

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 98 (1980)  
**Heft:** 21

**Artikel:** Vorspannung und Seilnetzkonstruktion für die Sportanlagen in Split  
**Autor:** Müller, H.R. / Stengl, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-74118>

### **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:** 05.02.2025

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

# Vorspannung und Seilnetzkonstruktion für die Sportanlagen in Split

Von H. R. Müller und W. Stengl, Zürich

Die 8. Mittelmeerspiele wurden 1979 in Split, Jugoslawien, abgehalten. Die Stadt bildet ein wichtiges Verkehrs- und Touristenzentrum der dalmatischen Küste. Ihr Wahrzeichen ist der im 4. Jahrhundert errichtete Diokletianspalast. Die moderne Stadt, Anziehungspunkt für Adria-Urlauber, zeichnet sich neben ihrer landschaftlich reizvollen Lage durch die zahlreichen Kulturstätten aus.

Für die reibungslose Abwicklung der Sommerspiele 1979 wurden in Rekordzeit ein überdecktes Stadion für 50 000 Zuschauer und eine grosse Schwimmhalle mit den notwendigen Nebengebäuden erstellt. Neben der einheimischen Industrie wurden für deren Verwirklichung mehrere ausländische Firmen und Lieferanten beigezogen. Die Verfasser waren mit Konstruktionen in den Bereichen Vorspanntechnik und Seilnetze betraut.

## Sportstadion

Die Tribünenkonstruktion des Sportstadions wird durch 74 radial angeordnete Hauptträger aus Stahlbeton gebildet, die auf je zwei Stützen gelagert sind und am äusseren Ende durch einen vorgespannten Randträger verbunden werden (Bild 1). Dieser Y-förmige Träger bildet gleichzeitig das äussere Auflager der Dachkonstruktion. Im Grundriss zeigt er sich als Oval mit den Durch-

messern von 225 und 210 m (Bild 2). Im Aufriss folgt er einer Kurve, die sich aus der Neigung und der variablen Tiefe der Tribünen ergibt. Der Randträger ist mit einer initialen Vorspannkraft von 15 MN (1500 t) vorgespannt.

## Allgemeiner Bauvorgang

1. Die Hauptträger der Tribüne wurden am Boden vorfabriziert und anschliessend auf die vorbereiteten Stützen versetzt.

2. Der Randträger wurde aus vorfabrizierten Elementen hergestellt und nur im Bereich der Lisenen an Ort betoniert.
3. Die Treppen der Tribüne wurden im Werk vorfabriziert.
4. An den Kreuzungspunkten der Hauptträger mit dem Randträger wurden die Umlenkpunkte für die Vorspannkabel an Ort betoniert.
5. Anschliessend wurden die Vorspannkabel eingezogen und gespannt.
6. Nach dem Aufbringen der Vorspannkraft konnte mit der Montage der Stahlgitterträger System Mero für die Dachkonstruktion begonnen werden.

## Vorspannung des Randträgers

Die vorgeschriebene Vorspannkraft von 15 MN führte zur Wahl von 3 Kabeln BBRV mit je  $108 \text{ } \varnothing 7 \text{ mm}$ , Stahlqualität St 1470/1670 (N/mm<sup>2</sup>). Die konstruktive Ausbildung erforderte einige besondere Massnahmen. Die Kabel sind freiliegend und geben radialwirkende Kräfte in den Kreuzungspunkten der Hauptträger mit dem Randträger ab (Bild 3). Die an diesen Stellen angeordneten Umlenkpunkte erlaubten nur kleine Umlenkradien zur Ablenkung der Kabelachsen.



