PROJEKT 3

Elefantenhaus in Zürich

Das Tragwerk des neuen Elefantenhauses im Zoo Zürich setzt konstruktiv und tragwerksplanerisch neue Maßstäbe.

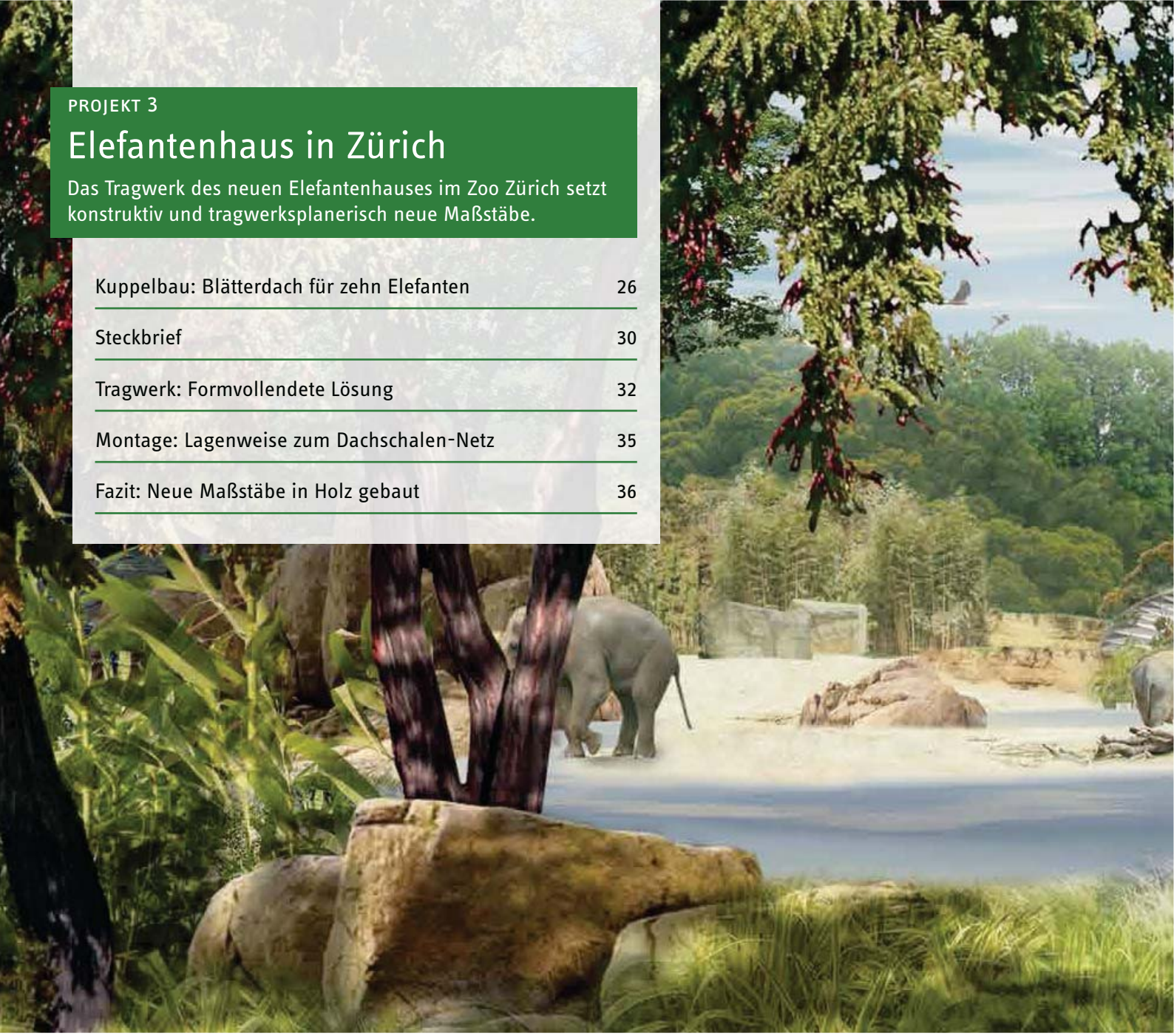
Kuppelbau: Blätterdach für zehn Elefanten 26

Steckbrief 30

Tragwerk: Formvollendete Lösung 32

Montage: Lagenweise zum Dachschalen-Netz 35

Fazit: Neue Maßstäbe in Holz gebaut 36



Kuppelbau

Blätterdach für zehn Elefanten

▶| Das neue Elefantenhaus im Züricher Zoo beherbergt bald zehn asiatische Elefanten. Das Dachtragwerk bildet ein Blätterdach nach. Die Verteilung der Oberlichter folgt dem statischen Konzept.

