

**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:** Vorgespannte Hängedächer = Toits suspendus prétendus = Prestressed suspended roofs

**Autor:** Sarger, René

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-333283>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

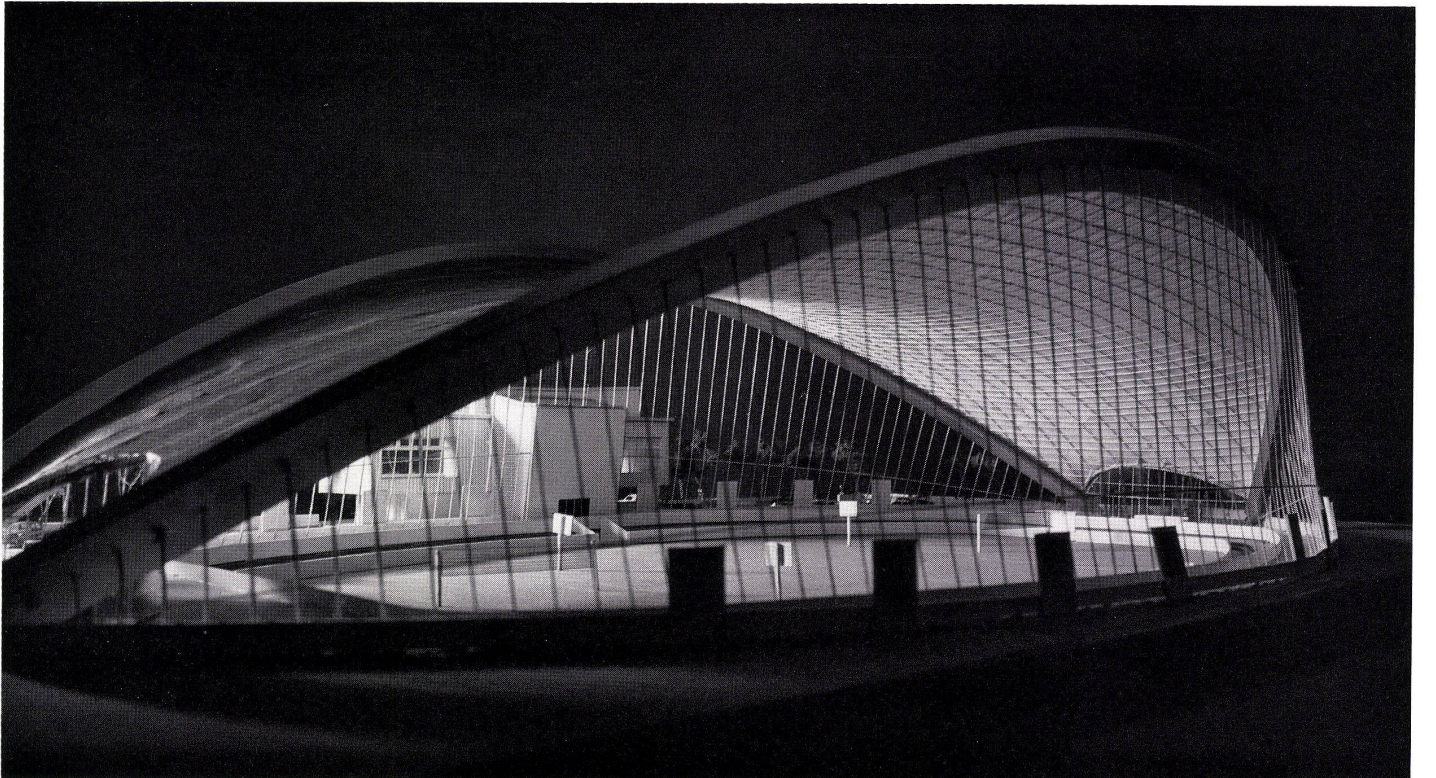
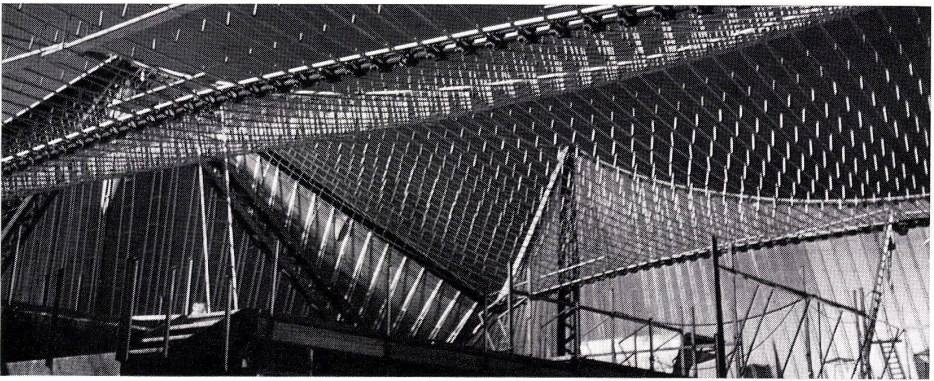
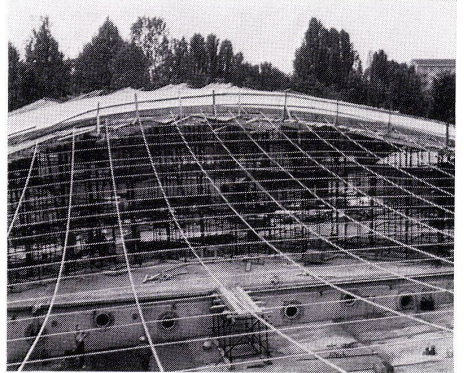
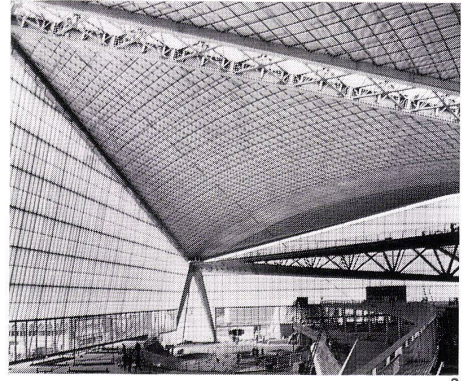
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.02.2025

