

Sanierung/Modernisierung

# Tragwerksplanung für das neue alte Olympiastadion Berlin

Das Berliner Olympiastadion wird derzeit saniert und zu einer hochmodernen multifunktionalen Sportarena umgebaut. Bei der Modernisierungsplanung für diese geschichtsträchtige Sportstätte standen vor allem Gesichtspunkte des Denkmalschutzes und der Erhaltung des ursprünglichen Erscheinungsbildes des Stadions im Vordergrund. Der Umgang mit der historischen Bausubstanz und die Integration neuer leistungsfähiger Tragkonstruktionen in den Bestand stellte für die Tragwerksplanung eine besondere Herausforderung dar.

## Rückblick

Dipl.-Ing. **Dieter Hanek**, Geschäftsführender Gesellschafter, Krebs und Kiefer Beratende Ingenieure für das Bauwesen GmbH

Autor:



Das Olympiastadion Berlin wurde auf dem Reichssportfeld als Austragungsstätte für die olympischen Sommerspiele 1936 errichtet. In der Folge hat das Stadion eine äußerst wechselvolle Geschichte durchlaufen. Die technische und bauliche Unterhaltung wurde stark eingeschränkt, so dass das Stadion nicht mehr heutigen Anforderungen an moderne Arenen entspricht.

Auf Veranlassung der Berliner Senatsverwaltung wird das Olympiastadion derzeit als Baudenkmal instandgesetzt und für eine multifunktionale Nutzung durch Fußball, Leichtathletik und Großveranstaltungen modernisiert. Der vorhandene Zielkonflikt zwischen Modernisierung und Denkmalschutz sowie Leichtathletik und Profifußball wurde durch den Entwurf der Planungsgemeinschaft

Olympiastadion in überzeugender Weise gelöst und aus dem vorgeschalteten Wettbewerbsverfahren zur Realisierung ausgewählt.

Die Bearbeitung der statisch-konstruktiv äußerst anspruchsvollen Aufgaben dieses Bauvorhabens wurde dem Ingenieurbüro Krebs und Kiefer übertragen. Das Aufgabenspektrum bei der Tragwerksplanung und der Betonsanierung umfasste folgende Bereiche:

- Neubau der Tribünenüberdachung,
- Umbau des vorhandenen Ober- und Unterrings,
- Schadensuntersuchung und Sanierungskonzept für die vorhandene Betonkonstruktion des Oberrings,
- Bestandsstatik für den Oberring mit Tragwerksaufnahmen und Materialerkundungen vor Ort,
- Neubau der äußeren Funktions- und Erschließungsbauwerke,
- Planung der Baugrubensicherungen.

## Tribünenüberdachung

Um die geforderte Vollüberdachung aller Tribünenplätze realisieren zu können, wurde ein umlaufendes, in seiner Gestaltungsform gleichbleibendes Dach entworfen, das im Bereich des Marathontores als architektonische Reaktion auf den denkmalwerten Bestand unterbrochen ist.

Diese Unterbrechung hat zum Entwurf einer sehr leichten Kragkonstruktion aus Stahl mit einem Flugzeugflügelähnlichen Querschnitt geführt, die durch gezielte konstruktive Gestaltung insgesamt als Flächen-tragwerk ausgebildet ist. Die Tiefe des Daches beträgt umlaufend ca. 68 m. Getragen wird die Dachkonstruktion von insgesamt 20 schlanken Baumstützen im Bereich des Oberrings; sie krägt über diese Baumstützen ca. 49,0 m weit in den Stadioninnenraum. Am äußeren Rand wird das Dach umlaufend durch 132 über den Steinpfeilern angeordneten Stahlstützen im Bereich der Attika verankert und stabilisiert.

Seine optische und materielle Leichtigkeit erhält das Dach in erster Linie durch die filigrane Stahlkonstruktion und die Verwendung einer transluzenten Membrankonstruktion als obere und untere Dachhaut. Diese Leichtigkeit wird durch eine Glaseindeckung über dem frei sichtbaren Stahltragwerk am inneren Dachrand zusätzlich betont.

