

**Zeitschrift:** IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen

**Band:** 34 (1974)

**Artikel:** Die Kragschalenkonstruktion des Stadions Lehen in Salzburg

**Autor:** Oberndorfer, Wolfgang

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-26275>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 01.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## **Die Kragschalenkonstruktion des Stadions Lehen in Salzburg**

*The Cantilever Roof Construction of the Lehen Stadium at Salzburg, Austria*

*La construction du toit en porte-à-faux du stade de Lehen à Salzbourg, Autriche*

WOLFGANG OBERNDORFER

Dr. Dipl.-Ing., Linz

### **A. Allgemeines**

Beim Neubau des Stadions Lehen im Herzen von Salzburg in den Jahren 1969 bis 1971 wurde beschlossen, die Zuschauertribünen zum grössten Teil zu überdachen. Der Entwurf sah hierfür eine Kragschalenkonstruktion vor, die je Spielplatzseite aus 9 nebeneinanderliegenden zylindertonnenähnlichen einmanteligen Teilen eines liegenden Rotationshyperboloids besteht (Fig. 1).

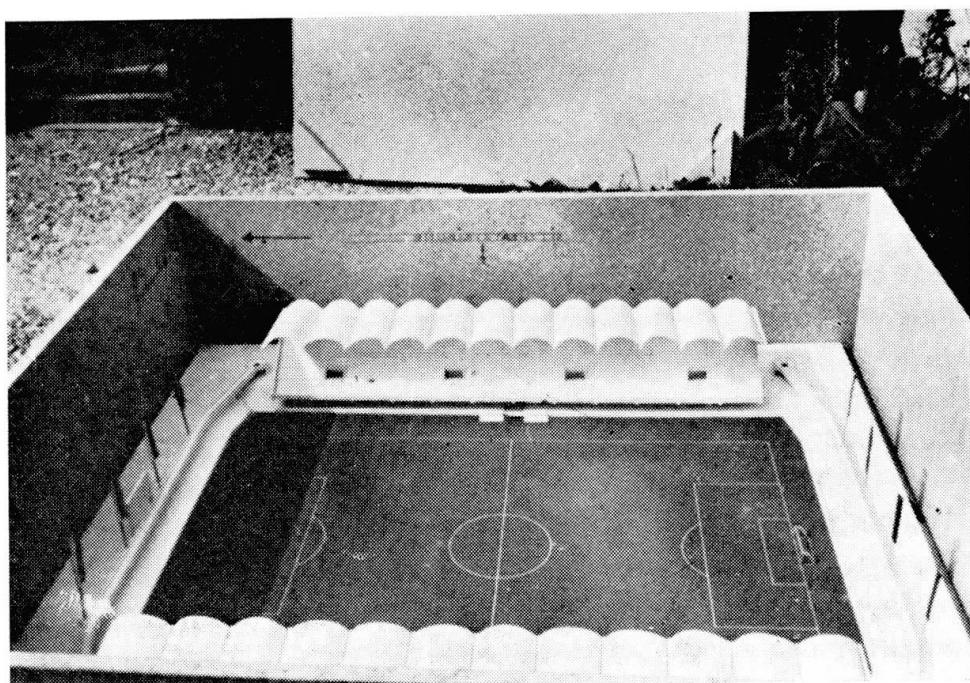


Fig. 1. Modell des Stadions.

Würde eine derartige Form rein als einmanteliges Hyperboloid ausgebildet, ergäbe sich an den seitlichen Begrenzungen ein gekurvter Rand. Die Architekten sahen jedoch – wie beim Tribünendach des Hippodroms in La Zarzuela (Spanien) von E. Torroja, das in vielfacher Hinsicht Vorbild war – am Kämpfer einen geradlinig verlaufenden Rand vor. Um eine solche Form zu erreichen, wurde eine sich zum Einspannende hin verbreiternde Kämpferzone vorgesehen, die jedoch in der Vorderansicht des Tribünendaches nicht in Erscheinung tritt, da sie hier in ihrer Breite fast auf Null ausläuft.