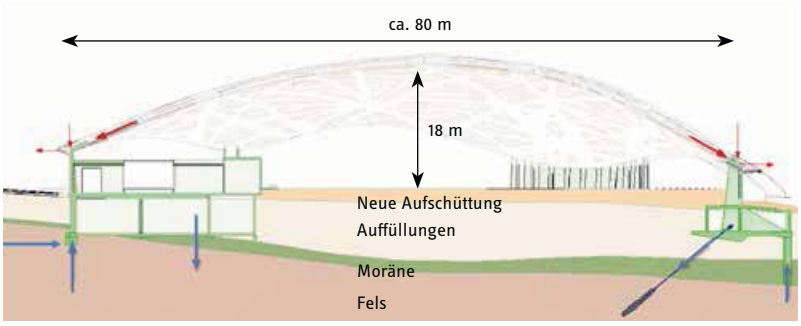
MARKUS SCHIETSCH ARCHITEKTEN GMBH

▲ Im Zentrum des Elefantenparks steht das Elefantenhaus mit seiner auffälligen Dachkonstruktion

Der Zoo Zürich baut derzeit den „Kaeng Krachan“ Elefantenpark, das neue Zuhause für seine asiatischen Elefanten. Sechsmal so groß wie die ursprüngliche Unterkunft aus den 1970ern wird er werden. Ein adäquates Haus mit einem Garten für die Elefantengruppe war längst überfällig.

Netzartige Kuppel mit geschwungenem Rand

Also wurde 2008 ein internationaler Architekturwettbewerb ausgelobt mit dem Ziel, eine Anlage der Extraklasse zu schaffen. Der Siegerentwurf stammt aus der Feder des Architekten Markus Schietsch und des Landschaftsarchitekten Lorenz Eugster aus Zürich. Zusammen konzipierten sie den Elefantenpark als weitläufige Landschaft aus Außengehegen und dichter Vegetation in den Besucherbereichen. Darin eingebettet liegt das bauliche Highlight: das Elefantenhaus mit seiner außergewöhnlichen Kuppel. Die Idee beider Architekten war, den natürlichen Lebensraum der Elefanten in Thailand nachzubilden. Die flache Kuppel sollte Teil der Landschaft werden und ein Blätterdach darstellen.



WALT+GALMARINI

▶ Der größte Teil der Anlage ist mit Sand und verdichtetem Erde-Sand-Boden ausgestattet. Die flache Dachschale erzeugt sehr hohe Horizontalkräfte

WALT+GALMARINI

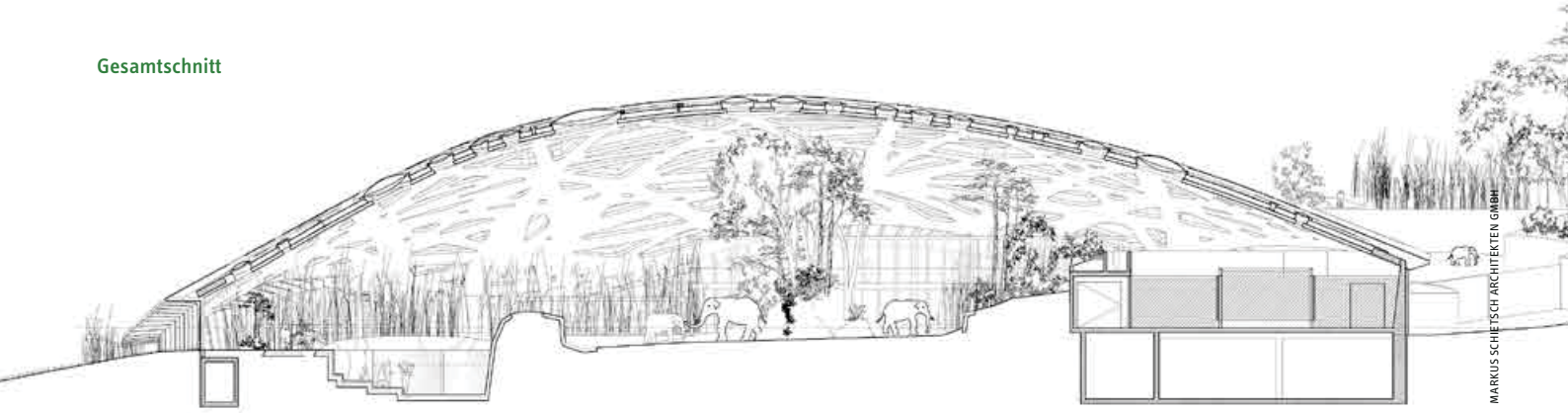
▲ Die zweifach gekrümmte Dachschale mit dynamisch geschwungenem Dachrand ist eine Hightech-Konstruktion der besonderen Art

In den Wettbewerb startete Schietsch zusammen mit dem Ingenieurbüro Walt+Galmarini aus Zürich. Die Tragwerksplaner unterstützten ihn bei der Entwicklung der Dachkonstruktion sowie des dafür erforderlichen Unterbaus (Untergeschosse, Technikbereiche, Wasserdichtigkeitskonzept wegen Grundwasser) und der Widerlager. Netzartig überspannt die 6800 m² große, freigeformte Dachschale aus Holz das rund 5400 m² große Innengehege mit einem Durchmesser von rund 80 m. 271 in die Holzschale eingeschnittene Oberlichter, die mit transparenten Luftkissen aus UV-durchlässiger ETFE-Folie eingedeckt sind, versorgen die bis zu 18 m hohe Halle mit viel Tageslicht.

Die organische Form überspannt die als Naturraum gestaltete Innenanlage, tritt dabei aber nicht als geschlossener Körper in Erscheinung, sondern löst sich netzartig auf und stellt den Bezug zum umgebenden Wald her.

Erst im Innenraum entfaltet das Dach seine volle Wirkung, wenn die vielen Luftkissen-Membranen das Sonnenlicht gefiltert hineinlassen und für ein lebendiges Spiel von Licht und Schatten sorgen.

