



Bild: Stadt Mannheim

Seit 1975 steht im Mannheimer Herzogenriedpark die markante Multihalle. Eigentlich hätte der Temporärbau nach der damaligen Bundesgartenschau wieder abgebaut werden sollen. Stattdessen steht er mittlerweile unter Denkmalschutz.

Das Wunder von Mannheim

Dachtragwerk | Die Dachgitterschale der Mannheimer Multihalle gilt als Meilenstein im Holzbau. Allerdings steht die Zukunft des 1975 als Temporärbau eröffneten Bauwerks derzeit auf der Kippe. Ein Sanierungskonzept steht, die Finanzierung allerdings noch nicht. Von privaten Spenden hängt es ab, ob das Meisterwerk der Ingenieurbaukunst eine weitere Zukunft hat. **Jochen Stahl und Christian Rosenkranz**

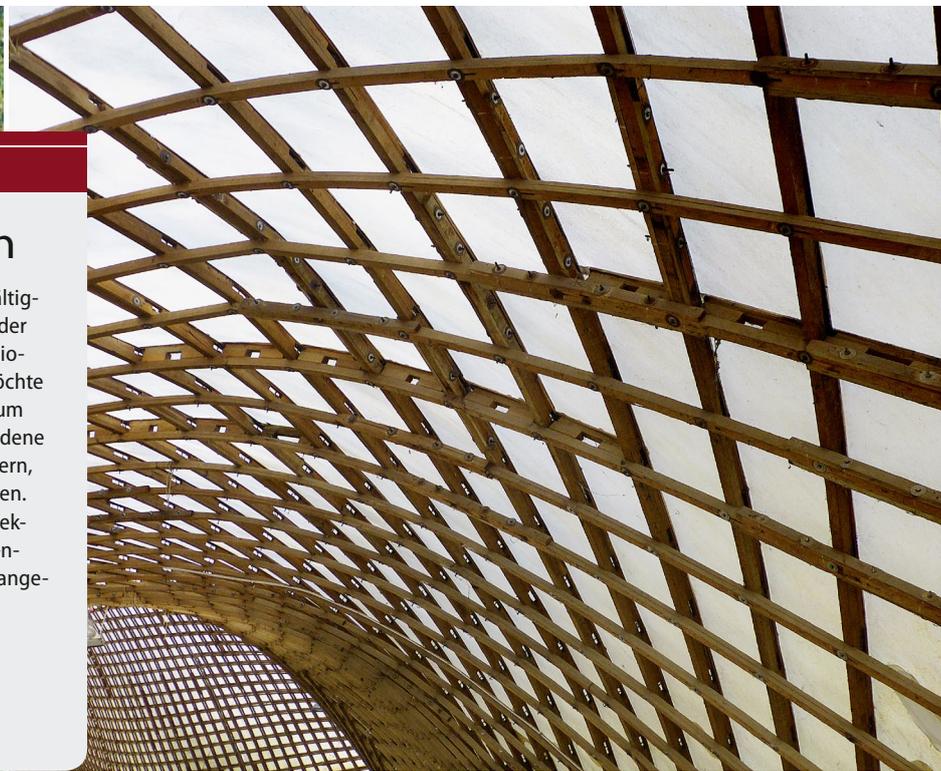


Bild: Fast + Epp/Steffen Müller-Braun

FINANZIERUNG

Spenden erforderlich

Die Stadt Mannheim kann angesichts der Vielfältigkeit der kommunalen Aufgaben die Sanierung der Multihalle mit geschätzten Kosten von 11,6 Millionen Euro brutto nicht allein finanzieren und möchte nun bis Ende 2017 Spendengelder einwerben, um die Multihalle zu erhalten. So soll über verschiedene Wege die Unterstützung von privaten Geldgebern, aber auch von Land und Bund gewonnen werden. Mehrere Mannheimer Architekten sowie Architektenverbände und die Architektenkammer Baden-Württemberg haben dazu bereits ihre Mithilfe angeboten.

