

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

**Herausgeber:** Bauen + Wohnen

**Band:** 13 (1959)

**Heft:** 8: Betonbau = Construction en béton = Concrete construction

**Artikel:** Der Philips-Pavillon an der Brüsseler Weltausstellung. Teil IV, Die Konstruktion des Pavillons in vorgespanntem Beton

**Autor:** Duyster, H.C.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-330096>

### **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](#)

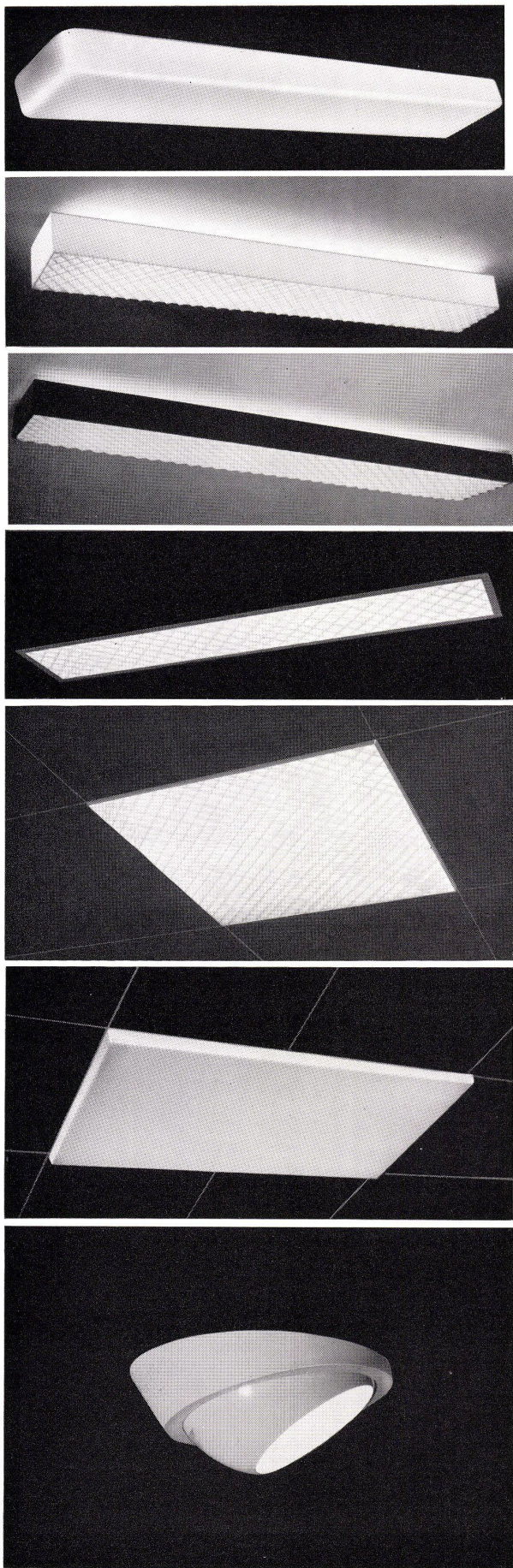
### **Terms of use**

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:** 18.01.2026

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





LICHT + FORM - Leuchten für öffentliche Bauten, Büros, Hallen, Verkaufsräume sind preiswert und formschön



**LICHT + FORM MURI-BERN**  
 STANKIEWICZ-VON ERNST & CIE TEL. 031/4 47 11  
 Beleuchtungskörper-Fabrik und lichttechnisches Büro

che  $E$  nach außen durch, und zwar in der Nähe des Bodens entlang einer nahezu horizontalen Fuge in dem ebenen, steilen, hoch ansteigenden Wandteil. Dieses Durchbeulen kam ganz unerwartet. Ursprünglich war angenommen, daß gerade der nahezu horizontale Teil der gleichen Fläche viel gefährlicher sein würde. Daher war im Modell der steile Wandteil viel einfacher aufgebaut worden als im wirklichen Pavillon; insbesondere war, wie bereits erwähnt, die an dieser Stelle anschließende Außenwandfläche  $F$  weggelassen (siehe Abb. 6). So konnte also aus der beobachteten Durchbeulung nicht der Schluß gezogen werden, daß der Philips Pavillon sein Eigengewicht nicht würde tragen können, wenn auch das Auftreten einer derartigen Erscheinung am Modell eine gewisse Warnung enthielt.

Das Modell wurde nach dem Auftreten der Ausbeulung wieder entlastet. Es nahm aber erst nach Entfernen der Belastung von der oberen Fläche  $K$  wieder seine ursprüngliche Form an, woraus abgeleitet werden konnte, daß die Lagerreaktion dieser Fläche eine wichtige Rolle gespielt hatte. Diese obere Fläche  $K$  dürfte, wegen des Fehlens der anschließenden Fläche, weniger als Schale, sondern mehr als Platte gewirkt haben, das heißt der Spannungszustand enthielt nicht ausschließlich Kräfte und Reaktionen, die in der Fläche selbst lagen (Membranspannungszustand), sondern auch Biegemomente und Reaktionen senkrecht zur Fläche.

Anschließend wurde die ausgebeulte Fläche mittels zwei Rippen verstärkt, um den Einfluß der anschließenden Fläche  $F$  nachzuahmen; dadurch wurde eine der Wirklichkeit besser entsprechende Steifigkeit erhalten. Nunmehr war die Konstruktion bei Belastung mit dem Eigengewicht und selbst bei sehr schwerer Windbelastung von beiden Seiten gut imstande, alle Kräfte aufzunehmen (Abb. 13). Schließlich wurde das Modell noch überbelastet, indem man eine Anzahl Personen auf das Modell klettern ließ (etwa bis zum 1,5-fachen des Eigengewichtes). Obgleich dies eine äußerst schwere Belastung darstellte, war das Modell noch imstande, Stoß- und Windbelastungen aufzunehmen, so daß gesagt werden darf, daß das Modell diese Kraftprobe gut überstanden hat (Abb. 14).

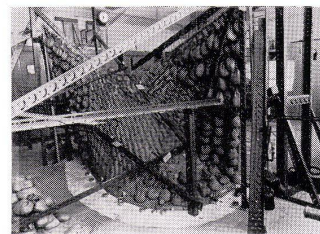
Im Hinblick auf die wirkliche Konstruktion sah dieses Ergebnis somit recht hoffnungsvoll aus, wenn auch die anfangs durch das Eigengewicht hervorgerufene Knickerscheinung auf die Möglichkeit einer Gefahr hinwies. In diesem Zusammenhang ist jedoch die Fugenkonstruktion von entscheidender Bedeutung, und gerade diese konnte im Modell unmöglich völlig realistisch ausgeführt werden.

Es schien wünschenswert, durch ergänzende Versuche näher auf die Knicksicherheit einer aus Platten aufgebauten Wand einzugehen. Hierzu fehlte jedoch die Zeit. Nach Rücksprache mit Le Corbusier entschied Philips sich lieber dafür, Vorspanndrähte auch an der Außenseite des Gebäudes anzubringen. Wir hatten den Eindruck, daß der Zusammenhalt der Wandflächen hierdurch hinreichend vergrößert werden würde. Der Bau des Philips Pavillons konnte daher im Vertrauen auf gutes Gelingen in Angriff genommen werden.