Das Schalendach besteht aus der eigentlichen Schale, die eine Stärke von 16 cm über der Stütze und 6 cm am Kragrand aufweist, und dem sog. Kehlträger, der den Zwickel zwischen den Schalenrändern monolithisch ausfüllt und von 1,50 m auf 0,15 m Höhe abnimmt (Fig. 2). Die Kragweite beträgt

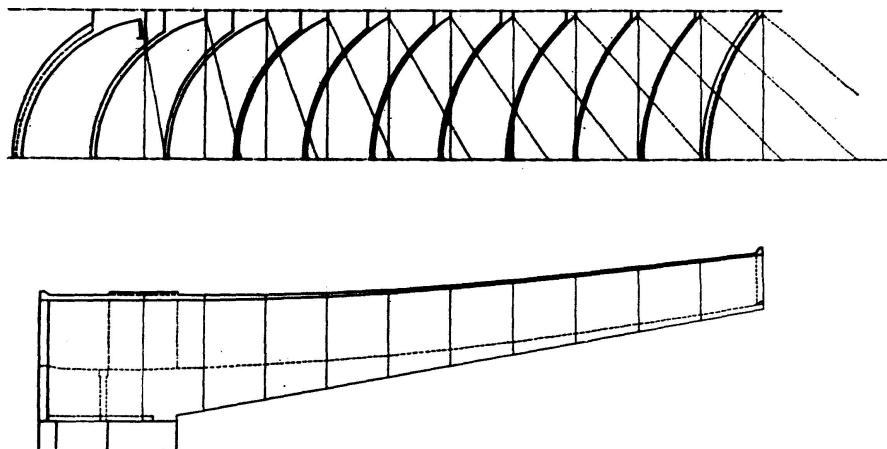


Fig. 2. Schalplan einer Regelschale (Querschnitt in den 1/10-Punkten und Längsschnitt).

18 m und die Schalenbreite (Achsabstand der Kehlträger) 8,70 m. Der 1. Hauptkrümmungsradius des Rotationshyperboloides nimmt von der Einspannstelle zum Kragrand hin von 4,15 auf 6,59 m, der 2. von 73 auf 284 m zu. Das rückwärtige Ende des Kehlträgers ist durch Spannstäbe in den Rahmenstiel, der das Tribünendach und die Zuschauerstufen trägt, niedergespannt. Die Ableitung der Schalenkräfte an der Stützstelle in die Stiele übernimmt eine Stützrippe, deren Stärke von 24 cm im Scheitel auf 36 cm am Kämpfer ansteigt. Das rückwärtige (also spielfeldabgewendete) Ende der Dachkonstruktion wird durch eine 25 cm starke Binderscheibe, die gleichzeitig die Schale aussteift und damit ihre Form erhält, abgeschlossen.

## B. Theoretische Grundlagen der Schalenberechnung

Die charakteristischen Schalenparameter für die Stützstellen und den Kragrand sind:

$$\alpha = \frac{S}{L} = R \frac{y}{2K}, \quad 1 : 8,1 \text{ bzw. } 1 : 8,0,$$

$$\beta = \frac{t}{R}, \quad 1 : 26 \text{ bzw. } 1 : 110.$$

Zur Berechnung standen folgende Methoden zur Diskussion:

Fast strenge Berechnung nach [5].

Annäherungsberechnung als Kreiszylinderschale.

Elektronische Berechnung nach einer finiten Elementmethode.

Näherungsberechnung nach LUNDGREN [6].

Nach den bisherigen Erkenntnissen, die in der Theorie der Tonnendächer erarbeitet wurden, liegt hier der Fall einer sog. «langen» Schale vor, die mittels einer Näherungsmethode berechnet werden kann. Es wurde die Lundgrensche Methode ob ihrer Anschaulichkeit gewählt, jedoch waren einige theoretische Überlegungen zur Ermittlung der spezifischen Schubkräfte notwendig [7]. Lundgren betrachtete nämlich in seinem Werk nur den Träger mit konstantem Trägheitsmoment, während hier durch die Geometrie der Schale ein Differentialquotient der Steifigkeitsabnahme von  $0,50 \text{ m}^4/\text{m}$  vorhanden war. Dementsprechend wurde die spezifische Schubkraft nach der Formel

$$\frac{\partial N_{xy}}{\partial x} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( M_{xx} \frac{S(x, y)}{I_{xx}} + N_{xx} \frac{T(x, y)}{F_{xx}} \right)$$

berechnet, wobei:

|           |                                         |                   |
|-----------|-----------------------------------------|-------------------|
| $N_{xy}$  | Schalenschubkraft                       | [Mp/m]            |
| $M_{xx}$  | Trägerlängsmoment                       | [Mpm]             |
| $N_{xx}$  | Trägerlängsnormalkraft                  | [Mp]              |
| $S(x, y)$ | stat. Moment des Teilquerschnittes      | [m <sup>3</sup> ] |
| $T(x, y)$ | zugeh. Fläche des Teilquerschnittes     | [m <sup>2</sup> ] |
| $I_{xx}$  | Trägheitsmoment des Gesamtquerschnittes | [m <sup>4</sup> ] |
| $F_{xx}$  | Fläche des Gesamtquerschnittes          | [m <sup>2</sup> ] |

Als Gesamtquerschnitt des Trägers in Kragrichtung wurde eine Schale mit den zugehörigen Hälften des linken und rechten Kehlträgers angesehen.

