

BK Dukes Arena
barrierefreie Basketball - Wettkampfhalle

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs

Studienrichtung: Architektur

Georg Kraus

Technische Universität Graz
Erzherzog-Johann-Universität
Fakultät für Architektur

Betreuer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Peters
Institut: Tragwerksentwurf

April 2013

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

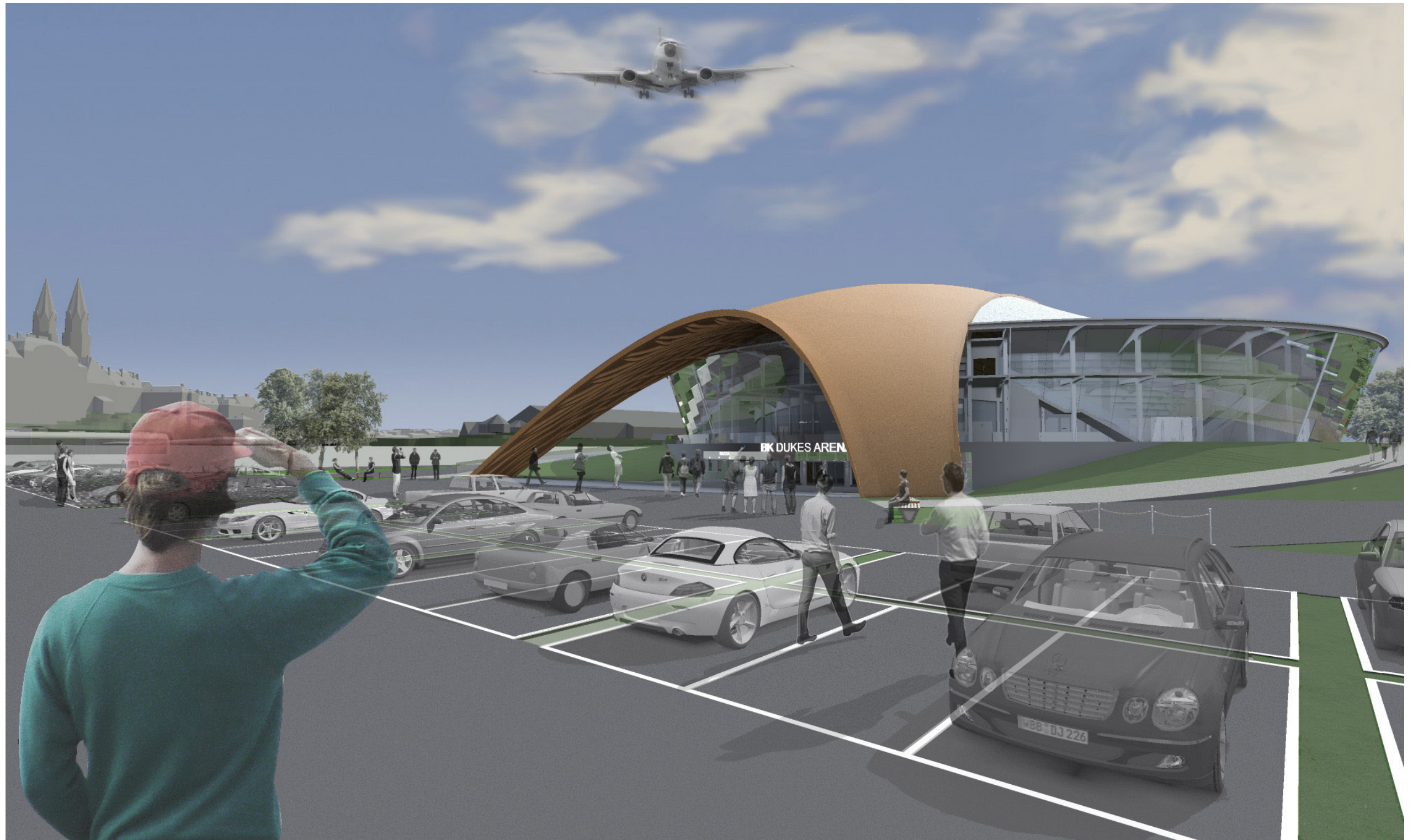
.....
(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....
date

.....
(signature)



Diplomarbeit 2013

Institut für Tragwerksentwurf – TU Graz

BK Dukes Arena – barrierefreie Basketball - Wettkampfhalle

Betreuer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Peters

Georg Kraus

Inhalt

Einleitung	5
Concrete Student Trophy	6
Kritische Analyse	6
Der Bauplatz	7
Referenzprojekte	9
Palazzetto dello Sport	10
EWE Arena	11
Rudi-Sedlmayer-Halle – Audi Dome	12
Tenniszentrum, Marin-La Théne	13
Olympiahalle München	14
Entwurfentwicklung	15
Entwurf	19
Lage - Verkehrsanbindung	20
Städtebauliche Eingliederung	21
Das Raumprogramm	23
Äußere Erschließung	27
Innere Erschließung	29
Brandschutz und Fluchtwege	31
Barrierefreiheit	32
Grundrisse Schnitte Ansichten	33
Grundrisse	34
Schnitte	39
Ansichten	41
Tragwerksentwurf	43
Die Schale	44
Das innere Tragsystem	49
Fassadenschnitte	51
Details	52
Thermische Hülle	55
Bauablauf	59
Schaubild und Modell	61
Bauliche Daten	67
Quellenangabe	68
Abbildungsverzeichnis	70

Einleitung / Motivation

Auf der Suche nach einem geeigneten Diplomarbeitsthema, das meinen Start ins Berufsleben bereichern könnte, stieß ich unter Wettbewerben und anderen interessanten Aufgaben, wie private architektonische Anliegen, auf die Concrete Student Trophy 2012.

In diesem Jahr ging es um eine barrierefreie Basketball- Wettkampfhalle in Klosterneuburg mit Schwerpunkt auf ein Tragwerk aus Beton. Als einer der renommiertesten Studentenwettbewerbe bei dem man als Architekturstudent teilnehmen kann, ist die Concrete Student Trophy eine gute Möglichkeit sich zu behaupten. Dieser Herausforderung wollte ich mich stellen.

Die Rahmenbedingungen waren leider so gegeben, dass nur Studenten teilnehmen durften, die dieses Projekt im Rahmen einer Lehrveranstaltung und als Team aus Architekten und Bauingenieuren absolvieren. Als Diplomand war ich aus diesem Grund leider ausgenommen und konnte nicht teilnehmen.

Dies tat meiner Begeisterung für das Projekt aber keinerlei Abbruch, im Gegenteil, jetzt konnte ich freier an die Aufgabe herangehen und mich somit verwirklichen. Denn jetzt war es mir möglich auch die ausgeschriebenen Vorgaben genauer zu analysieren und kritisch zu hinterfragen.

Da Architektur nicht nur im gegenwärtigen Raum präsent ist, sondern als ein bestehendes Element in die Zukunft reicht, ist es mir ein großes Anliegen nachhaltig, funktional und ästhetisch ein zukunftsorientiertes Projekt entstehen zu lassen. Dies erwähne ich deshalb, weil gerade in der heutigen Zeit – und am Beispiel der CST 2012 – hohe Anforderungen an diese Punkte gesetzt werden, es aber anhand mangelnden Ressourcen (Geld, Bauplatzangebot) gezwungenermaßen zu Kompromisslösungen führt.

In dieser Arbeit entkopple ich mich diesen Faktoren und versuche eine moderne Basketballhalle zu entwerfen, die den Anforderungen an das Tragwerk, der barrierefreien Nutzung und für Ligaspielen internationalen Zuschnitts gerecht wird und eine gern gesehene Referenz darstellt.



Abb.1 CST LOGO

Concrete Student Trophy

Die Anforderungen:

„Aufgabe:

Architektonisches und statisches Konzept einer barrierefreien Basketball-Wettkampfhalle als multifunktionale Sportstätte im Bereich des Freizeitentrums Happyland in Klosterneuburg:

- am Ort des derzeitigen Eislaufplatzes, als Kristallisationspunkt des Sanierungskonzeptes der Happyland-Anlage
- multifunktional durch Komplettausstattung für Wettkämpfe und Training unter Bedachtnahme auf das Gender Mainstreaming von Umkleidebereichen über Tribünen bis zum Kantinenbereich.
- Barrierefreiheit muss gegeben sein, da die „Sittig Bulls“ Rollstuhl-Basketball spielen
- Beton als Werkstoff zur freien Formgebung der Hülle dieser Sportstätte ist das wesentliche konstruktive und gestalterische Element für die zentrale Entwurfsaufgabe der Concrete Student Trophy 2012.
- Eine Metapher in Bezug auf die Sportart oder den Verein bk-Dukes als Ausgangspunkt der Formgenerierung des Bauwerks ist erwünscht.
- Des Weiteren ist zu erwähnen, dass eine Fernwirkung besteht (Landmark!), und zwar die Sichtbeziehung von höher gelegenen Teilen Klosterneuburgs und von der Einflugs- bzw. Abflugschneise des Flughafens Schwechat.“¹

Allem voran habe ich versucht auf Basis der Ausschreibungsunterlagen und auf dem ausgeschriebenen Bauplatz eine Halle zu entwerfen. Die Idee war ein modulares Tragsystem aus Fertigteile – Einzelelementen. Dieses Konzept musste jedoch aus Gründen des Raumangebotes in dieser Halle und der Bauplatzanalyse verworfen werden.

Kritische Analyse

Die Happyland-Anlage:

Das heutige Freizeitzentrum in Klosterneuburg blickt auf ein 34-jähriges Bestehen zurück. Sie wurde am 24.1.1979 als „Velo´s Happyland“ eröffnet. Da liegt es nahe, dass im Laufe der Jahre Sanierungsmaßnahmen erforderlich sind. Eine Generalsanierung ist schon seit 1997 immer wieder im Gespräch, wurde jedoch noch nicht in Angriff genommen. Die neue Basketballhalle als Kristallisationspunkt für ein eventuelles Sanierungskonzept zu verwenden klingt motivierend, jedoch wirkt dieses Konzept als zu wenig durchdacht. Ein Zubau, beziehungsweise eine Adaptierung und Modernisierung der Anlage hätte nicht nur Auswirkungen auf die neue Halle und deren direkten Anschluss zum Bestand, sondern auch auf das gesamte Freizeitzentrum. Eine Planung einer Basketballhalle, ob auf dem gewünschten Eislaufplatz oder Adaptierung der bestehenden Trainingshalle, könnte ohne ganzheitliches Konzept „Happyland-NEU“ nicht durchgeführt werden.

Internationaler Austragungsort

Die neue Basketballhalle soll Dimensionen erhalten, die entgegen den geforderten 1000 Zuschauerplätzen auch für internationale Wettkämpfe als Austragungsort dienen soll. Dieser Wunsch muss jedoch mit mindestens 3000 Zuschauerplätzen befriedigt werden um als attraktiver Veranstaltungsort zu gelten.

¹ CST 2012 Ausschreibungsunterlagen 2012, 1

Der Bauplatz

Einige Punkte die gegen den Eislaufplatz als neuen Standort sprechen:



Abb.2 CST Bauplatz

- Der Bauplatz bietet eine Ausdehnung von max. 60 m x 40 m bei direktem Anschluss zur bestehenden Trainingshalle im Norden und zur Tennishalle im Osten. Weil es nicht zum Besitz der Sportstätten Klosterneuburg GmbH (Happyland) gehört, mussten 3 m Abstand zum Tennishauptgebäude im Süden eingehalten werden.
- Der Zugang vom Haupteingang Happyland durch den Bestand würde für Besucher nur dann einen attraktiven Weg zur Halle bieten, wenn die gesamte Anlage saniert und modernisiert werden würde, denn jetzt nimmt der Zugang einen langen Weg in Anspruch, der bei der Tennishalle und der bestehenden Sporthalle vorbeiführt, was dem Bestreben eines in Szene gesetzten Eingangsbereichs entgegen wirkt und für internationale Ligaspiele würdevollere Lösungen angeboten werden sollten.
- Haupteingangs-, bzw. Zufahrtssituation für den Neubau nur in einer Sackgasse möglich.
- TV-LKW Zufahrt und dessen Parksituation aufgrund der geringen Verkehrsfläche wäre problematisch
- Parkplatzsituation ist nicht besucherfreundlich, da mit einem Fußweg von 100 m zum ÖBB-Parkplatz gerechnet werden muss.
- Die Zufahrt und Lage der Halle wirkt mehr wie ein Hintereingang zu der Happyland-Anlage selbst und gestaltet sich beim Besuch der neuen Basketballhalle nur mäßig repräsentativ.
- Das Tennishauptgebäude im Süden würde unter einer Halle an diesem Standort massiv leiden, da diese den gesamten Eingangsbereich in Anspruch nehmen würde und der Zugangsraum, der durch den Gebäudeabstand von mind. 3 m gering ausfällt, weder einen attraktiven Vorplatz, noch direkte Parkmöglichkeiten für die Tennisspieler übrig lässt.
- Fluchtwegsituation und Feuerwehrezufahrt ist mit erhöhtem baulichem Aufwand verbunden.
- Wenn ein Eingriff in den Bestand getätigt würde, dann wäre nur eine Komplettsanierung / Umbau der Anlage sinnvoll
- Der Verbau von Fensterflächen des Bürotrakts der Tennishalle durch den neuen Zubau würde die Bestandsqualität noch mehr mindern
- Ein Vorteil wäre, dass die bestehende Halle als Trainingshalle angebunden werden könnte.
- Die vorhandenen Bistromöglichkeiten könnten auch mitbenützt werden, sind jedoch nicht für so viele Besucher ausgelegt.
- Gewünscht wird eine Basketballwettkampfhalle für internationale Austragungen.
- Eine 3000 Zuschauer Halle wäre ohne Eingriff in den Bestand nicht möglich. Auch bei einer kleineren Halle muss der Bestand adaptiert werden.

Zukunftsorientiertes Bauen würde für mich bedeuten, in diesem Zug eine Komplettsanierung / Umbau / Neugestaltung der Happyland- Freizeitanlage durchzuführen, oder einen anderen Standort für eine Basketballwettkampfhalle zu finden, die dann internationalem Standard gerecht wird.

Da ich bei meiner Diplomarbeit die Planung der Basketballhalle behandeln möchte, wähle ich den dafür besseren Standort.

Alternativer Standort

Ein neuer Standort, der den ermittelten Anforderungen an eine Halle internationalen Zuschnitts gerecht wird, konnte durch die östlich des Fußballplatzes und der Tennisplätze liegende bebaubare Fläche gefunden werden.

Auf diesem Bauplatz befinden sich ein Hartplatz, ein Mehrzweckplatz und eine Natur-BMX-Bahn im Norden.

Um diesen Grund in Anspruch nehmen zu können ohne diese Bereiche zu eliminieren, könnte man die Natur BMX-Bahn in den Wald auf der anderen Straßenseite verlegen. Der Hartplatz, der seine Hauptbetriebszeit auf den Sommer beschränkt, könnte auf dem Eislaufplatz seinen neuen Standort finden. So geht der Eislaufplatz nicht verloren und der Platz kann doppelt genutzt werden. Somit profitiert auch die dort vorhandene Snackbar durch den Betrieb im Sommer. Der Mehrzweckplatz bekommt die größte Aufwertung, auf ihm entsteht eine neue Basketball-Arena.

Für diesen neuen Bauplatz war ein neues Konzept möglich, das, anders als auf dem alten Eislaufplatz, sich in seiner Größe besser entfalten kann. Somit wurde von der kleinteiligen Elementbauweise auf eine große Tragstruktur umgedacht, die meine Halle überspannen soll. Zuerst als Fachwerk gedacht, konnte man jedoch schon erkennen, dass sich für diesen Entwurf eine Schale als Haupttragwerk durchsetzen wird.



Abb.3 Alternativer Bauplatz

Weitere Vorteile an diesem Standort:

- Direkte Anbindung an die Zufahrtsstraße; Eine Zu- und Abfahrt nach Norden und Süden ist möglich – auch eine Bushaltestelle ist schon vorhanden.
- An diesem Standort ist eine Wettkampfhalle für internationale Ausmaße in ihrer Größenentfaltung realisierbar
- Es ist ein repräsentativer Bauplatz, für den Sport und die Gemeinde
- Eigenständig funktionierendes Bauwerk (theoretisch unabhängig als Halle eines getrennten Betreibers) mit guter Verbindung zur bestehenden Anlage
- Landmarkfähigkeit profitiert durch den Abstand zum Bestand
- Fluchtwege sind in allen Richtungen ins freie möglich und nicht durch den Bestand an längere Wege gebunden (Barrierefreiheit)
- Parkplatzsituation kann direkt vor der Halle umgesetzt werden.

Referenzprojekte



Abb.4 Palazzetto innen



Abb.5 Palazzetto außen



Abb.6 Palazzetto innen belebt

Palazzetto dello Sport²

Standort:	Rom, Piazza Apollodoro
Bauzeit:	1956 -1957
Architekt:	Annibale Vitellozzi
Bauingenieur:	Pier Luigi Nervi
Kapazität:	3500 Zuschauer

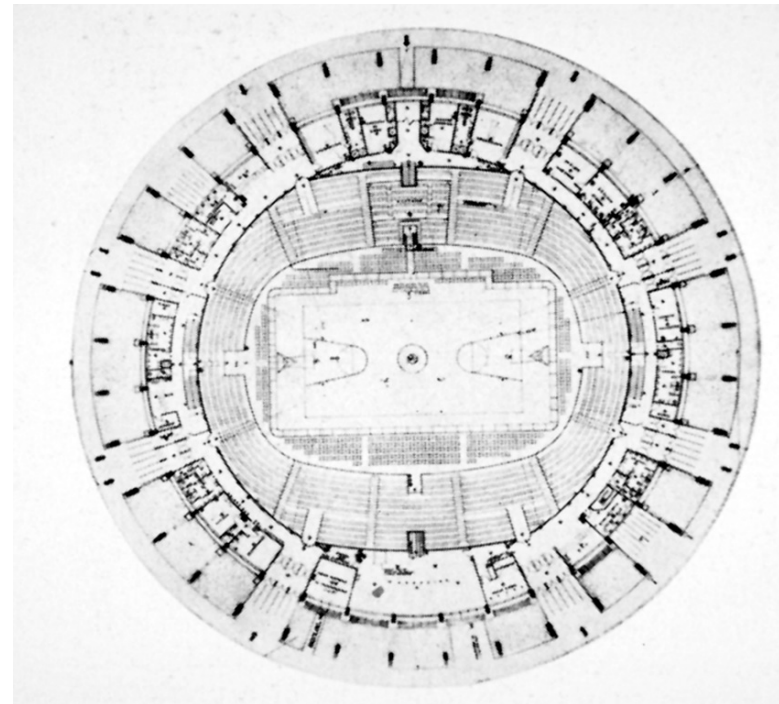


Abb.7 Palazzetto Grundriss

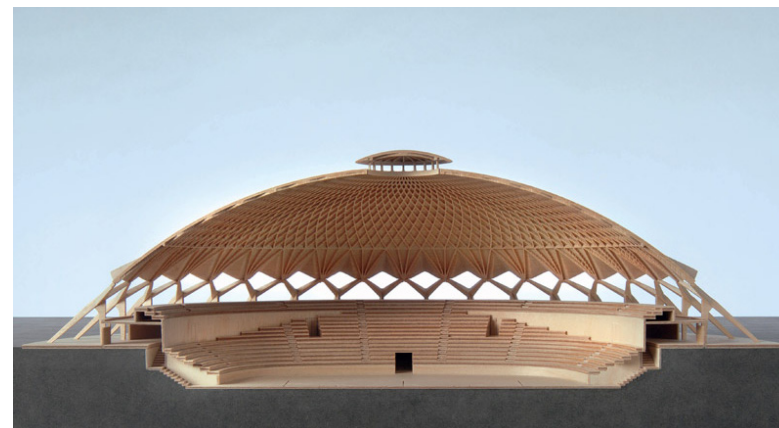


Abb.8 Palazzetto Modellschnitt

² Vgl. Rome Olympic Games Official Report Volume One, 1960, 1960. – Seite 60 und 62 www.la84foundation.org/6oic/OfficialReports/1960/OR1960v1.pdf
 Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Palazzetto_dello_Sport
 Vgl. http://en.wikipedia.org/wiki/Palazzetto_dello_Sport

Die erste Referenz beschreibt den kleinen Sportpallast von Nervi, der im September 1957 fertiggestellt wurde. Ursprünglich wurde er für die Olympischen Spiele 1960 in Rom gebaut und diente als Austragungsort für Gewichtheben, Boxen und auch für Teile der Basketballwettkämpfe. Heute wird die Halle vom Basketballverein Virtus Roma und dem römischen Erstligisten im Volleyball, M. Roma Volley, benützt. Bei Basketballspielen beträgt die Sitzplatzanzahl 3500 und kann bei Box-, oder Wrestling - Veranstaltungen auf 5600 erhöht werden.

Die Halle ist nicht nur aufgrund der ähnlichen Nutzung und der Zuschauerkapazität, der auch meinen Anforderungen entspricht, interessant, sondern vor allem die Hallenkonstruktion aus Beton stellt eine gute Referenz dar. Die freitragende Schale ist am unteren Rand wellenförmig gewölbt und stützt sich an deren Tiefpunkten auf Y-förmigen Stützen ab. Diese Stützen dienen als Auflager der Schale und leiten die Kräfte ins Fundament. Eine ringsum durchgehende Glasfassade bildet den Raumabschluss der Halle nach außen. Das eindrucksvollste Merkmal der Schale ist wohl die weiß gestrichene Rippenkonstruktion, die der statischen Struktur dient und dem Innenraum eine hohe Qualität verleiht. Die Schale besitzt einen inneren Durchmesser von 58,5 Meter, eine Höhe von 21 Meter und besteht aus 1620



Abb.9 Palazzetto Träger

vorgefertigten Einzelteilen. Sie überdeckt eine Fläche von 4776 m² und ein Volumen von 40200m³. Die Halle war als Prototyp für eine Sporthalle mittlerer Größe mit geringen Baukosten gedacht. (263.000.000 Lire (1957); entspricht heute knapp 136.000€). Das Raumprogramm beinhaltet ursprünglich vier Garderoben mit Umkleiden für Trainer und Schiedsrichter, einen Sportmedizinbereich, ein Büro für die Verwaltung, einen Presserraum, sowie zwei Lagerräume und im Keller situierte Haustechnikanlagen.

Im Innenraum ist auch interessant wie mit der runden Halle und dem rechteckigen Spielfeld umgegangen wird. Die Tribüne knüpft an das Spielfeld wie ein oval abgerundetes Rechteck an und zieht sich durch die größere Tiefe an den Längsseiten des Spielfelds bis zu der kreisrunden Gallerietribüne nach oben. An den Stirnseiten entsteht so ein Höhensprung der Platz für Anzeigetafeln und Ausgänge schafft. Das Spielfeld ist tiefer gelegen als der Anfang der untersten Tribünen, dadurch kann zusätzlich noch eine mobile Tribüne eingebaut werden.²

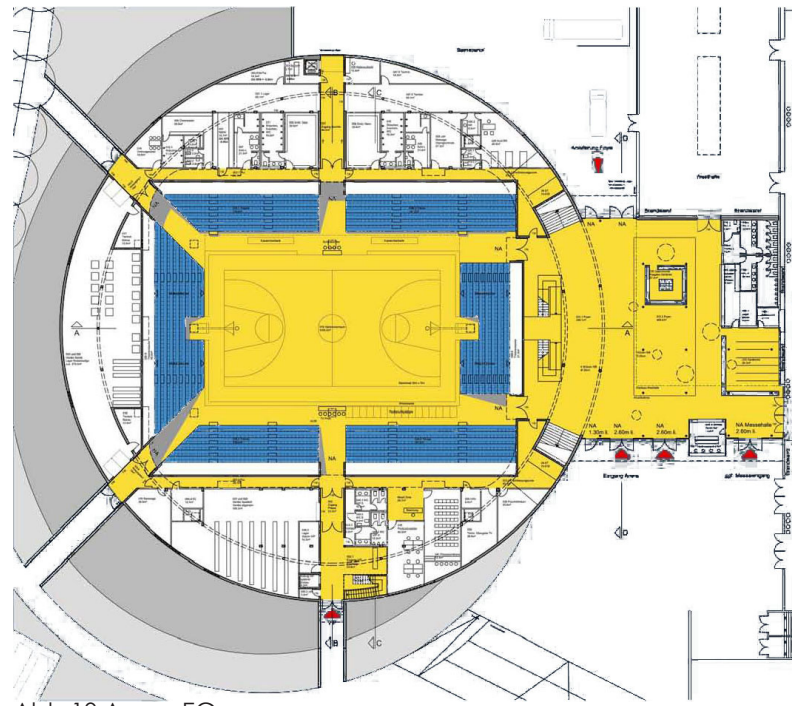


Abb.10 Arena EG

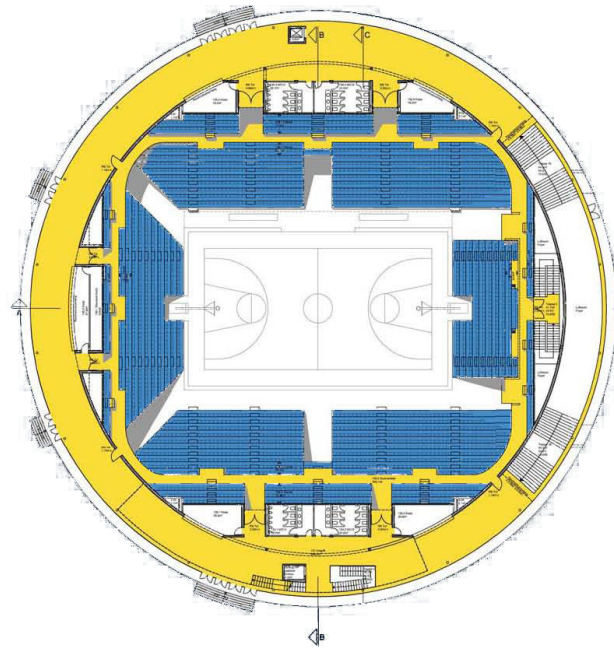


Abb.11 Arena OG

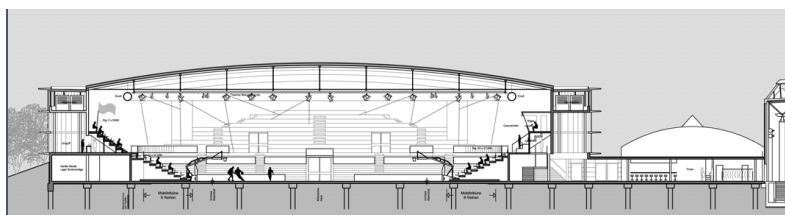


Abb.12 Arena Schnitt

EWE Arena³

Standort:	Oldenburg, Niedersachsen
Bauzeit:	2004 - 2005
Architekt:	Arat - Siegel & Partner, Stuttgart
Bauingenieur:	Weischede, Herrmann & Partner, Stuttgart
Kapazität:	3100 Zuschauer
Kosten:	13 Millionen Euro



Abb.13 Arena außen



Abb.14 Arena Zugang

³ Vgl. <http://www.ewe-arena.de>
 Vgl. Wettbewerbsplakate Planungsgruppe dbd
<http://www.dbd-sz.de/referenzen/kultur/kultur.html>
 BILDER
 Weischede Herrmann und Partner GmbH <http://wh-p.de/de/Projekte/konstruktion/Daecher/sportarena-oldenburg>

Als 2. Beispiel einer runden Sporthalle, in der vorrangig Basketballbundesligaspiele ausgetragen werden, führe ich die 2005 errichtete EWE-Arena an, die zu der bestehenden Weser-Ems-Halle angebaut wurde, jedoch als eigenständiges Gebäude wahrgenommen werden kann. Die Arena wird von den EWE Baskets Oldenburg und der Handballmannschaft VfL Oldenburg genutzt und kann je nach Sportart 2300 bis 3100 Zuschauer fassen. Bei Konzerten werden 2300 Sitzplätze und 1740 Stehplätze angeboten.

Das Erschließungssystem ist über einen Verteilergang aufgebaut, der sich rund um die Halle zieht und mit verschiedenen Funktionen gefüllt werden kann. Dies hat nicht nur Vorteile in der Pausensituation, sondern auch im Brandschutz bezüglich der Fluchtweglängen. Die innere Organisation der Tribünen und Räumlichkeiten nehmen jedoch kaum Bezug zur äußeren Form. Die Halle wirkt innen sehr abgeschlossen, da keine Blickbeziehungen nach außen bestehen und die Halle gänzlich künstlich beleuchtet ist.

Das eingesetzte kuppelförmige Dach hat einen Stich von nur 3 m. Die Dachkonstruktion überspannt eine Fläche von 2800 m² und wurde als eine Gitterschale aus Stahlrohren ausgeführt.

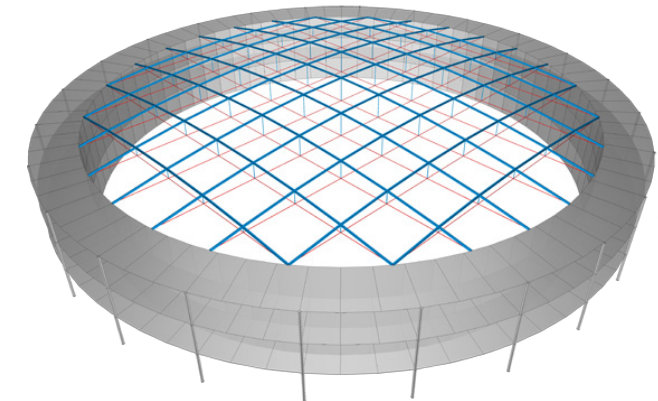


Abb.15 Arena Tragsystem

Um den Durchmesser von 60 m bewältigen zu können wurde die Stahlrohrgitterschale durch Unterspannung mit vorgespannten Stahlseilen unterstützt, deren Lasten der umlaufende Betondruckring in Form der obersten Geschosßdecke aufnimmt. Die umlaufenden Betonringe sind aus Leichtbetonfertigteilen hergestellt, die eine Montage in wenigen Tagen ermöglichen. Als technisches Merkmal der Halle wurde eine 35 m lange Photovoltaikanlage an der Fassade montiert, die mit der Sonne auf Schienen um die Halle mitfährt.

Das Gebäude hat eine Grundfläche von 4650 m² und ein Volumen von 56000 m³ und beinhaltet acht Garderoben, Presserraum, TV-Technikraum, VIP-Lounge und ein großzügiges Foyer, das auch den Zugang zu Weser-Ems-Halle bildet. Der Erschließungsrundgang ist mit einer Glasfassade die äußerste Zone der 70 m Durchmesser-Arena. Mit 14 m Gebäudehöhe ergibt sich eine innere lichte Höhe von 11,50 Meter über dem Spielfeldboden.³

Rudi-Sedlmayer-Halle – Audi Dome⁴

Standort:	München
Bauzeit:	1970-1972
Architekt:	Georg Flinkenbusch
Renovierung:	06 - 09/2011
Ausführender:	Max Bögl Bauunternehmung
Umbaukosten:	ca. 5 Millionen €
Kapazität:	6700 Zuschauer

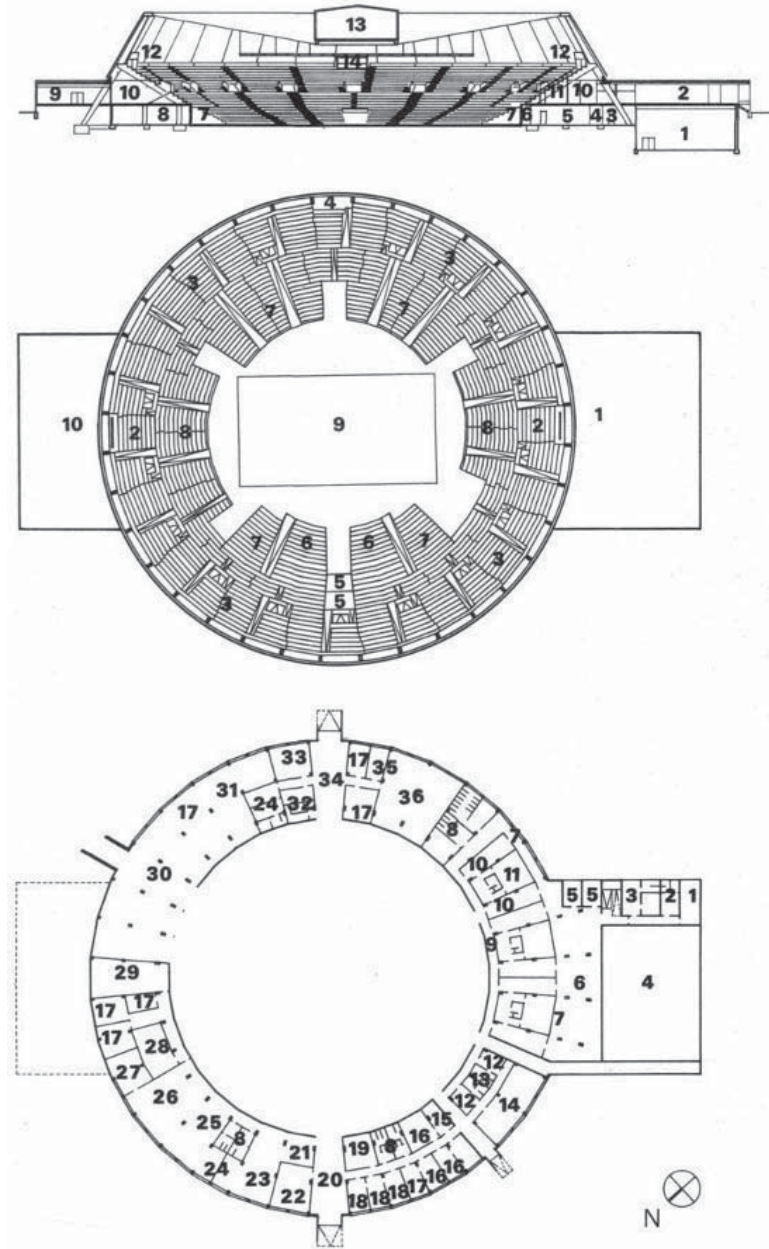


Abb.16 Dome Pläne

Longitudinal section	Diagram of grandstand level	Diagram of ground floor	
1 Warm-up hall	1 Roof lookout in entrance hall	1 Technical apparatus	21 Information
2 Entrance hall	2 Scoreboard	2 Doping control	22 Interview room
3 Auxiliary room	3 Permanent stands	3 Doctor's office	23 Cafeteria
4 Passageway for street shoes	4 Direction booth	4 Air-space warm-up hall	24 Sales stand and readying room
5 Locker section	5 Camera stand	5 Massage parlor	25 Office
6 Passageway for gym shoes	6 Press seats (on telescoping stands)	6 Auxiliary room	26 Press and postal use
7 Telescoping stands	7 Telescoping stands	7 Passageway for street shoes	27 Postal use
8 Central radio and television installation (DOZ)	8 Temporary collapsible stands	8 Toilets	28 Printing shop
9 Restaurant	9 Special floor preparation for the basketball court	9 Passageway for gym shoes	29 Central television installation (DOZ)
10 Foyer		10 Locker room	30 Equipment room
11 Hat and coat check		11 Showers and washroom	31 Dining room for VIPs
12 Scoreboard		12 Referees' room	32 Traffic flow supervision
13 Central ventilation installation		13 Shower room and toilet unit	33 Hostesses
14 Direction		14 Jury	34 Entrance for VIPs
		15 Mimeographing room	35 Technical apparatus for Scoreboard
		16 German Basketball Federation (DBB)	36 High and low voltage central station
		17 Organizing Committee (OC)	
		18 International Amateur Basketball Federation (FIBA)	
		19 Conference room	
		20 Entrance for the press and organizers	

Abb.17 Dome Legende



Abb.18 Dome außen



Abb.19 Dome innen

⁴ Vgl. Max Bögl Broschüre Audi Dome, München www.max-boegl.de
Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Audi_Dome
Vgl. Olympic Report Munich 1972 : Volume 2 The constructions (Part 2) – Seite 128-131 www.la84foundation.org/6oic/OfficialReports/1972/1972s2pt2.pdf

Als drittes Beispiel möchte ich noch den Audi-Dome anführen. Ursprünglich für die Olympischen Spiele 1972 als Basketballhalle geplant, wurde die damals getaufte Rudi-Sedlmayer-Halle nach den Spielen nicht mehr für Basketball genutzt und mit anderen Sport- und Wirtschaftsveranstaltungen gefüllt, bis sie 2003 aufgrund mangelnder Brandschutzeinrichtungen geschlossen werden musste. Nach einem gescheiterten Versuch die Halle als Discothek und Veranstaltungsgebäude neu auszubauen, konnte 2011 die Rettung der Halle durch den FC Bayern München (Basketball) erfolgen. Es wurde eine aufwändige Sanierung und Modernisierung der Haustechnischen Anlagen, sowie Anpassung der Räumlichkeiten inkl. Presse und VIP-Bereich durchgeführt und als Basketballhalle unter dem neuen Namen Audi Dome im Herbst 2011 neu eröffnet.

Die Halle besitzt einen Durchmesser von 100 m im untersten Geschoss und 72 m am Dach. Inklusive der rechteckigen, eingeschobenen Baukörper fasst die Halle 104.500m³ an Volumen auf einer Grundfläche von ca. 2520 m². Die nutzbare gesamte Geschoßfläche beträgt 12.200 m² und die 40 x 40 m große Sportfläche hat eine lichte Höhe von 12,50 m.

Das Dach ist eine konisch nach unten hängende Stahlschalenkonstruktion aus 4-6 mm dicken Elementen, die das zentral aufgesetzte Raumvolumen trägt. Dieser zylindrische Raum wirkt mit seinem Gewicht entgegen der durch den Wind entstehenden Sogwirkung auf das Dach und beinhaltet die Funktionen der Lüftung und Klimatisierung. Auch die konische Form der Stahlschale wird durch das Gewicht des aufgesetzten Elements gesichert. Die entstehenden Zugkräfte, die die Last verursacht, werden in einen Betondruckring am obersten Dachrand geleitet. Dieser wiederum liegt dann auf dem ringsum angeordneten Stützensystem, das die von außen sichtbare, konische Form des Gebäudes entstehen lässt und welches die vertikalen Lasten in das Fundament leitet.



Abb.20 Dome Dach

Die Fassadenverkleidung besteht aus gekanteten Aluminiumplatten und lässt keine Belichtung im Innenraum zu. Auch diese Halle muss gänzlich mit künstlichem Licht ausgeleuchtet werden.

Im Zuge der Sanierung wurde der um die Halle führende Rundgang entkernt und mit Kiosken, Präsentationsflächen und Fanshops gefüllt. Das ehemalige Restaurant ist dem heutigen Presseraum gewichen und der VIP-Bereich wurde im Retro-Stil eingerichtet.

Es ist wieder eine gern genutzte und gut beispielbare Halle entstanden, die den heutigen Anforderungen entspricht und auch den Nutzern und Besuchern ein schönes Ambiente bietet.⁴

Kurz zusammengefasst sind noch 2 Projekte angeführt, die für meine Bauaufgabe in technischer Hinsicht relevant sind.



