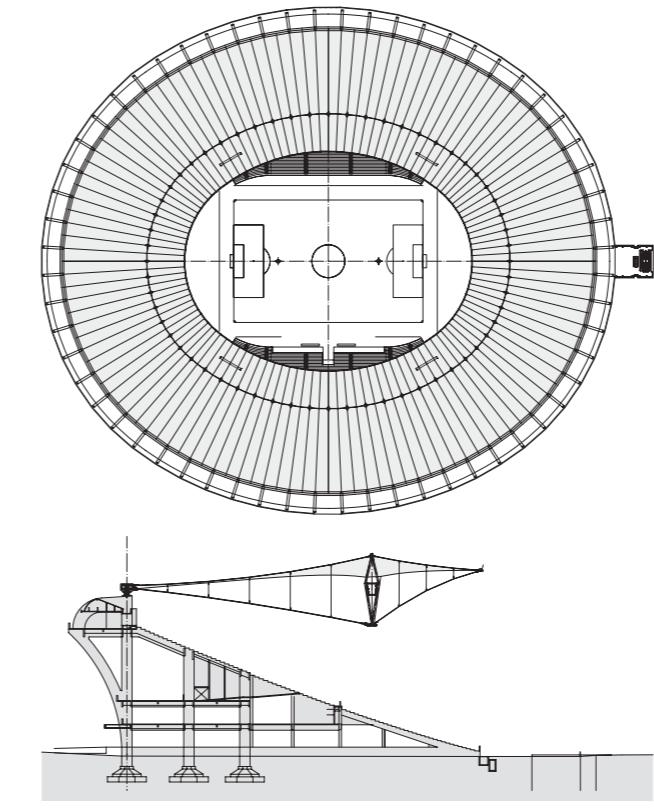
Herausgegeben von der Bundesingenieurkammer



19



20



21



22

### Estádio Jornalista Mário Filho in Rio de Janeiro

Das legendäre Stadion mitten im Stadtgebiet der Sammabmetropole, das jedermann nur Maracanã nennt, wurde für die Fußballweltmeisterschaft 1950 errichtet, hatte einst ein Fassungsvermögen von mehr als 200.000 Zuschauern und galt als größtes Stadion der Welt. Doch der Betonbau war in die Jahre gekommen und sollte zur WM 2014 grundlegend saniert und auf FIFA-Standard gebracht werden. Der Oberrang wurde erneuert und der Unterrang mit besseren Sichtverhältnissen völlig neu gebaut. Ein Hauptanliegen dabei: Das Stadiondach, eine Betonkragkonstruktion, hatte eine zu geringe Spannweite und überdeckte nur ein Drittel der Zuschauerplätze. Zunächst dachte man daran, die äußere Erscheinung des denkmalgeschützten Bauwerks unverfälscht zu erhalten, indem man die Dachfläche nach innen unter Beibehaltung der bestehenden Dachkonstruktion vergrößert. Doch die betagten Betonkragträger konnten nicht mehr ertüchtigt werden. Und eine oben aufgesetzte zusätzliche Tragstruktur hätte das Stadion zu nachhaltig verändert.

Schließlich entwickelten die Ingenieure von schlaich bergermann und partner eine Dachkonstruktion, die sich in den historischen Bestand so flach einfügt, dass sie die berühmte Silhouette kaum verändert. Sie bedienten sich des mittlerweile erprobten Speichenradprinzips mit äußerem Druckring, innerem Zugring und ver-

bindenden „Speichen“ in Form von Radialseilen, das mit wenig Konstruktionshöhe auskommt. Und weil die auf Zug belasteten Bauteile des Seiltragwerks überwiegen, fällt es sehr filigran und materialsparend aus.

