

Ein Sonnensegel aus Holz

Flächentragwerk Engagiert und motiviert sanierte die Wüstenrot Stiftung gemeinsam mit der Stadt Dortmund ein als Pavillon für die Bundesgartenschau 1969 konzipiertes Flächentragwerk aus Holz. Insbesondere das intensive und zielfokussierte Zusammenwirken von Tragwerksplanung und Holzbau ermöglichte den nachhaltigen und respektvollen Erhalt.

Nina Greve



Bildquelle: Hans Jueergen Landes, Wüstenrot-Stiftung

Der Architekt Günter Behnisch erlangte in Deutschland vermutlich seine größte Bekanntheit mit der Überdachung des Olympiastadions in München, die 1972 fertiggestellt wurde. Das Sonnensegel im Westfalenpark in Dortmund, angefertigt für die dortige Bundesgartenschau 1969, diente als Demonstrationsobjekt für die Umsetzung freitragender Schalentragwerke aus Holz und als Experimentalbau im Hinblick auf das Olympiadach. Wenn auch das Dach in München im Endeffekt als Seilkonstruktion mit Acrylglasplatten umgesetzt wurde, konnte die Arbeitsgemeinschaft Holzbau e.V. seinerzeit mit dem Sonnensegel eindrücklich zeigen, welche Möglichkeiten im Schalenbau auch mit dem natürlichen Baustoff Holz bereits damals bestanden. Dass das Segel, als temporärer Bau konzipiert, 50 Jahre stehen und dann nochmals mit großem Respekt vor der Originalfassung saniert werden würde, hätte der Freiform-Architekt sich wahrscheinlich auch nicht träumen lassen.

Das „Segel“

„Um die Form des ersten zugbeanspruchten, vorgespannten Holzflächentragwerks mit sogenannten freien Rändern zu verstehen, macht es Sinn, sich das Dach zunächst aus Stoff vorzustellen“, veranschaulicht Florian Gauss, verantwortlich für das Projekt im Ingenieurbüro knippershelbig, das statische System. „Ein quadratisches Stück Textil wird flach auf den Boden gelegt und dort an zwei gegenüberliegenden Ecken befestigt. Das sind also die Tiefpunkte des Segels. Dann ziehe ich die beiden anderen Ecken in die Höhe, wo sie durch Stützen und Seile gehalten werden.“ Bei diesen Ecken handelt es sich dementsprechend um die Hochpunkte der Gesamtform.

Am nördlichen Hochpunkt wird das Segel mit einer Doppelstütze gehalten und mit einem Seil abgespannt.

Bautafel

Bauherr:

Wüstenrot Stiftung/Stadt Dortmund
www.wuestenrot-stiftung.de

TWP:

knippershelbig GmbH, Stuttgart
www.knippershelbig.com

Projektentwickler:

Büro Knappheide, Wiesbaden
www.knappheide.eu

Architektur:

HWR Architekten, Dortmund
www.architekten-hwr.de

Bauuntersuchung und -bewertung:

MPA Universität Stuttgart
www.mpa.uni-stuttgart.de

Holzbau (Sanierung):

Wilhelm Risse GmbH, Meschede
www.holzbau-risse.de

Holzbau (Stützen):

Schaffitzel Holzindustrie GmbH + Co. KG,
Schwäbisch Hall
www.schaffitzel.de

Gerüstbau:

