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

Herausgeber: Bauen + Wohnen

Band: 22 (1968)

Heft: 6: Flächentragwerke und Seilnetzkonstruktionen = Constructions en surfaces porteuses et en réseaux de câbles = Light-weight surface and cable net structures

Artikel: Schalenkonstruktionen : Modellversuch für die Schalenkonstruktion Garten-Zentrum Clause, St. Appoline, Paris = Constructions a coque : essais sur maquettes pour la construction en coques = Shell constructions : test on models for shell constructions

Autor: Isler, Heinz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-333278

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: 16.12.2025

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

Schalenkonstruktionen

Constructions à coque
Shell constructions

Heinz Isler, Burgdorf

Modellversuch für die Schalenkonstruktion Garten-Zentrum Clause, St. Appoline, Paris

Essais sur maquettes pour la construction en coques
Test on models for shell constructions

1

Modellversuche sind aus der modernen Technik nicht mehr wegzudenken. Überall wo Neuland beschritten werden muß, bedient man sich dieses außerordentlichen leistungsfähigen Arbeitsprinzips.
Besonders wertvoll ist dabei die Tatsache, daß Probleme in ihrer Ganzheit beurteilt werden können und die Gefahr der Überbewertung von Teilaspekten klein ist.
Allerdings gehört, wie übrigens auf jedem Gebiet, Erfahrung dazu, wenn man sich dieses Mittels bedienen will.

Im Zusammenhang mit einem Modellversuch muß man sich im wesentlichen mit den folgenden Fragen abgeben:

1. Wahl der Modellart, Aufgabenstellung, Abklärung der gewünschten Ziele, Auswahl der Modelltechnik, Größe und Materialien des Modelles.

2. Ausführung des Versuches, Bau des Modelles, der Testeinrichtungen, Durchführung der Messungen, Auswertung mit numerischer und grafischen Darstellung, innere Kontrollen, Genauigkeitsnachweise, Versuchsdauer.

3. Interpretation der Ergebnisse. Umdeutung auf das Problem 1:1. Auswertung von Nebenbeobachtungen.

4. Beurteilung der Ergebnisse und der daraus gezogenen Schlüsse nach Fertigstellung und Prüfung des Bauwerkes. Lehren für künftige Projekte und Versuche.

Neue Schalenformen

Bei der Entwicklung von neuen Schalenkonstruktionen liegt das Hauptproblem in der richtigen Formgebung. Hat man eine optimale Form gefunden, dann sind praktisch alle Detailfragen implizite damit gelöst. Oder umgekehrt ausgedrückt: Die Gestalt der Schale ist so zu wählen, daß die Bedingungen der Standfestigkeit, der Deformationen und der Herstellbarkeit unter gleichzeitiger Erfüllung des architektonischen Programmes optimal erfüllt sind.
Dieser Prozeß der optimalen Formfindung ist die eigentliche Hauptaufgabe im freien Schalenbau.
Und hier, zur Lösung dieses Kernproblemes, gibt es bis heute nur einen einzigen Weg, der wirklich zum Ziel führt: die Modelltechnik, iterativ angewandt.
Es gibt keine andere Methode, aus der unendlichen Vielzahl von Formen die statisch besseren von den schlechteren oder die guten von den unmöglichen zu unterscheiden. Wohl können Gefühl und Intuition dem erfahrenen Fachmann den Weg weisen. Aber letztlich ist es allein die Serie von Modellen, von Bauwerken im kleinen, welche die Fragen endgültig zu entscheiden vermag.

In der Praxis geschieht das zum Beispiel folgendermaßen. Eine erste grobe Modellschale wird einem Belastungsversuch unterworfen. Aus dem Bild der Verformung unter Gebrauchs- und Bruchlast erkennt man die kritischen Bereiche und verbessert dieselben an einem zweiten Modell. Aus den Belastungsbeobachtungen am zweiten Modell baut man das verbesserte dritte Modell und fährt mit dem Iterationsprozeß so lange weiter, bis die Bruchlast wieder kleiner wird und man die optimale Gestalt damit eingekreist hat.
Verbesserungen der Schale sollten, wenn irgend möglich, nur durch Veränderung der Krümmungen erfolgen. Es ist erstaunlich, wieviel in diesem Faktor verborgen liegt. Oft gelingt es allein damit, die Bruchlast auf ein Mehrfaches vom ersten Wert zu steigern.
Im weiteren kann man örtliche Schalenverdichtungen – z. B. im Fuß oder in kritischen Randbereichen – vorsehen. Auch Abspannungen z. B. in Fassadenebenen sind durchaus erträgliche Verbesserungsmittel.
Hingegen sollten Randbalken wenn irgend möglich vermieden werden, da dieselben den eigentlichen Charakter des leichten Tragwerkes mindestens optisch verändern.
Dieser sehr interessante Prozeß der Optimierung der Form soll an einem andern Schalentragwerk bei späterer Gelegenheit einmal beschrieben werden.
An der Schale des Garten-Zentrums Clause zeigen wir lediglich die letzte Modellstufe, nämlich den exakten Meßmodellversuch, der schließlich zur Ermittlung des Spannbildes und der Armierung führte.