Gesamtschnitt



MARKUS SCHIETSCH ARCHITEKTEN GMBH

WALT+GALMARINI

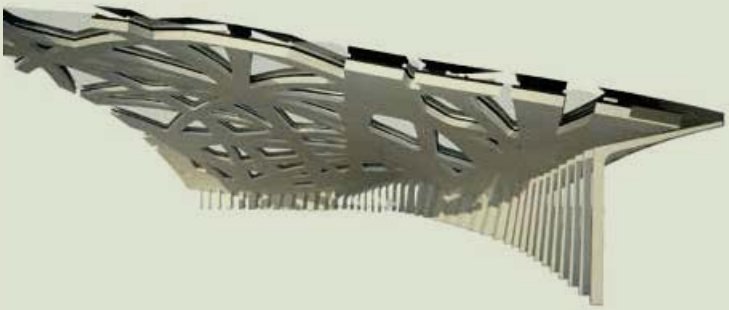
▲ Blick in die Dachschale mit Oberlichtern: Dank der lichtdurchlässigen Membran werden hier auch Pflanzen gedeihen

Mehrteilige Leichtbaukonstruktion entwickelt

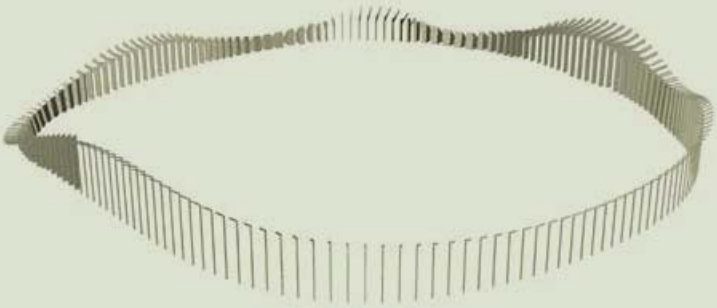
Die Umsetzung dieser gelöcherten und sehr flachen Dachschale (Verhältnis Spannweite zu Stich: 8:1) erforderte die Entwicklung einer hoch effektiven und gewichtssparenden Konstruktion. Den Tragwerksplanern gelang es, dafür einen mehrteiligen, vernagelten und verschraubten und damit linear-elastischen Verbundquerschnitt zu entwickeln, der vor Ort montiert werden konnte.

Der Architekt wünschte zudem eine flächige Dachuntersicht. Sie sollte von Leitungen freigehalten werden und als tragende Bekleidung wirken. Eine hohe Bedeutung kam dem Anteil der Öffnungen mit etwa 35 Prozent zu. Denn die Tiere und Pflanzen brauchen viel Sonnen- bzw. UV-Licht. Die Lage der dafür vorgesehenen Oberlichter ist nicht beliebig, sondern folgt den statischen Möglichkeiten, die das Schalenmodell

Perspektivischer Schnitt



Fassadenstruktur



MARKUS SCHIETSCH ARCHITEKTEN GMBH

STECKBRIEF

Bauvorhaben:
Elefantenhaus Zoo Zürich, Schweiz, www.zoo.ch

Bauweise:
Ingenieur-Holzbau auf Stahlbetonunterbau

Bauzeit:
Mai 2011 bis (voraussichtlich) Mai 2014

Baukosten:
ca. 41 Mio. CHF

Bauvolumen: 68 000 m³

Bauherr:
Zoo Zürich AG
CH-8044 Zürich
www.zoo.ch

Gesamtleitung:
cga – consulting group aeberhard gmbh
CH-8400 Winterthur
www.cgateam.ch

BGS & Partner Architekten AG
CH-8640 Rapperswil
www.bgs-architekten.ch

Architektur:
Markus Schietsch Architekten GmbH
CH-8004 Zürich
www.markusschietsch.com

Landschaftsarchitektur:
Lorenz Eugster Landschaftsarchitektur und Städtebau GmbH
CH-8004 Zürich
www.lorenzeugster.ch

vetschpartner Landschaftsarchitekten AG
CH-8001 Zürich
www.vetschpartner.ch

Tragwerksplanung, Fassadenengineering, Bauleitung Holzbau Gebäudehülle:
Walt + Galmarini AG
CH-8008 Zürich
www.waltgalmarini.com

Montage Holzbau:
ARGE Elefantenpark Holzbau:
Implenia Schweiz AG Holzbau
CH-8050 Zürich
www.implenia.com

STRABAG AG Holzbau
CH-8315 Lindau
www.strabag.com

Plattenproduktion und Fassadenkonstruktion:
MERK Timber GmbH
Züblin Holzingenieurbau
D-86551 Aichach
www.merk.de

Parametrische Planung:
Kaulquappe GmbH
CH-8004 Zürich
www.kaulquappe.net

WALT+GALMARINI

▸ Zwischen den lastabtragenden Stahlbetonstützen werden speziell entwickelte BS-Holz-Stützen verbaut: geknickt und in variablen Höhen

zulässt. Sie sind geometrisch völlig unterschiedlich und haben eine Größe von bis zu 40 m². Eine besondere Herausforderung stellte außerdem die statische und bauliche Bewältigung des dynamisch geschwungenen Dachrands dar.

