



Das weitgespannte gläserne Seilnetzdach ist nicht nur zum Erkennungszeichen des Münchner Olympiastadions geworden, es hat auch Ingenieurgeschichte geschrieben

Foto dpa

Ausrufezeichen der Architektur

Elegante Exoten

Kühlturm oder Olympiadach: Die variantenreichen Seilnetzkonstruktionen des Ingenieurs Jörg Schlaich / Von Christof Kullmann

Bauwerke sind das Produkt aus Gestaltungswillen und Ingenieurkunst. Aus dem kreativen Dialog von Architekten und Ingenieuren entstehen beispielhafte Entwürfe und außergewöhnliche Konstruktionen, die als „Ausrufezeichen der Architektur“ besondere Entwicklungsschritte der Baukunst markieren. Unsere Serie stellt in loser Folge einige der Höhepunkte bauingenieurischen Schaffens vor und beleuchtet ihre konstruktiven Details. Heute: Die Seilnetzkonstruktionen des Ingenieurs Jörg Schlaich.

Die meisten Bauwerke haben es buchstäblich schwer. Je größer die Kräfte sind, die auf ihre Konstruktion wirken, desto so mächtiger werden Decken und Wände, Stützen und Träger. Bei extremen Spannweiten oder großen Bauhöhen stoßen die üblichen Massiv- oder Skelettkonstruktionen darum rasch an ihre Grenzen. In solchen Fällen kann eine spezielle Bauweise die Lösung sein: Seilnetze. Sie ermöglichen kühne und spektakuläre Tragwerke, die von allen Lasten befreit scheinen.

Wer die Seilnetzkonstruktion erfunden hat? Schwer zu sagen. Der Stuttgarter Ingenieur und Tragwerksplaner Jörg Schlaich gilt zumindest als einer der wichtigsten Wegbereiter. Seine „Grundlagenforschungen“ haben es ermöglicht, aus Seilnetzkonstruktionen technisch beherrschbare und dauerhaft standsichere Bauwerke zu errichten. Der Neunundsechzigjährige hält die Grundprinzipien der Bauweise für eine Art „technisches Weltkulturerbe“. Schließlich, so meint er, zeige jedes Nomadenzelt, daß man gewebte Stoffe durch punktförmige Unterstützungen

und Verspannungen in gekrümmte Flächen verwandeln kann. Und was ist ein gewebter Stoff anderes als ein – wenn auch sehr engmaschiges – Seilnetz?

Warum diese Bauweise gerade bei hohen Lasten Vorteile hat, ist rasch erklärt: Gespannte Seile verwandeln die Lasten in Zugkräfte, mit denen die meisten Materialien sehr viel besser umgehen können als mit Druck. Schlaich erklärt das am Beispiel eines dünnen Bambusstabs: Drückt man ihn an beiden Enden zusammen, treten relativ schnell Biegekräfte auf – der Stab knickt oder bricht. Zieht man jedoch an beiden Enden des Stabes, kann man kaum genug Kraft aufbringen, um ihn zu zerreißen.

Eine der berühmtesten Seilnetzkonstruktionen ist die Dachlandschaft des Olympiastadions in München. Der Architekt Günter Behnisch hatte die außergewöhnliche Form 1967 im Architektenwettbewerb vorgeschlagen und prompt den 1. Preis erhalten. Das einzige Problem: Das Dach galt als schön, aber nicht „baubar“. Zwar gab es bereits Erfahrungen mit Seilnetzen – der Konstrukteur Frei Otto hatte kurz zuvor in Montreal ein fast 8000 Quadratmeter großes Zeldach errichtet. Dieses war allerdings nur für eine temporäre Nutzung gedacht und weder technisch noch konstruktiv als Vorbild für die zehnmal größere Dachfläche in München geeignet.