Abb.21 Tenniszentrum außen



Abb.22 Tenniszentrum außen 2

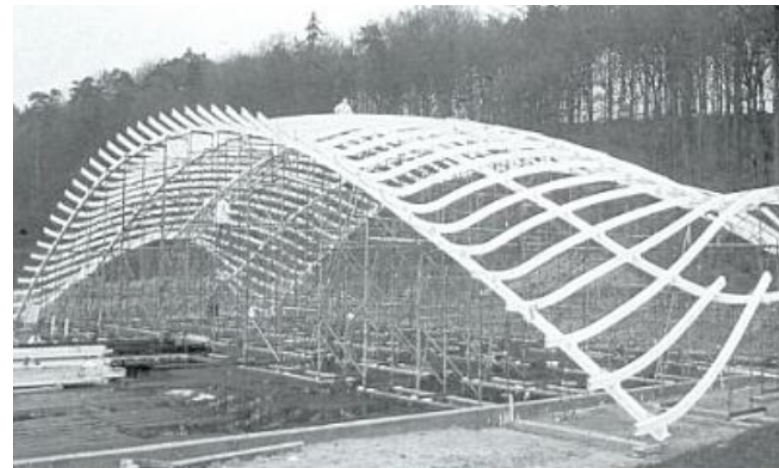


Abb.23 Tenniszentrum Schalung

Tenniszentrum, Marin-La Thène⁵

Standort:	Neuenburg, Schweiz
Baujahr:	1983
Architekt:	J. Copeland, Haus und Herd, Herzogenbuchsee
Bauingenieur:	Heinz Isler, Burgdorf

Die Tennishallen von Isler faszinieren durch ihre Dünnwandigkeit und deren Form. Eine freitragende Schale mit doppelter Krümmung und 4 Auflagerpunkten konnte ich mir gut für den Bau einer Basketballhalle vorstellen. Die Schalen entwickelte Isler Ende der siebziger Jahre durch Versuche mit Hängemodellen. Am Beispiel der Tennishalle Marin-La Thène handelt es sich um sich wiederholt aneinandergereihte Schalen, die eine Fläche von 5 mal 18,4 m x 48 m überdecken. Die einzelne Schale bekommt ihre Aussteifung an den Rändern über Aufwölbungen und benötigt somit keine Randträger.⁵



Abb.24 Tenniszentrum innen

⁵ Vgl. Heinz Isler: Schalen : Katalog zur Ausstellung, [ETH Hönggerberg, Zürich, 1993] herausgegeben von Heinz Isler, Ekkehard Ramm, Eberhard Schunck
<http://books.google.de/books?id=XEYW0a1-SGAC&pg=PA68&ots=s8U2LopWgU&dq=Isler%20hallenbad%20Brugg&hl=de&pg=PA74#v=onepage&q&f=false>
<http://de.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0030531>



Abb.25 Olympiahalle außen

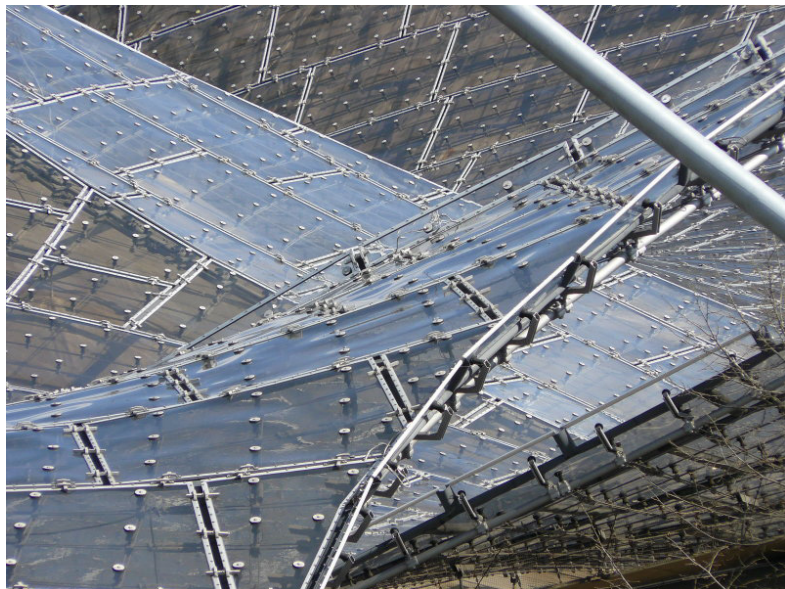


Abb.26 Olympiahalle Eindeckung



Abb.27 Olympiahalle innen

Olympiahalle München⁶

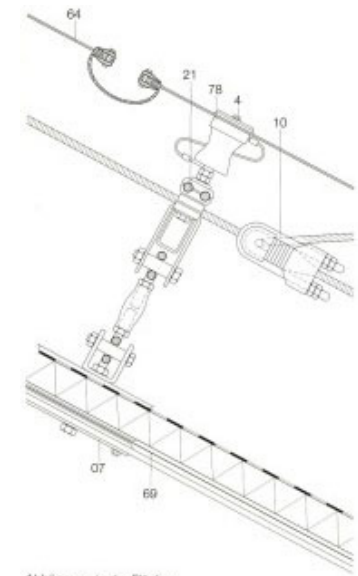
Standort: Olympiapark, München
 Bauzeit: Errichtung 1972
 Sanierung 2009-2010
 Architekt: Auer + Weber
 Bauingenieur: Schlaich Bergermann + Partner
 Ausführung: Hightex GmbH

Die Schwimmhalle des Olympiaparks wurde 2009 bis 2010 saniert, denn die Dachkonstruktion musste aus bauphysikalischen und statischen Gründen erneuert werden. Die Hightex GmbH wurde damit betraut das ca. 18500m² große Membrandach unter dem mit Polycarbonatplatten belegten Seilnetz zu fertigen und einzubauen. Der neue Aufbau musste dabei auch wieder gedämmt werden und setzt sich aus einem PVC-Beschichteten Polyestergerewebe als Trägermembran, einer darauf liegenden 80 mm dicken Polyesterfaservlies-Dämmung und einer nicht-tragenden Abdeckmembran aus Silikonbeschichtetem Glasfasergewebe zusammen. Die Trägermembran wurde an 230 Stellen von der Seilkonstruktion abgehängt und der gesamte dreiteilige Aufbau erhält eine transluzente, blendfreie Untersicht.⁶

⁶ Vgl. <http://de.structurae.de/products/data/index.cfm?id=3679>
 Vgl. <http://www.hightexworld.com/en/projects/material/insulation/munich-olympic-hall>
 Vgl. Schnuck/Oster u.a.: Dach Atlas, Geneigte Dächer Edition DETAIL, München 2002



Abb.28 Olympiahalle Membran



Abhängung in der Fläche

Abb.29 Olympiahalle Detail

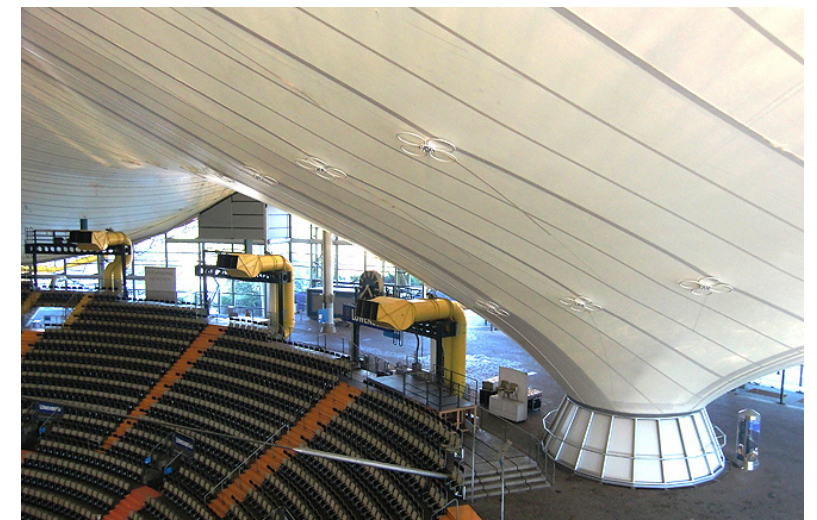


Abb.30 Olympiahalle Membran 2

Entwurfentwicklung

Entwurfentwicklung

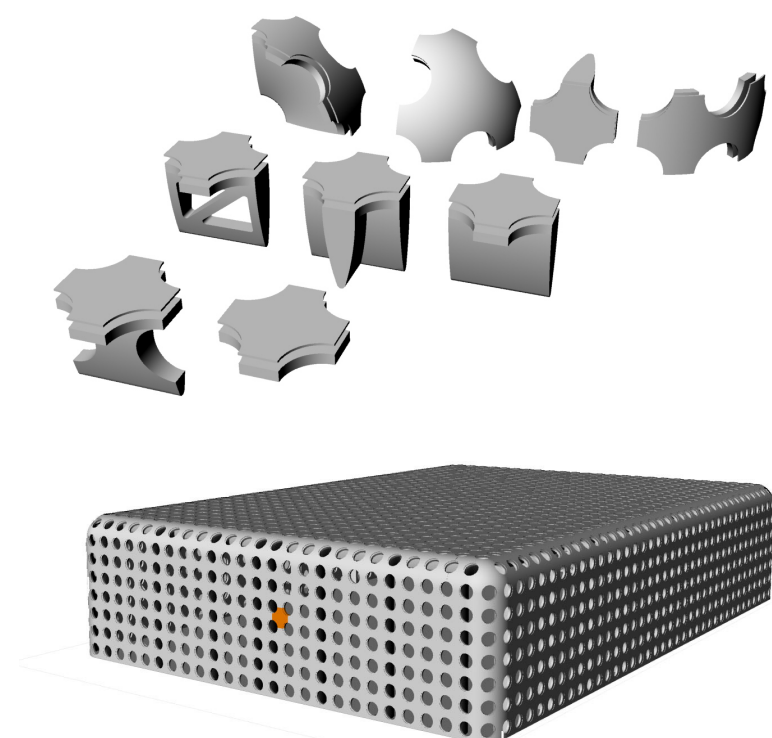


Abb.31 Entwurf Bauplatz CST

Der Entwurfsprozess war ein lehrreicher Weg, der dank guten, produktiven Kritiken seitens meines Betreuers Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Peters und Herrn Dipl.-Ing. M.Sc. Felix Amtsberg ein Projekt entstehen ließ, dass ich in dieser Arbeit präsentieren kann.

Erste Gedanken zur Wettbewerbsausschreibung

Wie beschrieben, führte die Auseinandersetzung mit dem ursprünglichen Bauplatz zu einem Standortwechsel. Die Entwurfsgedanken zu diesem Standort möchte ich dennoch anführen:

Es sollte ein kleinteiliges System entwickelt werden, das zusammengespannt eine homogene Hülle ergibt, also dass das Wandelement ähnlich dem Deckenelement ausgeführt wird. Dabei wurde das Ziel eines hohen Vorfertigungsgrades verfolgt, der mit einer geringen Anzahl an verschiedenen Schalungen eine besondere Qualität ergibt.

Trotz den Versuchen das Raumprogramm unterzubringen, stieß der Entwurf mit ca. 1740 Zuschauerplätzen an die Grenze der Möglichkeiten. Aus diesem Grund wurde diese Idee nicht mehr weiterverfolgt und die Konzentration viel auf eine zukunftsorientiertere Version einer mindestens 3000 Zuschauer Halle für Spiele internationalen Ausmaßes.

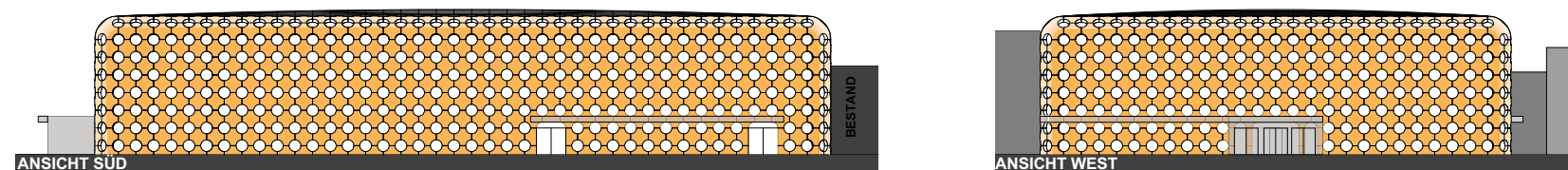


Abb.32 Entwurf Bauplatz CST Ansichten

Eine neue Idee musste geboren werden.

„Corporate Identity über die Architektur

Ein weiterer neuer Aspekt des Wettbewerbs ist der ausdrückliche Wunsch nach einer metaphorischen Ausformulierung des Baukörpers in Hinblick auf die Sportart oder den Verein bk-Dukes, die den Inhalt der architektonischen Hülle deutlich und weithin sichtbar macht. „Man soll das Bauwerk schon von Weitem sehen und spüren können“, erklärt Friembichler. Die zweite große Herausforderung für die Teilnehmer ist die intensive Auseinandersetzung mit dem Aspekt der Barrierefreiheit. „Es ist wichtig, dass sich die kommende Generation von ArchitektInnen und BauingenieurInnen mit diesem Thema vertraut macht“, meint Felix Friembichler. [DI Felix Friembichler, Geschäftsführer der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ) – Anm. d. Verf.]⁷

Den Begriff Corporate Identity angemessen zu behandeln war dabei eines meiner Ziele, denn die neue Halle ist nicht nur vom Stift Klosterneuburg aus sichtbar, sondern liegt auch in der Landeanflugzone des Flughafen Wien Schwechat.

⁷ http://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20120223_OTS0252/start-concrete-student-trophy-2012-neues-spielfeld-fuer-klosterneuburger-happyland-gesucht

Prinzipiell habe ich mich an die Ausschreibungsunterlagen gehalten und nur verbessert, was meiner Ansicht nach notwendig ist.

Ein Wunsch des auslobenden Teams war es, dass der Entwurf eine kleine Assoziation zum Sport oder der BK-Dukes Basketballmannschaft beinhalten soll.

Diesen Punkt in abstrakter Weise so zu verwirklichen, dass die Halle nicht nur dem Sport einen Platz bietet, sondern auch wie eine Basketballhalle in Erscheinung tritt, war ein Leitgedanke in der Entwurfsfindung.

Der Basketball war hierbei doch sehr inspirierend, da dieser viele Facetten bereitstellt. So waren es beim ersten Entwurf die Noppen des Balls, die mich leiteten und bei den nächsten Schritten, in denen auch der Maßstab des Projekts zunahm, die geschwungenen Linien, die auseinander gehen und wieder zusammen kommen, sich aber nicht berühren.

Entwurf 1

Durch das Stichwort „Corporate Identity“ sollte das neue System aus einem gebogenen Betonfachwerk entstehen. Doch bei einer Spannweite von knapp 80 Metern wurde ein Überdenken dieses Fachwerks notwendig, da ein Stahlbau in technischer Hinsicht vorteilhafter wäre, ich mich in dieser Arbeit aber mit dem Baustoff Beton für das Haupttragwerk beschäftigen wollte.

Das Grundkonzept einer runden Halle wurde schon in diesem Schritt geboren. Das Raumprogramm konnte gut untergebracht werden. Auch die ersten Gedanken zur Barrierefreiheit wurden entwurfsprägend. So war es im ersten Schritt der Überlegungen für mich klar, dass es 2 Fluchtwegebenen geben soll, denn so wird es auch Rollstuhlfahrern ermöglicht sich ihren Platz auf 2 Ebenen aussuchen zu können, da dies sonst nur mit speziellen Feuerwehraufzügen möglich wäre.

(siehe B1600 und Brandschutzhinweise für Aufzüge (<http://aufzugsberatung.zeitgedanken.com/normen-und-gesetze/planungshinweise-fur-aufzuege/>))

Im Bild rechts kann man das Tragwerksmodell zu diesem Entwurfsschritt sehen.

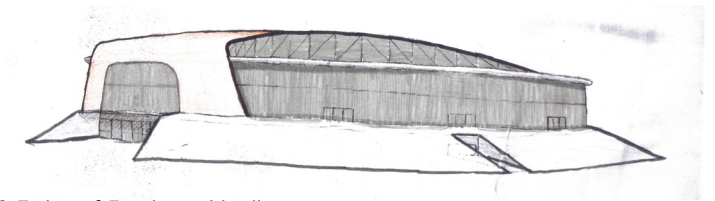


Abb.33 Entwurf Fachwerkhalle

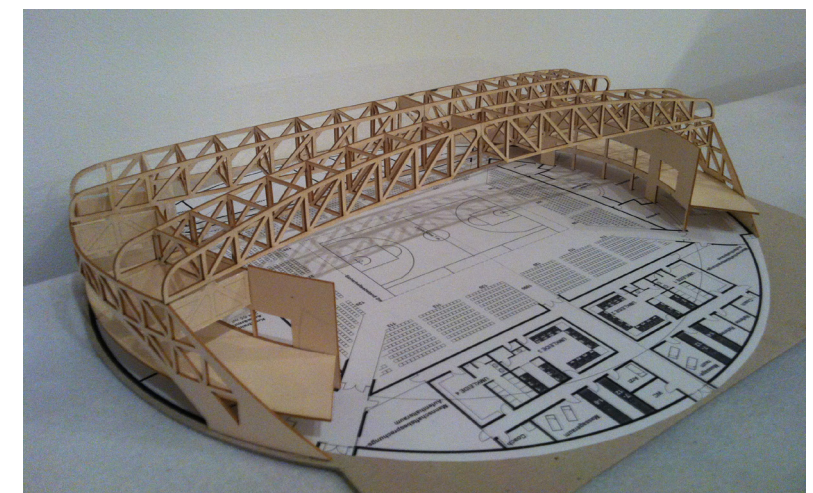


Abb.34 Fachwerk Modell

Die Schale als Lösung

Die Gedanken über die Spannweite erweckten die Idee einer Schalenkonstruktion. Der Versuch den ersten Entwurf mit einem Schalendach zu kombinieren war noch nicht zufriedenstellend, da der Raumabschluss zwischen der runden Halle und der sich nach außen ziehenden Schale noch als ein Geschlossener gedacht wurde. Es haben sich Entwurfsentscheidungen vom ersten System mitgezogen, von dem ich mich erst wieder lösen musste. Dieser Schritt beinhaltete eine Vielzahl an Veränderungen.

Aus der anfänglich einfach gekrümmten Schale wurde die Schalengeometrie mit einem Stich von 2,5 m zu einer doppelt gekrümmten entwickelt. Der Raumabschluss zwischen Dachschale und Traufe wurde nun statt einer Skelettbauweise mit einer Membrane gedacht und besitzt am oberen Ende noch eine sichelförmige Belichtungsöffnung.

Im nächsten Schritt wurde die Gesamtschale parabelförmig angepasst und auch die Tribünensituation noch einmal weiterentwickelt um sie in eine neue Hallengeometrie einzupassen. Diese Veränderungen am Hallenaufbau ließ ein inneres Tragsystem entstehen, in dem sich die Raumorganisation und die Struktur im Einklang befinden. Die Belichtungsöffnung zwischen der Betonschale und dem Membrandach konnte auf Grund der Transluzenz der Membran entfernt werden, somit musste auf keine Beschattung mehr zurückgegriffen werden. Auch der Raumabschluss wurde auf die kreisrunde Halle beschränkt, sodass die Schale im Eingangsbereich als Vordach fungiert. Die Dachschale und das innere Tragsystem wurden konstruktiv getrennt.

Als weitere Verbesserungen wurde an der äußeren Erscheinung gearbeitet, was Auswirkungen auf die Fassade hatte und auch die technischen Veränderungen am Druckring und an der Schale ließen die Qualität wieder wachsen (Statt Stahlfachwerkring, ein Betonplattenring). Die Schale wurde an den Rändern Aufgebogen um die Randsteifigkeit zu verbessern. Für die innere Steifigkeit wurde eine Rippenstruktur entwickelt, die eine Kombination aus den Trajektorien des Biegemomenten- und des Normalkräfteverlaufs darstellt. Die äußere Erscheinung konnte durch die Schrägstellung der Glasfassade profitieren. Dies beinhaltet auch Platzgewinn im VIP-Bereich im Obergeschoß.

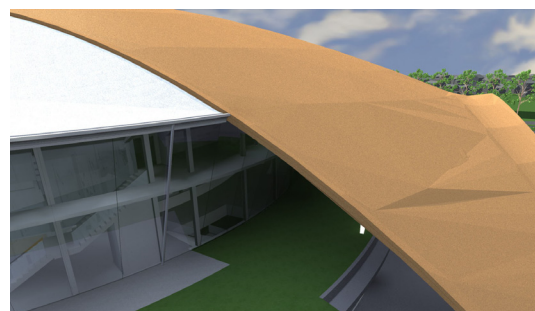


Abb.39 Entwurf Schale 4 Traufpunkt

Der Traufpunkt, wo Glasfassade und Schale aufeinander trifft, wird durch die schräge Fassade und den dadurch entstehenden rechten Winkel zur Dachschale zu einer optisch korrekten Lösung.

Weitere kleinere Veränderungen am Tragwerksdesign und dem Eingangsbereich waren die finalen Weiterentwicklungen, die zu dem in dieser Arbeit präsentierten Projekt führten.

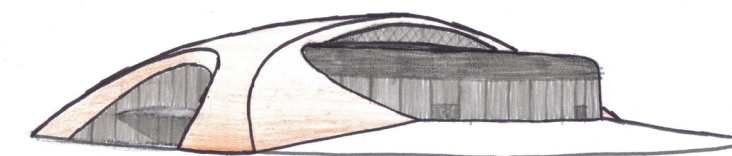


Abb.35 Entwurf Schale 1

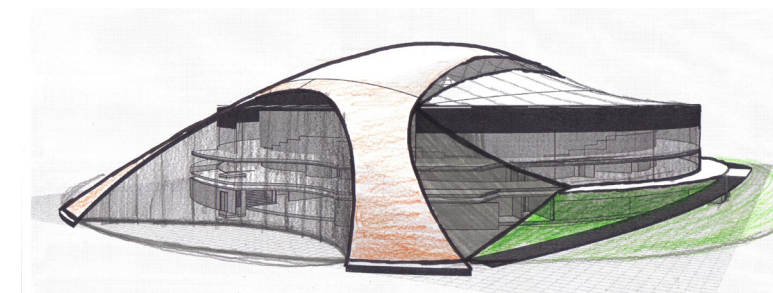


Abb.36 Entwurf Schale 2

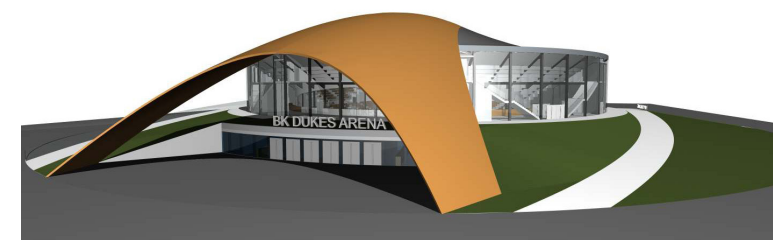


Abb.37 Entwurf Schale 3

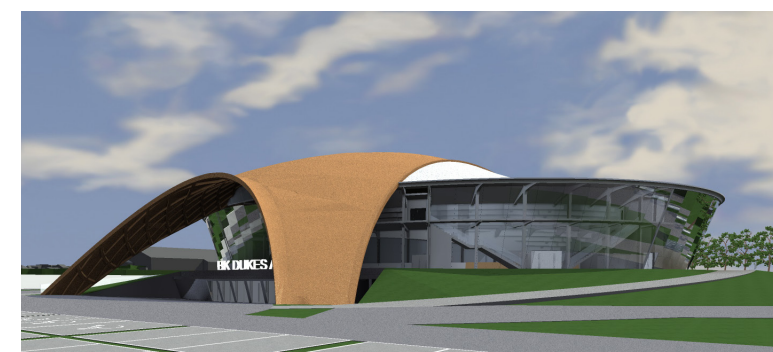


Abb.38 Entwurf Schale 4

Entwurf

Lage - Verkehrsanbindung

Der gewählte Bauplatz liegt sehr günstig an der Zufahrtsstraße „In der Au“ und wird von dieser östlich erschlossen. Die Straße ermöglicht ein Zu- und Abfahren zum Bauplatz in nördlicher, sowie südlicher Richtung und führt in beiden Richtungen wieder an die B14, der Wiener Bundesstraße. Sie trennt weiters den Bauplatz zur Strandbadsiedlung und umschließt das Freizeitzentrum Happyland und den im Süden liegenden Aupark.

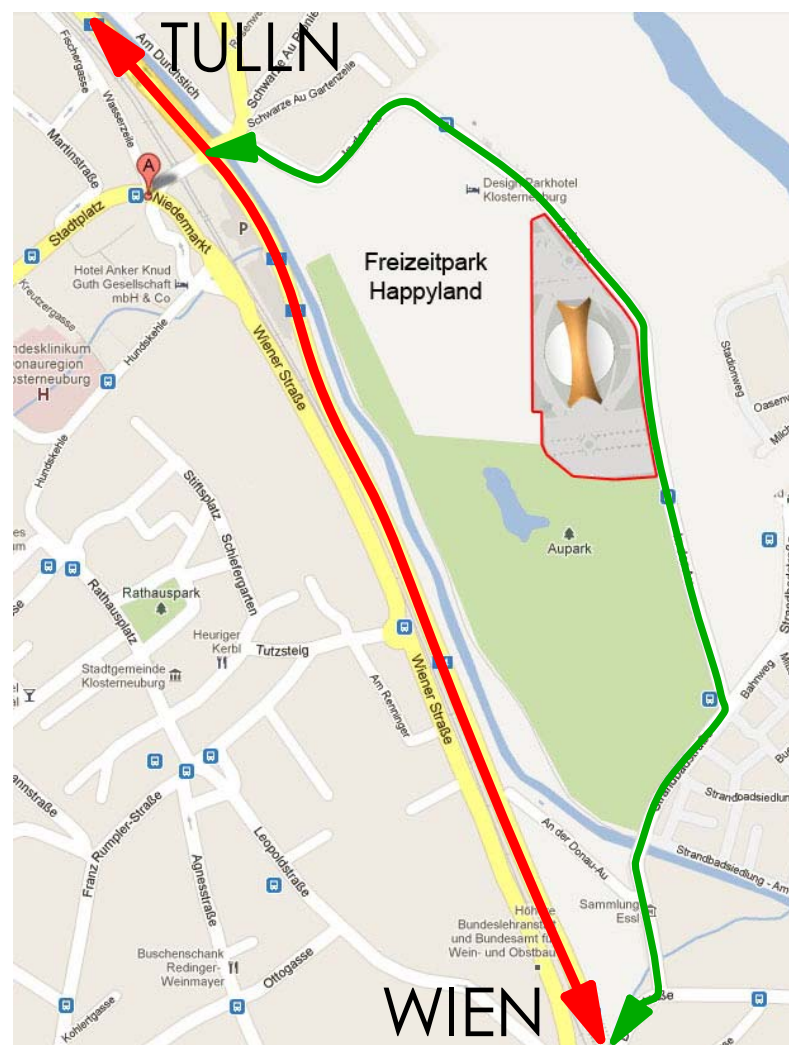


Abb.40 Verkehrsanbindung 1

Für Besucher die auf öffentliche Verkehrsmittel angewiesen sind und sein wollen, sind 2 Bushaltestellen in der Nähe der nördlichen und südlichen Zufahrten zur neuen Basketballarena. In beiden Richtungen fahren die Busse jeweils zu einem Bahnhof. Klosterneuburg-Kierling im Norden und Klosterneuburg-Weidling im Süden.



Abb.41 Verkehrsanbindung 2



Abb.42 Schwarzplan Skizze

Städtebauliche Eingliederung

In der Umgebung befindet sich eine gute Infrastruktur in Bezug auf Freizeitangebot und Übernachtungsmöglichkeiten. So ist das Design Parkhotel Klosterneuburg direkter Nachbar zum Bauplatz und nördlich des Hotels ist ein Campingplatz situiert. Auch Gastronomie wird in der Happyland-Anlage, im Strandbad und im nahegelegenen Zentrum von Klosterneuburg angeboten.

Der Bauplatz verbindet baulich gesehen das Freizeitzentrum mit der Strandbadsiedlung, jedoch ist er funktional und optisch durch die Allee der In der Au – Straße gut abgegrenzt und somit wirkt das neu geplante Bauwerk als eigenständiges Element mit Bezug zur bestehenden Bebauung und kann dem Freizeitpark ein neues Gesicht schenken.

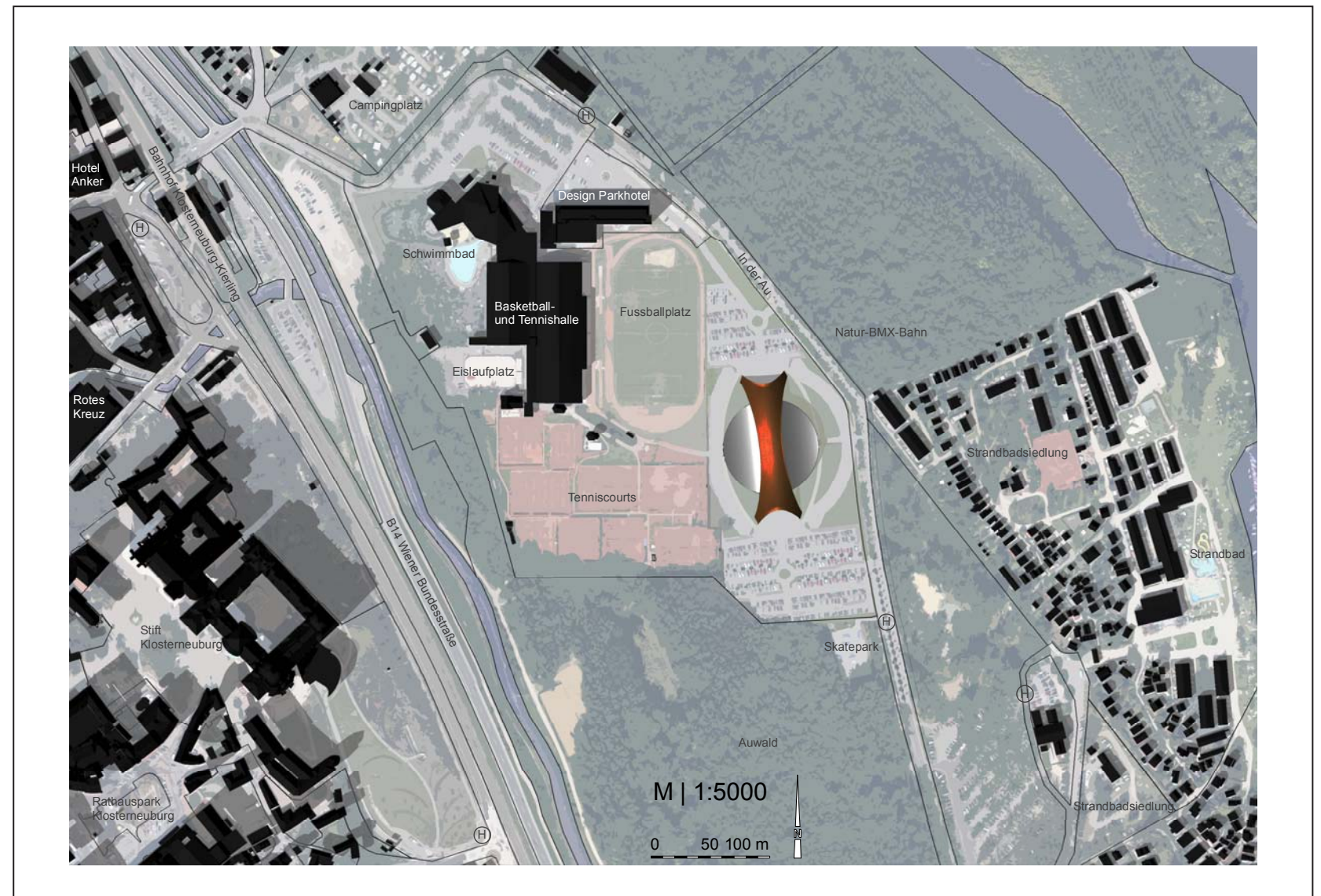


Abb.43 Schwarzplan

Das Landmark-Dasein ist über die Einflugschneise zum Flughafen Wien Schwechat oder vom Stift Klosterneuburg aus ersichtlich.



Abb.44 Landmark 1
Städtebaulicher Überblick von der Strandbadsiedlung

Städtebaulicher Überblick vom Stift Klosterneuburg

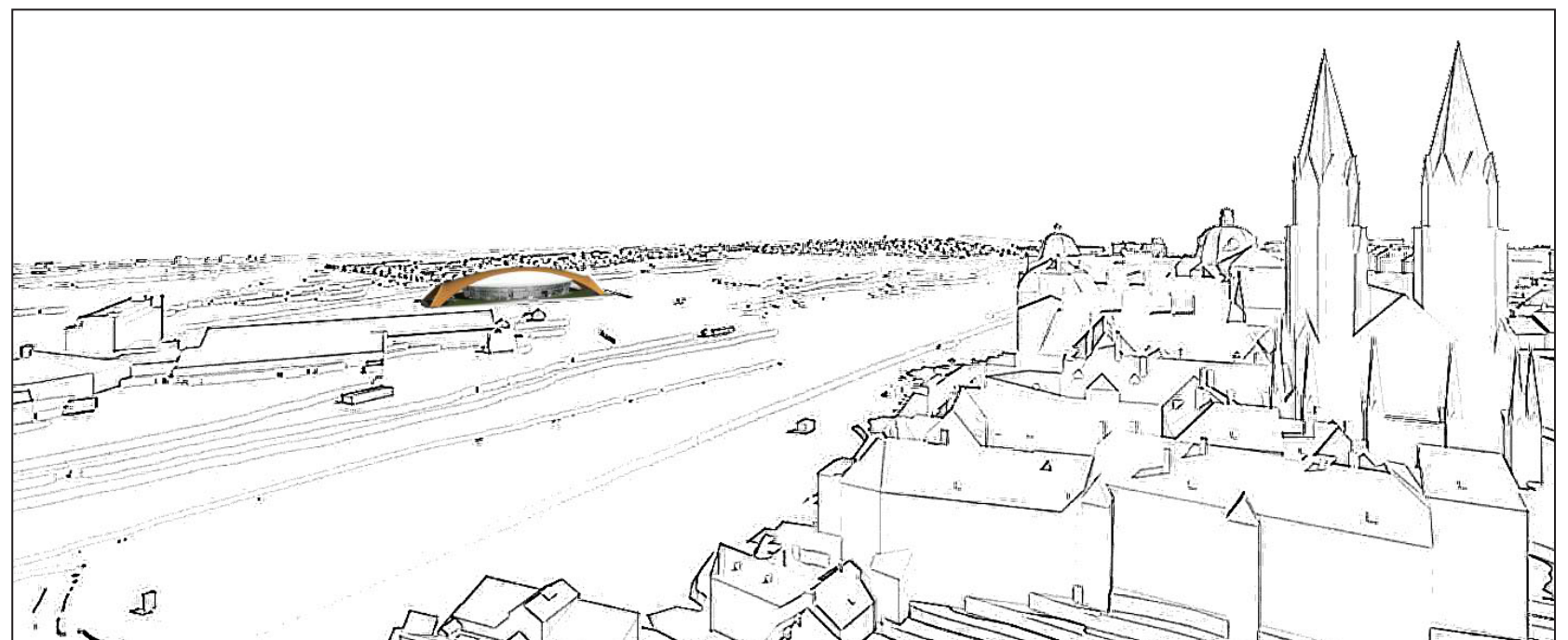


Abb.45 Landmark 2

Das Raumprogramm

Um die Ausmaße meiner Halle abschätzen und ihre Organisation entwickeln zu können war zuerst die Analyse des Raumprogramms von Nöten. Laut Ausschreibungsunterlagen der CST 2012 sollte das Raumprogramm folgende Punkte umfassen:

„Internationale Ausmaße:

- Spielfeld 15,0 x 28,0 m
- Sicherheitsabstände vom Spielfeldrand zu Zuschauern, Tribünen etc. mind. 2,00 m
- Freie Hallenhöhe über Spielfeld mind. 7,0 m
- Ausstattung und Einrichtung gemäß ÖNORM B 2608, Sporthallen
- Tribüne für rund 500/ max. 1000 Zuschauer mit ausgewiesenem VIP-Bereich
- Ausgewiesener Raum für Schreibertisch, Spielerbänke für zweimal 17 Personen (12 Spieler + 2 Coaches + 3 Betreuer)
- Weitere Anforderungen gemäß ÖISS-Sportstättenguide Basketball und Richtlinie „Barrierefreie Sportstätten“ der ÖISS (www.oeiss.org)

[...]

Raumprogramm: Umkleidekabinen mit entsprechender Infrastruktur und Sanitärbereich unter Bedacht auf das Gender Mainstreaming;

eigene Räumlichkeiten für Obmann, Coach, Arzt, Schiedsrichter; Krafttrainingsraum, Gerätschaften, Technik, Kantine, Buffet, VIP-Bereich, Empfang mit Infodesk, Kassa und Fan-Shop in großzügigem Eingangsbereich sind einzuplanen.

Pressebereich und Berichterstattung: Für die Presse, Interviewbereiche, TV-Aufzeichnungen (TV-Lifematches), Fotografen und Berichterstattung sind entsprechende großzügige Flächen in der Sporthalle vorzusehen.¹⁸

„Im Aktivenbereich sind mind. eine Umkleide und ein Sanitärbereich entsprechend zu gestalten. Wichtig ist es auf die Lagerung der Sportrollstühle zu achten. Hier findet ein Wechsel statt. [...]

Die Anzahl der Zuschauer sollte nicht so einen großen Spielraum lassen, eine internationale Sportstätte bräuchte 3000 Plätze, unter 2000 sind kaum richtige Bewerbe zu spielen. Bei 500 werden wir kaum einen Pressebereich brauchen. [...]

Grundsätzlich ist überall zwischen Aktivenbereich und Zuschauerbereich zu unterscheiden - getrennte Wegeführung; auch beim Nebenraumprogramm muss so unterschieden werden.

Für Aktive braucht es mind. 4 Garderoben sowie 2 kleinere für Referees mit zugeordneten Duschen und Sanitäräumen; der Krafttrainingsraum gehört dorthin; ebenso brauchen wir 1-2 Räume für medizinische Behandlung, Dopingkontrolle und Massagen.

Der Presseraum kann gleichzeitig Mannschaftsbesprechungsraum sein, auf der Tribüne ist ein Teil für die Presse - kein zusätzlicher Bereich in der Halle, Kommentatorkabinen sind auch andenkenswert.

Büroräume für die Verwaltung bzw. den Veranstalter sind auch nicht zu vergessen

Der Zuschauerbereich umfasst den Empfang mit Kassen= Info, Fan Shop ist noch zu hinterfragen - dann eben Kantine mit Buffet und VIP Bereich, dort braucht es auch eine WC-Anlage.¹⁹

8 CST 2012 Ausschreibungsunterlagen, 2.
9 CST 2012 Ausschreibungsergänzungen, 1.

Nach diesen Grundlagen wurde das Raumprogramm ergänzt und aufgestellt:

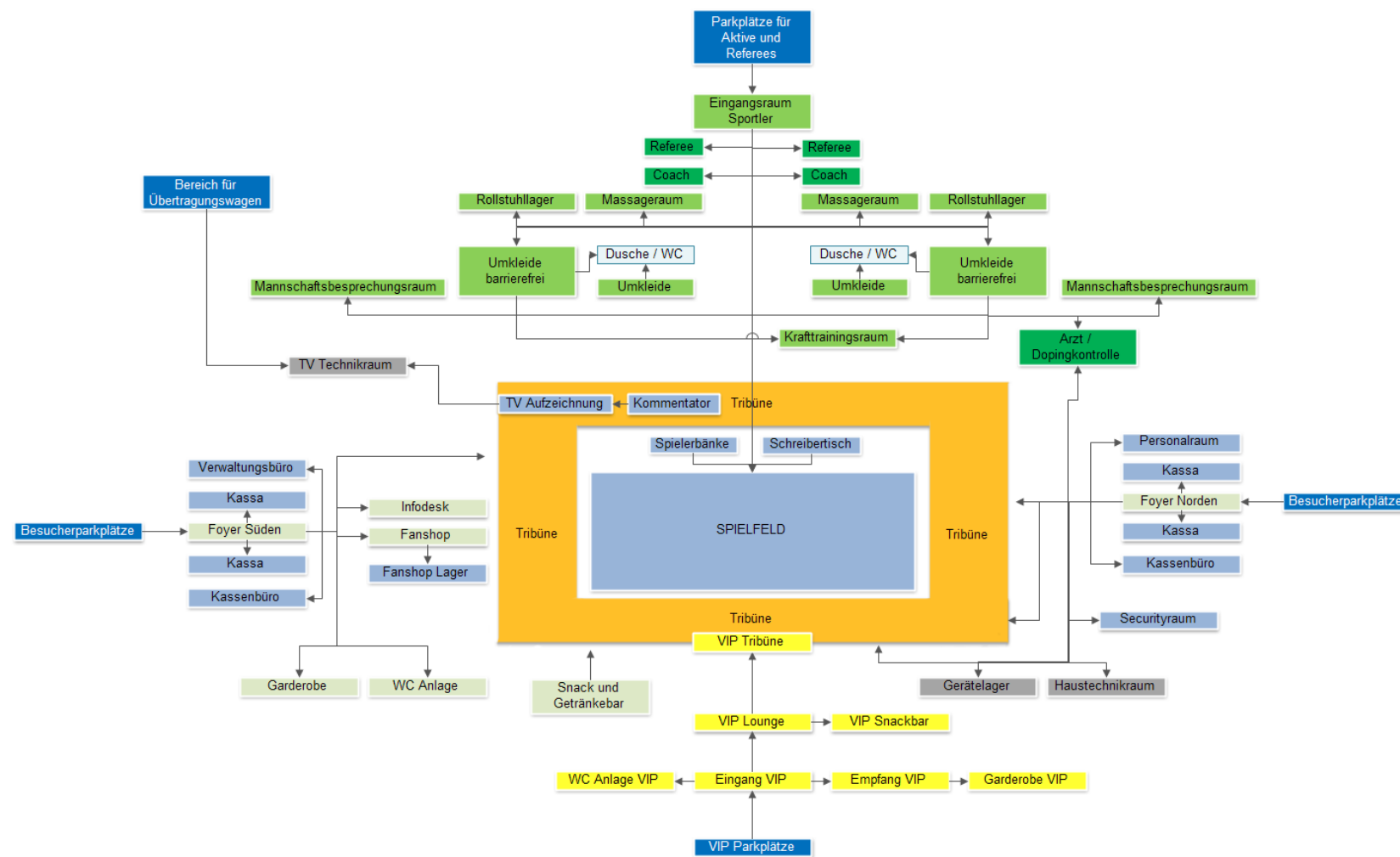


Abb.46 Raumprogramm

Sportlerbereich

- Eingangsraum
- 2 x barrierefreie Umkleidekabinen mit anschließenden Duschen und WC
- 2 x Umkleidekabinen in normaler Größe mit anschließenden Duschen und WC
- 2 x Rollstuhllager, da diese mit den Sportrollstühlen gewechselt werden müssen
- 2 x Massageraum, für jede Mannschaft einen
- 1 x Krafttrainingsraum
- 2 x Coachräume mit integrierter Duschköglichkeit
- 2 x Refereeräume mit integrierter Duschköglichkeit
- 2 x Mannschaftsbesprechungsraum, bzw. Aufenthaltsraum bei Turnieren mit mehreren Mannschaften
- 2 x Spielerbänke für 17 Personen (12 Spieler, 2 Coaches, 3 Betreuer)
- Schreibtisch
- 15 x 28 m Spielfeld
- TV Aufzeichnung und Kommentatorkabine

VIP Bereich

- Eingangsbereich
- Empfang mit Garderobe
- VIP – WC Anlagen
- VIP Lounge mit eigener SnackBar
- VIP Bereich auf den Zuschauertribünen

















Zuschauerbereich

- 2 x Foyer mit Kassa (Nord und Südeingang)
- Infodesk mit Fanshop
- Fanshop Lager
- Garderobe
- WC Anlagen in ausreichender Größe
- Tribünen für mind. 3000 Personen
- Snack und Getränkebars

Allgemein

- Kassenbüro
- Verwaltungsbüro
- Personalaufenthaltsraum
- Arzt /Dopingkontrolle
- TV-Technikraum
- Securityraum
- Haustechnikraum
- Gerätelager
- Parkplätze für Aktive und Referees
- Parkplätze für die VIP Gäste
- Besucherparkplätze
- Bereich für Übertragungswagen

Raumprogramm in Grundrissen

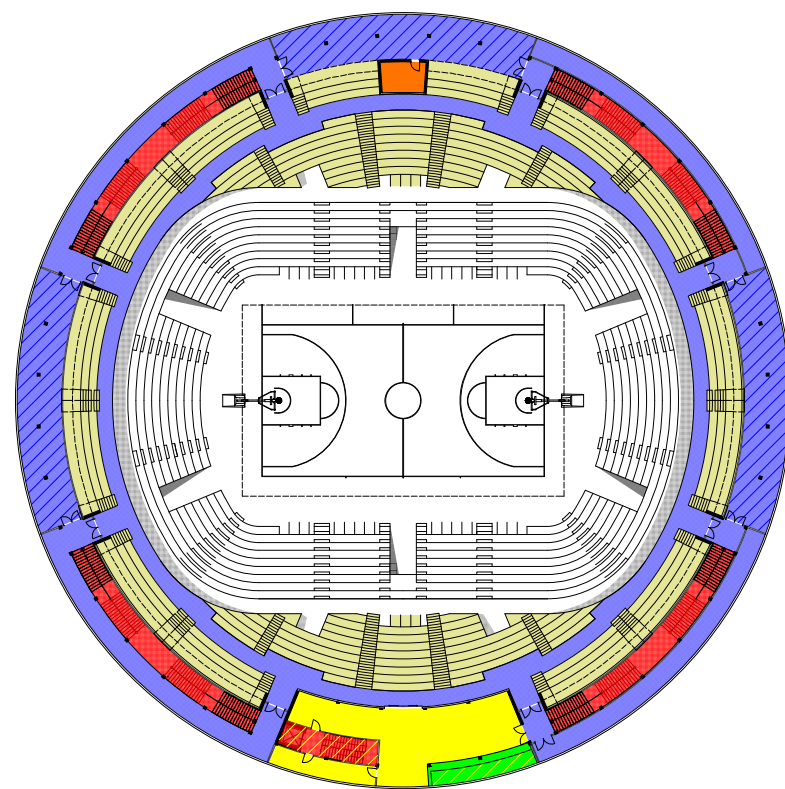
Aufenthalt/Pause Besucher	
Rollstuhllager	
WC/Sanitärbereiche Aktive	
Erschließung Aktive	
Erschließung VIP	
Erschließung	
vertikale Erschließung	
vertikale Erschließung VIP	
WC/Sanitärbereiche	
VIP Bereich	
Aktive	
Personalbereiche	
Spielfeldraum	
Tribünen	
Technik/Lagerbereich	
Presseraum	

Anhand der farbig gekennzeichneten Flächen lassen sich die einzelnen Bereiche der zugehörigen Nutzergruppen zuordnen.

