

# Flachdach unter weiten Bögen

Bei der neuen Messehalle in Wels (A) hängen 16.000 m<sup>2</sup> Flachdach vor allem an 90 m weitgespannten BS-Holz-Bögen. Eine Herausforderung der besonderen Art.



Bild 1 Das Flachdach der neuen Messehalle in Wels (A) mit 90 m Stützweite bei 30 m Einflussbreite und 1,55 kN/m<sup>2</sup> Schneelast hängt an drei Bogen-Paaren, natürlich aus BS-Holz.

## Tragwerksentwurf

Das 16.000m<sup>2</sup> große Flachdach der neuen Messehalle Wels (A) ist – wie aus der statischen Modellbildung (*Bild 2*) sehr gut erkennbar – zum Großteil an 90 m weit spannenden Bogenpaaren aufgehängt. Als Leichtdachkonstruktion konzipiert sind neben der klassischen Schneelast jedoch noch weitere Lasten aus Solaranlage, Haustechnik sowie mobiler Abhängelast bei Messebetrieb abzutragen.

Flachdach an Bögen aufgehängt: Das Entwurfskonzept ist im Prinzip nicht neu, seine Interpretation in Holz dagegen schon. Mit der freien Stützweite von 90 m ist eine neue Marke gesetzt, wenn man die geringe Stichhöhe der Bögen berücksichtigt ( $h = 10,7$  m) (*Bilder 1 und 2*).

Der Stützlinienbogen ist bei gleichmäßig verteilter Belastung die naturgesetzliche Idealform für überbrückende Tragwer-

Bauherr  
**Holding Wels GmbH, A-4600 Wels**  
 Generalplanung  
**AT4 Architekten ZTGmbH,**  
**A-4600 Wels**  
 Architektur  
**AT4 Architekten ZTGmbH – Arch. Plöderl,**  
**Arch. Waldhör, Arch. Bauböck,**  
**Arch. Rauscher**  
 Tragwerksplanung  
**AT4 Architekten ZTGmbH –**  
**Dipl.-Ing. Georg Hochreiner,**  
**Dipl.-Ing. Klaus Bieregger**  
 Ausführende Holzbaufirmen  
**WIEHAG GmbH, A-4950 Altheim; Obermayr**  
**GmbH, A-4690 Schwanenstadt**

Fotos und Zeichnungen  
**AT4 Architekten ZTGmbH, WIEHAG GmbH**

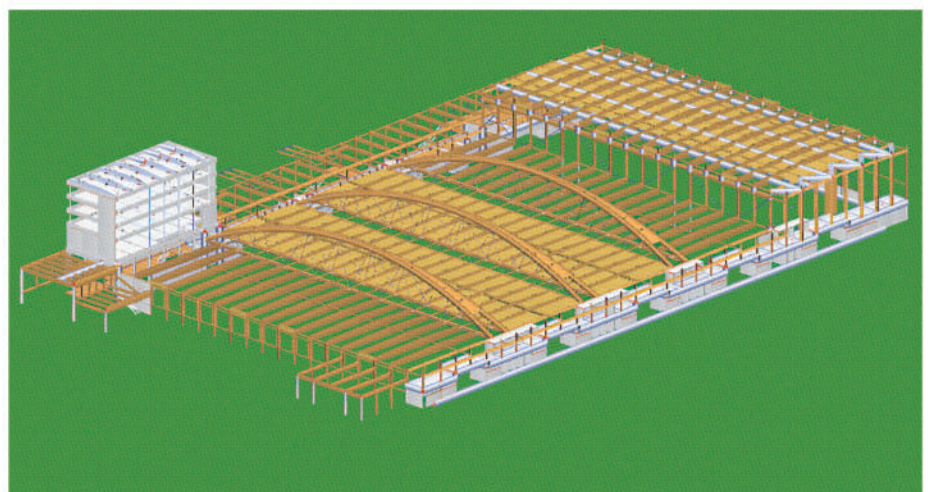


Bild 2 Schrägbild der Tragstruktur im Überblick





Bild 3 Bogen-Paar-Hälfte bei der weitgehenden Vorfertigung



Bild 4 Transport XXL, auf den letzten Metern vorm Ziel musste zwecks „Durchkommens“ eine Stahlkonstruktion demontiert und später wieder aufgebaut werden. Technisch (Schutz der Bauteile) und wirtschaftlich hat sich der Sondertransport allemal gelohnt.

ke. Mit Bogenbindern aus BS-Holz wurden schon bei verschiedenen Projekten ähnliche Stützweiten, wie hier gefordert, erreicht, allerdings mit innen liegendem, von der Bedachung umhülltem Tragwerk.

