

**Zeitschrift:** IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht

**Band:** 13 (1988)

**Artikel:** Computergestützes Entwerfen von freien Schalenformen

**Autor:** Kollegger, Johann / Mehlhorn, Gerhard

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-13180>

#### 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:** 17.01.2026

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



## Computerunterstütztes Entwerfen von freien Schalenformen

Computer Aided Design of Free-formed Shells

Conception assistée par ordinateur de voûtes librement formées

**Johann KOLLECKER  
Gerhard MEHLHORN**  
Mehlhorn und Pottharst  
Beratende Ingenieure  
Kassel, Bundesrep. Deutschland

### 1. FORMEN FÜR STAHLBETONSCHALEN

Dünnwandige Schalen sind Strukturen, die vom Tragverhalten und vom Materialeinsatz her anderen Tragwerksformen überlegen sind. Der Grund für das günstige Tragverhalten der Schale ist, daß aufgebrachte Lasten vorwiegend über Membrankräfte und nur zu einem geringen Teil über Biegemomente abgetragen werden. Durch die Wahl einer geeigneten Schalenform können die unter Belastung auftretenden Biegemomente minimiert werden.

Die Druckfestigkeit des Werkstoffes Stahlbeton beträgt ungefähr das zehn- bis fünfzehnfache der Zugfestigkeit. Dieser Tatsache ist durch die Bestimmung einer Schalenform mit überwiegendem Druckspannungszustand Rechnung zu tragen.

Experimentelle Methoden zum Auffinden freier Formen für Stahlbetonschalen sind im Katalog zur Ausstellung "Heinz Isler Schalen" (Herausgeber: Ekkehard Ramm und Eberhard Schunck, Karl Krämer Verlag, 1986) beschrieben. Eine in einem Rechteckrahmen eingespannte Gummimembran verformt sich unter Innendruck zu einer Buckelschale. Eine unter Eigengewicht durchhängende Membran ergibt eine Form, die im umgedrehten Zustand unter Eigengewichtsbelastung nur Druckspannungen aufweist. Diese Formfindungsmethoden können auch mit Hilfe des Computers nachvollzogen werden.

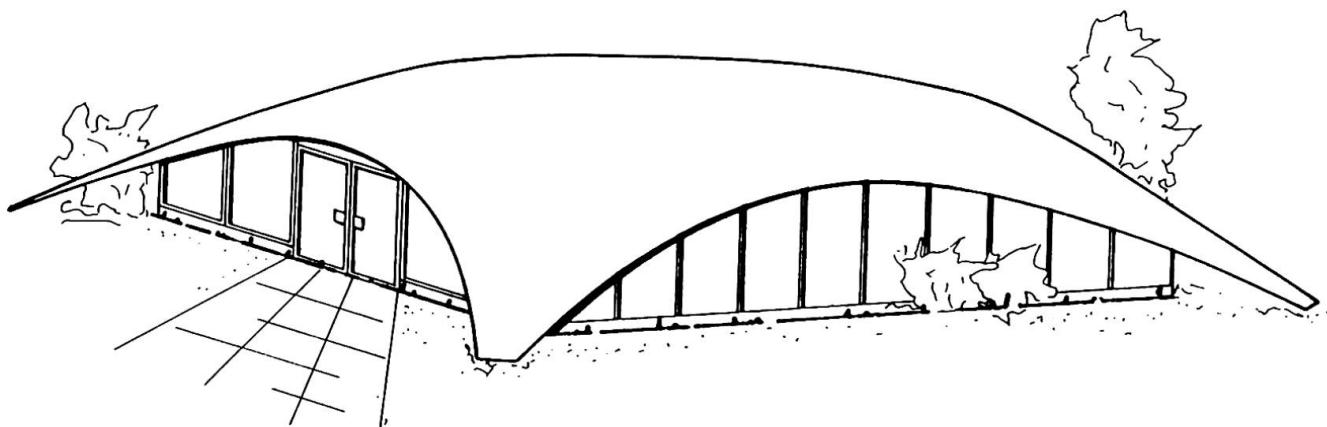


Fig.1 Freie Schalenform für Ausstellungshalle (27.5 m x 27.5 m)

## 2. FORMFINDUNG MIT FINITEN ELEMENTEN

Finite Elemente Berechnungen an ebenen Membranen über beliebigen Grundrissen liefern unter Belastungen durch Eigengewicht, Innendruck, Einzellasten oder Kombinationen daraus eine unendliche Anzahl möglicher Schalenformen. Die Form der im Bild 1 dargestellten Ausstellungshalle wurde zum Beispiel durch eine nichtlineare Finite Elemente Berechnung gefunden. Bild 2 zeigt den Formfindungsprozeß, der von einer ebenen Membran in einer inkrementellen Berechnung mit einer Druckbelastung normal zur Ausgangsfläche zur gewünschten Form führt. Das statische Verhalten der Schale kann unmittelbar nach dem Formprozeß kontrolliert werden, da die Schalengeometrie bereits in digitaler Form vorliegt. Die graphische Kontrolle der Spannungen und Verformungen der Schale ermöglicht ein interaktives Vorgehen, bei dem die Schalenform ständig verbessert wird. Isometrische Darstellungen der Form aus verschiedenen Blickrichtungen können Architekten und Bauherrn als Entscheidungshilfen beim Auswählen der Ausführungsvariante dienen.