Weitere aktuelle Informationen stellt die Stadt Mannheim im Internet bereit:

<https://www.mannheim.de/node/58132/>

Die Gitterschale ist aus Latten der Westamerikanischen Hemlocktanne zusammengesetzt. Die schützende Membran wurde 1981 einmal durch eine neue ersetzt. Danach leider nicht mehr.

Langner und Frei Otto geplante Bauwerk wurde wegen seiner architektonischen Einmaligkeit und filigranen Konstruktion 1998 als Kulturdenkmal erfasst. Es mutet wie ein Wunder an, dass diese Halle auch 40 Jahre nach ihrer Entstehung ihren Rekord noch hält. Und doch nagt der Zahn der Zeit auch an diesem Gebäude. Um dieses bedeutende Baudenkmal zu erhalten, hat eine Arbeitsgemeinschaft unter der Federführung des Ingenieurbüros Fast + Epp und S.A.N. aus Darmstadt ein Sanierungskonzept aufgestellt. Die Stadt Mannheim wirbt zurzeit Spendengelder ein, um die Sanierung zu finanzieren.

Das Architekturbüro Carlfried Mutschler + Partner aus Mannheim plante für die Bundesgartenschau einen überdachten Treffpunkt als Mittelpunkt des Parkgeländes, der sich in die umgebende Hügellandschaft ein-

passen sollte. Auf einem organischen Grundriss wurden Veranstaltungsflächen und ein Restaurant angeordnet. Für das Dachtragwerk wurde Frei Ottos Idee der Gitterschalen aufgenommen. Eine Gitterschale ist eine zweifach gekrümmte Fläche eines Gitters aus mehreren linearen kontinuierlichen Gliedern, die an ihren Kreuzungspunkten miteinander verbunden werden. So entsteht ein leichtes räumliches Tragwerk, das in seiner Idealform nur durch Druck beansprucht wird.

72 Kilometer Hemlocktanne

Die Gitterschale der Multihalle besteht aus insgesamt etwa 72 Kilometern schmaler Holzlatten der Westamerikanischen Hemlocktanne mit einem Querschnitt von 5 x 5 cm, welche mit Bolzen zu einem Gitter mit einer Maschenweite von 50 cm ver-

Eines der herausragenden Bauwerke unserer Zeit steht im Mannheimer Herzogenriedpark. Die anlässlich der Bundesgartenschau 1975 errichtete Multihalle ist die bis heute größte freitragende Holzgitterschale der Welt über amorphem Grundriss. Über 85 Meter spannt die zweifach gekrümmte Dachkonstruktion in Längsrichtung. Unter der 9.500 Quadratmeter großen Dachfläche befinden sich Veranstaltungsräume und ein Restaurant. Das von den Architekten Carlfried Mutschler, Joachim