Grundriss und Nutzung geben Verlauf des Dachrands vor

Das Elefantenhaus ist als ringförmiger Stahlbetonbau angelegt. Darin kommen die Stallungen und der Managementbereich unter sowie eine zweigeschossige Lodge mit Catering-Möglichkeiten und Terrasse. Die Plattform bietet einen fantastischen Ausblick auf die Innen- und Außenanlage. Von hier können die Besucher dem Treiben der Elefanten zusehen. Auf dem halbkreisförmig angelegten Besucherweg durch eine Waldlandschaft liegt außerdem der sog. Unterwassereinblick, wo man die Dickhäuter in einem bis zu 4 m tiefen Pool durch große Scheiben beim Schwimmen und Tauchen beobachten kann.

Der dynamisch geschwungene Dachrand orientiert sich in seinem Verlauf an den darunter liegenden Nutzungen. Einfluss auf die Höhen und die Gestaltung des Unterbaus hatten beispielsweise „Anprall- und Angriffshöhen“ der Elefanten (6 t auf 2,5 m Höhe), Sichtbezüge zwischen Innen- und Außenbereichen für die Besucher sowie Torhöhen für die Durchfahrt.

Teilweise schlechter Baugrund

Das Projektareal liegt an einem Hang, weshalb sich das Gebäude mit seinem Untergeschoss hangseitig eingräbt und die Bodenplatte auf Fels liegt. Talseitig dagegen, wo die lokalen Dachwiderlager platziert sind, gab es nur wenig tragfähige und setzungsempfindliche Schichten. Das erforderte Rückverankerungen im Fels.

Die lokalen Widerlagerbereiche sind in einzelne auskragende Wandscheiben aufgelöst. Tragstruktur und Fassade verschmelzen in der lamellenartigen Fassadenstruktur zu einem dynamischen System, das fließende Übergänge zwischen den Bereichen konzentrierter Lasteinleitung aus dem Dach und der leichten

WALT+GALMARINI

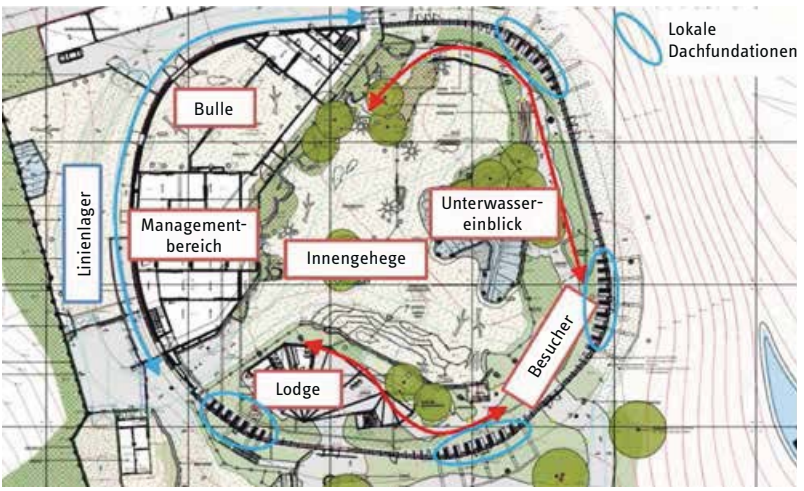
▲ An der Deckenuntersicht ist der abgewickelte Plattenzuschnitt als unauffälliges Fugenbild ablesbar

Fassadenstruktur mit großer Transparenz in den hohen Dachbereichen schafft. An den Punkten, an denen der Dachrand tief heruntergezogen ist und die Lasten aus dem Dach aufgenommen werden, verdichtet sich die Struktur, um sich dann wieder freizuspielen und dem bogenförmig in die Höhe schwingenden Dachrand zu folgen.

Die Komplexität der Dachschale setzt sich auch in der Fassade fort: Die Anschlüsse der geknickten BS-Holz-Fassadenstützen an den Dachrand mussten so konzipiert sein, dass sie vertikale Verformungen im Dezimeterbereich aufnehmen können.

Eröffnung steht bevor

Das Bauvorhaben für „mehr Platz für die Größten am Zürichberg“ nähert sich seiner Fertigstellung. Der Elefantenpark öffnet seine Tore am 7. Juni 2014. Es wurde ausschließlich mit privaten Geldern finanziert. ■



WALT+GALMARINI

◀ Ein Stahlbetonbau umgürtet das Innengehege und nimmt die Besucherlodge, die für den Besucher nicht einsehbaren Stallungen und den Management-bereich auf

▲ Auf die Dachschale folgt eine aufgeständerte Furnierschichtholz-Platte als Wartungsebene

Tragwerk

Formvollendete Lösung

▶| Auf der Suche nach einem Modell zur Ausbildung der netzartigen Dachschale nutzten die Ingenieure parametrische Software.

Für das Dach des Elefantenhauses Holz zu verwenden, war von Anfang an das Anliegen von Markus Schietsch und der Ingenieure von Walt+Galmarini, auch wenn der Bauherr die Planer beauftragt hatte, zusätzlich Betonvarianten zu untersuchen. Aufgrund der schwierigen Baugrundverhältnisse musste jedoch ein leichtes Tragwerk her.