Am äußeren Rand geht das Dach in einen edelstahlverkleideten Massivbereich über, der sich nach außen hin diskusförmig verjüngt. Dieser massive Stahlbetonaußenring vereint gleich mehrere wichtige statische Funktionen in sich: Er besitzt lastverteilende Wirkung in allen 3 Richtungen, stabilisiert in Verbindung mit den Außenstützen die ge-

**Ansicht des umgebauten Olympiastadions mit Blick auf Marathontor und Glockenturm**



samte Dachkonstruktion und liefert zugleich das notwendige Gegengewicht für den weit nach innen auskragenden Dachüberstand.

Zusätzlich sind im Bereich der beiden Dachenden zwei Mobildächer vorgesehen, die die Sitzplätze beidseits des Marathontors bei Bedarf vollständig überspannen.

Durch die Dachunterbrechung am Marathontor und die exponierte Lage des Stadions ist die wirklichkeitsnahe Erfassung der Windbelastung von besonderer Bedeutung. Sowohl für den Endzustand als auch für mehrere Bauzustände des Daches wurden aerodynamische Untersuchungen durchgeführt, die unter Einbeziehung der dynamischen Eigenschaften des Dachtragwerkes und den Ergebnissen aus Windkanaluntersuchungen sehr differenzierte Windlastansätze für die statische Berechnung ergeben haben.

Sowohl aus konstruktiven als auch aus Gründen der sehr anspruchsvollen architektonischen Gestaltung werden zahlreiche Knotenpunkte der Stahlkonstruktion als Gussknoten ausgeführt. Insbesondere die freistehenden Baumstützen erhalten mit den dem Kraftfluss angepassten Gussformen harmonische Übergänge vom Stamm zu den Ästen. Um die Sichtbeeinträchtigung der Zuschauer durch die Dachstützen zu minimieren, verjüngen sich die konischen Stützenstämme am Fußpunkt auf einen Durchmesser von lediglich 25 cm, was durch den Einsatz eines hochfesten Schmiedestahls ermöglicht wird.

Eine über Bögen zwischen den Hauptbindern gespannte obere Membrane sowie eine nahezu ebene, vorgespannte schalldurchlässige Gittermembrane in der Untergurtebene bilden den oberen und unteren Abschluss des Dachraumes. Die Transluzenz der Dachhaut bewirkt eine nur schemenhafte Wahrnehmung der dazwischenliegenden räumlichen Stahlhohlprofilkonstruktion und der im Dachraum untergebrachten umfangreichen technischen Ausstattung für Beleuch-

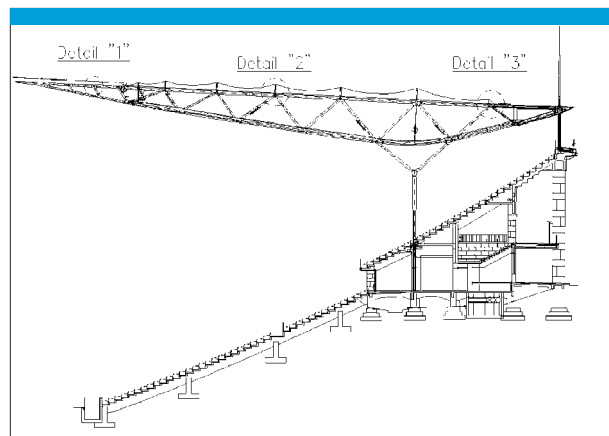
tung, Beschallung, Anzeigetechnik etc. Durch eine spezielle Lichtgestaltung wird zudem das Dach selbst zum Lichtobjekt, das sich vom bestehenden Bauwerk absetzt und somit als identitätsprägendes Element für das „neue“ Olympiastadion in Erscheinung tritt.