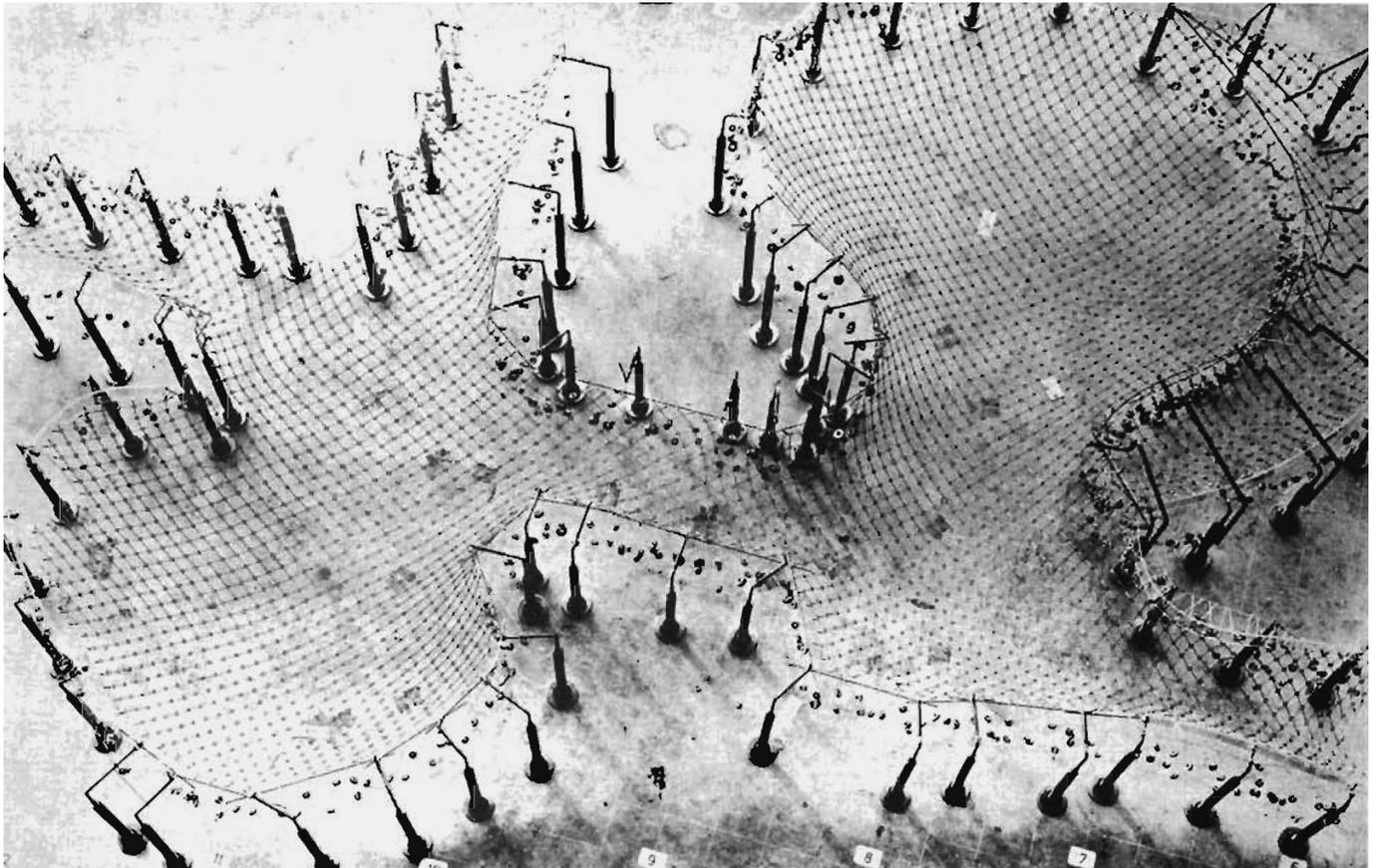
UNÜBERTROFFEN

Prämiertes Meisterwerk

Die Multihalle gilt als Meilenstein im Holzbau. 2015 wurde dem Schöpfer ihrer Gitterschale, Frei Otto, posthum der Pritzker-Preis – der „Nobelpreis“ der Architektur – verliehen. Die Stadt Mannheim kann sich rühmen, ein bis heute unübertroffenes Bauwerk zu haben, das Anziehungspunkt für Architekturbegeisterte aus aller Welt ist. Im Juni 2016 hat das Landes-

amt für Denkmalpflege der Stadt mitgeteilt, dass die Multihalle zukünftig sogar als „Kulturdenkmal von besonderer Bedeutung“ geführt werden soll. Es ist zu hoffen, dass dieses Meisterwerk der Ingenieurbaukunst mithilfe privater Spendengelder erhalten werden kann und noch viele Menschen die organische Form der Halle bestaunen können.

Bild: The Structural Engineer



Architekt Frei Otto ermittelte die Form der Multihalle damals mithilfe eines Hängemodells. Auf den Kopf gestellt, werden die Zugglieder des Seilnetzes theoretisch zu reinen Druckgliedern.

bunden wurden. Die Dachkonstruktion wurde mit einem PVC beschichteten Polyester-Gittergewebe überspannt. Flach ausgelegt ist ein solches Gitter vor dem Festziehen der Bolzen kinematisch. Durch diese Eigenschaft kann das Gitter jedoch in eine

doppelt gekrümmte Schalenform gebracht werden. Die einzelnen Latten der Multihalle wurden zunächst am Boden miteinander verbunden. Anschließend wurde die Struktur in ihre geometrische Form gehoben und durch das Festziehen der Bolzen fixiert.