Die Spannungen in Längsrichtung wurden also nach der Trägermethode ermittelt. Eine Bogenrechnung in Querrichtung ergab die Querbiegemomente, -normalkräfte und Schubkräfte in der Schale. Der Vorteil dieser Näherungsmethode liegt darin, dass jede Querschnittslamelle, für die die Bogenrechnung

durchgeführt wird, im Gleichgewicht ist und dass auf die Veränderlichkeit der Schalenstärke, Radius und Öffnungswinkel eingegangen werden kann.

### C. Konstruktive Einzelheiten

Das Schalendach wird nach dem System DYWIDAG mit Spanngliedern  $\varnothing 12,2$  St 140/160 formtreu vorgespannt. Die Spannglieder verlaufen trajektorienförmig von der Spannstelle am rückwärtigen Schalenrand im Scheitel hinunter in den Kehlträger, wo sie miteinander verankert sind (Fig. 3). Zur

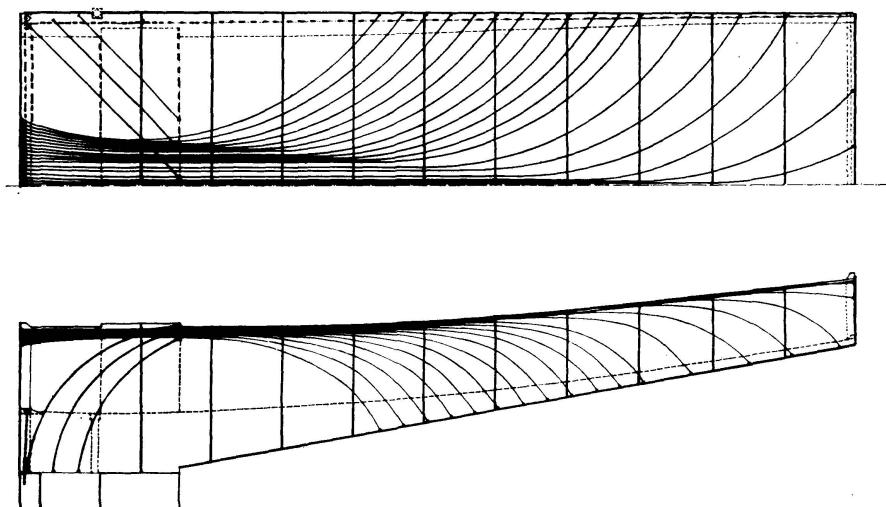


Fig. 3. Spannkabelplan (Grundriss und Längsansicht).

Abdeckung der Quermomente sind UNIDIM-Baustahlmatten mit variabler Stärke an der Ober- und Unterseite durchgehend verlegt. Der Schalenbeton hat eine Würfelfestigkeit von  $4500 \text{ Mp/m}^2$ . Der Kragrand ist mit einer Rippe, die einen Querschnitt von  $14 \times 14 \text{ cm}^2$  aufweist, zur Erhaltung der Schalenform versteift.

Da die 9 Schalen einer Tribünenseite nicht am Scheitel, sondern mit einem Randträger enden, werden Horizontalkräfte frei, die durch Vorspannung des Randträgers aufgenommen werden. Dies wurde so durchgeführt, dass der Randträger zunächst für sich allein betoniert und so vorgespannt wurde, dass er infolge eben dieser Vorspannung und der Horizontalkräfte für den Lastfall  $g + \frac{p}{2}$  momentenfrei wurde.

Die diesem Spannungszustand entsprechende seitliche Verformung wurde durch ein sehr steifes Gerüst verhindert. Nach dem Anbetonieren und Vorspannen der 1. Schale wurde der Randträger und die im Gerüst gespeicherte verhinderte Verformungsenergie freigesetzt und kompensierte den nun freiwerdenden Horizontalschub. Die für die Lastfälle  $g$  bzw.  $g + p$  auftretenden zusätzlichen Quermomente wurden überschlägig berechnet.

