Zeitschrift: Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home : internationale Zeitschrift

Herausgeber: Bauen + Wohnen

Band: 17 (1963)

Heft: 10: Volksschulen = Ecoles publiques = Public schools

Artikel: Hyperbolisch-parabolische Schale aus Holz

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-331720

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: 14.08.2025

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

Hyperbolisch-parabolische Schale aus Holz

Versuchsbau
der Technischen Hochschule
Stuttgart

Entwurf und statische Untersuchung: Curt Siegel; Mitarbeiter: Franz Krauß; Studenten der Technischen Hochschule Stuttgart. Prüfung: Fritz Leonhardt. Ausführung: Karl Kübler AG, Göppingen.

Fragen des Schalenbaues werden an der Architekturabteilung der Technischen Hochschule Stuttgart seit mehreren Jahren von interessierten Studenten in einem Seminar bearbeitet. Im Vordergrund stand dabei die Suche nach einfachen Baumethoden für Schalen aus Holz. Sie führte zwangsläufig zu Formen, die sich über geraden Erzeugenden herstellen lassen. Zu ihnen gehört das hyperbolische Paraboloid.
Nach dem Abschluß einer ersten Reihe von Modellversuchen wurde die Planung eines Großversuches in Angriff genommen: eines Schalenbaues aus Holz in Form hyperbolischer Paraboloide. Nur ein Großversuch kann Aufschluß über die Anwendbarkeit der vorgesehenen handwerklichen Methoden und über das Tragverhalten einer Holzschale unter Witterungseinflüssen in längeren Zeiträumen geben.
Berichte über hölzerne Schalen, die inzwischen in mehreren Ländern, insbesondere England und Holland, gebaut worden waren, kamen den Bemühungen entgegen. Die Erfahrungen vom Bau dieser Holzschalen konnten zusammen mit den Ergebnissen der eigenen Modellversuche für den Versuchsbau verwendet werden.

Form des Versuchsbaues

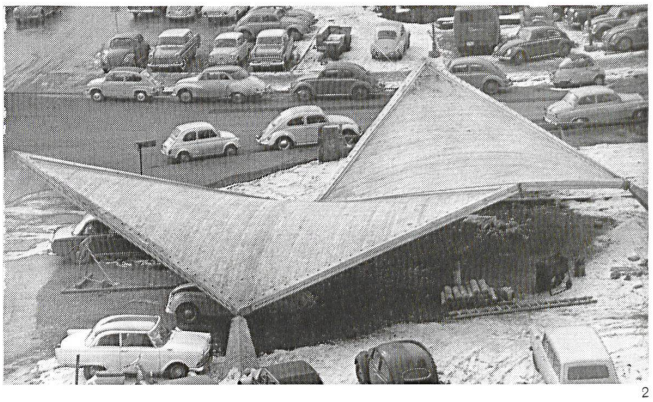
Zwei gleiche, geradlinig begrenzte hyperbolische Paraboloide sind an ihren Tiefpunkten auf insgesamt drei Stahlbetonstützen gelagert. Die beiden äußeren dieser Widerlager tragen je einen Schalenfußpunkt (A und A′), das mittlere nimmt zwei Fußpunkte auf (B und B′).
An einem Hochpunkt sind die Schalen gegeneinander gelehnt (C und C′); damit wird das Kippen um die Fußpunkte verhindert. Im Bereich der beiden anderen Hochpunkte (D und D′) kragen die Schalen frei aus (Zeichnung 1, Seite X 14).

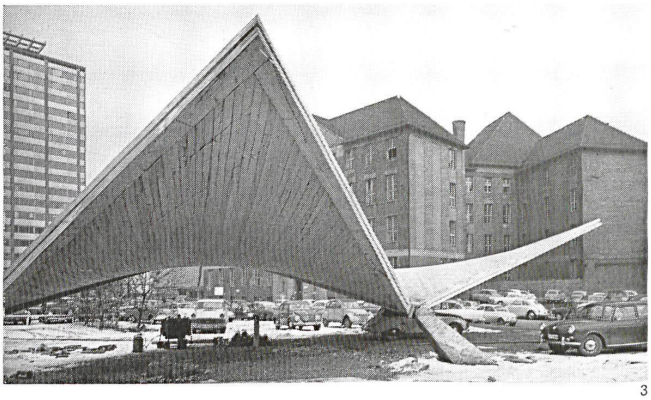
Vorversuche ergaben, daß die Schalen bei einseitiger Belastung in dem Bereich (ABC), in dem die beiden Schalen gegeneinander gelehnt sind, relativ starke Verformungen zeigen. Diese Verformungen gingen zurück, wenn der auskragende Bereich (ABD) auch belastet wurde. Gegen einseitige Lasten im auskragenden Bereich war die Schale wesentlich unempfindlicher. Sehr steif verhielt sie sich bei gleichmäßig verteilter Belastung über die ganze Fläche.
So erwies es sich als richtig, den auskragenden Teil länger auszubilden als den angelehnten. Einer einseitigen Last im angelehnten Teil stand jetzt die weite Auskragung ausgleichend gegenüber. Die so gefundene Form befriedigte auch gestalterisch mehr als die ursprüngliche, in der auskragender und angelehnter Bereich gleich gewesen waren. Einer so unterschiedlichen statisch-konstruktiven Aufgabe der beiden Bereiche hätte eine erzwungene Gleichheit der Form nicht entsprochen.

