

<b>Zeitschrift:</b>	Werk, Bauen + Wohnen
<b>Herausgeber:</b>	Bund Schweizer Architekten
<b>Band:</b>	74 (1987)
<b>Heft:</b>	6: Sich in der Masse feiern = Se fêter soi-même dans la foule = A neutral celebration of self and crowd
 <b>Artikel:</b>	Die Konstruktion des Feierlichen : grosse Hallen : Bauten und Projekte
<b>Autor:</b>	Bubner, Ewald / Fritz, Johannes
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-56227">https://doi.org/10.5169/seals-56227</a>

### 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:** 16.02.2026

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

# Die Konstruktion des Feierlichen

## Grosse Hallen: Bauten und Projekte

Die Architekturen für grosse Menschenansammlungen fragen nach ihrem kulturellen, politischen Hintergrund. Welche Bedeutung haben diese Orte, wo sich Fremde treffen? Architektonische Traditionen verlangen nach ihrer Deutung für die Gegenwart: werden machtvolle Selbstdarstellungen von Regierungen und Institutionen abgelöst durch eine «offene» Architektur, durch Begegnungsorte, das Manipulierende durch die feierliche Selbstdarstellung der Masse ersetzt? Fragen, die die Architektur betreffen – ihre Umsetzung in eine Konstruktion und ihre Zeichen.

## Grandes halles: réalisations et projets

Les architectures pour les grands rassemblements de foule posent la question de leur arrière-plan culturel et politique. Quelle est la signification de ces lieux où se rencontrent des étrangers? Les traditions architecturales réclament leur explication contemporaine: les édifices représentant la puissance des gouvernements et des institutions sont-ils remplacés par une architecture «ouverte», par des lieux de rassemblement; la manipulation par l'autoreprésentation solennelle des masses? Des questions qui concernent l'architecture – sa traduction en construction et ses symboles.

## Large Halls: Buildings and Projects

Architectural designs intended to accomodate crowds have to take the cultural and political background of their meeting into account. For what significance do these places strangers will meet in have? Architectural traditions are moreover demanding their interpretation for our times: are mighty self-portraits of governments and institutions being replaced by an “open” kind of architecture, by meeting-places that is, and former manipulators by a solemn self-portrait of the multitudes? Undoubtedly questions concerning architecture – its transformation into a structure and its characteristics.

### Haj Terminal in Jeddah, 1986

*Architekten: Skidmore, Owens und Merrill*

Bedingt durch den ständig zunehmenden Flugtourismus, steigt auch die Zahl der islamischen Pilger, die per Flugzeug zur Haj im Rhythmus von zwölf Mondmonaten nach Mekka pilgern. Der Haj ist die grösste Wallfahrt der islamischen Religion, zu der heute schon jährlich 2 Millionen Pilger kommen.

Zur Entlastung des neuen Grossflughafens Jeddah, der auch zur Pilgerzeit von vielen Gesellschaften angeflogen wird, wurde deshalb neben dem nationalen und internationalen Terminal ein gesonderter Flughafen für die Pilger errichtet. Die Architekten Skidmore, Owes und Merrill entwarfen diesen Flughafen in Anlehnung an die traditionelle Bauweise dieses Landes: Ein Zeltdach mit rund 425 000 m<sup>2</sup> beschichtetem Gewebe, als offenes Schattendach konzipiert, bietet den Pilgern Sonnenschutz während der Wartezeit zwischen Flugabfertigung und Busfahrt nach bzw. von dem ca. 70 km entfernten Mekka.

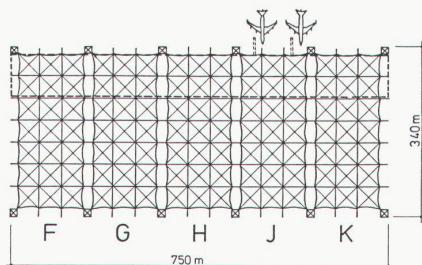
Das Zeltdach gliedert sich in zwei grosse Bereiche von je ca. 340×750 m.

Einer axial angeordneten Hauptstrasse liegen jeweils an den Längsseiten der beiden Zeltdächer geschlossene klimatisierte Terminals für die Abfertigung des Flugverkehrs gegenüber. Die Aufenthaltszone unter dem Zeltdach ist mit pavillonartigen Gebäuden ausgestattet, die der Information und dem Komfort der Pilger dienen: Informationsbüros, Bänken, Basare, Restaurants, Postschalter, Waschanlagen, Toiletten, Flugbüros, Taxistände, Busbahnhöfe, aber auch Bereiche zum Ruhen und Beten. Der schattige Bereich unter dem Zeltdach bietet Platz für maximal 80 000 Pilger. Die Zelthaut mit einer Transluzenz von 7% und einer Strahlungsreflexion von 75% erzeugt ein angenehmes Licht unter dem Dach, und eine frische, meist vom Meer wehende

Brise lässt eine klimatisierte Oase entstehen.

Strukturell besteht das Zeltdach aus 2×5 Grossseinheiten (Modulen), die jeweils aus 3×7=21 Kleineinheiten (Units) gebildet werden. Diese Zeltunits aus PTFE-beschichtetem Glasgewebe werden jeweils von 4 Randseilen begrenzt, die sich in 20 m Höhe als untere Dachgrenze zwischen Stahlstützen spannen. Die erforderliche Krümmung der einzelnen Zeltflächen wird durch einen zentral angeordneten Ring erreicht, der in 35 m Höhe mit 4 Seilen zu den 45 m hohen Mastköpfen hin abgespannt ist.

Die architektonische Konzeption knüpft mit dem leichten Membrandach an die traditionelle Zeltbauweise im arabischen Raum an. Sogar die quadratische



①

Aufsicht des Schattendaches / La toiture / The roof

②

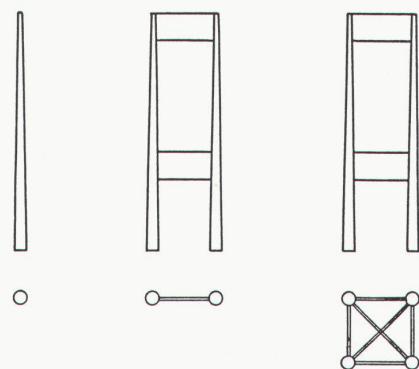
Einzel-, Rand-, Eckpylone / Pylônes / Pylons

③

Gesamtansicht / Vue générale / General view

④

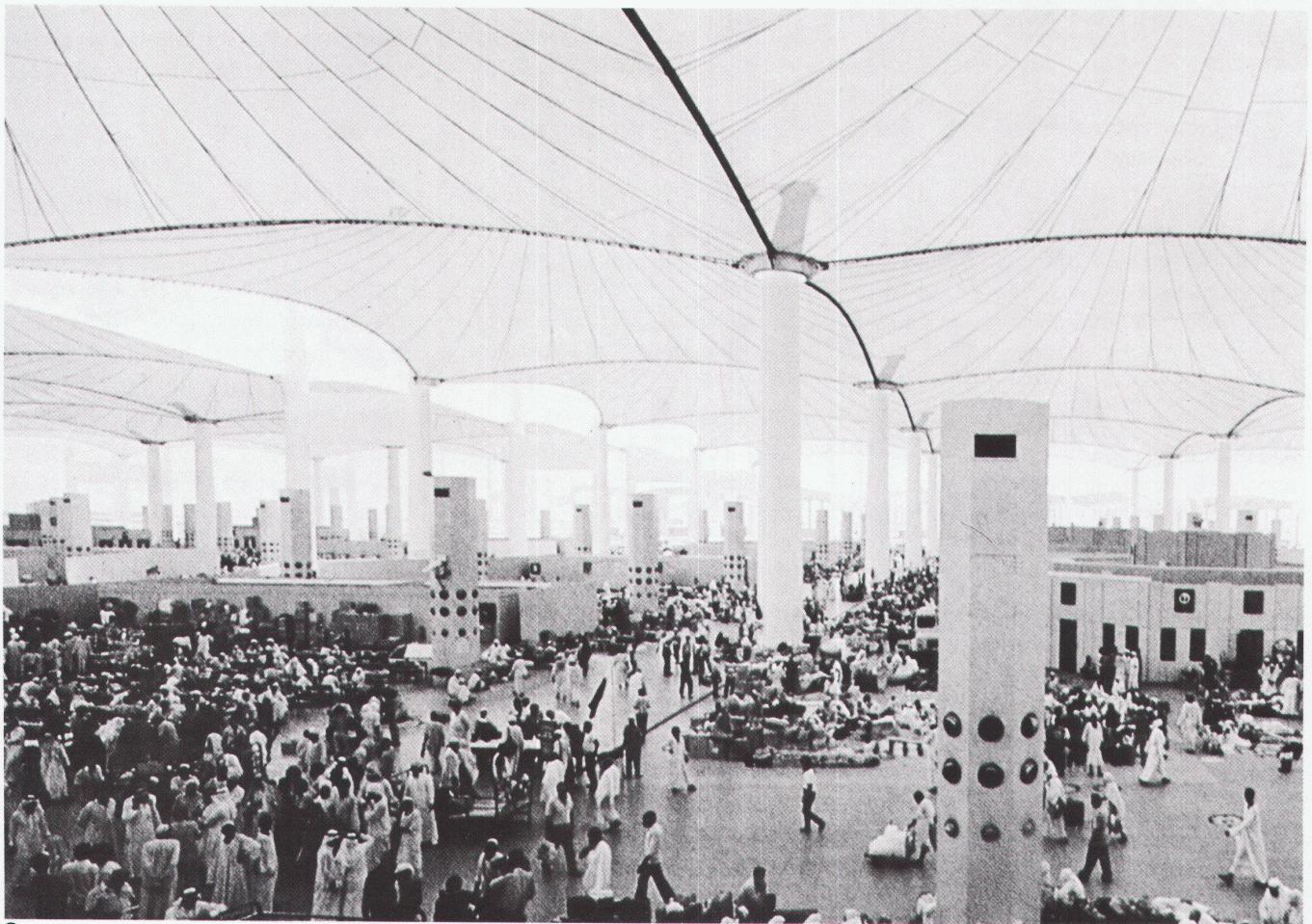
Innenraum / Le volume intérieur / Interior space



