

5.09

KLEINE HOLZBAUWERKE

Außergewöhnliche Statik
trägt außergewöhnliche Skulptur

HOLZBAUTECHNIK

Hinweise zur Bemessung
nach DIN 1052:2008

NACHHALTIGKEIT

Ein Gespräch mit dem HAF

BAUEN **MIT** HOLZ

FACHZEITSCHRIFT FÜR
KONSTRUKTEURE UND
ENTSCHEIDER

www.bauenmitholz.de



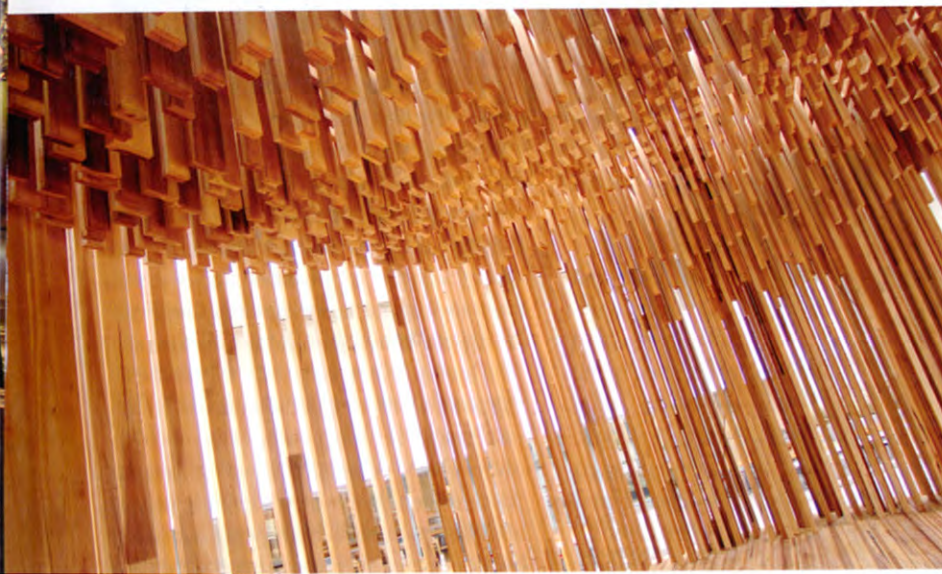
BRUDERVERLAG



Bei seiner begehbaren Holzskulptur Sclera spielt der Architekt David Adjaye gekonnt mit Licht und der Farbwirkung des verwendeten Holzes.



Das Oval aus Tulpenholz stand zum London Design Festival nahe der Themse im Southbank Centre.



Die hängenden Duo-Balken geben der Sclera im Inneren ihre Form. Das einfallende Licht sorgt hier an jeder Stelle für eine etwas andere Wahrnehmung der Skulptur.

Tulpenholz fürs Auge

Kunstwerk | Beim letzten London Design Festival konnten die Besucher zahlreiche ausgefallene Exponate bewundern. Eines davon war ein Holzbauwerk, das in Bezug auf Material, Form und Konstruktion seinesgleichen sucht: Mit ausgefallenem Holz schufen die Beteiligten eine extravagante Holzskulptur mit einer ebenso außergewöhnlichen statischen Konstruktion. **Jochen Stahl, Rensteph Thompson**

Das London Design Festival ist eine jährlich stattfindende Kunstveranstaltung, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, London als kreative Weltstadt zu präsentieren. Viele Künstler zeigten in der Zeit vom 13. September bis zum 12. Oktober 2008 ein breit gefächertes Spektrum aus Kunst, Design und Architektur. Einer von

ihnen ist der britische Architekt David Adjaye.

Für das London Design Festival erschuf Adjaye mit Unterstützung des amerikanischen Laubholzverbandes (AHEC) die begehbare Holzskulptur Sclera. Nach der Bemusterung vieler verschiedener Holzarten entschied sich der Architekt für Ame-

rican Tulipwood, eine Holzart, die auch Yellow Poplar genannt wird.

Spiel mit Licht und Farbe

Der raffinierte Umgang mit Materialien und die Fähigkeit, Licht zu formen und zur Schau zu stellen, machen David Adjaye zu einem der führenden Architekten unserer Zeit. Mit

dem temporären Pavillon entwickelte er ein Konzept, das sich damit beschäftigt, wie das menschliche Auge Licht wahrnimmt. So erklärt sich auch der gewählte Name für das Projekt. Sclera bezeichnet nämlich die äußere Haut des Auges. Außerdem begreift Adjaye Sclera als den Raum, von seinem Blickwinkel aus betrachtet. Betritt man den Pavillon, so erneuert sich bei ständigem Ändern der Perspektive auch permanent die Wahrnehmung des geschaffenen Raumes. Die vielen Zwischenräume in der Konstruktion lassen Innen und Außen spielerisch ineinander übergehen und verleihen der Holzkonstruktion eine faszinierende Leichtigkeit und Durchlässigkeit.