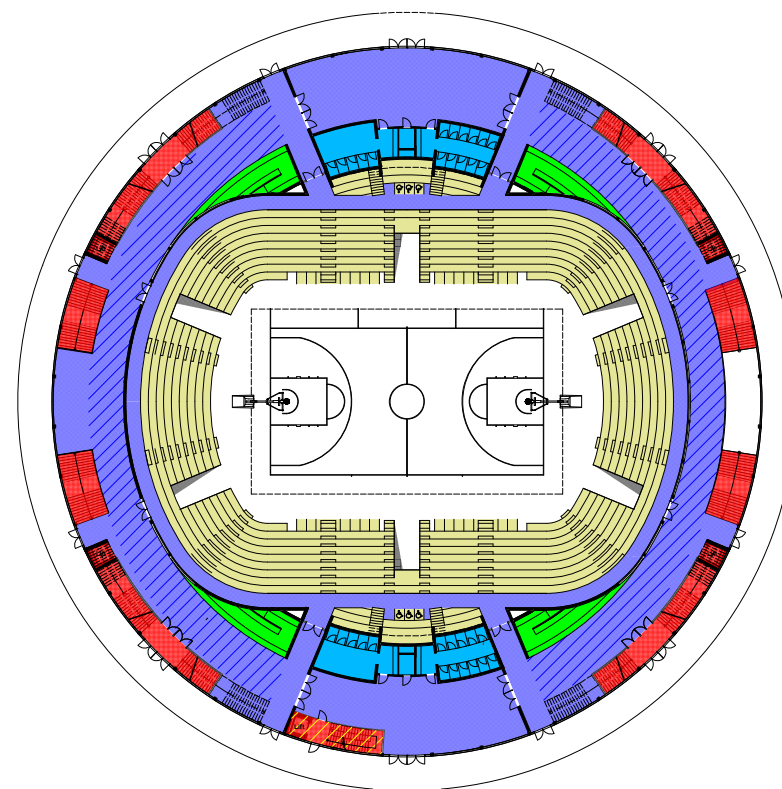
Den Besuchern ist im Erdgeschoß nur der Eingangsbereich, Fanshop, Garderobe und die Toiletten vorbehalten, während sich für die Aktiven der westliche Teil (In den Grafiken oben) geschlossen widmet. Im Osten (unten) sind Bereiche für die VIP-Gäste, sowie Presseraum und Lager bzw. Technikraum angeordnet. Auch die Personalrelevanten Bereiche betreffen das Erdgeschoß.

Kommen die Zuschauer über die Treppen oder Lifte ins 1. Obergeschoß, so befinden sie sich schon im Aufenthaltsbereich, den sie auch in den Pausen nutzen können. Hier können die Besucher Snacks und Getränke erwerben und haben den Blick nach außen (Vordachbereich) und in die Halle zum Spielfeld.

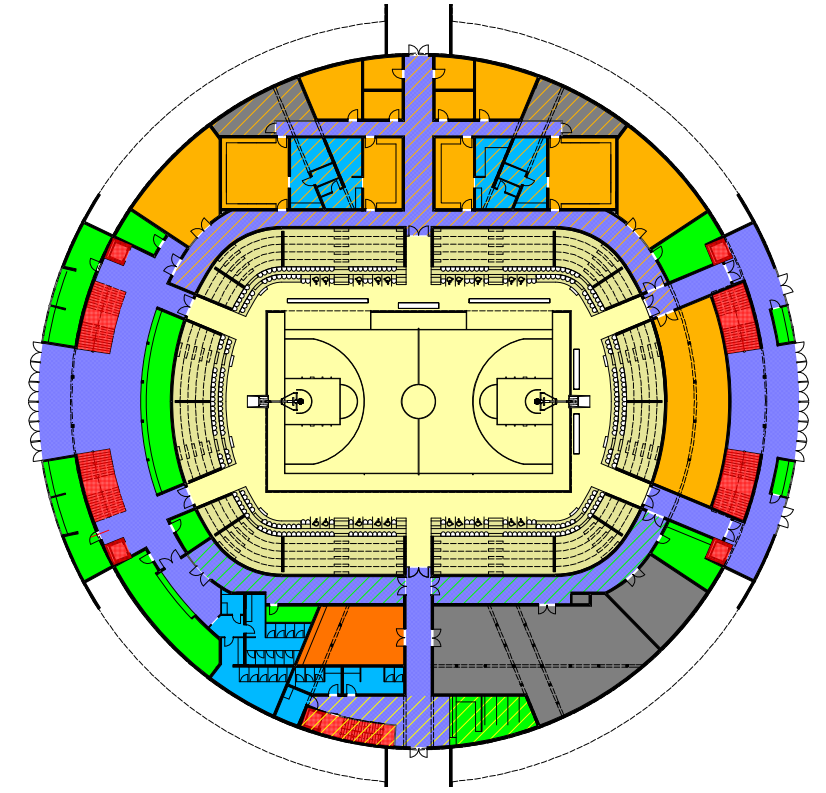
Im 2. Obergeschoß befinden sich zwischen den vertikalen Erschließungen die Aufenthaltsbereiche bzw. Pausenräume der Logenplätze. Die VIP-Lounge ist östlich gelegen und genießt den Blick in die Halle und Richtung Donau-Auwald/Strandbadsiedlung.



2. Obergeschoß



1. Obergeschoß



Erdgeschoß

Bild der Lage und Umgebung aus der Vogelperspektive

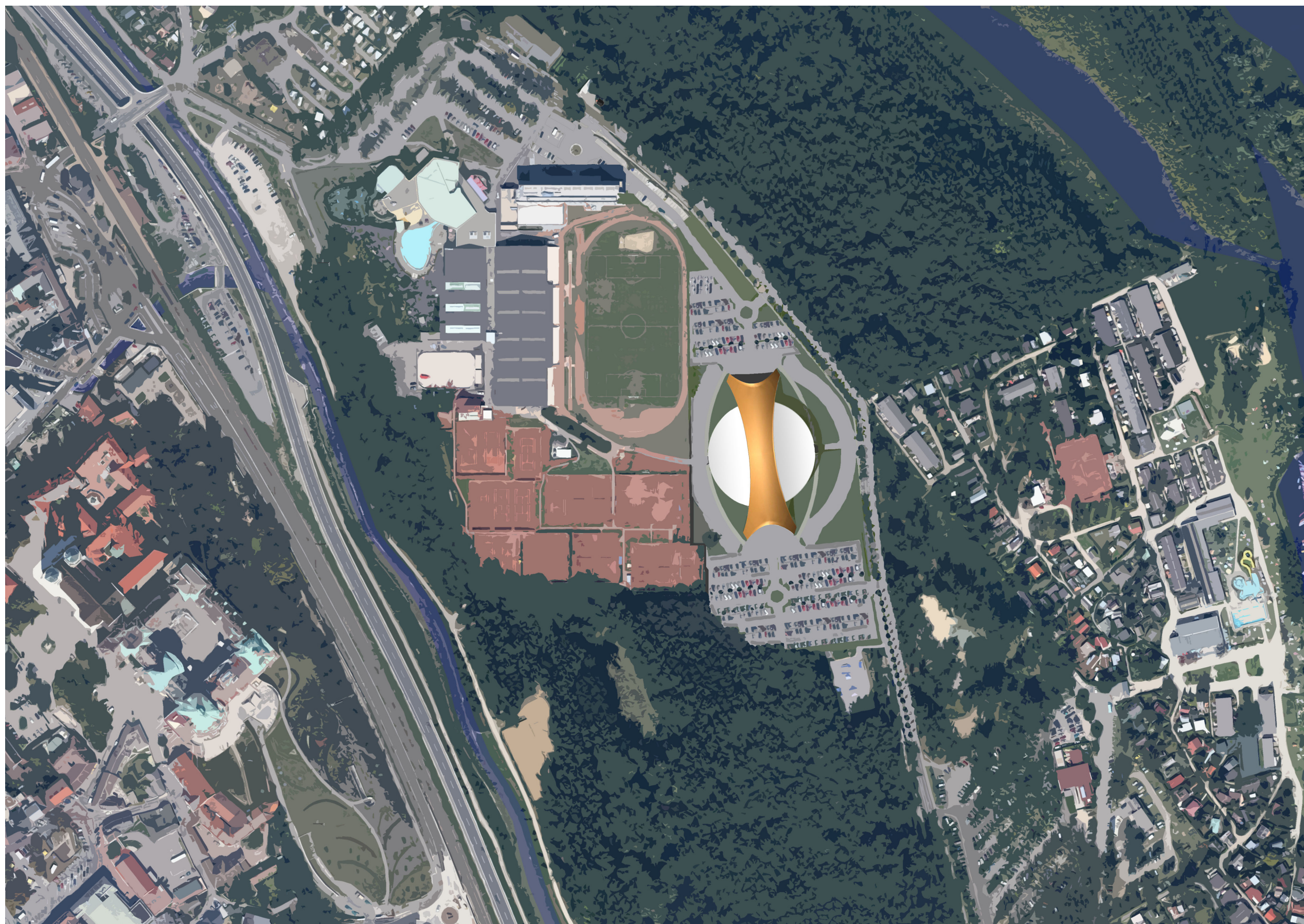


Abb.47 Vogelperspektive

Äußere Erschließung

Die Halle besitzt 4 Zufahrtsmöglichkeiten: Im Norden über den Parkhotel Parkplatz, oder die Zufahrt zum Besucherparkplatz von der Straße In der Au aus. Östlich der Halle befindet sich die separate VIP- Zufahrt zu den Parkplätzen, die sich abgetrennt zwischen den normalen

nördlich und südlich liegenden Besucherparkplätzen befinden. Im Süden befindet sich die Zufahrt zum größten Parkplatz, der sich vor dem Haupteingang erstreckt und sich über einen in der Mitte platzierten Kreisverkehr organisiert. Westlich der Halle erstreckt sich entlang der

Entfluchtungsrampe der Aktivenparkplatz. Dieser kann über den Besucherparkplatz im Norden oder im Süden erreicht werden. Weiters ist gegenüber dem Sportlereingang auch der Zugang zum Bestand, so können die Sportler die Halle auch von den Happyland-Hallen erreichen.

Die Anzahl der erforderlichen Parkplätze habe ich wie folgt berechnet:

Laut der aktuellen Novelle der Niederösterreichischen Bautechnikverordnung (NÖ BTV 1997, 8200/7-5, 2010-10-07) wird die Anzahl der benötigten Stellplätze aus 2 additiven Parametern ermittelt.

1. Je 10 Zuschauer 1 Parkplatz

2. Je 100 m² Hallensportfläche 1 Parkplatz

Daraus folgt bei 3406 Sitzplätzen, davon 26 Rollstuhlgerechte, und einer Hallensportfläche von ~ 610 m² eine erforderliche Zahl von 348 Stellplätzen. Da dies jedoch nur Mindestanforderungen sind, sollte man diese Werte auf Grund des immer stärker werdenden Individualverkehrs großzügiger ansetzen. Aus diesem Grund teilen sich die von mir festgelegten insgesamt 456 Besucherparkplätze auf den Hauptparkplatz im Süden mit 328 und den zweiten im Norden liegenden Parkplatz mit 128 Stellplätzen auf, 28 davon als barrierefreie.

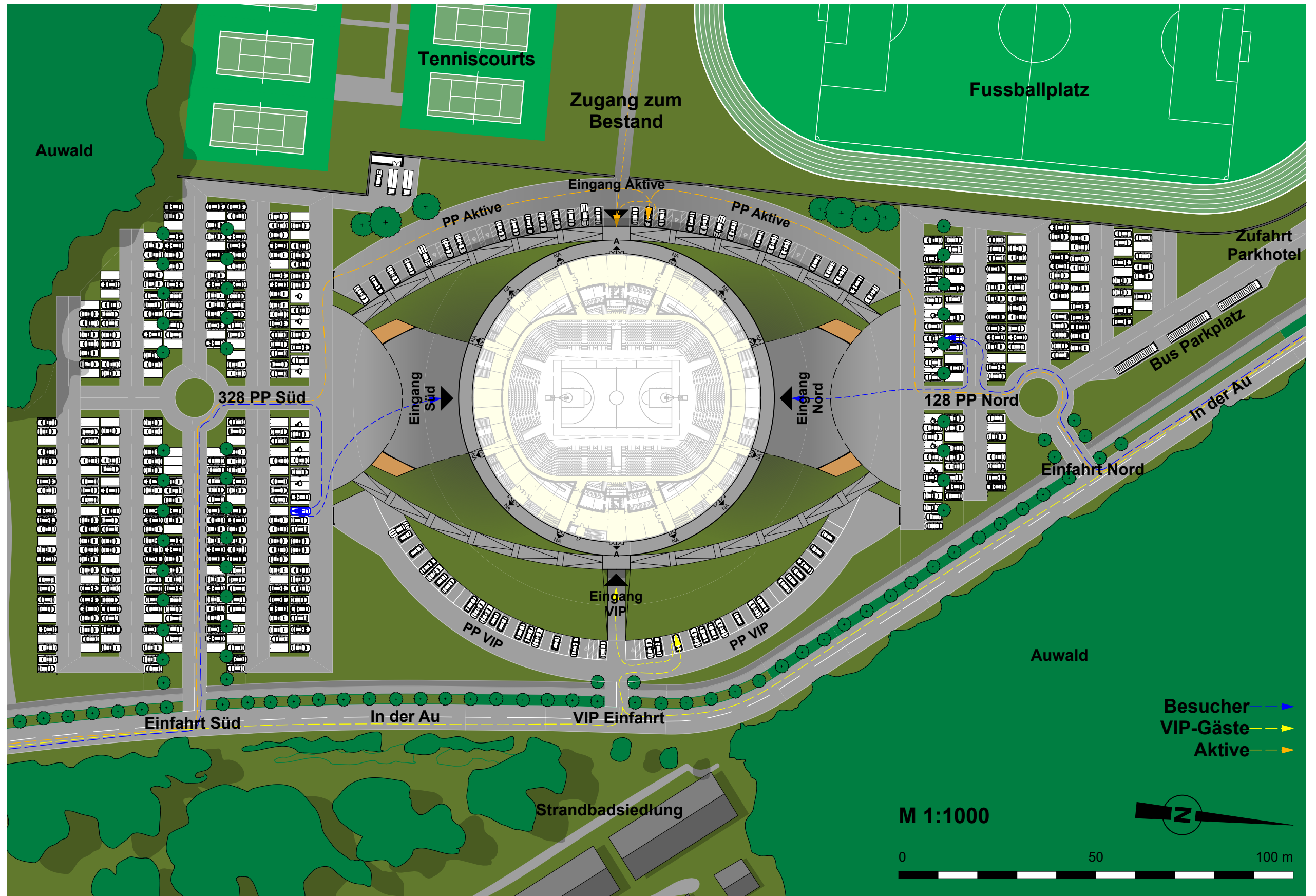
Der Aktivenparkplatz umfasst 56, der VIP-Parkplatz 54 Stellplätze. Die Fahrgassen am Parkplatzareal und die Senkrechtaufstellung der Stellplätze wurden nach der OIB-Richtlinie 4 geplant. Das bedeutet, dass die Fahrgassen 6 m Breite aufweisen und die dazugehörigen Stellplätze in 90 Grad Aufstellung eine Größe von 2,50 m x 4,80 m aufweisen. Die Stellplatzgröße für Menschen mit Behinderung beträgt 3,50 m x 4,80 m.¹⁰

Die barrierefreien Parkplätze sind in nächster Nähe der Eingangsbereiche angeordnet.

Zur Vermeidung von Angsträumen ist der gesamte Parkplatz gemäß dem Gender-Mainstreaming mittels Straßenlaternen ausgeleuchtet, damit auch die Gesichtsfelder erwachsener Personen erkennbar bleiben.

¹⁰ Vgl. OIB Richtlinie 4, Pkt. 2.7.4, Tabelle 2

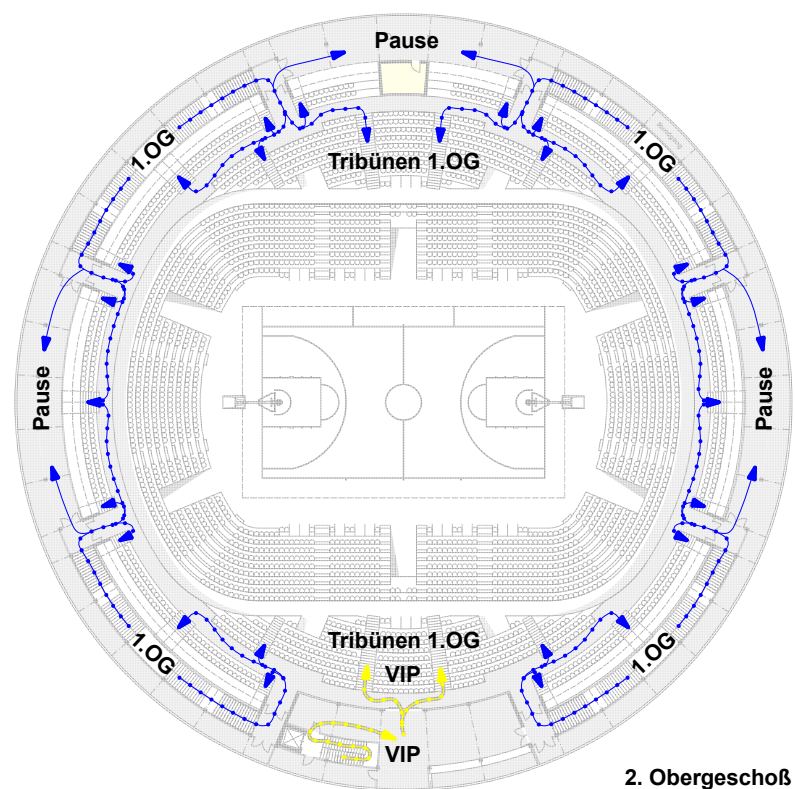
Äußere Erschließung - Parkplatzsituation



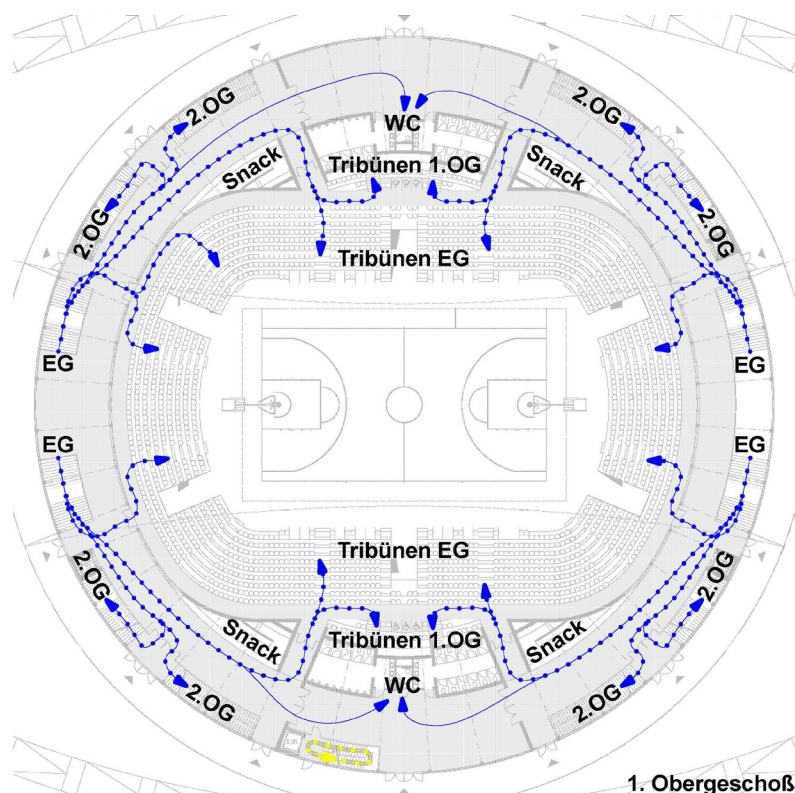
Innere Erschließung

Die innere Erschließung organisiert sich über einen Eingangsbereich und der Aufenthalts-, bzw. Verteilerzone im 1. Obergeschoß. Die Zuschauer betreten die Halle bei den Haupteingängen im Norden und Süden und kommen anschließend über Treppen und Lifte in den ersten Stock. Hier ist die Verteilerebene, die sich um die Halle zieht, mit Snack und Getränkebars und den WC-Anlagen. Von hier aus können sich die Besucher zu ihren Plätzen begeben.

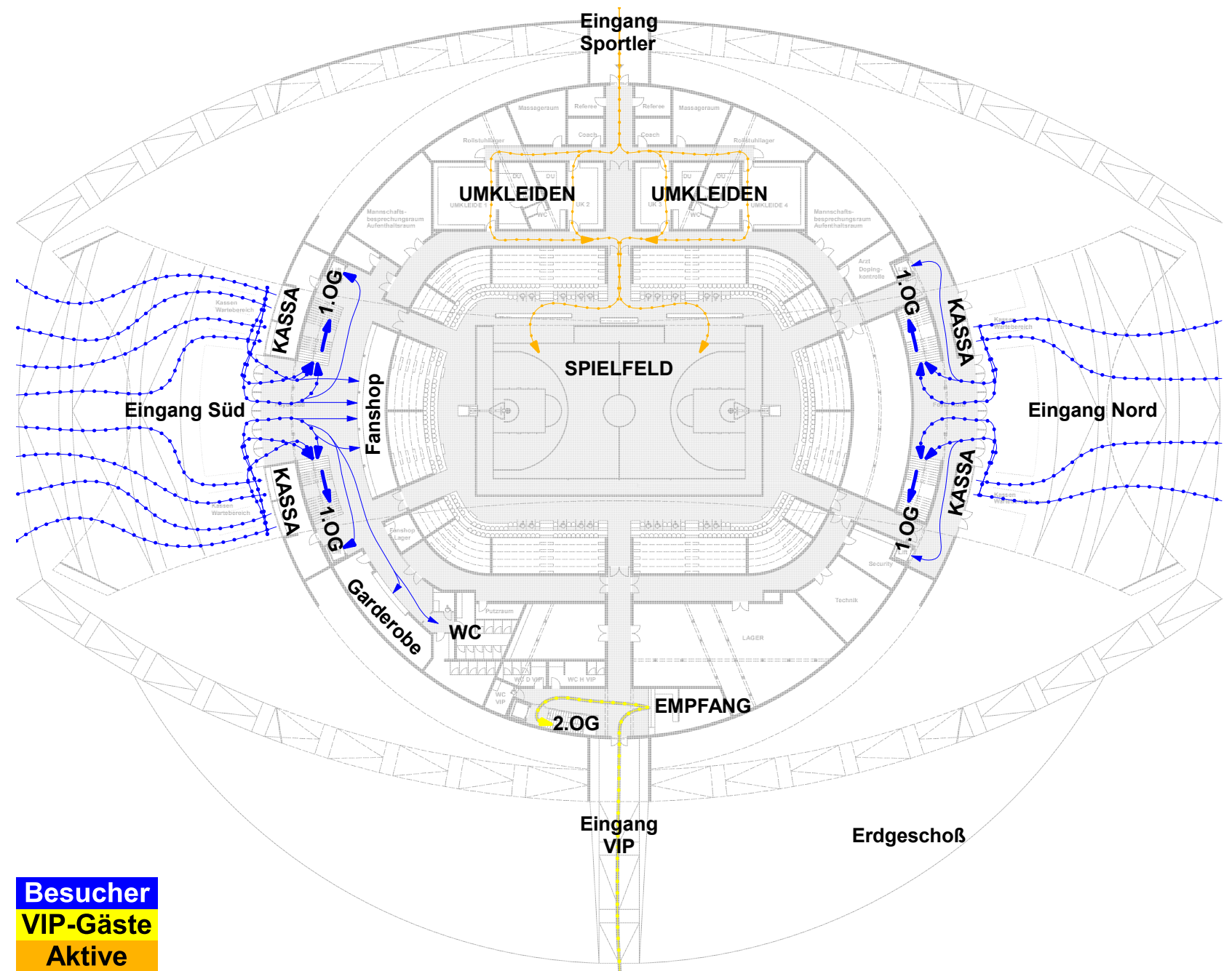
An den Stirnseiten des Spielfelds befinden sich großzügige Sichtöffnungen, die den Blick zum Spielfeld auch in der Pause ermöglichen. Für Besucher die Karten für die Galerie-Tribüne besitzen sind 4 Stiegenhäuser ringsum angeordnet. Die VIP Gäste kommen durch ihr eigenes Stiegenhaus im Osten direkt in ihren Bereich. Die getrennte Wegführung ermöglicht den Sportlern eine kompakte Erschließung zwischen Sportlereingang im Westen, Garderoben und Spielfeld.



2. Obergeschoß



1. Obergeschoß



Besucher
VIP-Gäste
Aktive

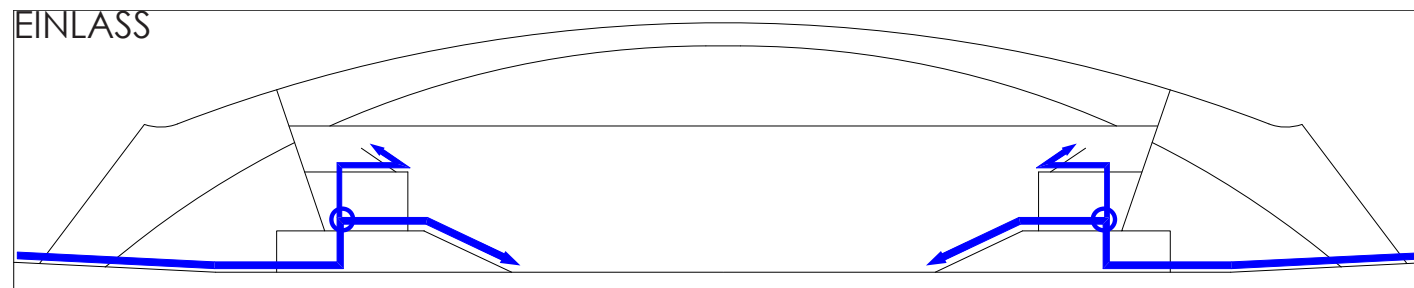


Abb.48 Erschließung Einlass

Der Einlass erfolgt über die Hauptzugänge im Norden und Süden, dann über die Treppen und Lift in die Verteilerzone zu den Tribünen.

Besucher
VIP-Gäste
Aktive

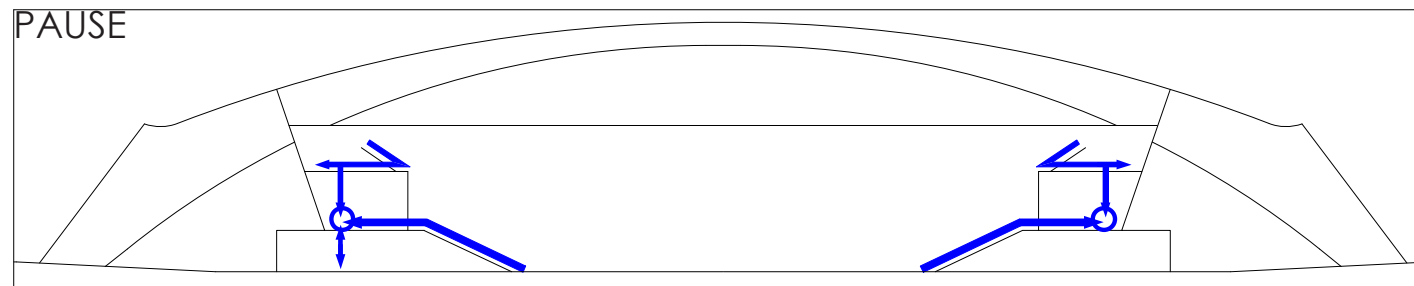


Abb.49 Erschließung Pause

In der Pausensituation können sich die Zuschauer in die Verteilerebene zurückziehen und etwas von den Bars konsumieren. Die VIP-Gäste werden in der VIP-Lounge verpflegt und die Sportler können sich in den Mannschaftsbesprechungsraum zurückziehen.

Besucher
VIP-Gäste
Aktive

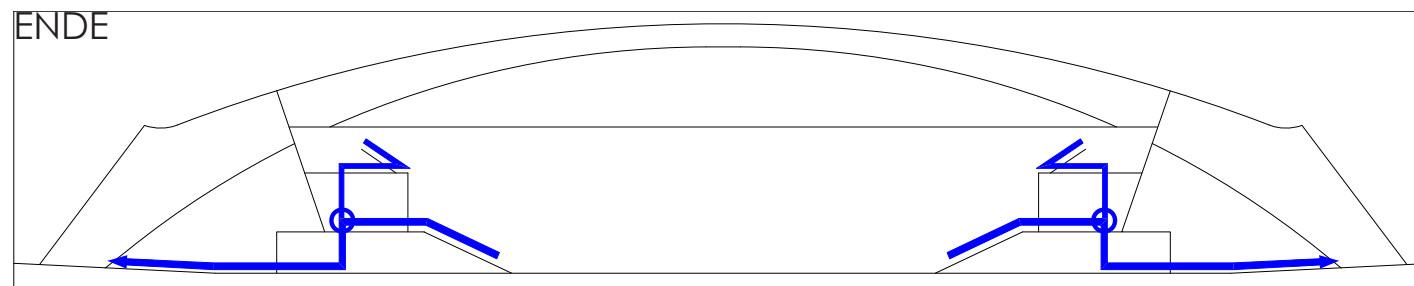


Abb.50 Erschließung Ende

Ist das Spiel zu Ende, so kommen die Zuschauer grundsätzlich auf demselben Weg wieder nach Draußen wie zu Spielbeginn. Nur 2 zusätzliche Ausgänge werden geöffnet, die sich westlich und östlich direkt über dem Sportler-, bzw. VIP-Eingang befinden und über die barrierefrei angelegten Rampen jeweils zu den Haupteingangsbereichen führen.

Besucher
VIP-Gäste
Aktive

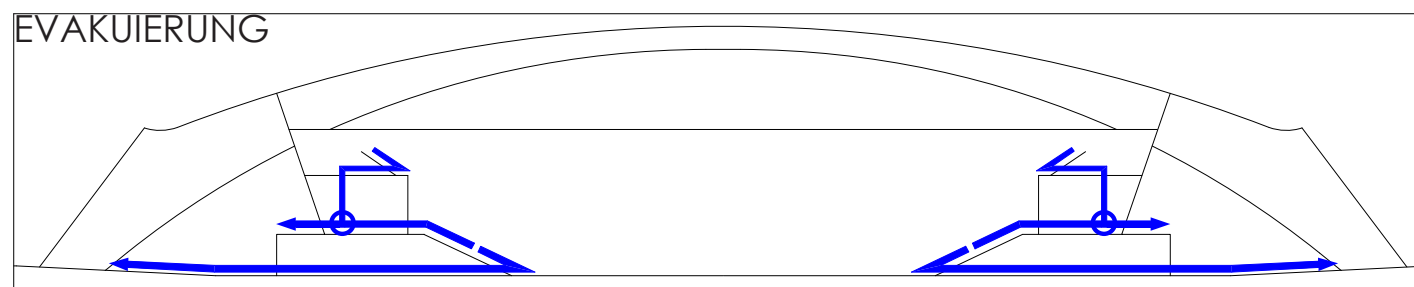


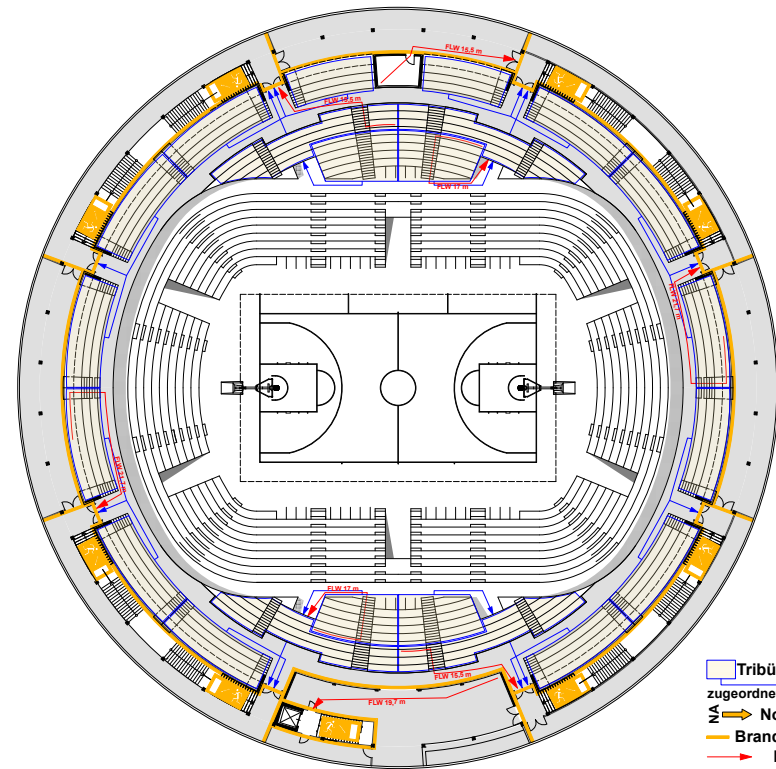
Abb.51 Erschließung Evakuierung

Im Evakuierungsfall werden alle Ausgänge genutzt. In diesem Punkt macht sich die zusätzliche äußere Ebene im 1. Obergeschoß mit den Rampen zu den Haupteingängen bezahlt. Die Fluchtwege können durch diese Ausgänge relativ gering gehalten werden und die Zuschauer kommen vom Tribünenbereich direkt in den nächsten Brandabschnitt, von dem es dann schnell ins Freie geht.

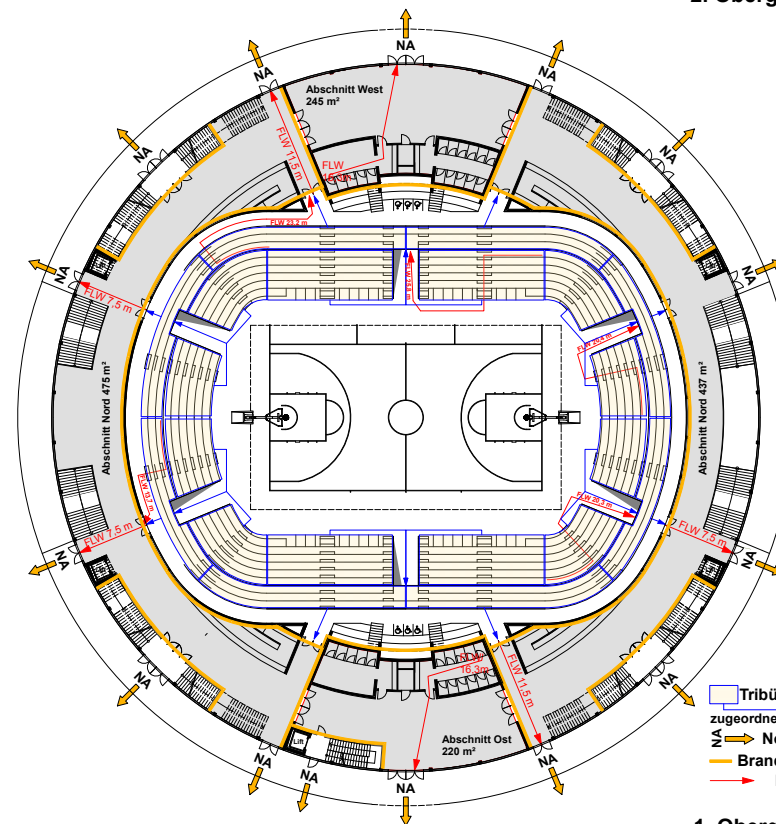
Brandschutz und Fluchtwege

Im Bereich der Entfluchtung macht sich die Verteilerebene im 1. Obergeschoß, die in vier Brandabschnitte geteilt wird, bezahlt. Denn durch die, um die Halle verteilten, 14 Notausgänge in dieser Ebene und den 4 Ausgängen im Erdgeschoß, kann ein sicheres Evakuieren der Zuschauer mit kurzen Wegen gewährleistet werden. Zusätzliche Sicherheit bieten im Erdgeschoß Alternativfluchtwege, die den Fluchtweglängen entsprechen und das Evakuieren von Abschnitten erleichtern.

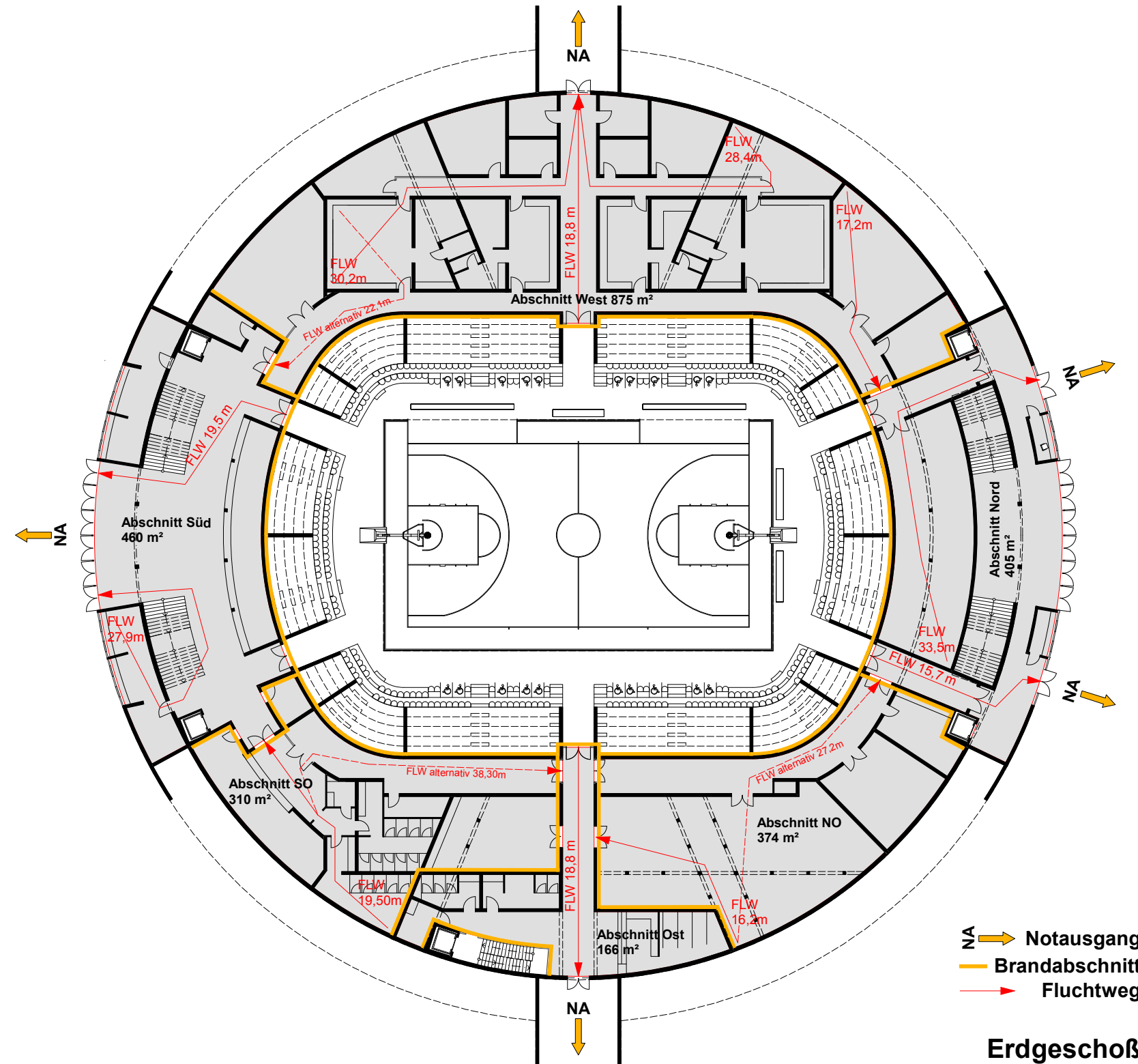
Der maximal zulässige Fluchtweg aus dem Gefahrenbereich beträgt 40 m und kann von jedem Platz in der Halle aus unterboten werden. (siehe OIB RL 2 - Pkt. 5.1 Fluchtwege)



2. Obergeschoß



1. Obergeschoß



Erdgeschoß

Barrierefreiheit

Der Gedanke eine Halle zu bauen, die gleichermaßen für gesunde Menschen und Menschen mit Behinderung nutzbar ist, musste im Entwurf schon in den ersten Schritten mit einbezogen werden. Da die übliche Umgangsweise bei bestehenden Hallen diese ist, dass Rollstuhlfahrer in einem eingeschränkten Bereich „platziert“ werden, sollte man es ihnen ermöglichen, auch aus mindestens einer zweiten Zuschauerperspektive zu wählen. Die Lösung war eine externe Fluchtrampe, die keine Abhängigkeit von Aufzügen erfordert.