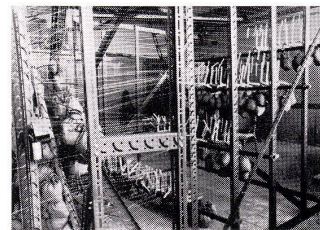
#### IV. Die Konstruktion des Pavillons in vorgespanntem Beton

H. C. Duyster

Als uns der Philips Konzern aufforderte, einen Vorschlag zu unterbreiten, wie der von Le Corbusier und Xenakis entworfene Pavillon gebaut werden könnte, dachten wir sogleich an eine Konstruktion aus freitragenden Betonschalen mit einer Dicke von nicht mehr als das Minimum von 5 cm, wie es von den Schalltechnikern für die Entschallung gefordert wurde. In dem uns vorgelegten Entwurf (siehe Art. I, Abb. 15 bis 19) hatten nämlich die Wände die Form von hyperbolischen Paraboloiden



12 Das Sperrholzmodell beim Anbringen einer Belastung entsprechend dem Eigengewicht.



13 Anordnung zum Anbringen der Windbelastung (Zugkräfte, ausgeübt von Sandsäcken und übertragen durch Schnüre, die über Rollen laufen).



14 Das Sperrholzmodell unter einer schweren Überbelastung!

oder von Flächen, die in hyperbolische Paraboloiden umgeformt werden konnten. Aus der bei verschiedenen ausgeführten Bauwerken gesammelten Erfahrung sowie auf Grund von alten und neuen theoretischen Betrachtungen<sup>1</sup> waren uns die ausgezeichneten Festigkeits- und Steifeitseigenschaften der nach hyperbolischen Paraboloiden geformten Schalen (Hyparschalen) bekannt. Auch ohne eine genaue Analyse konnten wir uns eine Vorstellung von den Spannungen und Verformungen machen, die bei bestimmten Belastungen des entworfenen Bauwerkes auftreten würden, und auf Grund dieser Vorstellung konnten wir mit Hilfe elementarer Berechnungen die Festigkeit abschätzen, die in den verschiedenen Punkten erforderlich sein würde.

Auf die weitere Geschichte des Zustandekommens des Pavillons, die exakteren Berechnungen von Professor Vreedenburgh, die Umgestaltung des ersten Entwurfs von Xenakis, die Versuche am Modell in dem Forschungsinstitut T.N.O. für Baumaterialien und Baukonstruktionen, usw., wollen wir hier nicht eingehen, da ja darüber in den vorhergehenden Artikeln dieses Heftes (I, II, III) ausführlich berichtet worden ist. Wir wollen uns auf die Fragen beschränken, die mit der Ausführung des Gebäudes in vorgespanntem Beton zusammenhängen.<sup>2</sup>

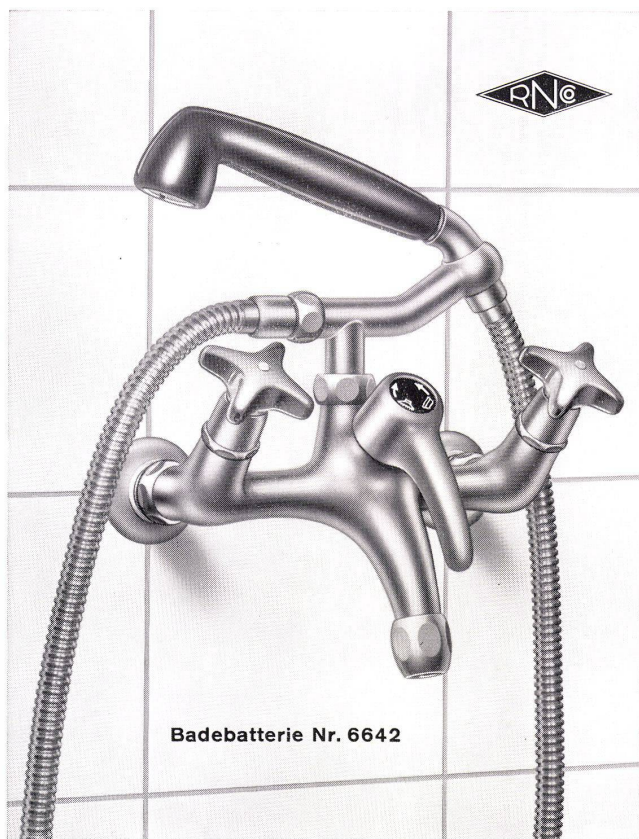
#### Weshalb Vorspannung?

Es ist vielleicht nicht überflüssig, hier ganz kurz zusammenzufassen, welches der Grundgedanke beim Vorspannen von Beton ist. Beton kann sehr große Druckspannungen sicher aushalten: bei guter Qualität (d. h. guten Ausgangsstoffen und sorgfältiger Verarbeitung) bis zu 150 kg/cm<sup>2</sup>. Zugspannungen dagegen ist Beton wesentlich weniger gut gewachsen. Um Be-

<sup>1</sup> Siehe Artikel II dieser Serie sowie die dort angegebene Literatur (Heft 7/1959).

<sup>2</sup> Die wichtigsten technischen Besonderheiten der Ausführung wurden mitgeteilt in: H. C. Duyster, Cement 9, 447-550, 1957 (Nr. 11-12).





Badebatterie Nr. 6642

## Für die Einrichtung von Badezimmern

Die NUSSBAUM-Badebatterie Nr. 6642 imponiert durch die schwere und zugleich formschöne Ausführung. Sie ist ausgerüstet mit einfach konstruierten und zuverlässig funktionierenden O-Ring-Oberteilen. Die Batterie ist in den Baulängen 180 und 153 mm und auf Wunsch auch mit leicht exzentrischen Raccords lieferbar. Der neuartige Brausehalter Nr. 6851 mit 6-Kant-Führung gestattet das Fixieren der Handbrause in verschiedene Stellungen je nach Brausezweck (zum Kopfwaschen, als Fußbrause usw.). Der Brausegriff aus schwarzem Kunststoff ist mit Sieb- oder Presto-Sportbrause versehen.

Auch die Ausführungen Nr. 6643 mit Standrohr und Brausehaken und Nr. 6645 beziehungsweise 6646 mit Kugelgelenkhalter zum Fixieren der Handbrause als bequeme Douche, sind ab Lager lieferbar.

## R. Nussbaum & Co AG Olten

Metallgiesserei und Armaturenfabrik

Telefon (062) 5 28 61

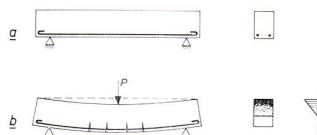
Verkaufsdepots mit Reparaturwerkstätten in:

**Zürich 3/45** Eichstraße 23 Telefon (051) 35 33 93

**Zürich 8** Othmarstraße 8 Telefon (051) 32 88 80

**Basel** Clarastraße 17 Telefon (061) 32 96 06

ton auch für Konstruktionen verwenden zu können, bei denen Zugspannungen auftreten, hat man zwei Mittel: 1. Man kann den Beton mit einer Bewehrung versehen, das sind Stahlstäbe, die die Zugspannung aufnehmen und um die herum der Beton geschüttet wird, so daß er fest an ihnen haftet (Abb. 1). 2. Man kann den Beton vorspannen. Dies geschieht mit Stahldrähten, die an beiden Enden eines Betonbauelementes befestigt werden; zieht man die Drähte mit einer bestimmten Kraft an, dann entsteht in dem Beton eine Druckspannung, und bei richtiger Dimensionierung bleiben auch die resultierenden Spannungen bei Belastung des Bauelementes überall Druckspannungen (Abbildung 2).



1 Prinzip des bewehrten Betons.

a Balken mit Bewehrung, in unbelastetem Zustand (Eigengewicht nicht berücksichtigt).