Das Meßmodell

Für das Projekt des Garten-Zentrums Clause wurde als letztes im Maßstab 1:50 ein Modell aus »Perspex« (Polymethylmethacrylat) mit den folgenden Materialeigenschaften gebaut:

Biegefestigkeit: 1 100 kg/cm²
E-Modul (Biegung): 32 000 kg/cm²
Querdehnung: $\mu = 0{,}37$

Die Belastungseinrichtungen

a) Vertikale statische Flächenlast (Eigengewicht, Schnee): Auf total 160 Belastungspunkte in 5 Sektoren à 32 Punkte verteilt.
b) Vertikale Randlast auf der Kante Schale-Vordach eines Sektors (aufgehängte Fassade): Auf 8 Punkte verteilt.
c) Horizontale Vorspannkraft: Auf jeden Schalenfuß einzeln wirkend. Die Wirkung der Vorspannung wird bestimmt durch die meß- und regulierbare Bewegung der Auflager.

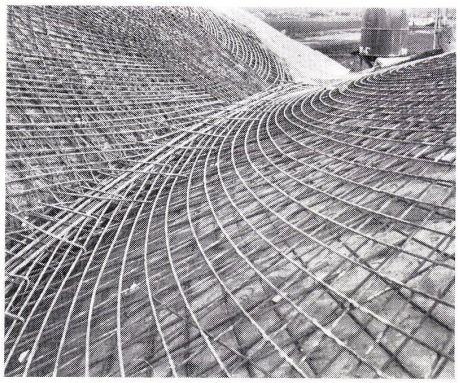
Die Lasten werden durch variable aufgehängte Gewichte aufgebracht. Im unbelasteten Zustand ruhen die Gewichte auf einem Hebetisch unter dem Modell. Durch hydraulisches Absenken des Tisches können die verschiedenen Lasten entweder gleichzeitig oder in mehreren Stufen zur Wirkung gebracht werden.

Prinzip und Anordnung der Dehnungsmeßstreifen

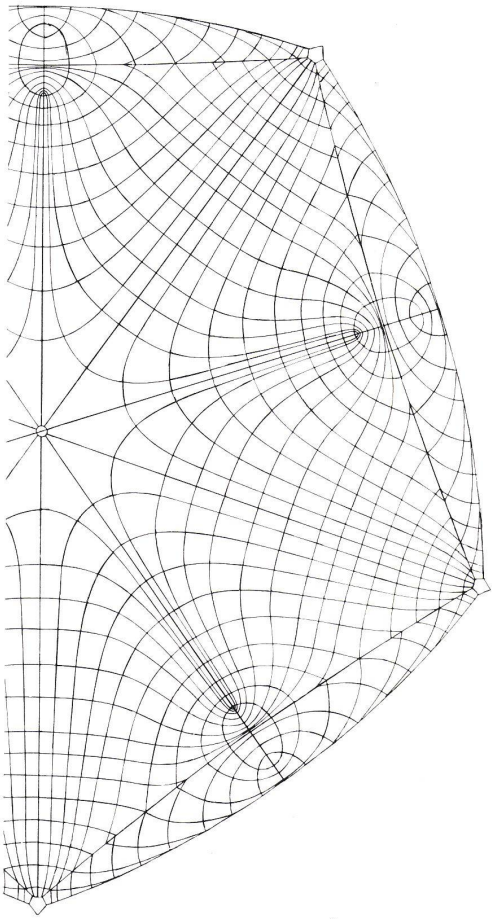
Die elektrische Dehnungsmessung beruht bekanntlich auf der Längenänderung eines Widerstandsdrahtes, dessen Ohmscher Widerstand durch Verlängerung erhöht respektive durch Verkürzung erniedrigt wird. Die verwendeten Dehnungsmeßstreifen (DMS) haben eine Meßlänge von 10 mm und sind unempfindlich auf die Querkontraktion.
Entlang den Rändern und überall dort, wo nur eine Meßrichtung interessiert, verwendet man die einfachen Streifen. An den Flächenpunkten, wo man die Hauptspannungen kennen will, werden dreifache Streifen, die sogenannten Rosetten, verwendet. Diese Rosetten gestatten an einem Punkt die Dehnungsmessungen in zwei zueinander senkrecht stehenden Richtungen sowie in einer dritten Richtung unter 45°.
Eine sich symmetrisch wiederholende Teilfläche wird entsprechend den Beobachtungen aus den vorausgegangenen Belastungsproben mit Rosetten und Streifen bestückt, so daß nach erfolgter Umrechnung die Darstellung der Spannungen ein möglichst zusammenhängendes Bild ergibt (Bild 2).

Prinzip und Anordnung der Messung

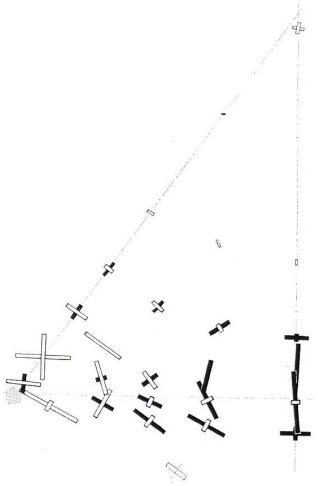
Jedes Meßelement (einfacher DMS oder eine Richtung einer Rosette), im Schaltbild als aktiver Geber bezeichnet, wird über einen Schaltkasten mit einem Kompensationsstreifen (passiver Geber) und einer Meßbrücke verbunden. Der passive Geber wird zur Kompensation des Temperatureinflusses auf einem Stück desselben Materials wie das Modell aufgebracht.
Für Messungen kleineren Umfanges kann man die durch den aktiven Geber registrierte Längenänderung am Modell direkt in Promillen am Meßinstrument ablesen und mit Hilfe des Hookschen Gesetzes $\sigma = E \cdot \varepsilon$ von Hand auf Spannungen umrechnen. Der passive Geber bleibt bei diesem Verfahren mechanisch unverändert.
Bei größeren Messungen wie im Falle der Schale »Clause« mit 76 Rosetten zu drei Richtungen und 20 einzelnen Streifen, also total 248 Meßstellen, eignet sich das Verfahren mit dem sogenannten Komparator besser. Hier wird der passive Geber auf einen Balken des gleichen Materials montiert, wodurch der Temperatureinfluß kompensiert wird. Der Balken ist aber in eine Vorrichtung eingespannt, mittels welcher man eine meßbare Belastung auf den Balken geben kann. Auf diese Art erhält man wieder eine mechanische Größe, welche der Spannung am Modell entspricht.