### Oberring, Unterring, Marchhöfe

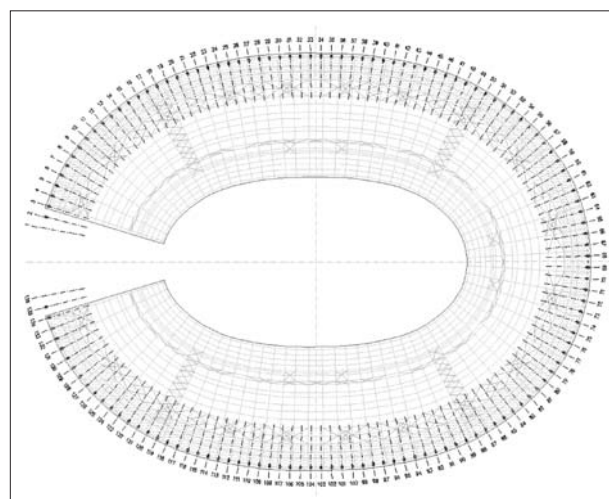
Das gesamte vorhandene Stadionbauwerk steht unter Denkmalschutz. Um einen größtmöglichen Erhalt der Originalsubstanz realisieren zu können, begann die Planung mit umfangreichen Recherchen und Erkundungen zur vorhandenen Bausubstanz. Auf der Grundlage einer Bau- und Schadensaufnahme wurde eine detaillierte Schadensanalyse vorgenommen, die ein umfassendes Bild über den Zustand der vorhandenen Baukonstruktion lieferte. Während der Unterring unter vertretbaren technischen und wirtschaftlichen Bedingungen nicht sanierbar war und durch eine neue Fertigteilkonstruktion ersetzt werden soll, wurde für den Oberring ein detailliertes Sanierungskonzept ausgearbeitet, das den Erhalt des größten Teiles der vorhandenen Bausubstanz vorsieht.

Eine enge Zusammenarbeit zwischen Sanierungsplaner, Architekt, Tragwerksplaner, Natursteinberater und Denkmalschutzbehörde war Voraussetzung für das von allen Beteiligten getragene Sanierungskonzept der Betonkonstruktion, das der weiteren Umbauplanung zugrunde gelegt wurde.

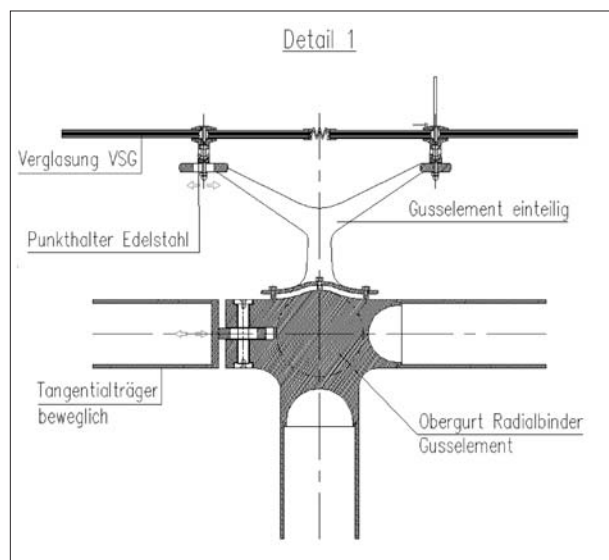
In Ermangelung vorhandener Unterlagen für das Tragwerk wurde für den gesamten Oberring eine Bestandsstatik angefertigt und durch umfangreiche Bauwerkserkundungen und Materialuntersuchungen unteretzt. Ergänzend wurden Bestandspläne für das vorhandene Tragwerk des Oberringes erarbeitet. Auf dieser Grundlage und der damit verbundenen notwendigen Planungssicherheit konnten die Umbauplanungen für die vorgesehenen