②



3



4



5

Form eines einzelnen Membranunits zeigt Ähnlichkeiten mit dem Dach des traditionellen Hauszeltes, wie man es auch noch heute zu Tausenden – z.B. beim Haj – findet: ein zentraler Hochpunkt und vier seitliche Begrenzungen gleicher Höhe. Beim Begehen des Schattenbereichs unter dem Dach stellt man un schwer fest, dass eine angenehme Weit räumigkeit unter dem Membrandach vor allem dadurch entsteht, dass der zentrale Hochpunkt eines jeden Membranunits nicht, wie sonst im Zeltbau üblich, durch einen Mittelmast gehalten wird, sondern durch im Innern nicht sichtbare Seile, die zu den vier Randmästen eines jeden Units schräg nach oben gespannt sind. Man verzichtet also auf den Mittelmast und trägt die Lasten über die Seile auf die vier Eckmäste ab, die dadurch allerdings je 10 m höher sind, als es bei einem zentral angeordneten Mast der Fall wäre. Der dadurch höhere konstruktive Aufwand ist von aussen deutlich wahrzunehmen. Für den Zeltbau untypisch ist auch das Fehlen jeglicher Abspannungen der äusseren Maste; die Zugkräfte werden

vornehmlich aus Platzgründen über Doppel maste an den Rändern und Vierfach maste an den Ecken abgetragen.

#### **Material und Konstruktion**

Die konischen Stahlrohrpylonen mit einer Länge von 45 m über Gelände gliedern sich in drei Gruppen:

##### ***Einzelpylone***

Sie stehen innerhalb des Zeltdaches und sind jeweils begrenzt von vier Membranfeldern:

Durchmesser unten: 2,50 m

Durchmesser oben: 1,25 m

Wanddicke s: 12–17 mm

Zur Erhöhung der Stabilität sind die Stahlrohrmaste bis zu einer Höhe von 22 m mit Beton gefüllt.

##### ***Randpylon***

Da zur Aufnahme horizontaler Kräfte am Rand die bei solchen Konstruktionen übliche Seilabspannung nicht der Architekturplanung entsprach, war es erforderlich, die Horizontalkräfte durch eine biegesteife Stützenkonstruk

tion in Form von Doppelstützen aufzunehmen:

Zwei Einzelpylonen sind durch zwei stählerne, 5 m hohe Rahmenriegel in ca. 20 und 40 m Höhe miteinander verbunden. Auch diese Maste sind bis zu einer Höhe von 22 m mit Beton gefüllt.

6

Montage der Masten / Montage des masts / Erection of the masts

7

Entfalten der Membrane / Déploiement de la membrane / Unfolding of the membrane

8

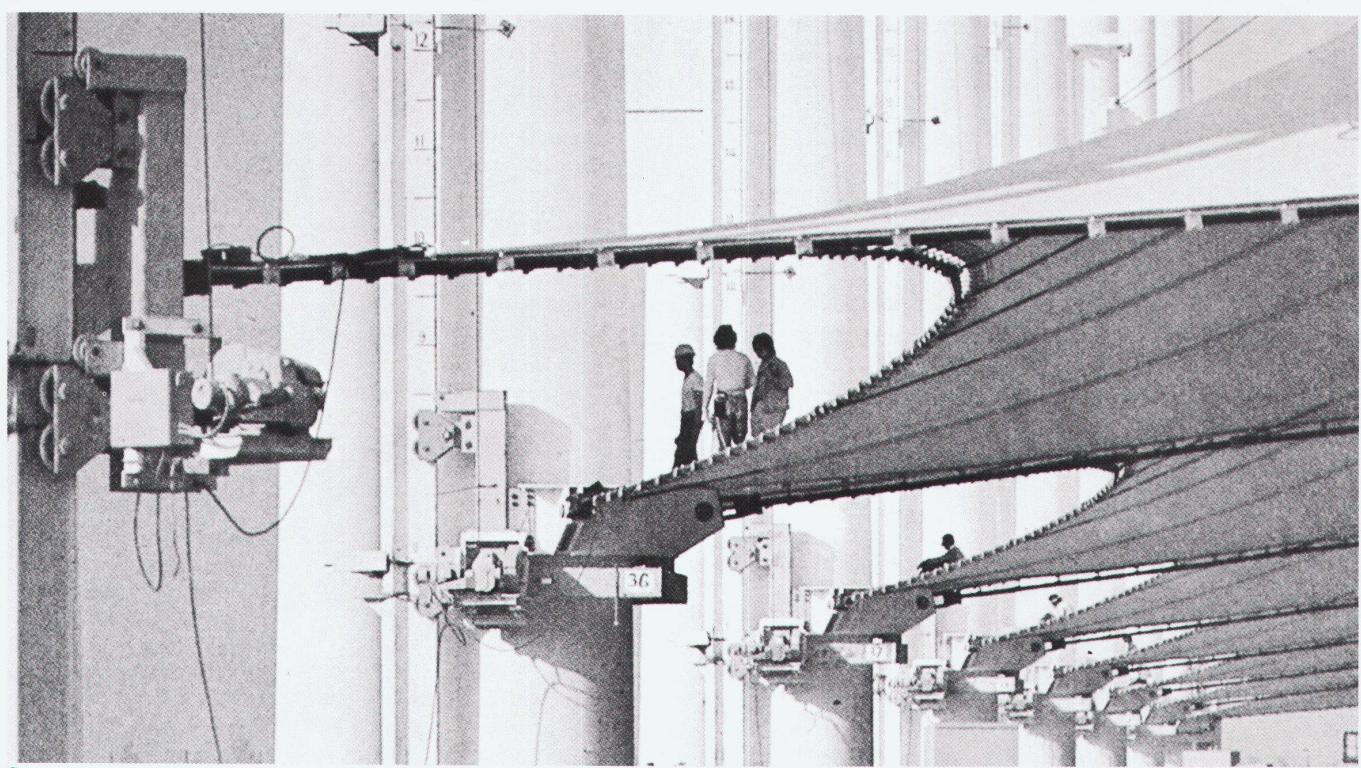
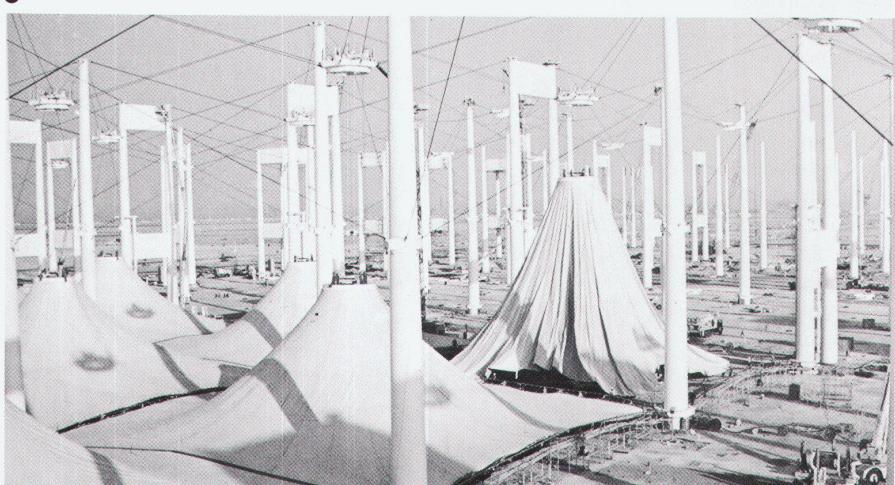
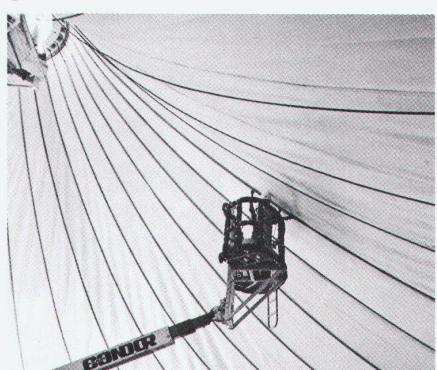
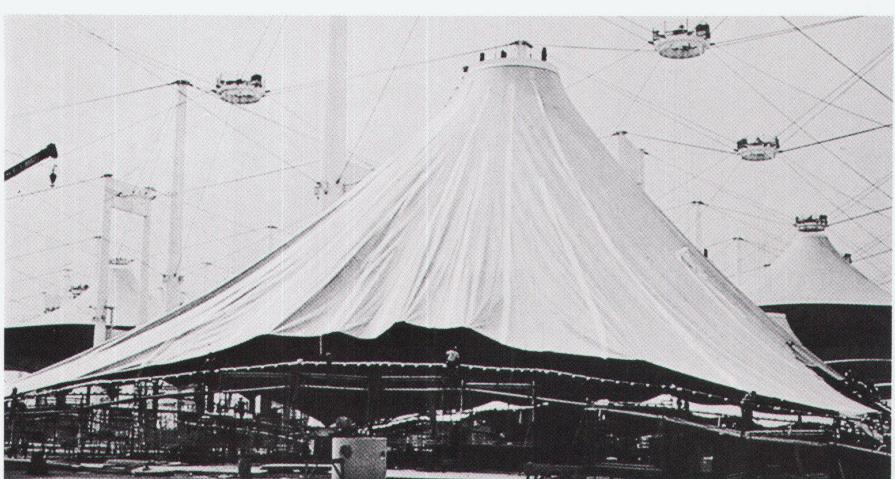
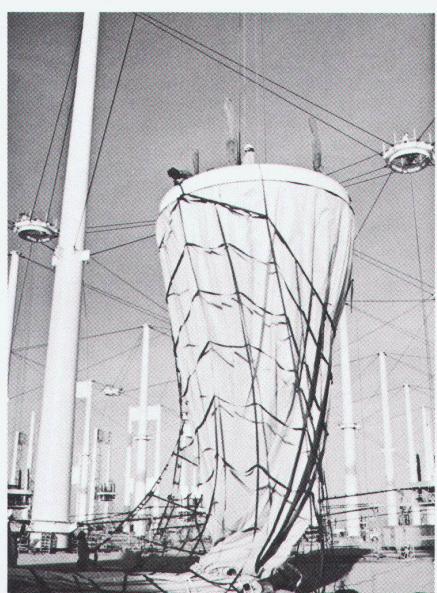
Anheben des unteren Ringteiles, Durchmesser 5 m / Levage de l'anneau inférieur, diamètre 5 m / Lifting of the lower ring section, diameter 5 m