Das Dach ist als freitragende Holzschale konzipiert, die von einem Stahlbeton-Ringbalken eingefasst und per Vorspannkraft der eingelegten und bis zu 120 m langen Stahlkabel zusammengespannt ist. Die tief heruntergezogenen Randbereiche des Ringbalkens markieren die fünf Auflagerstrecken: Sie leiten die Kräfte aus dem Dach in die vier Stützenreihen sowie die runde Außenwand der Stallungen als Linienlager ab. Um die horizontalen Schubkräfte der Schale an den Tiefpunkten abzutragen, sind die talseitig angeordneten Widerlager mit vorgespannten Litzenankern im Fels zurückgebunden.

Ringbalken mit zweiachsiger Biegung

Der große Unterschied zu herkömmlichen Kuppelkonstruktionen ist, dass sich die Elefantenhaus-Schale nicht auf einer horizontalen Linie abstützt. Dadurch konnte man kein Zugband ausbilden, das den Horizontalschub aufnimmt, was die Gründung wesentlich vereinfacht hätte.

Beim Dachrand handelt es sich vielmehr um einen Balken, der durch zweiachsige Biegung beansprucht ist. Denn die Wendepunkte liegen jeweils vor den Auflagern, es entsteht also auch Biegung um die schwache Achse.

Um den Ring gegen die Schale vorspannen zu können, wechseln die Stahlkabel ihre Lage im Querschnitt kontinuierlich von oben nach unten – je nachdem, ob sie in der „Kuppe“ oder im „Tal“ des Ringbalkens liegen.

Obwohl von Anfang an klar war, dass die Geometrie der Dachschale sehr kompliziert ist, sollte sie am Ende einfach und mit ebenen und geraden Standardprodukten herzustellen sein. Ziel war außerdem, die (duktilen) Knoten und Verbindungen möglichst flächig zu gestaltet, also keine massiven Stahlknoten zu verwenden. Auch Querzugbeanspruchungen sollten nicht auftreten.

Die Lösung: Mehrteiliger Verbundquerschnitt

Statisch funktioniert die Dachkonstruktion als Schalentragwerk mit versteifenden Strahlen. Hierfür haben die Ingenieure einen mehrteiligen Querschnitt mit nachgiebigem Verbund aus Mehrschichtplatten und Konstruktionsvollholz (KVH) entwickelt.

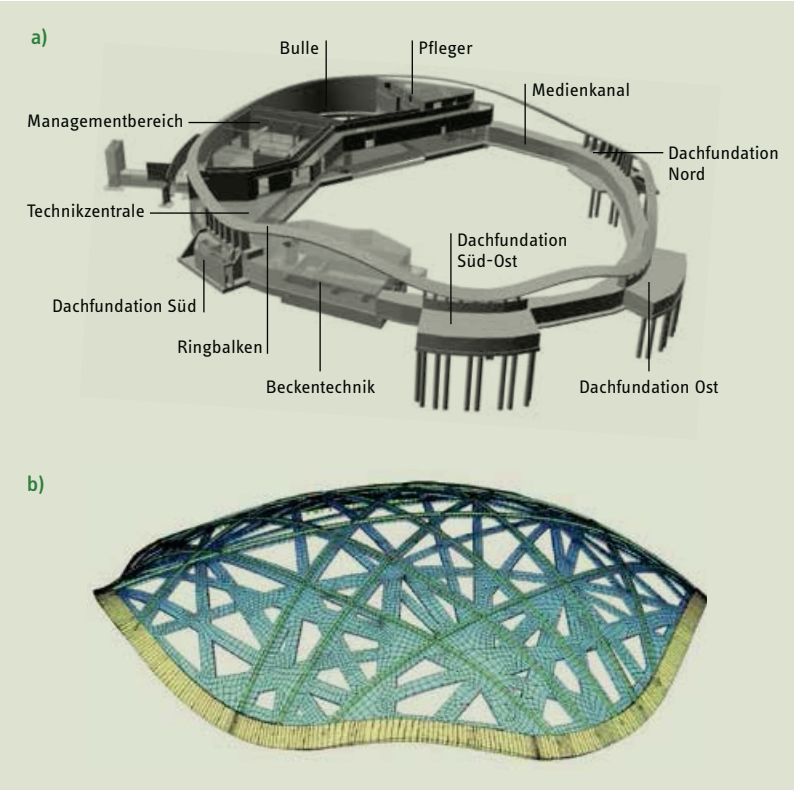
Drei Lagen Dreischichtplatten (3 × 8 cm) bilden das 24 cm dicke Primärtragwerk. Sie bestehen aus insgesamt 600 einzelnen „Puzzleteilen“, die mit einer halben Million Nägeln untereinander verbunden sind. Zusätzlich aufgeschraubte dreiteilige Vollholzrippen um die Öffnungen herum verstärken das Holzschalentragwerk. Wo Hauptstrahlen verlaufen, sind sie dazwischen angeordnet. Das Ganze ist mit 24 cm Mineralwolle ausgedämmt. Eine 57 mm dicke Kerto-Q-Platte schließt den statischen Querschnitt mit 54 cm Höhe als Obergurtplatte ab.

Über diesem Aufbau liegt die Installationsebene, die mit Holzklötzen wie ein Hohlboden ausgeführt ist. Die Anordnung der Klötze erfolgte so, dass sie gleichzeitig als Platzierungshilfe für die unter 45 Grad kreuzweise einzudrehenden Schraubenpaare dienen.

Weitere Vollholzrippen (zweiteilig) und Holzwerkstoffplatten bilden die Dämmebene. Die obere Beplankung, eine 28 mm dicke zementgebundene Spanplatte, nimmt die tangential zur Dachfläche auftretenden Kräfte der Luftkissen in den Randprofilen auf.