2

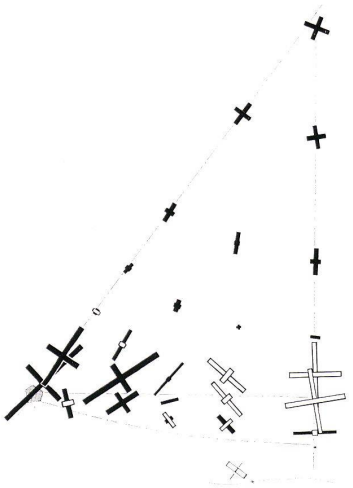


3



4

= 10 kg/cm²
= Zug
= Druck



5

1 (Seite/Page 197)
Ansicht des Garten-Zentrums.
Vue.
Elevation view.

2
Armierung der Schale, rechts der auskragende Rand.
Armement de la coque, à droite le bord en saillie.
Reinforcement of the shell, right, the projecting edge.

3
Trajektorien der Hauptspannungen Oberseite, Lastfall 1 (Eigengewicht und Schneelast).
Trajectoires des tensions principales côté supérieur, Cas de charge 1 (propre poids et poids de la neige).
Trajectories of the main stresses, upper side, Incidence of load 1 (one weight and snow load).

4
Hauptspannungen auf Oberseite, Lastfall 1.
Tensions principales sur le côté supérieur, cas de charge 1. Main stresses on upper side, incidence of load 1.

5
Hauptspannungen auf Unterseite, Lastfall 1.
Tensions principales sur le côté inférieur, cas de charge 1. Main stresses on lower side, incidence of load 1.

6
Vormodell aus Polyester zur Formfindung.
Première maquette en polyester pour l'établissement des formes. Preliminary model of polyester to explore shape potentialities.

7
Meßmodell aus Plexiglas.
Maquette de mesure en plexiglas. Measuring model.

8
Modell mit aufgebrachten elektrischen Meßstreifen.
Maquette avec bandes de mesure électriques introduites. Model with attached electric plane strips.

9
Meßmodell mit angebrachter Belastung.
Maquette de mesure avec charge incorporée.
Measuring model with attached load.

10, 11
Durchführung der Messungen.
Exécution des mesures. Execution of the measurements.

Berechnung der Hauptspannungen

Wenn an einer Stelle die drei Dehnungen εx, εy und $\varepsilon 45°$ ($x = 0°$, $y = 90°$) gemessen werden, beträgt die Dehnung in 135°:

$$\varepsilon 135° = \varepsilon x + \varepsilon y - \varepsilon 45°$$

Die entsprechenden Spannungen sind:

$$\sigma x = c \cdot (\varepsilon x + \mu \varepsilon y)$$
$$\sigma y = c \cdot (\varepsilon y + \mu \varepsilon x)$$
$$\sigma 45° = c \cdot (\varepsilon 45° + \mu \varepsilon 135°)$$
$$\sigma 135° = c \cdot (\varepsilon 135° + \mu \varepsilon 45°)$$

$c = \omega/\lambda 2 \cdot E/(1 - \mu^2)$
E = E-Modul Modellmaterial
ε = gemessene Dehnung
μ = Koeffizient der Querzusammenziehung
ω = Verhältnis der Last am Bau zur Last am Modell
λ = Modellmaßstab
σ = Spannungen

Die Hauptspannungen σ_1 und σ_2 können z. B. nach dem Prinzip des Mohrschen Spannungskreises grafisch ermittelt werden. Diese Methode führt bei Messungen kleineren Umfanges rasch zum Ziel und hat den Vorteil einer gewissen Anschaulichkeit.
Bei umfangreicheren Messungen und vor allem bei der Untersuchung verschiedener Belastungsgefälle kann man mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung den ganzen Weg zwischen Modellmessung und Darstellung der Spannungsverhältnisse im fertigen Bauwerk vollständig automatisieren.
Im vorliegenden Falle wurden alle interessierenden Belastungsfälle sowohl einzeln als in mehreren Kombinationen durch Überlagerung mit einer IBM-Anlage des Typs 1620 durchgerechnet.