Bei Brücken wurde das für die Bedachung entworfene Tragwerk schon verschiedentlich in Holz umgesetzt, wegen höheren Lasten, allerdings bei kleineren Stützweiten. Das „Aneinanderlehnen“ von zwei Bögen im Scheitel, deren Fußpunkte an der Basis auseinander stehen (*Bild 2*), ergibt nicht nur eine interessante Form, sondern bietet technisch einiges an Charme. Die Bogen-Binder stützen einander gegenseitig seitlich ab. Die Grundstruktur (Verbände usw.) ist ohne weiteres prinzipiell räumlich stabil. Weniger charmant ist, dass die Bögen bei nicht akkurat in Bogenebene wirkender Belastung quer dazu beansprucht werden (Biegung, Torsion). Dies lässt sich – wie hier auch praktiziert – vermeiden, wenn die Lastaufhängungen genau in der Verbindungslinie der Bogen-Basen (Kämpfer) liegen (*Bild 9*). Die maßgebliche, horizontal wirkende Beanspruchung lässt sich bei gleichmäßiger Belastung einfach mit  $M_{\max} = q \times l^2/8$  geteilt durch die Stichhöhe ermitteln. Bei einer Flächenlast von ca.  $3,5\text{kN/m}^2$  exklusive Eigengewicht der Tragkonstruktion ergibt diese Rechnung für ein Bogenpaar ungefähr  $2 \times 7000\text{ kN}$ . Am Bogenkämpfer ergibt sich für den Bogen die Druckkraft zu  $H/\tan \alpha$  mit  $\alpha$  als Tangentenwinkel an den Bogen. Hier sind dies max.  $2 \times 8000\text{ kN}$  je Bogenpaar und überschlägig für BS 16 ein Quadrat von  $88\text{ cm} \times 88\text{ cm}$ .

### Knick- und Biegedrillproblematik

Ein idealer Stützlinienbogen kann bei idealer gleichmäßiger Belastung in der Bogenebene nicht ausknicken. Prinzipiell wirkt die Last, wenn sie wie hier mit Seilen in den Bogen eingetragen wird (*Bild 9*), auch dem Knicken aus der Bogenebene entgegen, aber die Rückstellkraft ist nur gering. Der Stabilisierung quer zur Bogenebene kommt also hohe Bedeutung zu. Ein idealer Druckbogen hat überall eine genau gleichmäßig verteilte Normal(Druck-)spannung. Der Bogen



stellt damit quasi einen mit der Bogennormalkraft gleichmäßig vorgespannten Querschnitt dar. Daraus ergibt sich, dass bei ausreichend druckfestem Material mit jeder Lasterhöhung die Stabilität erhöht wird. Bei diesem Dach können sich ungleichmäßige Belastungen im Wesentlichen nur aus ungleichmäßigen Schneeverteilungen oder variabler Nutzlast ergeben. Horizontal wirkt neben Imperfektionslasten aus der Bogenebene lediglich der Wind von außen auf die Bögen ein. D. h. von außen werden nur relativ geringe Momente in den Bögen geweckt.

### Große Querschnitte nur günstig bei geringer Eigenlast des Trägermaterials

Je kleiner die äußere Last, um so größer die Bedeutung der Eigenlast des Tragwerks! Und, je größer  $E \times I$ , um so höher die „Eigenstabilität“! Betonbögen der hier fragten Dimension steht das Problem ihres Eigengewichts im Wege und das damit verbundene Problem, solche „Schwergewichte“ zu transportieren. Hinzu kämen Fertigungsschwierigkeiten wie hoher Schalungsaufwand und hoher Bewehrungsgrad sowie die Montage der Bögen. Mit Stahl wären Rohre ideal, aber in der hier gebotenen Dimension nicht einfach herstellbar.

### Die Lösung

Dank der Möglichkeit, aus mehreren BS-Hölzern so genannte „Blöcke“ zusammenkleben zu können, kam es zu dem Plan, das Tragwerk mit BS-Holz-Bögen und Stahlzuggliedern zwischen den Bogenkämpfern zu realisieren. Der flache Bogenstich rückte die Option, die Einzelbögen in nur zwei Teilen vorzufertigen und so einen Dreigelenkbogen ohne Bausstellenstoß zwischen den Gelenken ausführen zu müssen, in den Bereich des Möglichen. Das ausführende Unternehmen stellte nach Überprüfung der Transportfrage fest, dass so vorgefertigte Bogenhälften transportabel sind (*Bilder 4 und 6*).

### Auflager und Anschlüsse

Die weitere Konstruktion sah an den Bogenkämpfern Stahlwiderlager rechtwinklig



Bild 5 Auch die Flachdachflächen zwischen den Bogen-Paaren wurden weitgehend im Werk fertig gestellt.



Bild 6 Anheben einer Bogenpaar-Hälfte. Gut erkennbar: Der Kontaktstoß im Scheitel und im Hintergrund die Stahlzugbänder in den seitlichen Nuten des waagerechten Längsbalkens.





Bild 7 Das Kämpfer-Widerläge ist bereits an die Stahlzugbänder angeschlossen und wartet auf den Bogen.