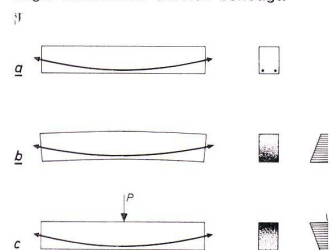
b Der Balken unter einer Belastung P. Die Schattierung in dem Querschnitt gibt das Auftreten einer axialen Druckspannung im Beton wieder. Im unteren Balkenteil treten in dem Beton Haarrisse auf; die Bewehrungsstäbe erhalten eine Zugspannung. Ganz rechts ist die Verteilung in vertikaler Richtung der Axialspannungen aufgetragen (Druck nach links, Zug – in der Bewehrung – nach rechts).

Wenn der Pavillon in Beton gebaut werden sollte – und dieses Material schien uns mehr als jedes andere geeignet, um die im Entwurf niedergelegten Gedanken von Le Corbusier und Xenakis zu verwirklichen –, mußte man also wählen zwischen bewehrtem Beton und vorgespanntem Beton.

Nun ist bewehrter Beton für derartige dünne Schalen nicht sehr verlockend. Guter und homogener Beton in dieser geringen Dicke und für solche große und zum Teil steile Wände, wie sie für den Philips Pavillon entworfen waren, ist an sich schon sehr schwer herzustellen. Durch die Anwesenheit einer Bewehrung werden die Schwierigkeiten praktisch unüberwindlich. Das Prinzip des bewehrten Betons bringt hier also grundsätzliche Schwierigkeiten mit sich. Beim vorgespannten Beton ist dies nicht der Fall: man hat die Möglichkeit, die zur Erzeugung der Vorspannung erforderlichen Stahldrähte außen am Beton statt in ihm anzubringen, und die Form der Wände des Philips Pavillons eignete sich gerade sehr gut hierzu. Das Vorhandensein von Geradscharen (Erzeugenden) auf den Hyppars ermöglicht es, wie bei Regelflächen im allgemeinen, sämtliche oder die meisten Spanndrähte so zu verlegen, daß sie gerade verlaufen, wodurch das einwandfreie Anbringen der richtigen Vorspannungen in dem Material erleichtert wird.

Obgleich aus dem genannten praktischen Grunde der Streit bereits zugunsten des vorgespannten Betons entschieden ist, ist es zum besseren Verständnis doch wichtig, darauf hinzuweisen, daß die Lösung in vorgespanntem Beton auch an sich besser ist als diejenige in bewehrtem Beton. Dies ist folgendermaßen einzusehen. Im Artikel II wurde dargelegt, daß eine Hypparschale eine gleichmäßig auf die Fläche verteilte Last (parallel zur Achse des Hyppars) in erster Näherung so auf die Randelemente überträgt, daß in diesen allein Normalspannungen auftreten. In der Schale kommen dann ausschließlich Membranspannungen vor, was hinsichtlich der Festigkeit am günstigsten ist, und die Randelemente übertragen die Belastung als Normalkraft zu den Auflagerpunkten der Konstruktion auf dem Fundament.

In Wirklichkeit treten Abweichungen von diesem einfachen Bild auf, die vor allem auf die Verformung der Konstruktion zurückzuführen sind: während primär die Schale lediglich durch Membranspannungen die Belastung übertragen könnte, entstehen durch die Verformung sekundär auch Biegespannungen, und die Hauptspannungstrajektorien werden verzerrt. Dies ist ebenfalls im Artikel II ausführlicher besprochen worden. Je flacher die Schale, desto größer ist die Abweichung von dem ursprünglichen Bild. Meistens tritt eine örtlich begrenzte, aber starke Abweichung in der Nähe der Randelemente auf, weil die Verformung dieser Elemente in der Regel von anderer Größenordnung ist und anders entlang dem Rand verläuft als die Verformung der dünnen Schale. Durch eine richtig gewählte Vorspannung, sowohl der Schale als auch der Randelemente, kann man die Verformungsunterschiede, welche die Ursache der mitunter relativ großen Sekundärspannungen sind, einschränken. Die Ausführung der Schale in vorgespanntem Beton kann deshalb wirtschaftlicher sein als eine Ausführung in bewehrtem Beton: die vorgespannte Schale kann die Belastung hauptsächlich durch Membranspannungen aufnehmen, also näherungsweise eine echte «Schalen»-Konstruktion sein; in einer bewehrten Betonschale spielen im allgemeinen die durch die Verformung erzeugten Sekundärspannungen eine überragende Rolle, weshalb man wesentlich größere Wandstärken und eventuell sogar zusätzliche Stützen benötigt.



2 Prinzip des vorgespannten Betons.

a Balken mit Vorspanndrähten, in unbelastetem Zustand. Die Drähte sind parabolförmig in Kanälen im Beton verlegt.

b Balken nach dem Vorspannen, noch unbelastet. Der Balken ist verformt; in dem Beton treten Druckspannungen auf, die gemäß der Schattierung im Querschnitt und gemäß der graphischen Darstellung ganz rechts verteilt sind.

c Vorspannter Balken unter einer Belastung P. Man sieht die Veränderung der Spannungsverteilung, aber es treten nirgends Zugspannungen in dem Beton auf.

Wir nennen noch zwei andere Vorteile der Ausführung mit Vorspannung:

a. Praktisch wichtig, wenn auch nicht wesentlich: durch die Vermeidung der Zugspannungen treten in dem Beton keine Haarrisse auf, wie sie sonst bei Betonkonstruktionen vorkommen. An die wasserdichte Abdeckung der Schalen brauchen deshalb weniger hohe Anforderungen gestellt zu werden. Dies kommt uns sehr zustatten, denn auf den eigenwillig geformten Schalen können eine Reihe der herkömmlichen Dachabdeckungen nicht oder nur sehr schwer verwendet werden. b. Sehr wichtig und vielleicht sogar die Bedingung, ohne welche der Philips Pavillon nicht hätte verwirklicht werden können: die vorzusehende Vorspannung gab uns die Möglichkeit, die Schalen aus vorgefertigten Platten aufzubauen. Hierauf wollen wir anschließend näher eingehen.

### Aufbau der Hypparschalen aus vorgefertigten Platten

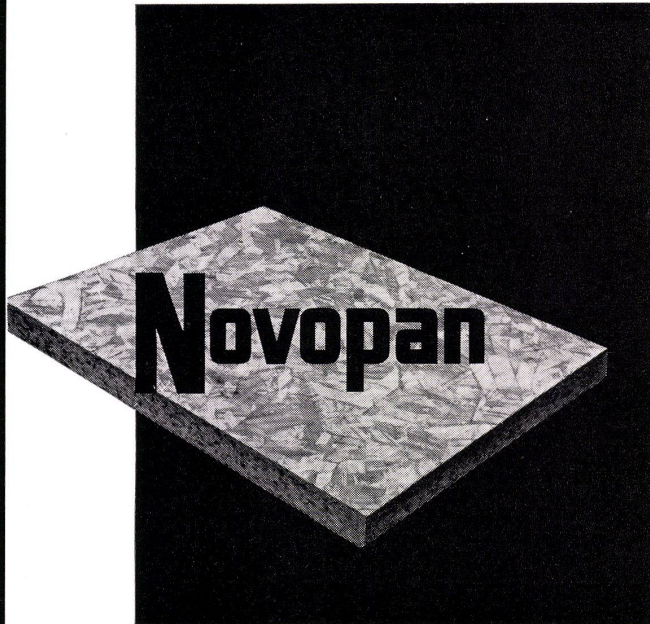
Es wäre sehr schwierig gewesen – auch bei Abwesenheit einer Bewehrung –, die zum Teil stark tordierten dünnen Schalen des Pavillons an Ort und Stelle in einer



# NOVOPAN

## Werkstoff für den modernen Schulhaus-Innenausbau!

Der dreischichtige Aufbau mit der porösen Mittellage und der tausendfachen Abspernung der Deckschicht sowie die synthetischen Bindemittel verleihen Novopan die ausgezeichneten technischen Eigenschaften:



**Das außerordentlich gute Stehvermögen** von Novopan gewährleistet ein tadelloses Schließen der Türen von Klassenzimmern, Singsälen, Turnhallen usw.