Da die Hauptstrahlen als nachgiebige Verbundquerschnitte zu erstellen waren, treten relativ große Verformungen auf. Sie können in der Größenordnung des für übliche Hochbauten Verträglichen (l/300) abgeschätzt werden. Die Konstruktion der Luftkissen war deshalb so auszubilden, dass sie sich vorfertigen ließ, die Fixierung der Randprofile auf die Unterkonstruktion aber Toleranzen von 2 bis 3 cm ausgleichen kann.

Die oberste Beplankung erhielt schließlich noch eine Abdichtungsbahn. Darauf ist eine 50 cm abgesetzte Wartungsebene aufgeständert. Im Endausbau wird das Dach eine Dicke von rund 90 cm erreichen (ohne Wartungsebene).



WALT+GALMARINI

▸ a) Betonwerk b) Mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) entwickeltes Schalenmodell mit tragenden Strahlenbögen

15 000 Schrauben für einen korrosionsfreien Verbund

Die Kraftübertragung zwischen den drei orthotropen Schichten der Dachschale erfolgt über die vollflächige Vernagelung. So wären die 24 cm bereits ausreichend gewesen, um das Eigengewicht der Schale aufzunehmen. Um jedoch die notwendige Biegesteifigkeit für asymmetrische Lastfälle wie beispielsweise Wind oder Schnee zu erzielen, werden die drei Randträger der Oberlichter und die Obergurtplatte benötigt. Sie bilden zusammen mit der Schale ein räumliches Wabentragwerk.

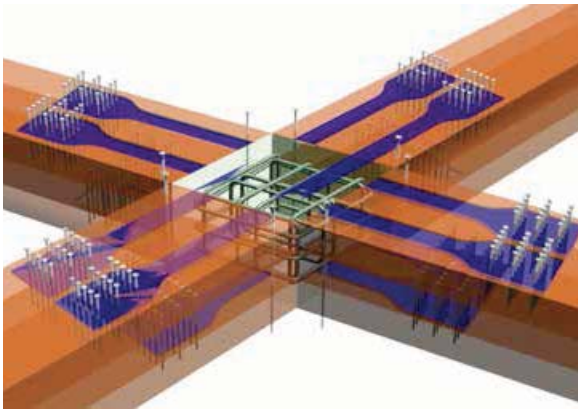
Zur Übertragung der Schubkräfte zwischen der Kerto-Obergurtplatte und der Dachschale benötigte man spezielle Schrauben. Der siebenteilige Verbundquerschnitt, der aufgrund seiner Nachgiebigkeit auch Verschiebungen zwischen den einzelnen Lagen zulässt, erforderte zudem Verbindungsmittel mit einem erhöhten Korrosionsschutz (Korrosionskategorie C2). Eine entsprechende Beschichtung dafür war in der Ausschreibung als extra Position aufgeführt.

Die Wahl fiel auf selbstbohrende SFS-Schrauben des Typs WR-T. Allerdings mussten zahlreiche Versuche durchgeführt werden, da es keine Tabellen- oder Normwerte für die effektiven Steifigkeiten des Schrauben-Sondertyps gab. Hinzu kam, dass sich die Angaben zu den Verschieblichkeiten in der Norm bzw. in den Zulassungen auf die Verwendung von nur zwei Bauteil-Lagen beschränken.

Ziel der Versuche war daher, die effektiven Steifigkeiten der Schrauben und deren Verschieblichkeit zu

ermitteln, um daraus die Gesamtsteifigkeit bzw. den E-Modul des gesamten Verbundbauteils zu berechnen. Diese Daten flossen anschließend in das statische Berechnungs- bzw. FE-Modell ein.

Um die erhöhten Anforderungen an den Korrosionsschutz sicherzustellen, erhielten die 15 000 benötigten Schrauben WR-T-13x850 eine entsprechende Feuerverzinkung, die beim Test durch ein unabhängiges Institut (die EMPA in Dübendorf) 240 Stunden lang einem Salzsprühnebel standhielt.



WALT+GALMARINI

▲ Knotendetail eines Hauptstrahls mit Bügelbewehrung und unteren wie oberen Stahlblechen samt selbstbohrender Stabdübel

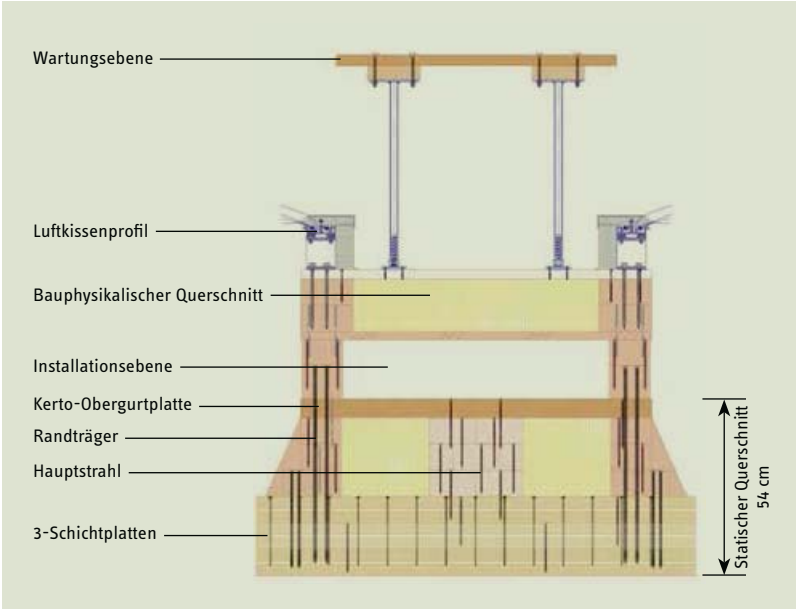
Automatisierte Rechenmodelle liefern präzise Daten

Die konstruktive Lösung für die Dachschale ist das Ergebnis eines iterativen Formfindungsprozesses mit parametrischer Software.

