

## Die Eislaufhalle im Olympiapark München

J. Schlaich und J. Seidel, Stuttgart

### 1 Seilnetzkonstruktion

„Die Kosten des Olympiadaches lassen zwar die Seilnetzkonstruktionen zunächst als unwirtschaftlich und für die Zukunft wenig aussichtsreich erscheinen. Durch das Olympiadach haben sie jedoch das Experimentierstadium überwunden, und es kann vorausgesagt werden, daß sie in Zukunft für weitgespannte Flächentragwerke einen festen Platz einnehmen werden...“ [1].

Diese zurückhaltend-optimistische Vorhersage aus dem Jahre 1972 hat sich leider nur teilweise erfüllt. Trotz intensiver Weiterentwicklungen, insbesondere im Sonderforschungsbereich 64 an der Universität Stuttgart [2], wurden Seilnetzkonstruktionen in Deutschland seither selten gebaut. Die wenigen Ausnahmen, wie z. B. der Kühlturm Schmehausen [3], erwiesen sich jedoch als technisch ausgereifte, gutmütige und wartungsfreundliche Konstruktionen. Ebenso zeigt das Olympiadach in München, nun 13 Jahre alt, keinerlei Mängel. Und so geschah es sicherlich mit Bedacht, wenn die Münchner Olympiapark GmbH für ein Dach über dem bestehenden Freisfeld in unmittelbarer Nachbarschaft zur Olympia-Sporthalle einen Entwurf akzeptierte, der eine Seilnetzkonstruktion vorsah. Gebührte 1972 dem Bauherrn Anerkennung, daß er beim Vorstoß ins Neuland der großen Zelte ein unvermeidliches Risiko auf sich nahm, so darf ihm heute Dank dafür gesagt werden, daß Seilnetzkonstruktionen in Zukunft sicherlich mit anderen Tragwerksarten bei der Überdachung großer Flächen erfolgreicher in Wettbewerb treten können. Denn mit dem Dach der Eislaufhalle konnte der Nachweis erbracht werden, daß man mit Seilnetzen nicht nur konstruktiv und gestalterisch anspruchsvolle, sondern auch finanziell und terminlich kalkulierbare weitgespannte Flächentragwerke bauen kann (Bild 1).

### 2 Überblick

Das ca. 60 m × 45 m große Freisfeld im Olympiapark, zwischen Fernsehturm und Eissportstadion gelegen, sollte durch eine Überdachung für einen ganzjährigen Eislaufbetrieb nutzbar gemacht werden. Eishockeyspiele und ähnliche Veranstaltungen mit größeren Zuschauerzahlen sind in der neuen Halle nicht vorgesehen, so daß keine Tribünen einzuplanen waren. Die Gesamthöhe des Daches mußte sich am benachbarten ca. 18 m hohen Eissportstadion orientieren. Die somit zur Verfügung stehenden Höhen für Dachrand und -first sind in bezug auf die zu überdachenden Grundrißabmessungen so,

Prof. Dr.-Ing. Jörg Schlaich und Dr.-Ing. Jürgen Seidel sind bei Schlaich und Partner, Beratende Ingenieure im Bauwesen, Stuttgart.



Bild 1. Eislaufhalle im Olympiapark München

daß sich durch geschickte Formgebung ein Seilnetztragwerk entwerfen läßt, das ausreichende und gleichmäßige Krümmungsverhältnisse hat. Dadurch wird nicht nur ein günstiges Tragverhalten erzielt, sondern auch die Voraussetzungen für regelmäßige, konstruktive Details geschaffen, die ein sauberes Aussehen und bei der Herstellung aus Stahlguß wirtschaftliche Vorteile versprechen.

Die Grundrißprojektion des Daches entspricht etwa einer Ellipse von ca. 88 m Länge und 67 m Breite (Bild 2). Darüber entwickeln sich zwei nahezu symmetrische, zweischarige Seilnetzflächen. Diese sind durch Randseile girlandenförmig eingefasst und können so punktförmig gelagert werden. Entlang der längeren Achse sind die beiden Netze gekoppelt, nach oben gezogen und an einem 104 m weit gespannten stählernen Dreigurt-Rohr-Bogen aufgehängt, so daß zwischen den beiden Netzen 12 „Schlitzaugen“ offen bleiben. Der äußere auch im Aufriß leicht gekrümmt verlaufende Rand wird über schräge Einzelstützen abgespannt. Die überdachte Grundfläche beträgt ca. 4500 m<sup>2</sup>, die Dachfläche selbst ca. 4700 m<sup>2</sup>.

Eingedeckt ist das Seilnetz mit transluzenten Kunststoffbahnen, die auf einem an den Seilnetzknuten befestigten Holzrost verlegt sind. Das Seilnetz ist in vereinfachter Form vom Dachrand bis zum Fußboden weitergeführt und dient direkt als Unterkonstruktion für die Glasscheiben der Fassade.