Modellversuche

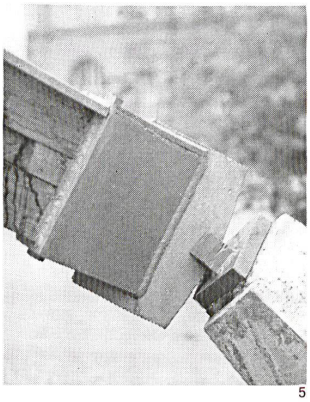
Nachdem in Vorversuchen die richtige Form der Schale gefunden war, wurde ein Modell im Maßstab 1 : 30 im Windkanal untersucht. (Der Maßstab ergab sich aus der Größe des verwendeten Windkanals.) Für jede Schale wurde an 56 Meßpunkten die Windkraft ermittelt. Die Untersuchung wurde für acht Anblasrichtungen durchgeführt, die zueinander im Winkel von 45° standen.
Auf Grund einer überschlägigen Vorberechnung wurde nun ein Modell im Maßstab 1:5 gebaut. Dieser große Maßstab ermöglichte, die Eigenschaften der Hauptausführung, insbesondere die Nagel- und Schraubverbindungen, möglichst getreu nachzubilden. Es wurde nur eine der beiden Schalen gebaut, die Abstützung durch die andere Schale im Hochpunkt C wurde durch eine horizontale Pendelstütze ersetzt. Als Lasten dienten Backsteine, die auf einer Bühne unter dem Modell standen und mit Drähten an die Schale gehängt waren. Die Bühne wurde mit vier Wagenhebern abgesenkt und damit die gesamte Last gleichzeitig eingetragen.
Es wurden zwei Lastfälle untersucht:
1. gleichmäßig verteilte Vollast über die ganze Schale;
2. einseitiger Schnee im angelehnten Bereich ABC mit gleichzeitig wirkendem Wind aus der ungünstigsten Richtung (Skizze).