Nach dem Abschneiden der alten Kragträger blieben die Gebäude- und Fassadenstützen sowie ein umlaufender Ringbalken in Traufhöhe bestehen und wurden betonsaniert. Deren Gliederung wurde vom neuen Dach übernommen. Den 60 historischen Stützen entsprechen die 60 Dachfelder. Wie ein in sich stabiler Deckel liegt die Speichenradkonstruktion mit dem im Querschnitt rund  $1 \times 2$  Meter messenden stählernen Hohlkastenprofil des Druckrings auf den 60 Stützenköpfen. Horizontalkräfte ergeben sich lediglich bei Windbelastung und werden an vier Punkten in die Lager übertragen. Ansonsten gibt das Dach nur Vertikallasten ab. Deshalb war es möglich, die alten Stützen zu benutzen, obwohl sich die Dachfläche fast verdoppelt hat.

Die Stabilität des Seildaches und die Steifigkeit des Dachkörpers werden dadurch erreicht, dass die Radialseile nach zwei Dritteln Dachtiefe von Luftstützen auseinander gespreizt werden und dadurch Seilbinder mit drachenförmigem Querschnitt mit einem Druckring und drei Zugringen an den Eckpunkten entstehen. Die Luftstützen bilden gleichzeitig die Hochpunkte der Bespannung des Dachs mit einem PTFE-beschichteten Glasfasergewebe. Die schneeweiße Membran wird über die

**19 / 20** Das Stadion aus der Vogelperspektive  
**21** Draufsicht und Tribünenquerschnitt

**22** Blick auf das Spielfeld  
**23** Blick vom Aussichtspunkt Cristo Redentor

Radialseile gespannt und zur Erreichung der für die Stabilität notwendigen zweiachsigen Krümmung durch Kehlseile in den Zwischenfeldern nach unten gezogen. So ergibt sich zwischen den Hoch- und Tiefpunkten ein auch in der Dachaufsicht (beispielsweise vom Aussichtspunkt Cristo Redentor aus) optisch reizvolles Faltenwerk.

Die auf dem unteren, aus sechs Seilen bestehenden Zugband stehenden, 13,5 Meter hohen Luftstützen aus Hohlkastenprofilen sind rautenförmig aufgespreizt und nehmen den Catwalk auf. In dem rings umlaufenden Wartungsgang ist die gesamte Installation des Daches ästhetisch und wartungsfreundlich untergebracht. Der Laufsteg trägt alle Ausrüstungen wie Flutlicht, Tribünenbeleuchtung und Lautsprecher, aber auch die 14 Torlinienkameras des deutschen GoalControl Systems.

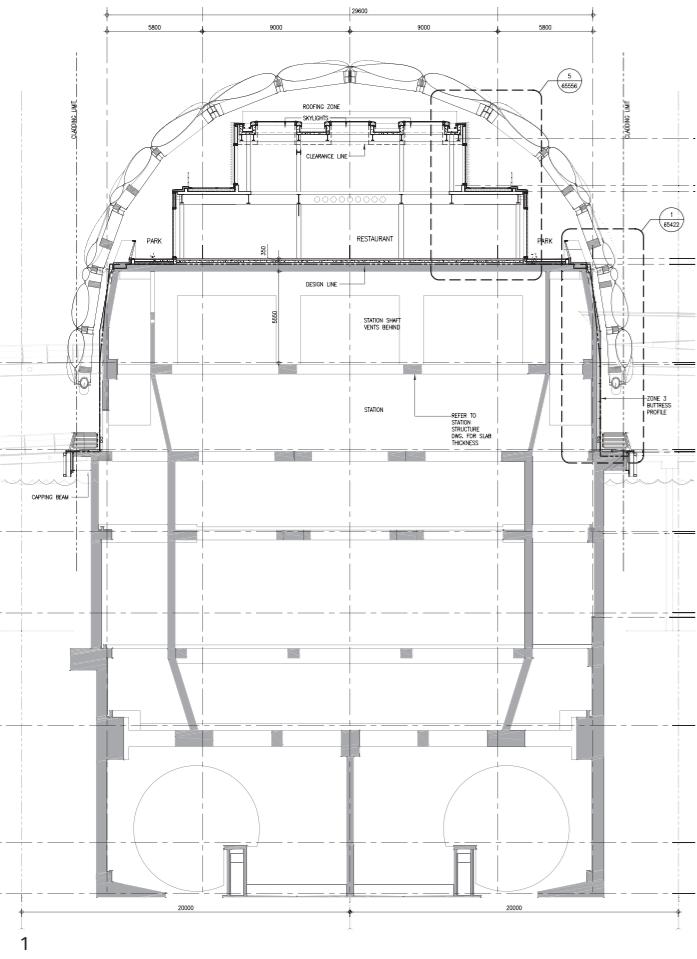
68 Meter spannt das Dach gleichmäßig über das gesamte Oval des Stadions nach innen und lässt eine Öffnung von  $160 \times 122$  Meter frei. Mit 3.980 Tonnen Gewicht, d.h. 87 Kilogramm pro Quadratmeter Flächengewicht ist es nicht nur eine extrem leichte Konstruktion, sondern wirkt auch leicht, luftig und aufgrund der kleinen Auflagepunkte fast schwebend, ein Eindruck, der durch die Transluzenz und die Effektbeleuchtung am Abend noch verstärkt wird.