### 3 Tragverhalten und Konstruktion des Stahltragwerks

In [1] wurde ausführlich über das Trag- und Verformungsverhalten, die Berechnung und die konstruktive Durchbildung von Seilnetzkonstruktionen berichtet. Aus diesem Grunde

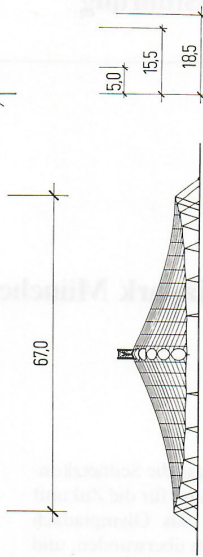
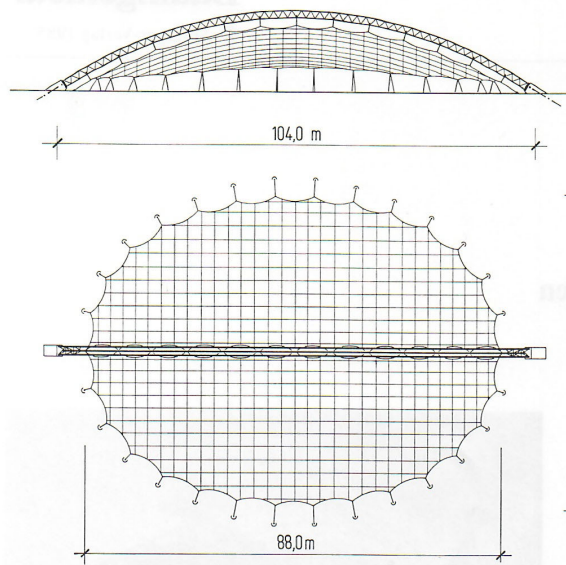


Bild 2. Übersicht Seilnetzdach

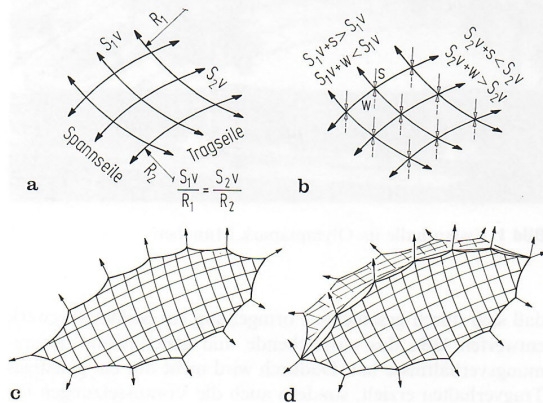


Bild 3 a-d. Tragverhalten des Seilnetzdaches. a Lastfall: Vorspannung; b Lastfall: Vorspannung (V) + Schnee (S) ↓ bzw. Windsog (W) ↑; c einzelne Netzfläche; d zwei gekoppelte Einzelnetze bilden das Dach der Eislaufhalle

können wir uns hier auf das für die Eissporthalle Charakteristische beschränken.

Ihr Netz besteht aus zwei sich kreuzenden Seilscharen, die gegenseitig gekrümmt und gegeneinander verspannt sind. Das so gebildete gleichmaschige Vierecksnetz kann sich der gekrümmten Dachfläche durch Maschenwinkelverschiebungen anpassen. Die Geometrie des Netzes unter Vorspannung entsteht aus dem Gleichgewicht der Umlenkräfte in den Seilknotenpunkten. Äußere Lasten wie Eigengewicht der Dachendeckung, Schnee und Wind vergrößern die Seilkräfte in der einen Seilschar und verringern die in der quer dazu verlaufenden (Bild 3).

Bei regelmäßig gekrümmten Seilnetzflächen läßt sich die Größe der Vorspannung so wählen und die Radien und Lasten so aufeinander abstimmen, daß die Seile unter Vollast gerade noch nicht schlaff werden. Dann bleiben die Verformungen und insbesondere die Maschenwinkeländerungen klein. So beträgt hier die maximale Änderung der Netzmaschenwinkel auch unter ungünstigster Schneebelastung (Schachbrettbelastung) weniger als 1,5°, während bei der Olympiasporthalle Maschenwinkeländerungen von bis zu 6° berechnet wurden.

Jede Seilschar besteht aus Doppelseilen im Abstand von 75 cm, ein Doppelseil aus zwei Litzen mit je 11,5 mm Durchmesser im Abstand von 3,2 cm. Die quer zum Bogen verlaufenden Doppelseile (Tragseile für Schneelast) haben mittlere Radien von  $R_1 \approx 75$  m und sind im Mittel mit 35 kN/m vorgespannt; die parallel zum Bogen verlaufenden Spannseile haben  $R_2 \approx 130$  m und entsprechend eine Vorspannung von 60 kN/m. Unter der maximalen Nutzlast (Schnee plus Winddruck) von 1,5 kN/m<sup>2</sup> erreichen die Tragseile ihre zulässigen Kräfte von 135 kN/m, während in den Spannseilen eine Restvorspannung von 10 kN/m verbleibt.

Die Litzen der Doppelseile sind durch im Werk aufgepreßte Aluminiumklemmen gekoppelt und die Klemmen beider Seilscharen in den Kreuzungspunkten drehbar verbunden [1, 3]. An den Rändern ist das Netz über Randseilklemmen [1] an girlandenförmig geführte, vollverschlossene Seile mit 60 mm Durchmesser angeschlossen. Je nach Lage dieser Seile am äußeren Rand oder unter dem Bogen sprechen wir von Rand- oder Gratseilen (Bild 3). Ihre Kräfte unter Gebrauchslasten betragen bis zu 1600 kN. An den jeweils ca. 7,5 m voneinander entfernten Umlenkpunkten dieser Seile werden ihre Kräfte gesammelt und über Stahlfußsättel aus GS 26 CrMo4 zu den Verankerungen weitergeleitet (Bild 4-6).