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



# Vorgespannte Hängedächer

Toits suspendus prétendus  
Prestressed suspended roofs

René Sarger, Paris

## Randbemerkungen eines Ingenieurs

Lange Zeit hatte Europa vergessen, was »Technik« bedeutete.

Obwohl das Wort selbst von den Griechen stammt, den Meistern aller Künste des alten Kontinents (»Techné«, gleichzeitig Gewerbe, Beruf, Kenntnis, Intuition, Kunst, Art und Weise), standen sich nach und nach Technik und Kunst in Opposition gegenüber; aus der einen wurde die Trockenheit des Gedankens, genaue und bald unmenschliche Wissenschaft, aus der anderen wurden Poesie, Inspiration und geistiges Schaffen.

Mit einem Wort, das Rationale scheint dem Irrationalen gegenüberzustehen.

Was die »Struktur« betrifft, die Kunst, Materie zu organisieren, so war sie nur mehr ein dem Künstler unwürdiges Mittel geworden; eine manchmal unangenehme Notwendigkeit, die es unter Schmuck und Dekoration zu verbergen hieß.

Das ist in der Architektur nicht neu und markiert immer das Ende einer stilistischen Periode.

Doch darf man Architektur und Stil nicht verwechseln, der die Art des Seins der Architektur in einem bestimmten Augenblick der Geschichte kennzeichnet; genauso wie der piktorale Stil eine der Ausdrucksformen der Malerei, aber nicht der Malerei selbst ist.

In Europa verändert das Entstehen neuer Strukturen die formale Organisation des gebauten Raumes so, wie es vor mehreren Jahrhunderten geschah, als die strukturelle Technik des Spitzbogenkreuzes einen neuen Architekturstil schuf.

Zweifelloos geht diese Umwälzung nicht ohne Kampf gegen den akademischen Geist vor sich.

Tatsächlich betrachtet dieser die Technik nur als Mittel im Dienste der Kunst und rebellierte gegen die Idee, daß vor allem die Technik die Schöpferin der neuen Formen ist.

Als ob das Musikinstrument nicht gleichzeitig Schöpfer musikalischer Form wäre, als ob der Pinsel nicht eine Form der Graphik erweckt hätte, die von derjenigen verschieden ist, die aus Gravuren auf Holz oder auf Stein entstanden war.

Sicher, ein »guter Graveur« kann eine mit dem Pinsel gemachte Zeichnung kopieren, wie ein »guter Architekt« eine Holzstruktur in Stahlbeton imitieren kann.

Aber ist der Erste wirklich ein guter Graveur, und wird man morgen vom Zweiten sagen, er sei ein guter Architekt gewesen?

Diese Kunstauffassung liegt den gegenwärtigen Diskussionen in Europa zugrunde.

Die Industrialisierung des Bauens ist die derzeitige Aufgabe. Aber solange die Industrie sich damit zufrieden geben wird, vom Handwerk kopierte Formen serienmäßig herzustellen, solange wird die Handwerksproduktion der Serienproduktion hinsichtlich der Qualität überlegen sein.

Die von der Industrie produzierten Strukturen sind formal anders als die vom Handwerk hergestellten.

Solange man Stahl benutzen wird, um Holz oder Beton zu imitieren, wird kein einziger neuer Schritt getan werden.

Jedes neue Material ist unter Berücksichtigung seines Ausführungsprozesses zu untersuchen.

Aus Beton, Stahl und Plastik kann man Gegenstände herstellen, die sich von denen unterscheiden, die man aus Stein, Ziegel oder Holz macht. Was sind die ausschlaggebenden strukturellen Qualitäten dieser neuen Materialien, die sich von den alten Materialien unterscheiden, die schon den vollendeten Formen zugrunde lagen, die uns von der Tradition hinterlassen werden und die materiellen Forderungen nicht unterliegen?