Die OIB Richtlinie 4 (OIB-300.4-012/07), die ÖNORM B1600, ÖISS Richtlinien und die Planungsgrundlagen der Stadtbaudirektion Graz, Referat für barrierefreies Bauen, waren dabei die maßgebenden Unterlagen um meinen Entwurf vom Parkplatz bis zum Zuschauerbereich für ALLE Menschen angenehm zu gestalten, gemäß dem Universellen Design

Dabei lag das Augenmerk auf gute Sichtverhältnisse und ausreichend Platz in der Erschließung.

Damit die maximalen Rampenanforderungen nicht überschritten werden, war es Teil der Lösung, die Halle um 90 cm tiefer als das Parkplatzniveau anzusetzen. Durch die Geschoßhöhe zwischen dem Eingangsbereich im EG und der Entfluchtungszone im 1. OG von 3,80 m konnte dadurch die Gesamtlänge der Rampe auf die bauliche Grenze des Schalenansatzes reduziert werden. Somit mussten auf einer Länge von ca. 66 m nur 2,90 m Höhenunterschied überwunden werden, was mit einer Teilrampenlänge von max. 10 m und den dazu erforderlichen Podestlängen möglich war. Die restlichen 90 cm, die vom Parkplatzniveau bis zum Eingang überwunden werden müssen, fangen beim Schalenansatz an und teilen sich in 2 Teilrampen mit 8,25 m Länge und dazwischenliegendem Podest.

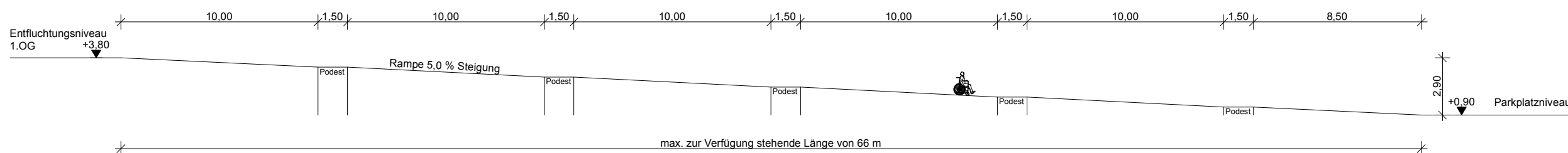


Abb.52 Rampensituation Ausgang

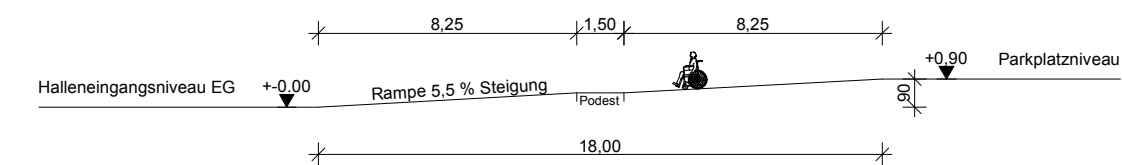


Abb.53 Rampensituation Eingang

Die Parkplatzsituation, Erschließung und Entfluchtung, Sitzplätze sowie Toilettenanlagen sind nach den Anforderungen für barrierefreies Bauen ausgeführt, so muss zum Beispiel bei den Sitzplätzen nicht nur Rücksicht auf Menschen mit Rollstuhl genommen werden, sondern auch auf Personen mit sonstigen Mobilitätseinschränkungen. Diese benötigen einen freien Durchgangsbereich von mindestens 55 cm vor ihren Sitzplätzen.

Toilettenberechnung

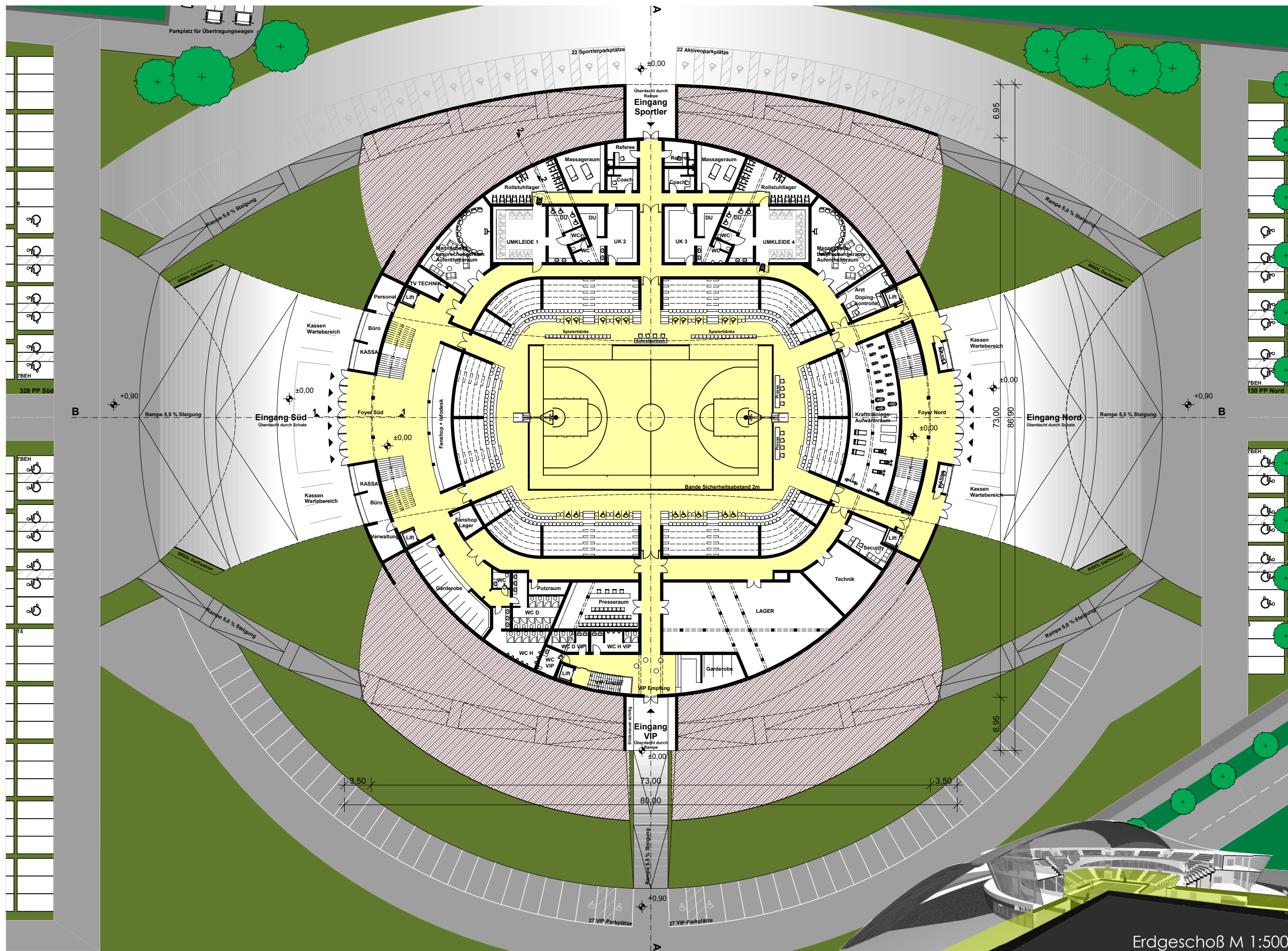
Die Anzahl der erforderlichen Toilettenanlagen wurden nach dem Schlüssel der ÖISS Richtlinie für den Sportstättenbau – Planung und Bau von Zuschauertribünen – Stand 09/2002 (Ausser Kraft – In Überarbeitung) berechnet:

Damen: je 100 Plätze 1,2 Toiletten bis 1000 Plätze – je weitere 100, 0,8 Toiletten

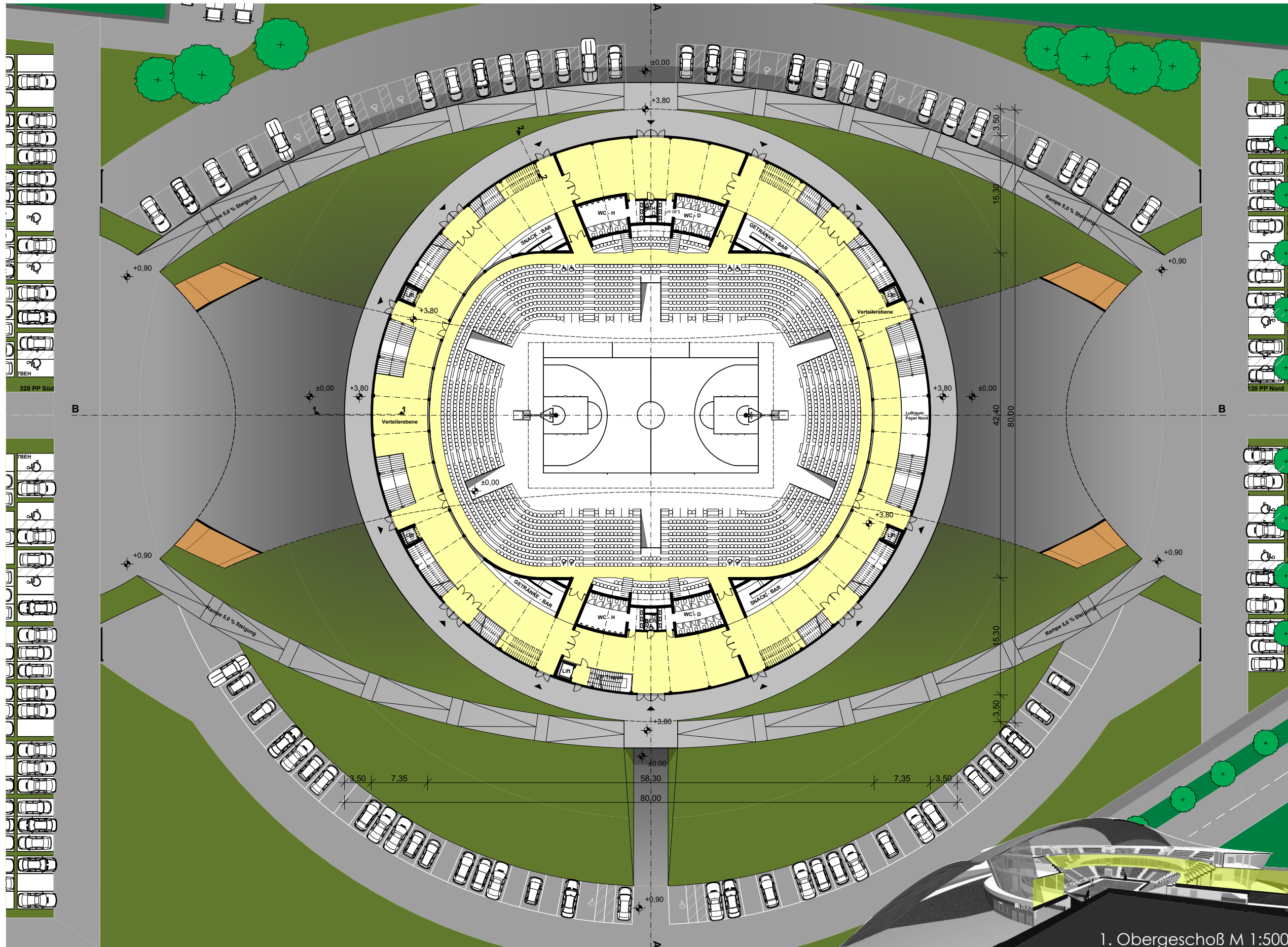
Herren: je 100 Plätze 0,8 Sitz- und 1,2 Steh-toiletten bis 1000 Plätze – je weitere 100, 0,4 Sitz- und 0,6 Steh-toiletten

Bei 3380 + 26 barrierefreien Zuschauerplätzen, folgt daraus eine angepasste Toilettenanzahl, inkl. des VIP-Bereichs von 34 Damen-WCs, 17 Herren-WCs, 28 Herrenpissaires und 4 barrierefreie WCs.

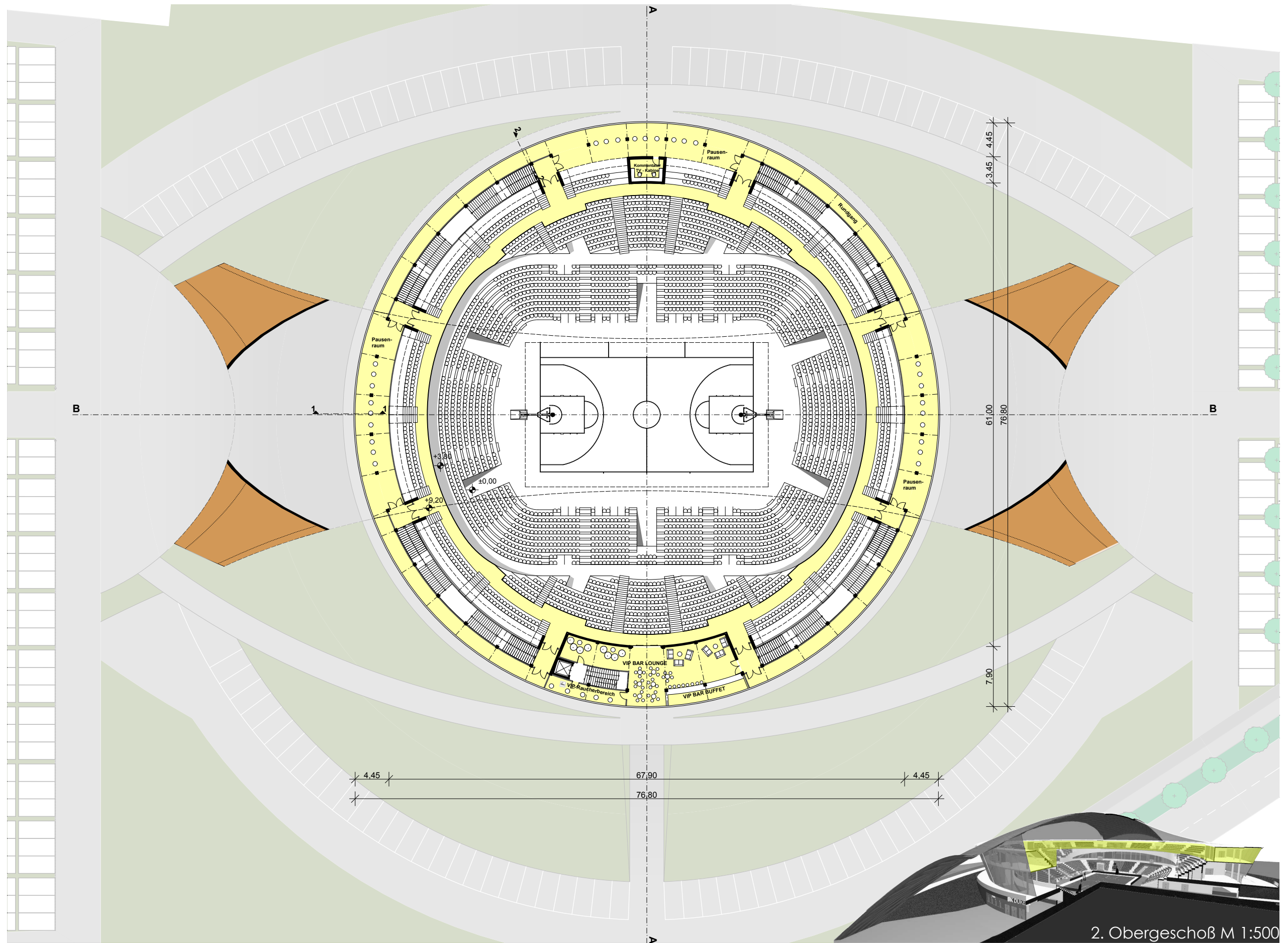
Grundrisse Schnitte Ansichten



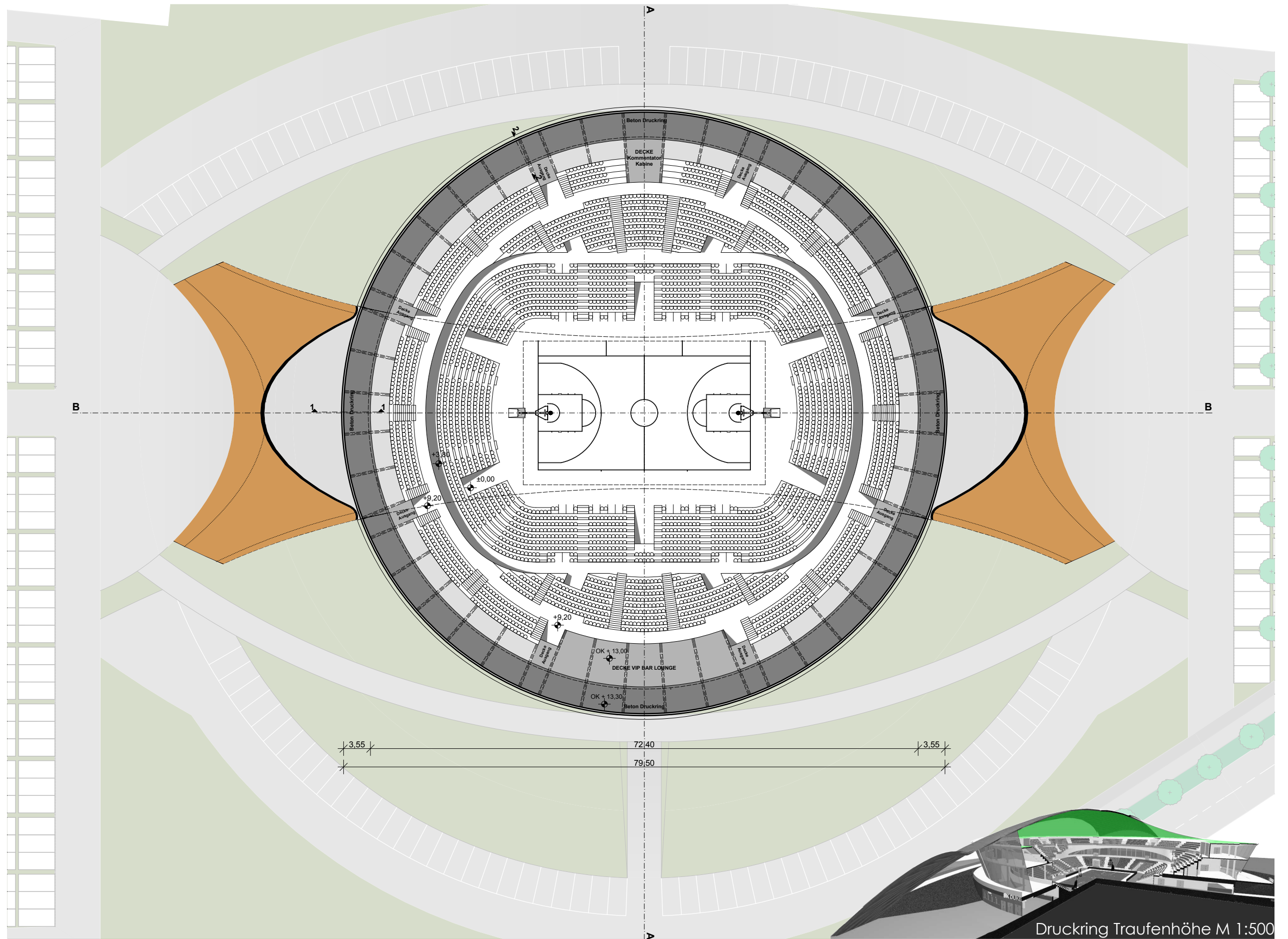
Erdgeschoß M 1:500

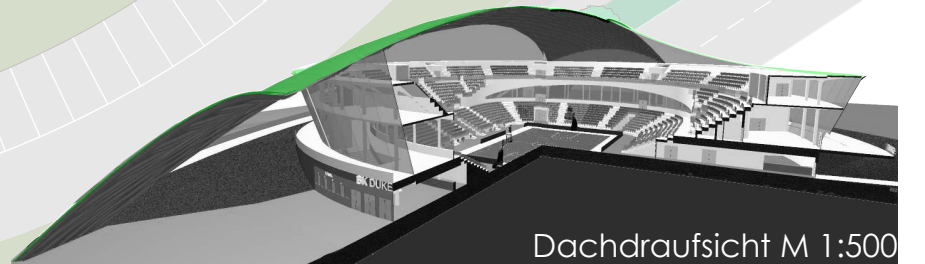
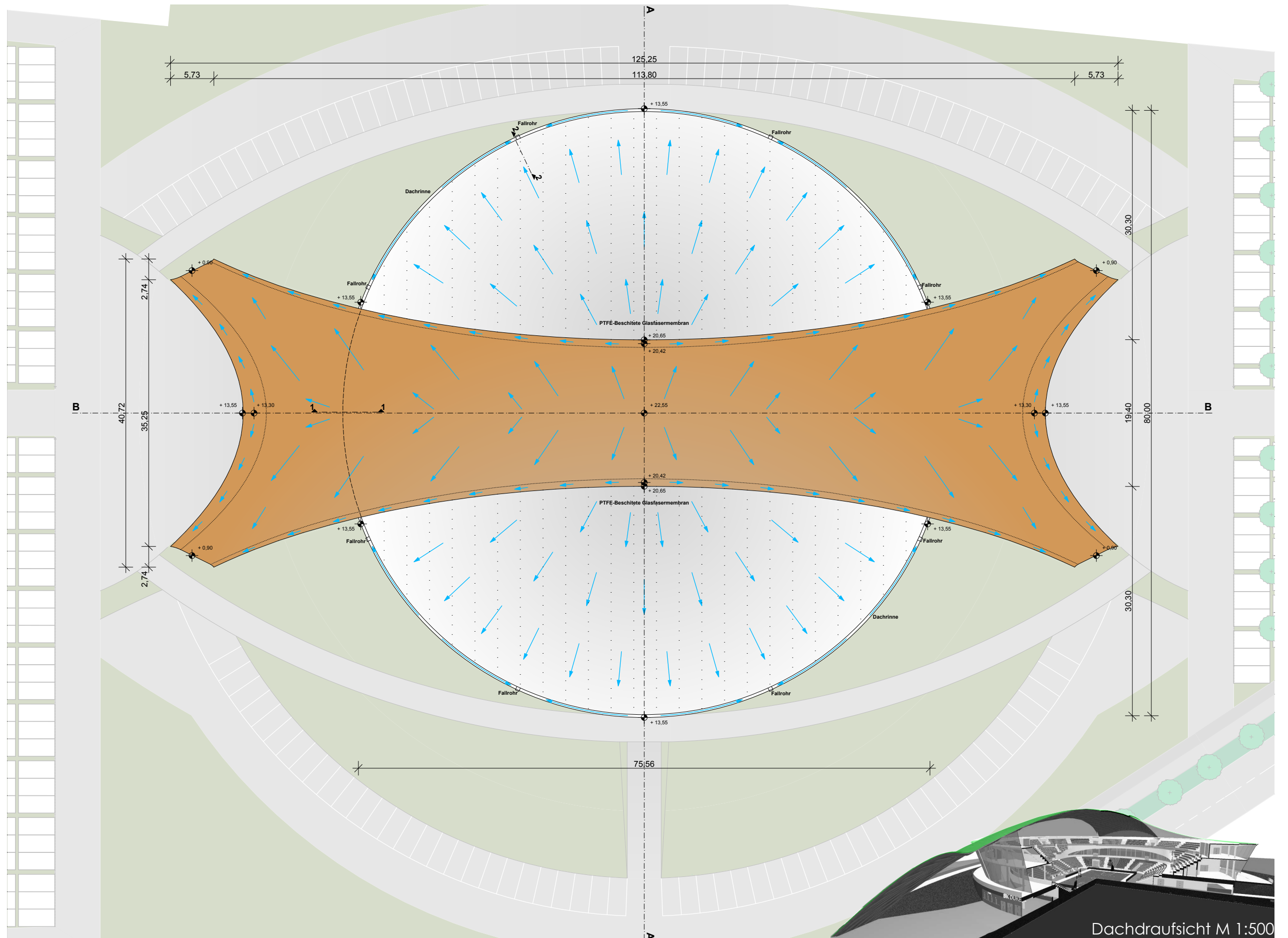


1. Obergeschoß M 1:500

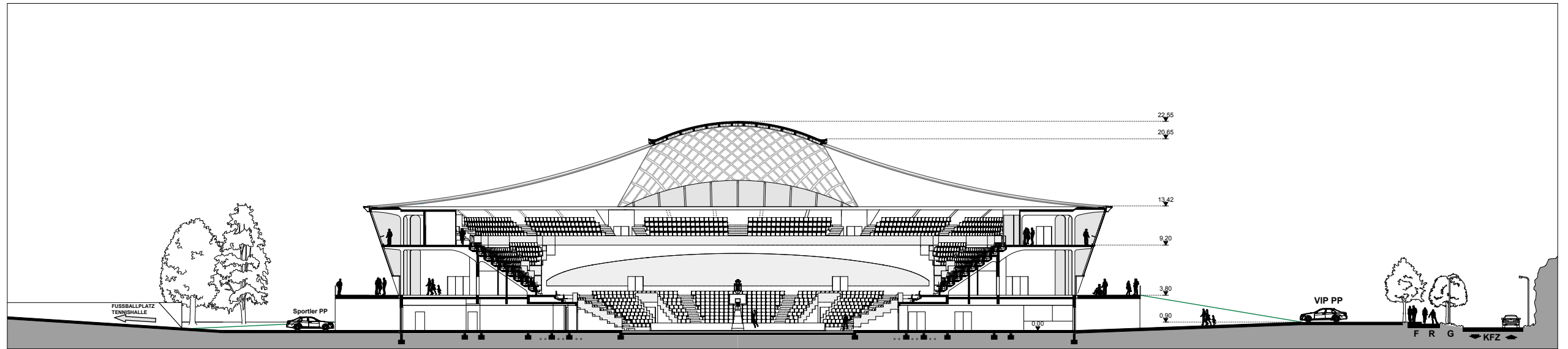


2. Obergeschoß M 1:500

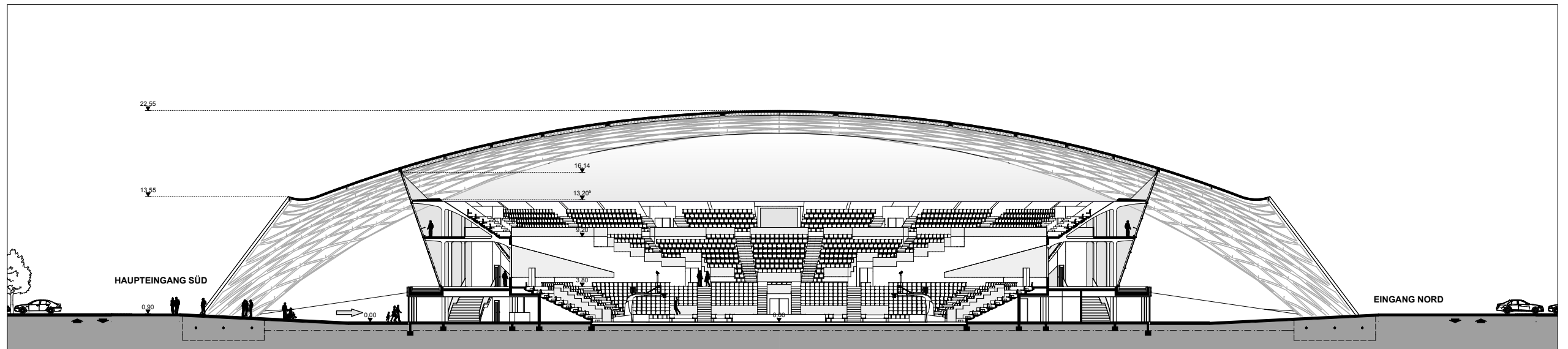




Dachdraufsicht M 1:500

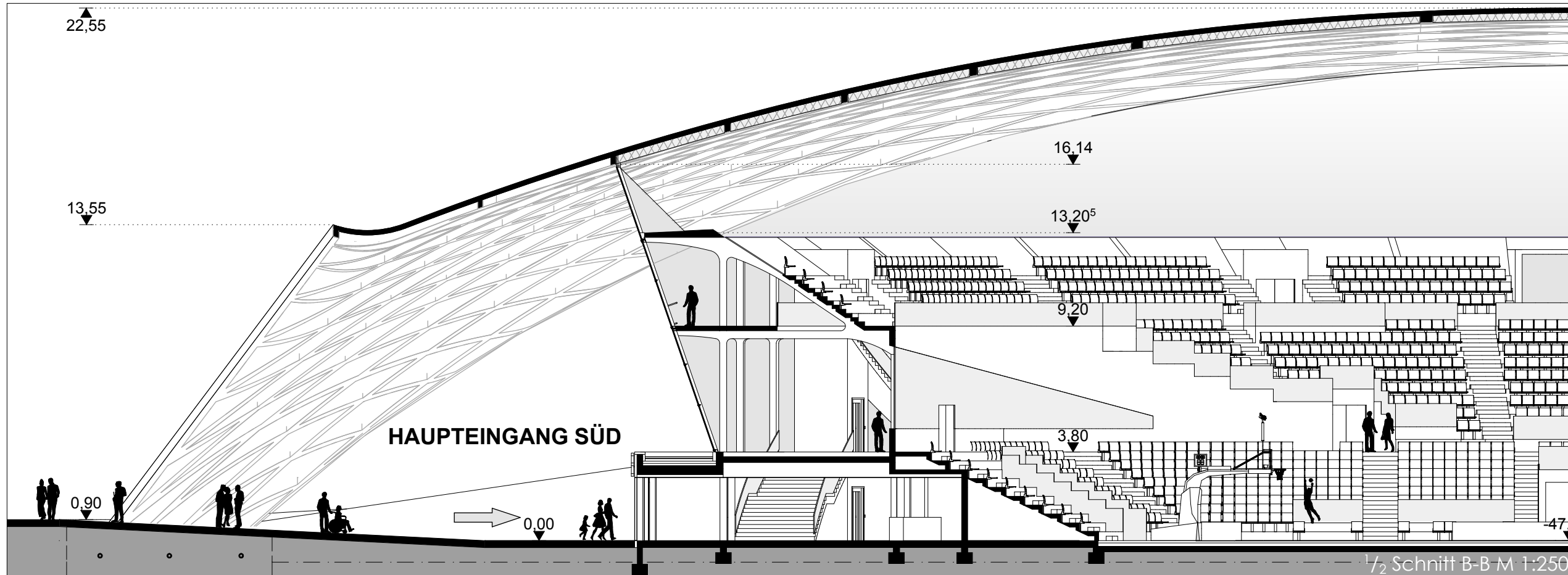
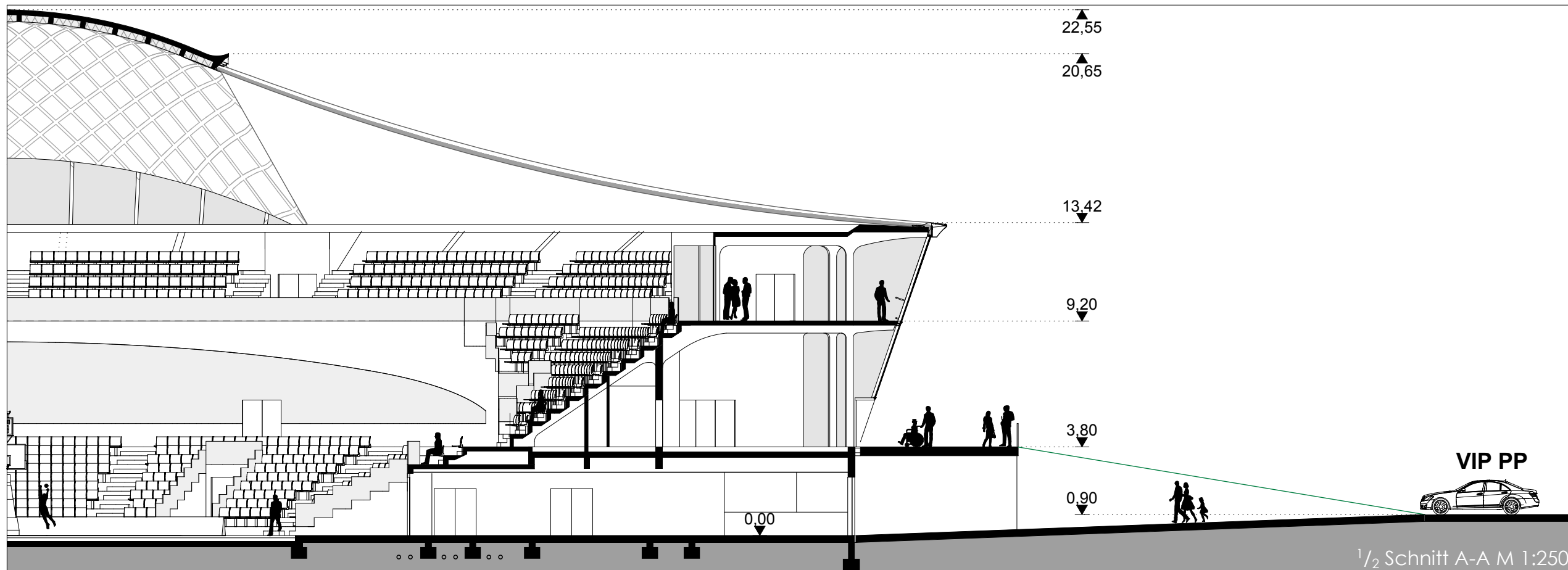


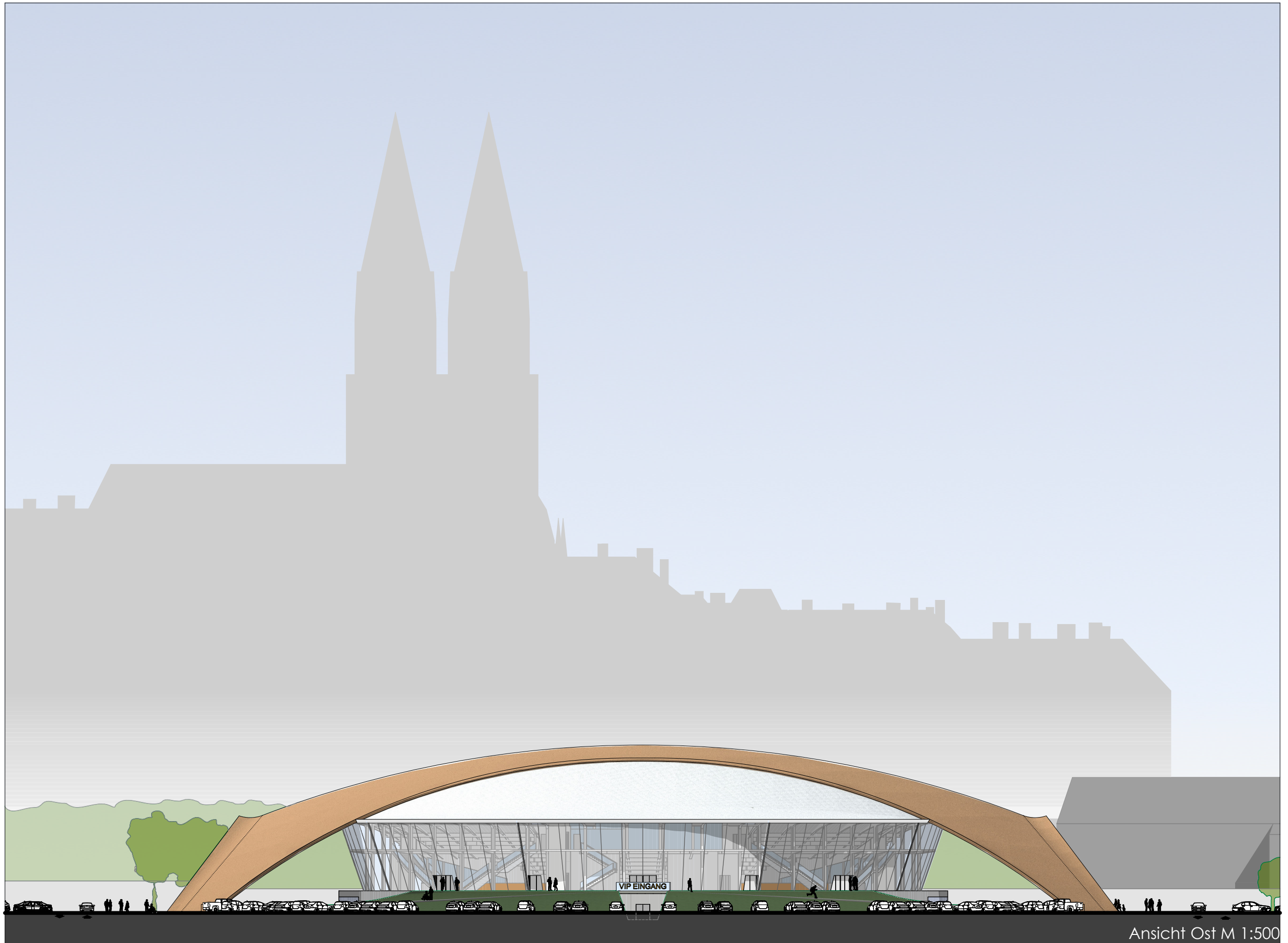
Schnitt A - A



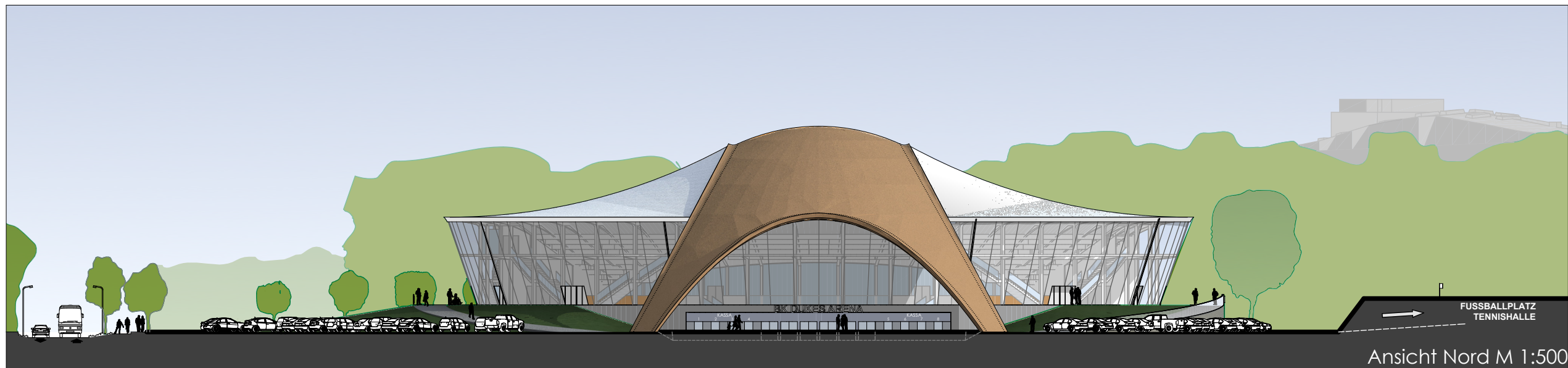
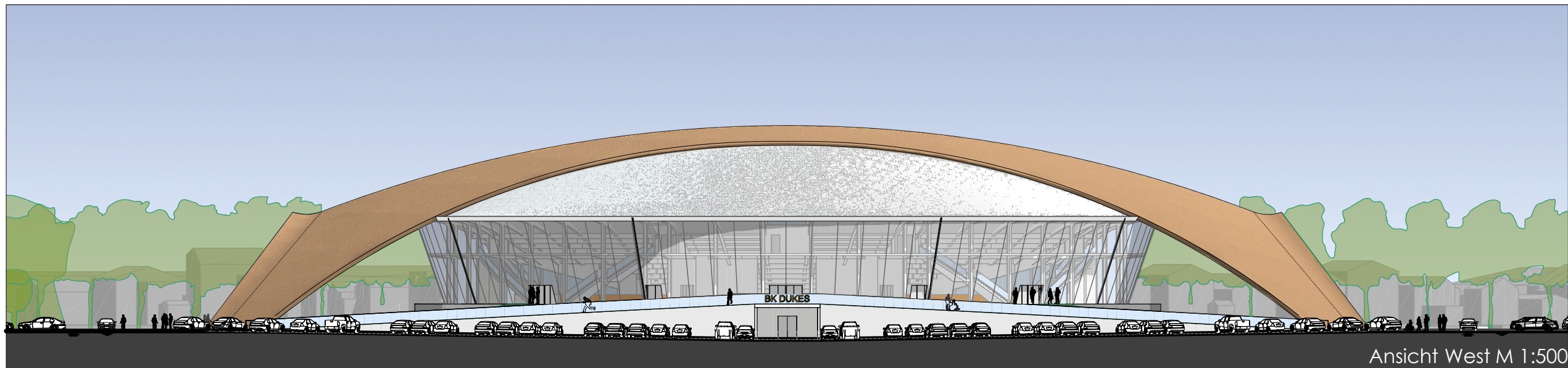
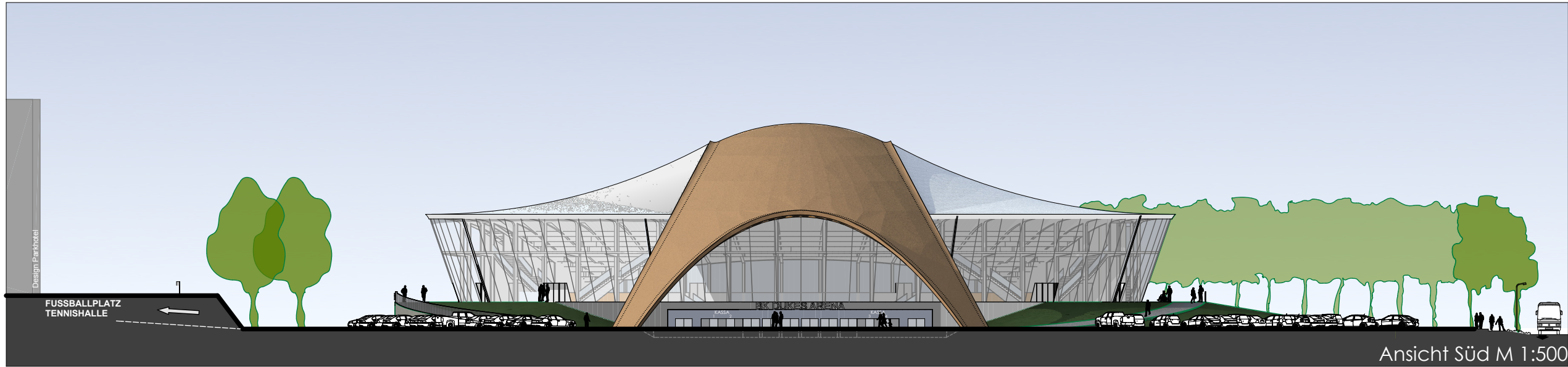
Schnitt B - B

Schnitte M 1:500





Ansicht Ost M 1:500



Tragwerksentwurf

Die Schale

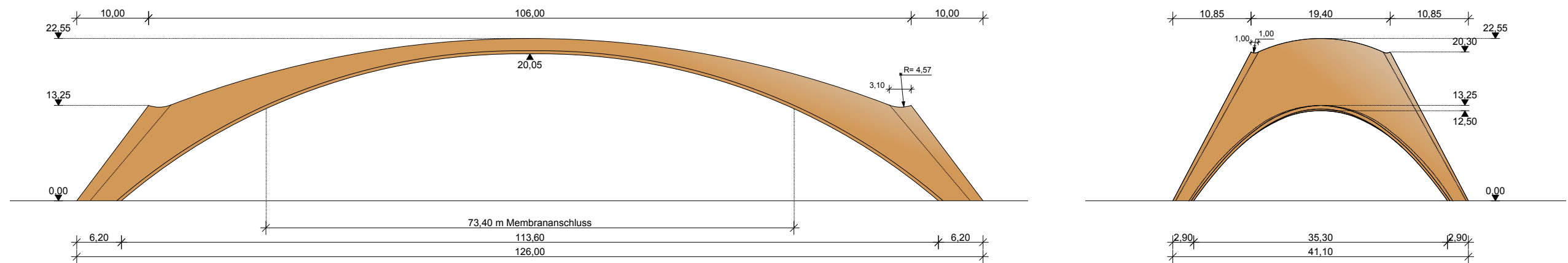


Abb.54 Schalengröße

Die Form der Schale basiert auf einem elliptischen Paraboloidstumpf, der in Rhinoceros 4 konstruiert wurde. Durch den Paraboloid war es mir möglich, die abgeschnittenen Seiten als Parabelkurven zu erhalten, die dem Kräfteverlauf entgegenkommen. Die Schale wird als einteilige Ortbeton-Schale hergestellt, die auf mit Zugseilen gekoppelten Einzelfundamenten verankert ist. Um grob Abschätzen zu können welche Kräfte wirken werden, wurde die Form im

Statik-Programm RFEM 4 eingegeben und die Belastungen simuliert, um ein Gefühl für die Größe und Dicke des erforderlichen Querschnitts zu bekommen.