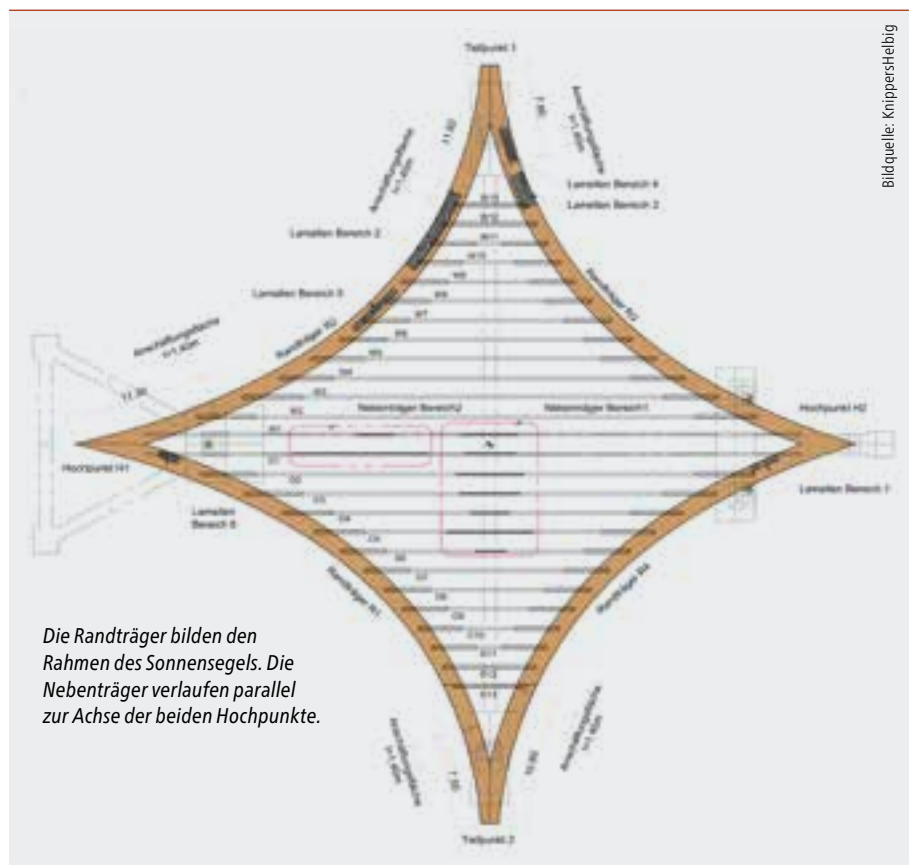
Teupe & Söhne Gerüstbau GmbH,
Stadtlohn
www.geruestbau.com



Bildquelle: TUM, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

Das Sonnensegel im Westfalenpark in Dortmund, angefertigt für die dortige Bundesgartenschau 1969, diente als Demonstrationsobjekt für die Umsetzung freitragender Schalentragwerke aus Holz.

Deutlich fachlicher ausgedrückt handelt es sich um ein hyperbolisches Paraboloid. Mit „freien Rändern“ ist gemeint, dass diese nicht wie bei einer Kuppel an den Längsseiten aufliegen, sondern die Randträger ohne Unterstützung wie ein biegesteifes hölzernes Seil fungieren. In unserem Beispiel wäre dies also die Randverstärkung des Stoffs, beispielsweise durch ein eingenähtes Seil. Konstruktiv besteht die Schale aus folgenden Elementen: Randträger, Nebenträger (auch Rippen genannt), einer Dreifachschalung als hölzerne Membran sowie den Stützen mit ihren Seilabspannungen. Den Rahmen bilden die 140 cm breiten und 36 cm hohen, gewundenen Randträger aus Brettschichtholz (NH). Zwischen diesen Dachrändern spannen in Nord-Süd-Richtung, also parallel zur Hängetragrichtung zwischen den Hochpunkten, in einem regelmäßigen Abstand von 1,50 m 32 Nebenträger, ebenfalls aus Nadel-Brettschichtholz in der Dimension 20/24 cm. Um die Länge dieser Rippen mit bis zu 53,60 m zu erreichen, wurden sie mit Keilzinkstößen vor Ort verleimt.



Die Randträger bilden den Rahmen des Sonnensegels. Die Nebenträger verlaufen parallel zur Achse der beiden Hochpunkte.