Zuerst gibt es die allgemeinen Proportionen des gebauten Werkes, die Beziehung zwischen der Zahl der Stützpunkte und der überdeckten Oberfläche und die Beziehung zwischen der Höhe der Stützen und der Weite zwischen Stützen.

In vielen tausend Jahren hatte sich diese Beziehung nicht grundsätzlich geändert: die freie Weite war immer sehr viel geringer als die Höhe der Stützen.

War das formaler, ästhetischer Wille oder einfach bautechnische Unmöglichkeit?

War es vielleicht sogar so, daß die künstlerische Imagination durch die Mittel begrenzt wurde, oder daß diese Strukturen die Bedingungen der formalen Schöpfung bestimmten? Man weiß jetzt, daß zu religiösen und mystischen Riten versteinerte technische Regeln lange Zeit hindurch die Grundlagen der »Geheimnisse der Eingeweihten« blieben, und daß die in der Praxis erarbeiteten Proportionen zu »göttlichen und bevorzugten« Proportionen wurden.

»Ich bin einverstanden, daß Sie in Stahlbeton bauen«, sagte einer der großen Meister der französischen Architektur zu Beginn dieses Jahrhunderts, »aber respektieren Sie die Proportionen der schönen Steinkonstruktionen!«

Nun haben das Eisen, dann der Stahl und der Beton diese Konvention verändert, indem sie neue Proportionen durchsetzten: die Beziehung zwischen der Weite und der Höhe der Stützen begann sich umzukehren.

Die großen europäischen Neuerer fehlen nicht; sie haben die Erkenntnis durchgesetzt, daß die Weite 10- bis 30mal größer als die Höhe der Stützen sein kann, wogegen die Ägypter als goldene Regel hatten, daß die Stützweite  $\frac{1}{10}$  oder  $\frac{1}{5}$  der Säulenhöhe nicht übertreffen könne (Karnak, etc. ...).

Als die griechischen Proportionen noch die gewohnte ästhetische Grundlage der europäischen Architektur waren (gemäß der Regel variierte die Weite zwischen  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{3}$  der

1-6

Bauten von René Sarger.  
Constructions de René Sarger.  
Buildings by René Sarger.

1

Prototyp, 1958, überdeckte Fläche 320 m<sup>2</sup>.  
Prototype, 1958, surface couverte 320 m<sup>2</sup>.  
Prototype, 1958, covered area 320 m<sup>2</sup>.

2

Französischer Pavillon, Weltausstellung Brüssel 1958, überdeckte Fläche 10.000 m<sup>2</sup>.  
Pavillon français de l'exposition universelle de Bruxelles 1958, surface couverte 10.000 m<sup>2</sup>.  
French Pavilion, World's Fair, Brussels 1958, covered area 10,000 m<sup>2</sup>.

3, 4

Schwimmbad, Mailand 1959-62, überdeckte Fläche 1020 m<sup>2</sup>.  
Piscine de Milan 1959-62, surface couverte 1020 m<sup>2</sup>.  
Swimming pool, Milan 1959-62, covered area 1020 m<sup>2</sup>.

5

Pavillon Marie Thumas, Weltausstellung Brüssel 1958, überdeckte Fläche 6000 m<sup>2</sup>.  
Pavillon Marie Thumas, Exposition universelle de Bruxelles 1958, surface couverte 6000 m<sup>2</sup>.  
Marie Thumas Pavilion World's Fair, Brussel 1958, covered area 6,000 m<sup>2</sup>.

6

Sportzentrum Saint-Quen, Entwurf 1962, überdeckte Fläche 5800 m<sup>2</sup>.  
Centre sportif de Saint-Quen, projet 1962, surface couverte 5800 m<sup>2</sup>.  
Saint-Quen Sports Arena, draft plan 1962, covered area 5,800 m<sup>2</sup>.

Höhe der Stützen), sprachen die Bauenden plötzlich davon, daß es aus »ästhetischen« Gründen vollkommen unnötig sei – falls die neuen Techniken große Weiten erlaubten – falsche Säulen hinzuzufügen, um die alten Proportionen zu bewahren.

Ein Gitterträger ist einem massiven Balken überlegen, wenn es darum geht, einen großen Raum zu überspannen. Eine solche Konstruktion kann man weder aus Stein, noch aus Ziegeln herstellen.

Nach und nach setzte sich diese einfache, objektive, technische Feststellung wie eine neue formale Regel durch, und schuf neue Proportionen und eine Organisation des gebauten Raumes, die ohne Bezug auf bekannte subjektive Regeln war.

Die strukturelle Ordnung selbst wird zur Architektur. Die Mauern, die Decken sind nicht mehr mit dem Bleistift des Schülers gezeichnete massive Strukturen, sondern drücken den Kräfteverlauf im Raum aus.

Dadurch wurden der architektonische Raum wie auch das Detail erneuert. Es genügt, die Grundrisse zu lesen oder in den Geist der Werke von Makowski, von Du Château, von Ketoff einzudringen, um das Neue zu verstehen.

Es genügt, die Olympia-Sporthallen in Rom anzusehen, um zu erkennen, daß die Steinrippen der französischen Gotik durch die Betonrippen Nervis überholt sind.