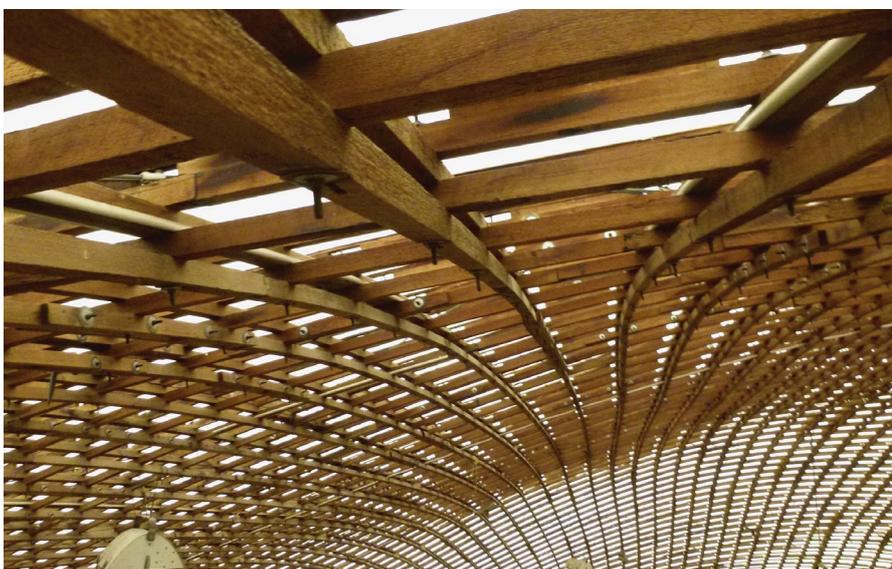
Frei Otto ermittelte die Form der Multihalle durch ein Hängemodell. Bei einem biegeweichen Hängemodell stellt sich automatisch eine Form ein, die die Lasten infolge Eigengewichts ausschließlich über Zugkräfte innerhalb der Gitterebene abträgt. Stellt man das Hängemodell nun auf den Kopf, sind ausschließlich Druckkräfte vorhanden. Dieses Konzept erlaubt es, weitgespannte Tragwerke mit filigranen Querschnitten zu realisieren.

Die so ermittelte Stützfläche ist jedoch eine ideale Bedingung. In der Realität treten durch Wind und Schnee Störlasten auf, die die Schale aus ihrer Idealform verschieben. Somit treten dann Biegemomente auf, was zu größeren Querschnitten führt. Zusätzlich muss aufgrund der Druckkräfte ein Ausknicken der Stäbe aus der Ebene betrachtet werden. Deshalb muss dem System zusätzlich eine Biegesteifigkeit zugeordnet werden.

Doppelte Schale für mehr Stabilität

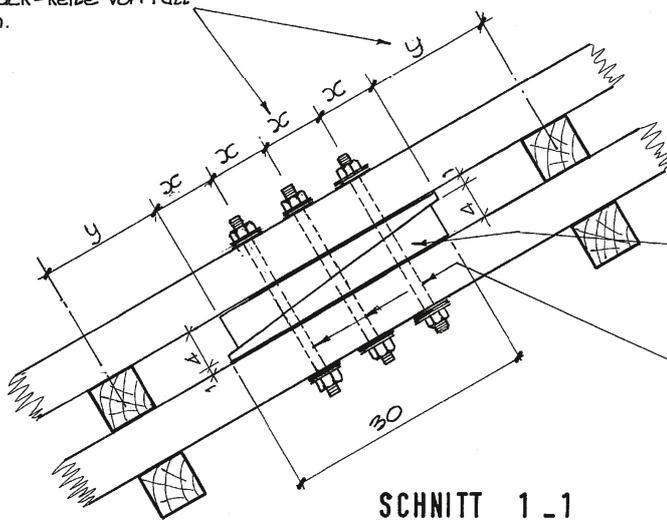
Um die Biegesteifigkeit der Gitterschale und somit auch die Stabilität zu erhöhen, ohne jedoch die Querschnitte der einzel-

Bild: Fast + Epp/Rasmus Haupt



In den Bereichen großer Spannweiten wurde damals eine weitere Gitterebene eingebaut und mit der ersten mittels Bolzen gekoppelt.

