

Amerikanische Weisseiche – Das Tragwerk vom Lord's Cricket Ground Stadion

American White Oak – Lord's Cricket Ground Stadium
structure

Chêne blanc d'Amérique – la structure porteuse du
Lord's Cricket Ground Stadion

Markus Golinski
HESS TIMBER GmbH & Co. KG
Kleinheubach, Deutschland



Amerikanische Weißeiche – Das Tragwerk vom Lord's Cricket Ground Stadion

1. Einleitung & Geschichte des Stadions

1.1. Lord's Cricket Ground – die Wiege des Cricket-Sports

«Lord's Cricket Ground ist ein Cricketstadion in London. Es gilt als die wichtigste und traditionsreichste Adresse für Cricket weltweit. Das im Jahre 1814 gebaute Stadion befindet sich an der St. John's Wood Road westlich des Regent's Park im Stadtbezirk City of Westminster (London NW8 8QN).



Abbildung 1: Lord's Cricket Ground Stadion (links) sowie die verschiedenen Ränge/Stand (rechts).

Das Stadion wurde im Lauf seiner Geschichte mehrfach modernisiert und bietet heute Platz für 28.000 Besucher. Lord's ist das Zuhause des Marylebone Cricket Club, zugleich Sitz des Middlesex County Cricket Club, des England and Wales Cricket Board (ECB) und des European Cricket Council (ECC)» [1]. Die Tribünenbereiche teilen sich in verschiedene sogenannte «Stands» auf, siehe Abbildung 1, rechte Darstellung.

Bekannt und auffällig dürfte unter anderem auch das von David Miller Architects entworfene Media-Center sein, siehe Abbildung 2. Dieses wurde von einem englisch-holländischen Schiffsbauunternehmen gebaut (Pendennis Shipyard, UK/Centralstaal, NL). Diese ungewöhnliche und innovative Konstruktion demonstriert scheinbar bereits die Offenheit der Eigentümer und Bauherren gegenüber Neuem bei eigenen Baumaßnahmen. Mit dem neu zu bauenden Warner-Stand hat man sich dann wieder «etwas Neues einfallen lassen»...



Abbildung 2: Lord's Cricket Ground Media-Center von David Miller Architects, Foto: © Hobbs Luton.

1.2. Der neue Warner Stand

Der Tribünenbereich «Warner Stand» befindet sich zwischen dem historischen Pavillion-Gebäude und dem sogenannten Grandstand (vgl. Abbildung 1), welches von Grimshaw Architects bereits im Jahre 1996 gebaut wurde. Der Warner-Stand, siehe Abbildung 3, wird 2656 Sitze haben, deutlich verbesserte Sichtverhältnisse bieten und zwei Bars als auch ein Restaurant beherbergen.

Arup und Populous haben im Jahre 2012 begonnen an dem Umbau des aus den 50er Jahre stammenden Warner-Stands zu arbeiten. Es wurden viele unterschiedliche Tragsysteme und Materialien für die Dachkonstruktion untersucht, allerdings wurde dabei recht schnell klar, dass ein Holztragwerk am besten dem architektonischen Entwurf und dem Wunsch nach Nachhaltigkeit gerecht werden kann.



Abbildung 3: Der Entwurf von Populous Architects für den Warner-Stand, Foto: © Populous Architects.

2. Das Dachtragwerk

2.1. Warum ausgerechnet amerikanische Weißeiche?

Das Planungsteam von Populous und Arup wollte mit diesem Projekt auch zeigen, dass der moderne Holzbau schon lange «stadionreif» ist. Dabei war dennoch auch ein schlankes Dachtragwerk gewünscht. Ausschlaggebend für die Wahl der amerikanischen Weißeiche waren deshalb neben den sehr guten Festigkeitseigenschaften vor allem die hervorragende Steifigkeit, siehe auch Abbildung 4, die die diese besitzt und damit geringe(re) Trägerhöhen ermöglicht. Kombiniert wurde dies zudem mit einem leichten Dachaufbau aus einer Stahl-Membran-Konstruktion, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll.