Außerdem möchte er neue Anwendungen für das verwendete Tulpenholz erkunden. Sein Ziel ist es dabei, neben der Flexibilität und Tragfähigkeit auch die Maserung und die unterschiedliche Farbigkeit

des Holzes in einem einzigartigen Bauwerk zu demonstrieren, bei dem die Grenzen zwischen Architektur, Design, Tragwerk und Skulptur verschwimmen. Bei seinem außergewöhnlichen Entwurf spielt Adjaye gekonnt mit dem einfallenden Licht, das Farbe und Maserung des Holzes immer wieder anders erscheinen lässt.

Das Innere des Bauwerks, das ein großes, dreidimensionales Holzpuzzle zu sein scheint, wird durch zwei kreisförmige Räume geformt, deren obere Begrenzung durch eine sanft gewellte Struktur, bestehend aus Hölzern unterschiedlicher Länge, erzeugt wird. Die hängenden Elemente wirken dabei fast wie hölzerne Tropfsteine. Der dreidimensionale Eindruck des Innenraumes wird alleine durch die scheinbar willkürlich gewählten Längen der Hölzer erreicht. Der elliptische Pavillon mit den Hauptabmessungen 8 mal 12 m besitzt zwei Eingänge,

die einen Ausblick ermöglichen. Der Besucher erhascht darüber hinaus aber auch einige flüchtige Blicke nach draußen durch die vielen Zwischenräume in der Decke und den Wänden. Gerade Kinder nähern sich dem Pavillon intuitiv und interaktiv.

Möbelholz als Bauholz genutzt

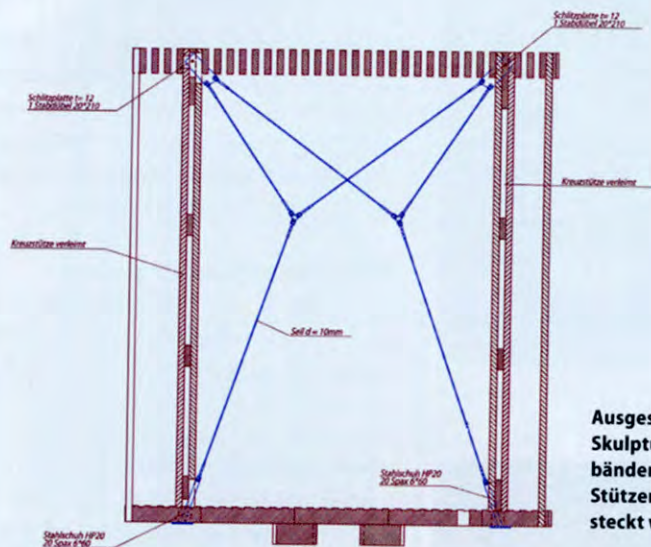
Das American Tulipwood stammt vom amerikanischen Tulpenbaum in Nordamerika und ist vor allem in den östlichen Bundesstaaten der USA zu finden. Hier werden viele Holzarten nachhaltig bewirtschaftet, da der überwiegende Teil der Wälder im Privatbesitz ist und von Generation zu Generation weitergereicht wird. Bisher hatte sich das American Tulipwood als Bauholz kaum durchgesetzt. Seine Einsatzgebiete waren eher in der Möbelindustrie und im Innenausbau zu finden.

Das Holz besitzt sehr wenig Äste, eine feine Struktur und ist geradfaserig. Der visuelle Charakter des Kernholzes reicht von einem Hellgelb über Olivgrün bis zu lilafarbenen Bereichen. Durch Lichteinwirkung dunkelt das Tulpenholz bräunlich nach. Obwohl es relativ dimensionsstabil ist, wählte man bei Hess-Wohnwerk aufgrund der vollen Bewitterung aller Holzteile den Querschnittsaufbau des Duobalkens. Ein Duobalken zeichnet sich durch zwei flachseitig faserparallel verklebte Lamellen aus.

Für den Holzschutz war ursprünglich eine spezielle Vakuumimprägnierung unter Einwirkung von hoher Temperatur im Vakuumkessel angedacht. Dieses neue Verfahren von der Firma Osmose konnte zum damaligen Zeitpunkt leider nur in Schweden eingesetzt werden. Ein zusätzlicher Transport hätte allerdings den Zeitplan gesprengt, daher wählte man einen alternativen Holzschutz, bestehend aus einer Erstimprägnierung mit Remmers Aidol Imprägniergrund GN und dem Primer Oil von Osmose. Alle Elemente wurden je nach Länge vorwiegend nach dem Abbund gespritzt, getränkt oder gestrichen.