Lastaufstellung:

Klosterneuburg Schneelast: 1,15 kN/m²;

Nutzlast: 0,5 kN/m²;

Für die Berechnung angenommener Querschnitt d: 200 mm in Betongüte C110/115;

Die Dachschale wird innen mit 300 mm dicken Schaumglasplatten gedämmt, die ein Gewicht von 0,35 kN/m² mit sich bringen, inklusive der Verkleidungsplatten wurden also für die ständige Last der Schale nochmal 0,5 kN/m² angesetzt.

Die äußere Membran aus PTFE-Beschichtetem Glasfasergewebe weist ein Gewicht von 0,013 kN/m² auf.

Auf der inneren Membran liegen eine mehrschichtige Polyesterfaserdämmung und ein silikonbeschichtetes Glasfasergewebe. Dieser Aufbau kommt mit 0,03 kN/m² für das 14 cm dicke Polyesterfaservlies, 0,013 kN/m² für das PTFE Glasgewebe und 0,004 kN/m² für das silikonbeschichtete Glasgewebe zum gesamten Membrandach hinzu. Das Membrandach besitzt rechts und links der Schale jeweils eine Fläche von ca. 1627 m², was den Einflussbereich der vertikalen Lasten (Nutz und Schneelast) auf rund 814 m² pro Seite beschränkt. Die horizontalen Lasten sind jedoch ohnehin höher anzunehmen, da die Membranen zwischen Schale und Druckring gespannt sind.

Nachstehend die Berechnung der Schale einmal ohne Schneelast und einmal unter Vollbelastung.

Berechnung 1: ohne Schnee

Membrandach: vertikale Lasten auf Schalenrand:

$814 \text{ m}^2_{\text{Einflussbereich}} \times (0,013_{\text{PTFE Glasgewebe}} + 0,004_{\text{Silikonb.Gewebe}} + 0,03_{\text{Polyesterdämmung}} + 0,013_{\text{PTFE Glasgewebe}}) = 48,84 \text{ kN}$
 $48,84 / 73,40 \text{ m}_{\text{Anschlusslänge}} = 0,67 \text{ kN/m}$ durchgehend
 => 0 - 1,34 kN/m - da die Belastung am Rand des Dachanschlusses gleich Null geht, wurde die mittige Belastung mit 1,34 kN/m angesetzt. (Arithmetisches Mittel)

Horizontale Spannlast (angenommen) = 0 - 45 kN/m

Dachschale:

Nutzlast auf Dachschale = 0,5 kN/m²

Ständige Last des Aufbaus = 0,5 kN/m²

Aus dieser Berechnung ergibt sich eine Durchbiegung von 20,6 mm.

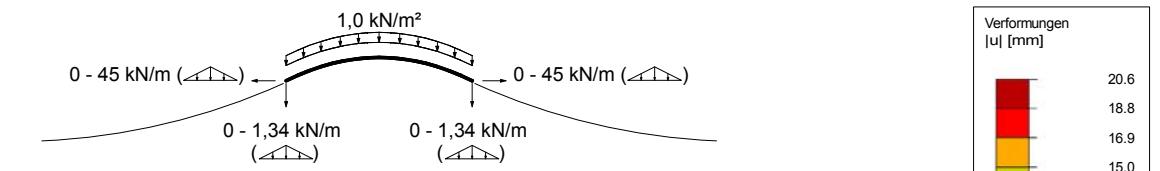


Abb.55 Lastskizze ohne Schnee

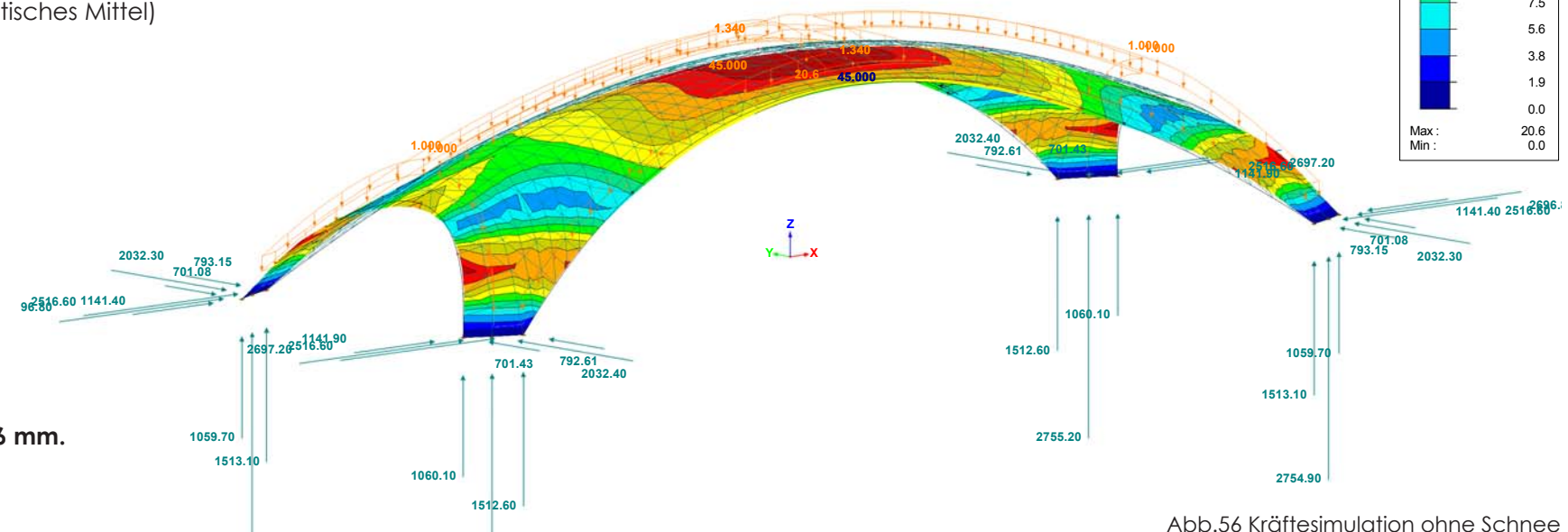


Abb.56 Kräftesimulation ohne Schnee

Berechnung 2: Vollbelastung inkl. Schnee

Membrandach: vertikale Lasten auf Schalenrand:

$814 \text{ m}^2_{\text{Einflussbereich}} \times (0,013_{\text{PTFE Glasgewebe}} + 0,004_{\text{Silikonb.Gewebe}} + 0,03_{\text{Polyesterdämmung}} + 0,013_{\text{PTFE Glasgewebe}} + 1,15_{\text{Schnee}}) = 985 \text{ kN}$
 $985 / 73,40 \text{ m}_{\text{Anschlusslänge}} = 13,42 \text{ kN/m}$
 => 0 - 26,84 kN/m (Arithmetisches Mittel: Rand=0, Mitte=13,42 x 2)

Horizontale Spannlast (angenommen) = 0 - 95 kN/m

Dachschale:

Nutzlast auf Dachschale = 0,5 kN/m²

Ständige Last des Aufbaus = 0,5 kN/m²

Schneelast Klosterneuburg = 1,15 kN/m²

Aus dieser Berechnung ergibt sich eine Durchbiegung von knapp 70 mm.

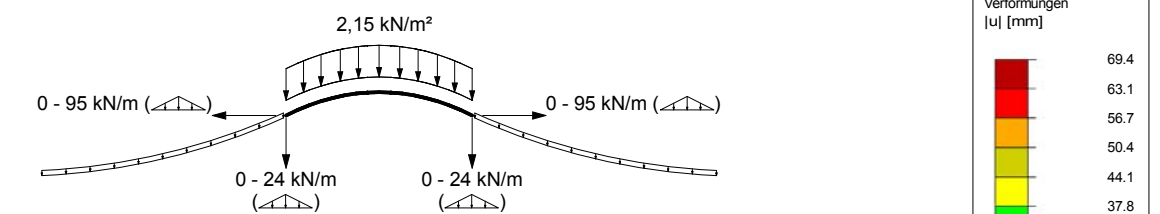


Abb.57 Lastskizze mit Schnee

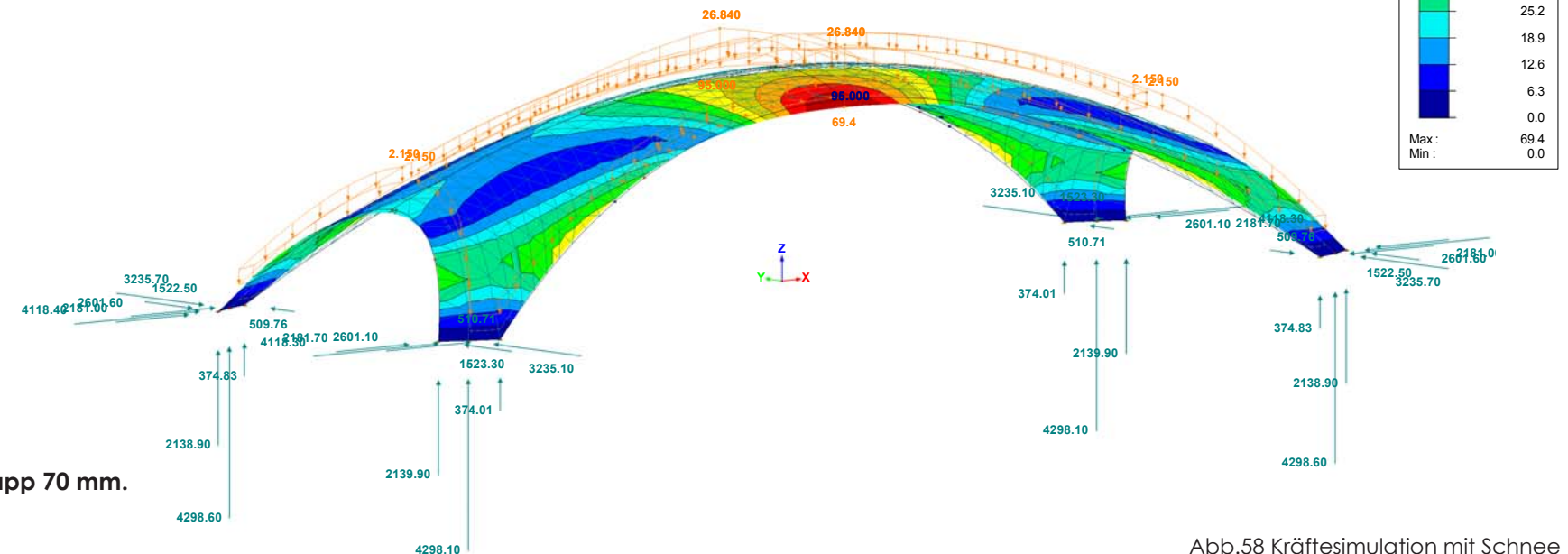


Abb.58 Kräftesimulation mit Schnee

Die Schale hält der Belastung also Stand, um jedoch die Randsteifigkeit noch zu verbessern, wurden die Ränder aufgebogen. Von den Aufwölbungen profitiert auch die Entwässerung, denn sie funktioniert ähnlich einer Dachrinne

und leitet das anfallende Regenwasser jeweils an eine der 4 Standbeine der Schale. Dort wird das Wasser mittels Rigol-System aufgefangen und zur Versickerung weitergeleitet. Somit wird die Membran und deren Dachrinne nicht

zusätzlich von der Regenwasseransammlung auf der Schale belastet.

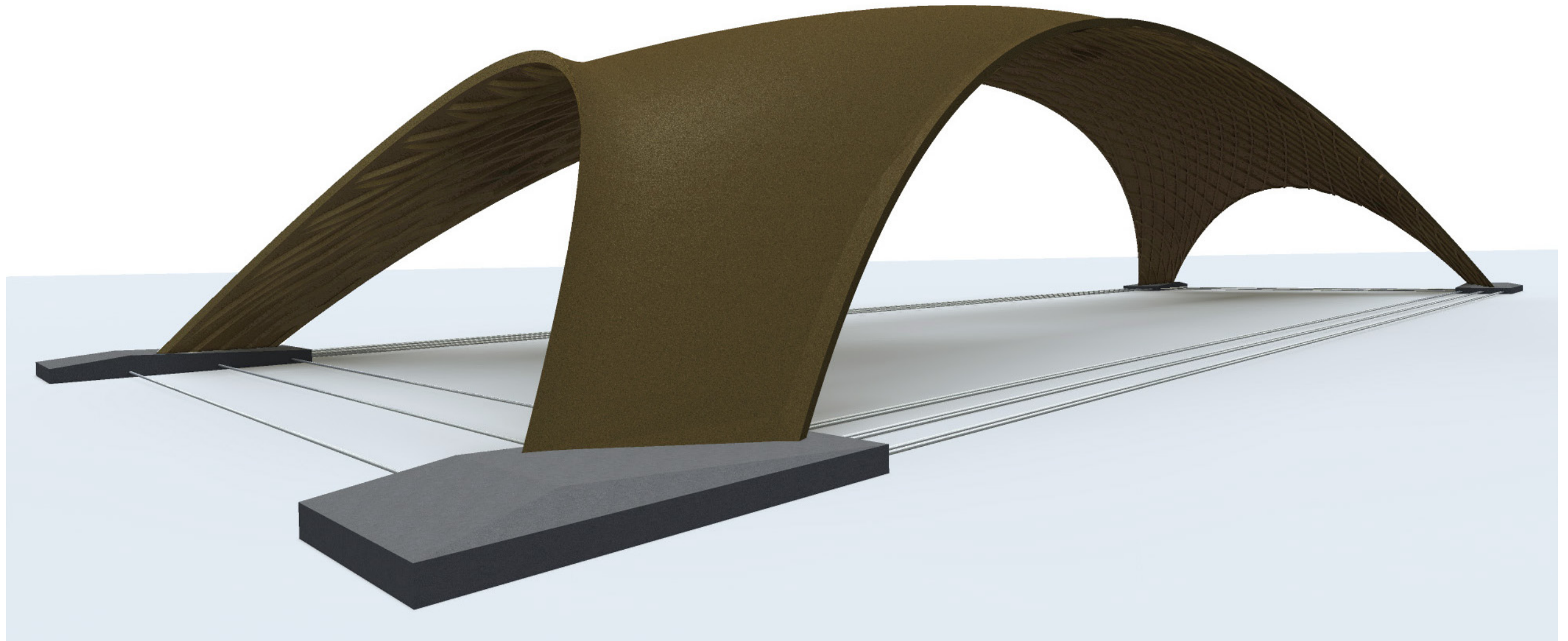


Abb.59 Schale auf Fundamenten

Um nicht nur die Randsteifigkeit zu verbessern, sondern auch die Aussteifung in sich zu stärken, wurde im nächsten Schritt eine Rippenstruktur entwickelt, die der Schale an der Unterseite eine architektonisch hohe Qualität verleiht und gleichzeitig statische Vorteile mit sich bringt. Durch

die Berechnung im RFEM konnten die Spannungsverläufe innerhalb der Schale analysiert werden. Dabei ergeben sich die Spannungstrajektorien, die die Alpha-B (Biegemomente) und Alpha-M (Normalkräfte) Hauptrichtungen zeigen und die Schale unterstützen können.

Durch Überzeichnen der Spannungstrajektorien konnte der Verlauf des Rasters harmonisiert werden und schließlich als Rautensystem, das Bezug auf die Normalkräfte und Biegemomente nimmt, in Form von Rippen der Schale an diesen Stellen mehr Materialität verschaffen.

Biegemomentenverlauf: (unter Vollbelastung)

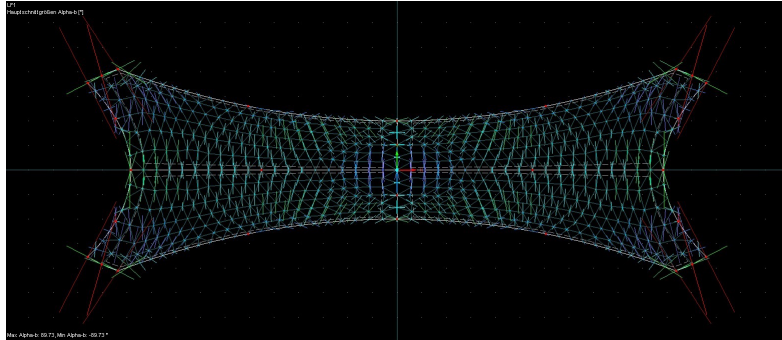


Abb.60 Trajektorien 1

Normalkräfteverlauf: (unter Vollbelastung)

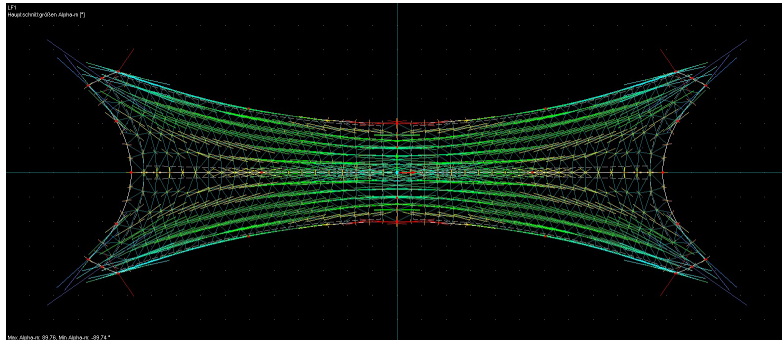


Abb.61 Trajektorien 2

Überzeichneter Entwurf der Rippenverläufe:

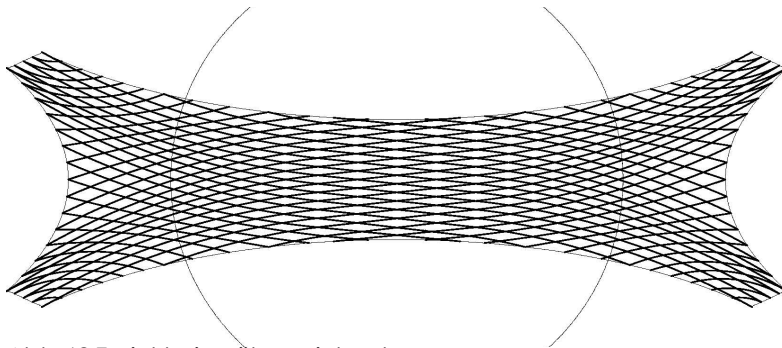


Abb.62 Trajektorien überzeichnet

Die Großen Normalkräfte sind als Rippen durchgehend bis zu den Auflagern geführt und durch Verschneidung und Weiterführung dieser Richtungen weiter zu einem Rautenmuster entwickelt worden, das auch der Biegespannung ein bisschen entgegenkommt. Die Rippen tragen mit 30 cm Höhe und 20 cm Breite dazu bei, dass die innere Steifigkeit der Schale, die selbst 20 cm Bauteildicke aufweist und laut Berechnung mit einer geringen Durchbiegung punktet, erheblich erhöht werden kann. Die Wärmedämmung wird im Innenraumbereich bei der Herstellung als verlorene Schalung zwischen den Rippen platziert.

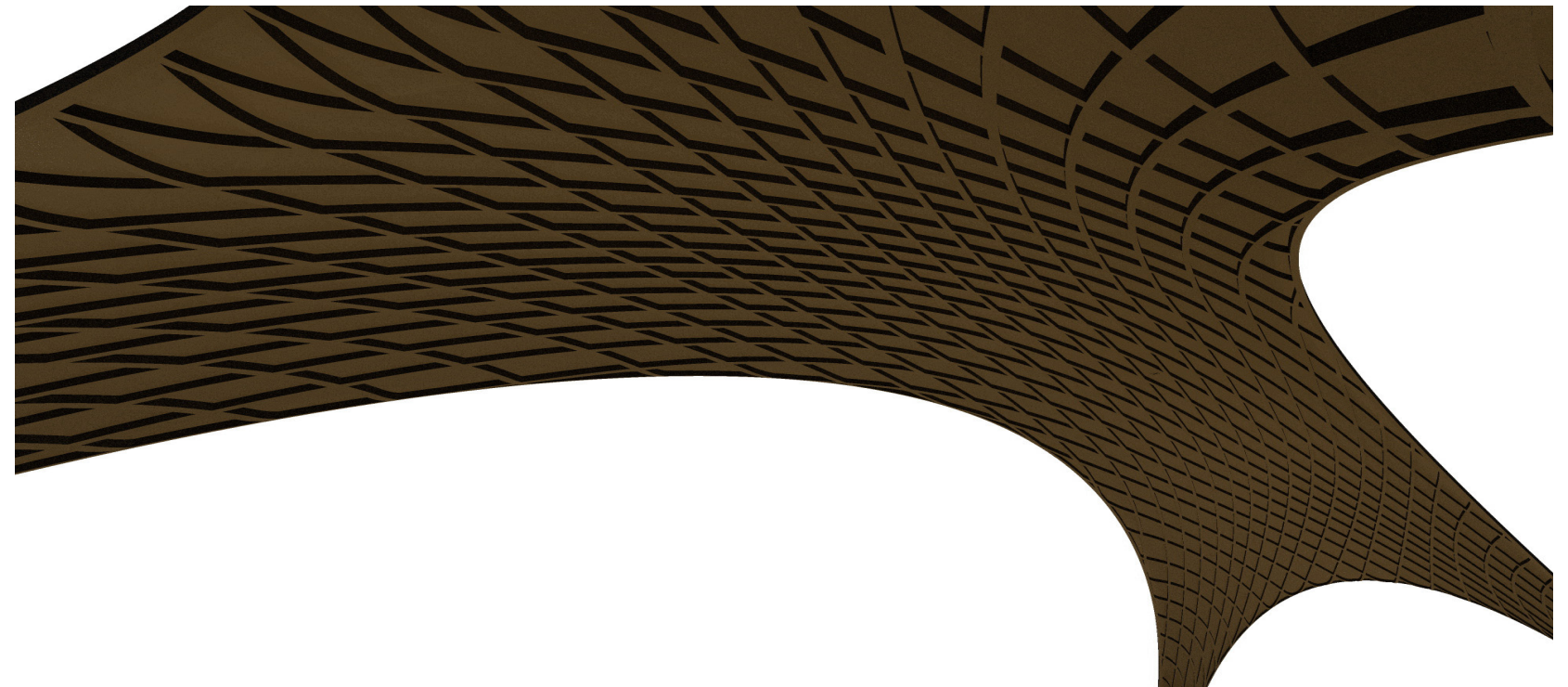


Abb.63 Rippenuntersicht

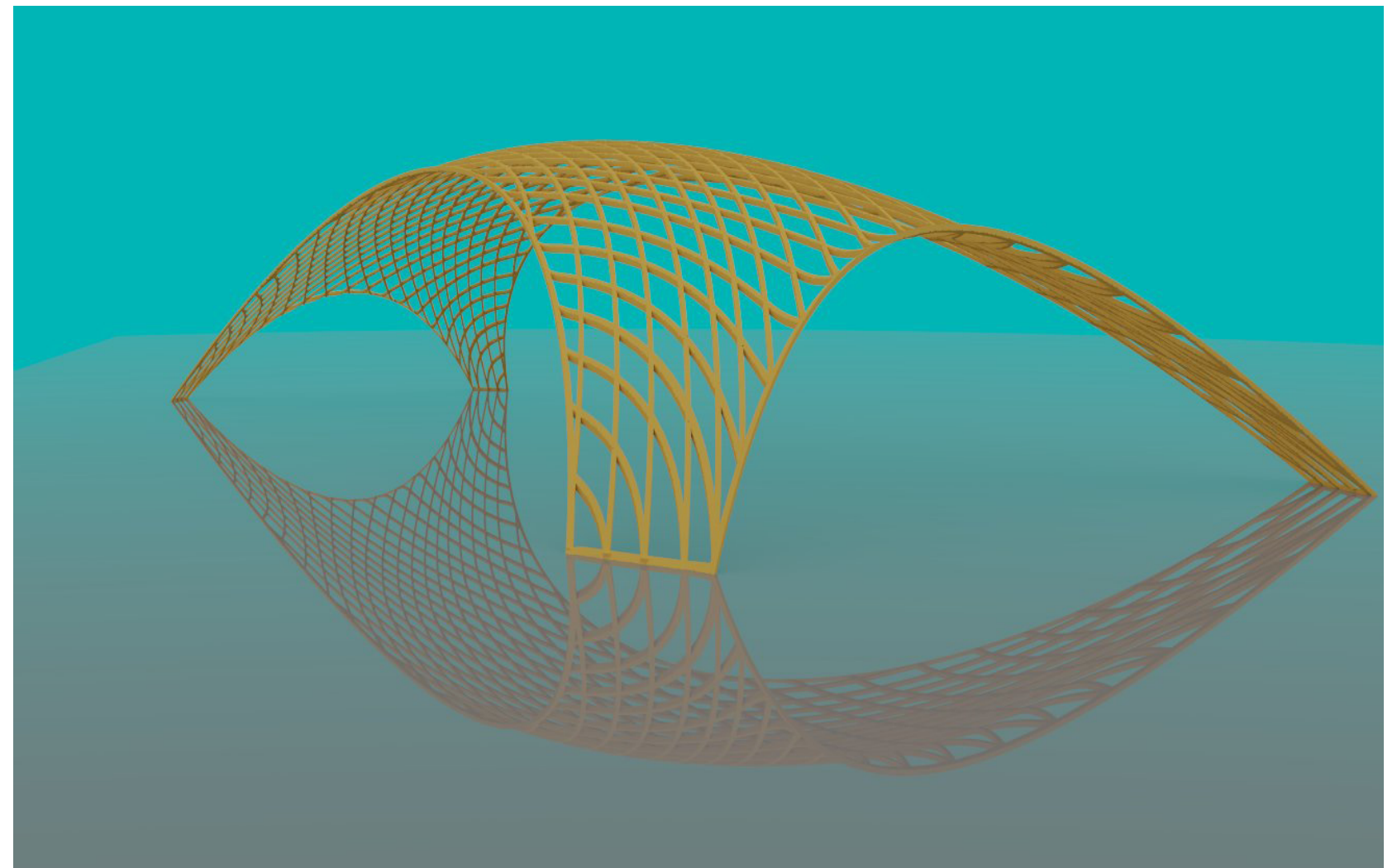


Abb.64 Rippenstruktur

Die Farbgebung:



Abb.65 BK Dukes Logo



Abb.66 FIBA Basketball

Eine graue Betonschale sollte es nicht werden, da diese trotz Neubau eher einen tristen und alten Eindruck erweckt. Durch die Form- und unterstützende Farbgebung der Schale in einem Farbton, der Bezug zum Sport und zum Hausverein BK-Dukes, deren Logo auch orange ist, nimmt, kam auch nur ein oranger / brauner Farbton in Frage. Wenn man die Halle erblickt, verbindet der Betrachter die Halle mit dem Verein, und somit auch zum Sport. Die Assoziation stimmt und der Betrachter sieht es als logische Gegebenheit, dass es sich bei dieser Halle nur um eine Basketballhalle handeln kann.

Die Produktgruppe Bayferrox der Firma Lanxess Energizing Chemistry hatte die Lösung für meine Farbwahl. Sie wirbt schon in ihrem Internetauftritt unter www.bayferrox.de – Produkte & Anwendungen – Farben – Gelb mit dem Satz

„Die Farbnuancen der LANXESS Gelbpigmente reichen von einem hellen grünstichigen Gelbton bis zu einem kräftigen orange Farbton.“¹¹



Abb.67 Bayferrox gelb



Abb.68 Bayferrox braun

„Wirtschaftliche Gründe führen in den meisten Fällen dazu, dass man sich auf Eisenoxidpigmente konzentrieren wird, die ein optimales Preis-Leistungs-Verhältnis bieten. Bild 5 gibt einen Überblick über die möglichen Farbtöne der Pigmente Bayferrox®, dargestellt in Betonpflastersteinen. Betrachtet man die Muster, so hat der Anwender die Wahl zwischen zehn verschiedenen Rottönen von Hell bis Dunkel, acht Gelb-, fünf Schwarz- und 13 Brauntypen (mehr oder weniger hell- bis dunkelbraun), z. T. in zwei unterschiedlichen Farbstärkeniveaus).“¹²

Durch Mischen 2 verschiedener Eisenoxidpigmente, die dem Transport-, oder Ortbeton beigemischt werden, kann ein kräftiger Orangeton hergestellt werden. So kann der gewünschte Farbton aus 64 % Bayferrox®-Gelb 420 und 36 % Bayferrox®-Rot 110 Farbpigmenten gemischt werden.¹³



Bild 7: "Farbdreieck": Möglichkeiten der Farbgebung durch additives Mischen von drei Bayferrox-Granulaten (oben: Bayferrox® 920 G, links: Bayferrox® 130 G, rechts: Bayferrox® 330 G)

Abb.69 Bayferrox Farbdreieck

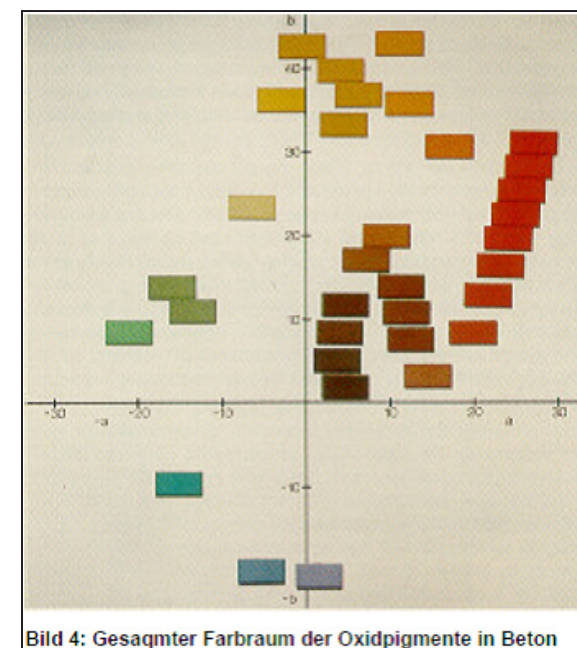


Bild 4: Gesamter Farbraum der Oxidpigmente in Beton

Abb.70 Bayferrox Farbraum

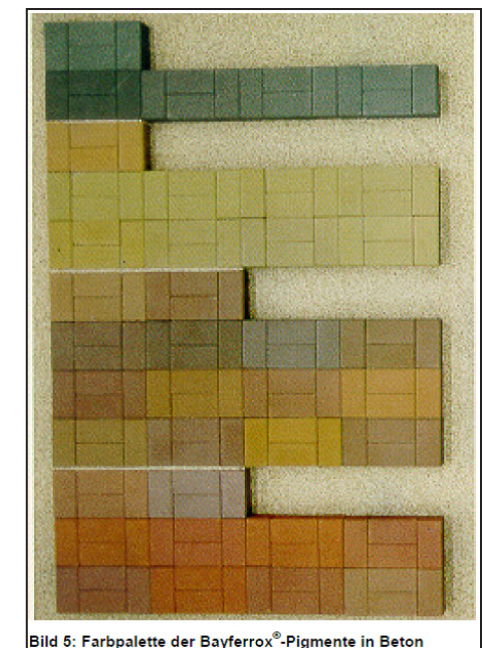


Bild 5: Farbpalette der Bayferrox®-Pigmente in Beton

Abb.71 Bayferrox Betonsteine

11 <http://bayferrox.de/de/produkte-anwendungen-bfx/farben/gelb/>
 12 Bayferrox - Effizientes Herstellen von eingefärbten Betonwaren, 5
 13 Vgl. Bayferrox - Effizientes Herstellen von eingefärbten Betonwaren, 6

Das innere Tragsystem

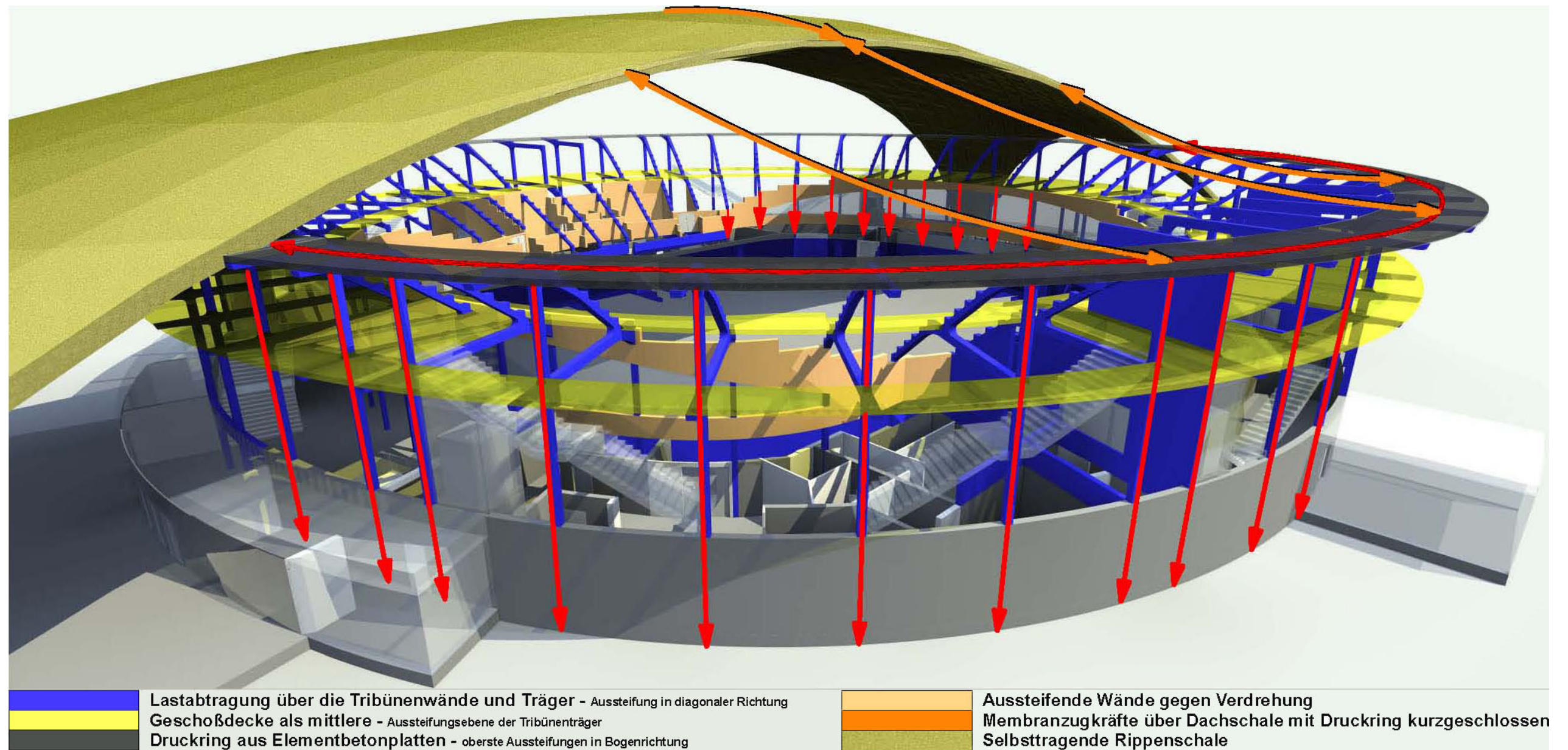


Abb.72 Inneres Tragsystem

Die Funktionsweise der Lastabtragung hinter der äußeren Hülle ist ein Zusammenspiel von Decken, Wänden, Stützen und Trägern, die sich in ihrer inneren Steifigkeit ergänzen. Das einfachste Geschoß ist das Erdgeschoß, da hier durch das Raumgefüge ausreichend Wände zur Verfügung

stehen, die Geschoßdecke zwischen EG und 1. OG zu tragen. Es werden nur wenige lastverteilende Unterzüge benötigt, denn die wichtigsten Stützen geben ihre Last an eine tragende Mauer im Erdgeschoß weiter. Dabei hat die Außenwand die meisten Stützen zu tragen. Die

Brandabschnittsmauern im 1. Obergeschoß, die als durchgehende Wandscheiben ausgebildet sind und somit einen wichtigen Faktor in der diagonalen Aussteifung der Halle bilden, stehen auf ebenso diagonal angeordneten Wänden im Erdgeschoß.

