

# Naturzugkühlturm mit vorgespanntem Membranmantel = Tour de refroidissement recouverte d'une membrane combressée = Cooling tower with orestressed shell

Autor(en): **Schlaich, Jörg / Mayr, Günter**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **30 (1976)**

Heft 11

PDF erstellt am: **04.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-335561>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Weitgespannte Flächentragwerke

## Naturzugkühlturm mit vorgespanntem Membranmantel

Tour de refroidissement recouverte d'une  
membrane combressée

Cooling tower with orestressed shell

Entwurf, Statik und Konstruktion:

Leonhardt + Andrä, Stuttgart

Statische Prüfung:

Prof. Dr.-Ing. W. Zerna, Bochum

Bauherr: Hochtemperatur-Kernkraftwerk-  
Gesellschaft Uentrop mit VEW Dortmund

Generalunternehmer:

Konsortium Balcke-Dürr / GEA, Bochum

Ausführung und Montage:

Krupp Industrie- und Stahlbau,  
Werk Goddelau

**THTR – Kernkraftwerk Uentrop-  
Schmehausen**



**Zur Konstruktion  
des Seilnetz Kühltores**

Das 300 MW-THTR-Kernkraftwerk Schmehausen ist ein Prototyp für künftige Kernkraftwerke mit Hochtemperatur-Reaktoren und Leistungen von über 1000 MW. Man entschloß sich darüber hinaus, bei diesem Kraftwerksblock die Trockenkühlung zu erproben, da bereits in naher Zukunft die Umwelt nicht mehr mit zusätzlicher Abwärme belastet werden kann. Bei Trockenkühlung und Blockleistungen von 1000 MW müssen die Höhe und der Durchmesser des Kühlturms über 200 m betragen. Kühltürme dieser Größen bereiten den konventionellen Bauarten mit Stahlbetonschalen oder Stahlfachwerken große Schwierigkeiten. Der Bauherr VEW/HKG entschied sich deshalb für den Sondervorschlag Seilnetz-kühlturm.

*System und Tragverhalten*

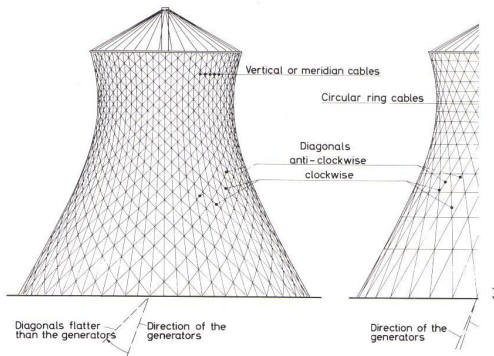
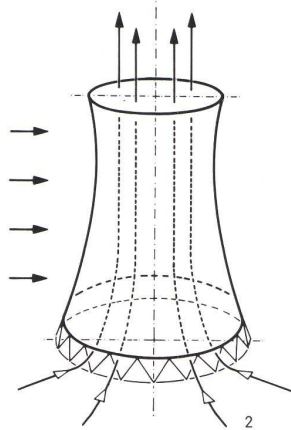
Der vorgespannte Membranmantel Um die in den Kühlturm durch Öffnungen am Fuß eintretende Luft nach oben zu lenken, genügt als Mantel eine luftdichte Membran (Abb. 2).

Ein solcher Membranmantel ist standfest gegenüber beliebigen äußeren Lasten wie ein entsprechendes frei stehendes Schalenträgerwerk, wenn er vorgespannt wird und die Vorspannung überall größer als die Hauptdruckspannungen unter diesen Lasten ist. In der Membrane treten dann nur Zugkräfte auf.