9

Übersicht über mehrere Membranunits während der Montage am Boden / Vue d'ensemble de plusieurs unités de membrane pendant l'assemblage au sol / Membrane unit survey on the ground during assembly

10

Hochfahren des Moduls mit Spezialhubgeräten / Levage du module à l'aide d'engins spéciaux / Lifting the module



### Eckpylone

Die Anzahl und Ausführung der Eckpylonen aus jeweils vier Einzelpylonen mit entsprechender Anzahl der Rahmenriegel resultiert aus den an den Ecken jeweils in zwei Richtungen wirkenden Horizontalbeanspruchungen der Stützen. Die Betonfüllung reicht hier nur bis 1 m über Gelände.

Je nach Funktion und Beanspruchung sind die Seile wie folgt konstruiert und angeordnet:

### Hängeseile

Jeweils vier Seile ( $\varnothing 41,3$  mm) eines Units spannen sich vom Kopf der 45 m hohen Maste zum zentralen Ring der Membrane in 35 m Höhe. Sie tragen den zweiteilig ausgebildeten Ring, an dem die Membran von unten anschliesst. Die Seile sind mit Gabelhülsen an die Maste angeschlossen.

### Stabilisierungsseile

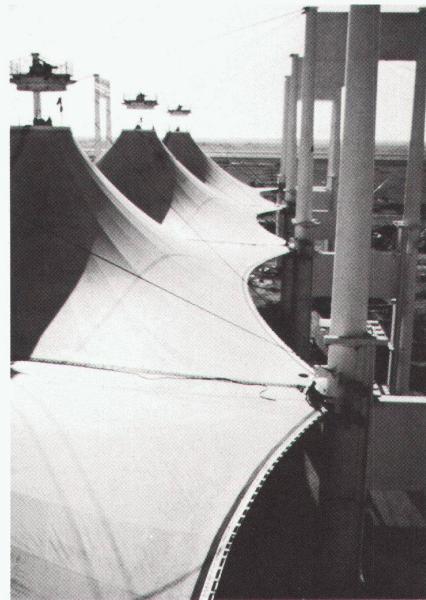
Die Seile mit einem Durchmesser von 31,8 mm dienen der zusätzlichen Halterung des zentralen Ringes und verlaufen jeweils zwischen dem Anschluss Dachrand/Pylon und dem mittleren Ring. Hängeseile, Stabilisierungsseile und Stahlring der Membrane bilden zusammen mit der Membrane ein ausschliesslich zugbeanspruchtes Tragsystem.

### Gratseile ( $\varnothing 63,5$ mm), Randseile ( $\varnothing 50,8$ mm)

Sie begrenzen die Ränder der Zeltunits. Stossen zwei Membranfelder direkt zusammen, bilden sie einen nach oben gewölbten Grat, der durch das Gratseil gebildet wird. Am äusseren Rand der Modulen laufen Randseile mit einem Stich von ca. einem Siebtel der Länge in die Membranunits kreisförmig ein.

### Radialseile

Unterhalb eines jeden Zeltunits sind 32 Seile ( $\varnothing 15,9$  mm) radial angeordnet. Zusammen mit der Membrane bilden sie eine Einheit in der Tragwirkung, besonders bei hohen Windbelastungen. Um örtliche Spannungsspitzen zwischen Membrane und Seil zu vermeiden, ist die

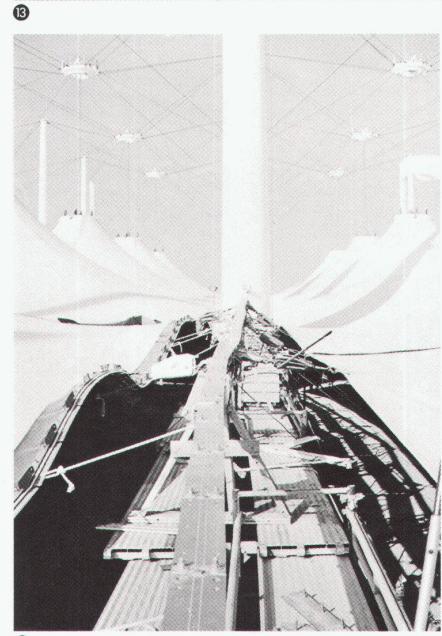
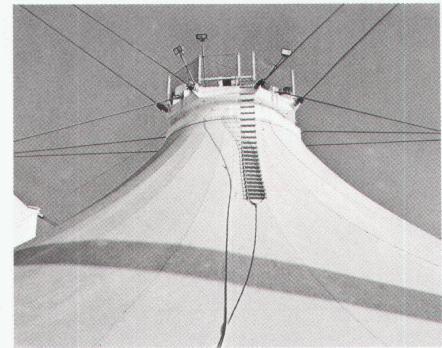


12 Verbindung Seil/Membrane flexibel gehalten, das Seil verläuft lose in einer Membrantasche.

Infolge der Nähe zum Roten Meer ist die Korrosionsgefahr in Jeddah und Umgebung außerordentlich gross. Der Korrosionsschutz der Stahlteile musste deshalb mit dem höchstmöglichen Standard ausgeführt werden.

Der Schutz der Seile und ihrer Stahlverbindungen wurde nach Tests, ausgeführt vom Southwest Research Institute, San Antonio, und von Chiers, Châtillon, Gorey (CCG), Bourg-en-Bresse, wie folgt festgelegt:

- Hochwertige Verzinkung der Einzeldrähte vor dem Verseilen.
- Seifüllung mit amorphem Polypropylen (PP), das anstelle des Seiftettes in flüssiger Form direkt beim Verseilen zugegeben wurde und später im Innern weitgehend hohlräumfrei erhärtete.
- Seilummantelung mit einem Polyurethan-(PU)-Schlauch, der nach dem Verseilen durch Schrumpfung aufgebracht wurde.
- Anschluss an den Vergusskopf (Gabel-



hülse) mit amorphem PP in konischer Form (Bondbreaker) zuzüglich PU-Spray über Vergusskopf und Seil bis zu 50 cm Länge.

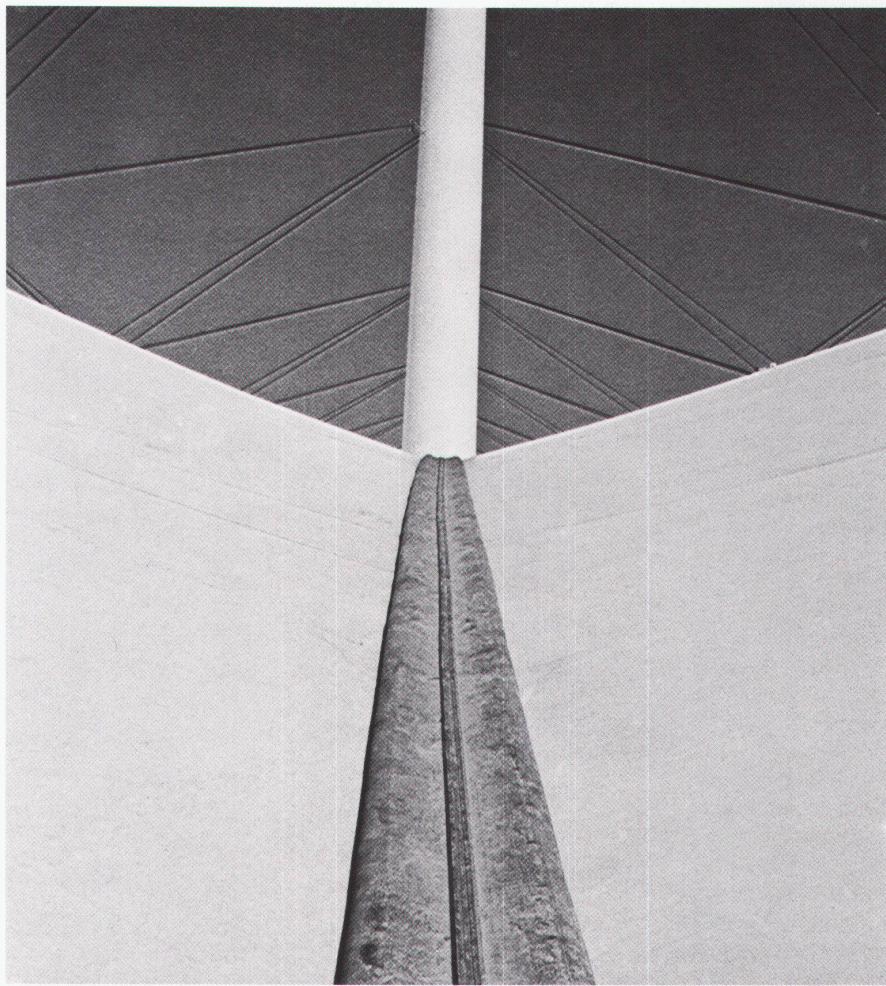
Die konusartige Ausbildung des Anschlusses sollte einerseits einen «harmonischen» Übergang zwischen Seil und Vergusskopf gewährleisten, andererseits aber so kurz wie möglich sein, um Beschädigungen des PU-Materials beim Transport zu vermeiden. Da sich das Seil bei Beanspruchung dehnt, war eine ausreichende Flexibilität des Korrosionsschutzes erforderlich. Bezogen auf die Beschichtungsdicke, betrug die Flexibilität 400–600%.

