Selbsttragende Gitterschalenkonstruktion

Es gibt einige wenige selbsttragenden Gitterschalenkonstruktionen in der Welt, so zum Beispiel wurde die erste überhaupt 1975 von Frei Otto und Carlfried Mutschler in Zusammenarbeit mit Ted Happold für die Bundesgartenschau in Mannheim entworfen. Die Problematik solcher Strukturen liegt im Formungsprozess der flach liegenden Gitter, der exakt abgestimmt und gesteuert werden muß, damit die Tragfähigkeit solcher Konstruktionen gewährleistet werden kann. Das Besondere der Schale von Weald and Downland ist ihr Aufbau, der aus zwei zweilagigen Gitterrosten besteht. Somit konnten die statisch erforderlichen Querschnitte auf vier Schichten verteilt werden. Durch ihre beiden Einschnürungen wird die Schale dreigeteilt, was statisch gesehen der Ausformung von drei kleinen Kuppelschalen entspricht. Diese ist die effizienteste dreidimensionale Form. Das Gebäude selbst erstreckt sich über eine Länge von 50 Metern, die Breite variiert zwischen 12 Metern und 15 Metern, die Höhe zwischen 7,35 Metern und 9,50 Metern. Mit einem Flächengewicht von nur 5 kg/m² erreicht die knapp 1200m² große Gitterschale ein Gesamtgewicht von 4 Tonnen, welches sich letztendlich mitsamt der Dachhaut auf 20 Tonnen beläuft. Durch die hervorragende Konstruktion und die Verwendung erstklassiger Materialien kann dem Gebäude eine minimale Dimensionierung zugrunde gelegt werden. Dennoch ist die Struktur in der Lage, enormen Spannungen standzuhalten: Während des Formgebungsprozesses streckt sich das Gitter in seiner Länge um 3 Meter. Hier spielt das Patent des Büro Happolt eine sehr wichtige Rolle: Ein Knoten, der aus drei übereinander angeordneten Stahlplatten besteht, die an den vier Eckpunkten mit Schraubbolzen untereinander verspannt werden. Die in der Mitte liegende Stahlplatte liegt in der schubneutralen Mittelzone der Schalenkonstruktion und trennt das äußere von inneren Gitternetz. Sie ist mit einem zentral liegenden Drehbolzen versehen. Durch Bohrungen in den beiden anliegenden Latten werden die beiden Gitterschalen über die Bolzen gelenkig miteinander verbunden und gleichzeitig die Knoten an ihrer vorgegebenen Stelle fixiert. Die statische Wirkung der Schale wird durch die diagonale Verstrebung mit Latten vervollständigt, die gleichzeitig die Unterkonstruktion für das Fensterband und die Schalung bildet. Um die dreifach gewölbte Schale zu formen wurde das Gitternetz nicht wie bisher üblich am Boden vormontiert, sondern in Firsthöhe auf einen Lehrgerüst aufgebaut und anschließend abgesenkt. Die Tragwerksplaner von Happolt arbeiteten bereits in den ersten Entwurfsphasen eng mit Peri Gerüstbau zusammen, um die Konstruktion auf den Bauablauf abzustimmen. Damit die erforderlichen Spannweiten trotz der schlanken Bemessung erreicht werden können, werden die Knoten dann nach der Formgebung der Schale schubfest verspannt, um die horizontal auftretenden Schubspannungen aufzunehmen.

Die Formfindung der Gitterschale ist nicht geradlinig und erfordert einen interaktiven Prozess von Berechnungschritten. Bei der Definition des Netzes für die Computersimulation wurden die in der Vorplanung ermittelten Knotenabstände übernommen. Somit war es möglich, von der flach ausgelegten Gitterschale über die Zwischenstadien des Formgebungsprozesses die Absenkung über diese Daten exakt zu steuern. Die endgültige Form wurde über eine dynamische Relaxation bestimmt. Da die Schale allerdings keine reine Form einer Kettenlinie aufweist, war es nötig, die Software des entsprechenden Programmes dahingehend zu modifizieren, daß auch die Biegesteifigkeit der Holzlatten berücksichtigt werden konnte.

Die Modellgeometrie der endgültigen Form erforderte ein elastisches Berechnungsprogramm, wozu sich STAAD/Pro als die perfekte Lösung erwies: Im ersten Schritt wurde der Sicherheitsfaktor gegen Knicken untersucht. Dazu wurden zwei Berechnungswege miteinander verglichen, nämlich der nach der dynamischen Relaxation und der nach STAAD/Pro. Hierzu wurden jeweils die Knicklasten nach Theorie zweiter Ordnung bestimmt und die entsprechenden Verformungsfiguren unter den selben Lasten verglichen. Dieser Vergleich der Ergebnisse bestätigte, daß die Berechnungen mit STAAD eine hervorragende Voraussage des tatsächlichen Verhaltens ermöglichten. Der Nachweis nach DIN 1052, Abschnitt 9.6, wurde angewandt, um nachzuweisen, daß mit einem ausreichenden Sicherheitsfaktor gegen das Knicken das Verhalten unter den Gebrauchslasten elastisch ist. Mit dem STAAD-Berechnungsmodell wurden sämtliche Schnittgrößen für die Tragwerkselemente und die Verbindungen bestimmt. Die Spannungsnachweise wurden nach den Eurocode EC5 (ENV 1995-1-1) geführt. Die Holzgüte entsprach den Anforderungen nach englischer Norm D30.

Research Engineers Germany, 97082 Würzburg
Tel.: 0931/40468–71 Fax: 0931/40468–70
www.reig.de, E-mail: info@reig.de