Die Abmessungen x und y werden sich mit dem Überlappen der Futterstück-Keile von Fall zu Fall ändern.



SCHNITT 1-1

Beachte: Die Futterstücke werden nach der Montage und dem Anziehen aller Bolzen angebracht

Die Futterstücke bestehen aus 2 Keilen, die von einem $5 \times 5 \times 30$ cm Holz zugeschnitten werden. Max. Feuchtigkeitsgehalt vor dem Einbau 12%

3 Bolzen $\varnothing 8$ mm mit je 2 Unterlegscheiben und 4 Tellerfedern wie Standard-Knotenverbindung

Bild: Stadt Mannheim

Die effektive Steifigkeit des Doppelgitters ist abhängig von der Schubsteifigkeit der Bolzenverbindungen. In einigen Bereichen wurden aus diesem Grund zusätzliche Schubverbinder eingebaut.

nen Latten zu vergrößern, wurde in den Bereichen mit großer Spannweite eine weitere Gitterlage eingebaut und durch Bolzenverbindungen mit der ersten Lage gekoppelt. Die effektive Steifigkeit des Doppelgitters ist dabei abhängig von der Schubsteifigkeit der Bolzenverbindungen. In einigen Bereichen wurden aus diesem Grund zusätzliche Schubverbinder eingebaut. Die diagonale Aussteifung der Gitterstruktur wird durch Seile gewährleistet. Am Rand lagert die Gitterschale größtenteils auf einer Stahlbetonkonstruktion auf. Im vorderen Bereich des Gebäudes wird

sie von Randbalken aus Brettschichtholz getragen.

Für die Berechnung dieses Pionierbauwerks wurde auf Vorschlag Frei Ottos das Ingenieurbüro Ove Arup & Partners in London mit dem Nachweis des Dachtragwerks beauftragt. Die Koordinaten der Knotenpunkte wurden aus Frei Ottos Hängemodell abgemessen. Anschließend wurde die Geometrie mathematisch optimiert. Ein nichtlineares Rechenmodell bildete die Grundlage der statischen Berechnung. Aufgrund der begrenzten Kapazitäten der damaligen Computer waren einige Verein-

fachungen erforderlich. So wurde nur jede zwölfte Latte modelliert. Die Schubverformungen der Stäbe des Doppelgitters konnten nur mit einer Näherung bestimmt werden. Eine Herausforderung dabei war es, die Steifigkeit des Tragwerks realitätsnah abzubilden und in gleichwertige Querschnittswerte für das Computermodell umzurechnen.

Das Verhalten der Gitterknoten wurde ebenso durch Versuche überprüft wie die Materialeigenschaften der verwendeten Hemlocktanne. Besonders kritisch für das Tragverhalten der Halle sind die Wind- und Schneelasten. Um möglichst genaue Werte zu erhalten, wurden Wetterdaten ausgewertet und Versuche im Windkanal durchgeführt. Dabei setzten die Planer damals eine voraussichtliche Lebensdauer von maximal 20 Jahren an. Um die Schneelast im Bereich der größten Spannweiten zu reduzieren, wurde beschlossen, diesen Hallenteil im Winter konsequent zu beheizen.

Mülltonnen zur Kontrolle von Berechnungen

Anstelle einer unabhängigen Prüfung ordnete der Prüflingenieur Prof. Wenzel eine Probelastung am fertiggestellten Bauwerk an. Dafür wurden 205 mit Wasser gefüllte Mülltonnen mit Seilen an die Dachkonstruktion angehängt. Mit der Probelastung konnten sehr gute Übereinstimmungen zwischen den berechneten und den gemessenen Verformungen fest-



Bild: Fast + Epp/Christian Rosenkranz

Sowohl damals wie auch bei den aktuellen Untersuchungen setzten die Ingenieure Mülltonnen ein, um verlässliche Aussagen über die Verformungen unter Last zu bekommen.