Das Erneuerungsgebiet der gewölbten Überdachungen ist noch ausgedehnter. In der Antike wußte man schon, daß es möglich ist, mit einem Gewölbe einen größeren Raum zu überbrücken als mit einer ebenen Decke. Die während Jahrhunderten angewandten Materialien haben eine Familie gewölbter Formen durchgesetzt. Da diese Materialien nur auf Druck beansprucht werden können und ihr Widerstandsvermögen relativ schwach ist, konnten diese Gewölbe ihrer Last nur unter der Bedingung standhalten, konkav zu sein und das bedeckte Volumen zu umschließen. Ihr Druck mußte von Widerlagern aufgenommen werden, wie auch immer deren Form war.

Nun haben nach und nach die Fortschritte der Industrie den Erbauern dauerhafte Materialien zur Verfügung gestellt, die auf Zug beansprucht werden können und deren Widerstandskapazität, im Vergleich zu ihrer Dichte, viel höher als die der natürlichen Materialien ist.

Daraus folgt, daß das Gewicht eines Gewölbes gleicher Weite beträchtlich gesunken ist, und daß die von den Nutz-, Schnee- und Windlasten hervorgerufenen Beanspruchungen eine außerordentliche Bedeutung gewonnen haben, wogegen sie praktisch keine Bedeutung hatten, als das Gewölbe mehrere Tonnen pro m<sup>2</sup> wog. Nun können diese Beanspruchungen wechselweise Überbelastungen sein, die zum eigenen Gewicht hinzukommen, oder Lastverminderungen, die größer als das eigene Gewicht sind.

Ein Gewölbe kann also – und das ist neu – im umgekehrten Sinn arbeiten als es die während Jahrhunderten gewordene Gewohnheit als ewig hatte ansehen lassen.

Diese Umkehrung der Belastungen, hervorgerufen durch die Verringerung des Eigengewichts, hat die Umkehrung der Krümmung zeitgenössischer Gewölbe geschaffen. Die Widerlager dieser Gewölbe müssen auch – und dies zum erstenmal – »Verankerungen« sein, die Fundamente müssen auch als Ballast dienen, die Überdachung stützt sich nicht

nur immer weniger auf seine Auflager, sie kann ebenso ziehen, und die »Säulen« werden zu Zuggliedern.

Es folgten dünne, zweifach gekrümmte Betonschalen, das Restaurant von Candela in Xochimilco kann nicht aus Steinen in einer durch Spanndrähte bestimmten Form gebaut werden.

Die Konzeption der architektonischen Umhüllung verändert sich. Sie umschließt den gebauten Raum nicht mehr, sondern öffnet ihn zur äußeren Umgebung.

Der Weg von der Markthalle in Royan zum Restaurant in Xochimilco ist brutal vollzogen worden. Hat man alle Folgen dieser Revolution bedacht? Vielleicht können wir in Europa noch zu wenig solcher Werke neben unseren Forschungen realisieren? Das Gefühl unserer Vorfahren hinsichtlich der architektonischen Umhüllung, die eine menschliche Aktivität beherbergte, ist durch diese neue Möglichkeit der Öffnung des umbauten Volumens nach Außen (zur natürlichen oder städtischen Umgebung) erschüttert worden.

Dieser Eindruck der Dynamik ist noch viel markanter, betrachtet man die zugbeanspruchten Strukturen, wie sie von Frei Otto oder von Jawerth erarbeitet worden sind.

In Polen, in Deutschland und in Frankreich sind Gelegenheiten gegeben, solche Strukturen zu erforschen und zu realisieren. Aber wenn die Technik entwickelt ist, wissen wir nur schwerlich, sie anzuwenden, da wir noch von den Regeln der alten architektonischen Proportionen zurückgehalten werden. Es ist schwierig, Erneuerer zu sein, ohne das gewohnte ästhetische Gefühl zu verletzen oder ihm Zugeständnisse zu machen. Das Kind, welches zum erstenmal im Flugzeug fliegt, zeigt ein ganz anderes geistiges Sicherheitsverhalten als sein Großvater.

Der Pavillon Frankreich's an der Brüsseler Ausstellung war eine »Ausstellungsphantasie«. Das Geschäftszentrum von Malakoff war schon ein »klassisches« Werk, und das Seilnetz, das das Sportzentrum von Saint-Nazaire bedeckt, erstaunt nicht mehr; nicht mehr als das Stadion von Saint-Ouen, das gegenwärtig im Bau ist, oder das Projekt von Farahabad.

Die Gefahr der »Mode« ohne jegliche konstruktive Notwendigkeit beginnt zu entstehen. Dank der neuen Strukturen sind wir in eine Epoche tiefer Umwälzungen des architektonischen Denkens eingetreten. Noch nie lag ein so großes zu erforschendes Gebiet vor uns.