Um seinen Entwurf in eine tragfähige Konstruktion zu verwandeln, versammelte Behnisch ein Team hochkarätiger Experten. Mit dabei: Frei Otto und Jörg Schlaich. Gemeinsam entwickelte das

Team ein Tragwerk aus einzelnen Dachsegmenten, die radial um die Stadiontribünen angeordnet wurden. Jedes Dachsegment besteht aus einem eigenen Seilnetz, das in einer Richtung von Masten nach oben, in der anderen von Seilen nach unten gezogen wird. Dadurch entstehen Dachflächen, die – ähnlich wie ein Sattel – sowohl in Längs-, als auch in Querrich-

tung gekrümmt sind. Erst diese doppelte Krümmung machte die Form stabil, so daß sie von den Ingenieuren mathematisch definiert und berechnet werden konnte. Allerdings mußte das Dach nicht nur statisch funktionieren. Auch Bauzeiten und Kosten spielten eine wichtige Rolle. Schlaich drang darum auf eine möglichst regelhafte Konstruktion, die nach dem



Foto Schlaich, Bergermann & Partner

Nur mit dreieckigen Netzmaschen war die Röhrenstruktur des Kühlturms im nordrhein-westfälischen Schmehausen so zu stabilisieren, daß sie Wind- und Schneelasten widerstehen konnte. Damit unterschied sich dieser Seilkühlturm wesentlich vom Olympiadach in München, wo man quadratische Maschen gewählt hatte. Der knapp 180 Meter hohe Turm wurde trotz internationaler Proteste im Sommer 1991 gesprengt.

„Baukastenprinzip“ aus wenigen, immer gleichen Teilen zusammengesetzt werden konnte.

Das leichte und transparente Stadiondach in München begeisterte schließlich nicht nur die Besucher der Olympischen Spiele 1972. Auch die Ingenieure des Unternehmens Balcke-Dürr in Ratingen waren von der Konstruktion beeindruckt. Sie arbeiteten gerade an neuartigen Kühltürmen, die Bauhöhen von bis zu 300 Meter erreichen sollten. Solch gewaltige Türme können nicht wie sonst üblich aus Beton hergestellt werden. Seilnetzkonstruktionen hingegen schienen ideale Voraussetzungen zu bieten, um die neuen Kühltürme wirtschaftlich und ästhetisch überzeugend zu gestalten. Ein Prototyp sollte für das Kraftwerk Schmehausen im Ruhrgebiet errichtet werden. Als Ingenieur kam aus Sicht von Balcke-Dürr nur einer in Frage: Jörg Schlaich. So erhielt er unmittelbar nach Fertigstellung des Stadiondachs die Gelegenheit, die in München gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse zu vertiefen.

Schlaich plante ein Seilnetz mit einer taillierten Form, ähnlich der eines normalen Stahlbetonkühlturms. Ihm war klar, daß er dabei die Konstruktionsprinzipien des Olympiadachs nicht einfach übernehmen konnte. Dessen Netzmaschen waren quadratisch – eine Form, die sich leicht zu einem Parallelogramm verschieben läßt. Darum ließ diese Konstruktion erhebliche Verformungen durch Wind- und Schneelasten zu. Die Hülle des Kühlturms hingegen mußte wie eine Schale absolut formstabil sein, um den gewaltigen Windkräften standhalten zu können. Das konnte nur mit dreieckigen Netzmaschen gelingen. Dazu ordnete Schlaich die Seile in drei Schichten an, von denen sich zwei entlang der Form des Kühlturms diagonal nach oben wanden. Die dritte Seilschicht, die sogenannten Meridianseile, führten vertikal in die Höhe und verbanden dabei die Schnittpunkte der Diagonalseile. Diese Anordnung bot beim Knüpfen des Netzes einen entscheidenden Vorteil: Zwar änderte sich bei allen Seilen kontinuierlich der Abstand von Knoten zu Knoten, aber diese Abstandsänderungen waren bei den Meridian- und den Diagonalseilen jeweils gleich. Die Position der Seilknoten konnte so leicht anhand einer Schablone festgelegt werden. Das ermöglichte effizientes Arbeiten und ein Maximum an Präzision.

Der Aufbau des Turms verlief nach einem ausgeklügelten System: Zunächst wurde ein knapp 180 Meter hoher Mast aus Stahlbeton errichtet. Daran wurde das gesamte Tragwerk nach und nach emporgezogen. Zwei ringförmige Träger bildeten den oberen und unteren Abschluß des Seilnetzes, dazwischen waren sogenannte Speichenräder gespannt. Diese ähneln den Felgen eines Fahrrades und stabilisieren den Kühlturm zusätzlich. Zuletzt mußte nur noch die „Haut“ des Kühlturms angebracht werden. Dazu wurden an der Innenseite des Seilnetzes rund einen Millimeter starke Bleche aus Aluminium befestigt. So entstand ein Meisterwerk der Ingenieurbautechnik, eine vollkommene Synthese aus Form, Funktion und Konstruktion. Um so trauriger, daß dem Bauwerk nur eine kurze Lebensdauer beschieden war. Nach der Stilllegung des Kraftwerks wurde der Turm im Juli 1991 gesprengt, ungeachtet der Proteste von Architekten und Ingenieuren aus aller Welt.