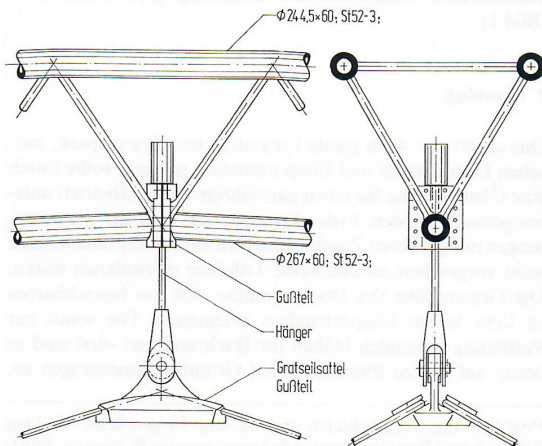


Bild 4. Gratseil mit Aufhängung am Bogen

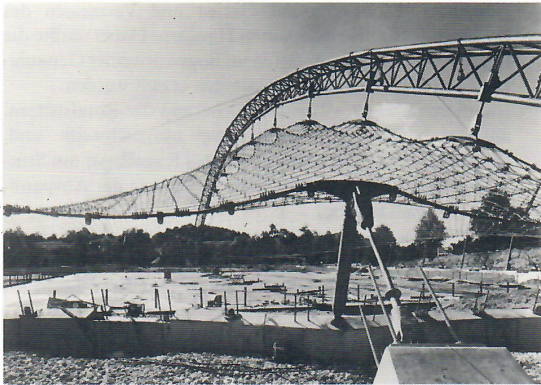


Bild 5. Seilnetz mit Aufhängung und Abspannung

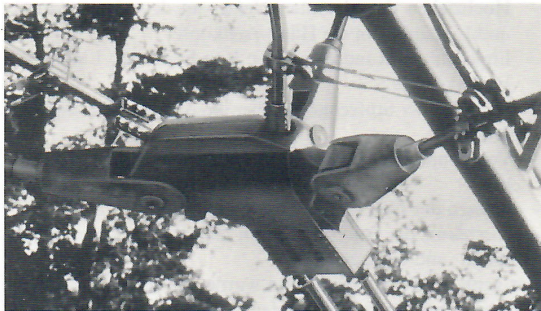


Bild 6. Sondersattel für Rand- und Gratseilanschluß

So gelingt es mit insgesamt nur drei typischen Formen von Umlenksätteln auszukommen, was für die Fertigung aus Stahlguß vorteilhaft ist:

- 11 Gratseilsättel entlang der Hauptsymmetrieachse, die nur eine radiale Aufhängung zum Bogen benötigen (Bild 4).
- 28 Randseilsättel entlang dem äußeren Dachrand, die das Randseil mit der geeigneten Stütze und ihrer Abspannung verknüpfen (Bild 5).
- 2 Sondersättel nahe den Tiefpunkten des Bogens, die dort die Rand- und Gratseile verknüpfen und deshalb am Bogen aufgehängt und zum Bogenwiderlager hin abgespannt sind (Bild 6).

Die Hänger an den Grat- und die Abspannseile an den Randseilsätteln sind aus denselben vollverschlossenen Seilen mit Durchmesser  $d = 60$  mm hergestellt wie die Randseile und haben angegossene zylindrische oder Gabel-Seilköpfe (Bilder 4, 5).

Die runden Randstützen stehen auf Stahlkugeln und nicht auf handelsüblichen Lagern. Damit wurde nicht nur das Gelenk sichtbar gemacht, sondern auch die großen Drehwinkel beim Montieren und Spannen des Daches bewältigt (Bild 7). Die Stützen leiten ihre Lasten auf ein durchlaufendes Ringfundament ab, an dem auch die Fassadenseile befestigt sind. Die Abspannseile sind gegen kleine Einzelfundamente gespannt, die ihrerseits mit ca. 10 m langen Dauerankern im quartären Kies rückverankert sind.

Der stählerne Bogen ist als Dreigurtfachwerkträger ausgebildet und entlang der Längsachse des Dachs mit einem Stich von 18,5 m knapp 104 m weit gespannt (Bild 4). Er konnte sehr filigran konstruiert werden, weil er interaktiv mit dem Seilnetz wirkt: Der Bogen trägt nicht nur das Dach und ist für symmetrische Lasten nach der Stützlinie geformt, sondern wird vom Seilnetz in seiner Ebene und in Querrichtung stabil-

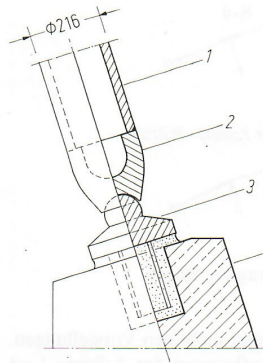


Bild 7. Stützenfuß; 1 Stütze, St 52-3; 2 Gußteil mit Kalotte; 3 Gußteil mit Kugel; 4 Ringwand

siert. Seine Bauhöhe beträgt nur  $h = 1,45$  m, seine Gurt- und Diagonalstäbe sind Rohre aus St 52 mit  $\varnothing/t = 244/60$  bzw.  $\varnothing/t = 82/25$  mm.

