

Wiley Industry Days

WIN DAYS

7.-9. Juni 2021

www.WileyIndustryDays.com

Bauen 2021 - Werden Sie mit uns Teil der WINDays

Virtuelle Show mit Konferenz, Ausstellung und Networking für Architektur und Bauingenieurwesen, Automatisierung, Machine Vision, Photonics, Healthcare und Sicherheit.

- **Virtuelle Ernst & Sohn Ausstellungshalle** mit Auditorium für Architektur und Bauingenieurwesen
- **Fokus auf Ihr Networking** - Ihre Kommunikation - Ihren Vertrieb
- **3 Leistungspakete bieten Ihnen optimale Repräsentationsmöglichkeiten**, inkl. direkter Kommunikation mit den Messteilnehmern per Video- und Textchat u. v. m.



STANDBUCHUNGEN

Wenden Sie sich jetzt an unsere Experten!

Fred Doischer - Fred.Doischer@Wiley.com
Tel. +49 (0)172-3999-853

Sigrid Elgner - Sigrid.Elgner@Wiley.com
Tel. +49 (0)30-47031-254



**JETZT KOSTENFREI ALS
BESUCHER REGISTRIEREN!**
WWW.WILEYINDUSTRYDAYS.COM

„Überragende“ Sicht

Das interdisziplinäre Kreativlabor Interpol+– wurde gegründet mit der Absicht, das gegenwärtige Verständnis von Kreativität zu erweitern und auftraggeberunabhängig neue Formate zu entwickeln. In der intensiven Auseinandersetzung mit kulturellen Formen und aus einer teaminternen Begeisterung für Fußballstadien heraus ist 2010 die erste Idee zum „Suprastadio“ entstanden: ein Tribünensystem, das außergewöhnlich steile Zuschauerränge mit über 100 % Steigung integriert, die sich in ihrer Höhenentwicklung zurück Richtung Spielfeld staffeln, also über- und hervorragend, lat. „supra stadio“. Durch diese spezifische Geometrie rückt fast die Hälfte der Zuschauerplätze deutlich näher an das Spielgeschehen heran und eröffnet eine optimierte freie Sicht mehrheitlich von oben auf das gesamte Geschehen. Der Entwurf und die konzeptionelle Arbeit des Architektenteams von Interpol+– ist und war dabei von Anfang an geprägt durch eine enge Zusammenarbeit mit anerkannten Experten relevanter Fachbereiche. 2011 wurde im Rahmen eines Entwurfsvorschlages für den FC St. Pauli auch eine singuläre Tribüne als Variante des „Suprastadio“ systematisch ausgearbeitet. Insbesondere die intensive Kooperation mit dem Ingenieurbüro osd hat die im Folgenden dargestellten nachhaltigen Ausführungslösungen an den Schnittstellen von Kreativität, Architektur und Ingenieurplanung ermöglicht. Aus der Sicht des Fans heraus entwickelt, entdeckt dieses integrative Tribünenkonzept – als Patent angemeldet – die Bindung zwischen Zuschauer und Akteur neu und aktiviert so zukunftsweisende Potenziale für die Anforderungen an Stadien im 21. Jahrhundert.

Keywords Stadion; Tribüne; Oberränge; Fußball; Zuschauer; Fan; Spielfeld; Tribünenraum; Sicht, freie; Ränge, steile

1 Der Zuschauerraum als lebloses Fossil

Stadien sind wie Theater-Architekturen, Orte der Erlebbarkeit und Darbietung. Sie vermitteln ein Bild von Gemeinschaft, das ohne den Ortsbezug nicht erlebbar wäre. Insbesondere in der Beziehung zwischen Zuschauerrang und Bühne entwickelt sich jener spezifische Raum, der die Inszenierung prägt und dessen essentieller Teil die Zuschauer selbst sind. Dies gilt für Veranstaltungsstätten im Allgemeinen und im Speziellen für Fußballstadien, bei

Outstanding View

The interdisciplinary creative laboratory Interpol+– has been founded in the attempt to expand the contemporary understanding of creativity and to develop new formats independent of any contracting authority. Grounded on the enthusiasm for football stadiums by the team and resulting from an intensive elaboration of cultural forms in 2010 the first idea for the “suprastadio” has been developed: A grandstand system that integrates extraordinary steep upper tiers, which echelon back in the direction of the playing field, i.e. they protrude out and above, in Latin “supra stadio”. This specific geometry opens up an optimized and free view predominantly from above on the entire pitch and moves almost half of the audience significantly closer to the game. The conceptual design of the architects of Interpol+– has thereby been characterised from the beginning by a close cooperation with experts of all relevant disciplines. In 2011 also a stand-alone grandstand as one variant of the “suprastadio” has been systematically developed in the framework of a design proposal for FC St. Pauli. Especially the cooperation with the engineering office osd enabled the sustainable and detailed solutions on the interface of creativity, architecture and engineering, which will be presented in the following. Developed from the perspective of a fan, this integrative stadium concept – a patent application has been filed – rediscovers the connection between the spectator and the actor and opens up trendsetting potentials for the requirements of stadiums in the 21st Century.

Keywords stadium; grandstand; upper ranks; football; spectator; audience; fan; playing field; terraces; free sight; steep tiers

denen sich architektonische und gesellschaftliche Abhängigkeiten verdichten. Die dramaturgischen Kriterien in den Fußballarenen haben sich in den letzten Jahrzehnten durch die weltweite Kommerzialisierung und Mediatisierung von Sportveranstaltungen grundlegend verändert. Früher verkörperten Sportstätten, wie die durch Erdwälle geprägten Stadien im archaischen Griechenland, aber auch noch wie die anfänglichen englischen Fußballstadien in direkter Nachbarschaft zu Arbeitersiedlungen und Produktionsstätten, in erster Linie ortsspezifische und zuschauergerichte Zweckbauten [1]. Bei den mit Milliardenaufwand errichteten Fußballarenen des 21. Jahrhunderts hingegen stehen mehrheitlich nicht die Veranstaltungen an sich, sondern vielmehr Standardisierungen oder die symbolische Bedeutung der Stadien im Zentrum der Planungen.

Corresponding author/contact: becker@interpol-hamburg.com
Submitted for review: 07 August 2012
Revised: 04 September 2012
Accepted for publication: 05 September 2012