An der Gesamthochschule Kassel wird zur Zeit ein Modell der Schale im Maßstab 1:5 gebaut. Die Schale wird ohne Schalung nach einem neuen Bauverfahren hergestellt. Bilder vom Bau der Modellschale und Vergleiche zwischen experimentellem und berechnetem Tragverhalten sind im Poster enthalten.

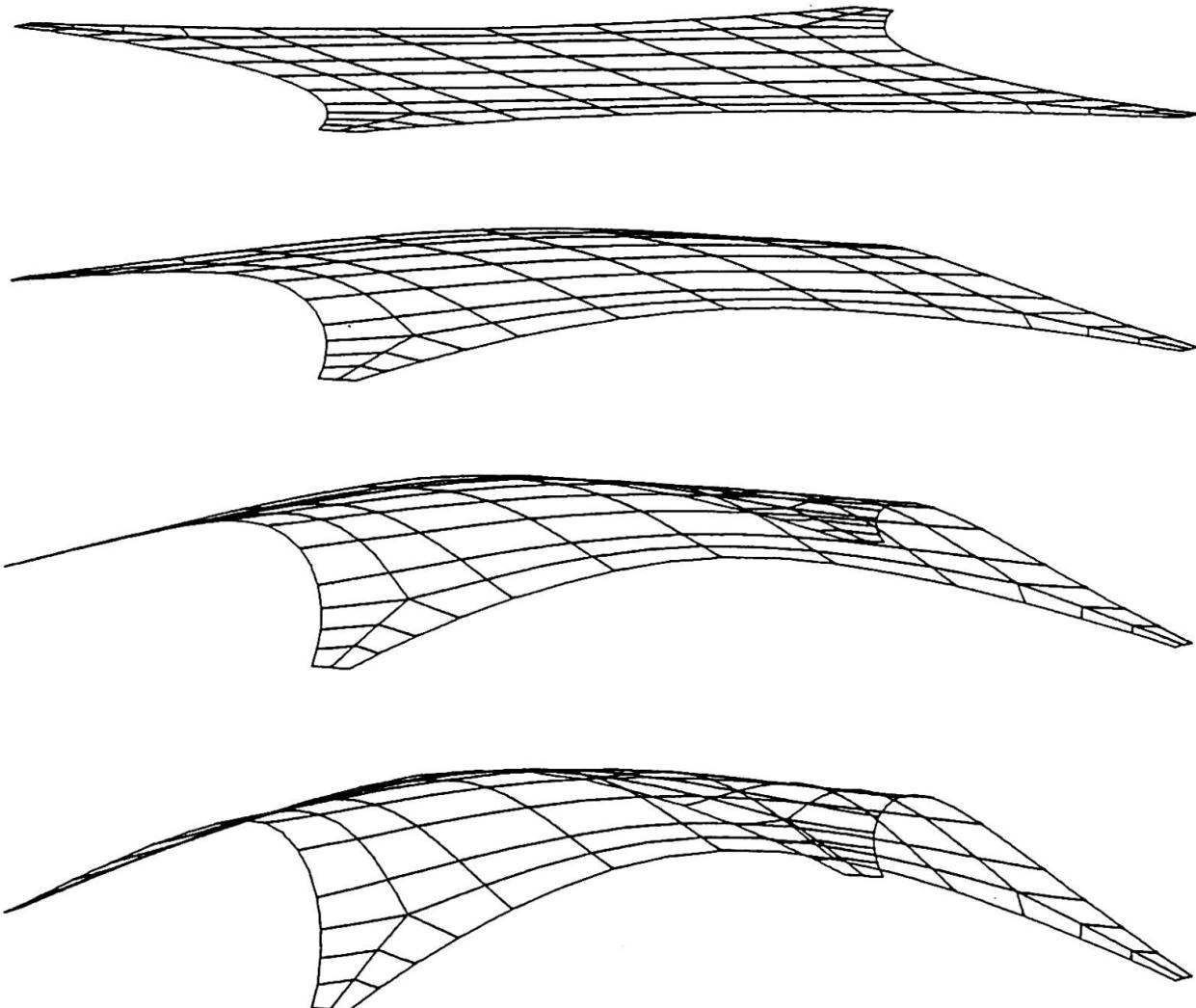


Fig. 2 Formfindung der Ausstellungshalle mit Finiten Elementen