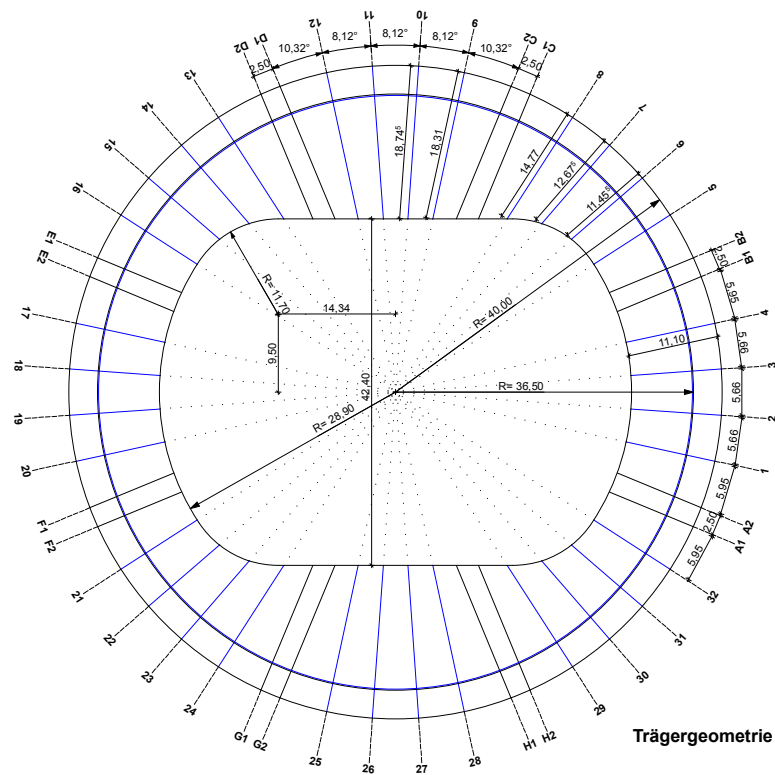


Abb.73 Trägergeometrie

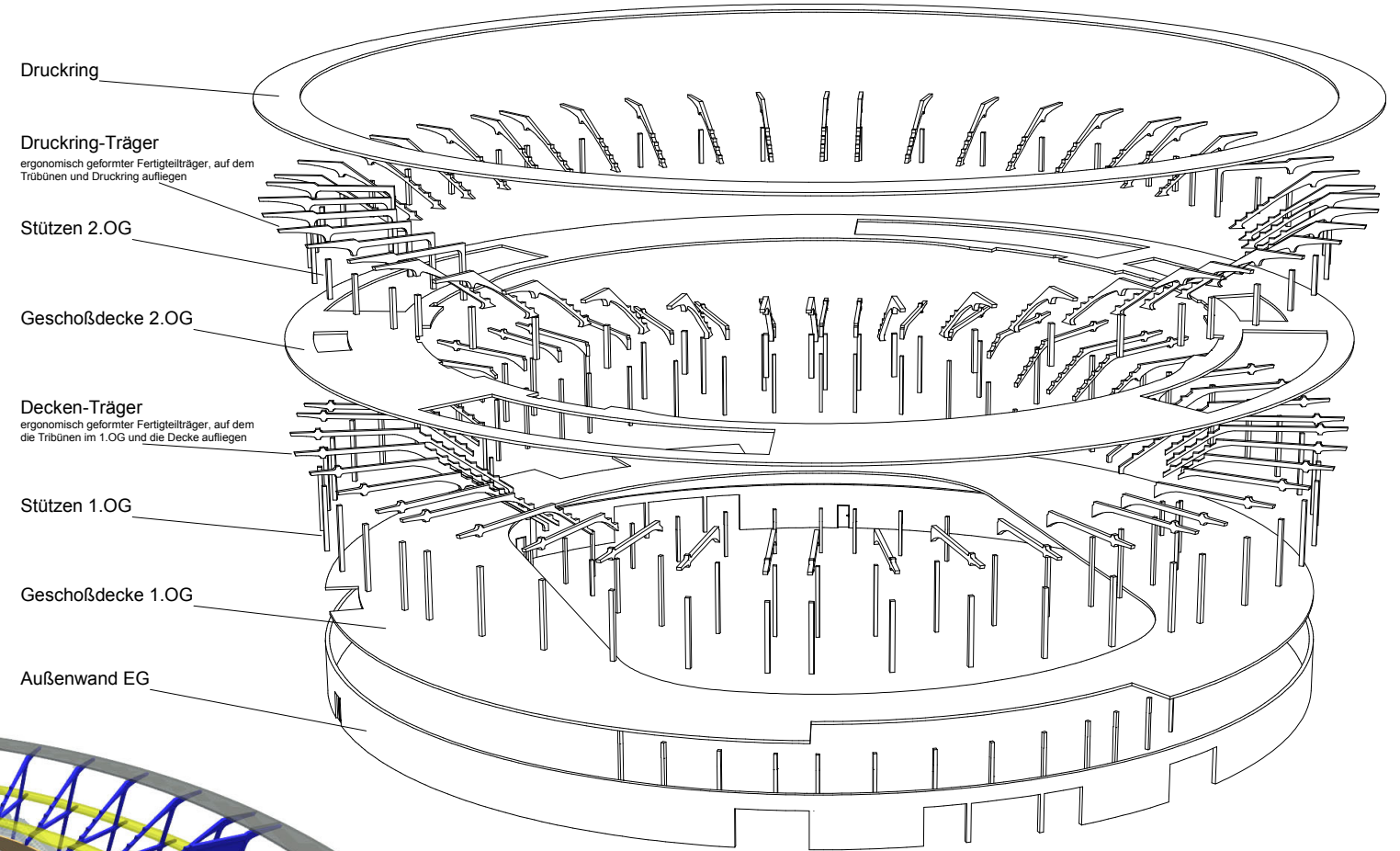


Abb.74 Tragsystem Sprengzeichnung

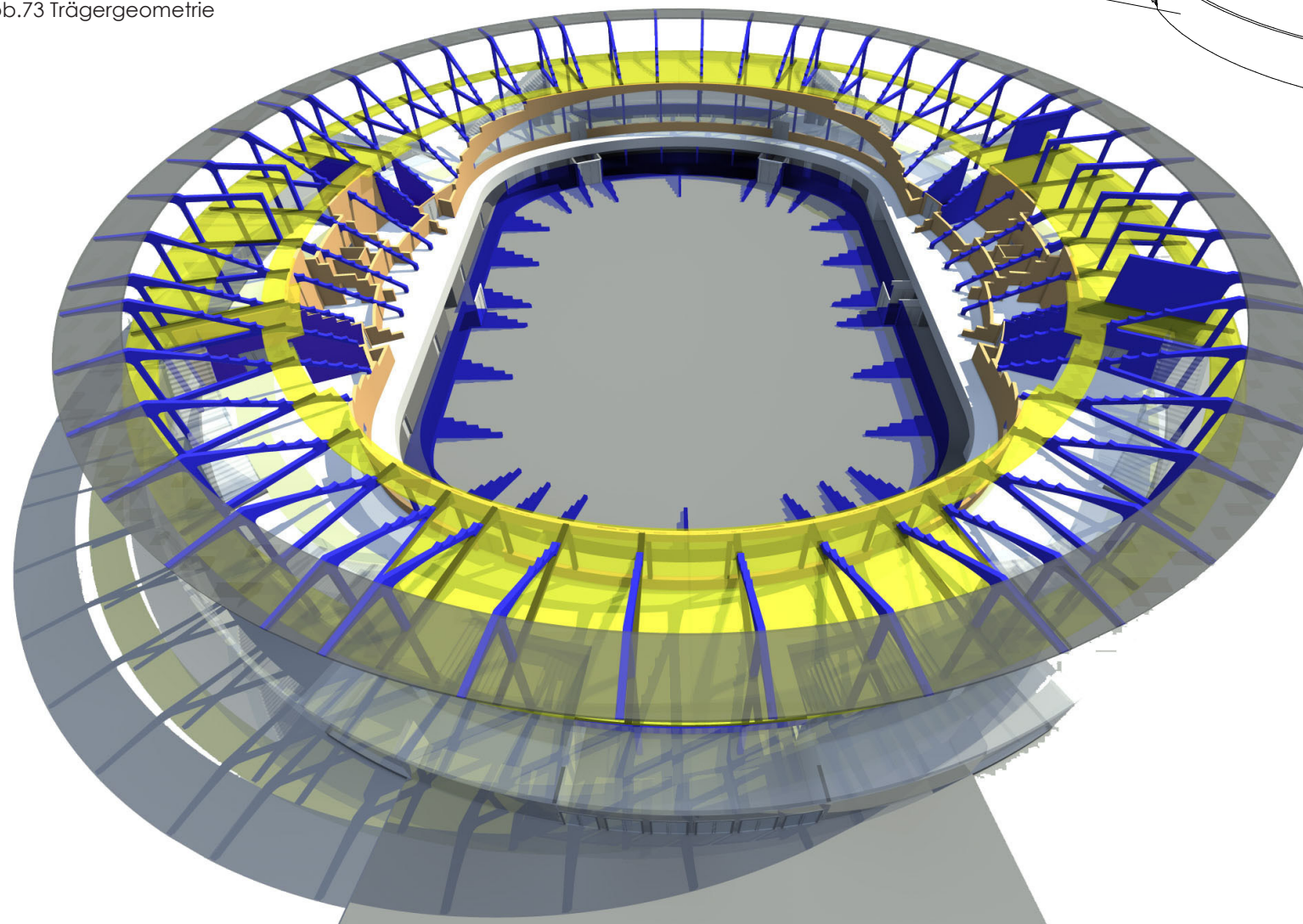
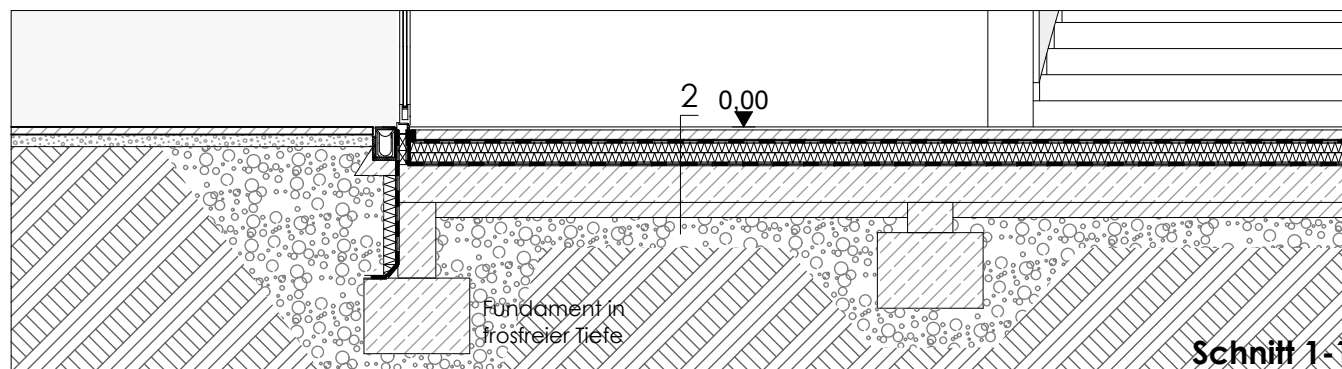
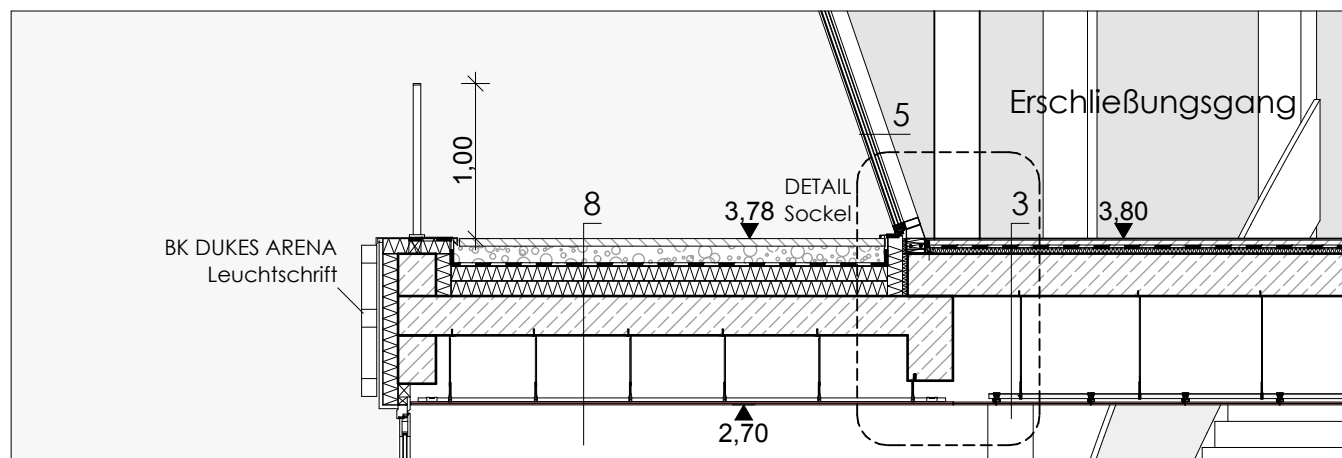
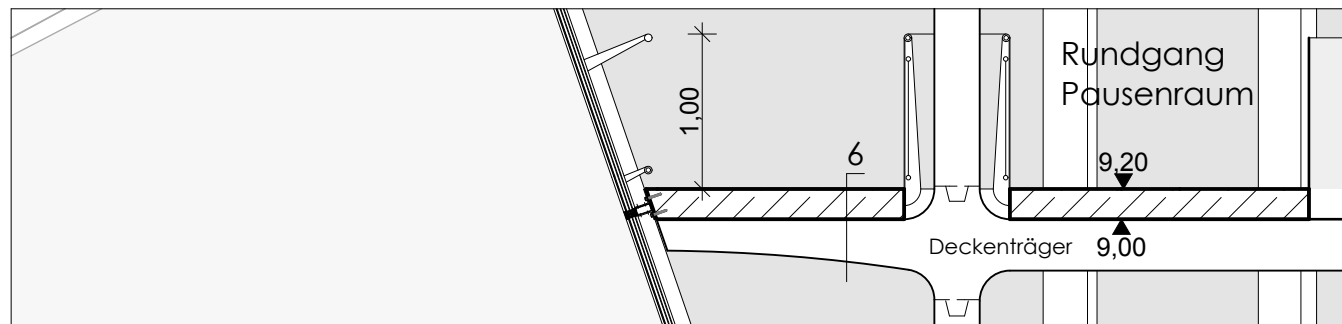
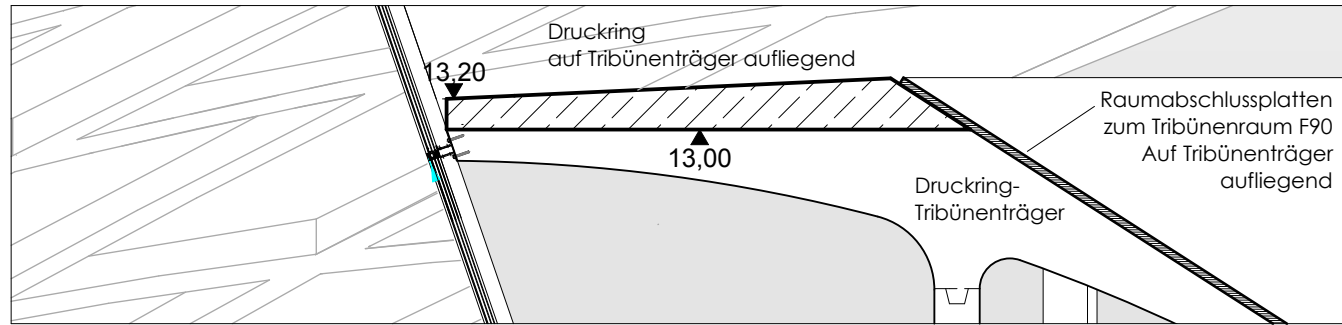
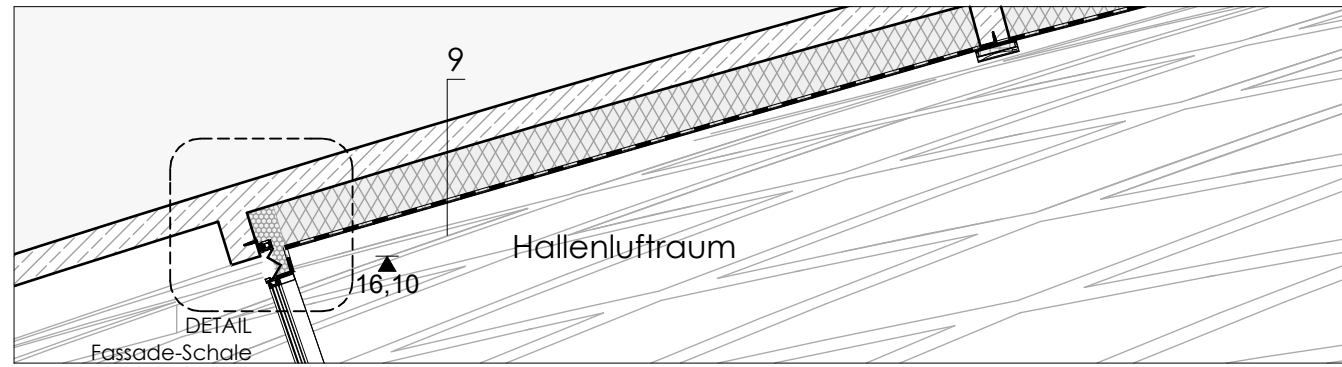


Abb.75 Inneres Tragsystem 2

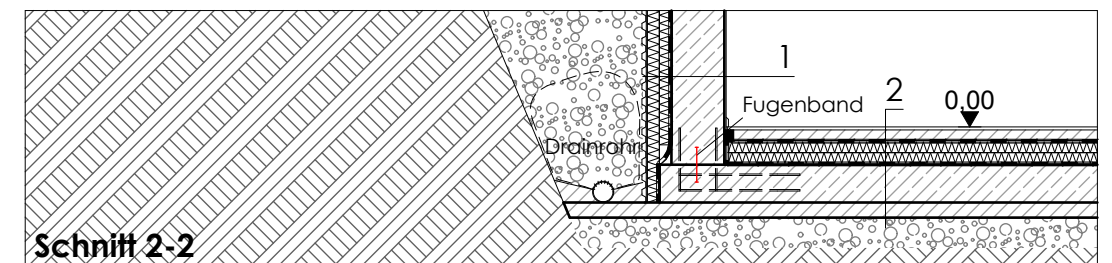
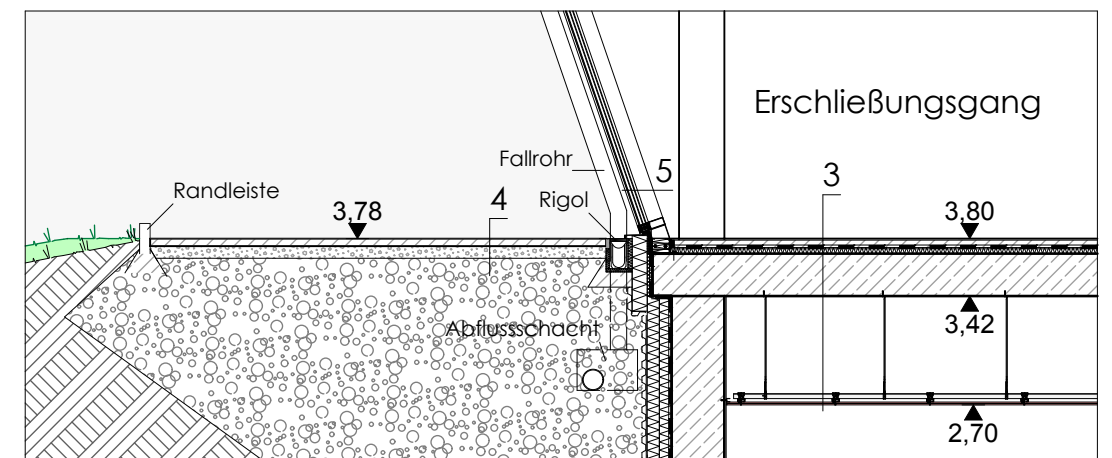
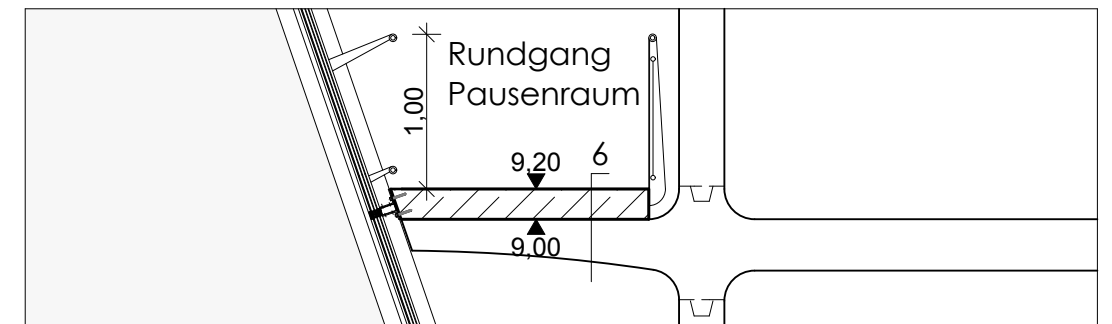
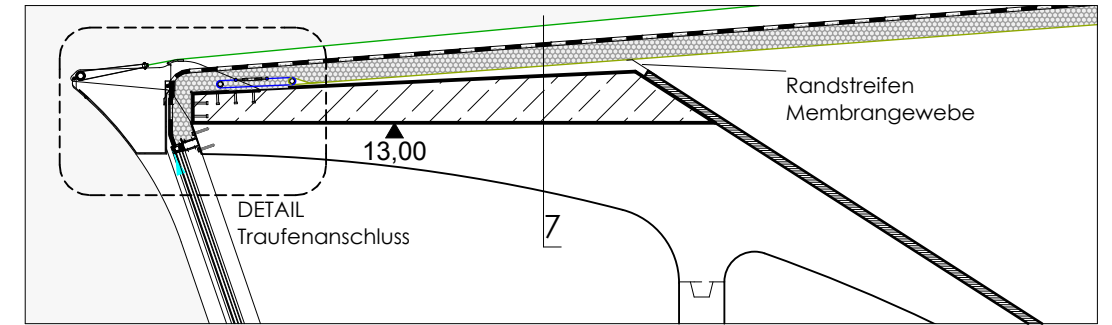
Die Fertigteil-Tribünen werden auf die Tribünenwände beziehungsweise Tribünenträger eingehoben.

Die Anordnung der Träger und Stützen gliedert sich nach einem System, das sich um die Halle wiederholt. Es sind immer 4 radial angeordnete Träger zwischen einem Trägerpaar, das die Ausgänge vom Spielfeldraum bildet.

Die Innenwände im 1. Obergeschoß tragen zur Torsionsaussteifung bei und die Geschoßdecke bildet eine Aussteifungsebene für die Stützen und Träger, so wird die Position der vor Ort zusammengesetzten Fertigteile unverschieblich fixiert und standsicher. Ist der Druckring auf den auskragenden Trägern platziert, so ist auch die oberste Aussteifung in Bogenrichtung vollendet und es kann mit dem Spannen der Membran begonnen werden, die ihre Zugkräfte über die Dachschale mit dem Betondruckring kurzschließt.



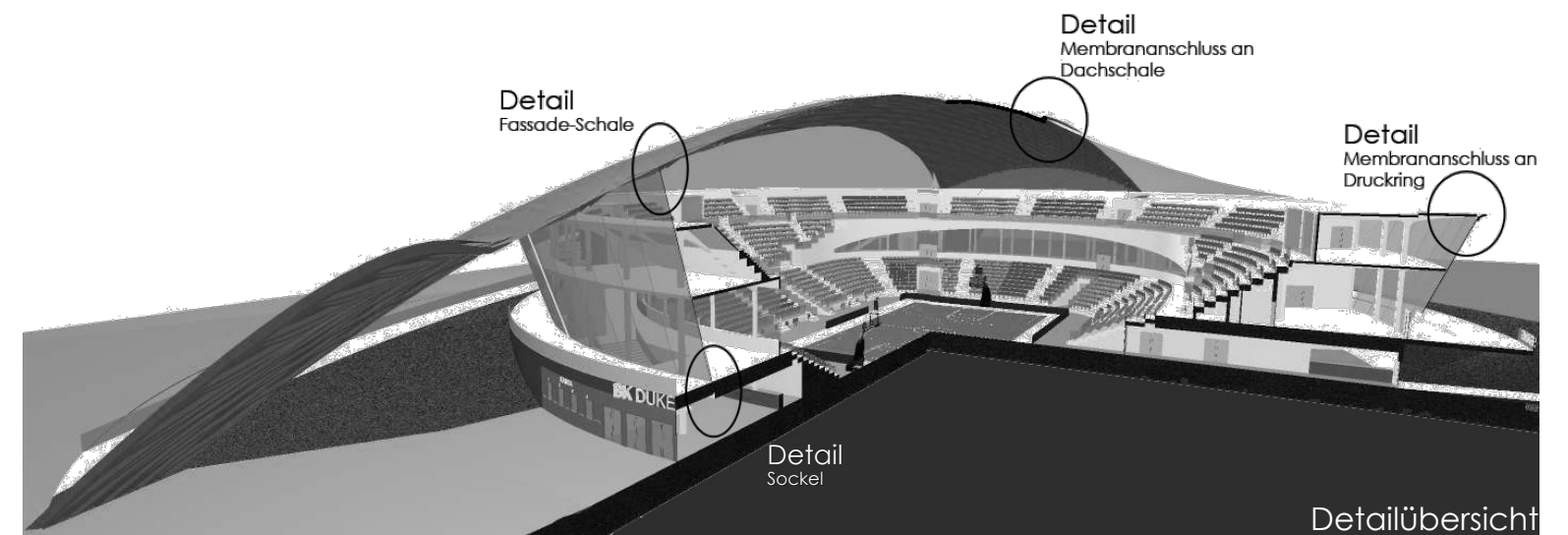
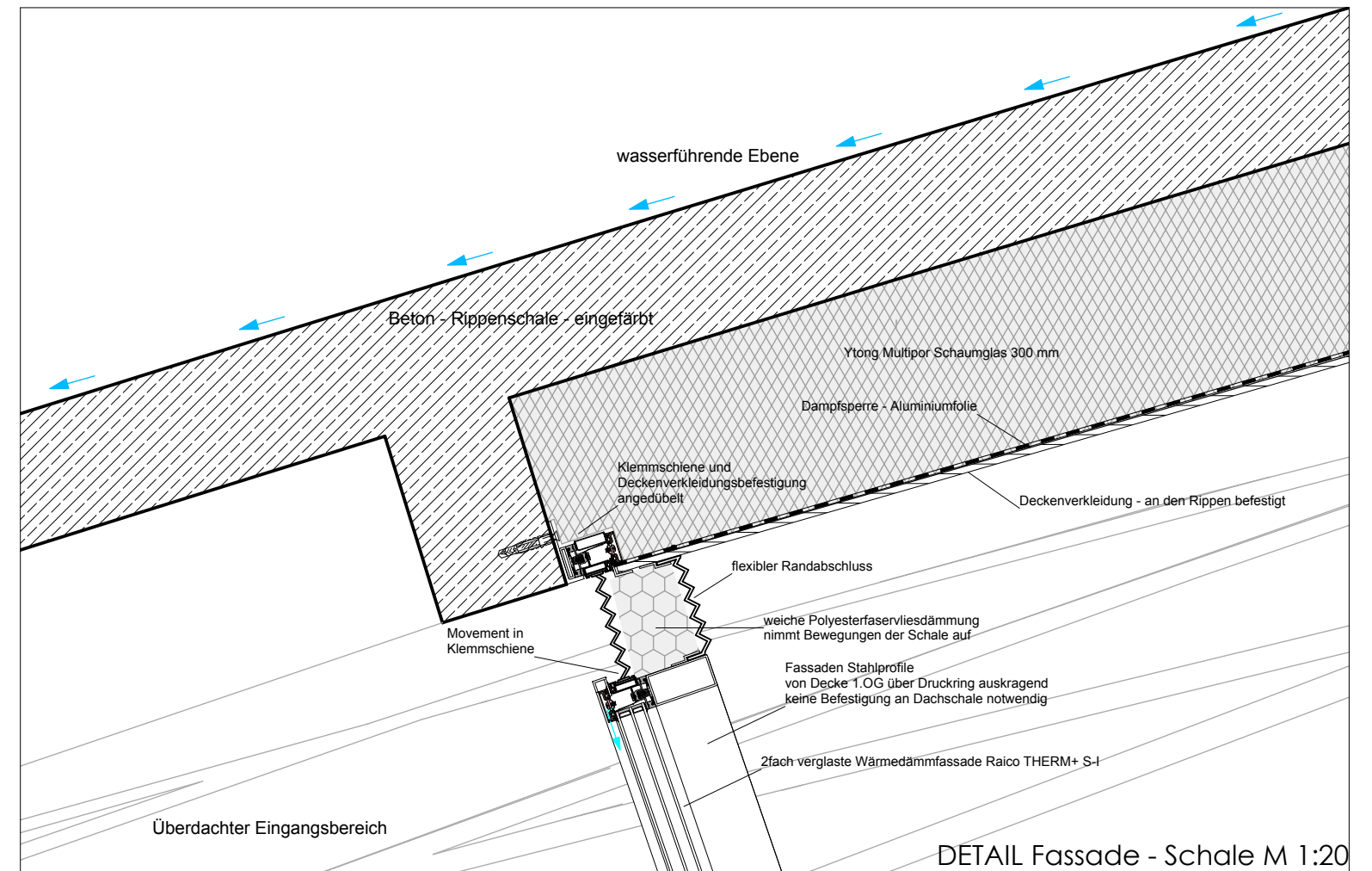
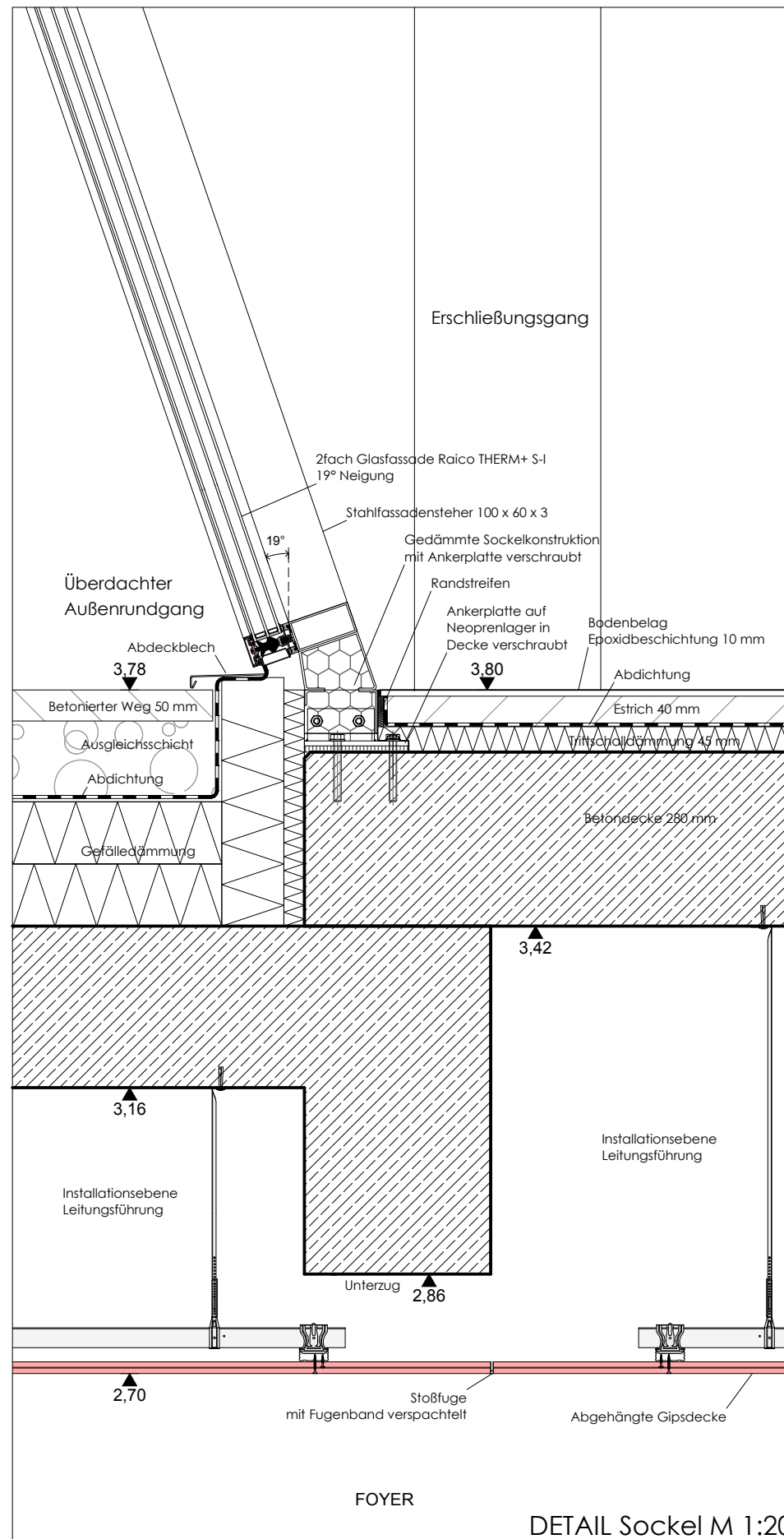
1	15mm 350mm	Innenputz weiss STB Wand Tragend Abdichtung	3	10mm 40mm	Bodenbelag Epoxidanstrich Estrich Abdichtung	Z	250mm 250mm	Membrandachaufbau dreischichtig Betondrucking Fertigteillemente Auf Fertigteilträger aufliegend
	80mm 80mm	XPS Dämmung hart XPS Dämmung hart Noppenbahn		45mm 280mm 720mm	Trittschalldämmung Betondecke Abgehängte Gipsdecke dazwischen Installationsebene	8	50mm 130mm	Betonierter Weg Ausgleichsschicht Abdichtung
2	20mm 70mm	Bodenbelag PVC Estrich Abdichtung	4	50mm 80mm	Betonierter Weg Ausgleichsschicht Kies / Erde Aufschüttung		200mm 250mm 470mm	Gefälledämmung Betondecke Abgehängte Gipsdecke dazwischen Installationseben
	80mm 80mm	XPS Dämmung hart XPS Dämmung hart Abdichtung						
	250mm 100mm 200mm	Bodenplatte Beton Sauberkeitsschicht Rollierung	5	100mm 46mm	Stahlfassadensteher 2fach Glasfassade Raico THERM+ S-I	9	200mm 300mm	Rippenchale Beton gefärbt Schaumglasdämmung zwischen Rippen Dampfsperre Alufolie
			6	200mm	Betonplatte Auf Fertigteilträger aufliegend		24mm	Deckenverkleidung Holz

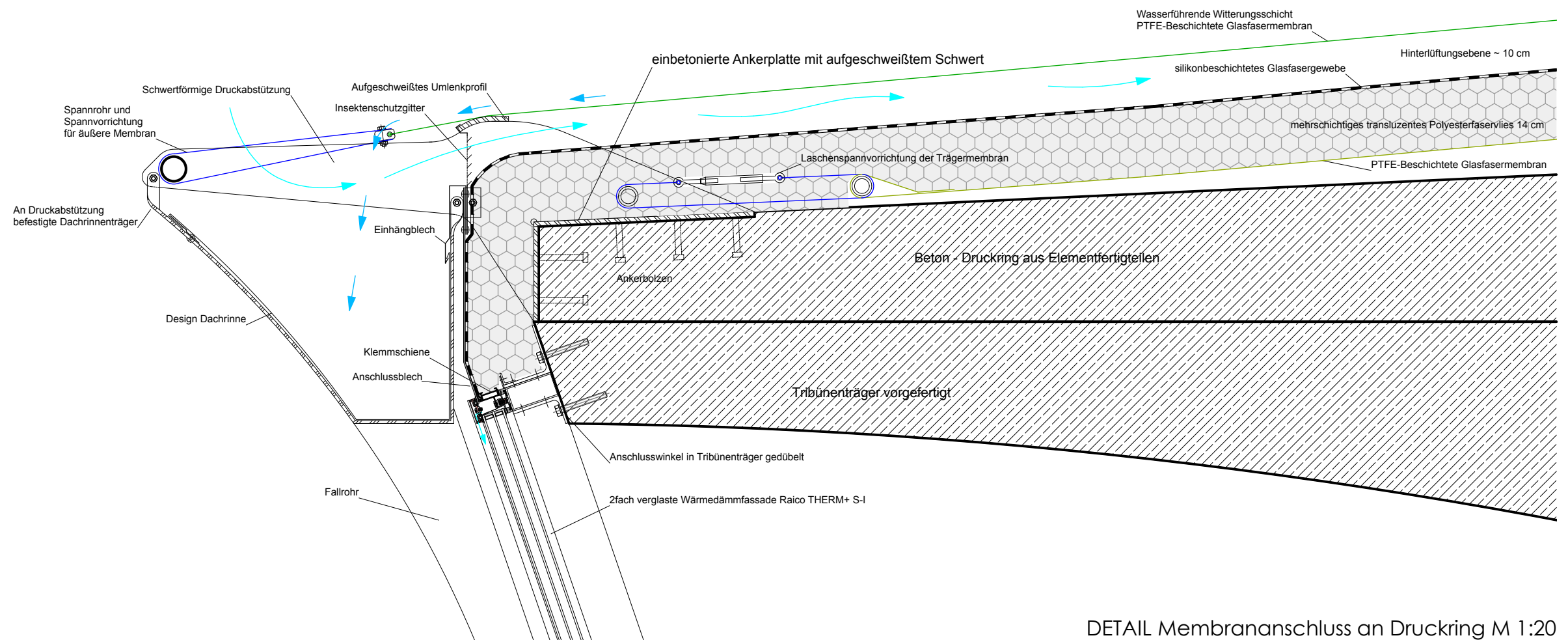
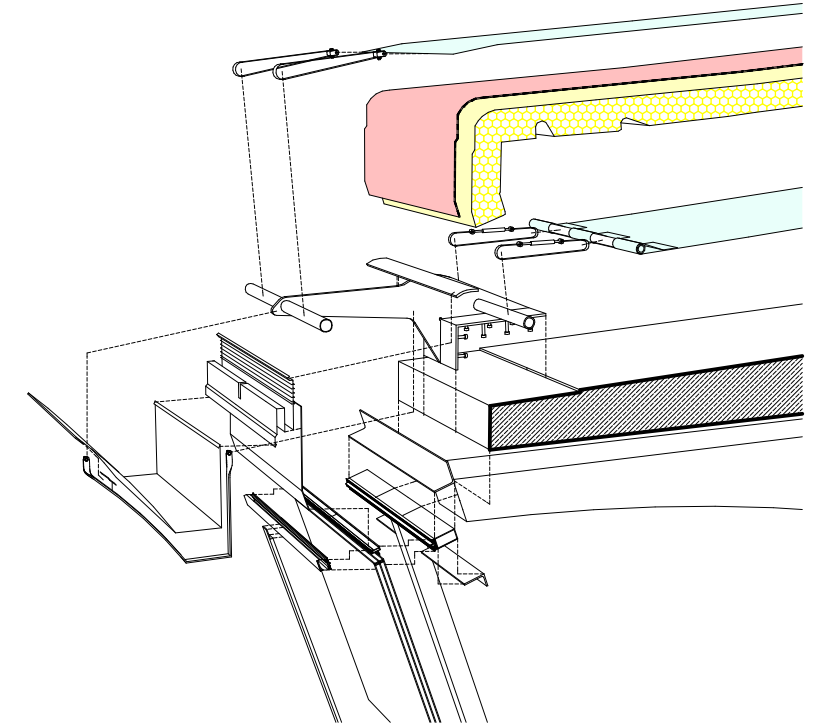
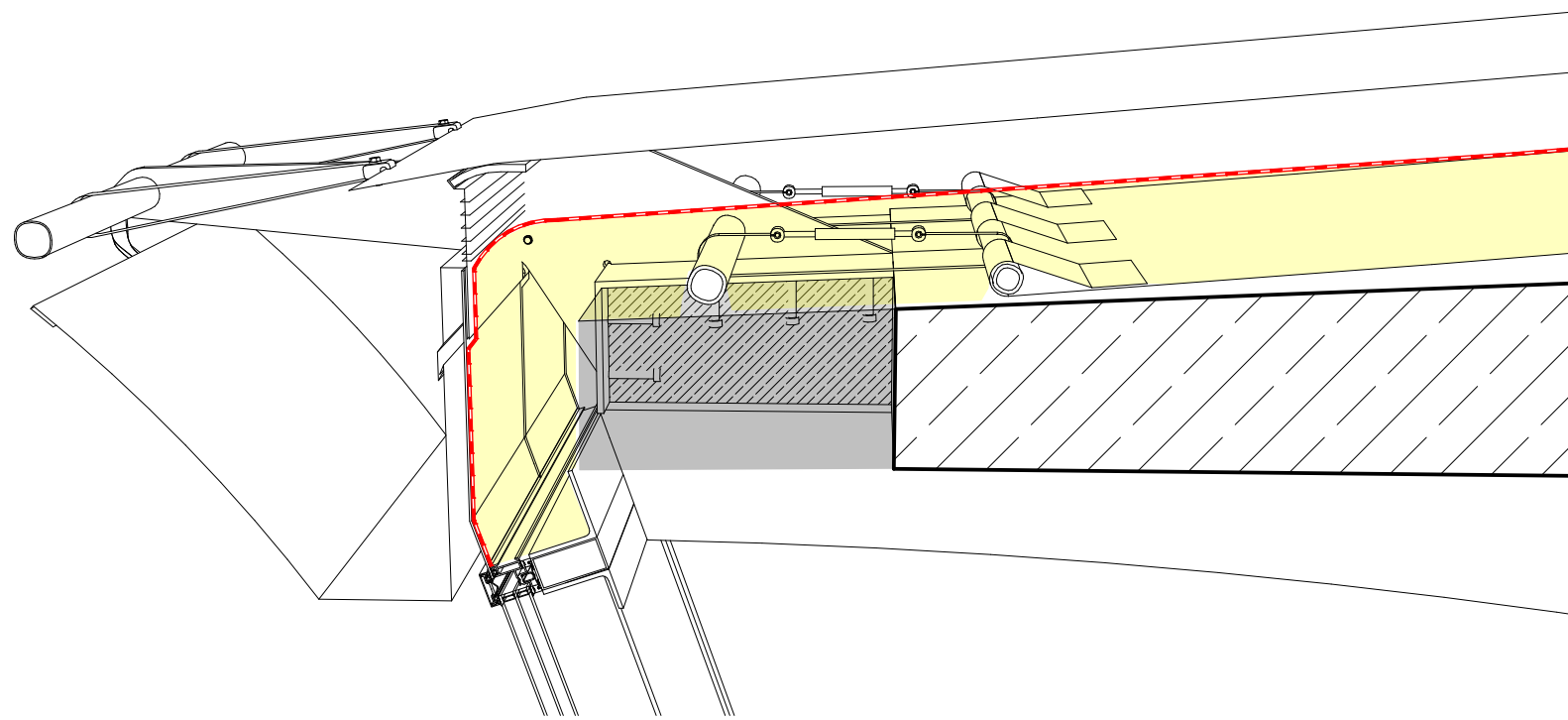


Schnitt 2-2

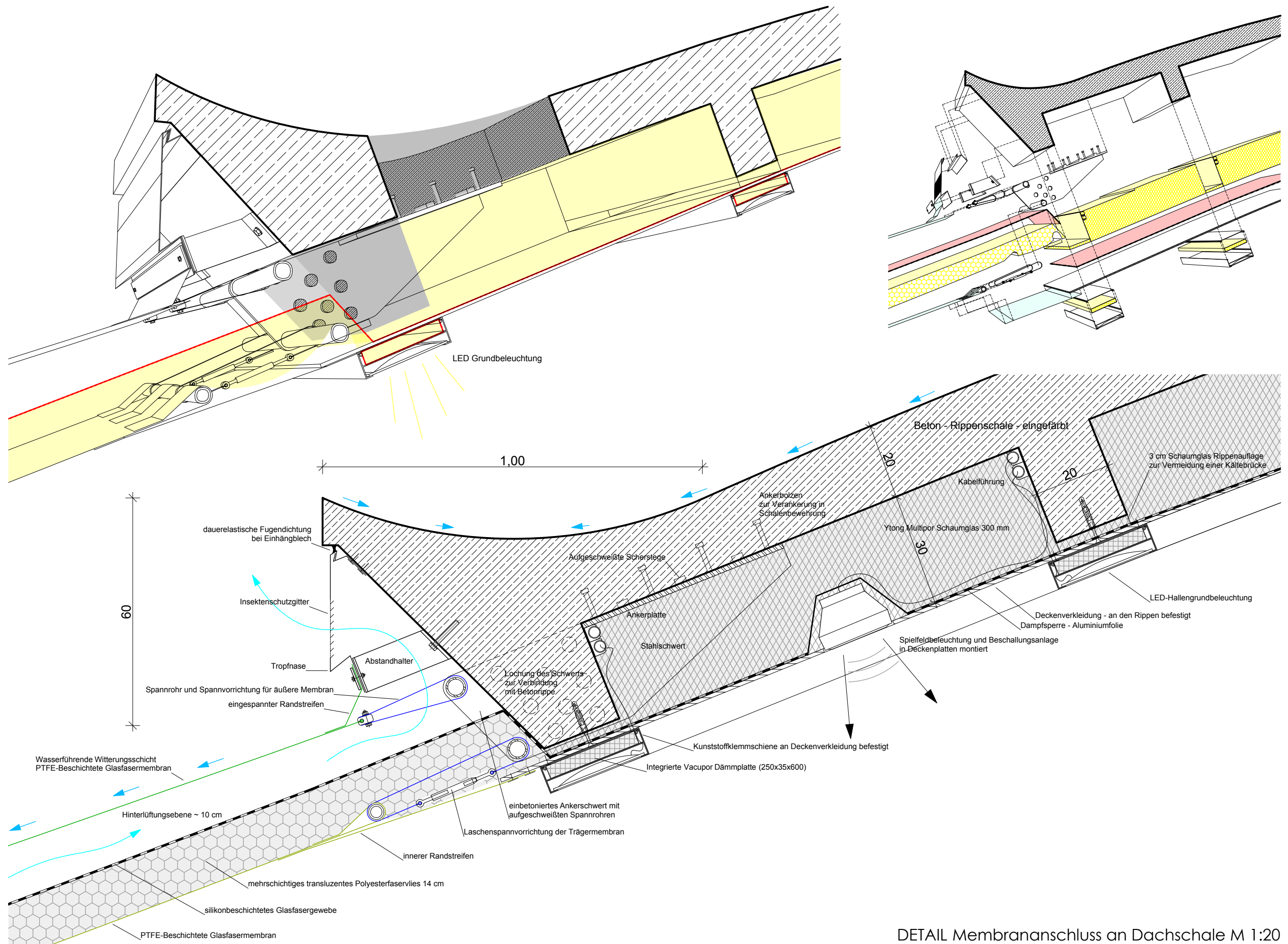
Fassadenschnitte M 1:50

Schnitt 1-1





DETAIL Membrananschluss an Druckring M 1:20



DETAIL Membrananschluss an Dachschale M 1:20

Thermische Hülle

In Zeiten der immer höher werdenden Anforderungen an den Wärme- bzw. auch Kälteschutz, da seit kurzem (neues Gesetz seit 1. Dezember 2012) nicht nur der Heizwärmebedarf (HWB), sondern auch der

Gesamtenergieeffizienzfaktor (fGEE), der unter anderem auch den Kühlbedarf und den Energiebedarf der haustechnischen Anlagen bei Nicht-Wohngebäuden vorschreibt (nach Leitfaden der OIB-Richtlinie 6 zu ermitteln),

im Energieausweis berücksichtigt werden muss, ist es zwingend erforderlich den gesamten Halleninnenraum thermisch zu dämmen.