Voraussetzung für die Erzeugung einer allseitigen Vorspannung in der Membrane ist, daß ihrer Krümmung in Ringrichtung, die durch die Röhrenform des Kühlturms vorgegeben ist, eine entgegengesetzte Krümmung in Meridianrichtung zugeordnet wird. In der so sattelförmig gekrümmten Membrane gleichen sich die Umlenkkräfte infolge der Vorspannung in der einen Richtung mit denen der anderen Richtung aus. Die für Kühltürme übliche Form des Rotationshyperboloids entspricht dieser Forderung bereits und kann deshalb hervorragend als vorgespannte Membrane hervorge stellt werden.

In eine entsprechend zugeschnittene Membrane brauchen die Vorspannkraft lediglich am oberen und unteren Rand eingeleitet zu

werden, in Ringrichtung ist der Kräftekreislauf geschlossen, und die Membrane steht an jeder Stelle und in jeder Richtung unter Zug. Damit eignen sich als Werkstoff für den Mantel hochfeste Bleche oder Gewebe und vor allem Seilnetze, da Seile aus dünnen Drähten besonders wirtschaftlich mit hohen Festigkeiten herstellbar sind. Zur Luftführung müssen die Seilnetze allerdings zusätzlich verkleidet werden.



Der Membranmantel des Kühlturms Schmehausen aus einem vorgespannten und verkleideten Seilnetz

Die beiden Aufgaben des Kühlturm-mantels, als Membranschale die äußeren Lasten abzutragen und die Luftführung, werden hier getrennt einem Seilnetz und einer daran befestigten Verkleidung zugewiesen. Das Seilnetz muß notwendigerweise dreieckige Maschen haben, um hinsichtlich seines Tragverhaltens der vorgespannten Membranschale vollgültig zu entsprechen.

Jedes andere Netz, besonders das mit viereckigen Maschen, kann ohne große dehnungslose Maschenwinkeländerungen nur Kräfte in Richtung seiner beiden Seilscharen übertragen. Dadurch weicht sein Tragverhalten grundlegend von dem einer Membranschale ab. Der Mast eines Kühlturms mit diesem Mantel müßte abgespannt werden. Ein solcher Turm hätte nur formale Ähnlichkeit mit dem hier beschriebenen.

Das Seilnetz in Schmehausen besteht aus 216 Meridianseilen und je 108 links- und rechtssteigenden Schrägeilen. Sie sind aus je 2 Litzen  $\Phi$  25 mm bzw.  $\Phi$  20 mm als Doppelseile hergestellt und mit Aluminium-Preßklemmen drehbar verknötet (Abb. 3). Am unteren Rand sind sie an einem Ringfundament angeschlossen, das mit vorgespannten Bodenankern im Baugrund verankert ist. Den oberen Abschluß der Seilnetzschale bildet ein Druckring, der als Stahlhohlkasten ausgebildet ist. An ihm sind die Netzteile und die 36 radial zum Mastkopf verlaufenden Aufhänge-seile  $\Phi$  78 mm angeschlossen.

Im Endzustand sind die Aufhänge-seile über dem Hubring fest mit dem Mastkopf verbunden.

Zusätzlich zu dem als Aufhängung dienenden und gleichzeitig die Aussteifung des oberen Randes bewirkenden oberen Speichenrad wurden bei diesem Turm in zwei weiteren Ebenen horizontale aussteifende Speichenräder vorgesehen. Sie bestehen aus je einem Druckring in der Netzfläche, 36 Radialeilen  $\Phi$  35 mm und einem inneren Zugring. Letzterer berührt und belastet den Mast nicht.

1  
Der Seilnetz-mantel während des Hubvorganges mit dem zentralen, abgespannten Betonmast, über dem im Montagezustand die Windlasten abgetragen werden.

*L'enveloppe en nappes de cables pendant la phase de levage avec le mât central en béton haubanné qui reprend les efforts du vent pendant la construction.*

*The cable-mesh envelope during hoisting with the central concrete mast, which takes up the force of the wind during construction.*

Für den fast ausschließlich druckbeanspruchten zentralen Mast eignet sich Stahlbeton. Der Mastkopf wird so ausgebildet, daß von ihm aus über das Speichenrad der Mantel gehoben und gespannt werden kann.