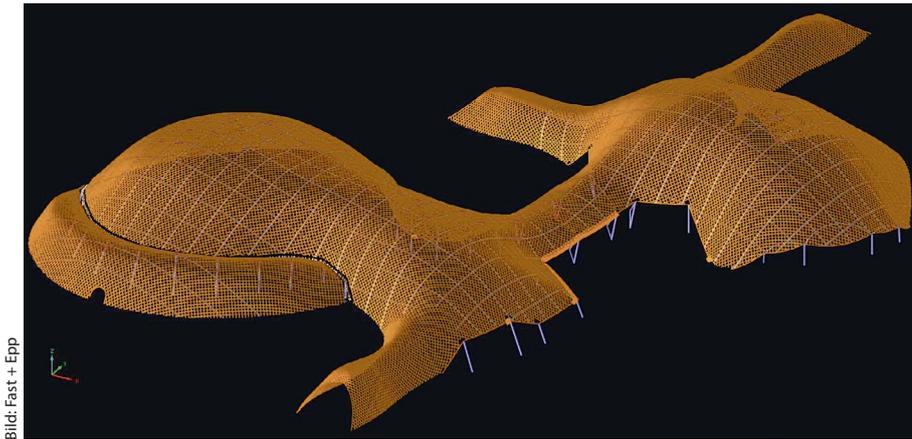


Bild: Fast + Epp

Mit moderner Computertechnik wurden kürzlich alle Lattenstränge der Gitterschalen modelliert. Das war Anfang der 1970er Jahre noch nicht möglich. Wind- und Schneelasten können auf diese Weise heute sehr realitätsnah aufgebracht werden.

gestellt werden. Nach 17-monatiger Bauzeit wurde die Multihalle am 18. April 1975 eröffnet.

Bei der Eröffnungsblumenschau waren die Besucher von der Atmosphäre der Halle und ihrem Tragwerk begeistert. Tageslichtdurchflutete Spazierwege führten durch eine überdachte Parklandschaft mit Bäumen, Büschen, Wasserfällen und Springbrunnen. Die transluzente Membran tauchte das Blumenmeer nicht nur in Tageslicht, sondern die Dachkonstruktion selbst wurde zum Blickfang der Besucher.

Schon im Gartenschaujahr 1975 machte die Multihalle durch ihre vielfältige Nutzung ihrem Namen alle Ehre. Das Veranstaltungsangebot reichte von Rundfunk- und Fernsehsendungen über Musik, Vorträge und Feste bis hin zu Sport und Tanz. Auch nach der Gartenschau wurde die Halle weiterhin genutzt. In den Folgejahren fanden Pop-Konzerte, Parteitage und Ausstellungen in der Multihalle statt. Das temporäre Bauwerk hat sich über die Jahrzehnte zu einem nicht mehr wegzudenkenden Bestandteil des Mannheimer Herzogenriedparks entwickelt.

Die erste, befristete Baugenehmigung von 1975 wurde sukzessive verlängert. 1981 wurde die Membran der Halle ausgetauscht und die konstruktive Tragstruktur an einigen Stellen optimiert. Bis in die neunziger Jahre wurde daraufhin die Baugenehmigung immer wieder erneuert. Aufgrund der architektonischen Besonderheit wurde die Multihalle 1998 als Kulturdenkmal unter Denkmalschutz gestellt.

Biegemomente über die Jahre gewachsen

1999 zeigten sich erste Verformungen. Geodätische Messungen in den Jahren 2003 und 2004 ergaben, dass sich die ursprüngliche Form deutlich verändert hatte. Die Holzgitterschale folgt nicht mehr der Idealgeometrie. Anstatt die Lasten über Druckkräfte abzutragen, müssen die Holzlatten nun auch vermehrt Biegemomente aufnehmen. Die PVC-Membran hat mittlerweile ihre Lebensdauer überschritten und ist undicht. Die Schäden an der Dachhaut führten zur Durchfeuchtung der Randträger, die daraufhin in Teilbereichen unterstützt werden mussten. Aufgrund der Durchbiegungen des Dachtragwerks wurde 2008 ein Stützgerüst im Inneren der Halle aufgestellt und die Veranstaltungshalle für Besucher gesperrt.