### Membrane

Die «Haut» des Zeltdaches, die technische Membrane, ist ein Verbundbaustoff aus zwei Materialien:

1. aus dem in Leinwandbindung hergestellten Glasgewebe;
2. aus der beidseitigen Beschichtung des Gewebes mittels PTFE, in diesem Fall mit dem DuPont-Produkt «Teflon».

Bei diesem Verbundbaustoff über-



15

tragen die Fasern die auf die Membranfläche wirkenden Kräfte ausschliesslich als Zugkräfte auf die Radial- und Randseile; die Beschichtung schützt die Faser vor Zerstörung durch mechanischen Abrieb, Wärme und Feuchtigkeit (Glas kann durch die kombinierte Wirkung von Feuchtigkeit und Wärme im Laufe der Zeit zerstört werden).

Um eine möglichst grosse Flexibilität für die Herstellung, den Transport und die Montage des Gewebes zu erreichen, wurden die an sich spröden Glasfasern in einer Dicke von nur 4 µm hergestellt. Die 6 cm breiten, hochfrequenzverschweissten Nähte der einzelnen speziell zugeschnittenen Gewebebahnen übertragen die in den Fasern wirkenden Kräfte über die jeweils miteinander verschweissten Beschichtungsanteile der Naht. Eine ausreichende Haftung zwischen Gewebe und Beschichtung sowie zwischen den verschweissten Nahtflächen ist für die Lebensdauer entscheidend.

Die PTFE-Beschichtung gewährleistet neben dem Schutz des Glasgewebes durch ihre glatte Oberfläche und die feh-

lende Tendenz, mit organischen Bestandteilen der Luft Verbindungen einzugehen, wie es z.B. bei PVC durch den Weichmacher der Fall sein kann, über Jahre eine sehr saubere, sich bei Regen selbst reinigende Oberfläche. Gewebe und Beschichtung wurden entsprechend ihrer Beanspruchung in statischer, dynamischer und bauphysikalischer Sicht festgelegt. Die Reissfestigkeit dieses Gewebes beträgt z.B. 170–175 kN/m, das heisst, dass man ca. 17 t an einen 1 m breiten Gewebestreifen hängen muss, ehe das Gewebe reisst.

Konstruktionen, die überwiegend zugbeansprucht sind, zeigen in ihren unterschiedlichen Spannungszuständen ein ausgeprägt komplexes Tragverhalten. Hinzu kommt, dass ein Teil der zugbeanspruchten Elemente, wie die Membrane, in ihrem Materialverhalten nicht so exakt erfasst werden kann, wie es z.B. bei den Stahlseilen der Fall ist. Je nach Methodik der Herstellung beim Weben und Beschichten weichen die Membraneigenschaften von den Materialdaten mehr oder weniger ab.

Die Problematik einer solchen zugbeanspruchten Konstruktion lässt sich wie folgt verdeutlichen:

Um die theoretisch vorgegebene Geometrie der Membrane zwischen den jeweiligen Aufhängepunkten an den Pylonen auch praktisch zu erreichen und beizubehalten, war es unbedingt erforderlich, dass die Pylonen exakt gegründet und eingemessen wurden. Jede auch nur geringe Abweichung der Mastgeometrie

**11**  
Beginn des Spannprozesses durch Heranfahren des unteren Ringteiles an den oberen Ring / Début de la phase de tension par levage de l'anneau inférieur vers l'anneau supérieur / Starting the tensing process by approaching the lower ring unit to the upper ring

**12**  
Transport der Montagetruppe mittels eines Kranes / Transport de l'équipe de montage par une grue / Transport of the assembly crew with the help of a crane

**13**  
Die fertig montierte Membrane im oberen Ring / La membrane mise en place dans l'anneau supérieur / The mounted membrane in the upper ring

**14 15**  
Gratseil, während der Montage; Gratseil, fertig montiert / Câble d'arête pendant le montage; câble d'arête mis en place / Arris rope during the assembly; arris rope once mounted

von der Soll-Position hätte Spannungsdifferenzen in die Membrane gebracht, die im Bereich von einigen Zentimetern schon zum Bruch der Membrane führen könnten. Die Einhaltung der exakten Position der Maste war um so schwieriger, als der Baugrund aus einer meterdicken Schicht Korallenboden bestand, der in seiner natürlich gewachsenen Struktur sehr unterschiedlich ist und dessen Verhalten bei Belastung sich vorher nicht so präzise voraussagen liess wie bei Kies- oder Sandböden.

Um die Membranfläche eines jeden Units ausreichend sattelförmig<sup>1</sup> zu krümmen, müssen die einzelnen Bahnen entsprechend zugeschnitten werden.

Der «unkompensierte Zuschnitt» zeigt die Bahnenform, die sich ausschliesslich aus der vorgegebenen Geometrie ergibt. Der «kompensierte Zuschnitt» berücksichtigt zusätzlich die unterschiedlichen Dehnungen in Kett- und Schussrichtung der Gewebebahnen bei einer festgelegten Vorspannung.<sup>2</sup> Beim Haj Terminal wurde die Kettrichtung um ca. 1%, die Schussrichtung um ca. 4,5% kompensiert, d.h. gekürzt.<sup>3</sup> Voraussetzung für die richtige Kompensierung war die genaue Kenntnis des Materials, das nicht nur von Rolle zu Rolle, sondern auch innerhalb einer Rolle unterschiedlich sein kann.<sup>4</sup>

Entsprechende Messungen zur Prüfung der Festigkeits- und Dehnungseigenschaften des Gewebes (biaxial, monoaxial) waren die Ausgangsbasis für den exakten Zuschnitt.

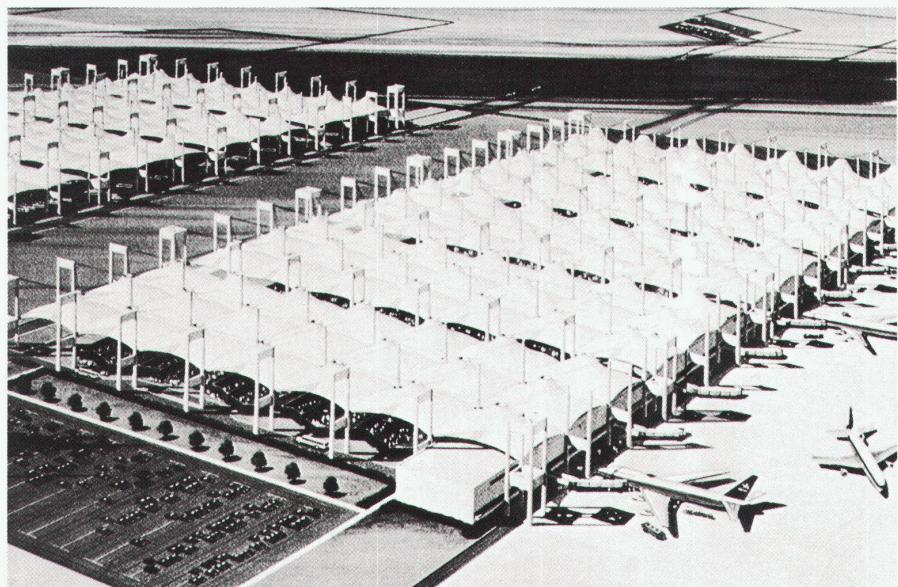
Der Anschluss Membranbeschlag/Gratseil bzw. Randseil geht über eine Seilklemme in Form eines U-Bolzens. Da die Seile aus Gründen des Korrosionsschutzes zusätzlich mit einem PU-Schlauch aufgeschrumpft waren, laufen die Kräfte direkt über das Polyurethan.

<sup>1</sup> Sattelförmig: negative Gaußsche Krümmung. Jeder Punkt der Fläche wird durch positiv und negativ gekrümmte Fadenscharen in der Fläche gehalten, die im günstigen Fall rechtwinklig oder nahezu rechtwinklig zueinander stehen.

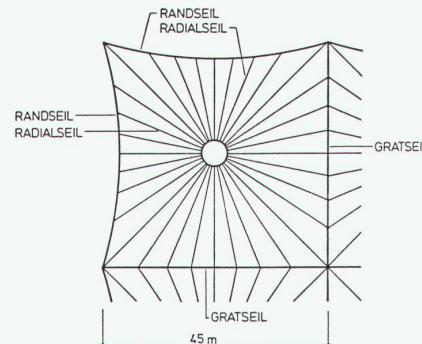
<sup>2</sup> Vorspannung: plamässig eingebrachte Zugspannung als Dauerspannung zur Formgebung der kinematisch instabilen Membrane.

<sup>3</sup> Die Unterschiede in der Dehnung zwischen Kett- und Schussrichtung sind durch den Herstellungsprozess bedingt.

<sup>4</sup> Beschichtete technische Gewebe werden in Rollenform geliefert.



16

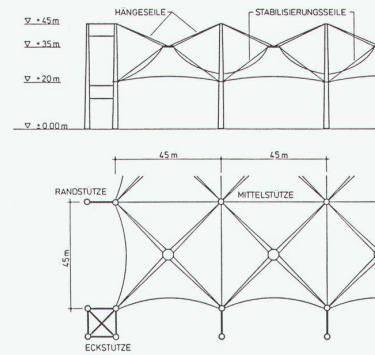


17

Es musste sichergestellt werden, dass der U-Bolzen den PU-Schlauch im Laufe der Zeit nicht zerdrückt. Versuche mit Korrosionsschutzmaßnahmen und Kraftübertragungen dieser Art führten bei früheren Bauten wegen der nicht ausreichenden Beanspruchbarkeit des Kunststoffes zu keiner zufriedenstellenden Lösung.