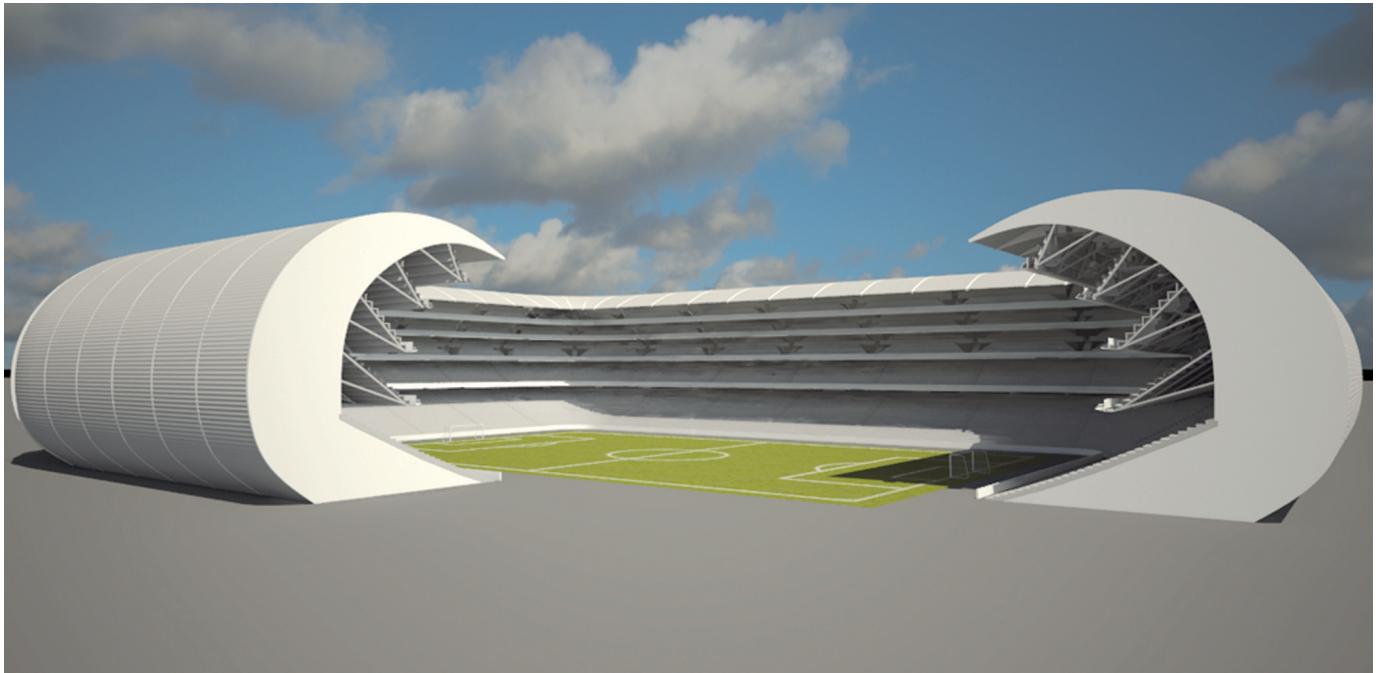


Bild 1 Stadionperspektive
Stadium perspective

Über Merchandising, aufwändige Mantelnutzungen und TV-Einnahmen finanziert, avancieren die heutigen Großstadion durch extravagante Dachkonstruktionen, zeichenhafte Architekturen und exponierte stadträumliche Lagen zu „identifikationsstiftenden“ Bauten der jeweiligen Orte und Sponsoren [2]. Dem Querschnitt nach bzw. von der Bühne der Inszenierung, dem sogenannten Spielfeld aus betrachtet, verkörpern auch diese formal und konstruktiv häufig ansprechenden Bauwerke zunächst eher triviale Räume mit standardisierten, nach hinten aufsteigenden Tribünen. Während also die „Großen Gesten“ der Ingenieurkunst und Formfindung wie vorgehängte Postkartenansichten medial vermarktet werden, verliert das ehemalige Herzstück der Stadien, der Zuschauer-raum, als nahezu teilnahmsloses und letztlich austauschbares Fossil zusehends an Bedeutung. Sein Wesen, der Stadionbesucher, mutiert wie in einem überdimensionierten Fernsehstudio zur notwendigen, weil atmosphärisch „vertrauten Einheitskulisse“ [3]. Neben der Relevanz für negative Dynamiken in Zuschauerräumen heutiger Fußballstadion drängt sich die Frage auf, ob die architektonische Vernachlässigung des Zuschauerraumes den Ansprüchen an ein Stadion des 21. Jahrhunderts gerecht werden kann. Denn abseits jeder „suggestiven Strategie“ der Stadionarchitektur lebt besonders der Fußball noch immer von der eigentlichen Begegnung im Stadion [4]. Neben den durch Fernsehübertragungen weltweit sichtbaren Großarenen verschärft sich dieses Dilemma zunehmend durch die „populäre Breitenwirkung des Stadionphänomens im lokalen Fußballstadion“ [1]. Die wachsende Standardisierung und damit einhergehend die Austauschbarkeit dieser im Eiltempo aus dem Boden wachsenden Fußballstadion haben die intensive und kreative Auseinandersetzung von Interpol+– und Partnern mit dem Zuschauerraum von Stadion initiiert.

2 Der Zuschauer im Mittelpunkt der Stadiondramaturgie

Eine entscheidende Aufgabe der Stadionarchitektur ist es, den jeweiligen technischen und gesellschaftlichen Implikationen entsprechend, charakteristische Zuschauerräume zu entwickeln. Das Erlebnis eines Stadionbesuches hängt entscheidend von dem Bezug zwischen Zuschauer und Akteur ab, jener geometrisch konstruierten erhöhten Perspektive (Bild 1). Während Nähe in heutigen Stadion wieder vermehrt durch einen geringeren Abstand dieser Tribünenkonstruktionen vom Geschehen generiert wird, setzt die Geometrie der Tribünen selbst klare Grenzen für die Qualität des Sehens. Die im Konzept des „Suprastadio“ nach vorn und übereinander angeordneten dramatisch steilen Ränge eröffnen „hierüber“ eine neue Interpretation. Schon GOETHE schrieb in seinem vielzitierten Stadionbericht im Anblick des Amphitheaters von Verona: „Wenn irgend etwas Schauwürdiges auf flacher Erde vorgeht und alles zuläuft, suchen die Hintersten auf alle mögliche Weise sich über die Vordersten zu erheben. [...] Dieses allgemeine Bedürfnis zu befriedigen, ist hier die Aufgabe des Architekten“ [5].

In der heute gängigen Tribünenarchitektur nimmt jedoch mit jeder Zuschauerreihe der Abstand zum Spielfeld nicht nur in vertikaler, sondern vor allem auch in horizontaler Richtung zu (Bild 3). In größeren Stadion verlieren die hinteren Ränge damit den direkten Bezug zum Spielgeschehen. Dabei ist das Besondere eines Stadionerlebnisses gerade die Kommunikation zwischen den Zuschauern und den Akteuren, deren gegenseitige Bedeutung in der Dramaturgie sich erst im intensiven Austausch unaufhörlich neu definiert. In einer direkten und unmittelbar verständlichen Sportart wie dem Fußball ist



Bild 2 Zuschauerraum Solitärtribüne
Audience individual grandstand

die hierfür entscheidende Nähe besonders spürbar. Auch die zunehmende Abkehr von Stadionbauten, die auch für Leichtathletikveranstaltungen genutzt werden können, und die Rückbesinnung auf die Anordnung von englischen Fußballstadien mit direkt vom Spielfeldrand aus ansteigenden Tribünen veranschaulichen die Bedeutsamkeit der Nähe, verbessern die Situation der Zuschauer im hinteren Bereich der Tribüne jedoch nur marginal.

Im Tribünenkonzept „Suprastadio“ bauen sich die Zuschauer – ähnlich einer sich aufbäumenden Welle – halbkreisförmig über das Spielfeld auf. Ehemals hintere Ränge schieben sich nun nach vorne und ergeben ein dramatisches Bild sich übereinander, in Richtung Spielfeld stufender Oberränge (Bild 2 und 4). Der 1. Oberrang der in Bild 5 abgebildeten Variante stellt zunächst noch eine Ausreißung des herkömmlichen Systems auskragender Oberränge dar, wie sie in dieser Form in großen Stadien vereinzelt bereits realisiert wurde (z.B. Morumbi-Stadion in São Paulo). Das neue Tribünenkonzept hingegen greift uneingeschränkt ab dem 2. Oberrang. Gemessen am Mittel aller Zuschauer des jeweiligen Ranges schieben sich die Oberränge nun vollständig „über und vor“ – lateinisch