#### 4 Statische Berechnung und Zuschnitt

Ausgehend von einer Seilgeometrie, die im wesentlichen neben den äußeren Abmessungen durch die Stiche der unterschiedlichen Seiltypen (Netzseile, Rand- und Gratseile) beschrieben ist, wird für die maximale bzw. minimale symmetrische Last  $\max q = g + s + 0,5 W_{\text{Druck}} = 1,5 \text{ kN/m}^2$  bzw.  $\min q = g - W_{\text{Sog}} = -0,4 \text{ kN/m}^2$  in einer Vorberechnung nach Theorie I. Ordnung die erforderlichen Abmessungen der Netz-, Rand- und Abspannseile, des Bogens und der Randstützen sowie die mittlere, erforderliche Netzspannung bestimmt.

Ein Viertel des gesamten Daches ist nun als räumliches Stabwerk für die elektronische Berechnung nach dem Verschiebungsgrößenverfahren aufzubereiten. Dabei muß die wirkliche 0,75-m-Maschenweite in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Rechnerkapazität durch eine gröbere z.B. 1,5-m-Maschenweite idealisiert werden, um die Anzahl der Unbekannten des zu lösenden Gleichungssystems zu reduzieren.

Die gewählte Netzgeometrie des Stabwerksmodells unter dem vorab festgelegten Vorspannungszustand stellt i. a. noch keine Gleichgewichtsfigur dar. Diese wird mit dem Stabwerkprogramm unter Berücksichtigung der Verschiebungen berechnet (Formgebungsprozeß). Aufbau und Arbeitsweise eines derartigen Stabwerksprogramms nach Theorie II. Ordnung und unter Berücksichtigung einer denkbaren Systemänderung, wenn ein Seil unter Last seine Vorspannung verliert, ist in [4] beschrieben.

Als äußere Rand- und Lagerbedingungen werden zunächst beim Formfindungsprozeß der Netzfläche an den Umlenkpunkten der Rand- und Gratseile starre Lager eingeführt, deren Wirkungslinien in Richtung der oberen Hänger bzw. der äußeren Abspannböcke zeigen. Als Ergebnis der iterativen Lösung des Gleichgewichtssystems

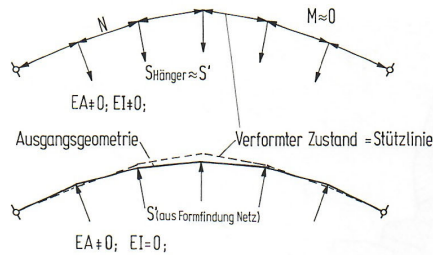
$$P = (K_e + K_g) V,$$

das für den reinen Vorspannungszustand übergeht in

$$O = (K_e + K_g) V$$

mit  $K_e = \text{elastischer Anteil}$  } der Steifigkeitsmatrix,  
 $K_g = \text{geometrischer Anteil}$

erhält man für jedes Element die Knotenverschiebungen und neue Seilkräfte. Entspricht die so gefundene Gleichgewichts-



**Bild 8.** Formfindung und Lastabtragung Bogen

figur mit zugehörigem Kraftzustand nicht den Vorstellungen, weil z.B. einzelne Seile nach Aufbringen der äußeren Last schlaff oder überspannt sind, muß die Vorspannung entsprechend verändert und die Berechnung wiederholt werden. So entsteht schließlich das für die weitere Schnittkraftermittlung brauchbare Netz. Dem folgt die Formfindung des Bogens. Hierzu werden als Belastungsgrößen die Lagerkräfte an den Gratseilumlenknuten aus der Netzberechnung übernommen und eine Stützlinienermittlung nach Theorie II. Ordnung für den Bogen durchgeführt (Bild 8). Als optimaler und somit als formgebender Lastfall für die Festlegung der Bogengeometrie wurde bei der Eislaufhalle  $V + 2/3 \max q$  gefunden.

Schließlich können Netzseile, Fassadenseile, Randabspannung und Fachwerkbogen zusammengebaut werden. An diesem System wird der Vorspannzustand nochmals überprüft und die notwendigen Zuschnitts-Korrekturen vorgenommen, danach durch Spiegelung das Gesamtsystem generiert und daran alle äußeren Lasten, Temperatur, Stützensenkung und insbesondere die unsymmetrischen Wind- und Schneelasten untersucht. Zur Traglastuntersuchung des Bogens wurden  $v$ -fache Dachlasten und gleichzeitig angenommene Imperfektionen der Bogengeometrie angesetzt. Er erwies sich im Zusammenwirken mit dem gegensinnig gekrümmten Netz und den Randabspannungen trotz seiner Schlankheit als stabil. Neben den Schnittkräften interessieren insbesondere auch die Verschiebungen in der Dach- und Fassadenebene im Hinblick auf die konstruktive Ausbildung der Dacheindeckung und der Fassade.

Die oben skizzierte elektronische Zuschnittsberechnung wird schließlich in Zuschnittsplänen umgesetzt. In diesen Plänen sind abschnittsweise die Rand- und Gratseile mit allen anschließenden Netz- und Fassadenseilen einschließlich der Klemmen und Knotenpunkte maßstäblich dargestellt. Daraus werden Pläne und Tabellen für jedes einzelne Netz-, Fassaden- und Girlandenseil entwickelt, aus denen sowohl die Gesamtlänge als auch die Lage jeder Seilklemme oder Umlenkung für den ungedehnten und den gedehnten Zustand ablesbar sind. Das Vertrauen in diesen Zuschnitt war so groß, daß von vornherein auf die konstruktive Möglichkeit einer nachträglichen Längenkorrektur der Netzseile etwa durch Spannenschlösser verzichtet wurde. Die Einleitung der Vorspannung konnte nur an den 13 Hängern und den 28 Abspannseilen vorgenommen werden. Selbstverständlich muß die für Seilnetztragwerke ohnehin notwendige, erhöhte Herstellungsgenauigkeit für alle Tragelemente (Seile und Bogen) genauestens vorab spezifiziert und während der Werkstattfertigung und Montage ständig kontrolliert werden.