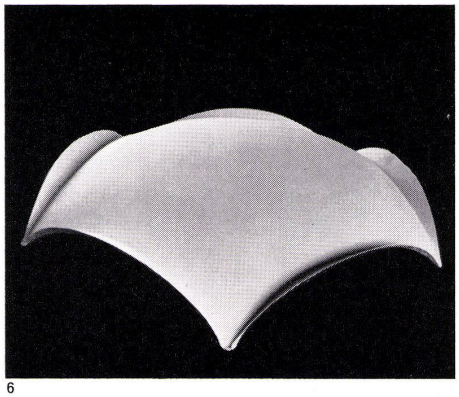
Darstellung der Ergebnisse

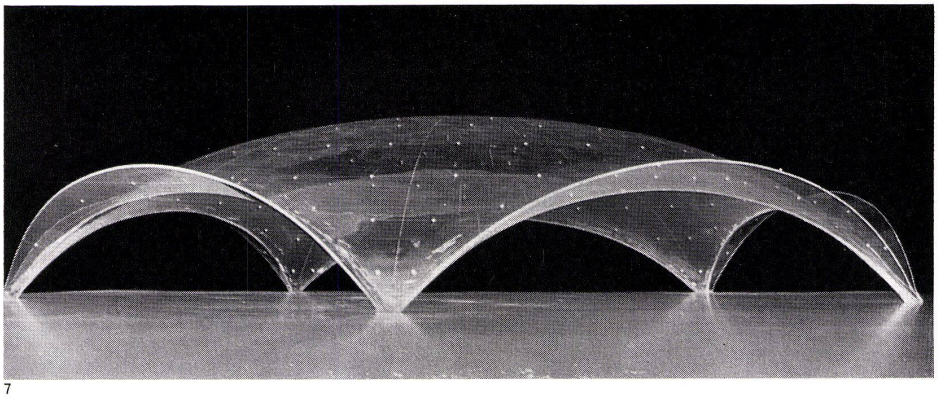
Das Aufzeichnen der Spannungen am Bau erfolgt nach Bild 3 und führt unmittelbar zu der sehr anschaulichen Darstellung der Trajektorien der Hauptspannungen (Bilder 4 und 5).

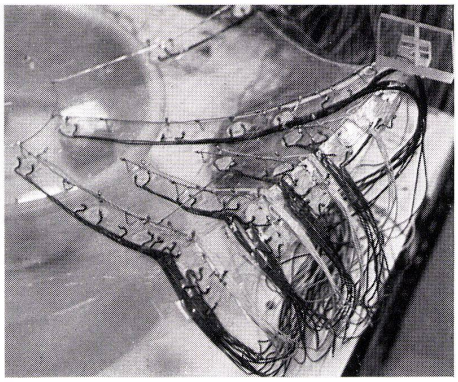
Nr.	Belastungsart	Last in kp (resp. Weg)	
		am Modell	am Bau
1	Totallast (Eigengewicht und Schnee)	50	533 500
21–25	Fünftel-Sektoren (einseitige Schneelast)	10	31 500
3	Gewicht einer Fassade	5	22 000
41	Vorspannung allein	–	–
	Verschiebung der Fundamente	1 mm	5 cm
42	Vorspannung mit fester Totallast	25	533 500
	Verschiebung der Fundamente	1 mm	5 cm

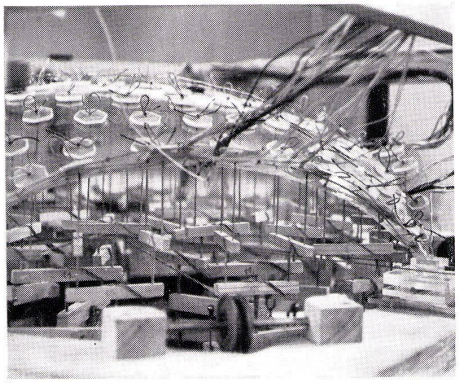
Überprüfung an der fertigen Schale

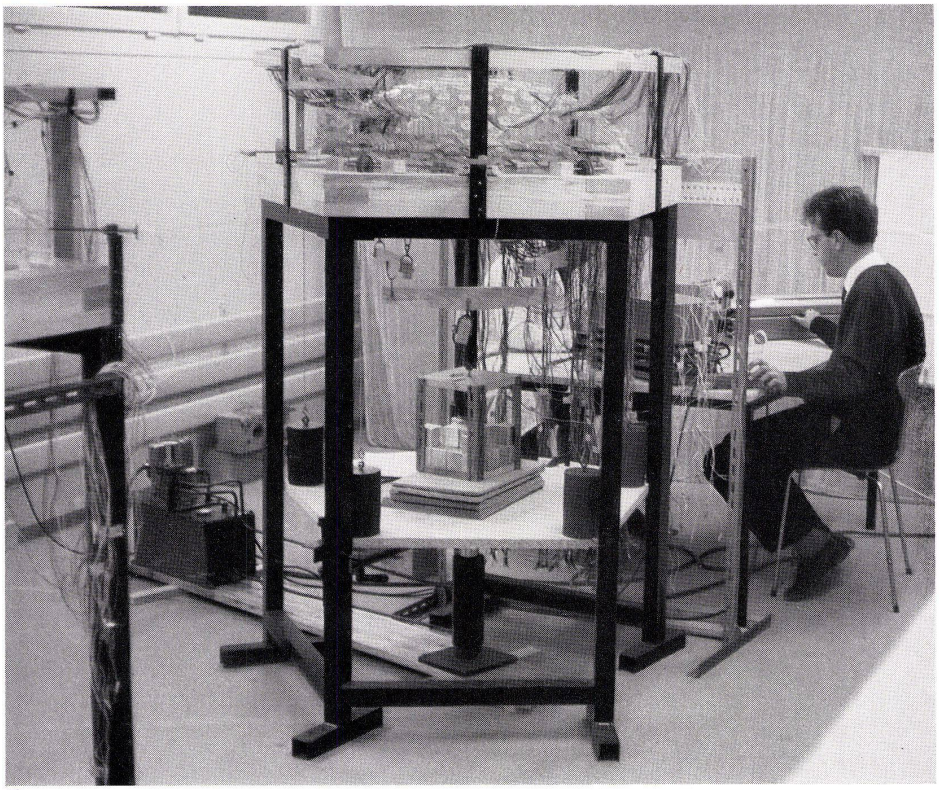
Am fertigen Bauwerk ausgeführte Messungen zeigten eine gute Übereinstimmung mit den Deformationen, die am Modell ermittelt worden waren.
Die Senkungen der einzelnen Punkte betrugen beim Ausschalen wenige Millimeter. Im Laufe der Zeit traten noch kleine Zusatzverformungen ein. Die maximalen Einsenkungen aus Kurzzeit und dem zu erwartenden totalen Langzeiteinfluß werden überall kleiner als ein Zentimeter betragen.


