

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

**Herausgeber:** Bauen + Wohnen

**Band:** 13 (1959)

**Heft:** 7: Kunststoff, Holz = Matière synthétique, bois = Synthetic material, wood

## Werbung

### 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:** 16.01.2026

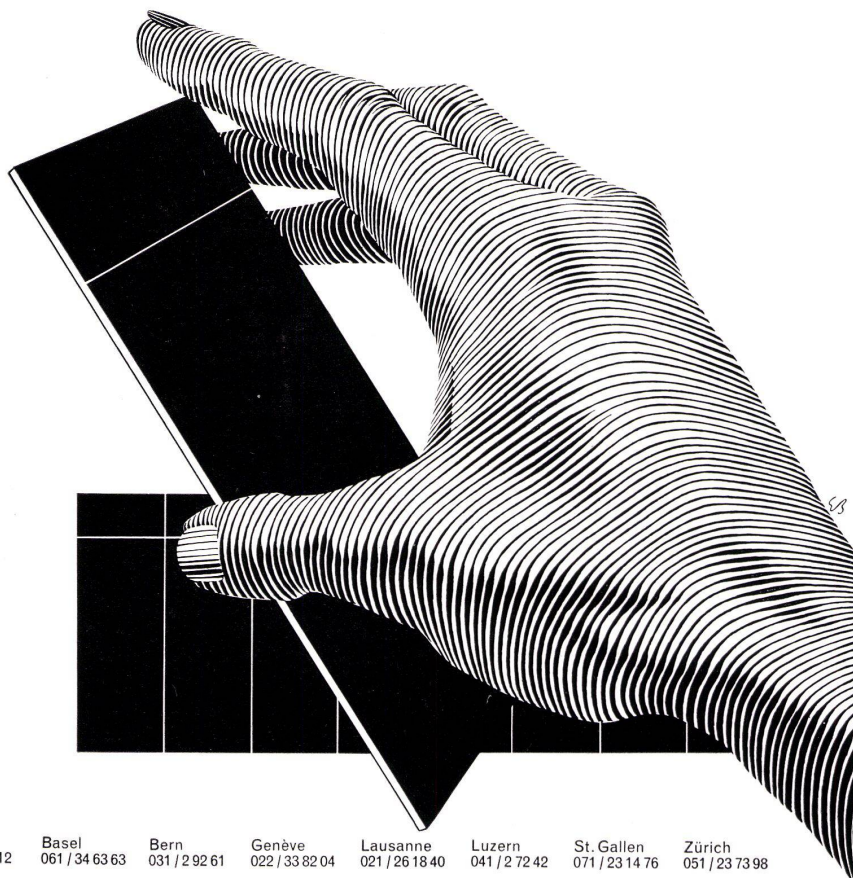
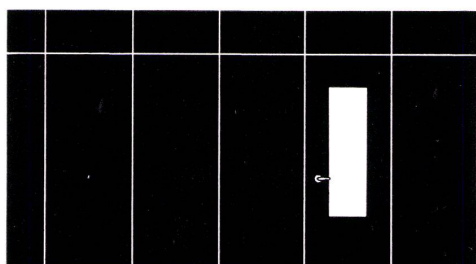
**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



## Mobile Wände

# holoplast

Die neuen Wandelemente für rationelle Raumgestaltung. Diese mobilen Wände können jederzeit in einzelne Elemente zerlegt und neuen Bedürfnissen entsprechend wieder aufgestellt werden. Die Wandelemente können auch mit eingebauten Türen und teilweiser Verglasung geliefert werden.



**GRIESSER AG**



Aadorf  
052 / 4 71 12

Basel  
061 / 34 63 63

Bern  
031 / 2 92 61

Genève  
022 / 33 82 04

Lausanne  
021 / 26 18 40

Luzern  
041 / 2 72 42

St. Gallen  
071 / 23 14 76

Zürich  
051 / 23 73 98



FELDEGGSTR. 32 ZÜRICH 8 TEL. 34 66 34

**Gebr. Tuchs Schmid AG**

**Frauenfeld**



**Leichtmetallfenster**



VON FACHLEUTEN  
ALS FÜHREND  
ANERKANNT!

# XPELAIR

MIT IRIS-VERSCHLUSS

In den letzten Jahren weiter vervollkommen... heute das Beste, was man sich denken kann:

▲ Dank Irisverschluss in Ruhestellung vollständige Abdichtung gegen aussen.