D. Darvich, Teheran, R. Sarger und J. P. Batellier, Paris

### Stadion Farhadabad in Teheran

Stade Farhadabad à Téhéran  
Stadium Farhadabad in Teheran

Das Stadion Farhadabad mit einem Fassungsvermögen von 30 000 Zuschauern ist für einen Vorort Teherans geplant. Im Prinzip besteht es aus einer in elliptischer Form angeordneten Betonstruktur und den Sportfeldern. An seiner nordöstlichen Längsseite ist eine Sporthalle angefügt.

Die wichtigsten Elemente der Stahlbetonkonstruktion sind strahlenförmig angeordnete Scheiben unterschiedlicher Höhe (10 bis 38 m Höhe, auf denen die vorgefertigten Sitzstufen aufliegen).

Neu an einem Stadion ist die Art der Überdachung, auf die in dieser Veröffentlichung besonders eingegangen werden soll.

Zur Überdachung von ca. 10 000 Plätzen ist ein halbmondförmiges Hängedach vorgesehen, das einerseits an der Betonstruktur der Tribüne, andererseits an einem zwischen zwei Masten gespannten Kabel befestigt wird.

Mit dieser Idee als Grundlage bot das Beratungsbüro C.E.T.A.C. folgende Lösung an. Die Bedeckung sollte, um den Schnee- und Windlasten zu widerstehen, eine doppelt gegenläufig gekrümmte Oberfläche haben (die eines hyperbolischen Paraboloiden z. B.). Um Flattererscheinungen bei wechselnder Windbelastung zu vermeiden, müssen die Hängekonstruktionen mit einer Vorspannung versehen werden.

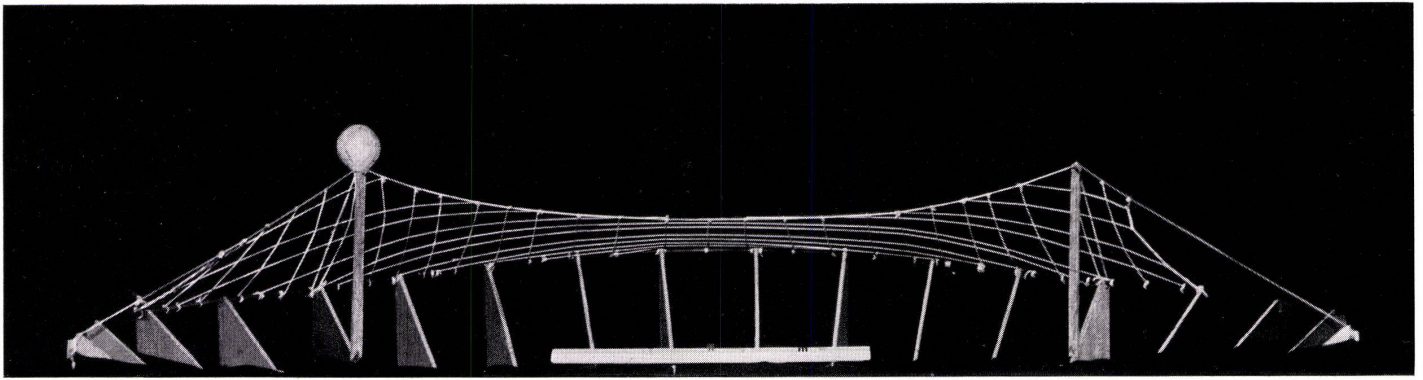
Die Geometrie der Tribünenscheiben, die durch die Sichtverhältnisse gegeben ist, gestattet es nicht, ein mathematisch exaktes HP anzuwenden. Außerdem ist die Krümmung im zentralen Bereich relativ schwach.

Die endgültige Lösung sieht daher ein zweifach, gegenläufig gekrümmtes, durch Kabelspannung und Gewicht stabilisiertes Hängedach vor.

Die Bedachung ist zwischen einem bogenförmigen Randträger, der die Tribünenträger oben abschließt, und einem Hauptkabel gespannt. Zwei Nebenkabel begrenzen die Schmalseiten.

Das Hauptkabel führt die Lasten in zwei 72 m hohe Masten, die 236 m voneinander entfernt stehen. Die Masten, die außerdem als Wasserreservoir dienen, werden durch ein Bündel von Kabeln abgespannt und stabilisiert. Die seitlichen Randkabel sind einerseits im Randträger verankert, andererseits am Hauptkabel befestigt.

Das Netz der Bedachung besteht aus 53 Tragkabeln und 19 darüber angeordneten Spannkabeln. Es hat sich als notwendig erwiesen, das Dach zu belasten, um die Spannung der Spannkabel zu vermindern und um eine gleichmäßige Belastung zu erreichen, die zusätzlich zu der doppelten Krümmung und den vorgespannten Kabeln die Risiken des Flatterns und die Übertragung von Resonanzschwingungen in das Hauptkabel ausschließen.



1

Das Hauptkabel besteht aus 23 Einzelkabeln (St 89, 3,6 cm  $\phi$ ). Die garantierte Reißfestigkeit beträgt 3450 Tonnen. Jedes Einzelkabel ist aus einem Stück, bei einer Gesamtlänge von etwa 500 Metern, von Verankerung zu Verankerung gemessen. Die 23 Einzelkabel, zwischen den Masten als Bündel angeordnet, verspannen, aufgeteilt, den Mast mit einem kegelstumpfförmigen Netz. Jedes Kabel mündet in ein Spannschloß, das die Regelung der Verankerung gestattet.