Wegen des **hohen akustischen Isolationsvermögens** wird Novopan mit Vorteil für schalldichte Trennwände, Deckenkonstruktionen und schalldämmende Türen verwendet.

**Die thermische Isolation** der Novopan-Spanplatte kommt in allernächste Nähe von jener der Korkplatten. Novopan-Wandkonstruktionen reduzieren folglich die Heizungskosten.

Die **zweckmäßigen Dimensionen und die leichte Verarbeitung** von Novopan erlauben im Innenausbau eine zum Teil neue, einfache und wirtschaftliche Bauweise. Unser technischer Dienst berät Sie darüber gerne.

**Novopan AG. Klingnau 056/5 13 35**

Verschaltung zu schütten. Selbst die erfahrensten Betonarbeiter hätten dies kaum fertiggebracht, wenn man auf den hohen Anforderungen an die Qualität des Betons bestehen will. Wir hatten deshalb, bereits bevor die «Strabed» den Auftrag für das Gebäude erhielt, den Plan ausgearbeitet, jede Hypparschale aus Teilen zusammenzusetzen, die in flacher Lage auf einer Sandform gegossen werden konnten. Diese «Vorfertigung» bot außerdem den Vorteil, daß sie unabhängig von der Witterung in einer überdachten Halle durchgeführt werden konnte, die in einer Entfernung von einigen Kilometern von dem Baugelände zur Verfügung stand. Wie weit die Unterteilung einer jeden Schale gehen mußte, hing in erster Linie von der verfügbaren Höhe der Halle ab und von dem größten Neigungswinkel, der in der Sandform vorkommen durfte (bei zu großer Neigung benötigt man wieder eine Verschaltung). Als noch wichtiger erwies sich jedoch der Gesichtspunkt, daß die hergestellten Teile gut hantierbar und transportabel sein mußten. Die Größe der vorzufertigenden Platten wurde deshalb auf ungefähr 1 m<sup>2</sup> festgelegt, und es wurde jeweils für einen Teil einer Schale, der aus einigen Dutzend Platten bestand, eine gemeinsame Sandform hergerichtet.

Auf dem Baugelände wurden die Platten aneinandergereiht, wie weiter unten beschrieben, und die Fugen mit Mörtel ausgefüllt.

Ein derartiger Aufbau einer jeden Schale aus einzelnen Platten ist natürlich nur dank der Tatsache möglich, daß die gesamte Konstruktion nachträglich vorgespannt wird: die Verbindung der aneinandergrenzenden Platten ist keinem Zug gewachsen, noch weniger als der Beton selbst, aber dank einer richtigen Vorspannung treten nie und nirgends Zugspannungen in den Wänden auf. Die Vorspannung führt dazu, daß sich die ganze Konstruktion, einschließlich der Rippen, so verhält, als wäre sie aus einem Stück gegossen.

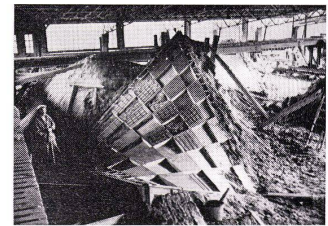
Noch klarer als aus den Betrachtungen des vorhergehenden Kapitels kommt bei der Vorfertigung zum Ausdruck, daß der Spannbeton bei der Hypparschale eine Rolle erfüllt, für die er wie geschaffen ist. Die Sandform, auf der die rhombusförmigen Betonplatten zu gießen waren – jede Platte mit einer individuellen Form als Teil eines bestimmten Hyppars –, konnte ganz einfach in der Weise hergerichtet werden, daß ein Sandbett mit geraden Holzbalken gemäß den Erzeugenden abgegrenzt und mit einem solchen Balken entlang der Begrenzung abgestrichen wurde (Abb. 3). Allerdings mußte die Placierung der Erzeugenden entlang den Rändern sowie der gekrümmten Begrenzung am unteren Schalenrand und auch die Übertragung der entsprechenden Winkel von einem Schalenteil auf den anschließenden Teil mit großer Genauigkeit erfolgen. Dies wäre natürlich einfacher gewesen, hätten wir alle Platten einer Schale auf einer einzigen Sandform herstellen können, was jedoch aus den genannten Gründen (zu stark geneigte Flächen, Höhe der Halle) nicht möglich war. Auf der Sandform wurden in Richtung der Erzeugenden 1 cm dicke Latten angebracht, zwischen denen die Platten gegossen wurden. Im Hinblick auf den Transport von der Halle zum Bauplatz wurden die Platten mit einer leichten Bewehrung versehen.

Wir müssen an dieser Stelle die zu Beginn dieses Artikels gegebene Diskussion, ob bewehrter Beton oder vorgespannter Beton, noch vervollständigen. Der Kunstgriff der Vorfertigung der Hyppars in kleinen Elementen ohne Verschaltung gibt dem bewehrten Beton wieder eine Chance – wie aus der eben genannten Bewehrung, die für den Transport dient, hervorgeht. Zum Bau der großen Wände jedoch bleibt die Lage für den bewehrten Beton doch hoffnungslos: man hat ja kein Mittel, die Bewehrungen benachbarter vorgefertigter Platten so miteinander zu verbinden, daß bei Belastung der gesamten Konstruktion keine Zugspannungen im Beton auftreten.

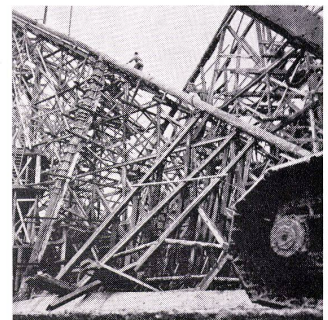
Die in den Durchdringungen eines jeden Hypparschalenspaars angebrachten Randelemente sind 40 cm dicke zylindrische Betonrippen. Diese wurden, während man

noch mit dem Guß der etwa 2000 Platten in der Halle beschäftigt war, auf dem Baugelände auf einem hölzernen Gerüst hergestellt (Abb. 4). Es ist zweckmäßig, die Rippen zylindrisch zu machen, denn die Schalen sind um die Rippen «gewandelt»; bei jeder anderen Form als der zylindrischen wäre also der Anschluß der Schalen an die Rippe schwierig. Es hat übrigens auch keinen Sinn, den Rippen, die ja doch in erster Linie Normalspannungen übertragen sollen und für die folglich keine besondere Biegesteifigkeit verlangt wird, einen anderen als einen runden Querschnitt zu geben.

Nach Fertigstellung der Rippen wurde ein hölzernes Bagerüst errichtet, dessen äußere Balken (gerade Linien!) Erzeugende der aufzubauenden Hypparflächen darstellten. Auf diesen Balken wurden die vorgefertigten Platten provisorisch befestigt (Abb. 5). Nach dem Vergießen der 1 cm weiten Fugen zwischen den Platten konnte die ganze Konstruktion vorgespannt werden. Schließlich konnte man das Gerüst entfernen und die Wände fertigbearbeiten.