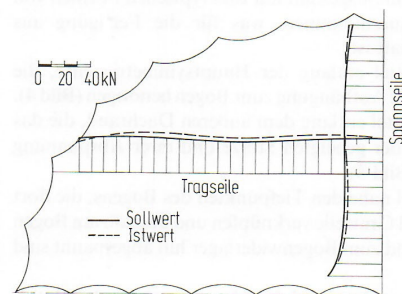
## 5 Montage und Spannen

Die Montage und das Spannen liefen wie folgt ab:

- Herstellen der Fundamente und Vermessen und Überprüfen aller Anschlußpunkte der Stahl- und Seilnetzkonstruktion an den Fundamenten.

- Herstellen, Montieren auf Gerüst und Vermessen des Bogens mit bereits eingebauten Hängern. Dabei mußte die Lage der Hängerkoordination im Bogen mit einer Genauigkeit von  $\pm 2$  cm in allen Richtungen erzielt werden.
- Montieren und provisorische Sicherung der Randstützen, auf die bereits die Randseilsättel aufgeschweißt sind. Schwenken der Stützenköpfe um das Kugellager am Stützenfuß um ca. 30 cm nach innen. Befestigen der Abspannseile am Umlenksattel.
- Auslegen der Rand- und Gratseile am Boden und Einlegen in die Umlenknuten der ausgelegten Gratseilsättel. Montieren der Rand- und Gratseilklemmen für Netz- und Fassadenseile entsprechend vorheriger Markierung.
- Auslegen der abgelängten und im Werk mit aufgepreßten Klemmen versehenen Netzseile, Tragsseile unten, Spannseile quer dazu oben.
- „Knüpfen“ des Netzes, d.h. Verschrauben der Netzknoten und Anschließen an die Randklemmen.
- Hochziehen des gesamten Netzes an den Gratseilsätteln und Einhängen in die Hängerseilköpfe.
- Einlegen der Randseile in die Randseilsättel, Einbau der Fassadenseile.
- Einholen der Stützenköpfe über die Abspannseile auf Sollgeometrie.
- Vorspannen der Hängerseile auf die vorgesehene Hängerkraft.
- Messen der Netz- und Fassadenseilkräfte.
- Korrektur der Seilkräfte durch Nachspannen an den Abspann- und Hängerseilen.

Der geplante Vorspannzustand wurde mit einer für Seilnetztragwerke äußerst befriedigenden Genauigkeit von ca.  $\pm 10\%$  erreicht (Bild 9). Damit konnten die Arbeiten für die Dacheindeckung und Fassade in Angriff genommen werden.



**Bild 9.** Netzseilkräfte Lastfall Vorspannung

## 6 Dachhaut

Bei der Festlegung der Dacheindeckung galt es folgende Vorgaben zu erfüllen:

- Es ist nur Wetterschutz, keine Wärmedämmung, erforderlich;
- die Wetterhaut muß den Verformungen des Seilnetzes unter Lasten zwangsfrei folgen können (maximale rechnerische Durchbiegung der Netzfläche ca. 0,80 m; maximale Maschenwinkeländerung  $1,5^\circ$ );
- in den flacheren Bereichen am Dachrand muß mit erhöhten Lasten wegen Schneeanhäufung gerechnet werden;
- die Brandlast für den Bogen muß möglichst klein sein.

Nach mehreren Entwürfen konnte schließlich eine gestalterisch und wirtschaftlich befriedigende Lösung gefunden werden (Bild 10). An den Netzknoten ist ein Holzrost befestigt, der am Grat den Netzseilen mit einem Raster von 75 cm  $\times$