Die Verkleidung des Seilnetzes ist an der Innenseite angeordnet und besteht aus in Ringen angeordneten Riegeln und 1 mm starkem Trapezblech aus Aluminium.

*Zur Herstellung und Montage des Kühlturms*

Der Mast wird vorab und gleichzeitig mit dem Ringfundament hergestellt. Danach werden am Boden der Druckring und um den Mast der Hubring zusammengebaut. Beide Ringe sind in Segmenten vorgefertigt. Zwischen die Ringe werden die Aufhängeseile eingehängt.

Am Mastkopf wurde inzwischen eine Hubvorrichtung montiert und von dort der Hubring an Hubseilen aufgehängt. Mit Beginn des Hebens des Speichenrades wird der Mantel an den Druckring angeschlossen und während des Hubvorganges kontinuierlich nachmontiert. Dabei werden die Netzseile während des Hebens direkt von Haspeln abgerollt, zusammengesteckt und nach dem Erreichen der Hubendlage in den Fundamentring eingehängt.

Nach dem Heben wird die Hubvorrichtung am Mastkopf zur Spannvorrichtung verstärkt und damit der Mantel auf seine planmäßigen Kräfte gespannt. Über seinen Zugschnitt stellt sich dabei die geforderte Form ein. Der Hubring wird mit dem Mastkopf kraftschlüssig verbunden. Zuletzt wird die Verkleidung mit Hilfe einer seilbahnähnlichen Befahranlage montiert.

2  
Für die Luftführung genügt eine dünne Membrane.

*Pour le contrôle atmosphérique une membrane mince suffit.*

*A thin membrane is sufficient for atmospheric control.*

3  
Konstruktionsprinzip: Drei Seilnetz-scharen mit dreieckigen Maschen.

*Principe de construction: 3 nappes de cables à mailles triangulaires.*

*Construction principle: Three cable-meshes with triangular pattern.*

4  
Anschluß der Aluminiumverkleidung an den Netzknoten.  
Raccordement du revêtement en aluminium aux nœuds de cables.

Connection of aluminium sheathing to cable nodes.

1 Trapezblech, Aluminium 1 mm stark / Tôle trapézoïdale, aluminium ép. 1 mm / Trapezoidal sheet-metal, aluminium 1 mm thick