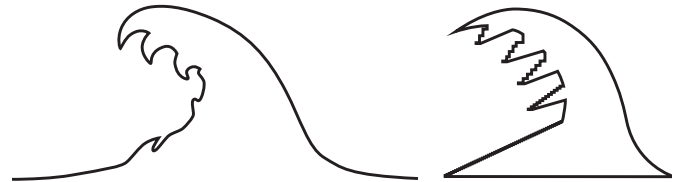


Bild 4 Konzeptionelle Wellenform
Conceptual wave form

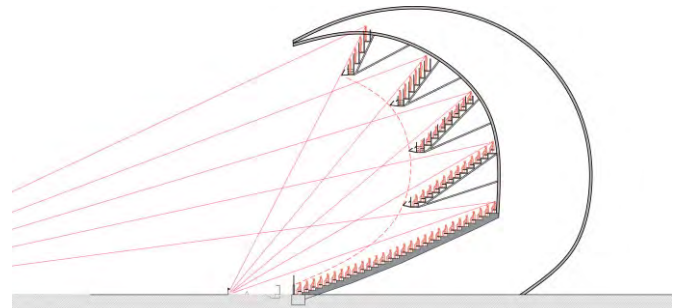


Bild 5 Schematischer Stadionschnitt 60 000
Schematic section of stadium 60 000

„supra“ – den jeweils darunterliegenden Rang, also „in Hinsicht auf das Stadion“, lateinisch „stadio“. Systematisch integrierte Oberränge mit über 100% Steigung machen diese Gesamtanordnung möglich und gewährleisten, dass sich vom Spielfeld aus gesehen ab ca. der Hälfte der Zuschauertribünen der Abstand zum Spielfeld nicht mehr vergrößert. Durch die Geometrie der Sichtachsen und zugleich durch die effiziente räumliche Integration der Oberränge in die Dachkonstruktion ergibt sich ein sich kontinuierlich nach oben verjüngendes System (Bild 6). Einem Halbkreis ähnlich entwickelt sich die Tribüne wie eine Zuschauerwand in Form einer Welle in die Höhe (Bild 4). Während in herkömmlichen Stadien die Dramatik durch einen Abschluss in Form aufgesetzter

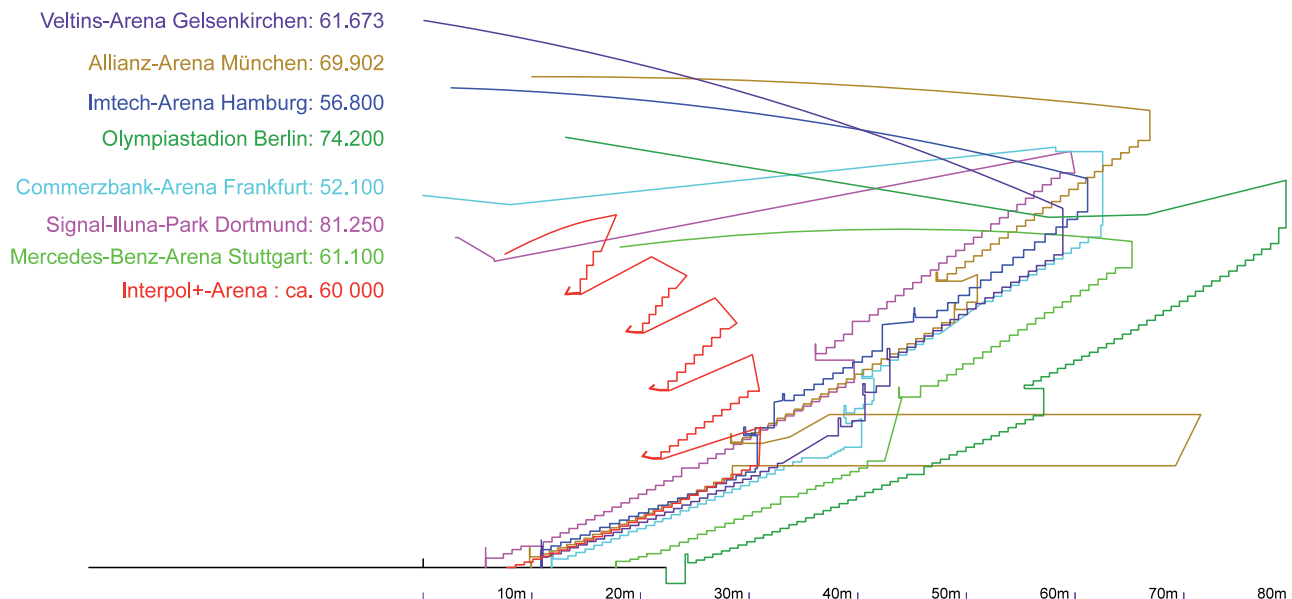


Bild 3 Stadienvergleich [7]
Comparison of stadiums [7]



Bild 6 Ebenengrundrisse
Floorplans of stadium

Dachkonstruktionen erzeugt wird, braucht das Tribünenkonzept des „Suprastadio“ kein aufgesetztes Dach. Durch die Überführung der Zuschauerreihen aus der Horizontalen in die Vertikale wird eine eindrucksvolle, räumliche „Wand aus Menschen“ generiert, die gleichzeitig Zuschauerraum und Abschluss zum Firmament bildet. Auch der Abstand zur gegenüberliegenden Tribüne verkürzt sich mit zunehmender Höhe fast bis zum Spielfeldrand. Wie akustische Gutachten bestätigen, ermöglicht das Tribünenkonzept des „Suprastadio“ zusätzliche intensive Kommunikationen zwischen den Oberrängen – vor, über und unter sich – im gesamten Stadion und verstärkt die Dramaturgie einer vereinten Zuschauermenge. Zentral bleibt jedoch die Nähe bzw. der Abstand zum Spielfeld, der sich für fast die Hälfte aller Zuschauer entscheidet, verkleinert oder, gemessen an den hintersten Reihen, sogar halbiert. Das hier vorgestellte neue Tribünenkonzept rückt die direkte Beziehung zwischen Spielfeld und Tribünenraum und damit zwischen Zuschauern und Akteuren wieder in den Mittelpunkt der Stadiondramaturgie.

3 Die direkte Sicht auf das Spielgeschehen

Möglichst vielen Zuschauern eine optimale Sicht auf das Spielfeld zu ermöglichen, ist ein zentrales Element bei der Planung von Stadien. Das dynamische Verfolgen des Spielgeschehens stellt dabei hoch komplizierte und differenzierte Ansprüche an eine sogenannte „gute“ Sicht. Neben der Nähe zum Spielfeld und der Direktheit des Sehens ist aber zunächst die „freie“ Sicht auf das Spielgeschehen ein notwendiges Kriterium, das über Regularien und Verordnungen definiert wird. Die FIFA/UEFA z. B. empfiehlt eine Sichtlinien-Überhöhung von 12 cm über dem sogenannten „Augpunkt“ der eine Reihe tiefer sitzenden Personen [6]. Für die Geometrie von Tribünen ist diese Definition ein prägendes Merkmal; es führt zu der charakteristischen, leicht konkav nach hinten ansteigenden Tribünenform. Die Einhaltung der definierten Sichtlinien gilt entsprechend für jeden einzelnen Rang des Tribünenkonzepts „Suprastadio“. Neben der Sichtlinien-Überhöhung von 12 cm garantieren die spezifische Anordnung der Oberränge übereinander sowie die konstruktiv begründete Stützenfreiheit im Stadioninnenraum von jedem Platz eine freie Sicht auf das gesamte Spielfeld (Bild 5). Die sich zum Spielfeld hin entwickelnden Oberränge bieten gleichwohl systematisch neue Sichtbezüge und Qualitäten, von denen die Aspekte „Sichtwinkel-



Bild 7 Innenperspektive Tribünen
Inner perspective of terraces

zonen“ und „Überblick“ im Folgenden kurz beschrieben werden.