Der von der Stützrippe herrührende Horizontalschub wird über eine waagrechte Aussteifungsplatte in den Endfeldern in die Ebene der Binderscheibe übergeleitet. Die Binderscheibe läuft über alle 9 Felder kontinuierlich durch und ermöglicht durch ihre Vorspannung mit 2 DYWIDAG-Spanngliedern  $\varnothing 32$ , St 85/105, eine Insichverhängung des Horizontalschubes. Im Bereich der Überleitung der Niederhaltekraft zur Stützrippe sind die Schubspannungen so hoch, dass noch vorgespannte Schubnadeln  $\varnothing 12,2$  eingelegt werden, die die Einhaltung der zulässigen Hauptzugspannungen gemäss DIN 4227 gewährleisten. Die Niederspannung, ebenfalls mit DYWIDAG-Spanngliedern  $\varnothing 32$ , ist so bemessen, dass für die Last  $g + \frac{p}{2}$  der Rahmenstiel gerade momentfrei ist. Ihr hauptsächlichster Zweck ist der, die Verformungen aus Schnee möglichst hintanzuhalten (Fig. 4).

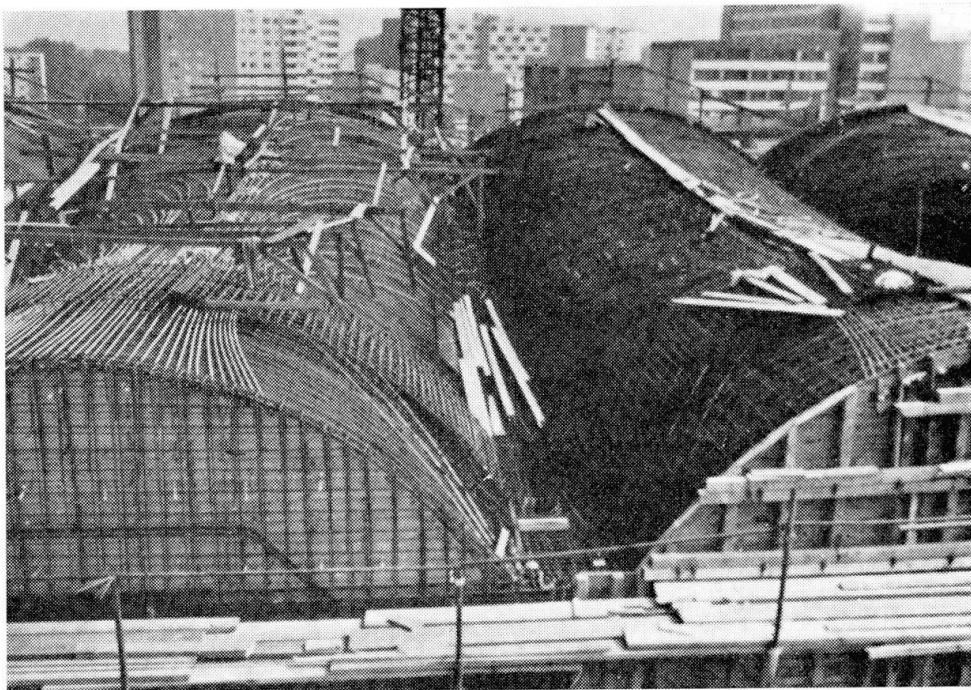


Fig. 4. Spanngliedverlegung und Bewehrung eines Schmetterlingträgers.

### **Literaturverzeichnis**

1. E. TORROJA: Logik der Form, S. 113.
2. JOEDICKE: Schalenbau, S. 167/168.
3. HART: Kunst und Technik der Wölbung, S. 204/205.
4. STRANGMANN: Das Hippodrom von La Zarzuela in Madrid. Bautechnik 26 (1969), Heft 12, S. 381.
5. AAS JAKOBSON: Zylinderschalen mit veränderlichem Krümmungshalbmesser und veränderlicher Schalenstärke. Bauingenieur 18 (1937), S. 418–422 und 436–444.
6. LUNDGREN: Cylindrical Shells, Cylindrical Roofs. Vol. 1, S. 60–110.
7. W. OBERNDORFER: Schubspannungen in Stäben mit veränderlicher Steifigkeit und eine Erweiterung des Lundgrenschen Verfahrens. Bauingenieur 47 (1972), Heft 4, S. 136–140.

### **Zusammenfassung**

Es werden die statischen und konstruktiven Eigenheiten bei Entwurf und Berechnung eines vorgespannten Hyperboloid-Kragschalendaches aus Spannbeton zur Überdachung einer Stadiontribüne beschrieben.

### **Summary**

The report deals with the static and design criteria that were applied on the outlay and calculation of a prestressed hyperboloid concrete cantilever shell roofing over a stadium's gallery.

### **Résumé**

La contribution décrit les particularités statiques et constructives au projet et calcul d'un toit hyperbolique en porte-à-faux et en béton précontraint pour la tribune d'un stade.