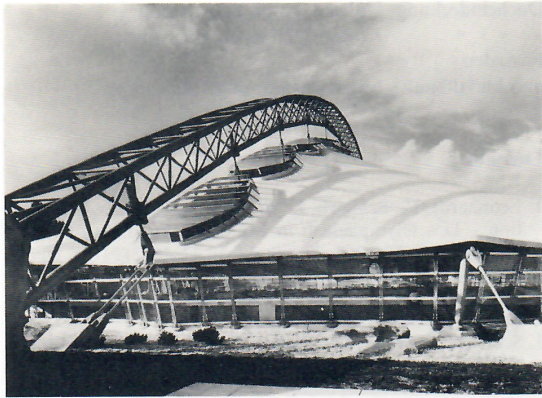


Bild 10. Dachhaut

75 cm folgt (geringe Brandlast für den Bogen) und sich zum Dachrand hin auf  $18,75 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$  verdichtet (Schneeanhäufung). Die Längen der Holzpfetten ( $6 \text{ cm}/6 \text{ cm}$ ) und der Holzlatten ( $6 \text{ cm}/3 \text{ cm}$ ) sowie ihre Befestigung an den Netzknoten sind so ausgelegt, daß sie den Verschiebungen des Daches mit begrenzten Zwängungen folgen können. Auf diesen Rost ist ein weißes, lichtdurchlässiges, PVC-beschichtetes Polyestergerewebe als Wetterschutz aufgespannt. Die Breiten der Kunststoffbahnen sind mit 1,50 m ebenfalls auf die Maschenweite abgestimmt, so daß die Stöße nach temporärer Nagelung direkt über jeweils einer Holzlatte auf der Baustelle durch Quellschweißung kraftschlüssig ausgebildet werden können. Als Sogbefestigung sind Kunststoffteller mit Holzschrauben vorgesehen. Sie sind entsprechend den erwarteten Windsogkräften an den Rand- und Gratseilen verengt angeordnet. Die Schlitzaugen zwischen den Gratseilen werden mit durchsichtigen Polycarbonatscheiben abgedeckt, die auf eine aufgeständerte Stahlrahmenkonstruktion geklemmt sind.

Die Halle wird natürlich belüftet. Hierzu sind entlang dem gesamten Dachrand und den Oberlichtern durchgehende Schlitzso angeordnet, daß eine ständige Luftzirkulation möglich ist.

Licht und Leichtigkeit sollten den Charakter des Innenraumes prägen. Dies konnte insbesondere durch die beschriebene Konstruktion der Dachhaut erzielt werden, da sie durch die vom Rand zum Grat hin kontinuierlich zunehmende Helligkeit die gekrümmte Dachfläche belebt und unterstreicht.

### 7 Fassade

Bei früheren Seilnetztragwerken trennte man wegen der großen Verformungen die Fassade stets vom Dach, beispielsweise durch Wahl einer verglasten starren Konstruktion, die am oberen Rand mit einem Balg gegen das Dach abgedichtet ist. Solche Lösungen befriedigen nicht, weil sie gegenüber dem leichten Dach sehr schwer wirken. Deshalb wurde hier eine Membranfassade entwickelt. Zwischen den Randseilen und dem Ringfundament sind Fassadenseile im Abstand von 1,3 m, Doppellitzen wie die Dachseile, gespannt, die wie die Randstützen gegen die Vertikale um  $18^\circ$  geneigt sind. An ihren Knoten sind horizontale Aluminiumschienen befestigt, in denen ca.  $60 \text{ cm} \times 130 \text{ cm}$  große Glasscheiben liegen und gleitend den Relativverschiebungen der Randseile folgen. Abmessung, Form und Lagerung der Glasscheiben ermöglichen die Aufnahme aller Verschiebungen, die besonders in Tangentialrichtung mit bis zu 15 cm gegenüber dem Fundament sehr groß sind.

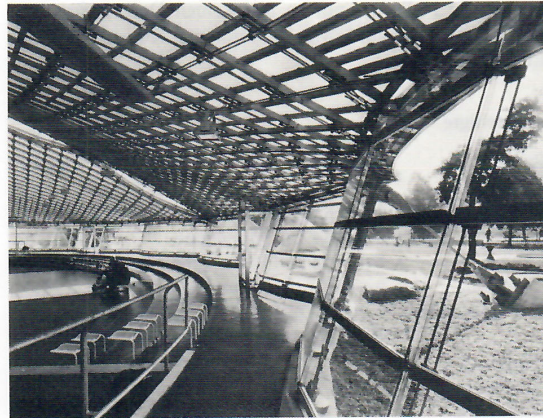


Bild 11. Membranfassade und Dachrand

Dach- und Fassadenkonstruktion bilden somit eine Einheit. Die Seilnetzkonstruktion wird über das Randseil hinunter bis zum Baugrund gezogen und lediglich der Funktion entsprechend mit unterschiedlichem Material eingedeckt (Bild 11).

### 8 Schlußwort

Die neue Eissporthalle in München ist bereits mit Architekturpreisen ausgezeichnet worden. Dies bestätigt wieder, daß man mit Seilnetzen schön bauen kann (Bild 12). Sie eignen sich ganz besonders, wenn eine durchsichtige Dachhaut erwünscht ist und ihre Fähigkeit, sich praktisch beliebig formen zu lassen, in vernünftigem Maße genutzt wird.

Seilnetztragwerke machen die Zusammenarbeit mit Architekten, die sich dieser Formenvielfalt verpflichtet fühlen, zum Vergnügen, besonders unter einem Bauherrn, der weiß, daß man den Nutzwert eines Bauwerkes nicht nur an seinen Kosten messen darf. Aber auch die können sich sehen lassen: Für die Eissporthalle wurden einschließlich Dachhaut und Fassade ca. DM 1500 je  $\text{m}^2$  überdachter Fläche kalkuliert und, nach Ausschreibung gemäß VOB und Abrechnung entsprechend dem durch die Vergabe festgelegten Leistungsvertrag, bestätigt. Weil bei Seilnetztragwerken die Geometrie zwingend aus dem Gleichgewicht folgt, ähnlich wie bei ideal geformten Beton-Membranschaln, die wir heute leider viel zu selten bauen,

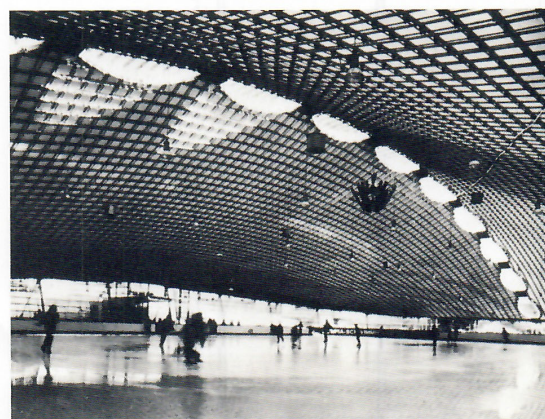


Bild 12. Eislaufhalle in Betrieb

konnte die Halle „... nur so und keinen Deut anders werden ...“ [5], da bei ihr Form, Funktion und Konstruktion eine Einheit darstellen.