3  
Guß der Platten auf einer Sandform für einen Teil einer Hypparschale. Der Sandhaufen (mit einem gewissen Lehmgehalt) wird nach der Anbringung der Erzeugenden, welche die Begrenzung des Schalenteiles bilden, mit einem auf zwei Rändern gleitenden Holzbalken glatt gestrichen. Auf den Sand ist eine dünne Zementschicht gespritzt. Durch Anbringung von 1 cm dicken Latten längs Erzeugenden hat man die gesamte Fläche in Rhomben von etwa 1 m<sup>2</sup> eingeteilt, in denen (mit einer leichten Bewehrung zum Zwecke des Transports nach dem Baugelände) die 5 cm dicken Betonplatten gegossen werden. – Die schachbrettartige Struktur, die auf der Abbildung zu sehen ist, entstand dadurch, daß zunächst nur die «schwarzen» Felder vollgegossen wurden, damit man die Latten mittels in den Sand gesteckter Pfosten stützen konnte, und danach erst die «weißen» Felder.



4  
Die 40 cm dicken zylindrischen Rippen wurden auf dem Baugelände in einer auf einem hölzernen Gerüst angebrachten Verschaltung hergestellt.

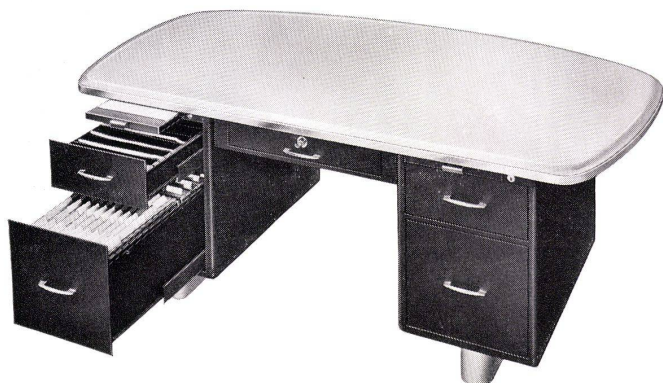


5  
Die vorgefertigten, nur 5 cm dicken Betonplatten wurden auf einem Bagerüst, in welchem Holzbalken längs Erzeugenden der Schalen aufgestellt waren, an ihren Ort gebracht und mit Mörtel verbunden.





Staba-Stahlpulte und Rollkorpusse sind praktisch und formschön. Ihre Konstruktion entspricht der hohen Qualität unserer bewährten Vertikalschränke. Das Auszugssystem jeder Schublade ist mit 10 Präzisions-Kugellagern ausgerüstet.



# BAUER

BAUER AG. ZÜRICH 6/35

Tresor-, Kassen-  
und Stahlmöbelbau

Nordstr. 25 Tel. 051/28 94 36

## Nähere Betrachtung der Vorspannung in Schalen und Rippen

Die in den Schalen erforderlichen Vorspannungen wurden abgeleitet aus den Ergebnissen der Modellversuche, die in dem Institut T.N.O. durchgeführt worden waren (siehe III, Messungen am Gipsmodell). Dabei wurden das Eigengewicht der Konstruktion einschließlich der anzubringenden akustischen Verkleidung, eine Schneelast sowie ein Winddruck von  $75 \text{ kg/m}^2$  aus verschiedenen Richtungen berücksichtigt.

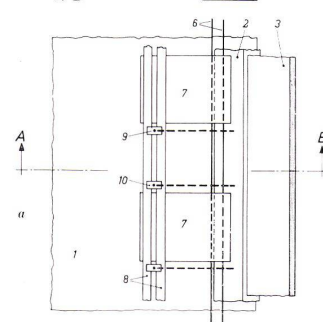
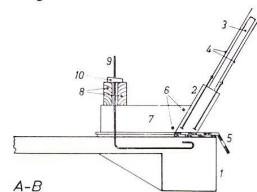
Die erforderlichen Vorspannungen wurden in den Schalen mittels Stahldrähten von 7 mm Durchmesser hervorgerufen. Jeder Draht konnte maximal eine Spannkraft von etwa 3300 kg ausüben. In der Annahme, daß die so in eine Schale geführten Kräfte überall zentrisch (in der Mittelebene der Schale) und entlang den Drähten gerichtet sind, konnten wir die Formeln für die an jedem Punkt durch die Vorspannkräfte erzeugten Hauptspannungen sowie für die Spannungen längs den Fugen zwischen den Platten und senkrecht zu diesen aufstellen. So konnte die erforderliche Anzahl und Verteilung der anzubringenden Spanndrähte berechnet werden.

Die obengenannte Annahme ist für die Hypparschale – bei der die Vorspanndrähte nach geraden Linien verlaufen können – plausibel, sofern zwei Bedingungen erfüllt werden: die Drähte müssen einigermaßen gleichmäßig auf der Schalenoberfläche verteilt sein, und die Schale muß sich beim Anbringen der Vorspannung frei verformen können. Die letztere Bedingung erforderte an verschiedenen Stellen eine spezielle Konstruktion, unter anderem für die auf dem Fundament aufliegenden Schalen: der untere Rand dieser Schalen wurde anfänglich mittels zwei Lagen Dachpappe (die später außerdem für den Anschluß an den das Gebäude umgebenden Teich dienten) von dem Fundament getrennt und erst nach dem Vorspannen durch Einbringen von Beton befestigt (siehe Abb. 6). Ohne diese Maßnahme wäre ein Teil der Vorspannung durch das Fundament aufgenommen worden und der auf die Schale übertragene Teil hätte sicherlich nicht die gewünschte Richtung gehabt. Die im Artikel III beschriebene Modelluntersuchung im Stevin-Laboratorium (Triplexmodell) hat gezeigt, daß diese Konstruktion in der gewünschten Weise arbeitete und, allgemeiner, daß die obengenannte Annahme in unserem Falle berechtigt war: daß das (richtig ausgeführte) Modell sich während des Vorspannens nicht stellenweise ausbeulte, gab uns die Sicherheit, daß die in die Schalen geführten Kräfte der Richtung nach nicht nennenswert von dem Verlauf der Drähte abwichen.

Bei diesen Vorspannversuchen waren die Drähte nach dem ursprünglichen Plan nur auf einer Schalenseite vorgesehen (der Gebäudeinnenseite entsprechend). Ob die Knickfestigkeit auch gegen äußere Belastungen ausreichend war, hätte durch ergänzende Versuche an dem Modell untersucht werden müssen; da jedoch die Zeit dazu fehlte, wurde mit Zustimmung LeCorbusiers beschlossen, die Vorspanndrähte teilweise auch auf der Schalenaußenseite anzubringen. Das Problem wurde dadurch wesentlich vereinfacht. Die Drähte wurden in der Hauptsache auf Erzeugenden der Hypparflächen verlegt; bei einigen Schalen jedoch, deren Erzeugende sich unter einem sehr spitzen Winkel schneiden, erwies es sich als notwendig, auch Drähte in Richtung der Winkelhalbierenden des von den Erzeugenden gebildeten stumpfen Winkels anzubringen. Im Gegensatz zu ersteren sind diese Drähte also gekrümmt.