Falk Jaeger



23

**OBJEKT**  
Estádio Jornalista Mário Filho  
**STANDORT**  
Rio de Janeiro, Brasilien  
**BAUZEIT**  
2010–2013  
**BAUHERR**  
Empresa de Obras Publicas  
**INGENIEURE + ARCHITEKTE**  
Architekt: Daniel Fernandes  
Tragwerksplanung: schlaich bergermann und partner



1

**Die Errichtung des Ensembles aus Holztragwerk und transparenter, pneumatisch gestützter Folienkissen-Fassade erforderte eine hohe Planungstiefe sowie eine lückenlose Qualitätssicherung nach allen Regeln der Ingenieurskunst.**

Congestion Charge – Staugebühr – nennen die Londoner die 10 Pfund teure Cityaut, die Autofahrer täglich zahlen müssen, um die Londoner Innenstadt befahren zu dürfen. Der Name ist dabei Programm. Denn wer die umgerechnet 12,60 Euro zahlt, erwirbt vor allem das Recht, Teil des Staus zu werden, der zu beinahe jeder Tages- und Nachtzeit Londons Straßen verstopft und Londons Autofahrern mit 19 km/h die geringste Durchschnittsgeschwindigkeit im europäischen Vergleich beschert. Deutlich schneller als auf Londons Straßen geht es in der Regel darunter voran: Hier bilden die legendäre London Tube – die älteste U-Bahn der Welt – und die fahrerlose Stadtbahn Docklands Light Railway das größte städtische Streckennetz Europas. Mit bis zu 4,5 Millionen Fahrgästen pro Tag gelangt allerdings auch dieses äußerst leistungsfähige System regelmäßig an die Grenzen seiner Kapazität. Mit dem Ziel, diese Kapazität um 10 Prozent zu steigern, legte das britische Parlament im Juli 2008 Königin Elisabeth II. die Crossrail Bill zur Unterschrift vor.

Der Projektplan beschreibt nicht weniger als das derzeit größte Infrastruktur- und Bauprojekt Europas – eine 18