Sichtwinkelzonen lassen sich bezogen auf ein Stadion vereinfacht und in Anlehnung an NIXDORF [7] in drei signifikante Bereiche gliedern. In dem an das Spielfeld angrenzenden vorderen Zuschauerbereich führt der große Sichtwinkel zu notwendigen starken Kopfbewegungen und beeinträchtigt hierdurch eine bequeme Sicht. Die Qualität dieses Zuschauerbereiches wird hier vielmehr durch die Nähe und Unmittelbarkeit des Erlebnisses bestimmt (Bild 7). Der Bereich in der Stadionmitte ist gekennzeichnet durch ein ausgeglichenes Verhältnis von Nähe zum Spielfeld bei gleichzeitiger Spielübersicht mit leichten und noch bequemen Kopfbewegungen. In großen Stadien werden im mittleren Bereich wegen dieser Vorzüge erfahrungsgemäß die teuren Business- und Logenplätze angeordnet. Im hinteren Bereich ist es möglich, das Spielgeschehen fast ohne Kopfbewegungen zu verfolgen, beim menschlichen Auge entspricht dies ungefähr einem Sichtwinkel von 30° zu jeder Seite. Die große Distanz zum Spielgeschehen und die daraus resultierenden Irritationen durch Außeneinflüsse im Sichtfeld beeinträchtigen die Qualität der Sicht in diesem Bereich jedoch entscheidend [7]. Im „Suprastadio“ rücken durch die Staffelung der außergewöhnlich steilen Oberränge Richtung Spielfeld die Zuschauer aus dem hinteren Bereich nach vorne. In mittleren und großen Stadien befindet sich damit die Hälfte aller Zuschauer im mittleren Bereich, der sich nun halbkreisähnlich nach oben entwickelt. Sie können das Geschehen in einem sehr guten Verhältnis zwischen bequemer Übersicht und gleichzeitiger Nähe zum Spielfeld verfolgen.

Das Tribünensystem „Suprastadio“ integriert überaus steile Zuschauerränge jenseits der 100%-Steigung, die sich in ihrer Höhenentwicklung Richtung Spielfeld stapeln. Durch die spezifische Geometrie kommt es zu einem weiteren Phänomen hinsichtlich der Sichtqualität: Mit zunehmender Höhe wird die Differenz zwischen dem am weitesten entfernten Punkt und dem nächsten Punkt des Spielfeldes stetig kleiner, die Sicht wird ausgewogener und übersichtlicher. Wenn die horizontale Entfernung zum nächsten Punkt des Geschehens kleiner ist als die Höhe des Augpunktes, hat die entsprechende Sichtlinie eine Steigung von mehr als 100% und entfaltet somit mehrheitlich eine Aufsicht bzw. Sicht von oben auf das Geschehen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Stadien, bei welchen man das Spielgeschehen mehrheitlich von der Seite aus betrachtet, bietet die Verortung der über 45° steilen Ränge in der Höhe und zugleich nah am Spielfeld eine Sicht, die sich in Richtung eines ausgeglichenen „Überblicks-von-schräg-oben“ entwickelt (Bild 5). Dies ist eine angenehme und spektakuläre Perspektive, die man als Zuschauer bisher nur aus Fernsehübertragungen kennt. Der entscheidende Vorteil des „Suprastadio“ liegt damit in der generierten Nähe zum Spielfeld bei gleichzeitig freier Sicht auf das gesamte Spielgeschehen. Im Vergleich zu herkömmlichen Tribünen garantiert dies für ungefähr die Hälfte der Zuschauer eine deutlich verbesserte und „direktere“ Sicht und eine insgesamt ausgeglichene Verteilung von Sichtqualität auf der Tribüne mit teilweise neuen und spektakulären Charakteristiken.

4 Die Tragkonstruktion als aktiver Ingredient

Die Entwicklung der Tragkonstruktion war von Anfang an ein integraler Bestandteil des Tribünensystems „Suprastadio“. Die in die Dachkonstruktion integrierten und sich zum Spielfeld hin stapelnden Oberränge mit über 100% Steigung, die eine direkte und freie Sicht auf das Spielgeschehen ermöglichen, stellen dabei eine besondere Herausforderung für die Tragwerksplanung dar. Während bei herkömmlichen Stadionbauten die Tribünen und das Dach in der Regel voneinander unabhängige Konstruktionen sind, bilden die Oberränge mit der Dachkonstruktion beim „Suprastadio“ ein statisch zusammenhängendes Gesamtsystem. Dies hat entscheidende Auswirkungen auf das statische und dynamische Verhalten, denn durch die zusammenhängende Konstruktion wirken auch die verschiedenen Lasten auf die Gesamtkonstruktion ein. Aus tragwerksplanerischer Sicht ist dabei neben den statischen Anforderungen an die Standsicherheit insbesondere eine ausreichende Steifigkeit für die Einhaltung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit unter dynamischer Beanspruchung sicherzustellen. Die wechselseitige Beeinflussung von Tribünen- und Dachkonstruktion auf das Tragverhalten wurde intensiv im Rahmen der Entwurfsausarbeitung für eine Solitärtribünenkonstruktion untersucht. Neben den zuvor beschriebenen Vorteilen der räumlichen Einbindung der Zuschauer in das Spielgeschehen bringt die systembedingte gerin-

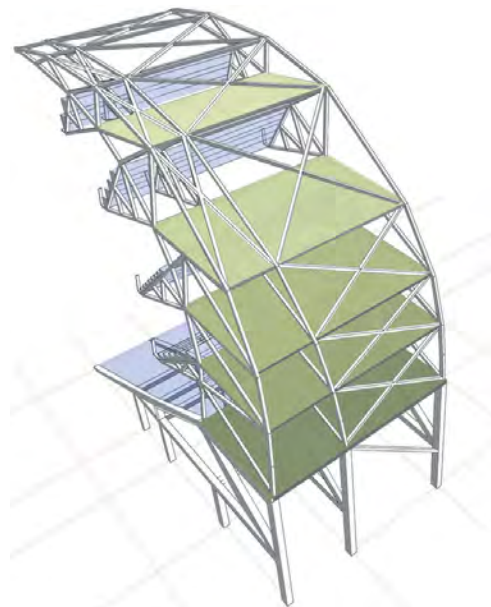


Bild 8 Stahlbau
Steel structure

ge Tribümentiefe große Vorteile für den Platzbedarf und ist ideal für räumlich beengte Situationen.

Erste Entwurfsansätze in der Vorplanung für das Tragwerk sahen zunächst eine leichte Stahlkonstruktion als additives System von regelmäßig angeordneten, ebenen Primärträgern vor, die fachwerkartig aufgebaut sind und sich als Kragkonstruktion aus der Vertikalen in Richtung Spielfeld krümmen (Bild 8). Dynamische Berechnungen machten jedoch schnell deutlich, dass ein leichtes Stahltragwerk aufgrund der ungünstigen Abstimmung aus Steifigkeit und träger Masse zu sehr hohen Beschleunigungen führt. Für den Lastfall Hüpfen wären in diesem Fall der Komfortbereich mit $1,0 \text{ m/s}^2$ und die Panikgrenze mit $3,5 \text{ m/s}^2$ [8] bzw. $3,0 \text{ m/s}^2$ [9] nicht für alle Tribünenbereiche erreicht worden. Daher wurde die Konstruktion durch Variation der Geometrie und der Materialien schrittweise versteift, bis die Berechnungen zu maximalen Beschleunigungen führten, die deutlich unterhalb der Panikgrenze liegen.