Schnitt durch Unter- und Oberring mit neuem Tribürendach

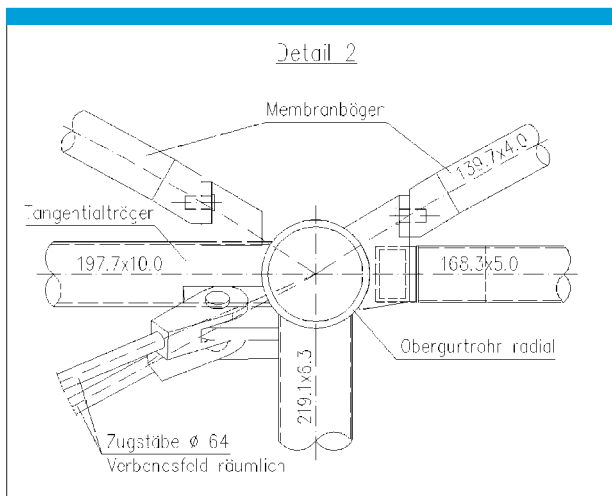


Grundriss Dachtragwerk

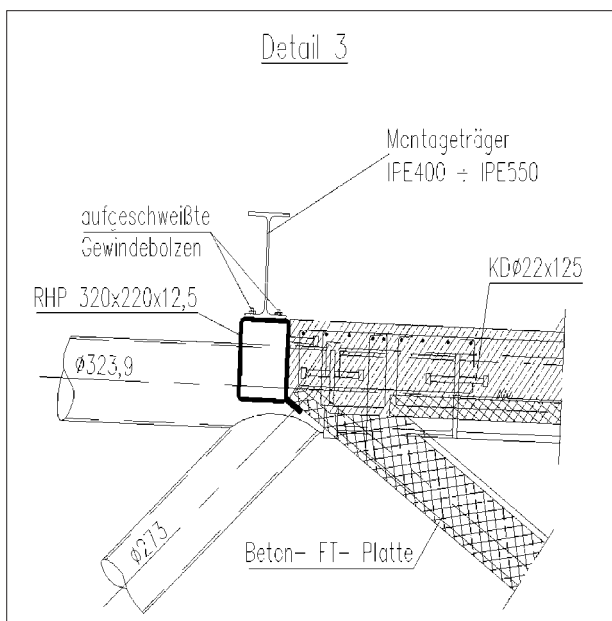


Detail 1 Dachinnenrand mit Verglasung

Sanierung/Modernisierung



Detail 2 Obergurtnode im Membranbereich



Detail 3 Obergurtnode am Übergang zum Betonaußenring

Der Umbau dieses Bereiches mit der notwendigen Sicherung des angrenzenden, wesentlich höher gegründeten Bestandes stellt eine ganz besondere ingenieurtechnische Herausforderung dar. Im Bauzustand werden Teile der verbleibenden Ehrentribüne abgefangen und in den neu erstellten VIP-Bereich integriert. Damit werden unter Beibehaltung historisch bedeutsamer Stadionräume neue Ehrenbereiche in sehr hochwertiger Qualität geschaffen.

Die Tieferlegung des Spielfeldes um 2,65 m sowie die Herstellung einer verbesserten direkten Zufahrt zum Stadioninnenraum bedingen entsprechende Umbaumaßnahmen für das Marathontor. Neben dem Umbau und der Tieferlegung benachbarter Bereiche wurde ein neues Stahlbetontragwerk für das Marathontor entworfen.

Eine äußerst schwierige Aufgabe stellt sich mit der Ableitung der Belastungen aus der neuen Tribünenüberdachung durch den bestehenden Oberring hindurch bis in den Baugrund. Die Untersuchung der vorhandenen Oberringkonstruktion zeigte, dass die punktuell sehr hohen Lasten der Dachstützen von den vorhandenen Bauteilen nicht aufgenommen werden können.

Daher wurde für die Ableitung der Dachlasten eine vollkommen neue, sehr komplexe räumliche Tragkonstruktion entworfen, die diese Belastungen selbständig ab-

trägt und in ihrem Trag- und Verformungsverhalten mit dem Bestands-tragwerk verträglich ist. Von den Außenstützen auf der Attika werden die Dachlasten über Ringbalken, geneigte Platten und Scheiben zu den Fußpunkten der Baumstützen hin weitergeleitet. Die Vertikallasten der Baumstützen von bis zu 10 MN je Stütze werden gemeinsam mit den anfallenden Horizontallasten des Daches mit Hilfe räumlicher Rahmensysteme zu den Fundamenten abgeleitet. Dabei sind die Rahmenstiele und -riegel den Formen der vorhandenen Bestandsrahmen des Oberringes angepasst und nur durch entsprechende Bewegungsfugen von diesen getrennt.