Bild 1. Das fertiggestellte Sportstadion in Split

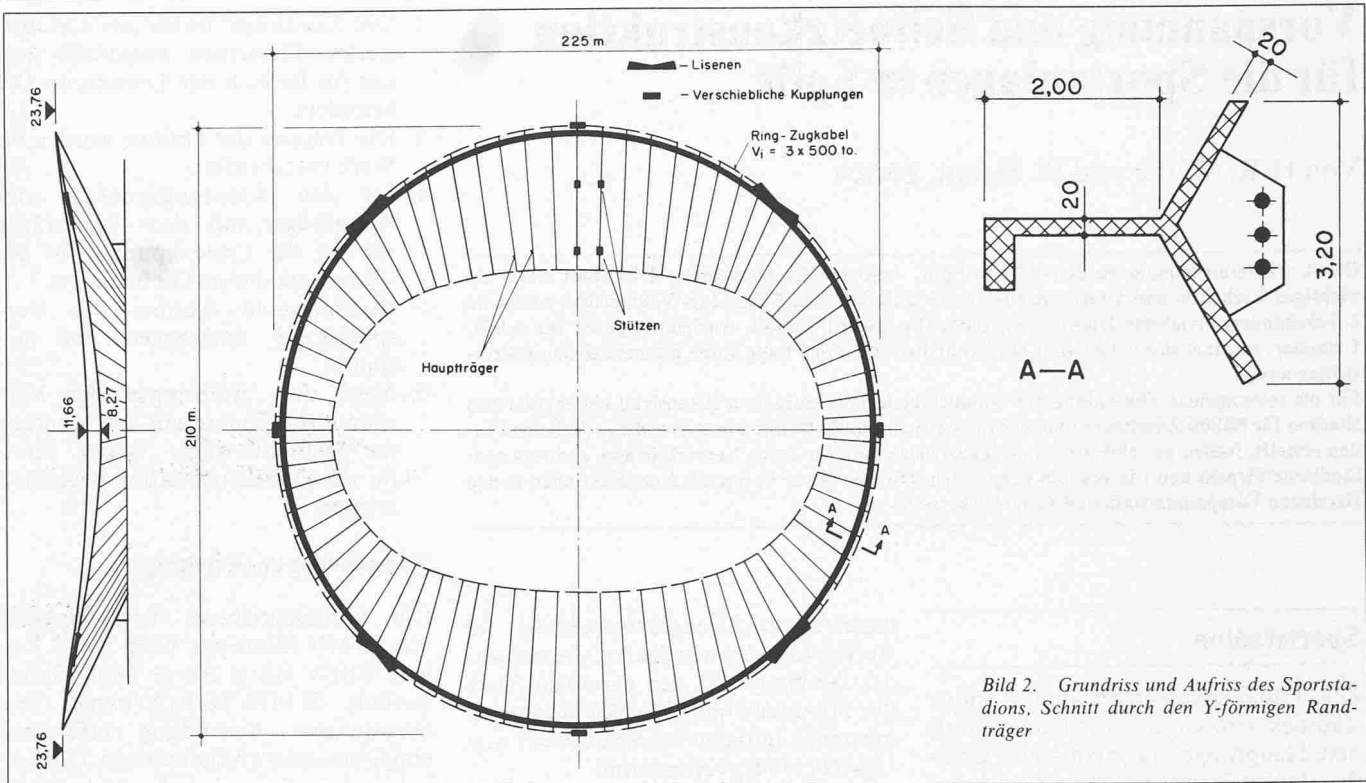


Bild 2. Grundriss und Aufriss des Sportstadions. Schnitt durch den Y-förmigen Randträger

Die Lisenen zur Verankerung der beidseits gespannten Kabel waren in den Viertelpunkten des ringförmig umlaufenden Randträgers angeordnet. Es war verlangt, dass bei der Hälfte der Kabel die vorhandenen Kräfte in Kabelmitte gemessen werden können. Um den Montagevorgang zu vereinheitlichen sind daher alle Kabel in der Mitte durch verschiebbare Kupplungen gestossen. Die Hälfte dieser Kupplungen wurden als Mess-Kupplungen ausgebildet. Die im Freien liegenden Kabel benötig-

ten einen besonderen Korrosionsschutz, was durch die Verwendung von Stahltonflex-Rohren erreicht wurde. Es handelt sich dabei um Wellrohre mit einer Korrosionsschutzbeschichtung und einem darüber extrudierten UV-beständigen PE-Mantel.

Die in Kabelmitte angeordneten verschiebblichen Kupplungen mussten möglichst kleine Abmessungen erhalten. Diese Bedingung wurde mit der Kupplung Typ Vc 5000 erfüllt (Bild 4). Von den insgesamt 12 Kupplungen

wurden 6 Stück mit Kraftmesseinrichtungen versehen, die sowohl zur Messung der Reibungsverluste beim Vorspannen, als auch zur Messung der Vorspannkräfte über längere Zeiträume dienen.

Für die Kupplungshülsen der Mess-Kupplungen wurden mittels eines an der EMPA geeichten Druckringes und Wigameters die zugehörigen Eichkurven erstellt (Bild 5).

Die gemessenen Reibungsverluste sind als sehr günstig anzusehen, da die Ablenkung nur an kurzen Umlenkstrecken erfolgte (Bild 6). Der festgestellte mittlere Reibungsbeiwert  $\mu$  betrug 0,13 bei einem Maximalwert von 0,137 und einem Minimalwert von 0,125.

#### Montage und Vorspannung der Ringkabel

Die Fabrikation der Kabel mit einseitig angebauten Endverankerungen erfolgte im Werk Zagreb. Die Kabel wurden auf Bobinen aufgerollt, wobei das übliche Abziehgerät auch zum Aufwickeln verwendet wurde. Nach dem Versetzen der Stahltonflex-Rohre zwischen den Umlenkstellen wurden die Drahtbündel von den Bobinen in die Hüllrohre eingezogen und der zweite Ankerkopf nach Abtrennen der Ziehülle angebaut.

Besonders beachtet werden musste die Befestigungsmöglichkeit des freien Drahtbündelendes mit dem Zugseil. Da die relativ kleinen Radien an den Umlenkstellen verlangten, dass das Bündel nur auf kurze Länge gefasst wird, wurde für den Einziehvorgang das freie Ende des Drahtbündels in eine kurze Stahlhülse mit Kunstharz eingegossen.