Die schlussendlich entwickelte Tragkonstruktion für das „Suprastadio“ ist eine Mischkonstruktion. Sie besteht aus geschosshohen Fertigteilelementen, die auf der Baustelle mit einer Ortbetonschicht zu tragenden Scheiben mit u-förmiger Querschnittsform vergossen werden (Bild 9). Die Stahlbetonscheiben verjüngen sich nach oben in den Querschnittsabmessungen und setzen sich oberhalb des letzten Zuschauerranges als leichte Stahlfachwerkkonstruktion bis zur Kragarmspitze fort. Die Zuschauerränge selbst sind als auskragende Stahlfachwerkträger ausgebildet, die über Einbauteile in die scheibenartigen Stahlbetonträger eingespannt sind. Zur Vermeidung großer, steifigkeitsbeeinflussender Rissweiten ist alternativ zu der Begrenzung der Rissbreiten durch schlaffe Bewehrung eine Vorspannung des rückwärtigen, zugbeanspruchten Flansches möglich.

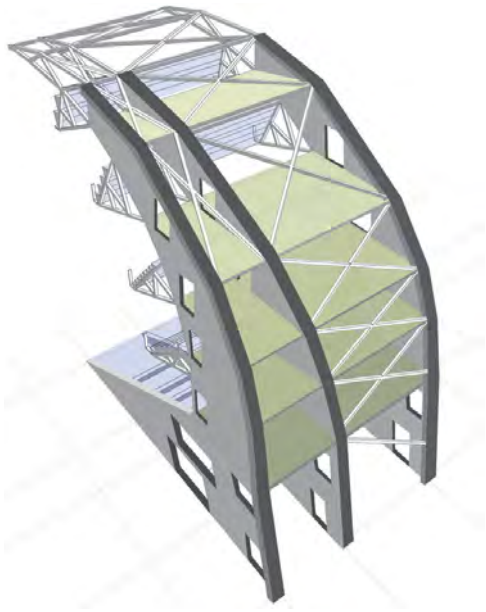


Bild 9 Mischkonstruktion
Hybrid structure

Die auskragenden Betonscheiben sind der gekrümmten Außenform polygonal angenähert. Als Gesamtsystem für eine Tribünen­seite können immer zwei Betonscheiben in

regelmäßigen Abständen mit einer innenliegenden Treppe zu einem Erschließungskern gekoppelt werden, sodass sich die Anforderungen an die Erschließung individuell abstimmen lassen (Bilder 10 und 11, Achse B-C, E-F, ...).

Zwischen den Erschließungskernen können weitere singuläre Kragträger angeordnet werden. Durch das additive Tragwerkskonzept ist eine abschnittsweise Herstellung der Tribünenkonstruktion möglich, was entscheidende Vorteile bei der Bauzeit und Montage verspricht.

Zur Analyse des dynamischen Verhaltens der einzelnen Konstruktionsvarianten wurde eine vereinfachte, dynamische Berechnung für die ersten drei Harmonischen durchgeführt [10]. Dabei wurden folgende Parameter berücksichtigt: Eigenfrequenz, Belastung durch hüpfende Zuschauer, träge Masse, Fourierfaktoren, Synchronisation der hüpfenden Personen sowie ein Vergrößerungsfaktor zur Berücksichtigung der Dämpfung bzw. Resonanz [8], [11], [12]. Die angesetzten Werte sind in Tabelle 1 dargestellt.

Als maßgebende Stelle wurde jeweils die Kragarmspitze des 4. Oberrangs betrachtet, da sich anfangs dort die größte Beschleunigung unter der ersten Eigenform ein-

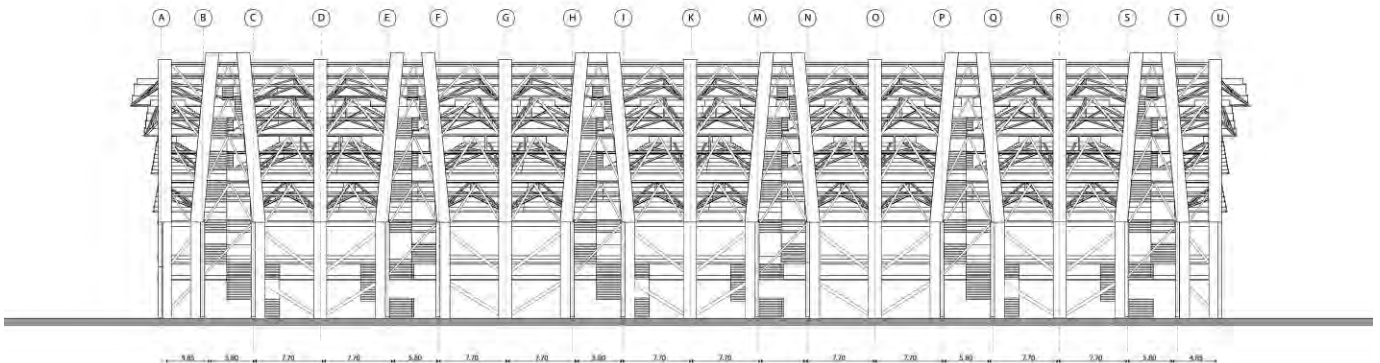


Bild 10 Konstruktionsansicht
Elevation of the hybrid structure

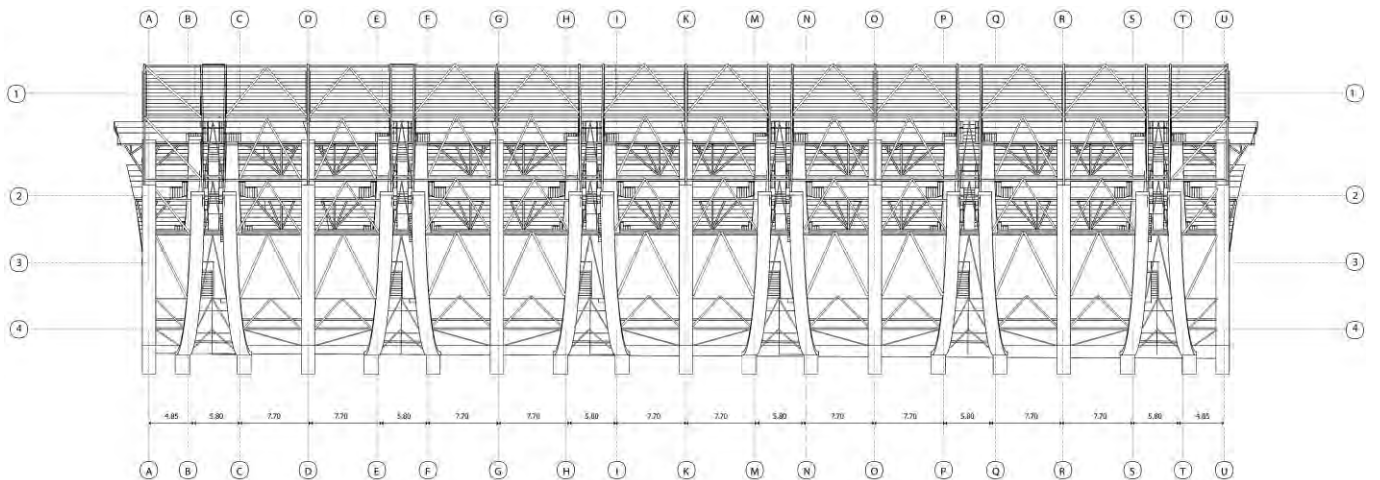
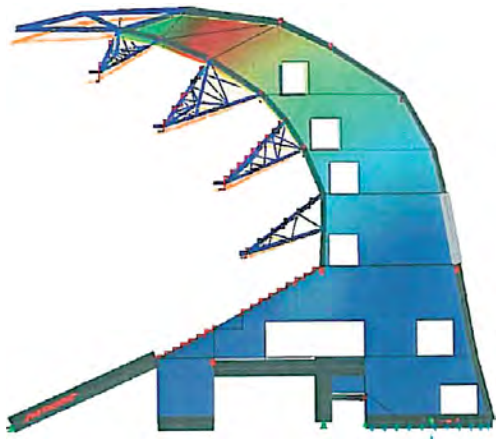