2



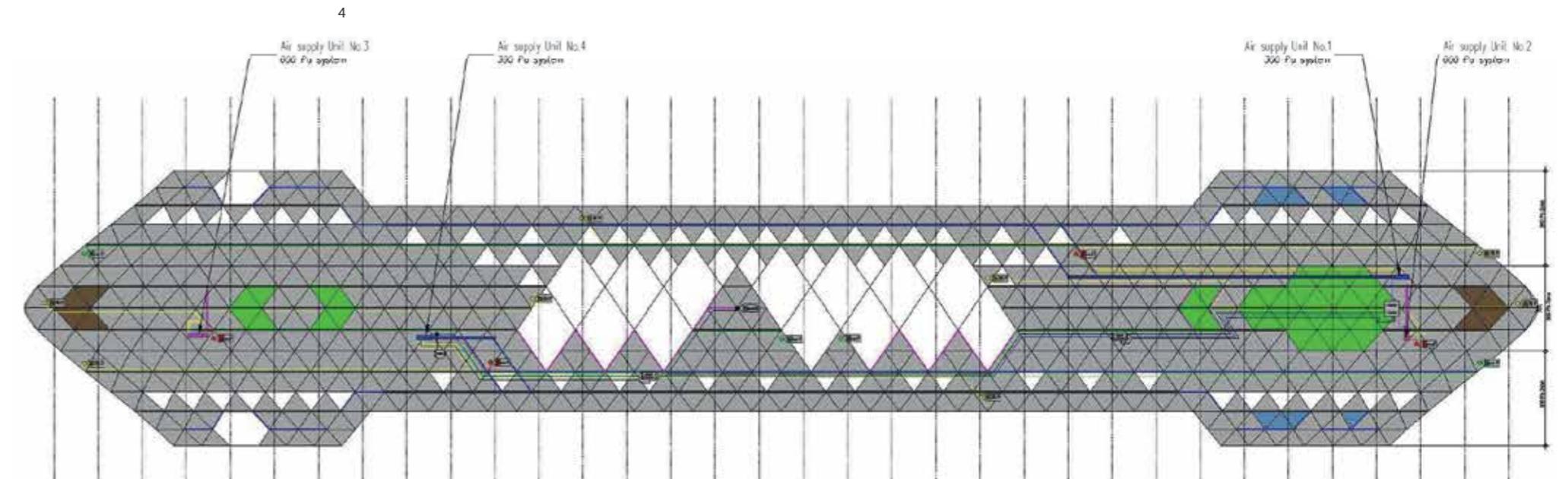
3

**1** Querschnitt durch die Canary Wharf Crossrail Station. In der Mitte der Skizze ist die Wasserlinie der Docks zu erkennen, ganz unten die Schächte des Zwillingstunnels.

**2** Die Canary Wharf Crossrail Station im Juni 2014: Die pneumatisch gestützte ETFE-Kissen-Fassade steht, wackelt nicht, aber hat Luft.

**3** Hier noch Rendering, bald schon Realität: Der lichtdurchflutete Dachgarten unter dem charakteristischen Holztragwerk des Bahnhofs bringt etwas Grün in sein bauliches Umfeld aus Stahl und Glas.

**4** Überblick über die ETFE-Kissen-Fassade



Symbol Key															
Master control	Switch	Sensor: signal repeater	Sensor: snow height	Sensor: maximum pressure	Sensor: analog	Sensor: minimum pressur	Air supply Unit 300 Pa system	Air supply Unit 600 Pa system	Elliptical louvers	Mechanical louvers	Rain louvers	High pressure zone	ETFE cushions	Tubes 300 Pa system	Tubes 600 Pa system

## BESTELLSCHEIN

Stück	Bestell-Nr.:	Titel	Preis* €
	978-3-433-03126-1	Ingenieurbaukunst 2016	39,- <sup>90</sup>
	909538	Gesamtverzeichnis Ernst & Sohn 2016/2017	kostenlos
Monatlicher E-Mail-Newsletter: Anmeldung unter <a href="http://www.ernst-und-sohn.de/newsletter">www.ernst-und-sohn.de/newsletter</a>			

Liefer- und Rechnungsanschrift:  privat  geschäftlich

Firma			
Ansprechpartner	Telefon		
UST-ID Nr. / VAT-ID No.	Fax		
Straße//Nr.	E-Mail		
Land	-	PLZ	Ort

**Vertrauensgarantie:** Dieser Auftrag kann innerhalb von zwei Wochen beim Verlag Ernst & Sohn, Wiley-VCH, Boschstr. 12, D-69469 Weinheim, schriftlich widerrufen werden.

Wilhelm Ernst & Sohn  
Verlag für Architektur und  
technische Wissenschaften  
GmbH & Co. KG  
Rotherstraße 21, 10245 Berlin  
Deutschland  
[www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)

Datum / Unterschrift

\*€-Preise gelten ausschließlich in Deutschland. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer. Die Lieferung erfolgt zuzüglich Versandkosten. Es gelten die Lieferungs- und Zahlungsbedingungen des Verlages. Irrtum und Änderungen vorbehalten.  
Stand: Mai 2017 (homepage\_Probekapitel)