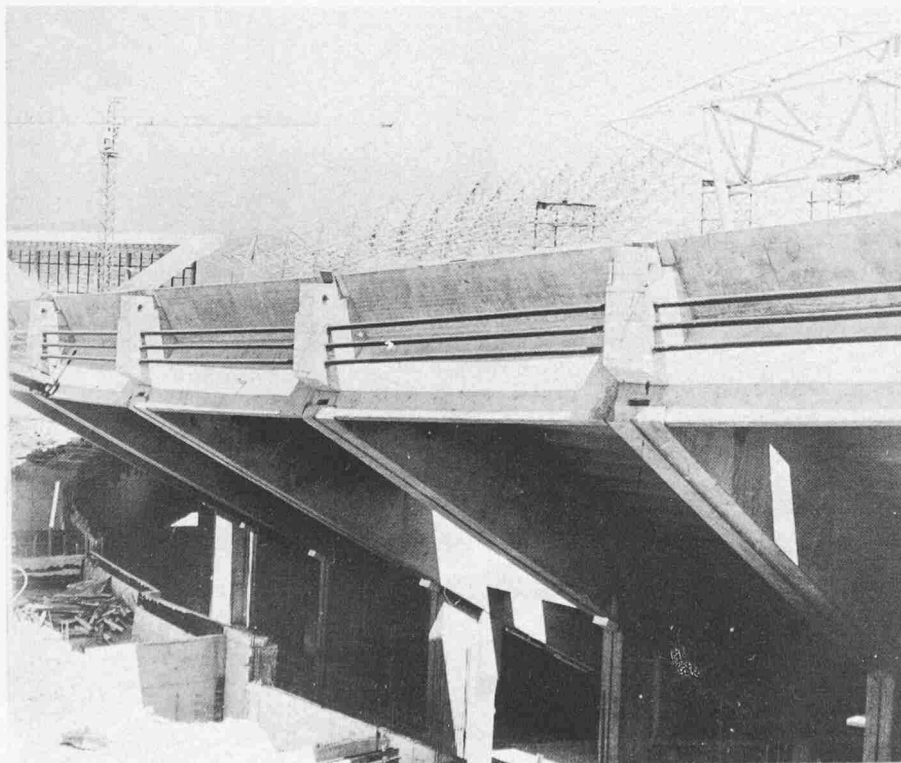


Bild 3. Hauptträger und Aussenring mit den drei freiliegenden Vorspannkabeln und den Umlenkpunkten

Das Spannen erfolgte nach besonderem Programm des Projektverfassers in vier Stufen wobei zwei Kabel simultan an beiden beweglichen Ankern gespannt wurden.

Nach dem Vorspannen wurden die Ringkabel nach der üblichen Injektionstechnik mit Zementmörtel ausgepresst. Um die Kabel-Hüllen während der Injektion in gestreckter Lage zu halten, wurden diese zwischen den Umlenkpunkten mit provisorischen Kabelhaltern unterstützt.

**Verarbeitete Baustoffe**

Beton	65 000 m <sup>3</sup>
Armierungsstahl	6 000 t
Vorspannstahl	76 t
Stahl für das Dach-System	686 t
Mero	
Plexiglasdach - Lexan	17 000 m <sup>2</sup>

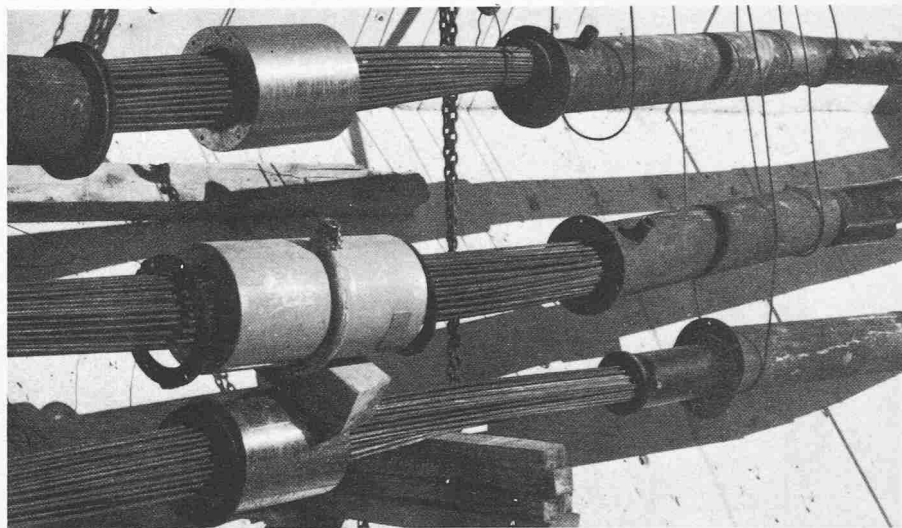


Bild 4. Verschiebliche Kupplung Vc 5000 vor dem Spannen; mittleres Kabel mit Messhülse

**Die Beteiligten**

Bauherr:

Stadt - Split

Architekt:

Gradjevno, Projektni Zavod, Rijeka

Ingenieure:

Ivan L. Lavčević, Split  
 Hidroelektra Co., Zagreb  
 Industrijsko Projektni Zavod, Zagreb

Unternehmer:

Hidroelektra Co., Zagreb

Vorspannkabel:

Geotechnika Co., Zagreb  
 Stahlton AG, Zürich

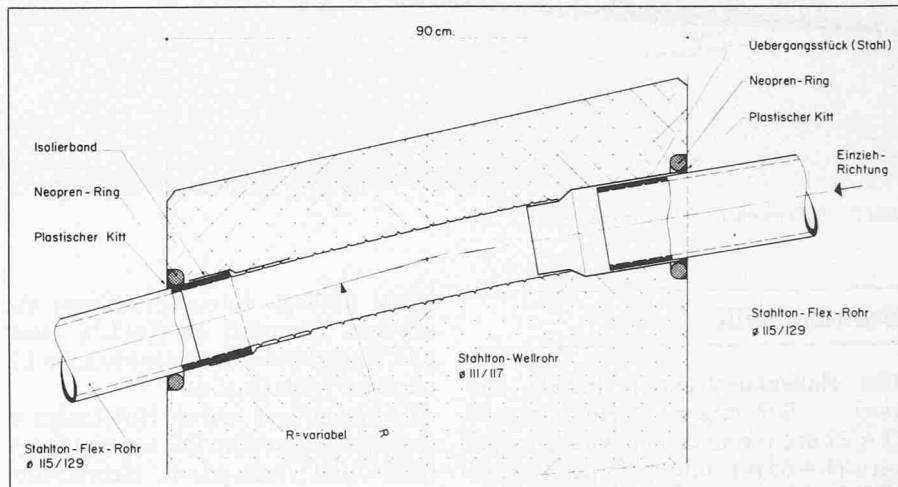


Bild 6. Ausführungsdetail der Verrohrung in den Umlenkpunkten

Druckmessring  
5000 kN

Wigameter  
MV

Manueller Kompensator  
MKT

Kupplungshülse

Presse P 500  
mit Stützbock

Hydr. Pumpe  
SP 60

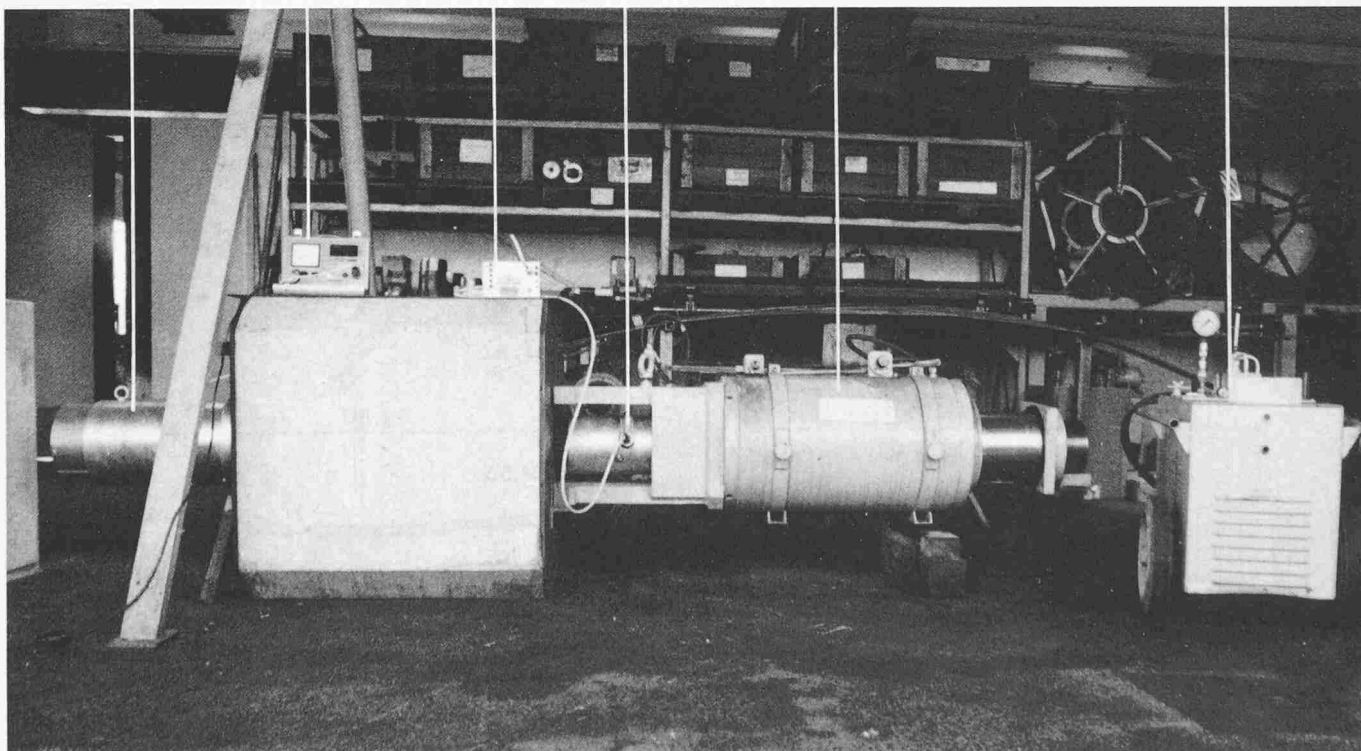


Bild 5. Messeinrichtung zur Eichung der Kupplungshülsen

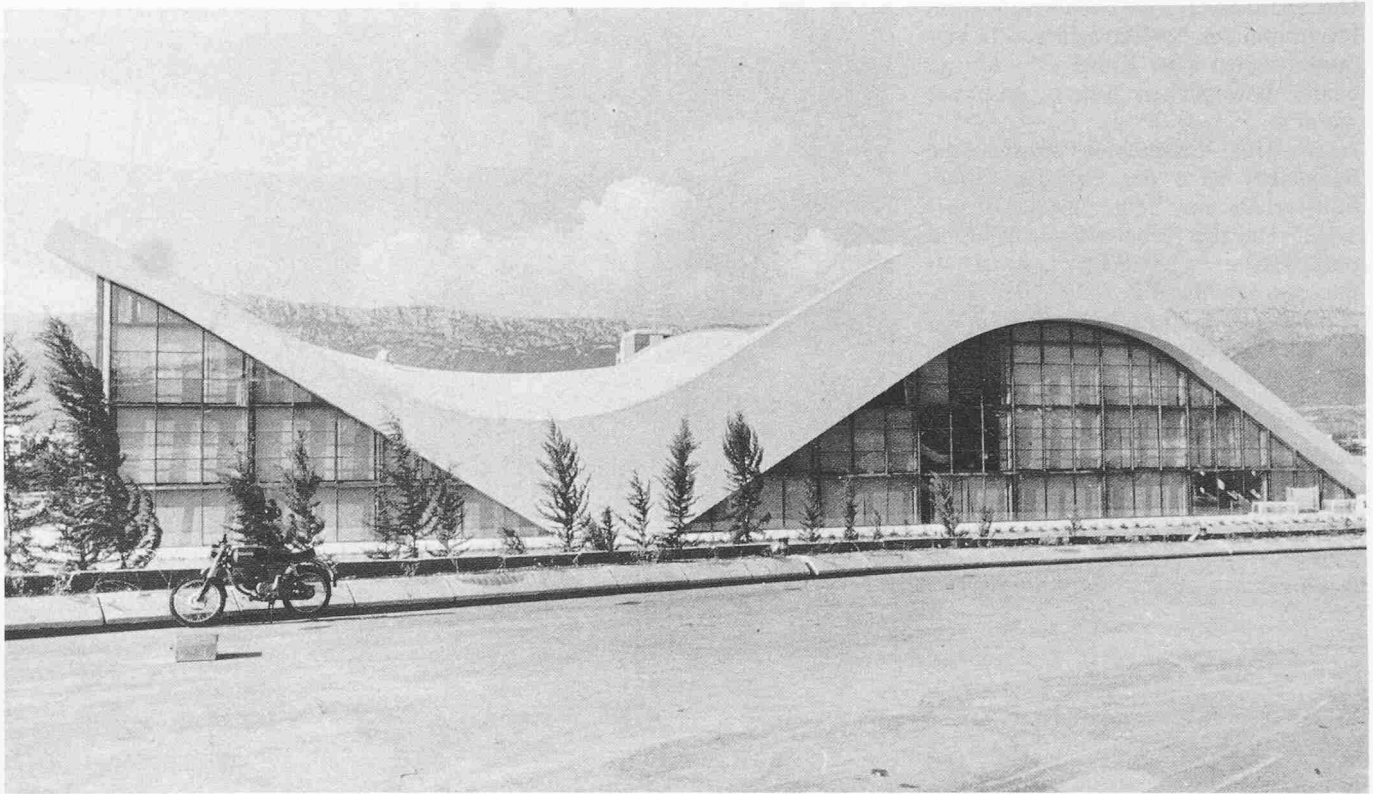


Bild 7. Schwimmhalle Split, Gesamtansicht

### Schwimmhalle

Die Hallenkonstruktion besteht aus zwei S-förmigen Hauptträgern (l = 87 m), verbunden mit vier Querträgern (l = 65 m). Innerhalb des Geviertes von 77×65 m spannt sich ein doppelt gekrümmtes, freitragendes Seilnetz, auf welchem die Dachhaut unmit-

telbar aufliegt. Einseitig schliesst ein schräges Glasdach an (Bild 7). Dach und Hauptbinder symbolisieren die Linie einer Welle (Bild 8).

Alle Betonträger sind als Hohlkasten in Ort beton ausgeführt. Die inneren Querträger sind vorgespannt. Neben ihrer Funktion als Aussteifungselemente für den langen S-Träger bilden sie zugleich die Stützkonstruktion für die Zuschau-

ertribünen, welche einen vorzüglichen Blick in die grossen Schwimmbecken gewähren. Die Halle beherbergt insgesamt drei Becken mit den Ausmassen 50,02 m × 21,00 m (Olympiabecken), 33,33 m × 25,00 m und 25,00 m × 8,00 m.

Die Zuschauertribüne für das Olympiabecken bietet 2180 Sitzplätze, für das 33,33 m Becken stehen 720 Sitzplätze zur