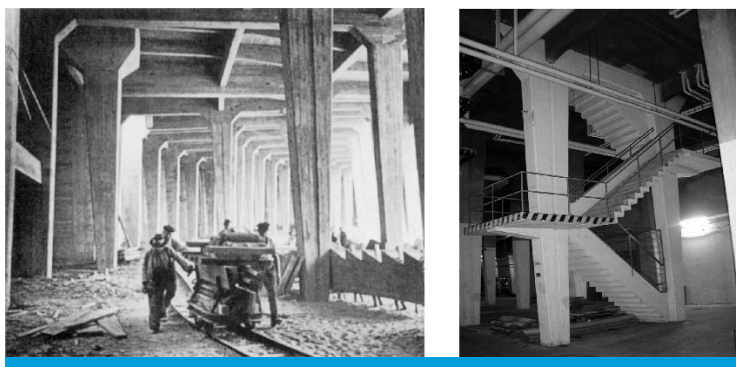
Die Gründung erfolgt durch großflächige neue Fundamente, in die die vorhandenen Stützenfundamente integriert werden. Die Forderung nach Ableitung der sehr hohen Lasten auf engstem Raum im Bestand bedingt entsprechend anspruchsvolle Konstruktionen in Planung und Ausführung, die hier in Abstimmung mit dem Denkmalschutz konsequent umgesetzt wurden.

Die Gebäude der sogenannten „kleinen Marchhöfe“ beinhalten Überreste des ehemaligen Deutschen Stadions, das an gleicher Stelle vor dem Bau des Olympiastadions stand. Diese unmittelbar neben dem Oberring liegenden unterirdischen Bauwerke werden in das modernisierte Stadion funktional integriert und denkmalverträglich umgebaut. Die nahezu 100 Jahre alte Stahlbetonkonstruktion wird,

Modernisierungsmaßnahmen im Oberring erfolgen.

Schwerpunkte der Umbaumaßnahmen stellen insbesondere die Einrichtung neuer, hochwertiger VIP-Bereiche sowie der Umbau des Marathontores dar. Für die Realisierung der vorgesehenen unterirdischer VIP-Zugänge wurden u.a. vorhandene Tribünenfundamente tiefergelegt und Stützen entsprechend verlängert. Zahlreiche vorhandene Tragwerksteile werden unter Zuhilfenahme entsprechender Unterstützungsstrukturen umgebaut und angepasst. Die vorhandene Ehrentribüne wird viergeschossig neu unterkellert.

Ursprüngliche Stahlbetonkonstruktionen im Oberring und am Marathontor





Konsole an der Stütze E / 51  
Feuchteintritt und Betonabplatzungen  
am Konsolenende  
11/2/2000

**Typisches Schadensbild der Stahlbetonkonstruktion**

soweit möglich, in den Umbau mit einbezogen und saniert.

**Neue Erschließungsbauwerke**

Um den Anforderungen an eine moderne und hochwertige Sportarena zu genügen, sind zahlreiche neue Erschließungs-, Parkierungs-, Technik- und Zugangszonen erforderlich, die zusätzlich zu errichten sind. Um das unter Denkmalschutz stehende Umfeld des Stadions in seiner ur-

sprünglichen Form zu erhalten, werden diese neuen Bauwerke allesamt unterirdisch angeordnet. Dabei handelt es sich um ca. 180 m lange Zufahrtstunnel, LKW-/Busstellflächen, dreigeschossige Tiefgaragen für ca. 700 Stellplätze, zahlreiche Andienungs- und Technikräume, VIP-Zugangflächen, Aufwärmhallen sowie eine ca. 120 m lange Laufbahn.

Hier treten vielfältige Anforderungen an die Tragwerke auf, wie z.B. weitgespannte Deckensysteme in Verbundbauweise (ca. 20 m im LKW-Stellbereich), Flachdeckensysteme in den Tiefgaragen, große Öffnungen in hochbelasteten Decken und Wandscheiben (Technikbereiche), wasserdichte Regenrückhaltebecken, betretbare Glasdecken über den VIP-Zugangsräumen etc. Für die bis zu 16 m tiefen Baugruben wurden entsprechende Baugrubensicherungen entworfen und berechnet.