▲ Vibrationsfreier, ruhig laufender, vollständig gegen Öl- und Fettdämpfe abgedichteter Spezialmotor mit kleinstem Stromverbrauch.

Hauptverwendungszwecke:

● Bei bestehenden Bauten und wo der Platz fehlt einfachster Einbau in Fensterscheiben.

● Bei Neubauten leichte Montage in Fenster, dünne Wände oder dicke Mauern.

WICHTIG:

1. Im Preis inbegriffen sind eingebauter Schalter, Irisverschluss und Nylonkordeln zum Ein- und Ausschalten.

2. Drei formschöne Modelle für 210/310, 425 und 850 m<sup>3</sup>/h Förderleistung.

AWAG

SEV-geprüft

37

A. WIDMER AG., ZÜRICH 1 Talacker 35, Tel. (051) 23 03 11

Normen  
vereinfachen und  
verbilligen das Bauen

# Göhner Normen

die beste  
Garantie für Qualität

Ernst Göhner AG, Zürich  
Hegibachstrasse 47  
Telefon 051/24 17 80  
Vertretungen in  
Bern, Basel, St.Gallen, Zug  
Biel, Genève, Lugano

Fenster 221 Norm-Typen,  
Türen 326 Norm-Typen,  
Luftschutzfenster + -Türen,  
Garderoben-+Toilettenschränke,  
Kombi-Einbauküchen,  
Carda-Schwingflügel Fenster.

Verlangen Sie unsere Masslisten  
und Prospekte. Besuchen  
Sie unsere Fabrikausstellung.

G1

Störungsmoment  $m$  und die Randstörungsquerkraft  $q$ , beide je Längeneinheit der Schale, als Funktion der Entfernung  $x$  zum Rand gemäß den Kurven in Abbildung 7 (die Belastung der Schale senkrecht zu deren Fläche ist  $p$ ). Man sieht aus den ins Diagramm eingeschriebenen Formeln, daß jede Störung jetzt als eine einzige gedämpfte Welle verläuft, die man als die Resultierende der beiden Wellen betrachten kann, die Gleichung (16) entsprechen. Die Dämpfung ist um so stärker, je kleiner die charakteristische Länge  $\lambda$  ist. In diesem Fall einer starren Einspannung am Rande wird das negative Einspannungs-Schnittmoment:

$$m_0 = \frac{1}{2} p \lambda^2, \quad (19)$$

und die Auflagerreaktion je Längeneinheit (= die Schnittquerkraft an der Einspannstelle):

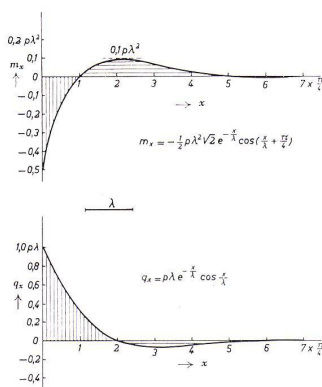
$$q_0 = p \lambda. \quad (20)$$

Ist die Schale am Rande scharnierend gelagert, so wird die Auflagerreaktion:

$$q_0 = \frac{1}{2} p \lambda, \quad (21)$$

und das maximale (positive) Schnittmoment, das in einer Entfernung  $0,785 \lambda$  vom Randglied auftritt:

$$m = 0,16 p \lambda^2 \quad (22)$$



7 Verlauf der Randstörungen  $m$  (Biegemoment je Längeneinheit der Schale) und  $q$  (Querkraft je Längeneinheit der Schale) bei Einspannung der Schale in einem völlig steifen Randglied.  $\lambda$  ist die charakteristische Länge. In einer Entfernung  $x = 3,5 \lambda = 4,5 \times (\pi/4) \lambda$  vom Rande ist die Störungswelle praktisch abgeklungen.

Kann das Randglied selbst noch eine Formänderung erfahren, so kann nötigenfalls deren Einfluß ebenfalls in der Rechnung berücksichtigt werden.

Mit Hilfe der Formeln (19) und (22) ist es möglich, für eine beliebige Schale die Größenordnung der Randstörungsmomente zu bestimmen. Werden diese Momente zu groß, so muß die Schale in den kritischen Punkten verstärkt werden. Bei Schalen aus bewehrtem Beton kann man sich in vielen Fällen mit der Einfügung zusätzlicher Bewehrungsstäbe begnügen. Reicht diese Maßnahme nicht aus, so ist auch die Schalendicke größer zu wählen. Mit Hilfe der Formeln (20) und (21) kann man berechnen, welcher Teil der Gesamtschalendruckbelastung durch Biegung auf die Randglieder übertragen wird. Offenbar wird dann der übrige Teil in Form von Membrankräften von der Schale aufgenommen.