Ziel des parametrischen 3D-Modells war, die umfangreichen Rahmenbedingen von der ersten Entwurfsphase an in Programme einzubeziehen, um die komplette 3D-Geometrie automatisch generieren und überprüfen zu können. Ein solches Modell war auch erforderlich, um das anisotrope Material Holz im mehrlagigen und nachgiebigen Verbund ausreichend genau abzubilden.

Das parametrische 3D-Modell wurde mithilfe mehrerer Programme erstellt, die das auf digitale Planung spezialisierte Züricher Unternehmen Kaulquappe entwickelt hat. Darin flossen – zunächst als 2D-Modell – die Definitionen der Träger, Knoten und Ränder in ihrer Grundrissprojektion sowie die Knotenverteilung über das Gesamtmodell mit wählbarer Dichte ein. Danach wurde das Ganze dreidimensional verformt, wobei die Lage der Öffnungen erhalten blieb.

In das fertige 3D-Modell konnten schließlich neben der Geometrie noch die Bauteilparameter sowie alle von den Ingenieuren definierten statischen System-Parameter wie Federlagerung oder Kopplungen eingegeben werden. Damit ließ sich das Ergebnis jedes Teilprogramms kontrollieren und manuell um eventuell notwendige Anpassungen oder Ausnahmen erweitern. Das erlaubte es, die spezifischen Anforderungen der Ingenieure in jeder Stufe einzuarbeiten, zu präzisieren oder zu verändern.



WALT+GALMARINI

◄ Regelquerschnitt: Duktilität und Robustheit der Konstruktion werden durch die stiftförmigen Verbindungsmittel erreicht

Plattenzuschnitt für zweifach gekrümmte Dachgeometrie

Für die Herstellung und Montage der zweifach gekrümmten Dachschale musste die Freiformfläche in ebene Streifen abgewickelt werden (Verebnung). Zur Ausbildung der Schalentragwirkung sollten möglichst großformatige Plattenstreifen verwendet werden.

Unter Berücksichtigung der Produktions- und Transportabmessungen wurde jede der drei Lagen Dreischichtplatten mithilfe eines dafür programmierten Software-Moduls abgewickelt.

Die Definition der Plattenstöße erfolge nach den statischen Anforderungen. Das Fugenbild der raumseitigen Lage ist in der Dachuntersicht ablesbar. Die Fugenbilder aller drei Lagen wurden übereinandergelegt. So war es möglich, auf der ersten Lage bereits die Achsen der zweiten einzuritzen.

Je Lage ergaben sich an die 200 Platten. Für jedes dieser Unikate wurde eine Datei in Maschinencode und ein Werkstattplan erstellt. So stand der automatisierten Plattenproduktion nichts mehr im Weg.

Das digitale Planungsteam von Kaulquappe war auch verantwortlich für die vollautomatische Generierung der Geometrie und Produktionsdaten für die 6300 Randträger, die mit diagonal eingedrehten 45 cm Schrauben auf die Dreischichtplatten montiert wurden.

Aus Respekt vor der zu bewältigenden Aufgabe, unter anderem 500 t Holz auf die Abbundanlage zu schicken, wollten sich die Ingenieure am Ende doch noch einmal vergewissern, dass die digitalen Daten und Pläne auch das erzeugen, was sie sollen. Sie ließen ein 1:1-Modell eines repräsentativen Dachausschnitts bauen. Alles passte. ■

MARKUS SCHIETSCH ARCHITEKTEN GMBH

WALT+GALMARINI

◂ Die erste Lage Dreischichtplatten liegt auf den formgebenden Spanten

▴ In der zweiten und dritten Lage sind die Öffnungen für die Oberlichter bereits ausgeschnitten

Montage

Lagenweise zum **Dachschalen-Netz**

▶| Netzartig überspannt die freitragende Kuppel aus Holz den Unterbau. Mithilfe eines Spantengerüsts konnte die Dachschale lagenweise zusammengebaut werden. Nägel und Schrauben sorgen für ein robustes und linear-elastisches Tragverhalten.

Den Auftrag für die Errichtung der Dachkonstruktion hat der Zoo Zürich der ARGE Elefantenpark Holzbau (Implenia und Stragab) erteilt. Deren Realisierung stellt unter anderem auch wegen ihrer asymmetrischen Form eine große Herausforderung dar:

Das zweifach gekrümmte Dach des Elefantenhauses wurde auf einem Spantengerüst errichtet. Hierfür wurden zunächst Holzspanten auf einem vollflächigen Lehrgerüst montiert, die die Negativform der Dachschale ergaben. Darauf folgte das Primärtragwerk aus drei Lagen Dreischichtplatten. Sie wurden jeweils um 60 Grad zur vorhergehenden verschwenkt auf die formgebenden Spanten aufgebracht, sodass jede Lage zu einem Widerlagerbereich seine Haupttragrichtung aufweist.