Die weitgefächerten Aufgaben bei diesem Bauvorhaben - von der Sanierung der denkmalgeschützten Betonkonstruktion bis hin zum membranüberspannten leichten Flächentragwerk des Daches - stellen insbesondere für die Tragwerksplanung eine große, jedoch reizvolle Herausforderung dar. Extrem kurze Planungszeiten mit überdurch-

**Projektbeteiligte und Daten**

*Bauherr:* Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, übergegangen auf: Walter Bau-AG, Augsburg

*Generalplanung:* gmp'p Planungsgemeinschaft Olympiastadion Berlin, bestehend aus:

- gmp Architekten von Gerkan Marg und Partner
- Krebs und Kiefer, Beratende Ingenieure für das Bauwesen
- I'RW AG,
- ibb Ingenieurbüro Prof. Burkhardt

*Projektdauer:* 1999 bis 2004

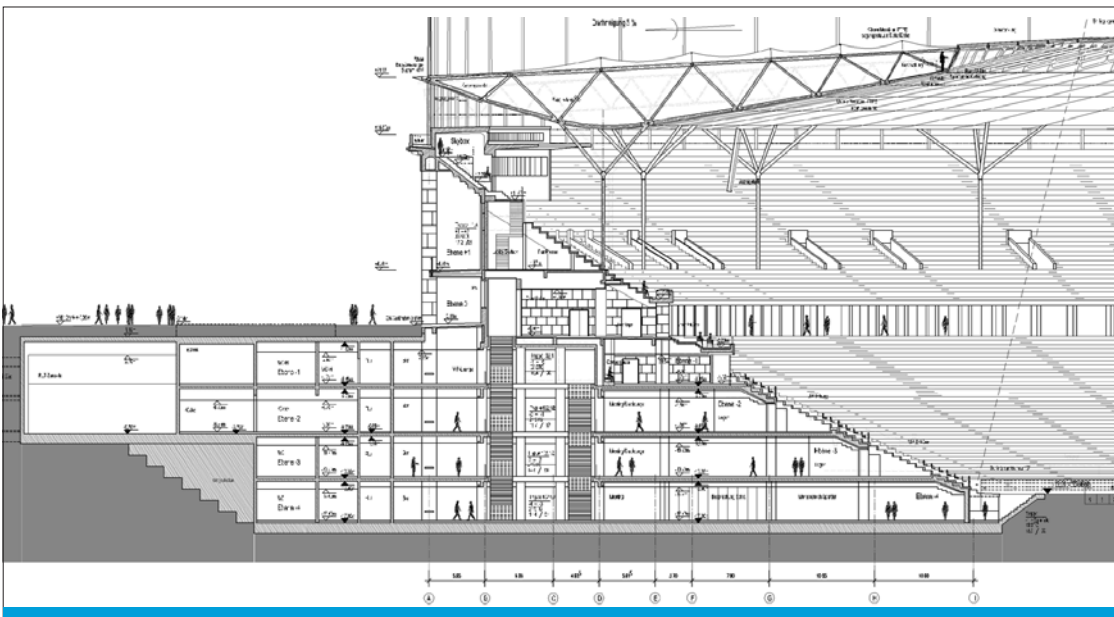
*Baukosten:* ca. 500 Mio. DM

*Besonderheiten:*

- Bauen im Bestand unter strengen Auflagen des Denkmalschutzes,
- Abschnittsweiser Umbau unter laufendem Stadionbetrieb.

schnittlich vielen Fachplanern stellen hohe Anforderungen an Projektorganisation und Planungsablauf. Bereits ein knappes Jahr nach Auftragsvergabe an die Planungsgemeinschaft konnte mit den Bauarbeiten im Stadion begonnen werden.

Mit der zügigen Umbauplanung wurde der Grundstock für die termingerechte Fertigstellung des modernisierten Olympiastadions gelegt, in dem im Juli 2006 das Endspiel der Fußballweltmeisterschaft ausgetragen wird.



**Schnitt durch die Ehrentribüne nach dem Umbau**