Bei der Befestigung der Membrane am Beschlag der Seile wurden Metalle unterschiedlicher Güte und unterschiedlicher Lage in der Spannungsreihe verwendet. Durch entsprechende Auswahl und Anordnung sowie mit Hilfe von neutralen Zwischenschichten wie PVC oder Neoprene wurde erreicht, dass die bei Regen oder Tau mögliche galvanische Korrosion nicht entstehen kann.

Die Länge der membranstützenden Radialseile musste exakt der Membrangeometrie angepasst sein. Bei zu kurzen Seilen wird die Membrane durch die Seile zusätzlich belastet, bei zu langen Seilen, unter extremer Last, zu spät durch die Seile gestützt. Die unterschiedlichen E-Moduln von Seil und Membrane, ihr

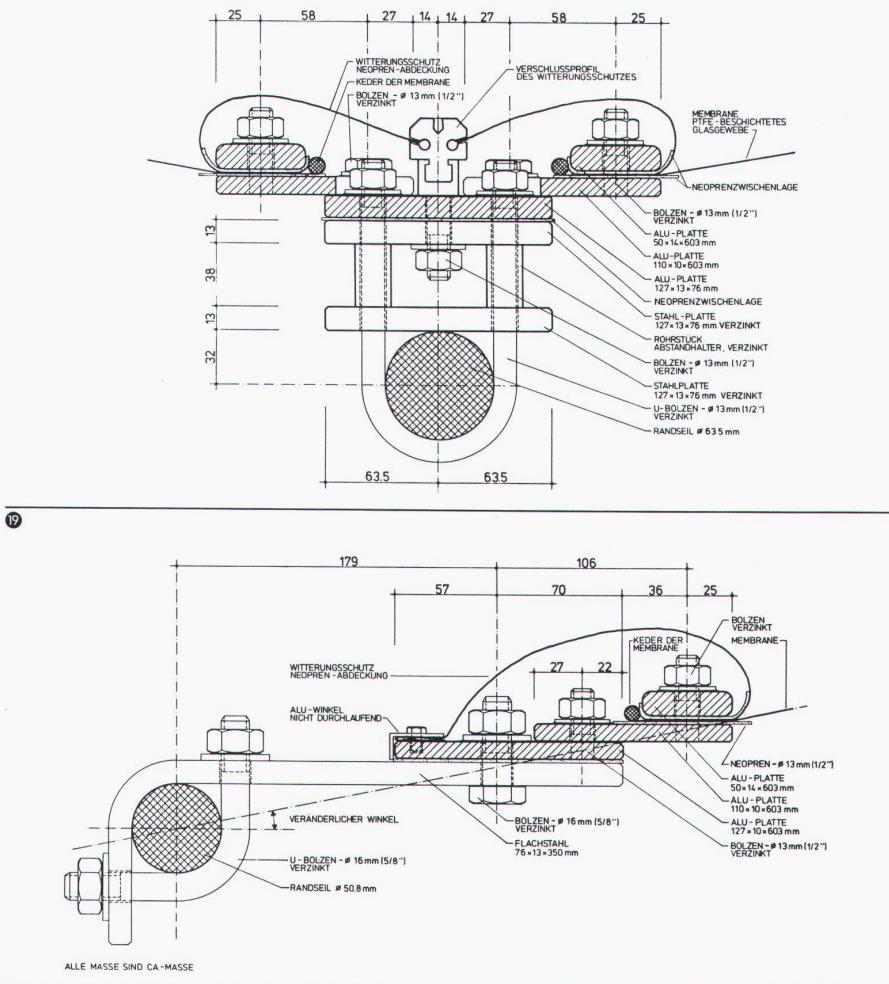


18

unterschiedliches Verhalten bei Wärme sowie die Geometrien der Anschlüsse von Seil und Membrane, vor allem am zentralen Ring, waren die entscheidenden Faktoren bei der Bestimmung der Seillängen.

#### Transport

Die 464 Pylonen wurden in Japan gefertigt, per Schiff angeliefert und vom Hafen zur Baustelle mit Spezialfahrzeugen transportiert. Die in Südfrankreich produzierten Seile wurden, auf grosse Trommeln gerollt, ebenfalls verschifft. Die Membranen wurden in den USA gewebt und beschichtet, zugeschnitten und konfektioniert. Der Transport erfolgte auch auf dem Wasserwege. Die Verschiffung von Masten und Seilen liess sich ohne Schwierigkeiten durchführen, da hier normale Stapel- und Rollverfahren angewendet werden konnten. Die Problematik lag bei der Membrane. Die relativ harte PTFE-Beschichtung und die knickempfindliche Glasfaser der Membrane bedingten ein sehr sorgfältiges Zusammenlegen der Membrane. Dies gilt um so



mehr für sattelförmige Membranen, da räumlich zugeschnittene und verschweißte Bahnen sich nicht wie abwickelbare Flächen in die Ebene klappen lassen. Es musste daher ein Verfahren gewählt werden, das durch die nicht zu vermeidenden Faltungen eine Beschädigung der Beschichtung und ein Knicken der Fasern weitgehend ausschließt. Das Ergebnis sorgfältiger Recherchen ergab für jeden Unit von 45×45 m einen Container von ca. 8×2×2 m Grösse, in der die Faltungen auf ein Mindestmass reduziert und die kritischen Bahnenfaltungen durch Papprollen am Knicken weitgehend gehindert wurden.

#### 16 Modell / Maquette / Model

17 18 Pläne für die Hängeseile / Plans des câbles de suspension / Plans for the suspension ropes

19 Anschluss Membran–Randseil / Raccordement membrane – câble de rive / Connection: membrane/edge rope

20 Anschluss Membran–Gratseil / Raccordement membrane-câble d'arête / Connection: membrane/arris rope

#### Montage

Der Montageablauf lässt sich stichwortartig wie folgt beschreiben:

- Aufstellung und Einmessung der Stahlpylone ( $h = 45$  m),
- Befestigung der Tragseile ( $h = 45$  m) und der Spannseile ( $h = 20$  m) an den Pylonen zur Halterung des oberen Teiles des zentralen Ringes ( $h = 35$  m).
- Entfalten der Membrane aus der Containerkiste und Befestigen der Membrane an dem unteren Teil des zentralen Ringes ( $h \approx 6$  m).
- Nach der Befestigung wird der untere Ringteil angehoben ( $h \approx 6$  m →  $(h \approx 12$  m)).
- Befestigung der Membrane an den Rand- bzw. Gratseilen.
- Einarbeiten der Radialseile in die Membrantaschen der Units ( $h \approx 2$  m →  $h \approx 12$  m).
- Hochfahren eines Moduls ( $3 \times 7$  Units) gleichzeitig durch Anheben der Rand- und Gratseilenden mit Spezialhubgeräten, die direkt an den Masten befestigt waren.
- Hochfahren des unteren Ringteiles an

das obere Ringteil, bis sich eine leichte Vorspannung eingestellt hat.

– Spannen der Units durch langsames Heranfahren des unteren Ringteiles an den oberen Ringteil bei gleichzeitiger Überprüfung der vorgegebenen Membranspannungen.

Dies erfolgte durch zwei verschiedene Methoden:

a) rechnergesteuert nach dem Prinzip, dass mit geringer werdendem Abstand zwischen dem oberen und dem unteren Ringteil die Vorspannung in der Membrane zunimmt;

b) durch Messungen künstlich erzeugter Impulse direkt auf der Membranoberfläche.

Gemessen an der Grösse und der Neuartigkeit des Bauwerks, verlief der Montageablauf – abgesehen von den üblichen Anfangsschwierigkeiten – reibungslos, der Bau konnte sieben Monate früher als geplant fertiggestellt werden.

Gegenüber biegeweichen Konstruktionen, deren Montage der Elemente auf einem mehr oder weniger erfahrenen Prozess der Verlegung beruht, ist die Montage einer biegeweichen, zugbeanspruchten Konstruktion insofern schwieriger, als die einzelnen Teile erst beim Erreichen der endgültigen Position ihre geplante Vorspannung erreichen. Schon vor dem Abschluss der Montage könnte die Membrane den endgültigen Vorspannungszustand haben, obwohl die endgültige Position der Membrane noch nicht erreicht worden ist. Montageprozesse früherer Bauten sind Beispiele dafür.

Ewald Bubner

Ewald Bubner  
Prof. Dr.-Ing. Architekt/Bauing., geb. 1932, Studium in Berlin, selbständig in Berlin 1960–1967. Mitarbeiter und Partner von Frei Otto in Berlin und Stuttgart 1967–1975. Seit 1975 Professor für Baukonstruktion/Konstruktive Gestaltung im Fachbereich Bauwesen der Universität-GH-Essen.

#### Arbeits schwerpunkte:

- Leichtbau (weitspannende Konstruktionen aus Membranen, Gittern, Netzen);
- Selbstbildende Strukturen im Meerwasser;
- Konstruktionen für erdbebengefährdete Gebiete in Entwicklungsländern;
- Forschungs- und Lehraufenthalte in England (Cambridge), USA (Harvard, Carnegie-Mellon), Peru (Lima).  
Der Verfasser war von 1978 bis 1981 Berater des Construction-Managers für Haj Terminal.

Ein weiterer Bericht erscheint mit detaillierten technischen Angaben in «Membrankonstruktionen» 5, Mitteilungen des Institutes für Baukonstruktion/Konstruktive Gestaltung der Universität Essen.