Aussteifung immer versteckt

Der 4,55 m hohe Pavillon besitzt insgesamt 370 Stützen mit zwei unterschiedlichen Querschnittstypen: 60 x 125 und 60 x 210 mm. Diese bilden aber in erster Linie die äußere Begrenzung der Räume und sind daher nicht nach statischer Anforderung angeordnet worden. Dies hat zur Folge, »



Ausgesteift wurde die Skulptur mit fünf Seilverbänden, die zwischen den Stützen und Hängern versteckt wurden.



Nach einer genauen Vorplanung wurde das Bauwerk in der Werkhalle elementweise vorgefertigt.

dass der Großteil der Stützen kaum belastet ist, während einige wenige der sehr schlanken Stützen hohen Lasten ausgesetzt sind. Die Dachkonstruktion besteht aus 68 Sparren der Abmessungen 60 x 240 mm, die teilweise auf den Stützen ruhen und zum Teil zwischen zwei Stützen eingeschoben werden. Am oberen Ende werden die Stützen mit den Dachsparren verschraubt, während am Fuß Stabdübel in vorgebohrte Löcher eingebracht werden. Der leicht geneigte Fußboden besteht aus 9 Brettstapel-Elementen, die auf einer nivellierten Gründung aus Holz ruhen. Diese Unterkonstruk-

tion ist vom Rand des Bauwerks nach innen versetzt, so dass der Pavillon zu schweben scheint.

In einem scheinbar willkürlichen Raster hängen 910 Bretter unterschiedlicher Länge von der Decke herunter und formen so die obere Begrenzung des Raumes. Da sie keine statische Funktion übernehmen, stellen sie nur eine zusätzliche Eigengewichtslast dar. Hier kommt dem Tulpenholz seine geringe Rohdichte von ca. 450 kg/m³ zugute. Dem steht eine vergleichsweise hohe Biegefestigkeit von $f_{m,k} = 40 \text{ N/mm}^2$ und ein E-Modul von $E_{0,mean} = 12.000 \text{ N/mm}^2$ gegen-

über. Das verwendete Holz verfügt somit über ein gutes Verhältnis von Tragfähigkeit bzw. Steifigkeit zu Eigengewicht und kann bei Beachtung der niedrigeren Rohdichte der Holzgüteklasse D40 zugeordnet werden (AHEC-Bemessungsgrundlagen für amerikanische Laubhölzer, BRE 2001).

Obwohl die Aussteifung des Bauwerks auf den ersten Blick recht einfach erscheint, stellt der Abtrag der horizontalen Kräfte doch eine Herausforderung dar. Zum einen sind alle Bretter in Gebäudelängsrichtung orientiert, was in einer größeren Grundsteifigkeit in dieser Richtung resultiert, aber eine Queraussteifung erschwert. Zum anderen ist die Ausbildung von Rahmen-ecken nicht realisierbar, da alle Verbindungen mit nur einem leicht lösbaren Verbindungsmittel ausgeführt werden sollten und somit die Übertragung von Biegemomenten ausgeschlossen war. Unter diesen Randbedingungen wurden zwei Aussteifungskonzepte ausgearbeitet. Das erste sah eine elliptische Seilverspannung durch die innere Stützenreihe vor. Da bei dieser Variante für alle Stützen der exakte Durchstoßpunkt des Seiles mit Ein- und Austrittswinkel hätte vorgebohrt und anschließend die Seile auf der Baustelle durch sämtliche Stützen hätten gefädelt werden müssen, wurde auch aufgrund des engen Zeitplans dem zweiten Aussteifungskonzept mit fünf Seilverbänden der Vorzug gegeben.

Der hohe Anspruch des Architekten hinsichtlich der visuellen Qualität der Bauausführung stellte eine große Herausforderung für die Planung des Pavillons dar. So machte er deutlich, dass es sich bei Sclera um ein Kunstobjekt handelt und die Verbindungsmittel auf keinen Fall sichtbar sein dürften. Jeder Bolzen musste daher im CAD entsprechend geplant und bei der Montage verdeckt eingearbeitet werden. Darüber hinaus wurden die Verbände in den Bereichen angeordnet, in denen die Stützen sehr eng standen, so dass die diagonalen Seile weitestgehend verdeckt waren. Außerdem wurden die Kreuzungspunkte der Seile nach oben zwischen die hängenden Bretter verschoben. Für die Dachauskragungen und Stürze über den Öffnungen wurden verdeckte Gewindestangen vorgesehen, die die auftretenden Zugkräfte aufnehmen, während die Druckkräfte durch die Pressung der Holzbauteile übertragen werden.