Bild 11 Konstruktionsaufsicht
Top view of the hybrid structure

Tab. 1 Angesezte dynamische Parameter
Chosen dynamic parameter

Parameter	Grundfrequenz	2. Harmonische	3. Harmonische
Fourierfaktor Hüpfen	1,80	1,20	0,50
Synchronisation	0,75	0,50	0,40
Personenmasse	85 kg/Person	(jede 2. Person wegen Platzbedarf beim Hüpfen)	
Materialdämpfung Stahlkonstruktion	1,0 %		
Materialdämpfung Mischkonstruktion	1,5 %		
Max. mögliche Dämpfung bei optimal eingestelltem Tilger	7,0 %	(gem. Herstellerangabe)	
Vergrößerungsfaktor	[10]		

**Bild 12** Erste Eigenform
First mode shape

stellte. Die erste Eigenform war in allen Entwicklungsschritten ein „Verneigen“ des Primärtragwerks (Bild 12), was im 4. Oberrang zu einer ungünstigen Überlagerung der globalen mit den lokalen Verformungen führte. Erst durch die Erhöhung der Steifigkeit und den Materialwechsel hin zu Stahlbeton in Kombination mit dem Einsatz von Schwingungstilgern wurden andere Eigenformen maßgebend.

Für die final untersuchte Konstruktion der Stahlbetonscheiben wurden die Eigenfrequenzen an einem räumlichen Modell über drei Achsen unter Berücksichtigung aller Durchgänge und Öffnungen mit dem vollen Eigengewicht und 100% der Personenlast ermittelt. Die Eigenformen, welche vertikale Schwingungen verursachen, sind mit den zugehörigen Eigenfrequenzen in Tabelle 2 zusammengefasst.

Die erste vertikale Eigenfrequenz liegt 20% oberhalb der maximalen Erregerfrequenz, was dem empfohlenen Abstand zur Grundfrequenz entspricht [13]. Da die Tribünen-träger als Stahlbau konzipiert sind, wurde für die Schwingungen der einzelnen Oberränge eine Abstimmung oberhalb der 3. Harmonischen angestrebt ($f = 9,0$ Hz) [11]. Die Untersuchung für die Variante Einzeltribüne mit vier Oberrängen hat gezeigt, dass auch für die über 45° steilen Oberränge 3 und 4 dieses Ziel erreicht

Tab. 2 Eigenformen und Eigenfrequenzen der untersuchten Mischkonstruktion
Mode shape and frequencies of the analyzed hybrid structure

Eigenform	Beschreibung	Eigenfrequenz [Hz]
1.	symmetrisch, „Verbeugung“ Primärtragwerk	3,69
2.	asymmetrische, vertikale Schwingung	4,17
3.	1. Oberrang vertikal	6,62
4.	2. Oberrang	6,72
5.	3. + 4. Oberrang	≥ 9,00

wurde. Die Ränge 1 und 2 können durch eine geringfügige Anhebung der statischen Höhe ebenfalls auf eine Eigenfrequenz von $f = 9,0$ Hz versteift werden.

Bild 13 zeigt einen Vergleich zwischen dem ersten Konzept eines leichten Stahltragwerks und der final untersuchten Mischkonstruktion. Dargestellt werden die überlagerten Beschleunigungen im 4. Oberrang der ersten drei Harmonischen der ersten Eigenform in Abhängigkeit zur Erregerfrequenz für Hüpfen von 1,5 bis 3,0 Hz [8], [11]. In den Berechnungen wurden die in Tabelle 1 dargestellten Parameter unter Berücksichtigung eines Dämpfers zugrunde gelegt. Es zeigt sich, dass das leichte Stahltragwerk aufgrund der geringen Eigenfrequenz eine Resonanz in der Grunderregerfrequenz bei ca. 2,86 Hz aufweist. Die Mischkonstruktion weist trotz des wesentlich höheren Gewichts eine deutlich höhere Eigenfrequenz ($f = 3,69$ Hz) auf und hat daher ein Resonanzmaximum in der 2. Harmonischen bei der doppelten Grundfrequenz von ca. $f = 1,84$ Hz.

Für die final entwickelte Mischkonstruktion wurde nach Abschluss der Entwurfsplanung eine genaue dynamische Berechnung durchgeführt. Hierfür wurden die im Vorfeld ermittelten und für die Resonanz der ersten Eigenform maßgebenden, harmonischen Erregerlasten für Hüpfen auf den Oberrängen 1, 3 und 4 und Wippen auf dem

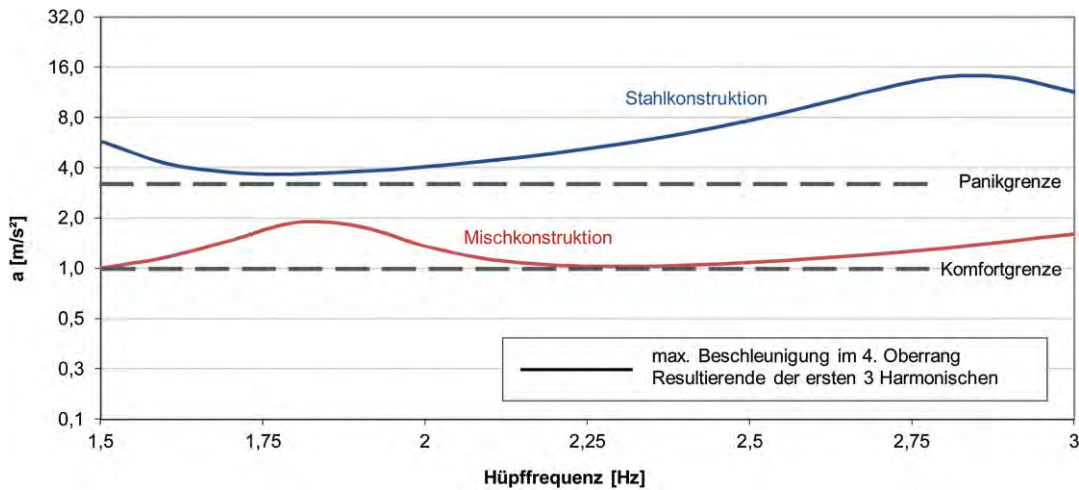


Bild 13 Vergleich Schwingungsberechnungen
Comparison oscillation calculations

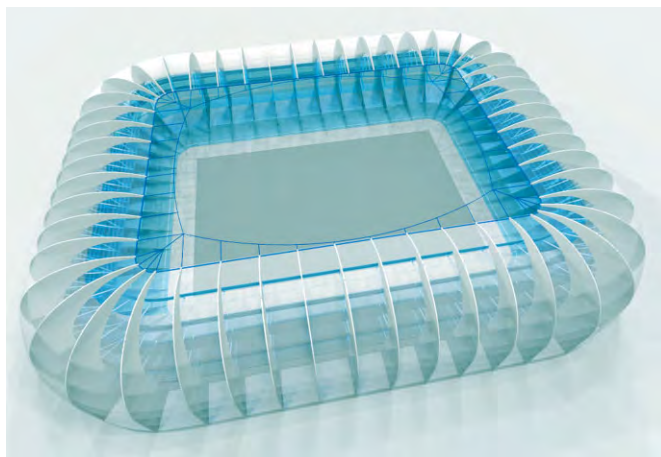


Bild 14 Perspektive statisches Stadionkonzept
Perspective static stadium concept

2. Oberrang (Annahme dieses Oberrangs mit Sitzplätzen) berücksichtigt. Es ergaben sich unter diesem Lastansatz vertikale Beschleunigungen von $1,9 \text{ m/s}^2$. In einer Beurteilung des dynamischen Verhaltens durch ein externes Ingenieurbüro [14] wurden die zugrunde gelegten Last- und Berechnungsmodelle als zutreffend eingestuft und die Machbarkeit der entwickelten Konstruktion deutlich unter der Panikgrenze grundsätzlich bestätigt.