Jedes der Randkabel an den Schmalseiten besteht aus 6 Einzelkabeln (St 89, 3,6 cm  $\phi$ ). Sie übernehmen die Kräfte aus den Spannkabeln.

Die Trag- und Spannkabel, im Abstand von 2,5 Metern angeordnet, bestehen aus galvanisierten Einzelkabeln (St 61, 3,5 cm  $\phi$  mit je 94 Tonnen Reißfestigkeit). Sie sind im Randglied aus Beton mit einer einfachen Verschraubung an der Außenseite verankert, am Hauptkabel und an den beiden Nebenkabeln sind sie mit einem gelenkigen Element befestigt, das alle während der Montage erforderlichen Positionen zuläßt.

Die Trag- und Spannkabel sind untereinander nicht verbunden, da die beiden Kabelkategorien auf den geodätischen Kurven der Oberfläche verlaufen.

#### Aufbau der Dachhaut

Die unterste Schicht des Daches wird von trogförmig gefalteten Stahlblechelementen gebildet, die an den Spannkabeln befestigt sind. In den Randzonen sind die Tröge an im Beton vergossenen Winkleisen bzw. an gefalteten Randblechen befestigt.

Auf diese Schicht werden vorfabrizierte, 6 cm dicke Leichtbetonplatten gelegt, die eine thermische Isolierung und eine Belastung von 50 kg/m<sup>2</sup> erbringen.

Das Dach wird durch eine mehrschichtige, von mineralischem Granulat beschützte Dachhaut gedichtet.

#### Maste

Das Hauptkabel wird von zwei 72 m hohen Masten getragen. Diese dienen außerdem als Wasserreservoir für die verschiedenen Ein-

richtungen des Stadions. Die Masten stehen auf stählernen Fußgelenken (Kugeldurchmesser 1,35 m), die eine Auflagerkraft von 2880 Tonnen übertragen.

Der Schaft der Masten besteht aus 9 bis 10 mm starken Stahlblechen, die außen durch 8 halbe I PN 400 versteift werden. Auf der Spitze der Masten lenkt ein verschweißtes Verbindungselement Hauptkabel und Abspannung um. Die Abspannungskabel sind 6 m tief im Gelände verankert und ergeben – wenn auch keine absolute Sicherheit – so doch die Stabilisierung der angenommenen Belastung.

#### Rostschutz

Alle Kabel sind galvanisch behandelt und durch einen zweifachen Anstrich auf Epoxy-Harz-Basis geschützt. Alle mechanischen Teile erhalten nach der galvanischen Behandlung einen zweifachen Zinkchromatanstrich und zwei Deckanstriche.

#### Sporthalle

An der Nordostseite des Stadions wird die Sporthalle als Annex angeordnet. Dieser Bauteil ist mit einem Hängedach mit einfacher Krümmung und gleichförmiger Belastung überdacht. Die Kabel sind einerseits in einem Randglied, das ein Teil der Tribünenkonstruktion ist, andererseits an einem Randglied auf unabhängigen Betonpfeilern verankert.

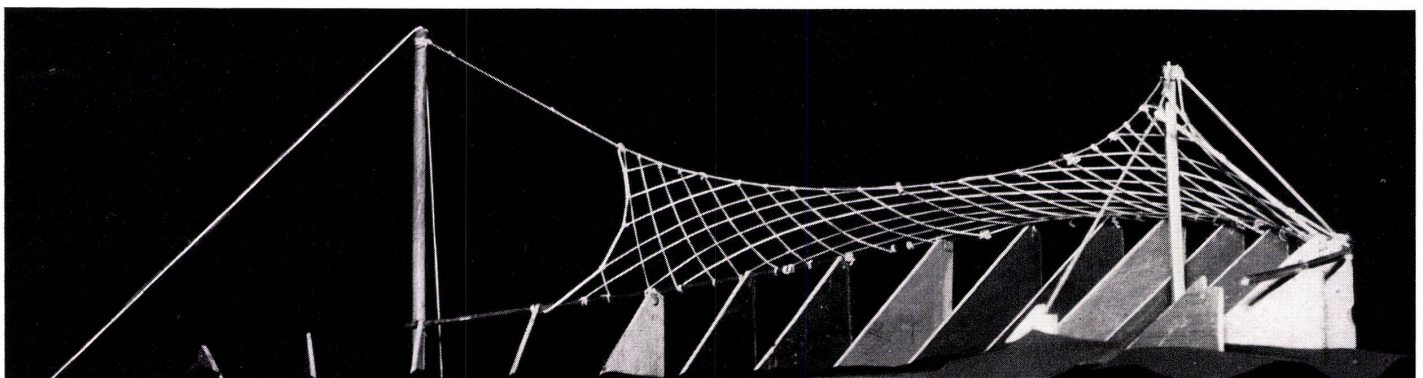
Dieses einfach gekrümmte Dach ist gewichtsstabilisiert, das heißt, die Windkräfte werden nicht durch Spannkabel, sondern durch die gleichmäßige Gewichtsbelastung des Daches egalisiert. Lediglich die Vertikalkräfte werden über Kabel mit 85 Tonnen Reißfestigkeit abgeführt. Die längsgerichteten Windkräfte werden von den selbsttragenden Stahlblechträgern aufgenommen. 9 cm dicke Leichtbetonplatten belasten die Dachhaut mit 75 kg/m<sup>2</sup>.