Bild: Hess-Wohnwerk

Die vorgefertigten Elemente wurden auf der Baustelle montiert. Die einzelnen Verbindungen sind so gewählt, dass die Konstruktion nach der Ausstellung demontiert und an anderer Stelle wieder aufgestellt werden konnte.

Gut durchdacht und vorgefertigt

Der Pavillon besteht aus ca. 1.400 unterschiedlichen Einzelbauteilen (Duobalken), die Bodenelemente nicht mitgerechnet. Dem entsprechend musste die Arbeitsvorbereitung für ein solches Puzzle sehr gut geplant werden, da zusätzlich auch noch diverse Anforderungen des Architekten, der Montage, des Transportes und vor allem auch der Demontage zu beachten waren.

Eine weitere Herausforderung war die Zeitplanung, da der Pavillon in der ersten Septemberwoche 2008 fertig in London montiert sein sollte. Die Architektenpläne (ohne Detaillösungen) erhielt die Firma Hess-Wohnwerk aber erst Mitte Juni. Daher entschied man sich für eine Vorelementierung der Dach- und Bodenelemente. Die oberseitig geriffelten Bodenelemente wurden mit einer modernen 6-Achs-CNC-Anlage aus massiv geleimten Elementen gefräst. Die 9 Dachelemente wurden in der Schreinerei komplett mit den hängenden Elementen montiert. Die Position dieser Elemente wurde von der CNC-Maschine markiert.

Alle Stützen kappte man im Werk exakt auf Länge mit dem Winkel des leicht geneigten Bodens. Nach dem Zuschnitt wurden die Stützen mit den notwendigen Dübelbohrungen versehen, die später die Position der Stützen sicherten. Alle Elemente mussten sehr genau gefertigt werden, da ansonsten z.B. die Stützen am Fußpunkt einen Luftspalt gehabt hätten.

Da für die Verleimung von American Tulipwood nur wenige Erfahrungswerte vorlagen, wurden frühzeitig geeignete Leimversuche durchgeführt. Auf Grundlage der Versuchsergebnisse und weil die Bauteile voll bewittert sein würden, wurde der besser geeignete Resorcinharzleim gewählt.

Neue Anwendungsgebiete erschließen

Das Projekt hat exemplarisch gezeigt, wie bei einer entsprechenden Planung und Arbeitsvorbereitung auch für eine vornehmlich im Innenraum verwendete Holzspezies neue Anwendungsgebiete erschlossen werden können. Der ständige Dialog zwischen Architekten, Tragwerksplanern und Ausführenden war notwendig, um Planungsfehler zu vermeiden und hat die Umsetzung der hohen Qualität des Entwurfes bei einem sehr engen Zeitplan erst ermöglicht. Des Weiteren wurde bei der Durchführung dieses außergewöhnlichen Bauvorhabens deutlich, wie gerade mit dem Material Holz ein ganz besonderes Raumerlebnis geschaffen werden kann.

Nach Beendigung der Ausstellung nahe der Themse wurde der Pavillon von Phillips de Pury für 145.250 £ zugunsten des London Design Festivals versteigert und wird nun von seinem Erwerber an einem anderen Ort wieder aufgebaut.

Autoren

Dipl.-Ing. Jochen Stahl, P. Eng., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet „Statik und Dynamik der Tragstrukturen“ und Lehrbeauftragter am Architekturlehrstuhl für Tragwerksentwicklung an der TU Darmstadt. 2006 gründete er das Ingenieurbüro Tragwerk+ in Weiterstadt.

Dipl.-Ing. Rensthep Thompson ist Projektleiter für den internationalen Geschäftsbereich und Assistent der Geschäftsleitung bei dem Holzelembauunternehmen Hess-Wohnwerk GmbH & Co. KG in Kleinheubach.

Schlagwörter

Duo-Trio-Balken, Gebäudeaussteifung (Rahmen)

BAUTAFEL

Objekt	Sclera Pavilion London, England
Anlass	Size and Matter Ausstellung im Rahmen des London Design Festivals 2008
Entwurf	David Adjaye, Adjaye Associates, London, www.adjaye.com
Kooperationspartner	American Hardwood Export Council, www.ahec-europe.org
Tragwerksplanung	Ingenieurbüro Tragwerk+, Weiterstadt
Ausführung	Hess Wohnwerk GmbH & Co. KG, Kleinheubach, www.hess-wohnwerk.de