2 Wandträger, Aluminium / Raidisseur de paroi, aluminium / Wall girder, aluminium

3 Anschlußteil, Aluminium / Pièce de raccordement, aluminium / Connecting piece, aluminium

4 Netzknoten mit Schraube M 16 / Nœud de cables avec boulon M 16 / Cable node with bolt M 16

5  
Querschnitt 1:1800.  
Coupe transversale.

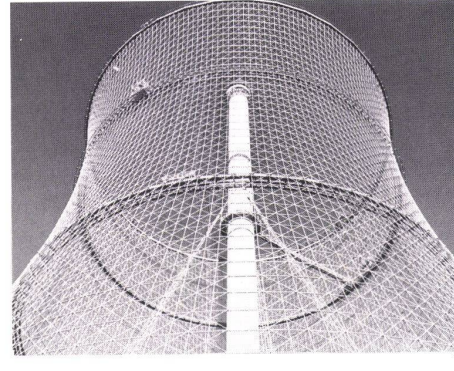
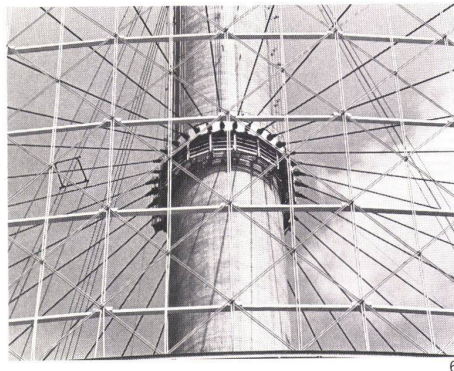
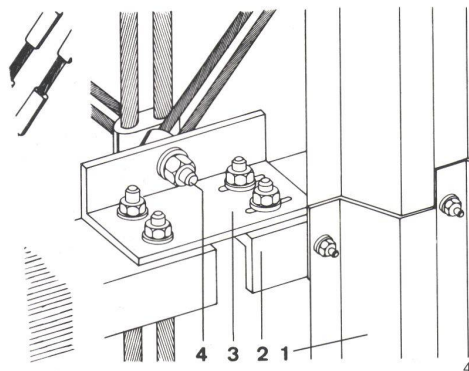
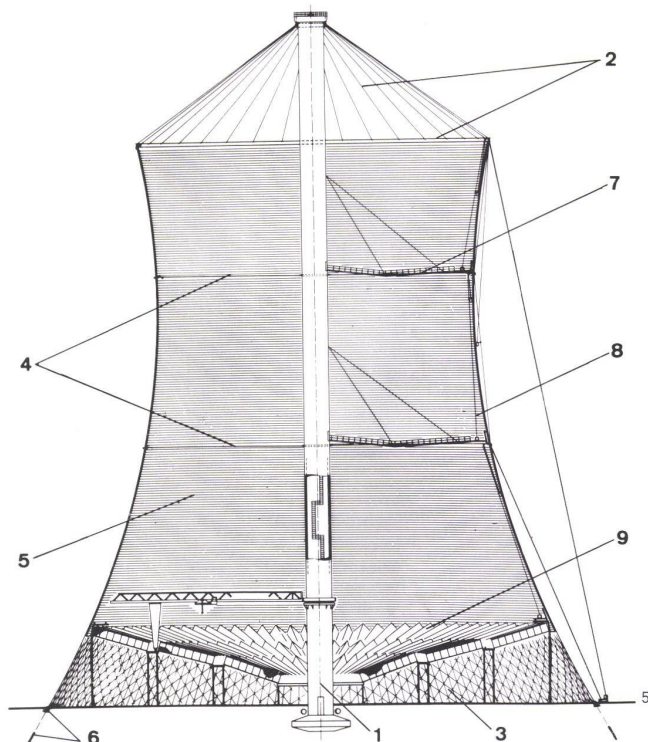
Cross section.

1 Mast / Mât / Mast

2 Aufhänge-Speichenrad aus Hubring-Seilspeichen, Druckring / La nappe rayonnante suspendue formée de l'anneau de levage, des cables rayonnants et de l'anneau de compression / The radiating mesh composed of the hoisting ring, radial cables and the pressure ring

3 Seilnetz mit dreieckigen Maschen / Nappe de cables à mailles triangulaires / Cable-mesh with triangular pattern

4 Schott-Speichenrad / Nappe rayonnante de fermeture / Radial sealing mesh



5 Verkleidung, innenliegend aus Alublechen / Revêtement interne en tôle d'aluminium / Sheathing, of sheet aluminium, on inside

6 Ringfundament mit vorgespannten Ankern / Fondation annulaire avec socles d'ancrage précontraints / Ring base with pre-stressed anchors

7 Laufsteg / Passerelle / Footbridge

8 Befahranlage / Dispositif de surveillance / Surveillance installation

9 Wärmetauscher / Echangeur de chaleur / Heat exchanger

6  
Seilnetz mit Verkleidungsriegeln.  
Nappe de cables avec raidisseurs de revêtement.

Cable-mesh with sheathing slats.

7  
Teilansicht mit abgESPANNTEM Betonmast.  
Vue partielle montrant le mât en béton haubanné.

Partial view with braced concrete mast.

8, 9  
Das Seilnetz während des Hubvorganges.  
La nappe de cables pendant la phase de levage.

The cable-mesh during hoisting.

10  
Montage der innenliegenden Aluminiumverkleidung.  
Montage du revêtement intérieur en aluminium.

Assembly of interior aluminium sheathing.