Bildquelle: Knippershelbig

Bildquelle: Hans Jueergen Landes; Wüstenrot-Stiftung



Insbesondere die Tiefpunkte des Segels waren durch Nässe und Feuchtigkeit stark beschädigt und mussten komplett erneuert werden. Der Bodenabstand war zu gering.

Bildquelle: Thomas Knappeheide



Auch die hölzerne Dachmembran wies, insbesondere durch zu hohen Feuchteintrag, starke Schäden auf.

Die hölzerne Membran selbst besteht aus drei miteinander vernagelten, jeweils um 45° versetzten Brettlagen aus Nadelholz. Auch die Bretter wurden mit Keilzinkverleimung auf der Baustelle gefügt.

Die Hochpunkte des Segels haben mit 12 m am nördlichen und 15 m am südlichen Ende unterschiedliche Höhen und werden unterschiedlich abgefangen. Während auf der Südseite eine Stütze mit zwei Seilen abgespannt wird, sind es auf der Nordseite zwei Stützen mit einem Seil.

Befund und beherzte Sanierung

In der Vergangenheit waren bereits kleinere Ausbesserungsarbeiten und Reparaturen vorgenommen worden. 2009 schließlich mussten die Stützen des Sonnensegels mit Stahl ertüchtigt werden, da das der Witterung ausgesetzte Holz so stark durch Fäulnis geschwächt war, dass es quasi nicht mehr tragfähig war. Trotz dieser Maßnahme wurde das Sonnensegel 2013 vollständig gesperrt. Zum Glück für das denkmalgeschützte Bauwerk wurde die Wüstenrot Stiftung auf die Holzrippenschale aufmerksam, so dass eine das Original weitestgehend erhaltende Sanierung im Zusammenwirken mit der Stadt Dortmund gestartet wurde!

„In einem ersten Schritt wurde die Materialprüfanstalt der Universität Stuttgart beauftragt, den Zustand der Holzkonstruktion zu bewerten“, erklärt Thomas Knappeheide, dessen Büro die Projektsteuerung für die Wüstenrot Stiftung übernommen hatte.

„Daraus ging hervor, dass zwar alle Konstruktionselemente von den Stützen über die Träger bis zur Dachschale Schäden aufwiesen, eine Sanierung dennoch als realistisch eingestuft wurde.“ Das Ingenieurbüro knipershelbig wurde daraufhin 2017 von der Wüstenrot Stiftung mit einer Machbarkeitsstudie beauftragt. Als Ursachen der Schadensbilder wurden insbesondere der fehlende Schutz an der Schmalseite der Randträger, der unzureichende Spritzwasserabstand der Tiefpunkte, Wassereintritte in die Fugen der zweiteiligen Randträger sowie die zu stark der Witterung ausgesetzten Stützen aufgeführt. Das daraus resultierende und auf der Baustelle verfeinerte Sanierungskonzept umfasste in Bezug auf die nachhaltige Beständigkeit des Bauwerks den Austausch der nicht tragfähigen Stützen gegen neue aus witterungsbeständigem Accoya-Holz, die seitliche Bekleidung der Randträger, ebenfalls aus acetyliertem Holz mit einer Attika aus Zinkblech, sowie eine dauerhafte Dachabdichtung. Zudem wurde im Bereich der Tiefpunkte das Gelände abgesenkt, so dass der Spritzschutz nun gegeben ist. Darüber hinaus mussten Rand- und Nebenträger durch Klebeschäftung repariert sowie Teile der Holzmembran ebenfalls repariert und zu einem Großteil erneuert werden.

Auch die alten Seile wurden ausgetauscht, während die Stahlbauteile für die Anschlüsse zu einem Großteil gereinigt und mit einem Korrosionsschutz versehen werden konnten.

Wie aber tauscht man Stützen einer vorgespannten Schalenkonstruktion aus? Sie müssen entlastet werden, indem die Randträger gesichert werden und die Vorspannung herausgenommen wird.

Was wurde gemacht?