Vergleich von Steifigkeiten $E_{0,05}$ verschiedener Brettschichthölzer:

Brettschichtholz	Steifigkeit $E_{0,05}$	Vergleich
BSH Fichte, GL 30c *	10800 N/mm ²	100%
BSH Fichte, GL 30h *	11300 N/mm ²	105%
Amerikanische Weißeiche **	12600 N/mm ²	117%
BauBuche, GL 70 ***	15300 N/mm ²	142%

Abbildung 4: Vergleich der E-Moduln verschiedener verleimter Werkstoffe;

* laut EN 14080:2013; ** laut AHEC/Lawrence A. [2], *** laut ETA-14/0354 vom 20.02.2015

Bei Arup beschäftigt man sich schon seit geraumer Zeit mit der Holzart «Amerikanischer Weißeiche». Das erste Projekt wurde bereits 2001 realisiert (Dach des «Porticullis House», Teil des Parlamentsgebäudes Westminster in London). Auch hier waren die filigrane Eleganz des Tragwerks als auch wertiges Erscheinen ganz oben auf der Wunschliste der verantwortlichen Architekten von Hopkins Architects. Allerdings kam es bei diesem Projekt, aufgrund der Verwendung nur sehr kurzer Bauteile, noch zu keiner Ausführung von Keilzinkungen. Gerade die Keilzinkenverbindungen zeigen sich bekanntermaßen aber als «kritisches Glied in der Kette», ganz besonders bei Brettschichtholz aus Harthölzern.



Abbildung 5: Das Porticullis House von Hopkins Architects, Foto: © Hopkins Architects.

Auf Basis der bei Porticullis House gemachten Erfahrungen und der damaligen Tests, ist Arup in der Vorbemessungs-Phase für das Dachtragwerk von Lord's Cricket Ground von den Festigkeitseigenschaften von ungefähr D50 ausgegangen, wobei man die Biegefestigkeit aufgrund des festigkeitsmindernden Einflusses der Keilzinken, von 51,1 N/mm² auf 36 N/mm² reduziert hat. Für die Bemessung war jedoch letztendlich, aufgrund der großen Auskrümmung der Hauptträger, allerdings weniger die Festigkeit als vielmehr der E-Modul des Werkstoffes entscheidend.

Diese getroffenen Annahmen galt es jedoch im Rahmen diverser Tests und Untersuchungen noch zu bestätigen.

Service class:	2	($k_{\text{def}} = 0.8$)
Wood species and origin:	American White Oak	
Characteristic values		
Bending parallel to grain $f_{m,k}$	36 N/mm ² *	
Tension parallel to grain $f_{t,0,k}$	31.1 N/mm ²	
Tension perpendicular to grain $f_{t,90,k}$	0.6 N/mm ²	
Compression parallel to grain $f_{c,0,k}$	29.5 N/mm ²	
Compression perpendicular to grain $f_{c,90,k}$	10.3 N/mm ²	
Shear parallel to grain $f_{v,k}$	4.7 N/mm ²	
Mean modulus of elasticity parallel to grain $E_{0,\text{mean}}$	15000 N/mm ² **	
5% modulus of elasticity parallel to grain $E_{0,05}$	126000 N/mm ²	
Mean modulus of elasticity perpendicular to grain $E_{90,\text{mean}}$	1000 N/mm ²	
Mean shear modulus G_{mean}	940 N/mm ² **	
Characteristic density ρ_k	688 kg/m ³	

Abbildung 6: Die von ARUP getroffenen mechanischen Annahmen des amerikanischen Weißeichen-BSH für die Vorbemessung des Dachtragwerks, in Anlehnung an [2].

Wie aus der Abbildung 6 entnommen werden kann, wurde im Weiteren auch die Nutzungsklasse 2 für die Bemessung herangezogen. Auch wenn die Holzträger durch Auskragungen der Sekundärstruktur konstruktiv gut geschützt sind, kann es bei extremer Schlagregenbeanspruchung zu einer Bewitterung der beiden äußeren Randträger kommen. Dies führte weiterhin zu dem Wunsch seitens des Planungsteams eine hohe Dauerhaftigkeit des eingesetzten Materials gewährleisten zu können. Dies war ein zusätzliches Argument für die amerikanische Weißeiche, die mit einer Dauerhaftigkeitsklasse von 2-3 («dauerhaft-mäßig dauerhaft») nach EN 350-2, eine hervorragende Lösung diesbezüglich darstellt. Es hätte mindestens eines splintfreien Lärchen-BSHs benötigt (Dauerhaftigkeitsklasse 3) um Ebenbürtiges zu verwenden. Fichten-BSH mit einer zu geringen Dauerhaftigkeit von 4 wäre demnach für diesen Verwendungszweck ausgeschlossen.

2.2. Vorstellung des tragwerksplanerischen Konzepts

Das Dachtragwerk, siehe auch Abbildung 7, besteht aus den elf Primärträgern aus Eichen-BSH, dem darauf aufgeständerten Stahl-Sekundärtragwerk («Hoops»), welches auch dem Tertiärsystem, der Dachmembran, die bogenartige Form gibt. Die bis zu ca. 23,4m langen Primärträger lagern zum einen auf der rückseitigen Stahlbeton-Wand, als auch in Richtung Spielfeld auf filigranen Stahlstützen auf (die wiederum in der der Glaswand integriert sind).