6


7


8


9


10

11

Heinz Isler, Burgdorf: Entwurf, Projekt, Konstruktion
A. Dresse, Paris: Innenausbau

Das Garten-Zentrum Clause, Paris

Garden-Centre Clause, Paris
Clause Garden-Center, Paris

Die größte Samenfirma von Frankreich, die »Société L. Clause, graines d'élite«, plant an verschiedenen Stellen Frankreichs große Garten-Zentren, wo der Kunde sich mit allem eindecken kann, was er für Pflege und Gestaltung seines Gartens braucht.
Eine halbe Stunde westlich von Paris ist eine erste solche Anlage im vergangenen Jahr in Betrieb genommen worden. Unmittelbar neben der Route Nationale Nr. 12 (Richtung Dreux) ist auf einem Gelände von über 30 000 m² das wohl modernste Garten-Center gebaut worden.
Die Anlage umfaßt große Parkanlagen mit weiten grünen Flächen, Blumen, Sträuchern und Bäumen. Dutzende von kleineren, fertigen Mustergärten sind angegliedert, wo sich der Besucher denjenigen seines Geschmakkes aussuchen, sich Pläne und Kostenberechnungen geben lassen und alle zugehörigen Pflanzen und Bauteile bestellen kann. Im östlichen Teil der Anlage sind Treibhäuser und Umschlagbeete untergebracht, aus welchen die gewünschten Pflanzen entnommen werden.
Dominante der ganzen Anlage ist die große Schalenkonstruktion in der Mitte. Dort wird der Besucher empfangen und mit dem riesigen Sortiment von Sämereien, Gartengeräten und Hilfsmitteln vertraut gemacht. In der großen Halle sind rund 30 000 Artikel zum Kauf angeboten und auf Gestellen und Tischen übersichtlich ausgebreitet.
Die Schale ist eine reine Spannbetonkonstruktion, die sich an fünf Punkten direkt am Boden abstützt. Sie überdeckt eine Fläche von 1300 m² und erreicht eine Scheitelhöhe von neun Metern. Über den bogenförmigen Fassaden ist die Schale zu gewölbten Vordächern aufgekantet. Mit deren Hilfe konnten schwerfällige Randaussteifungen vermieden und die Schalenkonstruktion in ihrer ganzen Feinheit (sie ist trotz der Größe nur 8 cm dick) dem Betrachter spürbar gemacht werden.
Gleichzeitig werden mit den Vordächern die großen Glasfassaden bei hohem Sonnenstand wirksam beschattet.
Das Regenwasser findet in der Kehle zwischen Vordach und Schale eine natürliche Rinne und wird direkt zu den Schalenfüßen geführt, wo es zwischen Bollensteinen im Rasen versickert und unterirdisch den Sammelleitungen zugeführt wird.
Die großen Glasfassaden erlauben allseitig den ungestörten Ausblick in die Parkanlagen, so daß sich der Besucher auch in der Halle mitten im Grünen fühlt.
Längs der gebogenen Vordächer sind Leuchtröhren entlanggezogen, die bei Nacht einen attraktiven Anblick ergeben.
Die Schale, die im Mittelteil ein Ausschnitt aus einer Rotationsform mit willkürlich gewählter Meridiankurve ist, wurde auf Stahlgerüst und verleimten Holzbindern mit Lattung gegossen. Eigentliches Schalungselement bildeten Holzfaserplatten, die dann im Bau als innenliegende Isolation verbleiben.
Die statischen Verhältnisse wurden an Modellversuchen ermittelt. Sowohl Spannungsverteilung, Deformationen, optimale Armierungsanordnung (Trajektorienarmierung) als auch Beul- und Knickstabilität konnten dabei untersucht werden (siehe vorangehender Artikel).
Die moderne Betontechnologie erlaubt es, solche Schalen in einem Guß lücken- und nahtlos zu erstellen, so daß schon die Betonmembrane allein das dichte Dach bildet.
Zusätzlich erhielt die Schale dann noch einen dauerelastischen Kunststoffanstrich (Hypalon), der gleichzeitig dem Bauwerk den Finish gibt.
Freie Schalenbauten sind für den Konstrukteur eine sehr dankbare Aufgabe. Sind doch in der dünnen Betonmembrane gleich drei Hauptfunktionen eines Gebäudes vereinigt: Raumabschluß, tragende Konstruktion und formaler Ausdruck.
Bei geschickter Wahl der Gestalt kann die erforderliche Materialmenge so weit minimalisiert werden, daß selbst der Nichtfachmann die Beschwingtheit und Leichtigkeit herausspürt.
Die innewohnenden natürlichen Gesetzmäßigkeiten werden direkt ablesbar und erinnern an Strukturen der Natur (Muscheln, Schalen oder Blütenblätter).
Die weitherum sichtbare, attraktive Form zieht unwillkürlich die Aufmerksamkeit auf sich und hilft mit, die Anlage und die Firma einem breiteren Publikum bekannt zu machen.