### «Natürliche» Grossräume – drei Beispiele

*Diplomatic Club, ein Kulturforum und Freizeitzentrum in Riad, 1986*

*Architekten: OHO – Joint Venture: Atelier Frei Otto mit Johannes Fritz, Büro Happold, Bath, England, Omrania Architects, London/Riad*

Die leichten, flexiblen Zelte der Handel treibenden Nomaden bildeten über Jahrhunderte hinweg einen Gegensatz zu den schweren Lehmmauern, mit denen der sesshafte Teil der Bevölkerung Gehöfte und Siedlungen umgab. Hinter den massigen Mauern bildeten sich blühende Oasen. Sie wurden von den umherziehenden Händlern mit Gütern versorgt und boten diesen Stützpunkte, wo sie Wasser und Proviant aufnehmen konnten.

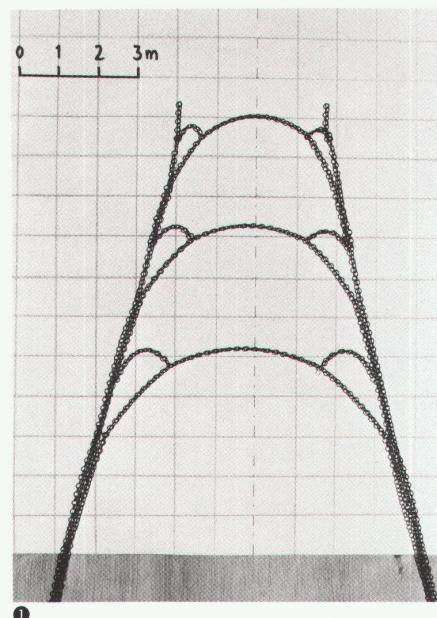
Die beiden verschiedenen Architekturen, Zeltbau und Festungsbau, wurden zur Ausdrucksform zweier gegen-

sätzlicher Lebensweisen, die sich ergänzen und gegenseitig ermöglichen. Gemeinsam prägen sie die Kultur der arabischen Länder.

Das Zelt der Nomaden, die traditionelle Stadtmauer und die geschützte Oase – diese drei geschichtsträchtigen Bauelemente bilden die Grundlage für das Entwurfskonzept des Diplomatic Club. Sie wurden mit den Mitteln heutiger Architektur umgesetzt und in einem kontrastreichen Gesamtentwurf kombiniert. Der Diplomatic Club entstand als Freizeitzentrum und Kulturforum des neuen Diplomatenviertels am Rande von Riad und wurde 1986 fertiggestellt. Ein mauerartiges, geschwungenes Gebäude umschliesst fast vollständig eine künstliche Oase. In diesem wandartigen Gebäude, das mit «Riadstone», dem örtlichen Sandstein der Wüste, verkleidet ist, befinden sich die kleineren Clubräume sowie ein kleines Hotel. Die Querschnittsform des 3geschossigen Gebäudes wurde vom Atelier Frei Otto – in der Tradition arabischer Gewölbe – als reine Druckform im Hängemodell ermittelt.

Zu beiden Seiten des nördlich gelegenen Eingangsbereiches beginnt das Gebäude eingeschossig und steigt stufenweise bis zur Dreigeschossigkeit an. Die so entstehende Dachlandschaft wird gärtnerisch gestaltet und ist über die gesamte Länge von 500 m begehbar. Man kann al-

so in einem Rundgang – beginnend in der Gartenoase – über Treppen und Rampen von Plattform zu Plattform schlendern, von einer der Sitznischen den Blick in die Weite der Wüste gleiten lassen und dabei den kühlenden Wüstenwind geniessen. Nach der innenliegenden Seite fällt der Blick in die Palmen und Blütensträucher der Gartenoase mit saftigen Rasenflächen, Brunnen und Teichen, zu denen man am Ende des Rundgangs wieder hinabsteigt. So wird die Gartenoase – der



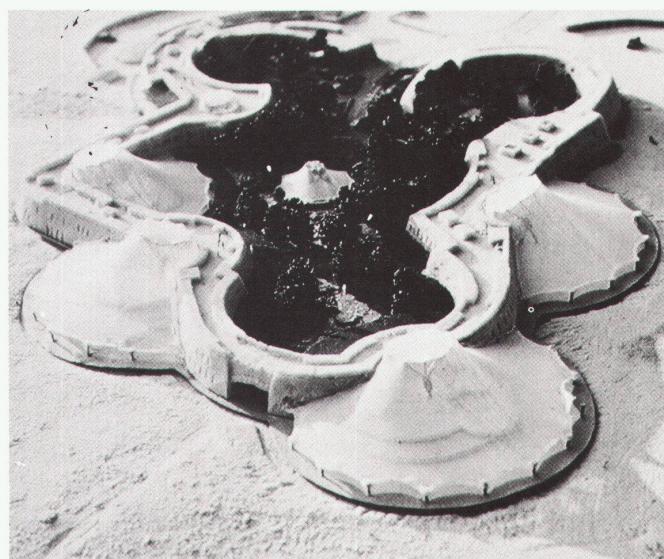
1-6

Diplomatic Club in Riad / Diplomatic Club à Riad / Diplomatic Club in Riad

1 Druckform im Hängemodell / Forme comprimée sur le modèle suspendu / Pressure shape in suspended model

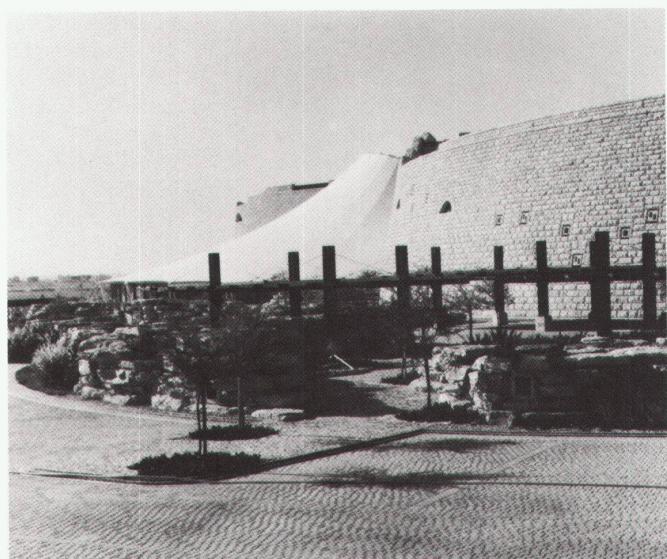
2 Modell / Maquette / Model

3-6 Detailansichten der Zeltkonstruktion / Vues détaillées / Detail views

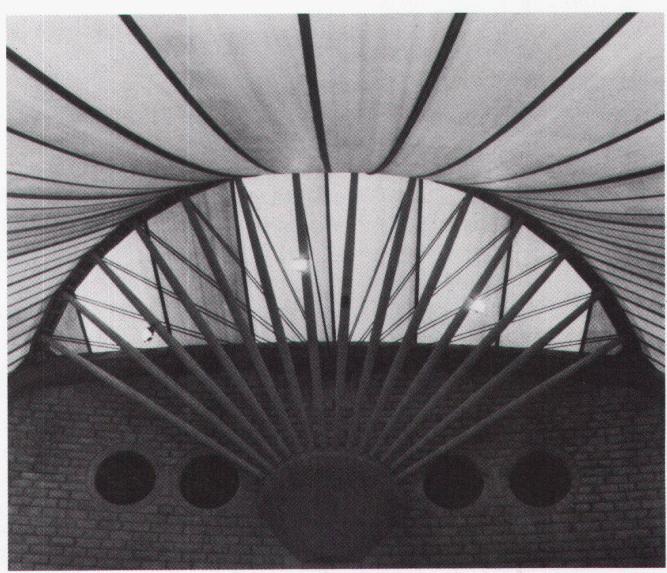
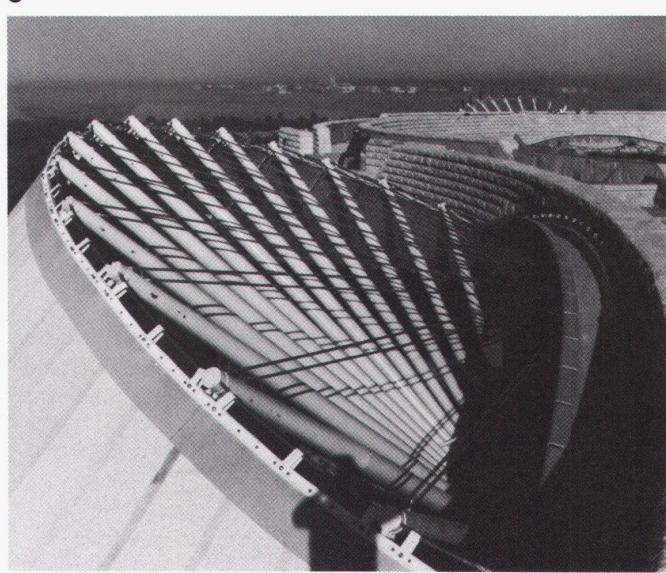
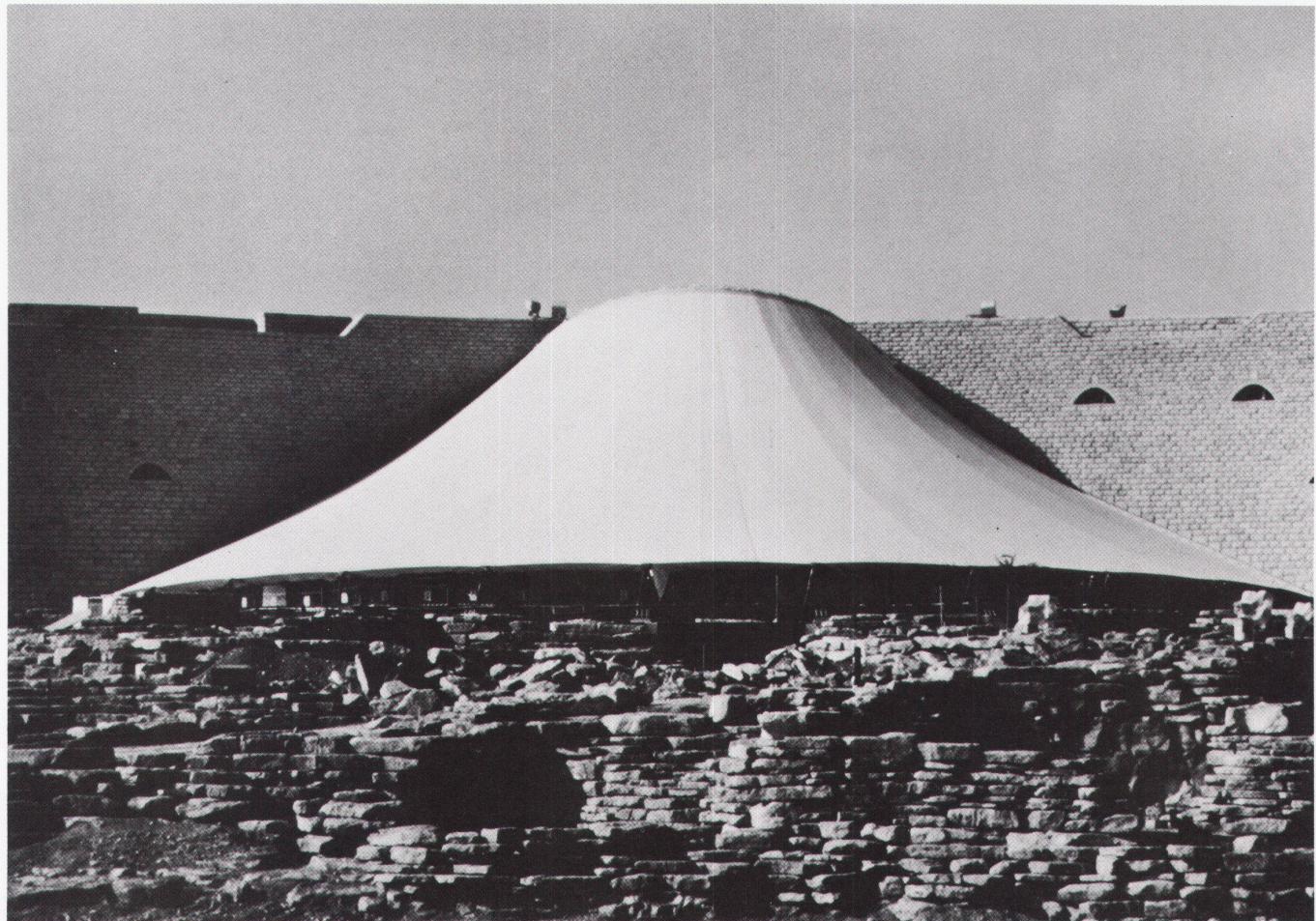