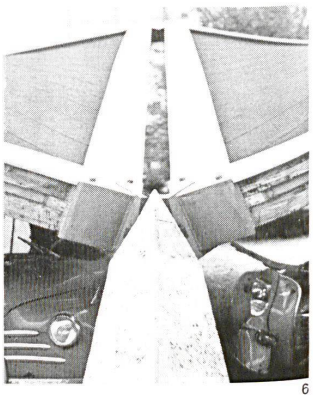
1


2


3

4


5

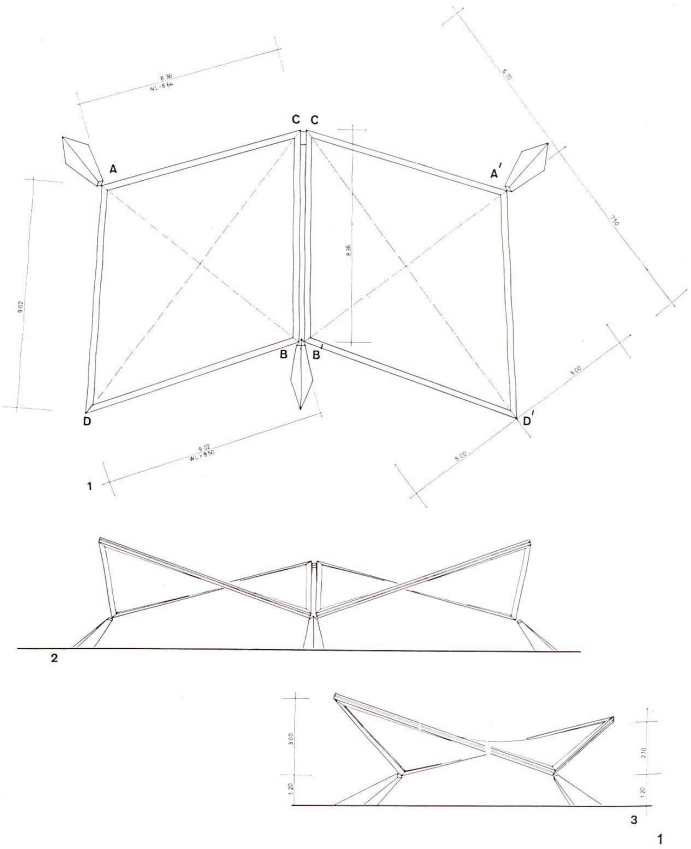

6

1
Die rechte Schale ist nahezu fertig, die Oberteile der Randglieder sind noch nicht montiert. Die obere Brettlage verläuft in Richtung der Druckparabeln. Links sind die geraden Hölzer des Lehrgerüstes zu erkennen.
2
Fertige Schalen, noch ohne Dachbelag.
3
Von unten sind die Bretter in Richtung der hangenden Parabeln zu erkennen. Die Breite der Fugen in den Randgliedern entspricht der Schalendicke.
4
Gesamtansicht. Im Hintergrund das Kollegiengebäude der Technischen Hochschule.
5
Auflager A. Die Randglieder werden in einem Stahlschuh gefaßt, der die Kräfte über ein Gelenk auf das Widerlager überleitet.
6
Auflager B und Fuge zwischen den Schalen.

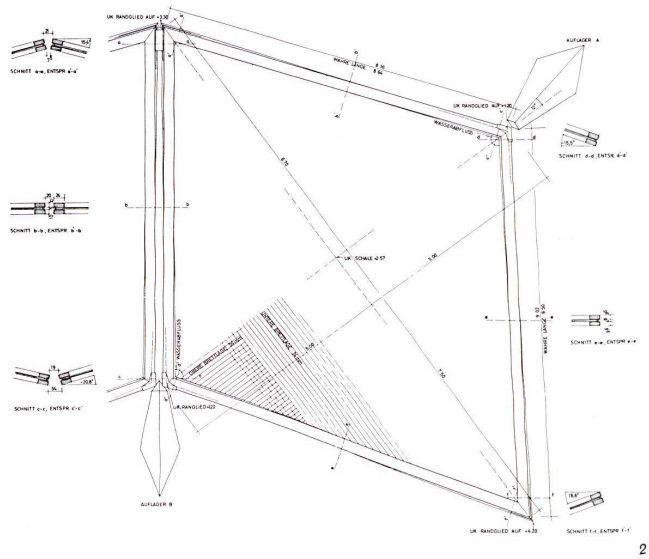
Die Lasten, Eigengewicht, Schnee und Winddruckkraft, die der Windkanalversuch ergeben hatte, wurden durch Backsteine ersetzt, die an die Schale gehängt wurden. Für Sogkräfte, die größer sind als das Schaleneigengewicht, wirkten die Lasten über Rollen nach oben. Das Eigengewicht des Modells ist – bezogen auf die Flächeneinheit – wesentlich kleiner als das der Hauptausführung, daher mußte auch für das Eigengewicht eine stellvertretende Last aus Backsteinen angehängt werden.
Die Lasten eines jeden Lastfalles wurden in vier Stufen aufgebracht. Die höchste Laststufe wurde im Einvernehmen mit dem Prüfingenieur und Berater, Professor Leonhardt, mit der 3,2-fachen Schnee- und der 2,0fachen Windlast angesetzt. (Für Wind konnte wegen der genauen Messungen im Windkanal der kleinere Sicherheitsfaktor 2,0 gewählt werden.) Die Verformungen der Schale wurden mit Meßuhren festgestellt.
Die Belastungsversuche ergaben, daß die Schale aus zwei Brettlagen ausreichende Standsicherheit versprach, so daß auf die Untersuchung einer Schale aus drei Brettlagen, für die verschiedene theoretische Überlegungen gesprochen hatten, verzichtet werden konnte.