Für Schlaich war das Kapitel der Seilnetzkonstruktionen damit nicht abgeschlossen. Bereits seit Mitte der achtziger Jahre hatte er über einen Aussichtsturm auf dem Stuttgarter Killesberg nachgedacht. Wieder sollte es eine Seilnetzkonstruktion sein, leicht und transparent, mit einer doppelt gewendelten Treppe, die zu vier Plattformen hinaufführt. Die Finanzierung jedoch war schwierig; erst im Jahr 2001 wurde die Idee Wirklichkeit. Jörg Schlaich gelang mit dem 40 Meter hohen

Turm ein bautechnisches Kabinettstückchen. Zwar ist die äußere Form eindeutig durch den Kühlturm inspiriert. Da seine Funktion jedoch eine ganz andere ist, unterscheidet sich konsequenterweise auch die Konstruktion. Denn während auf die geschlossene Form des Kühlturms vor allem horizontale Windkräfte wirkten, dominieren beim Aussichtsturm Vertikalkräfte, die durch das Gewicht der Plattformen, Treppen und Besucher entstehen. Das Seilnetz des Aussichtsturms konnte darum nicht als Ganzes emporgezogen werden, Treppen und Plattformen wären dafür zu schwer gewesen. Stattdessen wurden zunächst die Plattformen am zentralen Mast befestigt, mit Gerüsten abgestützt und danach erst mit einem Seilnetz zu einer stabilen Gesamtkonstruktion verknüpft. Die Knotenpunkte der Seile liegen dabei an den Rändern der einzelnen Plattformen und sind so angeordnet, daß auch hier dreieckige Maschen entstehen.

Zur Person



Foto privat

Jörg Schlaich

„Wissen und Erfahrung, Phantasie und Intuition“ – für Jörg Schlaich sind das die Kennzeichen des engagierten Ingenieurs. 1934 in Stetten im Remstal geboren, absolviert Schlaich nach dem Abitur zunächst eine Schreinerlehre, bevor er im Herbst 1953 sein Studium an der TH Stuttgart beginnt. An Architektur und Bauingenieurwesen gleichermaßen interessiert, widmet er sich zunächst beiden Fächern mit dem gleichen Elan. Erst während des Vordiploms entscheidet er sich endgültig für das Ingenieurstudium. Nach der Promotion 1963 arbeitet Schlaich im Büro Leonhardt und Andrä, damals eine der ersten Adressen unter den deutschen Ingenieurbüros. 1974 übernimmt Schlaich eine Professur an der Universität Stuttgart, 1980 eröffnet er schließlich sein eigenes Büro unter dem Namen Schlaich, Bergermann & Partner. Schlaich blickt auf ein umfassendes Werk zurück, beeindruckende Konstruktionen für Brücken, Bahnhöfe und Messehallen. Die von ihm entwickelten Aufwindkraftwerke sind – mit Ausnahme eines Prototypen – bisher Vision geblieben. Dabei könnten diese Kraftwerke Schlaich zufolge einen entscheidenden Beitrag zur alternativen Energiegewinnung leisten.

Diese sind allerdings wesentlich größer als beim Seilnetz des Kühlturms, schließlich soll die freie Sicht der Besucher nicht behindert werden.

Ob Aussichtsturm, Kühlturm oder Olympiadach – die Beispiele zeigen eindrucksvoll, welche technischen und ästhetischen Möglichkeiten in den Seilnetzen stecken. Zudem sind die Konstruktionen hocheffizient: Sie sparen Material, Gewicht und Energie. Dafür werden an Planer und Konstrukteure höchste Anforderungen gestellt; auch auf der Baustelle ist hochqualifizierte Handarbeit gefordert. „Das Leichte ist schwer“, sagt Schlaich, „weil der Leichtbau alle Grenzen auslotet.“ Darum werden Seilnetzkonstruktionen wohl auch in Zukunft die eleganten Exoten unter den Tragwerken bleiben.