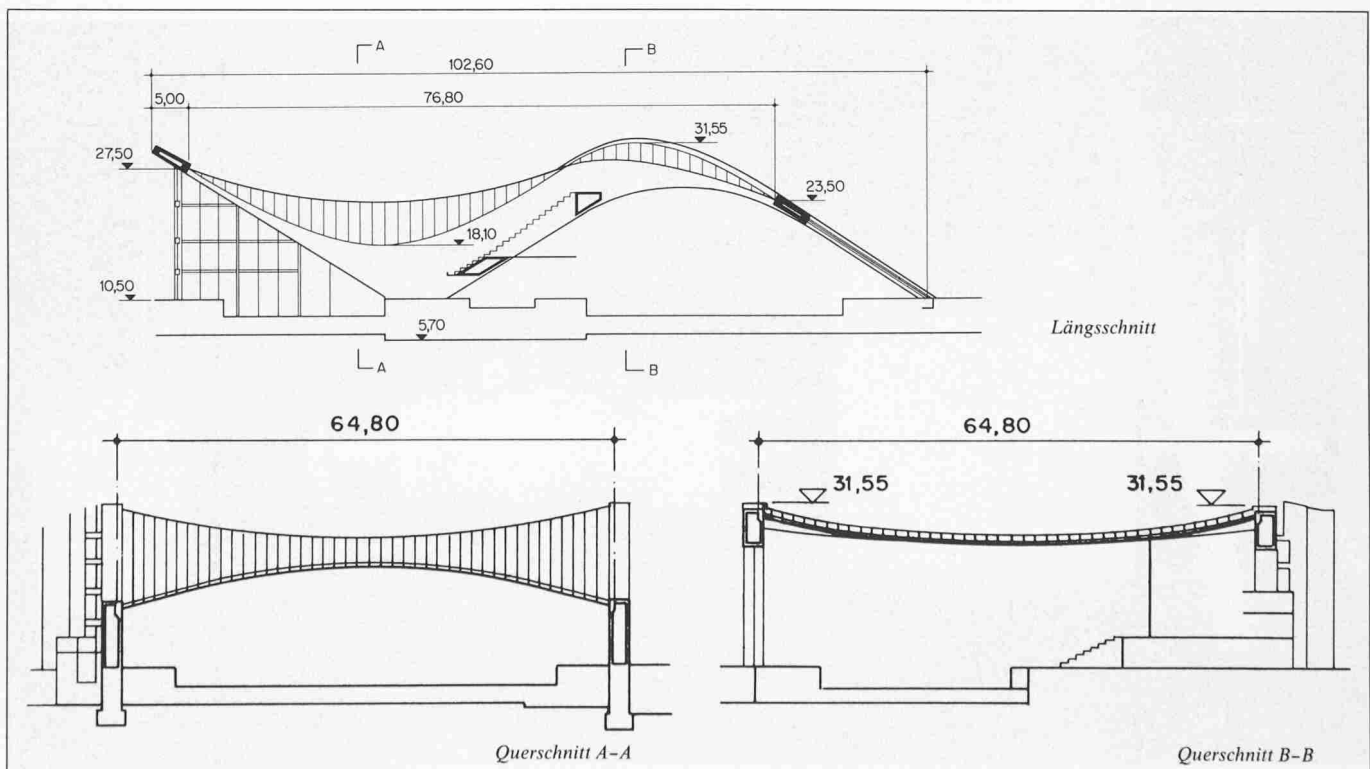


Bild 8. Längs- und Querschnitte der Schwimmhalle

Verfügung. Konstruktives Merkmal der Halle bildet das freitragende Seilnetz, welches eine Fläche von 5000 m<sup>2</sup> überdeckt (Bild 9).

**Dachkonstruktion**

Das Seilnetz besteht aus orthogonal sich kreuzenden Paralleldrahtkabeln. In Querrichtung sind diese Kabel hyperbolisch nach unten und nach oben gekrümmt. In Längsrichtung verlaufen die Kabel S-förmig. Sie liegen im Buckelbereich des Gebäudes über den Querkabeln, in der Senke darunter. Das Seilnetz weist 1833 Knoten auf. Über den Querkabeln sind Holzbalken angeordnet, welche die Dachlast in jedem Knotenpunkt auf das Seilnetz übertragen. Die Dachhaut selbst besteht aus einer Deckfolie (Rhenofol), Isolierplatten (Fesco) und darunter liegenden Wellplatten. Die Knotenkonstruktion gewährleistet die Übertragung von Sog- und Druckkräften.

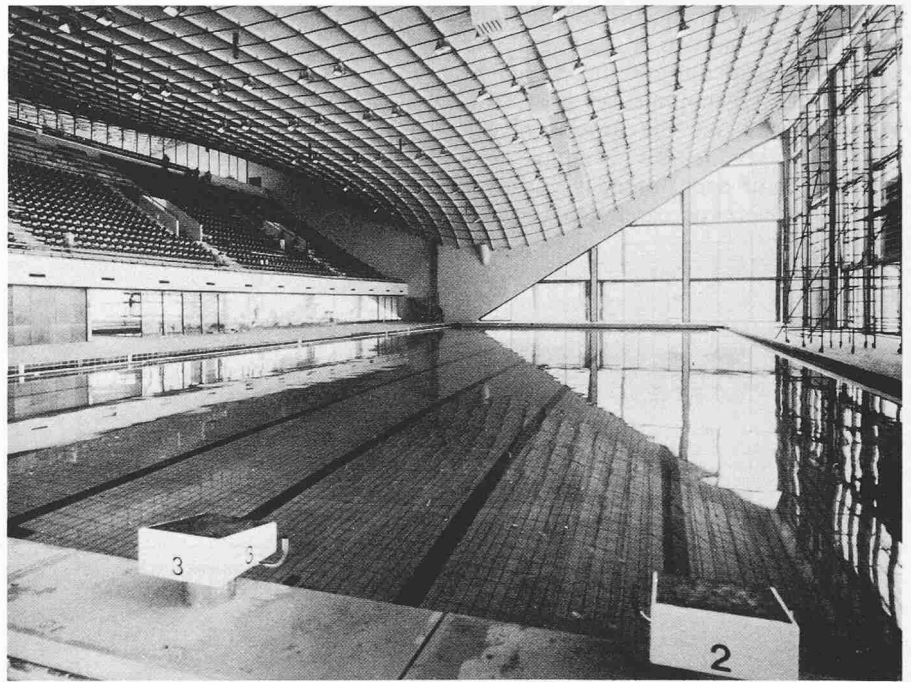


Bild 9. Innenansicht mit dem Olympiabecken 50x21 m

**Kabel**

Längs- und Querkabel bestehen aus parallelen Drähten Ø 7 mm St 1470/1670, welche innerhalb eines korrosionsgeschützten Wellrohres (Stahltonflex) geführt sind (Bild 10). Dieses schliesst mittels eines Übergangsstückes aus dickwandigem Stahlrohr an die Verankerungsköpfe (BBRV) an. Der innere Hohlraum zwischen Rohr und Paralleldrähten wurde nach dem Spannen der Kabel mit Zementmörtel ausgepresst. Dieser mehrfache Korrosionsschutz gewährleistet eine sichere und unterhaltsfreie Tragkonstruktion (Bild 11).