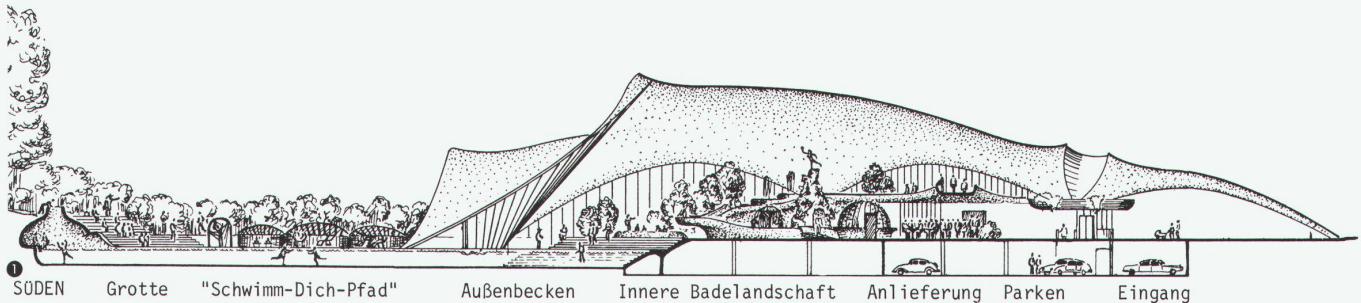
2

52



3





eigentliche «Grossraum» des Clubs – vielfältig erlebbar.

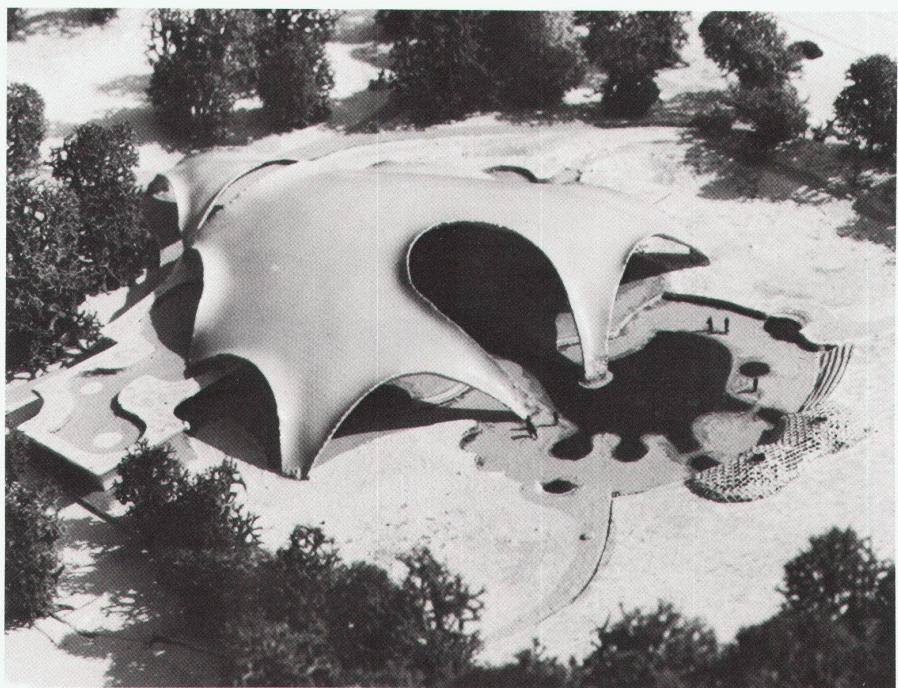
Drei strahlend weisse Zelte sind mittels filigraner, strahlenförmiger Stützkrone an der Aussenseite des Gebäudes aufgehängt und nach aussen abgespannt. In diesen Grossräumen befinden sich Sporthalle, Lounge und Restaurant. Ihre versetzten Ebenen mit weichen, geschwungenen Grundrissformen bilden abwechslungsreiche Raumlandschaften, gegliedert durch Pflanzen und kühlende Wasserflächen.

Die leichten, lichtdurchfluteten Zelte wurden bewusst in Kontrast gesetzt zu dem schweren, festungsartigen Gebäude. Beide Elemente steigern sich gegenseitig in ihrer Wirkung und erzeugen gemeinsam spannungsreiche räumliche Abwechslung.

*Thermalbad Sonnenhügel, Projekt  
Architekten: Michael Balz und  
Johannes Fritz, Stetten/Stuttgart, 1985, Beratung:  
Heinz Isler, Burgdorf*

Optimale Schalenformen können in Hängemodellen aus Ketten, Geweben oder Membranen entwickelt werden. Im hängenden Zustand bilden sie reine Zugformen. In der Umkehrung werden sie zu optimalen Druckformen, zu Gewölben, die mit einem Minimum an Masseaufwand grosse Spannweiten überdachen können. Schalen, die nach diesen einfachen, natürlichen Gesetzen der Schwerkraft entwickelt sind, eignen sich optimal, um Grossräume harmonisch und ökologisch sinnvoll in eine Landschaft einzubinden.

Die Betonschalenbauweise – massgeblich geprägt durch den Schweizer Ingenieur Heinz Isler und erfahrene Schalenarchitekten wie Michael Balz – bietet noch vielfältige neue Möglichkei-



2

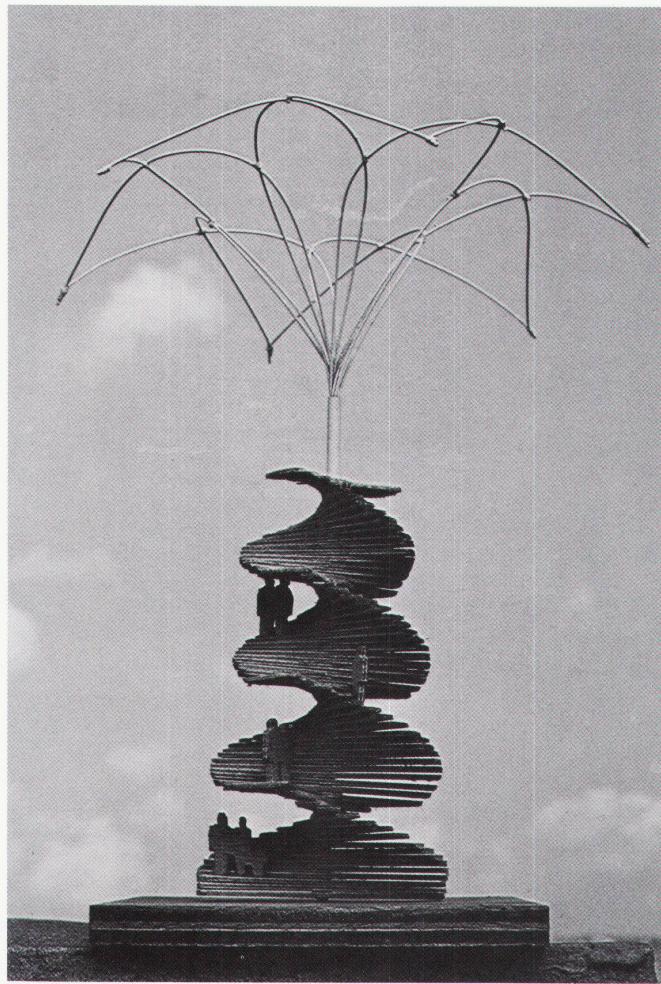
ten für das «natürliche Bauen» der Zukunft.