Die Rippen wurden ebenfalls vorgespannt, und zwar auf dreierlei Weise. Erstens mußten mittels gerader Vorspanndrähte Druckvorspannungen erzeugt werden, damit die Rippe die bei den Modellversuchen gemessenen Zugspannungen aufnehmen konnte. Zweitens mußte einigen Rippen mittels Drähten, die parabelförmig in einer durch die Achse gehenden Ebene gelegt wurden, eine Biegevorspannung erteilt werden. Dies war insbesondere bei zwei Rippen am Ein- und Ausgang der Fall, an die jeweils nur eine (obendrein wenig ge-

bogene) Schale angrenzt. Drittens wurden in verschiedenen Rippen auch Torsionsvorspannungen angebracht, weil die Vorspannung der angrenzenden Schalen ein Torsionsmoment auf sie ausübte. Der Beton der Rippen war zwar in der Lage, die Torsionsmomente aufzunehmen, aber ihre Aufhebung war erwünscht, um eine zentrische Einführung der Vorspannkräfte in die Schale zu gewährleisten (siehe III, Abb. 5b). Eine derartige Vorspannung in Beton ist, soweit uns bekannt, bisher noch nicht angewandt worden.



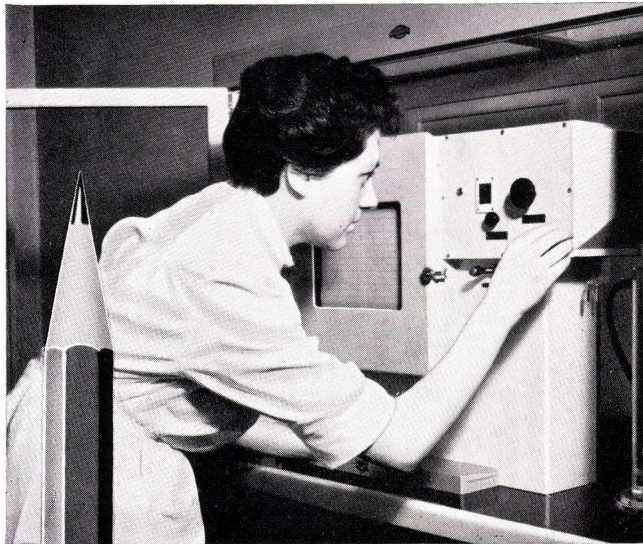
6 a

6 a  
Damit sich die Vorspannung richtig auswirken kann, ist dafür zu sorgen, daß sich der untere Rand einer Schale während des Vorspannens einige Zentimeter auf dem Fundament verschieben kann, und zwar ohne dabei seine Neigung zu verändern. Zu diesem Zweck wurden zwischen dem Fundament 1 und dem Randglied 2, an welches die Schale 3 durch die Spanndrähte 4 angezogen wird, zwei Lagen Dachpappe 5 vorgesehen. Das Randglied selbst wird ebenfalls vorgespannt, durch Drähte 6, die an seinem Umfang entlang laufen. Daß die Neigung der Schale sich nicht ändert, wird durch die am Randglied angegossenen und mit dem Ende im Fundament verankerten Ansatzstücke 7 bewirkt. Die Verankerung wird durch zwei (später wieder entfernte) Holzbalken 8 bewerkstelligt, die man mit Klemmen 10 an Pendelstäbe 9 befestigt, welche zwischen den Ansatzstücken ins Fundament eingegossen sind.

6 b  
Randglied mit Ansatzstücken vor dem Aufbau der Schale. Der Zwischenraum zwischen den Ansatzstücken wird nach dem Aufbau und dem Vorspannen der Schale – nachdem also die Verformung stattgefunden hat – zur endgültigen Befestigung des Ganzen an das Fundament mit Beton ausgefüllt. Die Bewehrung dieser Betonfüllung (in der Zeichnung nicht dargestellt) ist zwischen den Ansatzstücken sichtbar. Die Pendelstäbe sind hier vorläufig noch niedergebogen. Es sei darauf hingewiesen, daß die Ansatzstücke immer an der Innenseite des Gebäudes angebracht sind. In dem hier abgebildeten Gebäudeteil ist die Schalwand nach außen geneigt. Ferner sei bemerkt, daß dank der Tatsache, daß diese Fußkonstruktion sich nur horizontal verschieben, jedoch nicht ihre Neigung ändern kann, eine eventuell exzentrisch wirkende Vorspannkraft doch zentrisch in die Schale geführt wird: nicht die Schale, sondern das Fundament nimmt in dem Fall das Biegemoment auf (vgl. III, Abbildung 5b).



# Graphit ist kein Blei...



Sedimentationswaage für die Graphit-Korngrößen-Bestimmung

Als man im 16. Jahrhundert den Graphit als Schreibmaterial entdeckte, hielt man ihn für ein Bleimetall. Man ahnte damals nicht, wie intensiv sich noch vier Jahrhunderte später die Wissenschaftler in den Bleistiftfabriken damit beschäftigen würden.

Der Zeichenstift ist heute an allen wichtigen Entwicklungen in Wissenschaft und Technik beteiligt. Es wird erwartet, daß auch dieses maßgebliche Arbeitsgerät mit den ständig steigenden Anforderungen Schritt hält.

Die hohe Qualität des von den Technikern der Welt geschätzten Zeichenstiftes

## MARS-LUMOGRAPH \*)

ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, daß erfahrene Fachkräfte in unseren Laboratorien ganz bestimmte optimale Werte für die Korngrößenverteilung des Graphits fanden, und daß es außerdem gelang, das Verfahren zur Aufbereitung des Graphits so zu verbessern, daß der für den MARS-LUMOGRAPH bestimmte Graphit den im Laboratorium ermittelten Ideal-Werten entspricht.

\*) MARS-LUMOGRAPH-Zeichenstifte in 19 Härten  
MARS-LUMOGRAPH-Zeichenminen in 18 Härten  
MARS-TECHNICO-Stifte für 18 Härten

**Neu:** Zu jedem Zeichentisch die preiswerte

**STAEDTLER-Minenspitzzmaschine 5400**

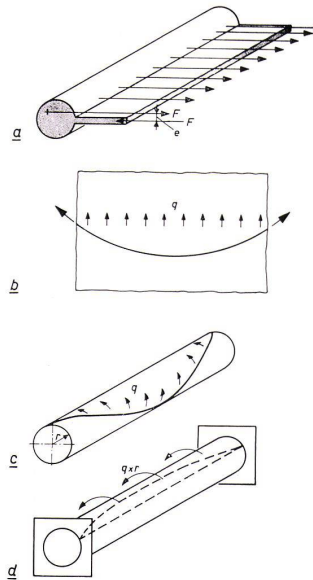
einfache Handhabung, zuverlässige Spitzeneinstellung, dauerhafter Spezialfräser



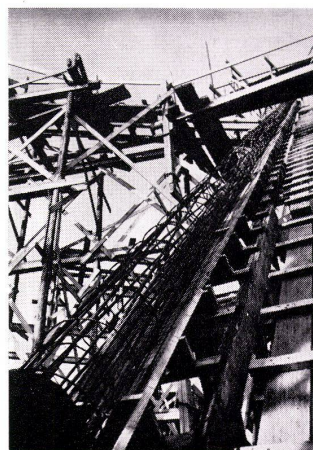
# STAEDTLER

Generalvertretung:

Rudolf Baumgartner - Heim & Co., Zürich 32



7 An Stellen, wo die Vorspannkraft ( $F \text{ kg/m'}$ , d. i.  $\text{kg}$  je laufendem Meter) nicht zentrisch in die Schale eingeführt werden (a), wird die Rippe mit einem Torsionsmoment ( $F \times e \text{ kgm/m'}$ ) belastet, während dies in der Schale zu Biegemomenten führt. Diese kann man durch eine Torsionsvorspannung der Rippe aufheben. Dazu sind Drähte zu spannen, die als Parabeln auf einem Zylindermantel verlaufen. Dies geht aus folgender Betrachtung hervor. Wir gehen von einer ebenen Fläche aus, in der ein Draht in Form einer Parabel (b) vorgesehen ist. Durch Spannen des Drahtes wird die Fläche mit einer gleichmäßig verteilten Kraft  $q \text{ kg/m'}$  belastet. Wickelt man diese gedachte Fläche um einen Zylinder (c), dann wird dieser durch Spannen des Drahtes mit einem gleichmäßig verteilten Torsionsmoment  $q \times r \text{ kgm/m'}$  belastet. Dieses Moment hebt die durch ein gleichmäßig verteiltes Torsionsmoment  $F \times e$  (siehe a) verursachte Verformung gerade wieder auf (d). (Die Bauteile, an welche die Enden der Rippen anschließen und in denen also der Spanndraht verankert ist, zum Beispiel das Fundament und die Verbindung mit anderen Rippen, werden dabei natürlich auf Torsion beansprucht, nämlich durch die Reaktionskräfte auf die Spannkraft des Drahtes.)