**Kabelaussage:**

- 47 Querkabel (8 Ø 7 mm) l = 65 m
- 39 Längskabel (8 ÷ 32 Ø 7 mm) l = 87 m

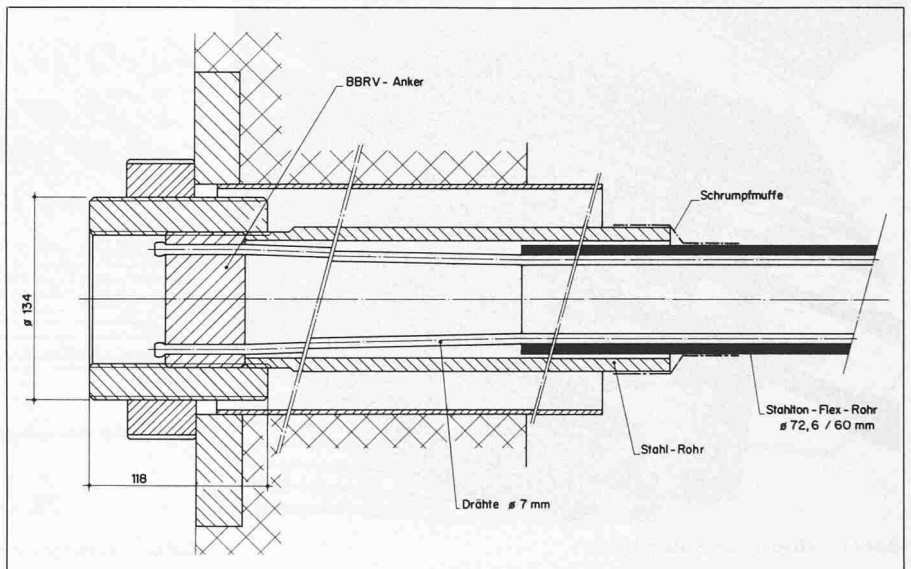


Bild 10. Paralleldrahtbündel für die Seilnetzkonstruktion, Detail der Verankerung

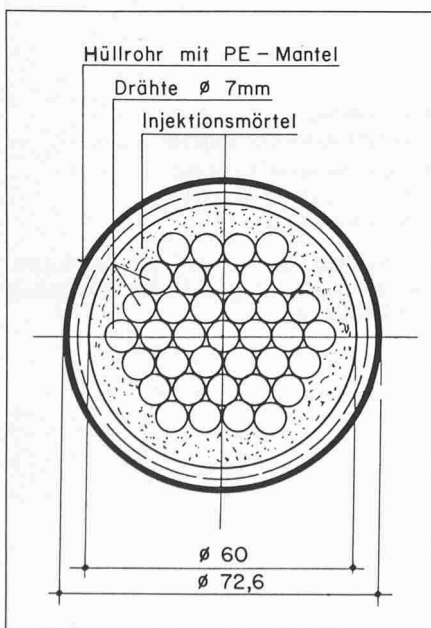


Bild 11. Querschnitt durch Paralleldrahtkabel

**Knotenpunkte**

Die Kabelscharen kreuzen sich in den Knoten, deren Konstruktion aus rostfreiem Stahl besteht. Eine zwischen die Kabel gelegte quadratische Platte dient als Auflager für die rechtwinklig gekreuzten Rohrschellen. Die Wellrohre werden mit Gummifuttern geschützt. Zwei seitlich angeschraubte Knotenbleche fassen die Holzbalken (Bild 12).

**Montage und Spannen**

Die vollständig verrohrten Kabel wurden im Werk der Geotechnika, Zagreb hergestellt und auf Trommeln zur Baustelle geliefert. Die Montage erfolgte mittels Kran. Zuerst wurden die Querkabel im Buk-

kelbereich montiert. Anschliessend erfolgte das Verlegen der Längskabel und schliesslich der restlichen (oben liegenden) Querkabel im Bereich der Senke (Bild 13). Vor dem Betonieren der Hauptträger waren die Ankerplatten und Durchführungsrohre planmässig versetzt worden. Diese Arbeit erforderte grösste Präzision, sind doch die Einlaufwinkel der Querkabel von Position zu Position verschieden.

Das Spannen des Seilnetzes geschah in mehreren Stufen. Die Spannarbeiten erfolgten in den Hohlkästen der Betonkonstruktion. Nachdem die Kabel vorerst mit nur geringen Kräften angespannt worden waren, setzte die Montage der Knotenbleche ein. Die Monteure benützten dabei das Seilnetz als

Arbeitsplattform (Bild 14). In zwei weiteren Stufen wurden nun planmässig alle Kabel gespannt und die erreichten Kräfte mit Dynamometern überprüft. Anschliessend an die Injektion der Hüllrohre konnte die Montage der Dachhaut auf dem nunmehr selbsttragenden Seilnetz vorgenommen werden.