#### Weiterbearbeitung

Vor der endgültigen Ausführung werden an einem Modell im Maßstab 1:100 die Annahmen des statischen und aerodynamischen Verhaltens überprüft.

1  
Modellansicht des 2. Entwurfes.  
Vue de la maquette du 2ème projet.  
Model view of the 2nd draft project.

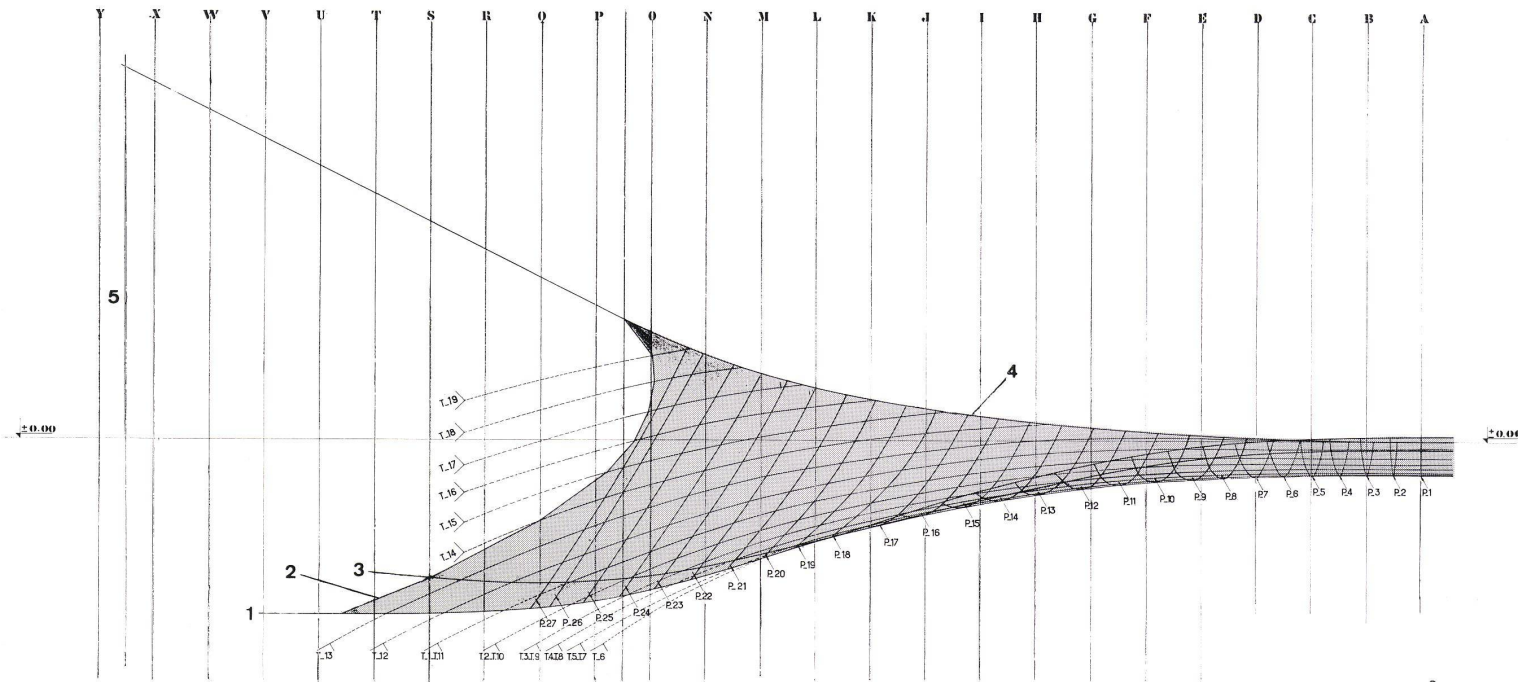
2  
Modellansicht des 3. Entwurfes.  
Vue de la maquette du 3ème projet.  
Model view of the 3rd draft project.



2

3  
Bestimmung der Kabel im Aufriß 1:600.  
Définition du câblage vue en élévation.  
Determination of cables in elevation view.