Entlang der Randträger baute die Firma Teupe & Söhne Gerüstbau GmbH zunächst ein Gerüst mit Schwerlaststützen auf, an deren Kopfpunkten Hydraulikstempel saßen, mit deren Hilfe das Dach in die gewünschte Geometrie versetzt wurde. Ein Steuerstand für die Hydraulikanlage überwachte dabei den gleichmäßigen Hebe- und Absenkvorgang. Erst in dem schließlich erreichten statisch sicheren Zustand konnte das Dach begangen und die bestehende, nicht bauzeitliche Bitumen-Dachabdichtung vollständig geöffnet werden. Es zeigte sich, dass der Zustand der Holzmembran deutlich schlechter war als bisher angenommen. Insbesondere an den Tiefpunkten war das Holz komplett durchgefault. Warum dies bei der ersten Prüfung nicht eingehender eingesehen worden war, da der schlechteste Zustand an den neuralgischen Tiefpunkten zu erwarten gewesen und diese auch von unten erreichbar waren, ist unklar. Im Endeffekt war es vielleicht ein Glück, denn sonst wäre das Projekt womöglich an dieser Stelle gestoppt worden. Die ambitionierten Projektbeteiligten ließen sich nun jedoch nicht mehr davon abhalten, das gesteckte Ziel der Sanierung weiterzuverfolgen. Unter dem Segel wurde ein riesiges Raumgerüst aufgestellt, um so die umfassenden Sanierungsarbeiten umsetzen zu können.

Rand- und Nebenträger waren teilweise stark durch Pilzbefall beschädigt, sodass Holzbauteile mit mehrere Meter langen Querschnittsteilen ausgetauscht werden mussten. Mit zertifizierten Klebe-/Schäufungsverbindungen führte die dafür zugelassene Zimmerei Holzbau Wilhelm Risse die Arbeiten vor Ort aus. Von den drei Schichten der Holzmembran konnte man nur die unterste in Teilen erhalten, alles andere musste erneuert werden.



Bildquelle: Wüstenrot Stiftung

Mithilfe von Hydraulikstempeln an den Kopfpunkten der Schwerlaststützen wurde das Dach in die gewünschte Geometrie gebracht.



Bildquelle: Hans Juergen Landes, Wüstenrot Stiftung

An einem Steuerstand mit großem Kontrollpanel wurde der Hebe- und Absenkvorgang überwacht.

Die Schalungsbretter verlaufen dabei von Tiefpunkt zu Tiefpunkt als Endloslamelle und übertragen die Zugkräfte über Keilzinkverbindungen. Diese wiederherzustellen ist sehr aufwendig und wäre im Endeffekt zu teuer geworden.

Nach einem Modellversuch mit Kohlefaserlamellen, die sich in diesem Fall als zu wenig tragfähig erwiesen, entschieden sich die Tragwerksplaner auf Initiative des Zimmerers für einen mechanischen Lamellenstoß mit Stahlplatten und Gewindeschrauben.



Die Nebenträger konnten durch die Zimmerei Risse mit zertifizierten Klebe-Schäftungsverbindungen ertüchtigt und so komplett erhalten werden.



Nachdem zunächst kleine Einzelzelte zum Einsatz kamen, wurde schließlich eine große Folie, wie ein zweites Segel als wetterfeste Einhausung gespannt.



Die neuen Stützen wurden im Werk der Firma Schaffitzel als Kreuzstützen aus Accoya-Holz gefertigt.

„Die Zugbleche in der Schalungsebene sorgen auf relativ einfache Weise dafür, dass das gespannte Dach in seiner Form bleibt“, so Zimmermeister Wilhelm Risse. „Problematisch war, dass sich die Sanierung inzwischen in die kalten und feuchten Wintermonate verschoben hatte und die Temperaturen die einwandfreien Verklebungen der Schäftungen nicht mehr ermöglichten.“ Nachdem zunächst mit kleinen Einzelzelten und Beheizung auf die Situation reagiert worden war, spannte schließlich ebenfalls die Firma Teupe & Söhne ein komplettes Zelt Dach über die 1.000 m² große Segelfläche, das nun hinreichenden Schutz sowie Temperaturen von über 16 °C für die Verklebungen bot.