### 9 Beteiligte

Bauherr Planung und Bauleitung	Münchner Olympiapark GmbH, München Prof. K. Ackermann und Partner, Architekten, München; Schlaich und Partner, Beratende Ingenieure im Bauwesen, Stuttgart
Prüfingenieure	o. Prof. Dr.-Ing. H. Kupfer, München; Prof. Dr.-Ing. R. Schuller, München
Baugrund- gutachten Stahl- und Seilnetzbau	o. Prof. R. Floss, München Friedrich Maurer Söhne, München; Pfeifer Seil- und Hebeteknik, Memmingen
Stahlbeton- arbeiten	E. Liebergesell, München

Dacheindeckung Huber & Sohn, Bachmehring;  
Koitwerk H. Koch, Rimsting

Fassaden  
und Metallbau Filser und Freisinger, Ismaning

### Literatur

1. Leonhardt, F.; Schlaich, J.: Vorgespannte Seilnetzkonstruktion – Das Olympiadach in München. Stahlbau 41 (1972) 257–266, 248–301, 307–377; Stahlbau 42 (1973) 51–58, 80–86, 107–114, 178–185
2. Mitteilungen des SFB 64 1/72 bis 58/80; Sonderforschungsbereich 64, Universität Stuttgart
3. Schlaich, J.; Mayr, G.; Weber, P.; Jasch, E.: Der Seilnetz-kühlturm Schmehausen. Bauingenieur 51 (1976) 401–412
4. Argyris, J. H.; Agelopoulos, T.: Theorie, Programmentwicklung und Erfahrung an vorgespannten Netzwerkkonstruktionen. Mitt. SFB 64 1/72, Jahresber. 1970/71; Sonderforschungsbereich 64, Universität Stuttgart
5. Sack, M.: Die Zeit 7. Okt. 83

Photos: Sigrid Neubert, Büro Ackermann, Schlaich und Partner

## Kurze Technische Berichte

### Neuartiges Randstreifenfundament

Bei der Planung eines 3geschossigen Vielzweckgebäudes mit beidseitiger Randbebauung war vom Tragwerksplaner gefordert, möglichst wenig Stützenachsen und eine äußerst geringe Bauhöhe des Deckentragwerks anzustreben, um den nutzbaren Raum in möglichst geringem Maße einzuschränken. Gegeben war ein Grundriß von 26 m × 35 m (Bild 1). Aufgrund vorgenannter Randbedingungen wurde vom Verfasser ein Stützenraster entworfen, das nur in der Mitte des Gebäudes eine Stützenreihe erforderlich machte. Die dadurch entstandenen Deckenspannweiten betragen ca. 13 m. Daraus resultierend wurde über die Außenwände ein relativ großer Lastanteil der gesamten Geschoßfläche von ca. 950 m<sup>2</sup> abgetragen. Dies bedeutet für den vorliegenden Fall große Lastexzentrizitäten für die an der Grundstücksgrenze liegenden Streifenfundamente.

Die aus solchen Lastexzentrizitäten resultierenden Momente werden normalerweise als Biegemomente in den aufgehenden Wänden bzw. in der Bodenplatte aufgenommen. Bei o. g. Bauvorhaben war eine Aufnahme der Biegemomente in den Wänden nicht möglich, da einerseits das Bauwerk nicht unterkellert

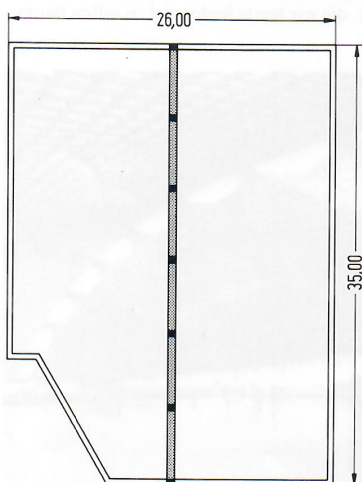


Bild 1. Deckengrundriß

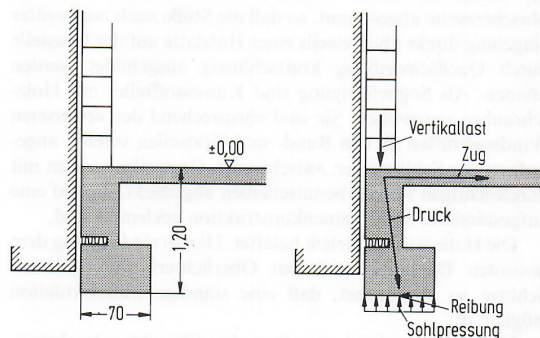


Bild 2. Neuartiges Streifenfundament, rechts: Kräfteverlauf

wurde und andererseits die Geschoßwände aus Kostengründen gemauert werden sollten. Außerdem bestand bei Betonwänden die Gefahr, daß durch die einhäufige Schalung Schäden an den Nachbargebäuden auftreten konnten, zumal die Geschoßhöhe immerhin ca. 4,0 m betrug. Eine Aufnahme der Biegemomente in der Bodenplatte war aus wirtschaftlichen Gründen wenig sinnvoll, da der Abbau dieser Momente in der Bodenplatte, bedingt durch die großen Stützenabstände, nur gering gewesen wäre und dadurch einen hohen Bewehrungsgrad der Bodenplatte erfordert hätte.