12
Herstellung der Schalung.
Fabrication du revêtement.
Production of the boarding.

13
Schnitt 1:300.
Coupe.
Section.

1 Beton / Concrete
2 Spanplatte / Plaque en fibre de bois / Chipboard

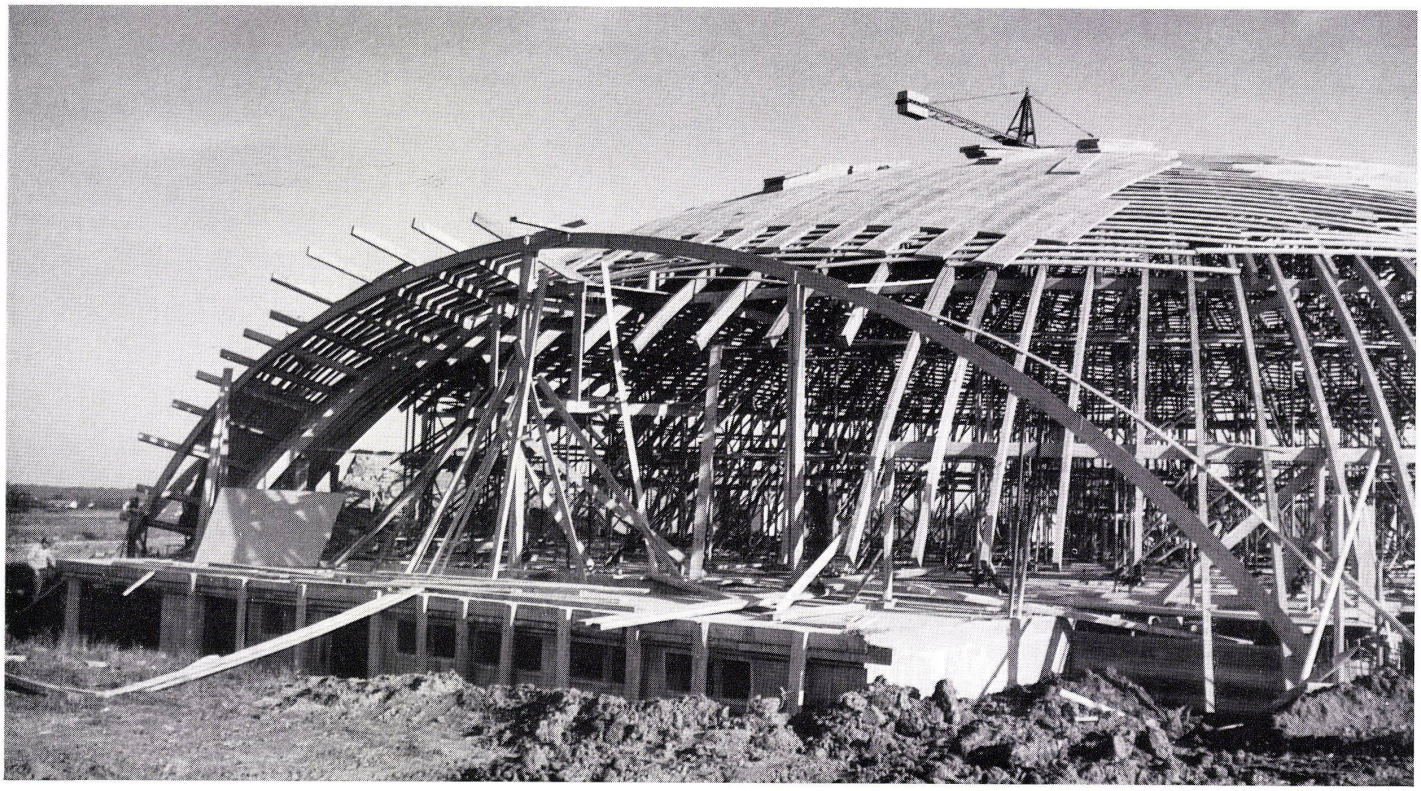
14
Grundriß.
Plan.

1 Zugglied / Membre tendu / Truss
2 Zentraler Zuganker / Anneau central de fixation / Central tension cable

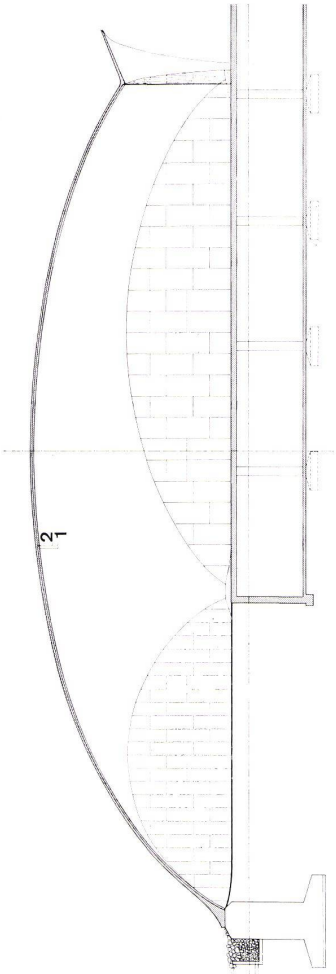
15
Ansicht 1:300.
Vue.
Elevation view.