Die Entwurfsplanung für die Variante Solitärtribüne mit vier Oberrängen hat gezeigt, dass eine einzelne, freistehende Tribüne als „Suprastadio“ realisierbar ist. Es hat sich gezeigt, dass die Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit unter dynamischer Beanspruchung die wesentliche Aufgabe der Tragwerksplanung ist. Für einzelne Tribünen ist eine optimale Abstimmung der Gesamtsteifigkeit unter gezieltem Einsatz von Schwingungsdämpfern Garant für eine wirtschaftliche Tragkonstruktion. Räumlich zusammenhängende Tribünenabschnitte und insbesondere die Weiterführung der Entwurfsidee zu einem Gesamtstadion eröffnen weitere Optimierungen durch die Aktivierung räumlicher Tragwirkungen. Ein Ansatz ist beispielsweise die räumliche Aussteifung durch vorgespannte

Kabel (im Dach und/oder je Ebene), welche zusätzliche statische und dynamische Vorteile für das Konzept bringt (Bild 14). Hieran wird derzeit weiter gearbeitet.

5 Systemimmanente Kontinuitäten als Potenziale

Das Konzept des „Suprastadio“ ist sowohl auf eine einzelne Tribüne als auch auf ein Gesamtstadion anwendbar. Eine detaillierte Entwurfsstudie für unterschiedliche Stadiongrößen mit Kapazitäten von 20 000, 40 000, 60 000, 90 000 und 110 000 Zuschauern hat die Anpassungsfähigkeit des vorgestellten Tribünensystems verdeutlicht. Neben den im ersten Teil dieses Artikels dargelegten Charakteristika in Bezug auf Nähe, Akustik, Sicht und dynamisches Verhalten, zeigen sich weitere systemimmanente Potenziale auch bei den Aspekten Sicherheit, Erschließung, Bauvolumen und räumliche Qualität.

Durch die Staffelung der Zuschauerreihen ab der Hälfte der Zuschauerreihen zurück in Richtung Spielfeld wird im Vergleich zu herkömmlichen Tribünen, abhängig von der Gesamtgröße, ca. $1/3$ der benötigten Grundfläche eingespart. Neben dem unmittelbaren platzsparenden Effekt etwa in urbanen oder innerstädtischen Lagen bietet das „Suprastadio“ in der Folge durch die Generierung von zusätzlichem qualitativen Raum ein großes Potenzial zur Integrierung von Mantelnutzungen. Dies betrifft insbesondere die nun frei gewordenen Räumlichkeiten im oberen Teil der Tribüne. Gleichzeitig zeigen die Studien aber auch, dass die hier vorgestellte Tribünenkonzeption letztlich mit beinahe jeder erdenklichen vorgesetzten Fassade ressourceneffizient und nachhaltig kombiniert werden kann.

Analog zum jeweiligen Nutzungskonzept bzw. der Ausformung der Fassade ist die Hapterschließung der einzelnen Ränge von hinten selbstredend individuell zu planen. Die Ausdifferenzierung der Tribüne in mehrere Oberränge macht hier eine signifikante Verkürzung der Wegung zu den Servicebereichen bzw. Verteilerebenen

Tribünen mit mehr als 37 Grad Steigung:
Stufengang teilweise quer zur Tribünensteigung

Tribünen bis ca. 36 Grad Steigung:
Stufengang in Richtung der Tribünensteigung

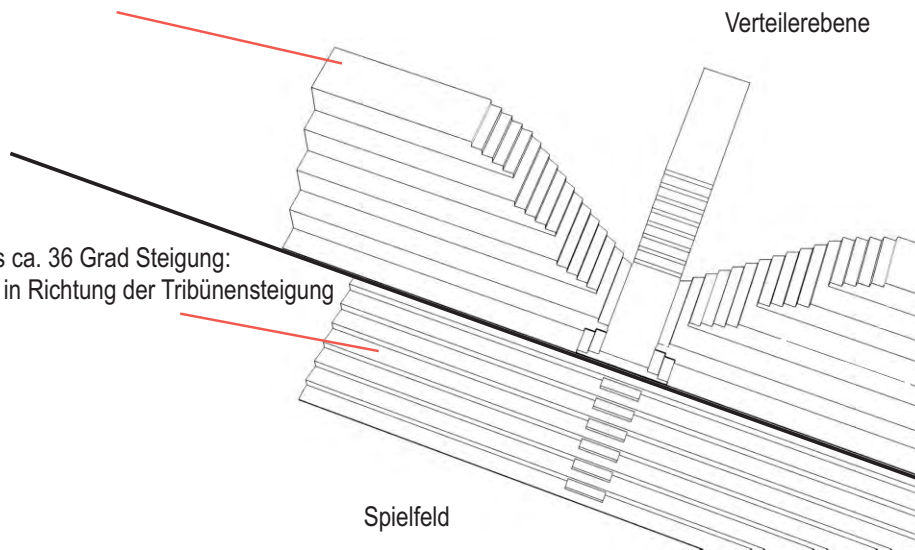


Bild 15 Schematische Perspektive – Tribünererschließungskonzept
Schematic perspective – concept of access for upper tiers

möglich. Die Erschließung der einzelnen Stufenreihen hingegen stellt eine systemimmanente Herausforderung dar, da die spezifische Geometrie in den oberen Bereichen der Tribüne steile Oberränge mit über 100% Steigung notwendig macht. Während der erste Oberrang im angeführten Beispiel mit ca. 36° Steigung noch in Richtung der Tribünensteigung über sichere Treppen mit einem Steigungsmaß von 26 cm auf 19 cm erschlossen werden kann, hat Interpol+– für die steileren Tribünen, also schon ab dem 2. Oberrang mit über 37° Steigung, und insbesondere für darüber liegende über 45° steile Oberränge, ein neues Erschließungskonzept einwickelt (Bild 15). Die einzelnen Stufenreihen werden nun von Zugängen auf Höhe der ersten Stufe der jeweiligen Ränge fächerförmig in beide Richtungen nach oben erschlossen. Das Besondere an diesem neuen System der Erschließung ist die Überwindung der Höhe auch in Querrichtung zur Tribünensteigung, und zwar in Richtung auf die Stufenreihen. Diese Mundlöchern ähnlichen Erschließungseinschnitte sind jeweils zwischen die konstruktiven Fachwerkträger in die Hängerränge integriert und wiederholen sich auf den steilen Oberrängen der Tribüne im Abstand von ca. 20 m (dies entspricht ca. 40 Zuschauerplätzen). Gemäß den Gutachten ausgewiesener Fachplaner gewährleistet die „Fächererschließung“ in dieser Form nicht nur eine übersichtliche Leitung der Zuschauer, sondern entspricht auch allen gängigen Richtlinien sowie höchsten Sicherheitskriterien. Durch eine einfache architektonische Lösung ist es also gelungen, die Limitierung der Tribünensteigung von der maximal zugelassenen Treppesteigung von ca. 36° zu entkoppeln und zu überwinden. Abgesehen von der Bedeutung als essentielles Kriterium für das Konzept des „Suprastadio“ birgt die „Fächererschließung“ auch große Entwicklungspotenziale für Einzeltribünen in verschiedensten Veranstaltungskontexten.