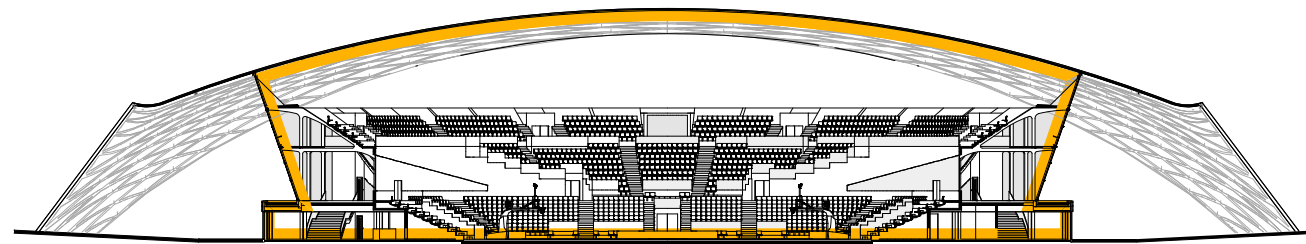
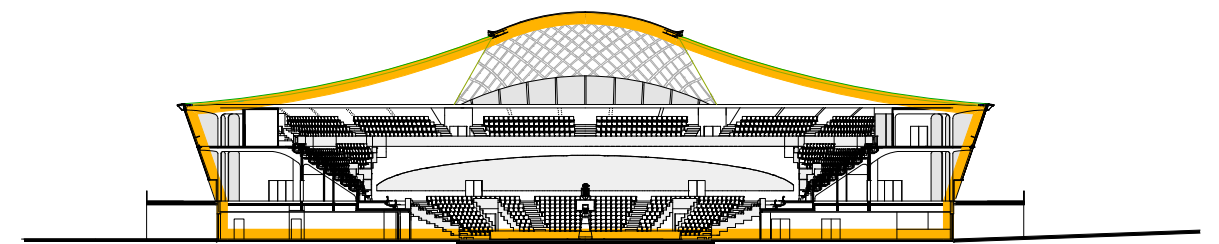


Abb.76 Thermische Hülle



In diesem Entwurf besonders zu berücksichtigen sind die Dachschale und das Membrandach. Als Vorgabe für die einzuhaltenden Werte der Bauteile diente

die Anforderungstabelle der OIB Richtlinie 6. Somit wurden unter Berücksichtigung der bauphysikalischen Erfordernisse

die Materialien und die Dämmschichtdicke ermittelt. Nachstehend kommen die Berechnungen für die Dachhaut.

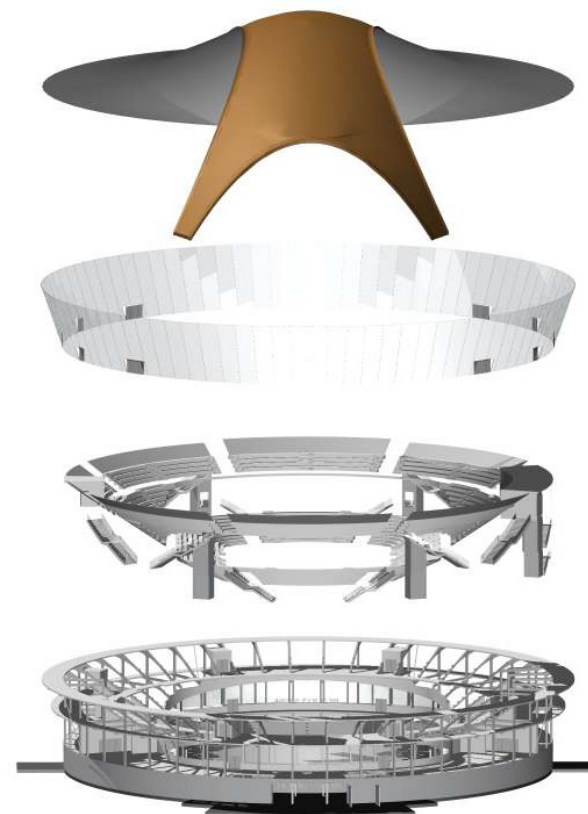


Abb.77 Hallenaufbau

Dachhülle: Schale und Membrandach

Außenhülle: Glasfassade

Innenausbau, Tribünen und Treppen

Tragstruktur

Erdberührte Bauteile

10.2 Anforderungen an wärmeübertragende Bauteile

Beim Neubau oder Renovierung eines Gebäudes oder Gebäudeteiles sowie bei der Erneuerung eines Bauteiles dürfen bei konditionierten Räumen folgende Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) bei nachstehend genannten, wärmeübertragenden Bauteilen nicht überschritten werden:

Bauteil	U-Wert [W/m²K]
1 WÄNDE gegen Außenluft	0,35
2 WÄNDE gegen unbeheizte oder nicht ausgebaute Dachräume	0,35
3 WÄNDE gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile (ausgenommen Dachräume) sowie gegen Garagen	0,60
4 WÄNDE erdberührt	0,40
5 WÄNDE (Trennwände) zwischen Wohn- oder Betriebseinheiten	0,90
6 WÄNDE gegen andere Bauwerke an Grundstücks- bzw. Bauplatzgrenzen	0,50
7 WÄNDE kleinfächig gegen Außenluft (z.B. bei Gaupen), die 2% der Wände des gesamten Gebäudes gegen Außenluft nicht überschreiten, sofern die O-NORM B 8110-2 (Kondensatfreiheit) eingehalten wird	0,70
8 WÄNDE (Zwischenwände) innerhalb von Wohn- und Betriebseinheiten	-
9 FENSTER, FENSTERTÜREN, VERGLASTE TÜREN jeweils in Wohngebäuden (WG) gegen Außenluft ²	1,40
10 FENSTER, FENSTERTÜREN, VERGLASTE TÜREN jeweils in Nicht-Wohngebäuden (NWG) gegen Außenluft ²	1,70
11 sonstige TRANSPARENTE BAUTEILE vertikal gegen Außenluft ¹	1,70
12 sonstige TRANSPARENTE BAUTEILE horizontal oder in Schrägen gegen Außenluft ²	2,00
13 sonstige TRANSPARENTE BAUTEILE vertikal gegen unbeheizte Gebäudeteile ¹	2,50
14 DACHFLÄCHENFENSTER gegen Außenluft ²	1,70
15 TÜREN unverglast, gegen Außenluft ²	1,70
16 TÜREN unverglast, gegen unbeheizte Gebäudeteile ²	2,50
17 TORE Rolltore, Sektionaltore u.dgl. gegen Außenluft	2,50
18 INNENTÜREN	-
19 DECKEN und DACHSCHRÄGEN jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt)	0,20
20 DECKEN gegen unbeheizte Gebäudeteile	0,40
21 DECKEN gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten	0,90
22 DECKEN innerhalb von Wohn- und Betriebseinheiten	-
23 DECKEN über Außenluft (z.B. über Durchfahrten, Parkdecks)	0,20
24 DECKEN gegen Garagen	0,30
25 BODEN erdberührt	0,40

Abb.78 OIB RL 6 Tabelle 10.2

¹ Die Konstruktion ist auf ein Prüfmaß von 1,23 m x 1,48 m zu beziehen, wobei die Symmetrieebenen an den Rand des Prüfmaßes zu legen sind.
² Bezogen auf ein Prüfmaß von 1,23 m x 1,48 m

Für Dachkonstruktionen ist die Vorgabe von 0,2 W/m²K gegen Außenluft einzuhalten.

Als Referenzprojekt für unsere Breitengrade diente unter anderem die Olympiaschwimmhalle in München, da diese auch eine transluzente Dämmung der inneren Membranlage aufweisen musste.

Das Membrandach:

Die Bedingungen für die Berechnung sind mit 50% Luftfeuchte und 20 C° im Innenraum und 80% Luftfeuchte bei -10 C° im Außenraum angesetzt.

Die Membrankonstruktion setzt sich aus folgenden Schichten zusammen (Eingabe in U-Wert.net)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m²]	Tauwasser [Gew%]
				min	max		
Wärmeübergangswiderstand				0,100	19,4	20,0	
1	0,065 cm PTFE Glasgewebe	0,400	0,002	19,4	19,4	0,6	0,0
2	14,5 cm Polyesterfaservlies	0,030	4,833	-9,4	19,4	2,9	0,0
3	0,03 cm Silikon Glasgewebe	0,220	0,001	-9,4	-9,4	0,3	0,0
Wärmeübergangswiderstand				0,100	-10,0	-9,4	
4	10 cm Hinterlüftung (Außenluft)			-10,0	-10,0	0,0	
5	0,065 cm PTFE Glasgewebe			-10,0	-10,0	0,6	
24,66 cm Gesamtes Bauteil			5,035			4,4	

Abb.79 Aufbau Membran

Daraus ergibt sich ein U-Wert von 0,199 W/m²K ($U=1/R$).

Das Diagramm links beschreibt den Temperaturverlauf, das Diagramm rechts die Luftfeuchtigkeit.

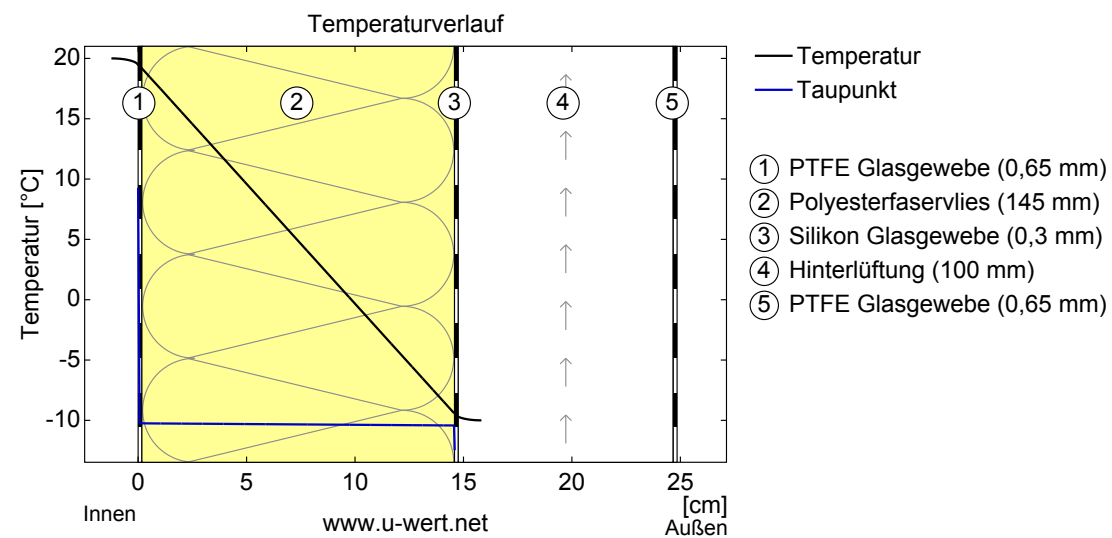


Abb.80 Temperaturverlauf Membran

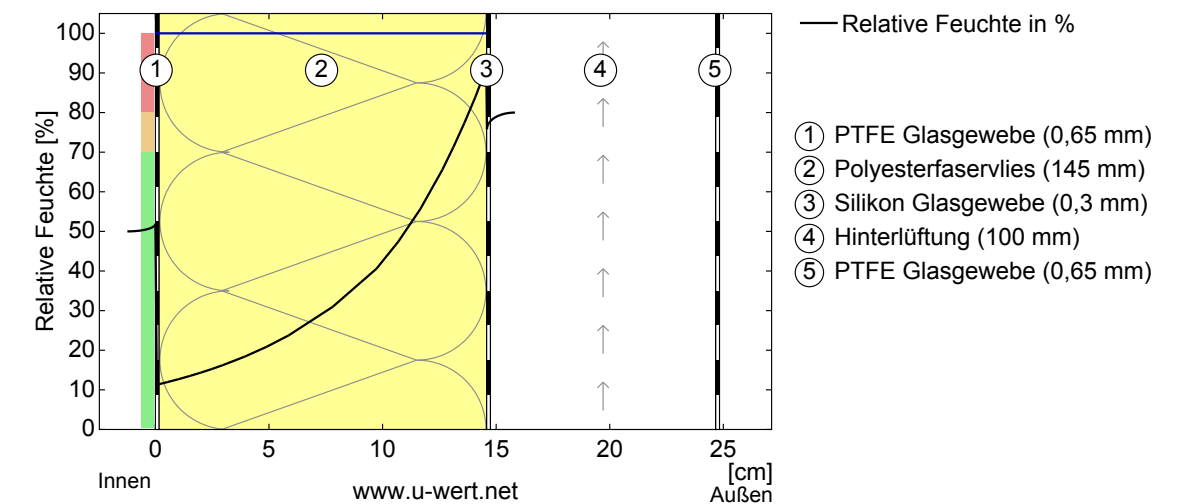


Abb.81 Luftfeuchtigkeit Membran

Die Oberflächentemperatur der Dachinnenseite beträgt 19,4°C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 52% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.¹⁴

¹⁴ U-Wert-Berechnung, Tabelle und Diagramme von <http://www.u-wert.net>

Die Dachschale:

Durch die Rippenkonstruktion der Schale mussten 2 verschiedene Dämmmaterialien zum Einsatz kommen.

Auch hier sind die Bedingungen für die Berechnung 50% Luftfeuchte und 20 C° im Innenraum und 80% Luftfeuchte bei -10 C° im Außenraum.

Die Schalenkonstruktion im Rippenzwischenraum setzt sich aus folgenden Schichten zusammen (Eingabe in U-Wert.net)

#	Material	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m ²]	Tauwasser [Gew%]
				min	max		
Wärmeübergangswiderstand				19,6	20,0		
1	2,4 cm Holzverkleidung	0,130	0,185	18,8	19,6	10,8	0,0
2	0,05 cm Dampfsperre Alufolie	160,000	0,000	18,8	18,8	1,4	0,0
3	30 cm Ytong Multipor	0,045	6,667	-9,5	18,8	34,5	0,0
4	20 cm Beton armiert (2%)	2,500	0,080	-9,8	-9,5	480,0	0,0
Wärmeübergangswiderstand				-10,0	-9,8		
52,45 cm Gesamtes Bauteil						7,072	526,6

Abb.82 Aufbau Schale

Daraus ergibt sich ein U-Wert von 0,141 W/m²K (U=1/R).

Das Diagramm links beschreibt den Temperaturverlauf, das Diagramm rechts die Luftfeuchtigkeit.

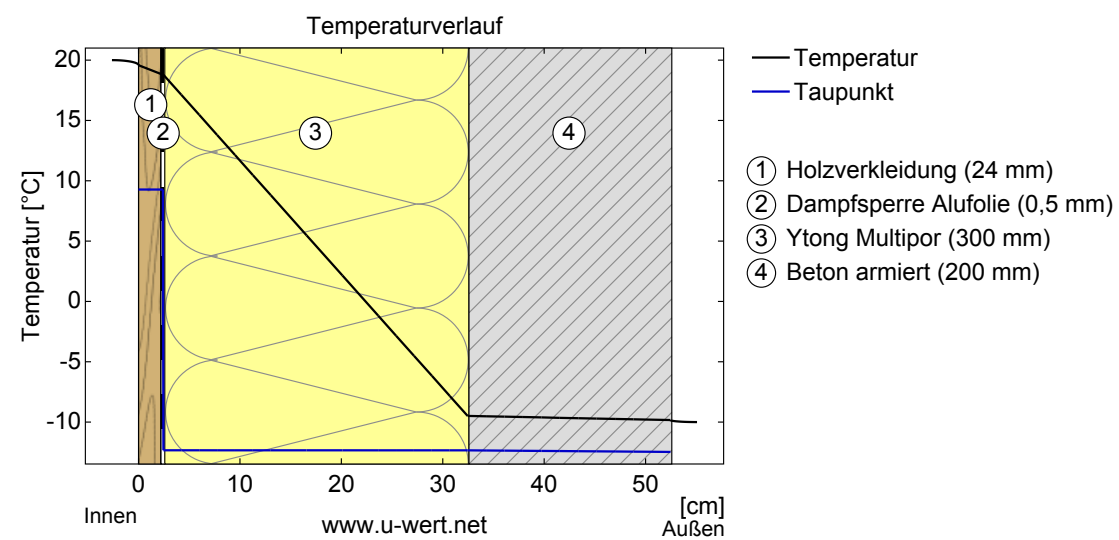


Abb.83 Temperaturverlauf Schale

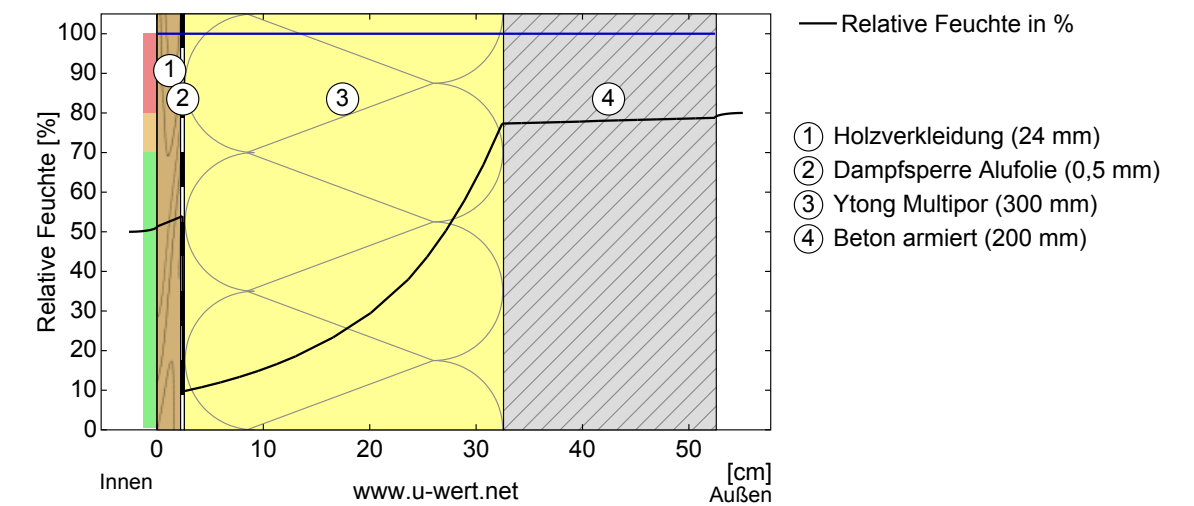


Abb.84 Luftfeuchtigkeit Schale

Die Oberflächentemperatur der Wandinnenseite beträgt 19,6°C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 51% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.¹⁵

Die Schalenkonstruktion im Bereich der Rippen stellt höhere Ansprüche an das Dämmmaterial, da die Betondicke von 50 cm noch keinen annehmbaren Wert erreicht, der es ermöglicht den Temperaturunterschied an der Dachunterseite zwischen dem Rippenzwischenraum und der Rippen so gering zu halten, dass ein unbedenkliches Element entsteht.

Aus diesem Grund mussten die Rippen, die die Funktion der Grundbeleuchtung mittels montierten Schienen tragen, mit einer Vakuumdämmung verkleidet werden, die in diesem Schienensystem integriert ist.

Der Wärmetechnisch relevante Aufbau setzt sich hier also wie folgt zusammen (Eingabe in U-Wert.net)

#	Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temperatur [°C]		Gewicht [kg/m²]	Taufwasser [Gew%]
				min	max		
	Wärmeübergangswiderstand		0,100	19,4	20,0		
1	3,5 cm Vacupor® NT-B2-S	0,007	5,000	-8,7	19,4	6,7	0,0
2	50 cm Beton armiert (2%)	2,500	0,200	-9,8	-8,7	1200,0	0,0
	Wärmeübergangswiderstand		0,040	-10,0	-9,8		
	53,5 cm Gesamtes Bauteil		5,339			1206,7	

Abb.85 Aufbau Rippen

Daraus ergibt sich ein U-Wert von 0,187 W/m²K ($U=1/R$).

Das Diagramm links beschreibt den Temperaturverlauf, das Diagramm rechts die Luftfeuchtigkeit.

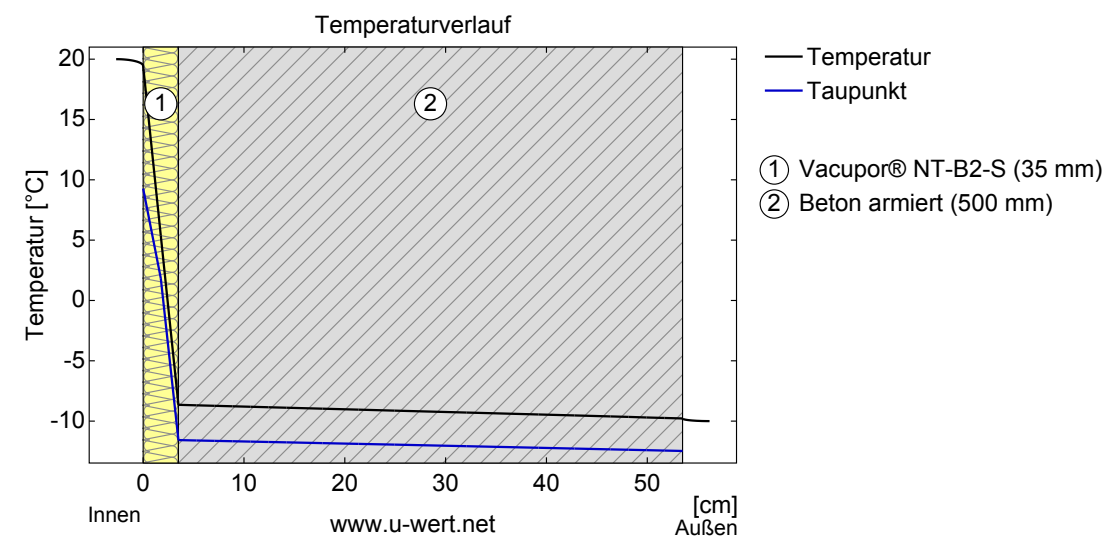


Abb.86 Temperaturverlauf Rippen

Die Oberflächentemperatur der Wandinnenseite beträgt 19,4°C was zu einer relativen Luftfeuchtigkeit an der Oberfläche von 52% führt. Unter diesen Bedingungen sollte nicht mit Schimmelbildung zu rechnen sein.¹⁶

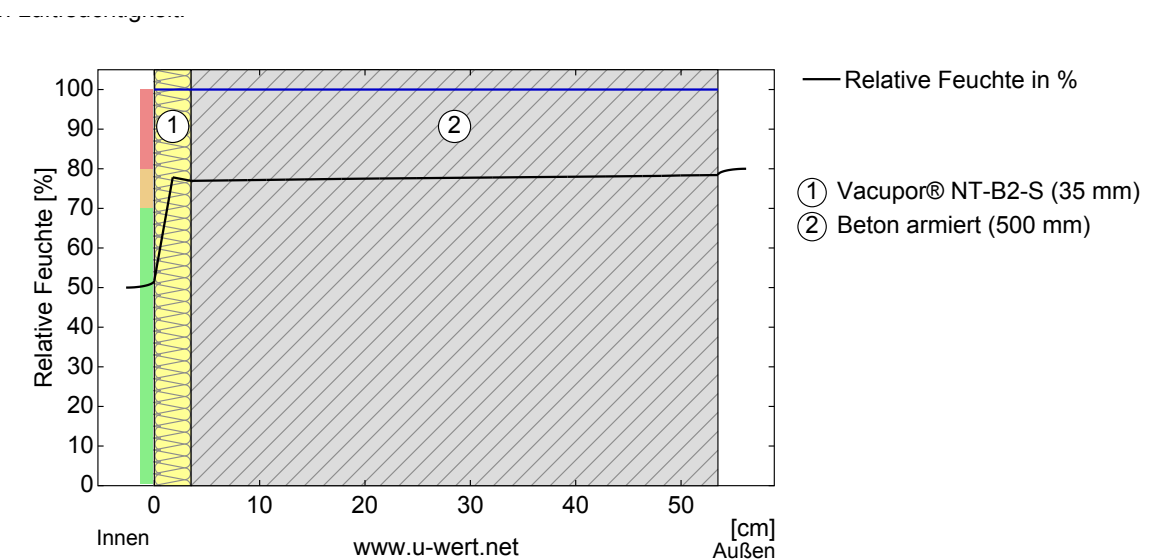


Abb.87 Luftfeuchtigkeit Rippen

Das Fazit ziehe ich also daraus, dass der Temperaturunterschied auf der Dachinnenseite zwischen Rippenaufbau und Rippenzwischenraumaufbau nur 0,2 °C und der Unterschied der relativen Feuchtigkeit nur 1% beträgt. Diese Kombination der Dämmsysteme sollte auf Grund der erfüllten U-Wert-Vorgabe also eine bauphysikalische Lösung darstellen, die den heutigen Anforderungen gerecht wird und dabei die architektonische Qualität der Rippenstruktur beibehält. Der Einsatz eines Schaumglasdämmstreifens auf den Rippen vermeidet zusätzlich eine Wärmebrücke zwischen den Dämmschichtdicken.

¹⁶ U-Wert-Berechnung, Tabelle und Diagramme von <http://www.u-wert.net>

Bauablauf

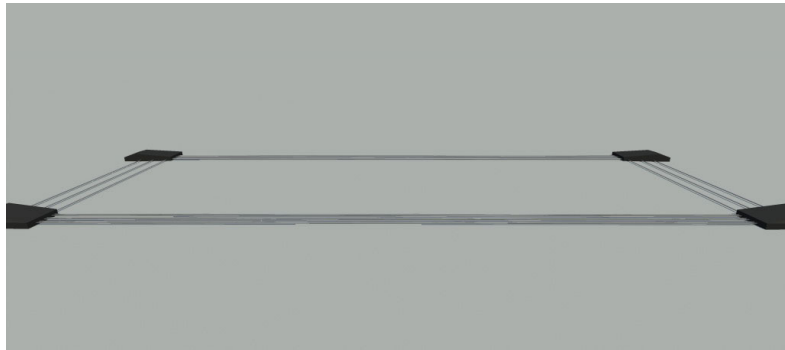


Abb.88 Bauablauf 1

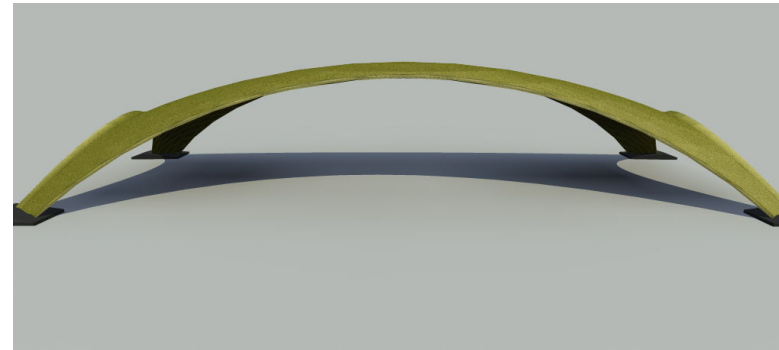


Abb.89 Bauablauf 2

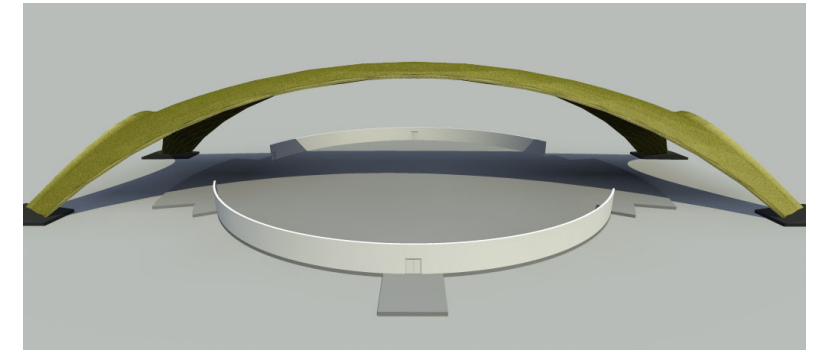


Abb.90 Bauablauf 3

Zuerst wird mit der Herstellung des Fundaments begonnen, auf dem die Schalenfüße mittels Einspannung verankert werden. Die Horizontalen Schubkräfte, die die Schale verursacht, werden mit Spannelementen mit den Einzelfundamenten kurzgeschlossen.

Dann wird der Gerüstbau für die Schalung gefordert, denn die Schale wird in Ortbeton hergestellt.

Nach Entfernung des Gerüsts kann mit den Fundamenten und der Bodenplatte begonnen werden, auf der die Außenwände betoniert werden.

Stehen die Stützmauern für die Geländemodellierung und die restlichen Innenwände, kann mit der Aufschüttung des Geländes begonnen werden. In diesem Schritt entsteht die Entfluchtungsrampe, die den Bau des Obergeschoßes erleichtert.

Auch die Tribünenstützmauern im Erdgeschoß werden dann aufgestellt.

Schließlich kann die erste Ebene des Rohbaus durch einsetzen der Tribünenfertigteile, durch betonieren der Decke zwischen EG und 1.OG, sowie durch einheben der Treppen finalisiert werden.

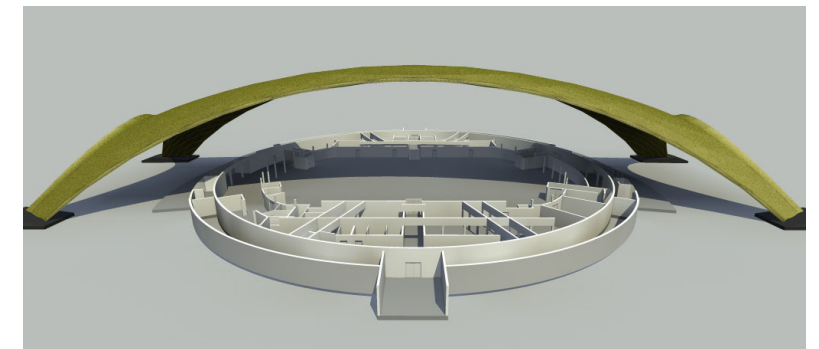


Abb.91 Bauablauf 4

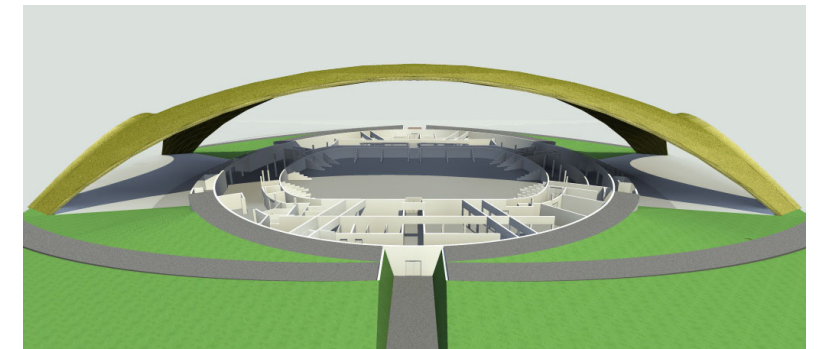


Abb.92 Bauablauf 5

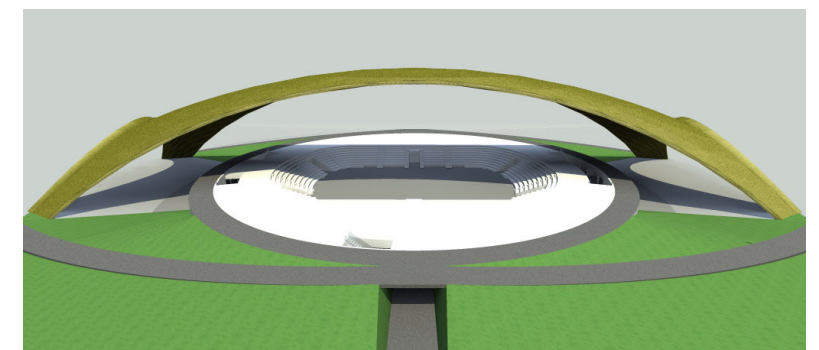


Abb.93 Bauablauf 6

Im nächsten Schritt kann mit dem 1. Obergeschoß begonnen werden. Es werden zuerst die Brandwände aufgestellt, die die Halle in ihre Brandabschnitte teilen und dem Tragsystem ihre innere Steifigkeit verleihen. Die Innenwände nehmen die Torsionskräfte auf und die radial angeordneten Schott-Ähnlichen Wände dienen der Aussteifung in diagonaler Richtung. Die ersten Stützen an der Außenwand sind der nächste Schritt.

Auf diesen Stützen werden dann die Tribünenträger aufgelegt, die als Auflager der Tribünen im 1.OG und der Geschoßdecke für das 2. OG dienen.

Ist die Decke, die das 1. Und 2. Obergeschoß trennt und als mittlere Aussteifungsebene der Stützen und Träger dient, fertig an ihrem Platz gesetzt, werden die Tribünen eingesetzt und die Stützen des 2. OG platziert.

Der nächste Schritt beinhaltet das Auflegen der Tribünenträger für die oberste Ebene, die auch das Auflager des Druckrings darstellen. Dann können die letzten Tribünen eingesetzt werden und die Raumabschlüsse über den Tribünen und bei den Ausgängen, der Kommentatorkabine und der VIP-Lounge hergestellt werden.

Ist der Druckring an seinem Platz, wird das Membrandach befestigt und die Glasfassade hochgezogen, danach kann mit dem Innenausbau begonnen werden.