Bild 8 Zusammenfahren der Bögen, deutlich erkennbar der reine Hirnholz-Kontaktstoß als Scheitelgelenk, das einfachste Gelenk, das es gibt. 2 x 16 in Hirnholz eingefräste Appeldübel übertragen die Querkraftdifferenzen.

zur Bogentangente, also Lastableitung parallel zur Holzfaserrichtung, vor (Bild 7). Diese Widerläger sind durch vier Rundstähle, die als Zugband fungieren, miteinander verbunden. In dieser Verbindungslinie liegen auch die Längsnebenträger, blockverlebte BS-Holz-Balken, die die Lasten der Sekundärträger im Abstand von 5 m zu den vertikalen Aufhängung im Abstand von 10 m übertragen (Bilder 1, 2, 8 und 9). Diese haben seitlich - innen und außen - je zwei Nuten in denen die Stahlzugglieder „versteckt“ sind (Bilder 5 und 6). Rundstähle hängen die Längsnebenträger an den Bögen auf (Bild 7).

Zwischen diesen Längsnebenträgern spannen quer je Bogenpaar und Aufhängung Querträger, die gleichzeitig die Druckkräfte aufnehmen, die aus der Schrägstellung der Bögen und Aufhängungen resultieren.

### Flachdach aus wärmedämmten Holz-Fertigelementen

Das gesamte Messdach ist zwecks raschem Baufortschritt mit werksfertig ausgedämmten Holzelementen inklusive aufkaschierter Dachfolie eingedeckt (Bilder 5, 6 und 7). Die Bereiche für die RWA-Öffnungen wurden ausgewechselt, wobei die obere Beplankung vorerst noch durchgezogen wurde zum Schutz gegen Absturz. Bei Verfügbarkeit der Aufsatzkränze wird diese aufgeschnitten und das Dach komplettiert. Als Unterkonstruktion im Abstand von 5 m fungieren sowohl eingehängte Satteldachträger als auch eine Balkenlage aus BS-Holz zwischen den einzelnen Bogenpaaren (Bild 2). Die Dachfläche ist in Bogenrichtung überhöht, was durch die entsprechende Einstellung der Längen der Abhängungen erreicht wird.

### Vorfertigung und Montage

Die Transportgegebenheiten ließen sogar zu, bereits im Werk jeweils Bogenhälften-Paare komplett zum Einheben fertig zusammenzubauen (Bilder 3, 4 und 6). Die Koppelung wurde mit 64 mm starken Furnierschichtplatten vom Scheitel bis in Auf lagernähe „flächig“ vorgenommen. Damit war Verbandswirkung durch Scheibenbil-



dung erreicht und zugleich eine Unterlage für die obere Abdichtung gegeben. Witterungsschutz, seitlich durch eine hinterlüftete Brettschalung und oberseitig durch eine erste Abdichtung (**Bild 9**), konnte bis auf die Anhängestellen ebenfalls schon werkseitig an- und aufgebracht werden. Auch die Flachdachfläche zwischen den Fußpunkten der einzelnen Bogenpaare konnte werkseitig weitgehend mit vormontierten Dachelementen ausgerüstet werden (**Bild 7**). Diese Untergurt-Elemente wurden zuerst auf Traggerüste versetzt und miteinander verbunden (**Bild 8**). Dann folgten 34 Tonnen schwer die beiden Bogenpaar-Hälften. Theoretisch eigentlich eine simple Angelegenheit: in die Widerlager setzen und am First zusammenführen. Das „Firstgelenk“ (**Bild 8**) ist übrigens bis auf wenige Querkraftverbindungen ein reiner Holz-Holz-Druckkontakt-Stoß, über den anschließend von außen Stahlblech genagelt wurden. Hernach wurden die Vertikalabhängungen angebracht und die Traggerüste abgelassen. Zügig konnten die Flächen geschlossen werden, so dass das Tragwerk während der Montage nur an wenigen Stellen und nur sehr kurz der Witterung ausgesetzt war.

### Neue Marke

Mit der Messehalle Wels ist wieder einmal eine neue Marke gesetzt, die die Eignung von Holz auch für weitest spannende Tragwerke in architektonisch ansprechender, bautechnisch solider und wirtschaftlich kostengünstiger Form empfiehlt. KF



**Bild 9** Die erste Abdichtung war – weitgehend werkseitig aufgebracht – schnell geschlossen. Die Einhausung der Bögen muss noch komplettiert werden. Auf zum nächsten Bogen, der unten anrollt.





# SPREAD YOUR IDEAS



# WIEHAG

TIMBER CONSTRUCTION

WIEHAG GmbH • A-4950 Altheim • Linzer Straße 24 • Telefon: +43 (0)7723/465-0

[bau@wiehag.com](mailto:bau@wiehag.com) • [www.wiehag.com](http://www.wiehag.com)