Die hier angegebenen Formeln und insbesondere Formel (8) bildeten die Grundlage für die theoretische Analyse der Kraftverteilung, wie sie im Philips Pavillon ungefähr zu erwarten war, sowie für die vorläufige Dimensionierung der Rippen und Schalenwände, die auch für die Modelluntersuchung zugrunde zu legen war. Vollständigkeitshalber sei in diesem Zusammenhang noch erwähnt, daß vor kurzem im Stevin-Laboratorium in Delft die

Brauchbarkeit von Formel (19) bei einem großen Modellversuch mit einer Hypparschale aus bewehrtem Beton gemäß Abbildung 5 experimentell nachgewiesen worden ist.

**Stabilität gegen Beulung und Durchschlag**

Es ist eine bekannte Tatsache, daß doppelt gekrümmte Schalen viel stabiler gegen Beulung sind als zylindrische Schalen. Zur Schätzung der Beulungsbelastung  $p_k$  (d. h. die senkrecht auf die Schalenoberfläche wirkende Belastung, bei der die Schalenwand gerade im Begriff steht, sich auszubeulen) einer Hypparschale kann man die Theorie von Wansleben<sup>9</sup> anwenden. Man findet dann:

$$p_k = \frac{2 E \delta^2}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} k_1 k_2 \quad (23)$$

worin  $k_1$  und  $k_2$  die absoluten Werte der örtlichen Hauptkrümmungen darstellen. Wenn  $k_1 = k_2$ , geht (23) über in die Formel für die Kugelschale nach Zoelly. Bezüglich einer strengeren Berechnung der Beulungsbelastung einer gleichseitigen Hypparschale sei verwiesen auf eine Arbeit von Ralston.<sup>10</sup>

Aus Formel (23) ist ersichtlich, daß mit wachsenden Krümmungen die Beulungsbelastung zunimmt bzw. die Beulungsgefahr abnimmt. Beim Philips Pavillon mußte somit vor allem der Stabilität derjenigen Teile Aufmerksamkeit geschenkt werden, an denen die Krümmungen sehr gering waren. Wie jedoch auch aus Formel (23) hervorgeht, kann man die Beulungsgefahr einer Schale dadurch wesentlich vermindern, daß man die Schalendicke größer wählt. Jedenfalls aber wird man bei Anwendung dieser Formel einen erheblichen Sicherheitskoeffizienten einrechnen müssen; dies ist übrigens auch wegen dem möglichen Vorhandensein von Formfehlern der Schale notwendig. Die theoretische Untersuchung der Stabilität von Schalen ist nicht einfach, vor allem dann nicht, wenn man neben der Beulung auch die Möglichkeit eines Durchschlags berücksichtigen möchte. Bei Durchschlag kann die Schale plötzlich eine neue Gleichgewichtslage einnehmen, wobei Verlagerungen von endlicher Größe auftreten. Die gebräuchliche Theorie, bei der nur unendlich kleine Formänderungen vorausgesetzt werden, ist dann nicht mehr anwendbar; man benutzt dann statt dessen die sogenannte Theorie zweiter Ordnung. Wir glauben, daß bezüglich der Durchschlagsgefahr, die naturgemäß erster ist als die Beulungsgefahr, eine Hypparschale ihrer Sattelform wegen günstiger sein dürfte als die kugelförmige Schale. Obgleich dies theoretisch noch nicht bewiesen ist, findet unsere Vermutung eine gewisse Bestätigung in der besonders hohen Stabilität, die im Verlaufe der im dritten Artikel dieser Reihe beschriebenen Modellversuche beobachtet wurde.

Die Fortsetzung der beiden Beiträge: «Modelluntersuchung für den Bau des Pavillons» und «Konstruktion des Pavillons in vorgespanntem Beton» folgt in der nächsten Ausgabe Nr. 8, August 1959.

<sup>9</sup> K. Girkmann, Flächentragwerke, Springer Wien, 4. Auflage, 1956, S. 516–529.

<sup>10</sup> A. Ralston, On the problem of buckling of a hyperbolic paraboloidal shell loaded by its own weight, J. Math. Phys. 35, 53–59, 1956.