- 1 Achse des äußeren Randgliedes / Axe rive extérieure / Axis of outer peripheral member
- 2 Nebenkabel / Câble latéral / Lateral cable
- 3 Achse des inneren Randgliedes / Axe rive intérieure / Axis of inner peripheral member
- 4 Randkabel / Câble de rive / Peripheral cable
- 5 Achse des Mastes / Axe poteau / Axis of mast

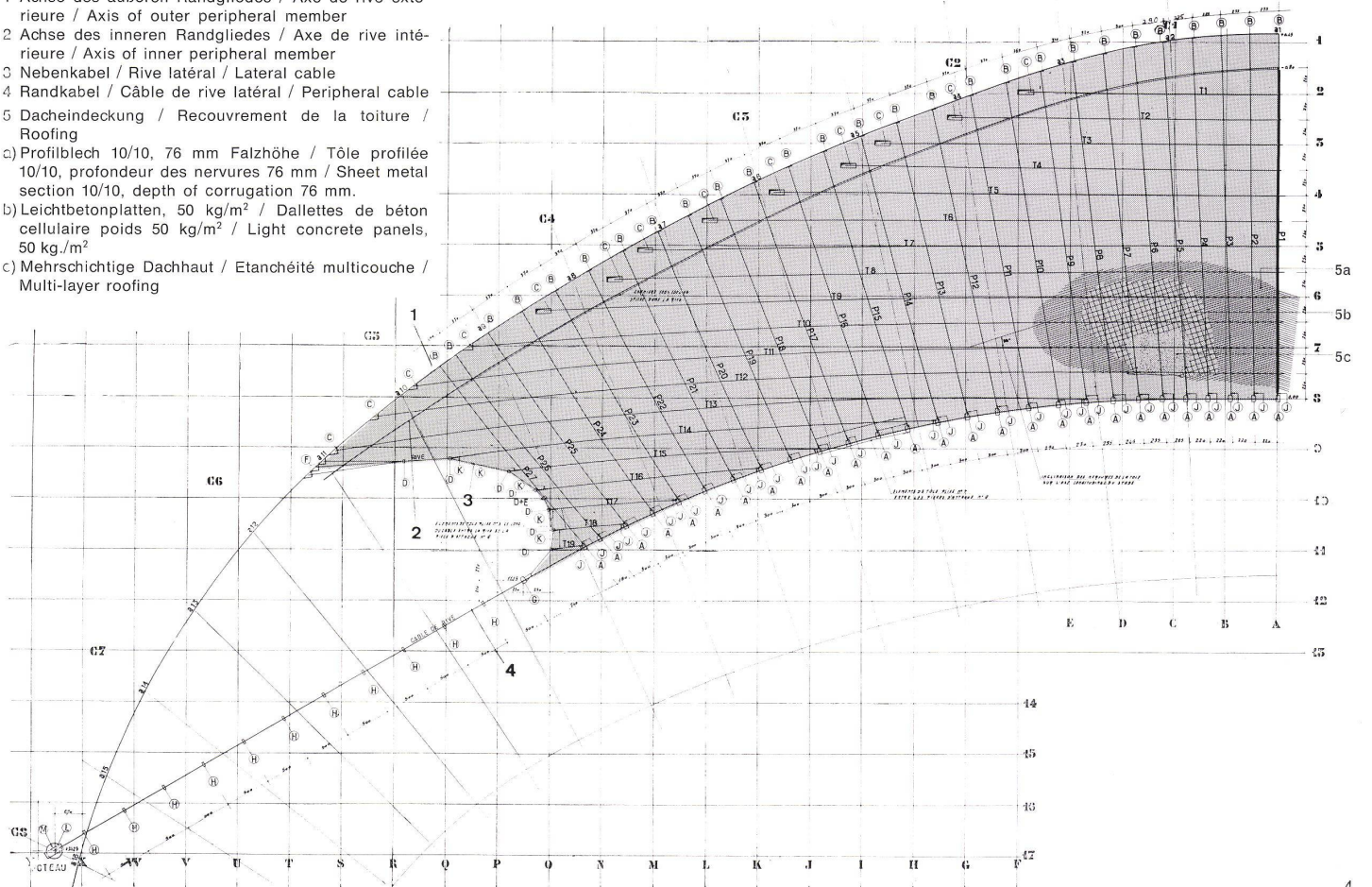


3

4  
Bestimmung der Kabel im Grundriß 1:600.  
Définition du câblage vue en plan.

Determination of cables viewed in plan.

- 1 Achse des äußeren Randgliedes / Axe de rive extérieure / Axis of outer peripheral member
  - 2 Achse des inneren Randgliedes / Axe de rive intérieure / Axis of inner peripheral member
  - 3 Nebenkabel / Rive latéral / Lateral cable
  - 4 Randkabel / Câble de rive latéral / Peripheral cable
  - 5 Dachendeckung / Recouvrement de la toiture / Roofing
- c) Profilblech 10/10, 76 mm Falzhöhe / Tôle profilée 10/10, profondeur des nervures 76 mm / Sheet metal section 10/10, depth of corrugation 76 mm.  
b) Leichtbetonplatten, 50 kg/m<sup>2</sup> / Dalles de béton cellulaire poids 50 kg/m<sup>2</sup> / Light concrete panels, 50 kg/m<sup>2</sup>  
c) Mehrschichtige Dachhaut / Etanchéité multicouche / Multi-layer roofing



4