2014 wurde die Arbeitsgemeinschaft der Ingenieurbüros Fast + Epp und S.A.N. aus Darmstadt beauftragt, die notwendige Sanierung der Multihalle in Mannheim zu planen, mit dem Ziel die befristete Baugenehmigung durch eine permanente Baugenehmigung abzulösen. Fast + Epp obliegt die Planung zur Sanierung des Holzdachtragwerks. S.A.N. ist für die Sanierung der Betonkonstruktion inklusive der Gründung sowie des Stahlbaus zuständig. Auf der Basis einer umfassenden Voruntersuchung und Begutachtung der Halle sollte ein Sanierungskonzept gefunden und eine prüffähige Genehmigungsplanung erstellt werden.

Dafür mussten die Nachweise nach aktueller europäischer Normung erbracht werden. Gleichzeitig sollte das ursprünglich

temporäre Bauwerk für eine dauerhafte Standzeit von 50 Jahren ausgelegt werden. Aktuelle Lastgutachten beurteilten die Wind- und Schneelasten (inklusive der zuvor nicht gesondert betrachteten Schneeverwehungen) auf der Grundlage der aktuellen Wetterdaten und Untersuchungen im Windkanal. Nach der Sanierung soll zudem die Anforderung, die Halle im Winter durchgehend zu beheizen, entfallen.

FE-Modell als Grundlage für die Sanierung

Für den Nachweis der Standsicherheit verwendete Fast + Epp mehrere Modelle. Neben einer Vergleichsrechnung mit der ursprünglichen Geometrie erstellten die Ingenieure auch ein Modell mit der tatsächlichen Geometrie im verformten Zustand. Im Rahmen der Vorbereitung der Sanierung wurde dazu das Dachtragwerk einschließlich der Lage aller Knoten mittels Laser vermessen. Dadurch entstand ein genaues 3D-Rechenmodell der Multihalle mit finiten Elementen. Im Gegensatz zum Computermodell von 1974 konnten mit der heutigen Technik alle Lattenstränge der Gitterschale modelliert werden. Statt einzelner Störlasten konnten die Wind- und Schneelasten anhand der Lastverteilungspläne der Gutachten realitätsnah aufgebracht werden.

Um die Steifigkeit des Gitters vor allem im Bereich der zum Teil nachträglich eingebauten Schubverbinder korrekt abzubilden, führte Fast + Epp in Zusammenarbeit mit Prof. Grimminger von der FH Rosenheim neue Belastungsversuche durch. Für diese wurden ähnlich wie bei den Belastungsversuchen beim Bau der Multihalle Mülltonnen verwendet, die vom Dach herabgehängt wurden. Im Gegensatz zu den ursprünglichen Belastungsversuchen wurden jeweils kleinere Bereiche des Hallendachs untersucht. Der Vergleich der berechneten und gemessenen Verformungen bestätigte die Modellannahmen und damit die modellierete Steifigkeit der Doppellatten.

Weiterhin wurden einzelne Latten des Tragwerks als Proben entnommen und an der FH Rosenheim geprüft.

Sanieren mit zusätzlicher Lattenebene

Auf der Basis der Computermodelle, der Belastungsversuche und der Materialuntersuchung wurden mehrere Instandsetzungs-

varianten entwickelt und anhand von Bewertungsmatrizen gegenübergestellt. Daraus wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Denkmalpflege eine Sanierungsvariante ausgewählt, die auch den hohen Anforderungen des Denkmalschutzes gerecht wird. Das Bauwerk befindet sich noch bis auf die 1981 ersetzte Membran und die in diesem Zusammenhang verstärkte Tragstruktur weitgehend im Originalzustand. Bei der Sanierung wird der größtmögliche Anteil der Originalsubstanz erhalten. Die freie Form der Halle, ihre Stützfreiheit, die im Dach wiederkehrende Holzraute, die Transluzenz der Membran sowie das Erscheinungsbild der Randträger werden als konservatorische Werte besonders geschützt.