Um eine einfache Montage vor Ort zu ermöglichen, haben die Tragwerksplaner den Plattenaufbau so gewählt, dass sie sich zweiachsig leicht biegen lassen. Durch ihr Eigengewicht haben sie sich fast selbst in Form gebogen.

Erste Lage vollflächig, zweite und dritte ausgeschnitten

Die Montage auf der Baustelle ist wegen der wenigen sich wiederholenden Konstruktionsregeln einfach. Die etwa 30 000 unterschiedlichen Einzelbauteile wurden mit Codierung „just in time“ auf die Baustelle geliefert. Vor dem Verlegen haben die Monteure die Lage der Platten je Ebene mit einem Tachymeter eingemessen.

Während sie die erste Lage aus Stabilitätsgründen noch vollflächig montierten, waren bei der zweiten Lage die Oberlichter bereits vorgeschnitten. Zur Orientierung wurden ihre Geometrien in die Oberfläche der ersten Lage eingeritzt. Die dritte Lage war schließlich vom Roboter fertig gefräst und diente als Schablone, um die endgültige Form der Oberlichter nach Einbringen sämtlicher Verbindungsmittel mit Abbundkettensägen über alle drei Lagen hindurch sauber aus- bzw. nachzuschneiden.

Den Übergang zum Ringbalken haben die Ingenieure so ausgebildet, dass die erste Lage direkt als Schalung verwendet werden konnte. Die Konterschalung, die man zum Betonieren mit selbstverdichtendem Beton braucht, haben sie ebenfalls ins Tragwerk integriert.

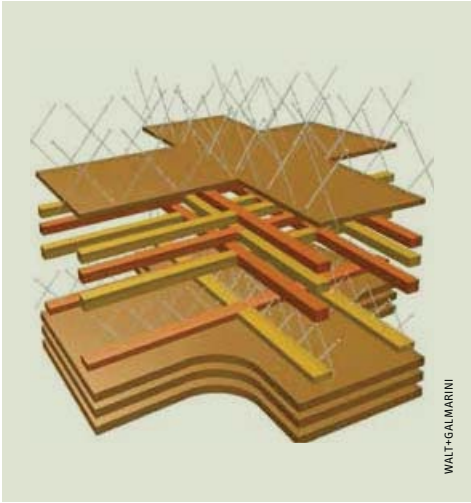
So entstand die Einspannung der Dachschale in den Ringbalken, der betoniert wurde, nachdem die Dachschale montiert war. Danach ist das

▾ Nachdem die Dreischichtplatten miteinander vernagelt waren, wurden die Öffnungen der erste Lage per Abbundkettensäge ausgeschnitten

MARKUS SCHIETSCH ARCHITEKTEN GMBH

WALT+GALMARINI

◂ Die Holzklötze dienen als Positionierungs- und Führungshilfe für die Sonderschrauben



WALT+GALMARINI

▸ 3D-Schemazeichnung des Übergreifungsprinzips der Randträger in den verschiedenen Lagen

Dach selbsttragend und das Lehrgerüst kann nach und nach entlastet werden.

Holzklötze dienen als Einschraub- und Platzierungshilfe

Es folgte die Montage der Randbalken und Hauptstrahlen nach einem exakten Verlegeplan sowie die Ausbildung der Leitungsebene mit Holzklötzen. Ihre Anordnung erfolgte so, dass sie als Platzierungshilfe für die unter 45 Grad einzudrehenden Schraubenpaare dienen, die das Mehrschichtpaket des statischen Querschnitts darunter „zusammenspannen". Die diagonal eingebrachten Vollgewindeschrauben bilden in der nachgiebigen Verbundkonstruktion eine Art Fachwerk aus, womit die erforderliche Biegesteifigkeit erreicht wird.

Die Klötze geben Anzahl, Anordnung und Einschraubrichtung vor und ermöglichen eine gute Führung der 85 cm langen Verbinder. Das erleichterte den Monteuren die Arbeit erheblich.

Obwohl das Verhalten des mehrteiligen Verbundquerschnitts auf Zug und Druck ähnlich ist – so waren auch die Anforderungen –, entspricht die Biegesteifigkeit wegen der großen Nachgiebigkeit in den Fugen nur etwa 30 Prozent eines vergleichbaren Querschnitts mit starrem Verbund.

Dipl.-Ing. (FH) Susanne Jacob-Freitag, Karlsruhe ■

PROJEKT 3

Fazit

Neue Maßstäbe in Holz gebaut

Das Elefantenhaus im Zoo Zürich setzt neue Maßstäbe in der konsequenten Übersetzung der Entwurfsidee in die tragwerksplanerische Lösung. Es bereichert zum einen optisch den neuen Elefantenpark, zum anderen ermutigt es zukünftig vielleicht auch andere Bauherren, neue Ideen in Holz zu bauen, für die Holz zunächst nicht als das Material der ersten Wahl erscheint. Das Ergebnis spricht für sich, denn die zweifach gekrümmte Dachschale mit dynamisch geschwungenem Dachrand ist eine Hightech-Konstruktion der besonderen Art.

MARKUS SCHIETSCH ARCHITEKTEN GMBH