Stützen und Seile

Währenddessen fertigte die Holzbaufirma Schaffitzel in ihrem Werk in Schwäbisch Hall die drei Holzstützen der Segelkonstruktion an. Es handelt sich dabei um Kreuzstützen mit gegenläufig konisch zulaufenden Flügeln. „Für die Herstellung wurden zunächst zwei 14 cm breite BSH-Binder miteinander zur doppelten Breite verklebt und diagonal aufgetrennt“, erläutert dazu Jürgen Langner, der das Projekt seinerzeit in der Holzbaufirma betreut hat. „Beim Verleimen zur Kreuzstütze mussten wir dann mit einer Schraub-Press-Klebung über Gewindebolzen arbeiten, die dann den entsprechenden Pressdruck aufbringen konnten.“ Für die Zulassung wurde zunächst ein 4 m langes Modell gebaut, an dem die Materialprüfanstalt die notwendigen Scherproben durchführen konnte. Stützenfuß und Stützenkopf sind nach dem bauzeitlichen Prinzip nachgebaut worden. Allerdings waren seinerzeit unterhalb der Stahltraversen Vergusshülsen einbetoniert worden, die nicht einsehbar und nicht revisionierbar waren. Das ist so heute nicht mehr zulässig. Daher wurde nun ein neuer Gabelkopf mit Lasche auf die historische Stahltraverse aufgeschweißt. Die Seil- und Hebetechnikfirma Pfeifer tauschte die historischen Parallelbündelseile gegen vollverschlossene Spiralseile aus, mit denen das Dach am Ende wieder vorgespannt wurde. Mit großer Spannung (Wortspiel!) schließlich erwarteten alle Projektbeteiligten nach zwei Jahren Sanierungszeit den Moment, in dem die Schwerlaststützen entfernt und das Dach wieder in Vorspannung gebracht werden sollte.

Einen Tag sollte es dauern, bis das Segel wieder in seiner vorausberechneten Geometrie war. Dafür wurde an den Anschlagpunkten der Stahlseile eine Hydraulikanlage installiert, die die Seile gegen das Fundament vorspannte. Sogenannte Wegmessgeräte überprüften dabei den Zugvorgang, der zudem vom Steuerstand aus kontrolliert wurde.

Nach erfolgreicher Aktion wurde schließlich die positionierte Dachschaale mit einer Bitumenbahn sowie einer abschließenden besonders widerstandsfähigen Polyolefine Folie (FPO) nachhaltig geschützt. ■

Über die Autorin

Nina Greve

ist Baufachjournalistin und betreibt das Redaktionsbüro abteilung12 in Lübeck.

www.abteilung12.de



Bildquelle: Hans Jueergen Landes; Wuestenrot; Stiftung

Das sanierte Sonnensegel fungiert nun wieder als Pavillon im Dortmunder Westfalenpark.

Anzeige

academy.4builders.

BIM für Zimmerer: Eine praxisorientierte Einführung

In diesem Online-Intensivseminar lernen Sie alles darüber, was Sie als Zimmerer, Holzbauer oder Bauhandwerker über den BIM Prozess wissen müssen und wie die Anforderungen in Ihrem Handwerk umgesetzt werden können.

Ihre Vorteile:

- Durch viele praxisorientierte Beispiele können Sie die Inhalte auf Ihren Arbeitsalltag übertragen.
- Sie werden dazu befähigt, Planungsfehler durch BIM zu vermeiden und den Planungsprozess zu verschlanken.
- Sie erfahren, wie einfach Sie den Dokumentationspflichten mit BIM nachkommen und somit Kosten einsparen können.



RM Akademie
gemeinsam mit

4builders.

RM Rudolf Müller