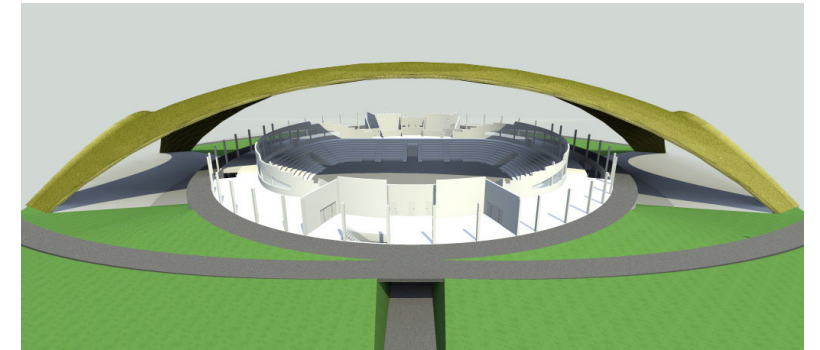


Abb.94 Bauablauf 7

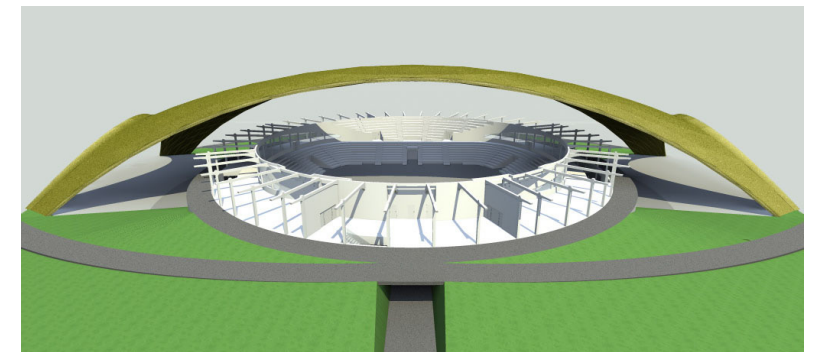


Abb.95 Bauablauf 8

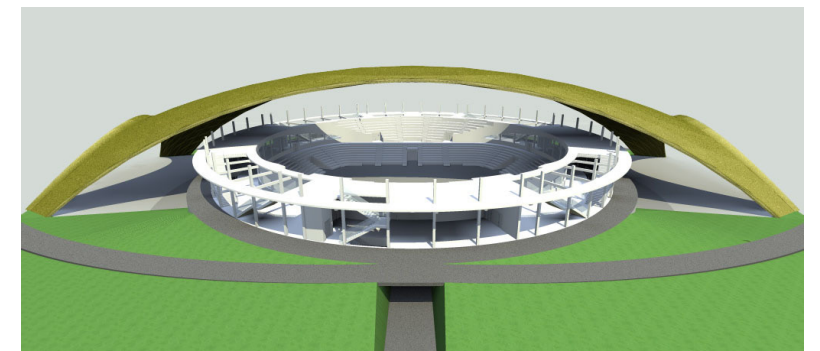


Abb.96 Bauablauf 9

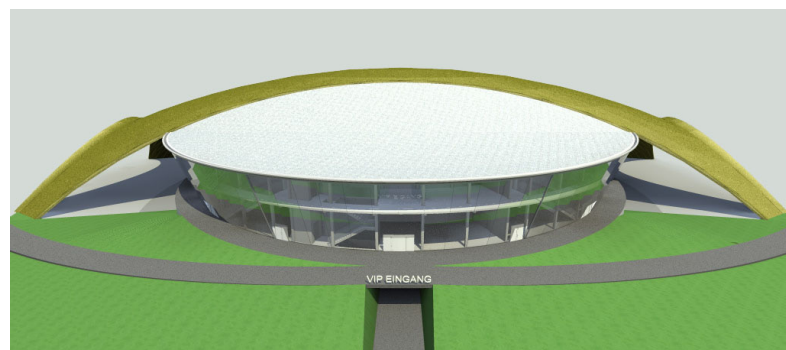


Abb.99 Bauablauf 12

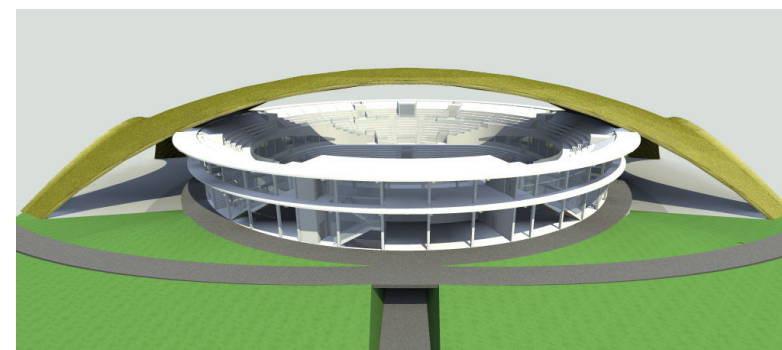


Abb.98 Bauablauf 11

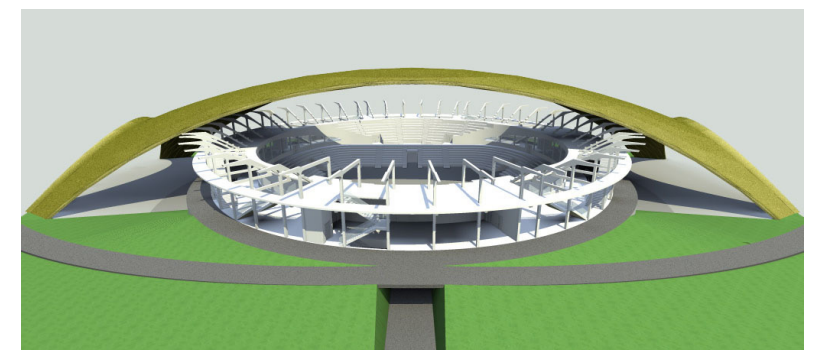


Abb.97 Bauablauf 10

Schaubild und Modell

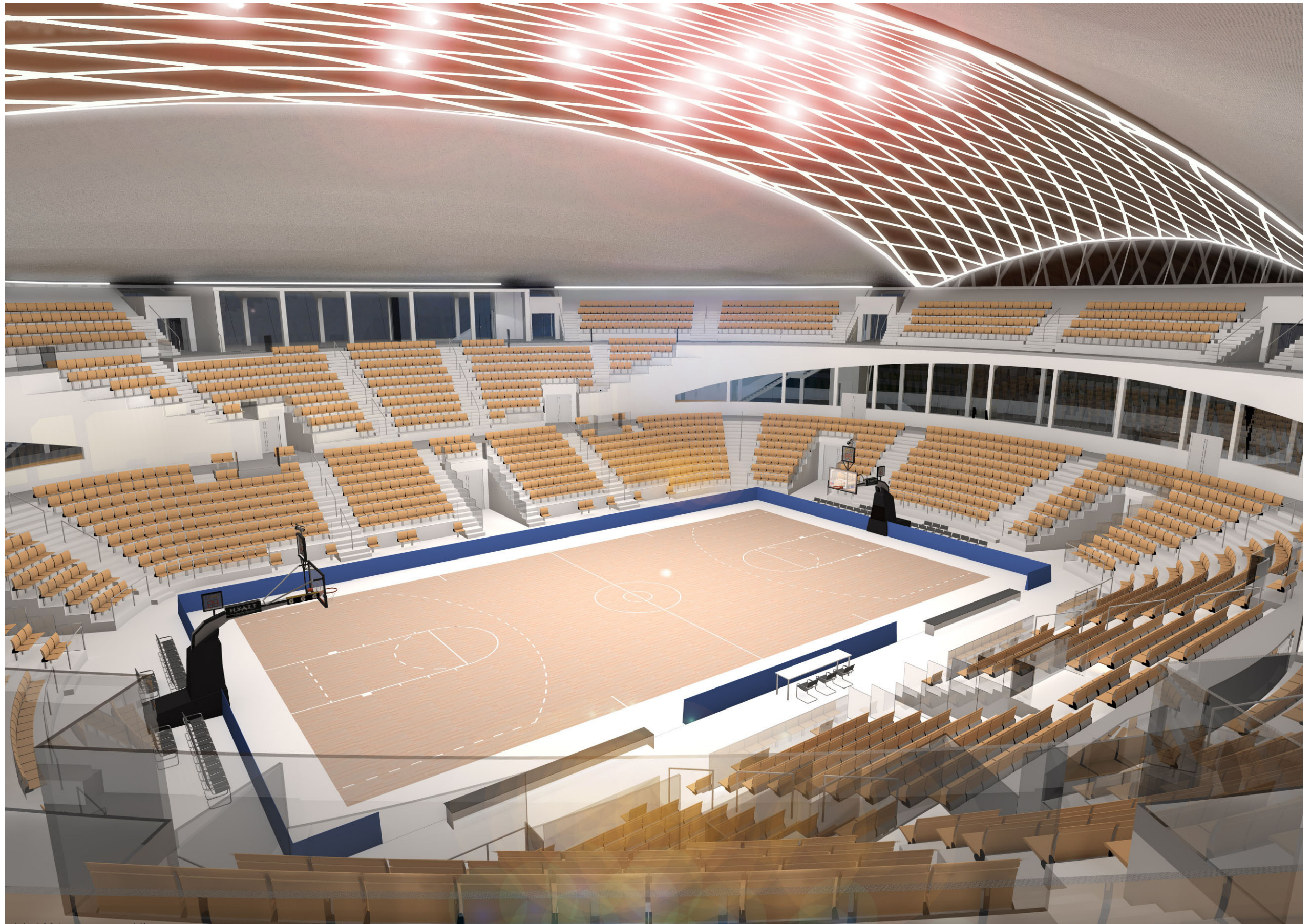


Abb.100 Innenperspektive

Hallengrundbeleuchtung LED Streifen + Spielfeldscheinwerfer

Innenperspektive

Modellfotos

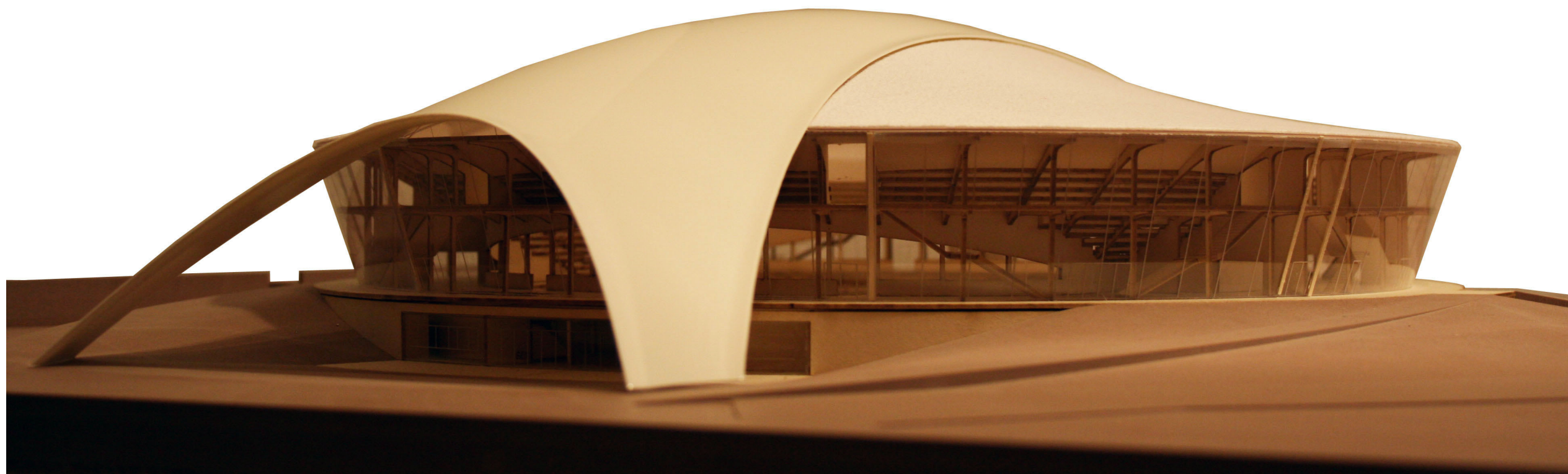


Abb.101 Modellfoto 1

Südostansicht

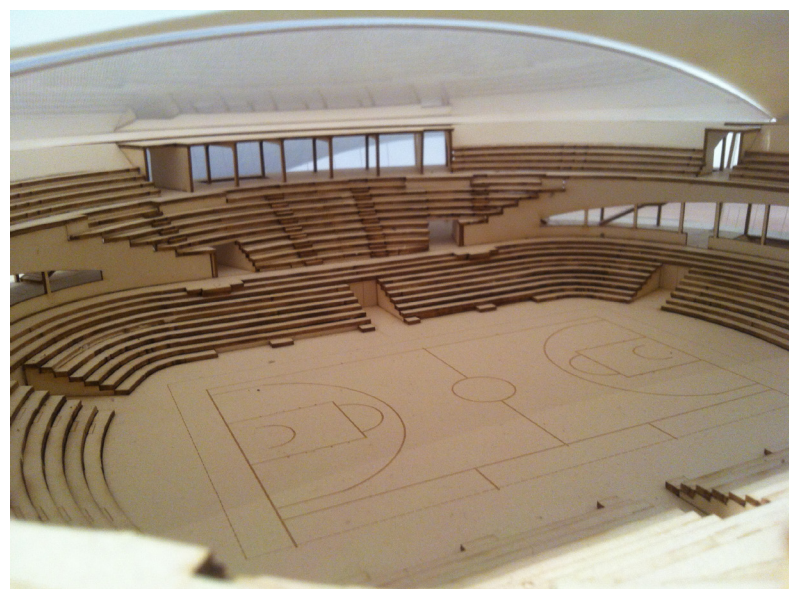


Abb.102 Modellfoto 2

Innenperspektive



Abb.103 Modellfoto 3

VIP-Lounge

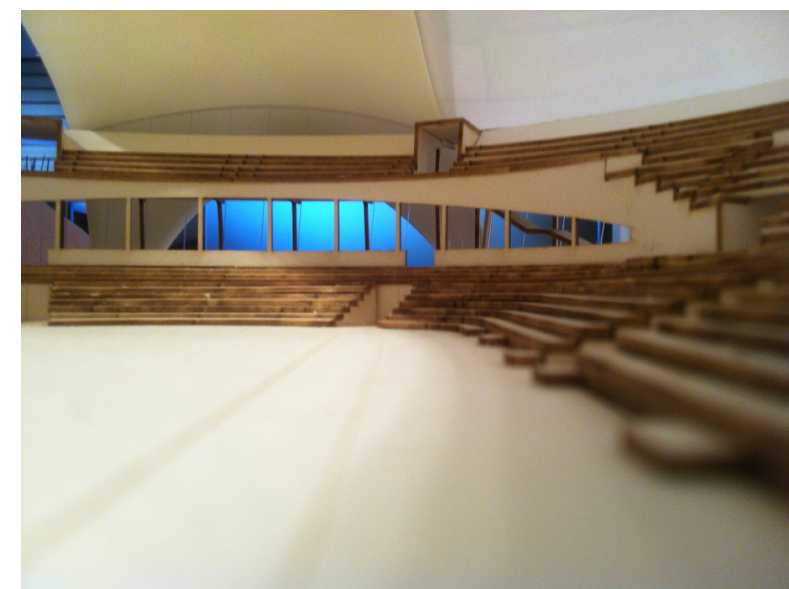


Abb.104 Modellfoto 4

Spielfeld

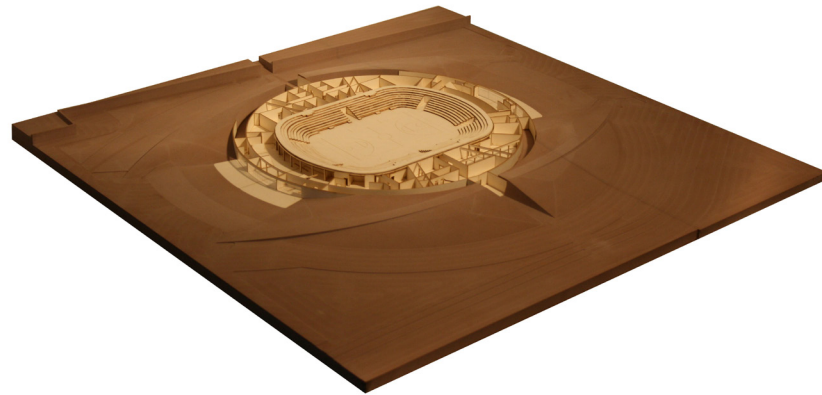


Abb.105 Modellfoto 5

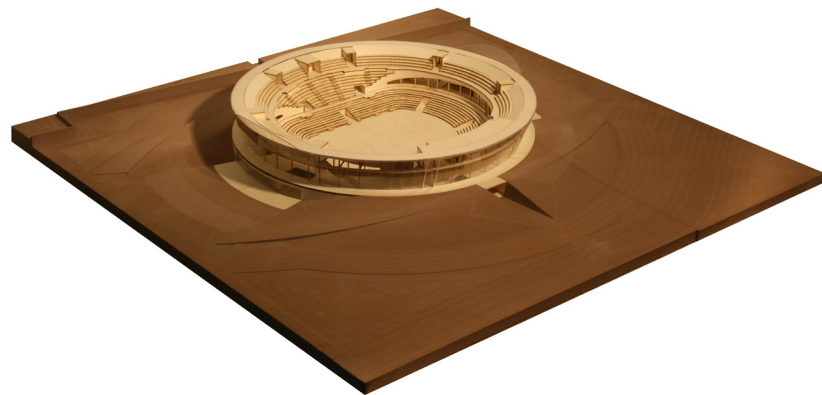


Abb.106 Modellfoto 6

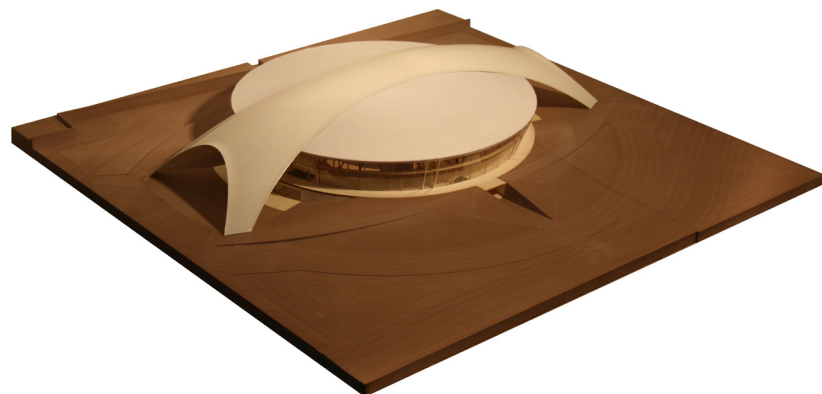


Abb.107 Modellfoto 7

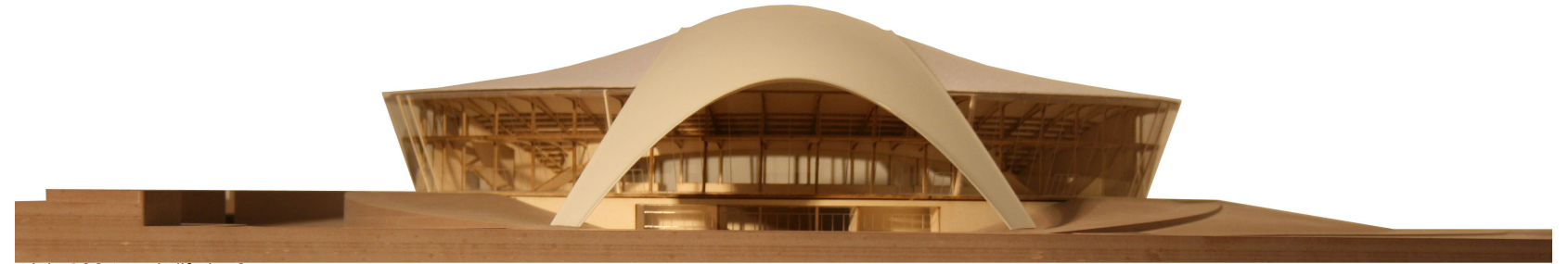


Abb.108 Modellfoto 8

Südansicht

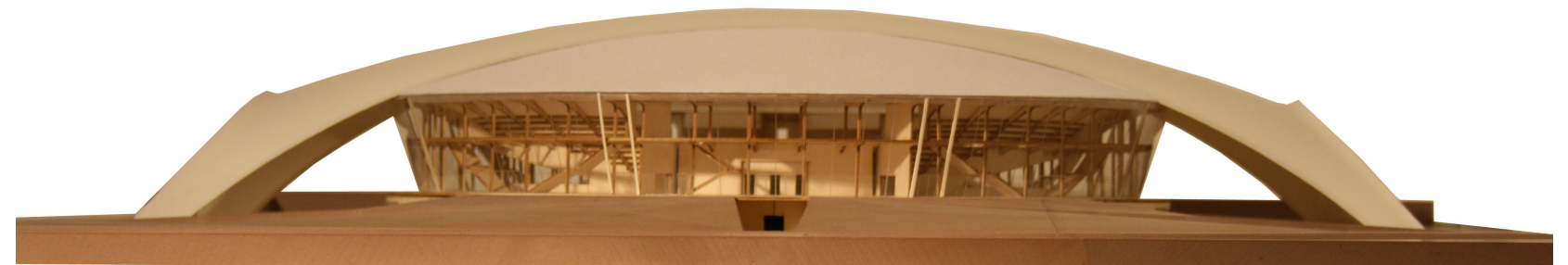


Abb.109 Modellfoto 9

Ostansicht



Abb.110 Modellfoto 10

Nordansicht

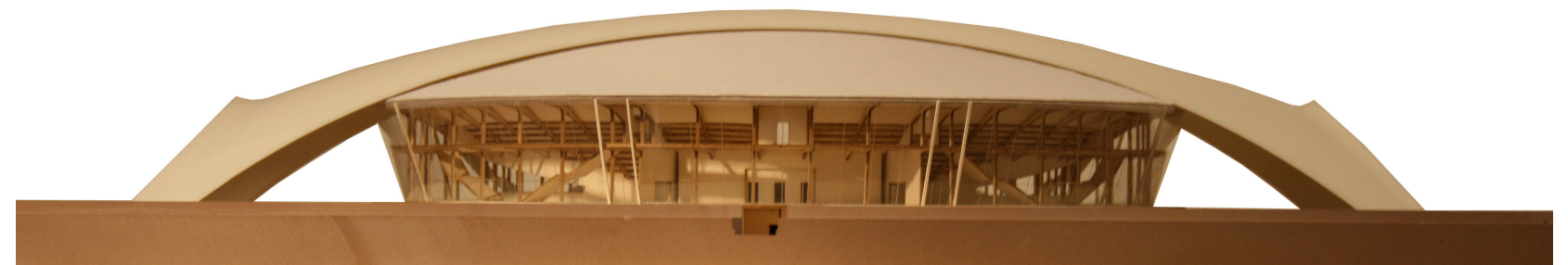


Abb.111 Modellfoto 11

Westansicht



Abb.112 Modellfoto 12

Nachtperspektive



Abb.113 Modellfoto 13

Südansicht bei Nacht



Abb.114 Modellfoto 14

Ostansicht bei Nacht

Tragwerksmodell

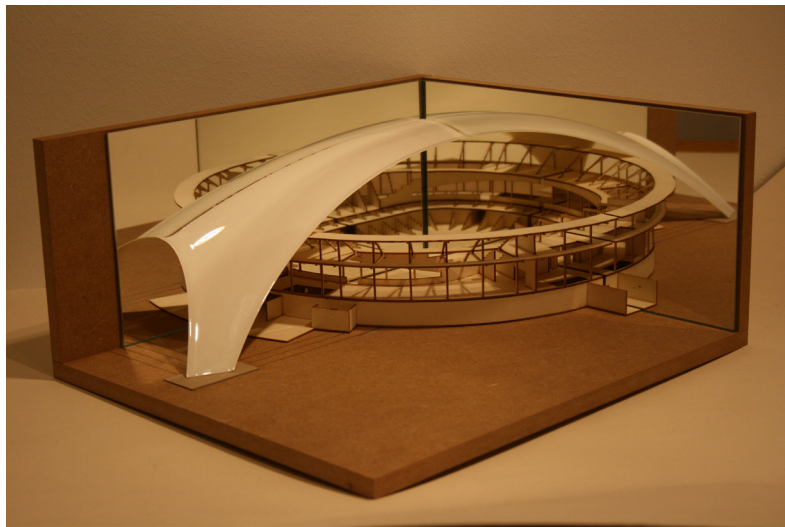


Abb.115 Tragwerksmodell 1

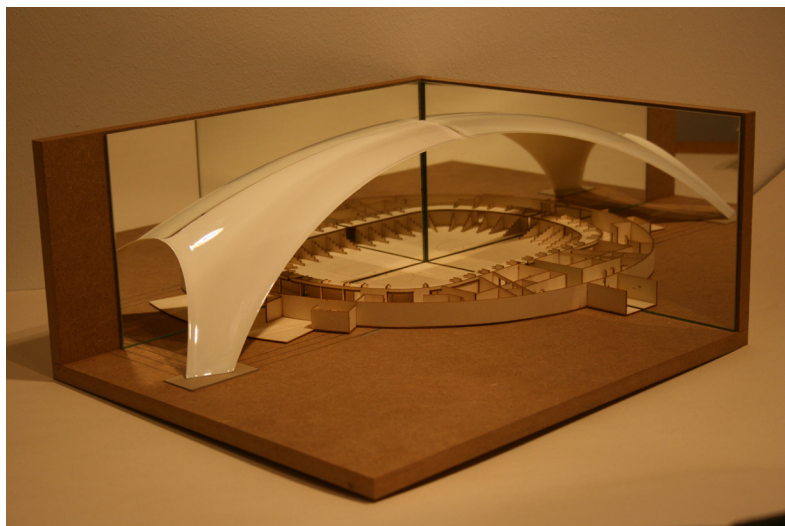


Abb.116 Tragwerksmodell 2

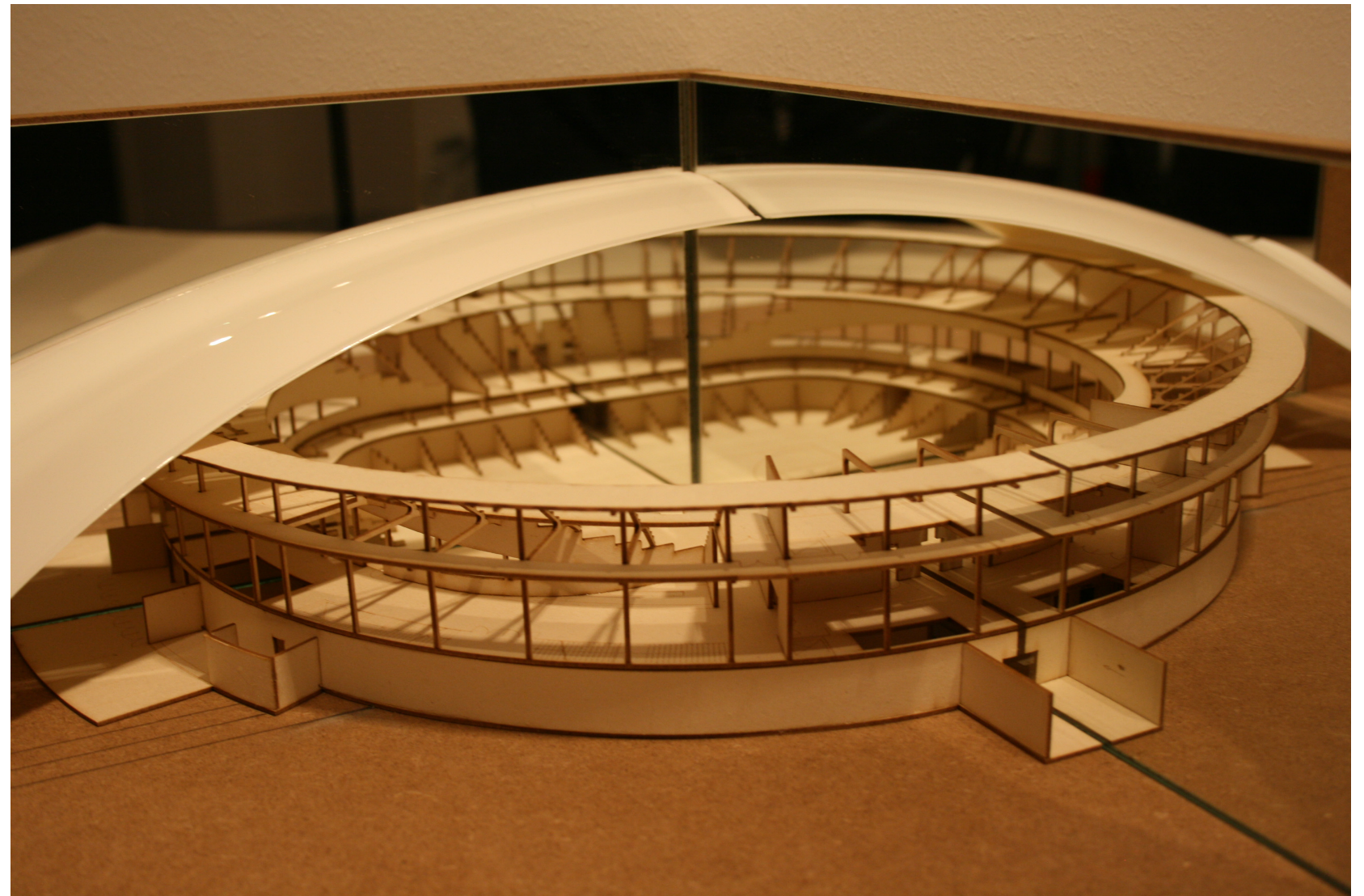


Abb.117 Tragwerksmodell 3

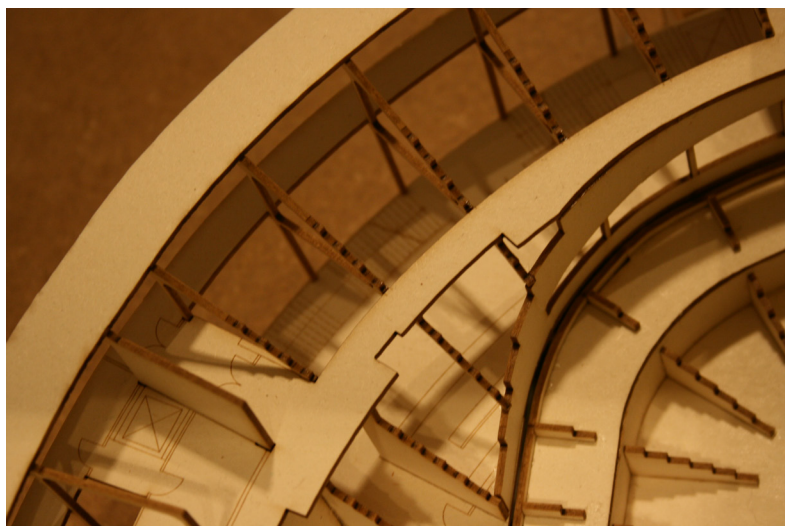


Abb.118 Tragwerksmodell 4



Abb.119 Tragwerksmodell 5

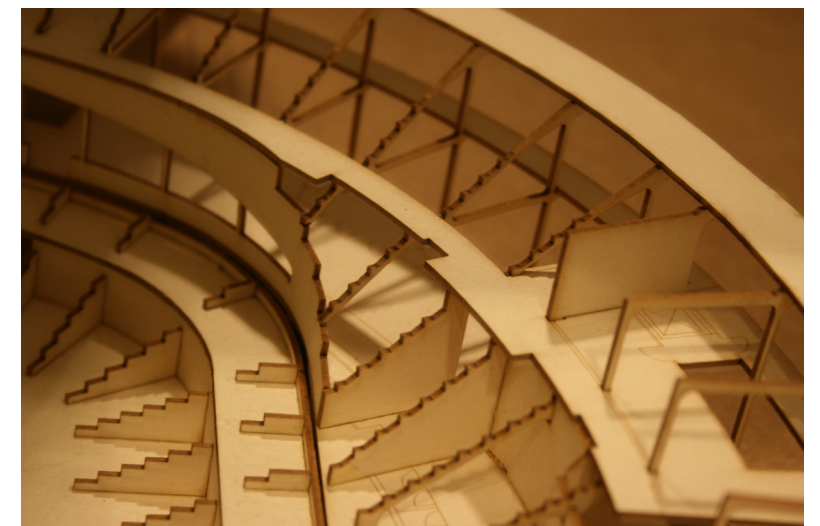


Abb.120 Tragwerksmodell 6



Abb.121 Modellskizze

Bauliche Daten

Halle

Netto Geschoßfläche EG	3.383 m ²
davon Spielfeld	608 m ²
Netto Geschoßfläche 1.OG	1.792 m ²
Netto Geschoßfläche 2.OG	1.205 m ²
Bebaute Fläche	4.550 m ²
Gebautes Volumen	ca. 86.130 m ³
Sitzplätze	3406 davon 28 Rollstuhlgerechte

Ausmaße

Hallendurchmesser am Boden	73 m
Hallendurchmesser an der Traufe	80 m
Gebäudehöhe	22,55 m

Schale

Schalenlänge	126 m
Schalenbreite	41,1 m
Schalenspannweite längs	106 m
Schalenspannweite quer	19,40 m
Überspannte Grundfläche	2.938 m ²

Bauplatz

Grundstück	31.535 m ²
Bebauungsgrad	0,13
Parkplätze	456, davon 28 barrierefreie

Quellenangabe

Referenzen:

- Palazzetto dello Sport Rome Olympic Games Official Report Volume One 1960, www.la84foundation.org/6oic/OfficialReports/1960/OR1960v1.pdf, Seite 60 u. 62, April 2013
- Wikipedia: Palazzetto dello Sport, http://de.wikipedia.org/wiki/Palazzetto_dello_Sport, April 2013
- Wikipedia EN: Palazzetto dello Sport, http://en.wikipedia.org/wiki/Palazzetto_dello_Sport, April 2013
- EWE Arena Ewe Arena: <http://www.ewe-arena.de>, April 2013
- Planungsgruppe dbd, Wettbewerbsplakate EWE Arena, <http://www.dbd-sz.de/referenzen/kultur/kultur.html>, April 2013
- Weischede Herrmann und Partner GmbH, <http://wh-p.de/de/Projekte/konstruktion/Daecher/sportarena-oldenburg>, April 2013
- Audi Dome Max Bögl: Broschüre Audi Dome München, www.max-boegl.de, April 2013
- Wikipedia: Audi Dome, http://de.wikipedia.org/wiki/Audi_Dome, April 2013
- Olympic Report Munich 1972 : Volume 2 The constructions (Part 2), www.la84foundation.org/6oic/OfficialReports/1972/1972s2pt2.pdf, Seite 128-131, April 2013
- Tenniszentrum Isler/Ramm/Schunck: Heinz Isler - Schalen. Katalog zur Ausstellung, Zürich 1993
- Structurae: Tenniszentrum, Marin-La Théne, <http://de.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0030531>, April 2013
- Olympiahalle München Structurae: Sanierung des Membrandaches der Olympiahalle München, <http://de.structurae.de/products/data/index.cfm?id=3679>, April 2013
- Hightexworld: Munich Olympic Hall, <http://www.hightexworld.com/en/projects/material/insulation/munich-olympic-hall>, April 2013

Bücher:

- Frei, Otto: Natürliche Konstruktionen. Formen und Konstruktionen in Natur und Technik und Prozesse ihrer Entstehung, Stuttgart 1982
- Frei, Otto: Das hängende Dach. Gestalt und Struktur, Stuttgart 1990
- Joedicke, Jürgen: Dokumente der modernen Architektur. Beiträge zur Interpretation und Dokumentation der Baukunst, Stuttgart 1961
- Knippers, Jan u. a.: Atlas Kunststoffe + Membranen. Werkstoffe und Halbzeuge, Formfindung und Konstruktion, München 2010
- Kind-Barkauskas, Friedbert u. a.: Beton Atlas. Entwerfen mit Stahlbeton im Hochbau, München 2001
- Schnuck, Eberhard u. a.: Dach Atlas. geneigte Dächer, München 2002

Richtlinien, Normen, Verordnungen:

Koch-Schmuckerschlag, Constanze/Kalamidas, Oskar: Barrierefreies Bauen für alle Menschen. Planungsgrundlagen, Graz 2008

Krapfenbauer, Robert: Bautabellen, Wien 2002

NÖ Atlas: GIS Daten, <http://atlas.noel.gv.at>, April 2013

NÖ Bautechnikverordnung 1997 8200/7-5

OIB Richtlinie 2 Brandschutz OIB-300.2-007/07

OIB Richtlinie 4 Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit OIB-300.4-012/07

OIB Richtlinie 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz OIB-330.6-094/11

ÖISS Richtlinien für den Sportstättenbau. Barrierefreie Sportstätten, Wien 2005

ÖISS Richtlinien für den Sportstättenbau. Planung und Bau von Zuschauertribünen, Wien 2002 AUSSER KRAFT - In Überarbeitung

ÖISS Sportstättenführer. Basketball, Wien 2011

ÖNORM B 1600: 2011-04-01 Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen

Schmiege, Peter u.a.: BSp-Orientierungshilfe. Bauliche Voraussetzungen für den paralympischen Sport, Bonn 2010

Schriftliche Unterlagen, Planunterlagen, Internetquellen:

3D Modell Klosterneuburg, DKM, Höhenlinien: Stadtgemeinde Klosterneuburg, Abteilung Stadtplanung

Bayferrox: Effizientes Herstellen von eingefärbten Betonwaren, http://bayferrox.de/uploads/tx_lxsmatrix/article_effizientes_herst_von_betonwaren_de.pdf, Stand April 2013

Bayferrox: Gelb, <http://bayferrox.de/de/produkte-anwendungen-bfx/farben/gelb/>, April 2013

Concrete Student Trophy Ausschreibungsergänzungen 2012, Zement+Beton Handels- und Werbeges.m.b.H. Wien 2012

Concrete Student Trophy Ausschreibungsunterlagen 2012, Zement+Beton Handels- und Werbeges.m.b.H. Wien 2012

Google Maps: Luftbilder, April 2013

OTS: Start Concrete Student Trophy 2012 Neues Spielfeld für Klosterneuburger Happyland gesucht, http://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20120223_OTS0252/start-concrete-student-trophy-2012-neues-spielfeld-fuer-klosterneuburger-happyland-gesucht, Februar 2012

Raico: Stahlfassade. Therm+ S-I, <http://www.raico.de/de/Produkte/THERM/Stahlfassade.php>, April 2013

Taconic: Architektur & Membrandachfertigung, <http://www.taconic.de/products.aspx?rangeID=13&subRangeID=1005>, April 2013

U-Wert: Online Berechnung Ihrer Wärmedämmung, U-Wert-Rechner, <http://www.u-wert.net>, April 2013

Ytong: Multipor Deckendämmung, http://www.ytong.at/de/content/multipor_deckendaemmung_1222.php, April 2013

Abbildungsverzeichnis

Nummer	Bezeichnung	Seite	Quelle
Abb.1	CST LOGO	6	Alle Internetquellen mit Stand April 2013
Abb.2	CST Bauplatz	7	Concrete Student Trophy Ausschreibungsunterlagen 2012, Zement+Beton Handels- und Werbeges.m.b.H. Wien 2012
Abb.3	Alternativer Bauplatz	8	www.maps.google.at
Abb.4	Palazzetto innen	10	www.maps.google.at
Abb.5	Palazzetto außen	10	http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/DOMES/TIMELN/rome_sm/rome_sm.html
Abb.6	Palazzetto innen belebt	10	http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/DOMES/TIMELN/rome_sm/rome_sm.html
Abb.7	Palazzetto Grundriss	10	http://www.sportfriends.it/wp-content/uploads/2011/07/7269_BnHover.jpg
Abb.8	Palazzetto Modellschnitt	10	http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/DOMES/TIMELN/rome_sm/rome_sm.html
Abb.9	Palazzetto Träger	10	http://muenchen.bayern-online.de/uploads/pics/pinakotheek_architekturmuseum_palazzetto_dello_sport.jpg
Abb.10	Arena EG	11	http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/DOMES/TIMELN/rome_sm/rome_sm.html
Abb.11	Arena OG	11	Planungsgruppe dbd, Wettbewerbsplakate EWE Arena, http://www.dbd-sz.de/referenzen/kultur/kultur.html
Abb.12	Arena Schnitt	11	Planungsgruppe dbd, Wettbewerbsplakate EWE Arena, http://www.dbd-sz.de/referenzen/kultur/kultur.html
Abb.13	Arena außen	11	Planungsgruppe dbd, Wettbewerbsplakate EWE Arena, http://www.dbd-sz.de/referenzen/kultur/kultur.html
Abb.14	Arena Zugang	11	http://wh-p.de/de/Projekte/konstruktion/Daecher/sportarena-oldenburg/fakt1_image_preview
Abb.15	Arena Tragsystem	11	http://wh-p.de/de/Projekte/konstruktion/Daecher/sportarena-oldenburg/fakt3_image_preview
Abb.16	Dome Pläne	12	Olympic Report Munich 1972, www.la84foundation.org/6oic/OfficialReports/1972/1972s2pt2.pdf
Abb.17	Dome Legende	12	Olympic Report Munich 1972, www.la84foundation.org/6oic/OfficialReports/1972/1972s2pt2.pdf
Abb.18	Dome außen	12	http://www.panoramio.com/photo/76526340
Abb.19	Dome innen	12	Max Bögl: Broschüre Audi Dome München, www.max-boegl.de
Abb.20	Dome Dach	12	http://img.mittelbayerische.de/bdb/1512400/1512477/300x.jpg
Abb.21	Tenniszentrum außen	13	http://files3.structurae.de/files/photos/2521/image690.jpg
Abb.22	Tenniszentrum außen 2	13	Isler/Ramm/Schunck: Heinz Isler - Schalen. Katalog zur Ausstellung, Zürich 1993
Abb.23	Tenniszentrum Schalung	13	Isler/Ramm/Schunck: Heinz Isler - Schalen. Katalog zur Ausstellung, Zürich 1993
Abb.24	Tenniszentrum innen	13	Isler/Ramm/Schunck: Heinz Isler - Schalen. Katalog zur Ausstellung, Zürich 1993
Abb.25	Olympiahalle außen	14	http://www.wackerart.de/Olympia/olympia1.html
Abb.26	Olympiahalle Eindeckung	14	http://www.wackerart.de/Olympia/olympia2.html#start
Abb.27	Olympiahalle innen	14	http://www.sbp.de/de/build/sheet/1209-Olympische_Schwimmhalle.pdf
Abb.28	Olympiahalle Membran	14	http://www.hightexworld.com/en/projects/material/insulation/munich-olympic-hall
Abb.29	Olympiahalle Detail	14	Schnuck, Eberhard u. a.: Dach Atlas. geneigte Dächer, München 2002
Abb.30	Olympiahalle Membran 2	14	http://www.hightexworld.com/en/projects/material/insulation/munich-olympic-hall
Abb.31	Entwurf Bauplatz CST	16	eigene Abbildung
Abb.32	Entwurf Bauplatz CST Ansichten	16	eigene Abbildung
Abb.33	Entwurf Fachwerkhalle	17	eigene Abbildung
Abb.34	Fachwerk Modell	17	eigene Abbildung
Abb.35	Entwurf Schale 1	18	eigene Abbildung
Abb.36	Entwurf Schale 2	18	eigene Abbildung
Abb.37	Entwurf Schale 3	18	eigene Abbildung
Abb.38	Entwurf Schale 4	18	eigene Abbildung
Abb.39	Entwurf Schale 4 Traufpunkt	18	eigene Abbildung
Abb.40	Verkehrsanbindung 1	20	eigene Abbildung
Abb.41	Verkehrsanbindung 2	20	eigene Abbildung
Abb.42	Schwarzplan Skizze	21	eigene Abbildung
Abb.43	Schwarzplan	21	eigene Abbildung
Abb.44	Landmark 1	22	eigene Abbildung
Abb.45	Landmark 2	22	eigene Abbildung
Abb.46	Raumprogramm	24	eigene Abbildung
Abb.47	Vogelperspektive	26	eigene Abbildung
Abb.48	Erschließung Einlass	30	eigene Abbildung
Abb.49	Erschließung Pause	30	eigene Abbildung
Abb.50	Erschließung Ende	30	eigene Abbildung
Abb.51	Erschließung Evakuierung	30	eigene Abbildung
Abb.52	Rampensituation Ausgang	32	eigene Abbildung
Abb.53	Rampensituation Eingang	32	eigene Abbildung
Abb.54	Schalengröße	44	eigene Abbildung
Abb.55	Lastskizze ohne Schnee	45	eigene Abbildung
Abb.56	Kräfteimulation ohne Schnee	45	eigene Abbildung
Abb.57	Lastskizze mit Schnee	45	eigene Abbildung
Abb.58	Kräfteimulation mit Schnee	45	eigene Abbildung
Abb.59	Schale auf Fundamenten	46	eigene Abbildung
Abb.60	Trajektorien 1	47	eigene Abbildung

Nummer	Bezeichnung	Seite	Quelle Alle Internetquellen mit Stand April 2013
Abb.61	Trajektorien 2	47	eigene Abbildung
Abb.62	Trajektorien überzeichnet	47	eigene Abbildung
Abb.63	Rippenuntersicht	47	eigene Abbildung
Abb.64	Rippenstruktur	47	eigene Abbildung
Abb.65	BK Dukes Logo	48	http://www.bk-klosterneuburg.at/mannschaft/index.php
Abb.66	FIBA Basketball	48	http://www.basketballhaus.de/components/com_virtuemart/shop_image/product/molten_Basketball_BGG7-d_rz2.jpg
Abb.67	Bayferrox gelb	48	http://bayferrox.de/de/produkte-anwendungen-bfx/farben/gelb/
Abb.68	Bayferrox braun	48	http://bayferrox.de/de/produkte-anwendungen-bfx/farben/braun/
Abb.69	Bayferrox Farbdreieck	48	http://bayferrox.de/uploads/tx_lxsmatrix/article_effizientes_herst_von_betonwaren_de.pdf
Abb.70	Bayferrox Farbraum	48	http://bayferrox.de/uploads/tx_lxsmatrix/article_effizientes_herst_von_betonwaren_de.pdf
Abb.71	Bayferrox Betonsteine	48	http://bayferrox.de/uploads/tx_lxsmatrix/article_effizientes_herst_von_betonwaren_de.pdf
Abb.72	Inneres Tragsystem	49	eigene Abbildung
Abb.73	Trägergeometrie	50	eigene Abbildung
Abb.74	Tragsystem Sprengzeichnung	50	eigene Abbildung
Abb.75	Inneres Tragsystem 2	50	eigene Abbildung
Abb.76	Thermische Hülle	55	eigene Abbildung
Abb.77	Hallenaufbau	55	eigene Abbildung
Abb.78	OIB RL 6 Tabelle 10.2	55	http://www.u-wert.net
Abb.79	Aufbau Membran	56	http://www.u-wert.net
Abb.80	Temperaturverlauf Membran	56	http://www.u-wert.net
Abb.81	Luftfeuchtigkeit Membran	56	http://www.u-wert.net
Abb.82	Aufbau Schale	57	http://www.u-wert.net
Abb.83	Temperaturverlauf Schale	57	http://www.u-wert.net
Abb.84	Luftfeuchtigkeit Schale	57	http://www.u-wert.net
Abb.85	Aufbau Rippen	58	http://www.u-wert.net
Abb.86	Temperaturverlauf Rippen	58	http://www.u-wert.net
Abb.87	Luftfeuchtigkeit Rippen	58	http://www.u-wert.net
Abb.88	Bauablauf 1	59	eigene Abbildung
Abb.89	Bauablauf 2	59	eigene Abbildung
Abb.90	Bauablauf 3	59	eigene Abbildung
Abb.91	Bauablauf 4	59	eigene Abbildung
Abb.92	Bauablauf 5	59	eigene Abbildung
Abb.93	Bauablauf 6	59	eigene Abbildung
Abb.94	Bauablauf 7	60	eigene Abbildung
Abb.95	Bauablauf 8	60	eigene Abbildung
Abb.96	Bauablauf 9	60	eigene Abbildung
Abb.97	Bauablauf 10	60	eigene Abbildung
Abb.98	Bauablauf 11	60	eigene Abbildung
Abb.99	Bauablauf 12	60	eigene Abbildung
Abb.100	Innenperspektive	62	eigene Abbildung
Abb.101	Modellfoto 1	63	eigenes Foto
Abb.102	Modellfoto 2	63	eigenes Foto
Abb.103	Modellfoto 3	63	eigenes Foto
Abb.104	Modellfoto 4	63	eigenes Foto
Abb.105	Modellfoto 5	64	eigenes Foto
Abb.106	Modellfoto 6	64	eigenes Foto
Abb.107	Modellfoto 7	64	eigenes Foto
Abb.108	Modellfoto 8	64	eigenes Foto
Abb.109	Modellfoto 9	64	eigenes Foto
Abb.110	Modellfoto 10	64	eigenes Foto
Abb.111	Modellfoto 11	64	eigenes Foto
Abb.112	Modellfoto 12	65	eigenes Foto
Abb.113	Modellfoto 13	65	eigenes Foto
Abb.114	Modellfoto 14	65	eigenes Foto
Abb.115	Tragwerksmodell 1	66	eigenes Foto
Abb.116	Tragwerksmodell 2	66	eigenes Foto
Abb.117	Tragwerksmodell 4	66	eigenes Foto
Abb.118	Tragwerksmodell 3	66	eigenes Foto
Abb.119	Tragwerksmodell 5	66	eigenes Foto
Abb.120	Tragwerksmodell 6	66	eigenes Foto
Abb.121	Modellskizze	67	eigene Abbildung