Daraufhin entwickelte der Verfasser neuartige Streifenfundamente, die die exzentrisch wirkenden Vertikallasten mittig in den Baugrund ableiten konnten (Bild 2). Durch diese Konstruktion konnten die Lasten wie folgt aufgenommen werden: Durch die erzwungene Schrägstellung der Vertikallast entstand in der Bodenplatte eine Zugkraft, die durch die Wahl der Abmessungen des Fundamentkörpers so gewählt werden konnte, daß die notwendige Bewehrung in der Bodenplatte wirtschaftlich vertretbar war. In der Gründungssohle mußte aus Gleichgewichtsgründen eine Horizontalkraft wirken, die, ohne Kosten zu verursachen, mit Hilfe der vorhandenen Vertikallast durch Reibung aufgenommen wurde. Durch eine geschickte Wahl der Abmessungen konnten die Kräfte so verteilt werden, ohne daß bedeutende Mehrkosten für die Gründung erforderlich waren.

H. Klotz, Stuttgart



# DIE ARCHITEKTUR GEWINNT NEUE FORMEN: MIT <sup>®</sup>TREVIRA HOCHFEST



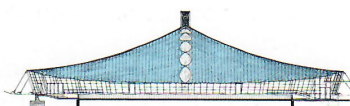
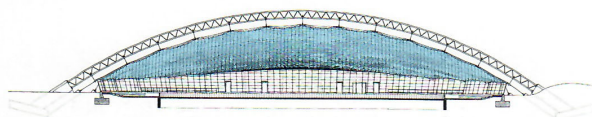
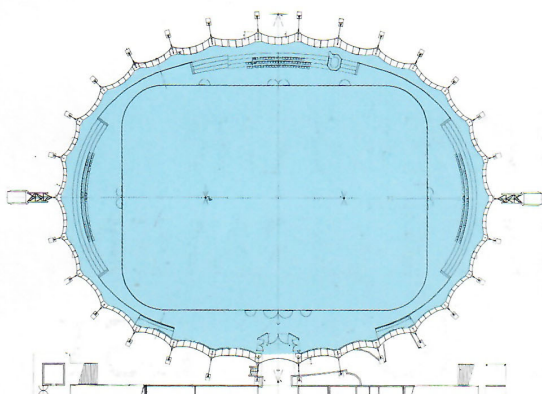
Die Freisfläche des Münchener Olympiaparks sollte dem Eissport ganzjährig geöffnet werden.

In unmittelbarer Nähe der Zeltäcker für die Olympischen Spiele 1972 gelegen, war die bestmögliche Integration von Architektur und Landschaft städtebaulich geboten.

Ein leichtes Flächentragwerk erwies sich

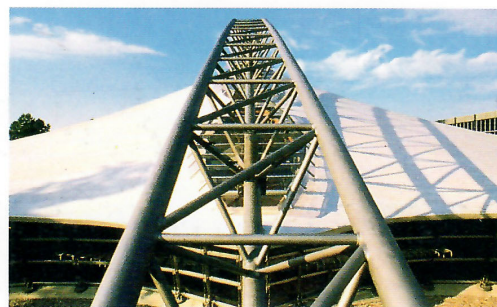
einmal mehr als wirtschaftlichste Lösung. Die Dachhaut bildet PVC-beschichtetes TREVIRA HOCHFEST Gewebe. Eine beeindruckend schwerelose Halle von ausladenden Dimensionen entstand.

Wie mit diesem baulichen Ereignis in München trägt TREVIRA HOCHFEST dank seiner statischen, dynamischen und bauphysikalischen Leistungen weltweit zu einer ästhetischen und ingeniosen Zukunftsarchitektur bei.

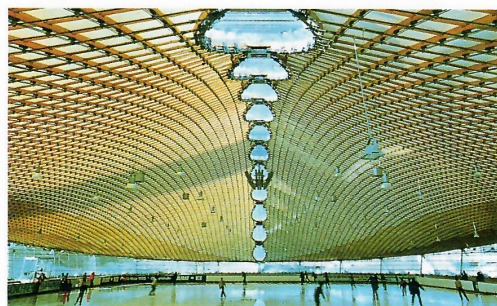


Stützenfrei – an einem stählernen Dreigurt-Fachwerkbogen hängend – überspannen die Netze des Flächentragwerkes eine Fläche von rund 70 x 100 m.

Hoechst Aktiengesellschaft, TREVIRA TECHNISCH SERVICE,  
D-6230 Frankfurt am Main 80, Tel. (069) 305 58 33



Die Tragkonstruktion zeigt die hohe technische Ästhetik der von dem Architekten Kurt Ackermann und dem Ingenieur Jörg Schlaich entworfenen Halle.



Die Transparenz des TREVIRA HOCHFEST Gewebes – konfektioniert und montiert von der Fa. KOIT Konstruktive Membranen GmbH & Co. KG, D-8219 Rimsting – schafft einen lichterfüllten Raum.