Um die für eine dauerhafte Standzeit notwendige zusätzliche Steifigkeit zu erhalten, wird über den bestehenden Latten eine weitere Lattenebene aufgetragen. Auf diese Weise wird das ursprüngliche Tragprinzip beibehalten, das Dach insgesamt jedoch verstärkt. Zudem lässt sich dieses Konzept baupraktisch gut umsetzen und mit dem Austausch der Dachmembran kombinieren. Außerdem werden die Dachränder verstärkt. Die Steifigkeit der ursprünglichen Brett-schichtholzträger hat sich als zu gering erwiesen, um die Kräfte der Dachkonstruktion aufzunehmen. Deshalb werden im Sanierungskonzept als Alternative Stahlträger untersucht. Da diese von außen durch die Membran überdeckt werden, entsteht kein sichtbarer Unterschied zum ursprünglichen Bauwerk. Dabei sollen außerdem die Konstruktionsdetails so verbessert werden, dass die Träger zukünftig nicht mehr durch

Bild: Fast + Epp/Fabio Chiaromonte



Das Sanierungskonzept sieht vor, eine weitere Gitterebene einzubauen. Auf diese Weise wird das ursprüngliche Tragprinzip beibehalten, das Dach insgesamt jedoch verstärkt.

Feuchtigkeit beeinträchtigt werden. Nach der Sanierung wird die Veranstaltungshalle die höheren Schneelasten aufnehmen können und als dauerhaftes Bauwerk fit für die nächsten Jahrzehnte sein. Für die durch Carbonatisierung angegriffenen Stahlbetonbauteile der Tribüne und der Fundamente sowie die korrodierten Stahlbauteile hat das Ingenieurbüro S.A.N. ein Sanierungskonzept erarbeitet.

Optimale Lösung gefunden

Mit der gewählten Sanierungsvariante kann nicht nur das Tragwerk statisch effizient verstärkt werden, sondern es wurde durch den weitgehenden Erhalt der Originalsubstanz und die Beibehaltung des ursprünglichen

Tragprinzips auch in Bezug auf den Denkmalschutz eine optimale Lösung gefunden. Es entsteht ein dauerhaftes Bauwerk, wie man es auch ursprünglich für die größeren Beanspruchungen bei entsprechend längerer Standzeit konzipiert hätte.

Autoren

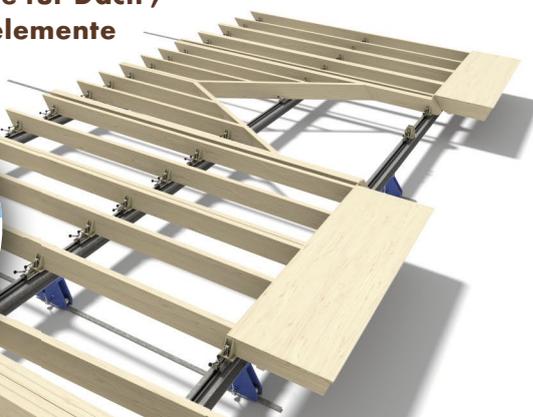
Dr.-Ing. Jochen Stahl leitet das Planungsteam von Fast + Epp in Deutschland und ist verantwortlicher Projektleiter für die Sanierungsplanung der Multihalle.

Christian Rosenkranz ist als Mitarbeiter im Büro Fast + Epp an der Sanierungsplanung der Multihalle beteiligt.

tectofix 3000

FÜR HOLZHAUSPIONIERE

Vorfertigungsanlage für Dach-, Decken- und Wandelemente



ZEITSPAREND

40% schneller durch Vorfertigung



KURZE AMORTISATION

für Klein- und Großbetriebe



BARRIEREFREI

neu: nur 2 cm hohe Bodenschienen



PLATZSPAREND

zum Parken zusammenschieben

**bauer
technik**

VOM HOLZBAUER.
FÜR HOLZBAUER.

Alte Höhe 1
D-74589
Satteldorf-Gröningen

+ 49 (0) 7955 385-0
info@bauer-holzbau.de
www.bauer-holzbau.de
www.youtube.de
(Suchwort: tectofix)