Endgültige Planung und Ausführung

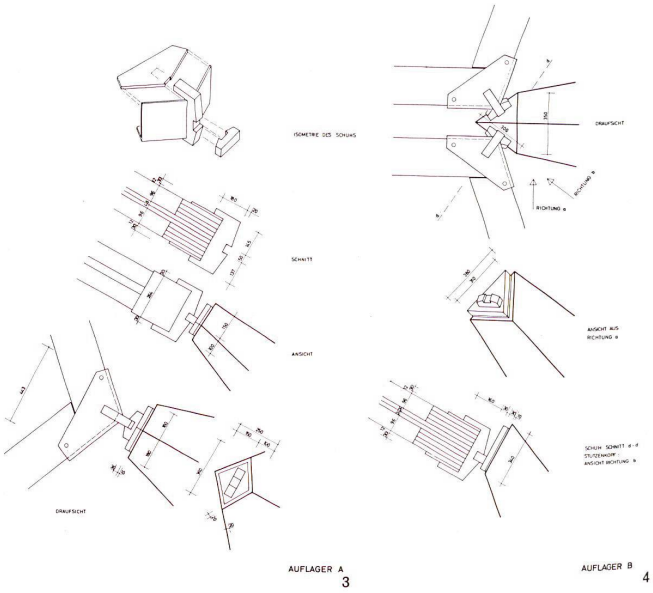
Jede Schale besteht aus zwei Brettlagen von je 24 mm. Die untere liegt in Richtung der hängenden, die obere in Richtung der stehenden Parabeln. Die Bretter liegen in Schalenmitte fugenlos nebeneinander, aus der Form des hyperbolischen Paraboloids ergeben sich im Bereich der Ränder Fugen von etwa 1 mm. Die beiden Lagen sind miteinander vernagelt, in der Nähe der Fußpunkte verschraubt. Die Schalen haben vorwiegend tangentiale Kräfte (Druck- und Zugkräfte in der Schalenfläche) abzutragen.
Die Ränder sind durch Randglieder verstärkt. Diese Randglieder haben die Aufgabe, die Lasten aus der Schale zu sammeln und im wesentlichen in Form von Längskräften (Druck) zu den Fußpunkten abzuleiten. Jedes Randglied besteht aus zwei Teilen von je 10 × 24 cm, die oben und unten kraftschlüssig an der Schale angebracht sind. Jeder Teil war in der Werkstatt der HP-Form folgend in sich verdrillt aus vier Brettern zusammengeleimt worden. Auf die unteren Teile der Randglieder wurden die beiden Brettlagen der Schale aufgeleimt und genagelt. Die oberen Teile der Randglieder wurden mit der Schale verleimt und zusätzlich mit 20 cm langen Schlüsselschrauben im Abstand von 33 cm mit den unteren Randgliedteilen verschraubt. Die Bretter der Schale sind gegenüber den Randgliedern um 2 cm zurückgesetzt. Die so entstehende Fuge läßt die Schalenstärke erkennen.
An jedem Fußpunkt der Schalen sind die Randglieder in einem Stahlschuh gefaßt, der die hier konzentrierten Kräfte aufnimmt und über eine gelenkartige Verbindung zu den Widerlagern weiterleitet. Die Gelenkwirkung zwischen den beiden «Nasen», deren Ebenen unter 90° aufeinanderstehen, ist deutlich ablesbar (Zeichnung).
Die Richtung der Auflagerkräfte wechselt stark mit den verschiedenen Lastfällen. Zwischen den extremen Kraftrichtungen wurde die Richtung des Widerlagers so gewählt, daß die Biegemomente darin möglichst klein bleiben. Die Gestalt der Widerlager entstand aus dem Bestreben, die untere Endigung der Schale aufzunehmen und den Kraftverlauf spürbar werden zu lassen. Form und Abmessungen entsprechen den auftretenden Kräften (Abbildungen 5 und 6, Seite X 12).
Die Verbindung der Schalen am Hochpunkt C hat je nach Lastfall Druck- oder Zugkräfte zu übertragen. Für die Druckkräfte dient ein Klotz aus Hartholz, der zwischen die Randglieder eingepaßt ist, für die Zugkräfte eine Stahllasche, die mit den Randgliedern durch Dübel und Bolzen verbunden ist.
Zwischen den beiden Schalen bleibt ein Zwischenraum, dessen Breite sich durch die Verdrillung der Randglieder stetig ändert. Die untere Kante der Randglieder bleibt in einem konstanten Abstand von 20 cm.
Die Schale wird mit Dachpappe, die Oberseite der Randglieder mit Blech abgedeckt. Es ist zu bedauern, daß diese Art der Abdeckung das Holz an der Oberseite nicht mehr erkennen läßt. Aber die Suche nach einem Belag, der aufgestrichen oder aufgespritzt die Fugen wasserdicht überdeckt, dabei elastisch genug ist, den Bewegungen des Holzes zu folgen, zugleich fest genug, gelegentlichem Begehen standzuhalten, zudem noch transparent, um die Struktur des Holzes spürbar bleiben zu lassen – diese Suche führte bisher leider zu keinem Erfolg.
Die Unterseite der Schale bleibt den wechselnden klimatischen Bedingungen ausgesetzt. Ihr Einfluß und die Auswirkungen von Schwinden und Kriechen des Holzes werden in Messungen über mehrere Jahre beobachtet.
Weitere Modellversuche zur Klärung des Tragverhaltens hölzerner Schalen sind in Arbeit. Sie sollen weitere Aufschlüsse über erforderliche Dicke der Schale, Abmessungen der Randglieder, Richtung und Anzahl der Brettlagen sowie über Einfluß einer Vorspannung geben. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden nach ihrem Abschluß veröffentlicht.
Die Errichtung des Versuchsbaues wurde durch finanzielle Hilfe folgender Stellen ermöglicht: Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Vereinigung der Freunde der Technischen Hochschule Stuttgart, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg.



1



2



3 4

1
1 Grundriß 1 : 250.
2 Vorderansicht.
3 Seitenansicht.
2
Ausbildung der Schale.
3
Auflager A.
4
Auflager B.