Durch ihre hohe Druckfestigkeit können Betonschalen mit einer Erdschicht überzogen und dauerhaft begrünt werden. Damit werden sie zu einem Teil des natürlichen Geländes, zur ausgehöhlten oder «aufgeklappten» Landschaft. Diese Bauweisen durchbrechen die sonst übliche Regel, dass durch den Bau eines Grossraumes in der Landschaft notwendigerweise ein Stück Grünfläche geopfert wird, die Landschaftsform in ihrem natürlichen Fluss unterbrochen wird.

Die frei spannende Kuppelschale über einer bildhauerisch modellierten, terrassierten Badelandschaft schafft eine befreende, entspannende Atmosphäre, die den natürlichen, erholsamen Eigenschaften eines Thermalbades entgegen-

kommt. Die Stahlbetonschale (max. Spannweite 60 m, max. Höhe 12 m) sowie die Dachterrassen der flachen Nebenräume sind begrünt und durch Geländeabösung in die Landschaft eingebunden.

Die nach Süden orientierte, weit emporgezogene Schalenöffnung schiebt sich fast wie ein Innenhof in den Schalenraum. Sie ermöglicht optimale, direkte Nutzung der Sonnenenergie, erlaubt dem Badenden einen grosszügigen Ausblick in Landschaft und Himmel und bezieht die umgebende Natur in den Innenraum ein. Dieser neu entwickelte Schalentyp ist in leicht varierter Form auch für einen Bürogrossraum in Planung und soll 1988 gebaut werden.



③

«Kunst-Chromosom», ein Bewegungsraum für Ausstellungen und die Weiterentwicklung von Kunst, Projekt

Entwurfsstudie: Johannes Fritz, Thomas Fischer, Stuttgart

Viele städtische Grossräume sind eigentlich «Durchgangsräume». Einkaufspassagen, Kaufhäuser, Messehallen, Ausstellungsräume, Museen usw., werden durchwandert – mit mehr oder weniger kurzen Verweilpausen. Sie werden zu «Bewegungsräumen». Selbstorganisationsprozesse in der Natur, Wachstums- und Entwicklungsvorgänge erzeugen vielfältige dynamische Formen. Inwiefern solche natürliche Bewegungsformen Anregungen für die Planung architektonischer «Bewegungsräume» lie-

fern können, sei hier am Beispiel der «Doppelspirale» gezeigt.

Aus Physik und Astronomie kennen wir die Doppelspirale von Strömungs- und Konvektionswirbeln in Flüssigkeiten und Gasen. In der Biologie ist sie bekannt als Wachstums- und Entwicklungsschema von Pflanzen und Tierarten. Die Erbinformationen im Zellkern – dem Grundbaustein aller lebenden Formen – sind in Form einer Doppelspirale genetisch gespeichert. Seit Urzeiten – längst bevor Sternennebel und Gene erforscht waren – hatte die Doppelspirale in verschiedenen Kulturen tief verankerte symbolische Bedeutung. Sie galt z.B. bei den Kelten als Sinnbild für Lebenserneuerung, im alten China stand sie in Form des Yin-Yang für die Durchdringung und Vereinigung der Gegensätze.

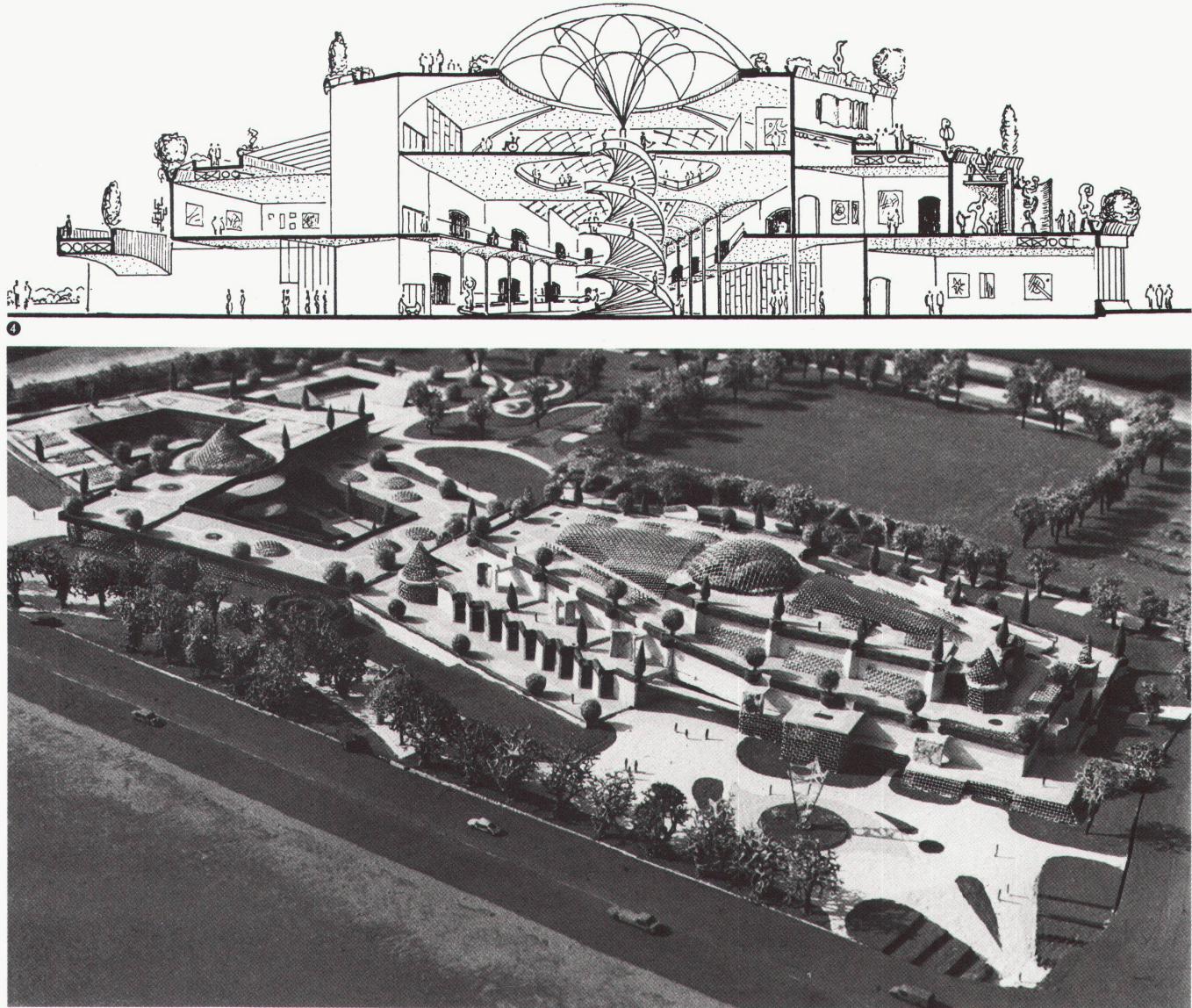
Analog zum Speicherungsprinzip genetischer Informationen wird das «Kunst-Chromosom» mit «Kunst-Informationen» bestückt. Kubische Ausstellungsräume staffeln sich um einen innenliegenden Grossraum, der Foyer und Forum für künstlerische Aktionen und Meinungsaustausch bildet. Die zentrale

① ②  
Thermalbad Sonnenhügel / Piscine thermale / Thermal bath

③ ⑤  
«Kunst-Chromosom» / «Chromosome d'art» / «Art Chromosome»

④ ⑥  
Treppenskulptur nach dem Doppelhelix-Prinzip / Escalier-sculpture selon le principe de la double vis / Stepped sculpture done in accordance with the double-helix principle

Modell und Perspektive / Maquette et perspective / Model and perspective



**5**  
Treppenskulptur, überdacht von einer Glaskuppel, veranschaulicht das Prinzip der Doppelhelix, nach dem der gesamte Bau organisiert ist. Beim Ausstellungsroundgang wandert der Besucher in einer einzigen, weitläufigen Kreisbewegung zum Hochpunkt des Gebäudes. In einer zweiten, gegenläufigen Bewegung gelangt er auf der zweiten, unabhängigen Spirale zurück ins Foyer. Die Ausstellungsräume sind horizontal gestaffelt und über jeweils drei Stufen direkt miteinander verbunden. Sie können aber auch

über eine durchgehende Rampe vom Grossraum aus einzeln erreicht werden.

Diese innere Rampe, die ebenfalls eine Doppelspirale bildet, umgibt den inneren Versammlungsraum und kann bei Veranstaltungen als Zuschauer-galerie genutzt werden.

Die Form der Doppelspirale kommt der chronologischen Anordnung der Ausstellungsobjekte und einer klaren Besucherführung entgegen. Ein «Zwangsrundgang» wird vermieden. Über mehrere Aufzüge und Treppenhäu-

ser können einzelne Räume auch gezielt aufgesucht werden.

Von aussen erscheint das «Kunst-Chromosom» als terrassierter Skulpturen-garten. Diese doppelspiralige Dachlandschaft wird belebt durch Skulpturen und kleinen Pavillons, die von Künstlern gestaltet werden. Das Organisations-schema des «Kunst-Chromosoms» wird für einen möglichen Erweiterungsbau einfach umgekehrt.

*Johannes Fritz*