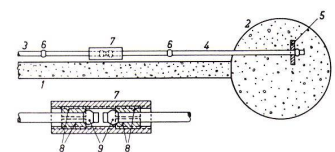


8 Die Spanndrähte einer Rippe, montiert vor der Herstellung der Verschalung und dem Schütten des Betons. In dieser Rippe waren nur Drähte zur Erzeugung einer Torsionsvorspannung angebracht (acht Drähte, verlegt auf dem Mantel eines aus zahlreichen eisernen Reifen gebildeten Zylinders von 35 cm Durchmesser). Die Stahldrähte sind 9 mm dick; sie scheinen hier noch viel dicker, da sie bereits mit der Masse umhüllt sind, die nach dem Guß der Rippe die Haftung an den Beton verhindern soll.

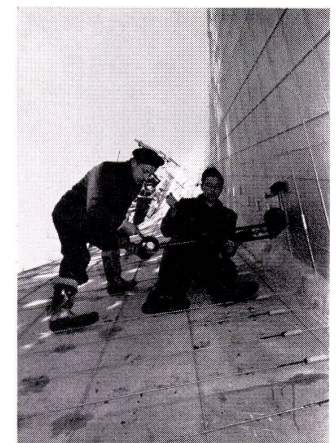
Die Torsionsvorspannung wurde mit Stahldrähten erzeugt, die wendelförmig um die Achse der Rippe verlaufen (Abb. 7 und 8). Diese Drähte wurden, ebenso wie die zur Druckvorspannung und Biegevorspannung erforderlichen Drähte, vor der Herstellung der Verschalung für die Rippe an ihre Stelle gebracht und an den Enden durch ein Loch in einer Ankerplatte aus Stahl geführt. Alle Drähte (9 mm stark) wurden mit einer Spezialmasse umhüllt, die verhindert, daß der umgebende Beton an ihnen haftet. Beim Spannen der Drähte trat dank dieser Maßnahme nur ein geringer Kraftverlust durch die Reibung auf. Die Kontraktion einer Rippe durch die Druckvorspannung ist größer als die längs der Rippe gemessene Verformung, welche die angrenzende Schale durch ihre Vorspannung erfährt. Würde man Schale und Rippe fest miteinander verbinden und danach die Vorspannung anbringen, dann würden infolge des Verformungsunterschiedes wieder Störspannungen in der Schale auftreten. Um diese zu vermeiden, wurde bei den meisten Rippen ein Teil der Vorspannung bereits vor dem Anbringen der Schale hervorgerufen, und zwar so, daß bei der endgültigen Vorspannung die dann noch auftretenden Verformungen von Rippe und Schale praktisch gleich werden.

## Die Hilfsmittel zur Anbringung der Vorspannung

Sämtliche Drähte wurden nach einem von der «Strabed» ausgearbeiteten und erfolgreich angewandten Verfahren gespannt, das sich unter anderem durch die Möglichkeit auszeichnet, die Drähte zwischen vorher angebrachten Verankerungen zu spannen. Nach dem üblichen Verfahren hätte man die Spanndrähte durch Queröffnungen in den Rippen ziehen und danach verankern müssen, was – abgesehen von ästhetischen Einwänden – bei den Rippen, in denen sich verschiedene Wandflächen unter kleinen Winkeln durchdringen, zu großen Schwierigkeiten geführt hätte.

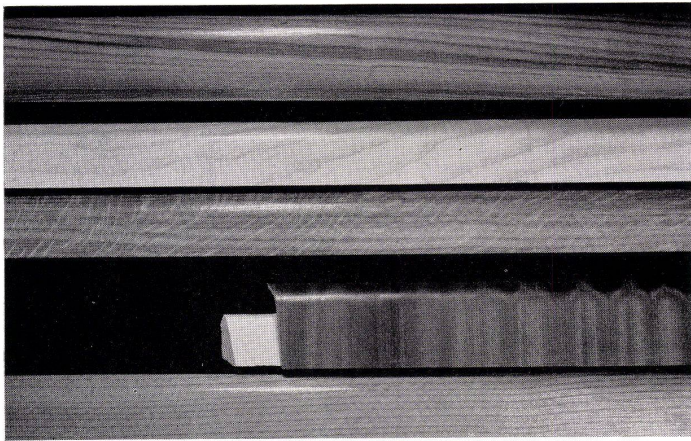


9 Das «Strabed»-Verfahren zur Anbringung von Vorspanndrähten. 1 = Schale, 2 = Rippe (nicht ganz im richtigen Verhältnis gezeichnet), 3 = Spanndraht. Der Steckdraht 4 mit der Ankerplatte 5 ist bereits beim Guß der Rippe in ihr angebracht. Beim Spannen greift eine in besonderer Weise konstruierte Winde an den aufgestauchten Knöpfen 6 am Spanndraht und am Steckdraht an. Der gespannte Draht wird dann fixiert mit Hilfe einer Kuppelmuffe mit Innengewinde 7, in der zwei halbmondförmige Muttern 8 an die aufgestauchten Knöpfe 9 angezogen werden.

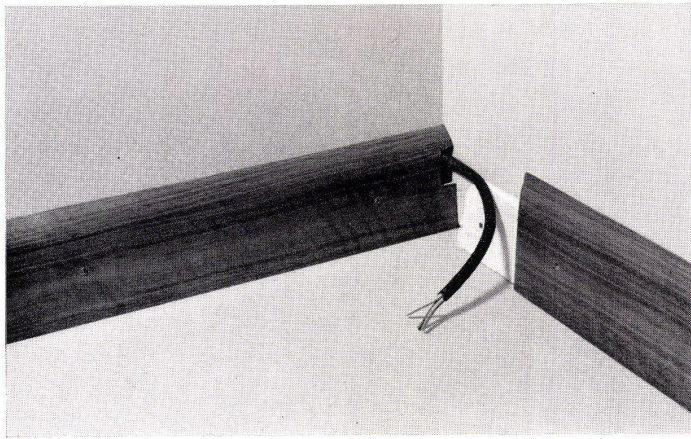


10 Das Anziehen eines Spanndrahtes mit der «Strabed»-Schraubenwinde. Die Zugkraft wird mit dem Dynamometer kontrolliert.





## Lignoform Sockelleisten eine saubere Lösung



## Lignoform Sockelleisten für jeden Raum

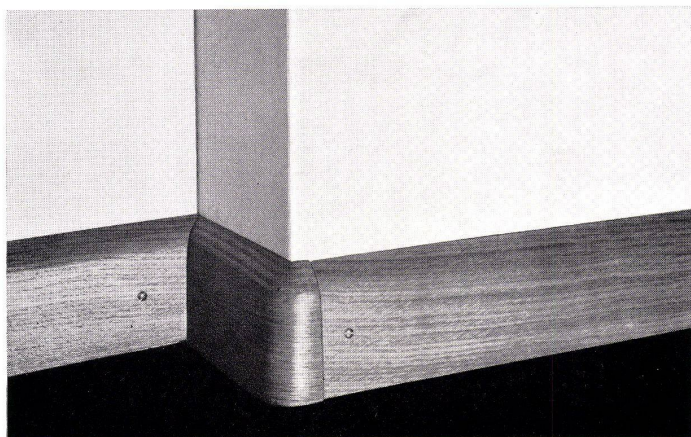
**Wohnungsbau u. a.**  
Göhner AG. Zürich über 100 000 m