16
Grundriß der Schalung.
Plan du revêtement.
Plan of the boarding.

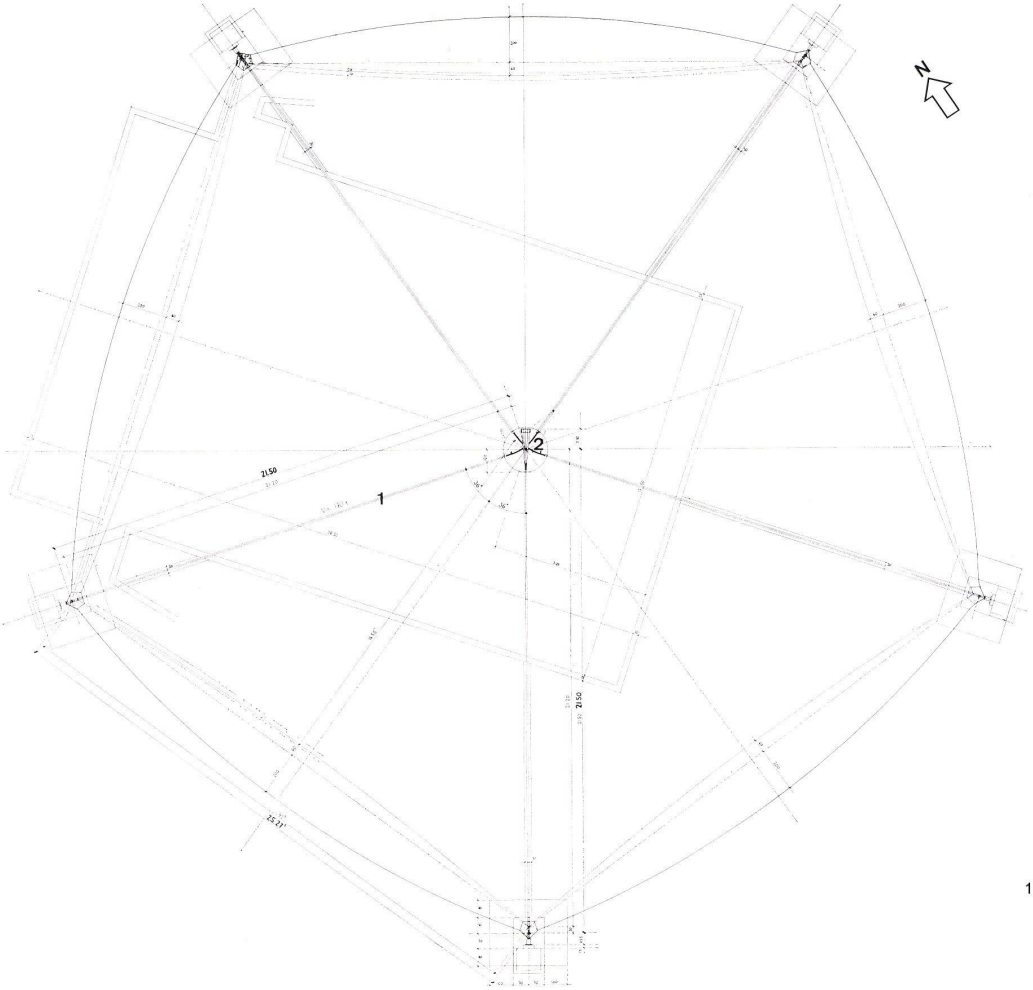
1–8 Bögen / Cintres / Bows



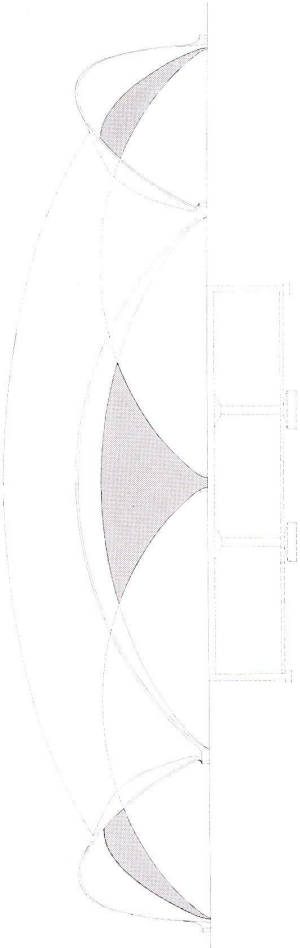
12



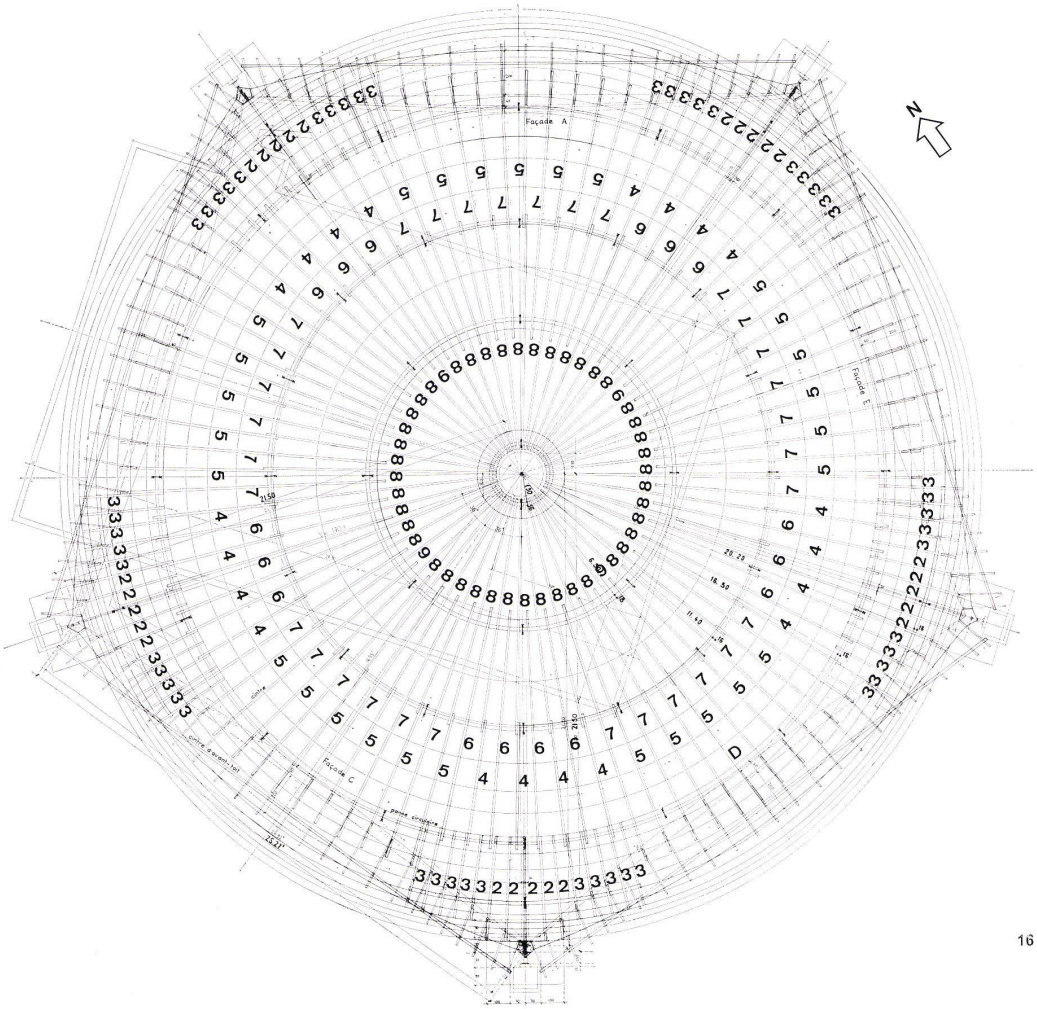
13



14

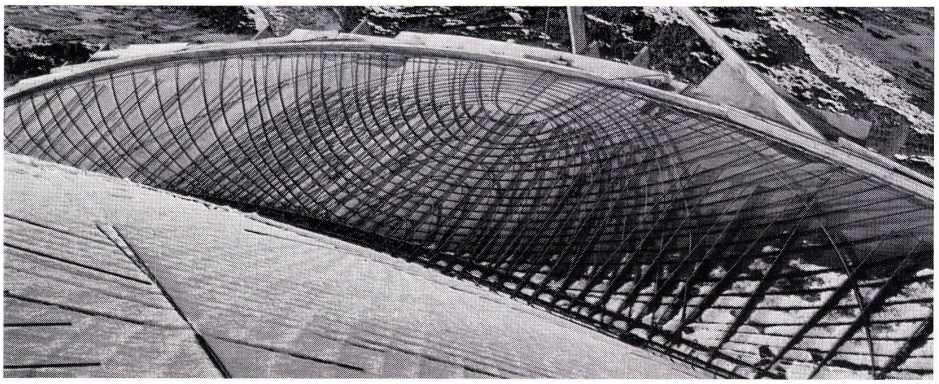


15

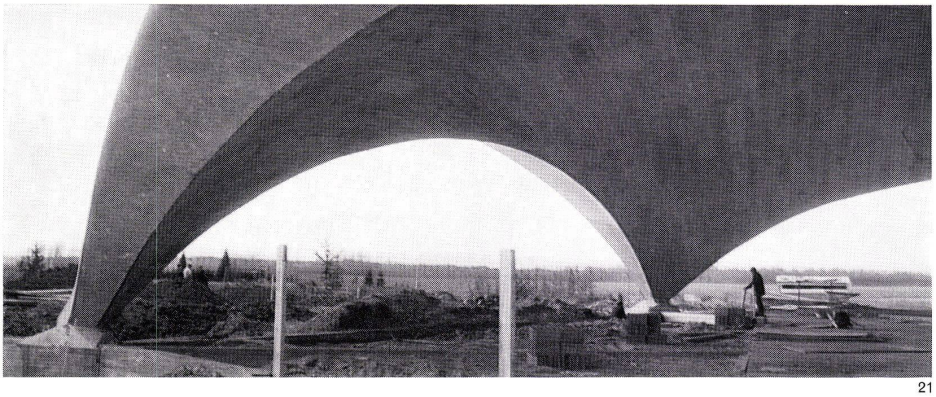


16

19



20



21

22

23

19
Montage der Fassade.
Montage de la façade.
Assembly of the elevation.

20
Armierung des Schalenrandes.
Armement du bord de la coque.
Reinforcement of the shell periphery.

21
Detailansicht.
Vue d'un détail.
Detail view.

22
Die Schale im Rohbau.
La coque à l'état brut.
The shell in rough construction stage.

23
Gesamtansicht.
Vue générale.
Assembly view.

24, 25
Innenansichten.
Vues à l'intérieur.
Interior views.

24

25