\* \* \*

Adresse der Verfasser: *H. R. Müller*, dipl. Ing., *W. Stengl*, dipl. Ing., Stahlton AG, Riesbachstr. 57, Zürich

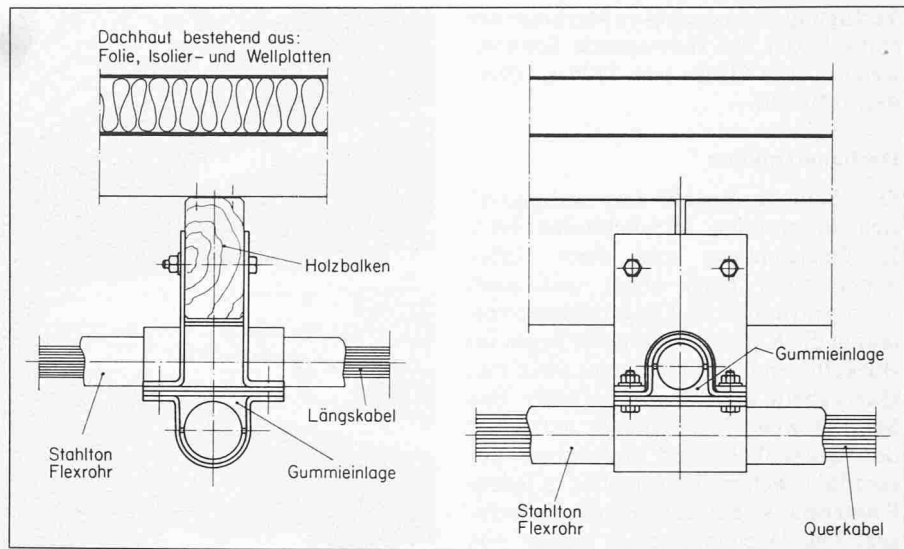


Bild 12. Detail eines Knotenpunktes

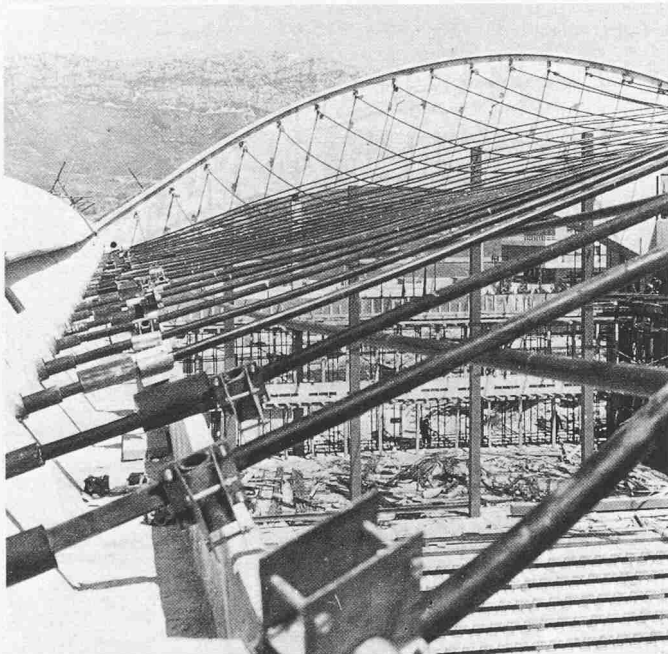


Bild 13. Montage der Seilnetz-kabel

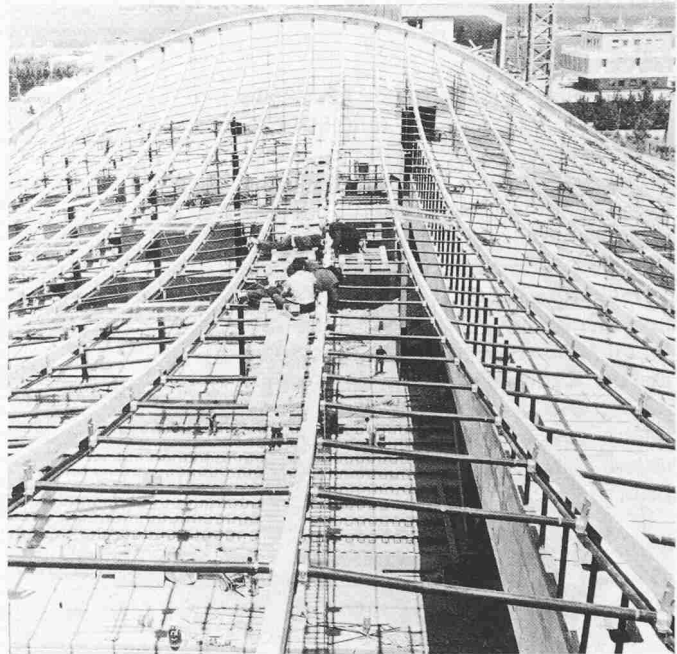


Bild 14. Montage der Auflagerkonstruktion auf das gespannte Seilnetz

#### Verarbeitete Baustoffe

Beton:	25 000 m <sup>3</sup>
Armierungsstahl:	3 850 t
Vorspannstahl:	105 t
Wellrohre Stahltonflex:	6 400 m
Knotenpunkte:	1 833 Stück
Dachkonstruktion:	5 000 m <sup>2</sup>

#### Die Beteiligten

Bauherr:	Stadt Split
Architekt:	Krivaja, Belgrad
Ingenieur:	Institut za Gradjevarstvo pri Gradjevinskom Fakultetu, Belgrad

#### Unternehmer:

Hidroelektra Co., Zagreb
Vorspannung und Seilnetz:
Geotechnika Co., Zagreb
Stahlton AG, Zürich

Die Verfasser danken dipl. Ing. N. Pintaric, Geotechnika Co., Zagreb für die Überlassung von Unterlagen.