Die einzelnen Stufenreihen dieser steil aufragenden Tribünen sind gemäß Erschließungs- und Sicherheitskriterien als Einzelreihen zu werten, da sie in Folge ihrer hohen Stufen untereinander jeweils durch Absturzsicherungen getrennt sind. Zusätzlich erhöhen den Oberrängen vorgelagerte und speziell entwickelte Fangkörbe die Sicherheit der Zuschauer bezüglich herabfallender Gegenstände. Letztlich macht aber in erster Linie die systemimmanente Aufteilung der Zuschauer in mehrere Oberränge eine bessere Übersicht und Kontrolle im Stadion möglich. Diese Herangehensweise an Sicherheitsfragen spiegelt letztlich auch den Entwicklungsprozess des hier vorgestellten Tribünenkonzepts wider. So wurden in Zusammenarbeit mit Fachleuten Planungen entwickelt, die in Bezug auf Konstruktions- und Sicherheitsaspekte allen relevanten Anforderungen und Regularien genügen. Eine intensive Auseinandersetzung mit systemspezifischen Potenzialen des „Suprastadio“ sowie die entsprechende Konsultierung von Expertengutachten haben darüber hinaus zusätzliche und förderliche Sicherheitsmaßnahmen auf verschiedenen Ebenen möglich gemacht.

6 Die Wiederbelebung eines gemeinschaftlichen Erlebnisses

Im Zentrum des Konzepts „Suprastadio“ stand und steht eine Weiterentwicklung von Tribünenbauten im Sinne eines positiven Stadionerlebnisses. Sich Richtung Spielfeld staffelnde und mit über 45° extrem steile Oberränge ermöglichen eine qualitativ verbesserte direkte Sicht und Akustik für fast die Hälfte der Zuschauer, die nun deutlich näher am Geschehen platziert sind. Der Wegfall der hinteren Ränge eröffnet dabei vielversprechende Potenziale durch zusätzlich gewonnene Grundfläche und qualitativen Raum (Bild 16). Nicht zuletzt macht diese spezifi-

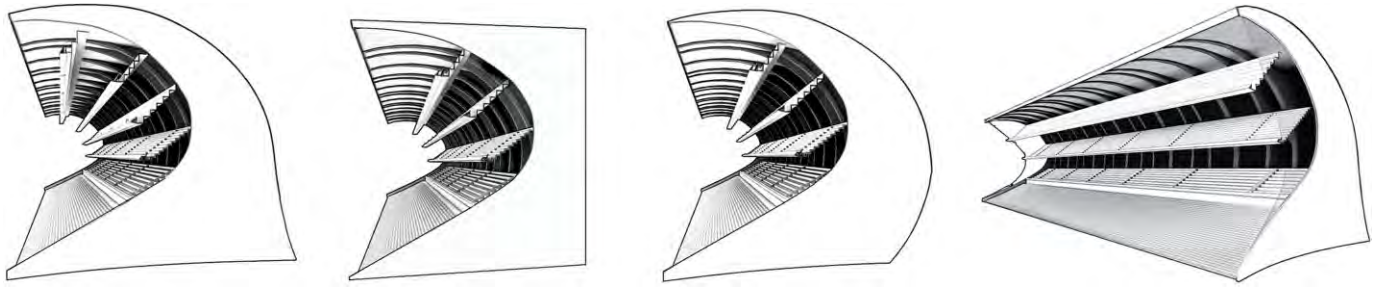


Bild 16 Konzeptionelle Tribünenstudie
Conceptual grandstand study

sche geometrische und integrative Konstruktion erst den Bau von großen Stadien mit ausschließlich hochwertigen Zuschauerplätzen möglich. Aus der Sicht des Fans heraus entwickelt, steht dabei die Wiederbelebung der

direkten Beziehung zwischen Spielfeld und Tribünenraum im Mittelpunkt der Stadiodramaturgie. Das „Suprastadio“ stärkt die Nähe und definiert die Bindung zwischen Zuschauer und Akteur neu.

Literatur

- [1] EBELING, K.: *Die Flut des Raumes. Eine Archäologie der Masse*. In EBELING, K., SCHIEMENZ, K.: *Stadien: eine künstlerisch-wissenschaftliche Raumforschung*. Berlin: Kadmos 2009, S.107–159.
- [2] PRINZ, R.; STROBL, H.: *Sportkultur – Kultarchitektur*. In NERDINGER, W.: *Architektur + Sport*. Wolfratshausen: Edition Minerva 2006, S. 119–139.
- [3] MARSCHIK, M.; MÜLLNER, R.; SPITALER, G.; ZINGANEL, M.: *Einmarsch ins Stadion*. In MARSCHIK, M. et al.: *Das Stadion: Geschichte, Architektur, Politik, Ökonomie*. Wien: Turia & Kant 2005, S. 7–18.
- [4] VERSPOHL, F.-J.: *Architektur als Aktionsobjekt*. In NERDINGER, W.: *Architektur + Sport*. Wolfratshausen: Edition Minerva 2006, S. 155–170.
- [5] GOETHE, J. W. v.: *Goethes poetische und prosaische Werke in zwei Bänden*. Stuttgart und Tübingen: Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung 1836–1837. Band 2, S. 279.
- [6] *UEFA Handbuch für Qualitätsstadien*. Hrsg.: Union of European Football Associations (UEFA) 2011.
- [7] NIXDORF, S.: *Sichtlinien und Sicherheit*. Technische Hochschule Aachen: Dissertation 2006.
- [8] KASPERSKI, M.: *Menschenregte Schwingungen in Sportstadien*. Bauingenieur, Band 76, 2001.
- [9] VDI Richtlinie 2038 (Entwurf): *Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken bei dynamischen Einwirkungen*, 2010.
- [10] DAZIO A.: *Tragwerksdynamik und Schwingungsprobleme*. ETH Zürich.
- [11] BACHMANN, H.; AMMAN, W.: *Schwingungsprobleme bei Bauwerken*. Basel: Birkhäuser Verlag 1995.
- [12] KASPERSKI, M.: *Entwurfsvorgaben für Tribünen- und Deckenkonstruktionen unter menscheninduzierten Schwingungen*. VDI Bericht 1754, 2003.
- [13] GEROLD, M.; STEPNIIEWSKI, L.: *Baudynamik in der Alltagspraxis*. 12. Massivbauseminar, Bauakademie Biberach, 2004.
- [14] LÜCHINGER, P.; MEYER, D.; BASSETTI, A.: *Baudynamische Beurteilung des Entwurfs*. 2011, Dr. Lüchinger + Meyer Bauingenieure AG, Zürich.

Entwurf:
Lars Rühmann
Dipl.-Ing. Tim Schierwater
Dipl.-Ing. Mark Höfler
Dipl.-Ing. MSc Timothy Pape
Interpol +-
Freie Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH
Linienstraße 144, 10115 Berlin
info@interpol-berlin.com

Tragkonstruktion:
Prof. Dipl.-Ing. Klaus Fäth
Prof. Dr.-Ing. Harald Kloft

Projektleitung:
Dr.-Ing. Frank Brückner
osd – office for structural design
osd GmbH & Co. KG
Gutleutstraße 96, 60329 Frankfurt a.M.
office@o-s-d.com