**Verwaltungsgebäude u. a.**  
SBB und PTT  
CERN Genf, Arch. Dr. Steiger  
Deutsche Bank Frankfurt  
Konsumvereine Hamburg und Hannover

**Spitäler u. a.**  
Kantonsspital Schaffhausen  
Sanatorium Werawald WD

**Schulen u. a.**  
Universität und Sandgrubenschulhaus  
Basel. Bischöfliche Hochschule Chur  
Architekt Maissen

**Lignoform**  
**Werkstätten für Formsperrholz**  
**G. Esser**  
**Benken SG Telefon 055 843 45**  
**Westschweiz: Jean Boillat**  
**Malleray Telefon 032 5 27 76**

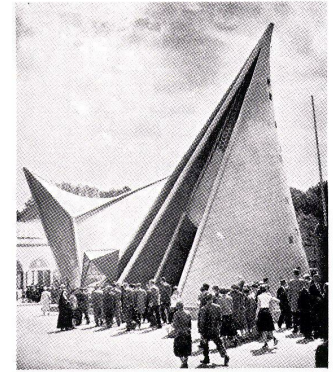


Nach der genannten Methode werden in den Rippen und in dem verstärkten unteren Rand der Schale sogenannte Steckdrähte angebracht, die am Ende mittels einer Stauchmaschine mit einem «Knopf» versehen sind, der durch ein stählernes Ankerplättchen hindurchsteckt. Die Spanndrähte werden durch Kuppelmuffen mit den Steckdrähten verbunden (Abb. 9). Diese Muffen sind so konstruiert, daß beim Befestigen der Drähte nicht der geringste Schlupf auftritt, was vor allem bei kurzen Drähten, wie sie auf den Schalen des Pavillons in großer Zahl benutzt werden mußten, wichtig ist. Das Spannen erfolgt mit einer speziellen Winde, ebenfalls eine Konstruktion der «Strabed», welche die Drähte so faßt, daß man die Winde senkrecht zur Schale, also auch senkrecht zur Richtung des zu spannenden Drahtes, ansetzen kann. Die entwickelte Kraft kann man auf einem Dynamometer, das an der Winde angebracht ist, ablesen und daher genau regeln (Abb. 10).

Wie aus der Abbildung hervorgeht, ist es mit dem «Strabed»-Verfahren ohne weiteres möglich, die Spanndrähte in sehr geringem Abstand von den vorzuspannenden Wänden zu verlegen (bei den Schalen des Philips Pavillons 2 bis 3 cm). Dies ist vorteilhaft für eine möglichst zentrische Einführung der Spannkraft in die Schalen, und es ist außerdem baulich von Bedeutung, weil jeder Spanndraht an mehreren Stellen an der Wand befestigt werden muß.

Die gesamte Außenfläche des Pavillons einschließlich der Spanndrähte wurde mit wasserdichter Spezialfarbe gestrichen. Schließlich wurde auf der wasserdichten Grundschrift noch eine Aluminiumdeckfarbe angebracht. Abbildung 11 zeigt den vollendeten Pavillon von der Eingangsseite.

Die Spanndrähte an der Schaleninnenseite, die im Hinblick auf die Bildprojektion auf den Wänden nicht sichtbar sein durften, wurden in eine schallschluckende Asbestschicht aufgenommen.



11  
Der vollendete Pavillon, von der Eingangsseite her gesehen



## Wettbewerbe

### Neu ausgeschriebene Wettbewerbe

#### Katholisches Pfarreiheim in Winterthur

Die Katholische Kirchgemeinde Winterthur eröffnet unter allen in dieser Kirchgemeinde steuerpflichtigen oder in Winterthur heimatberechtigten katholischen Architekten und Baufachleuten einen Projektwettbewerb zur Erlangung von Entwürfen für ein Pfarrei- und Jugendheim bei der Herz-Jesu-Kirche Winterthur. Fachleute im Preisgericht sind E. Boßhardt, Winterthur, E. Brantschen, St. Gallen, und F. Bühler, Winterthur. Zur Prämierung von drei bis vier Entwürfen stehen 7500 Fr. zur Verfügung. Zu studieren sind Räume für Vereine, Sigristenwohnung und Landesreserve für Kindergarten. Angefordert werden Lageplan 1:500, Grundriß 1:100, Fassaden 1:100, Innenperspektive, kubische Berechnung und Erläuterungsbericht. Anfragetermin 31. August 1959, Abgabetermin 31. Oktober 1959. Die Unterlagen können gegen Hinterlage von 30 Franken beim Präsidenten der Baukommission, Julius Sonnenmoser, Eisweiherstraße 18, Winterthur, bis 3. August bezogen werden.

#### Projektwettbewerb für neue Kasernenbauten zum Genie-Waffenplatz Bremgarten AG

Die Direktion der eidgenössischen Bauten in Bern veranstaltet unter den Fachleuten schweizerischer Nationalität einen Wettbewerb, um Entwürfe für Kasernenbauten zu erlangen. Beamte und Angestellte der eidgenössischen Verwaltungen können nicht am Wettbewerb teilnehmen. Zur Prämierung von sechs bis sieben Entwürfen stehen 28 000 Franken zur Verfügung. Ferner sind 5000 Franken zum Ankauf weiterer Projekte bestimmt. Das Preisgericht entscheidet im Rahmen dieser Summen über die Höhe der Preise und Ankäufe.

Gegen Einsendung von 40 Franken auf Postcheckkonto III 520, Eidg. Kassen- und Rechnungswesen, Vermerk «Wettbewerb Bremgarten», erhält der Teilnehmer folgende Unterlagen: Wettbewerbsprogramm, Fliegeraufnahme des Baugebietes mit Umgebung, Situationsplan 1:1000 mit Höhenkurven als Tochterpause, Übersichtsplan von Bremgarten im Maßstab 1:2000, Gipsmodell in Transportkiste 1:1000. Für jedes rechtzeitig eingereichte Projekt wird der einbezahlte Betrag zurückerstattet. Das Wettbewerbsprogramm kann auch einzeln bezogen werden.

#### Projektwettbewerb zur Erlangung von Entwürfen für ein Altersheim in der «Hochweid» in Kilchberg ZH

Der Stiftungsrat der Stiftung Altersheim eröffnet diesen Wettbewerb. Teilnahmeberechtigt sind alle in der Gemeinde Kilchberg heimatberechtigten oder seit mindestens 1. Januar 1958 niedergelassenen Architekten. Die Unterlagen können gegen Hinterlage von 30 Franken beim Bauamt der Gemeinde Kilchberg, Gemeindehaus, Alte Landstraße 110, 2. Stock, bezogen werden. Ablieferungstermin: 31. Oktober 1959. Für Interessenten liegen die Unterlagen bis Samstag, den 11. Juli 1959, beim Bauamt Kilchberg zur freien Einsicht auf.