Die Aussteifung der Dachkonstruktion erfolgt über konventionelle drucksteife Stahlverbände aus Hohlprofilen in den Endfeldern der Dachkonstruktion.

Für die Bemessung der Holzträger und vor allem deren Anschlüsse waren besonders auch die hohen Horizontallasten maßgebend, die durch das Vorspannen und durch sonstige vertikale Lasteinwirkungen auf die Membrane entstehen.

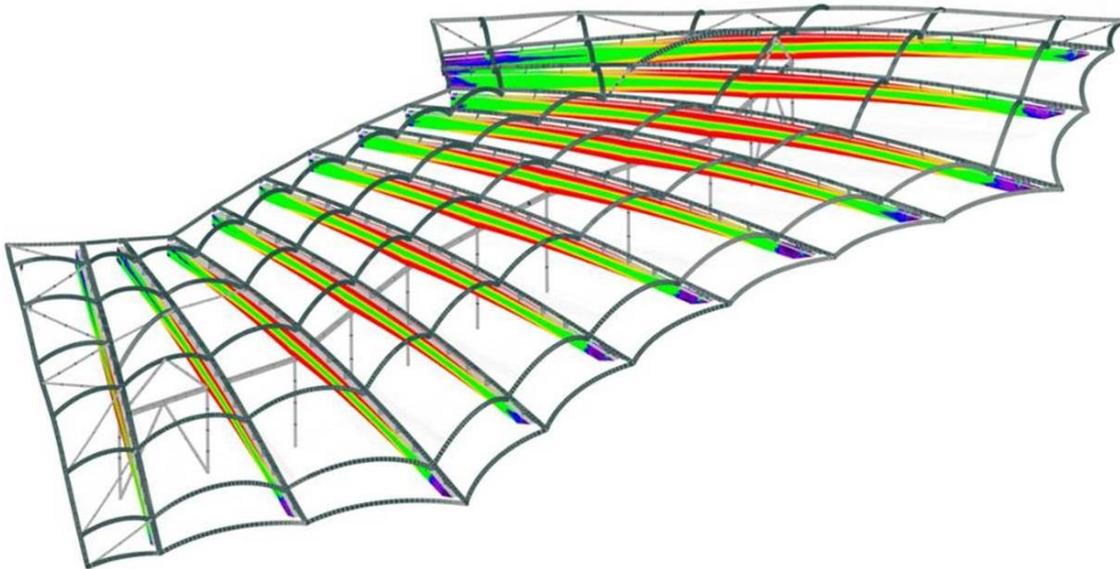


Abbildung 7: FEM-Abbildung der Dachstruktur mit Primär-, Sekundär- und Tertiärtragwerk, © Arup

Aufgrund der enormen Auskragungen von bis zu ca. 13m, waren umfangreiche Berechnungen, vor allem auch der verschiedenen Windlastfälle, von allen Beteiligten gefordert. Der deutlichen Verformung der Kragarmspitze, als auch Kriechvorgängen, wurde man durch eine Überhöhung dieser gerecht.

2.3. Konstruktive Besonderheiten

Aufbau der BSH-Träger

Die Eichen-BSH-Träger sind doppelt-konisch ausgeführt worden. Im Grundriss sind diese bis zur Auflagerung des Kragträgers parallel, ab Unterstützung im Bereich der Fassade in Richtung Kragspitze von 350mm Breite auf 210mm verjüngend ausgeführt worden.

In der Ansicht wiederum wurden diese, vom mittigen Fassadenaufleger ausgehend, in beide Richtungen gevoutet, wobei die statische Auflagerhöhe in der Fassadenachse einheitlich jeweils ca. 900mm betrug.

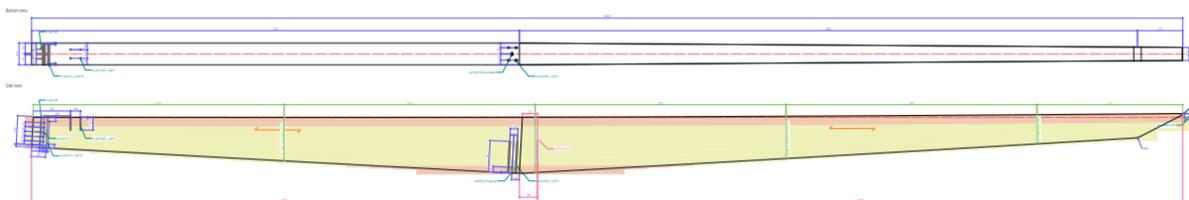


Abbildung 8: Grundriss und Ansicht eines BSH-Trägers, © HESS TIMBER

Aufgrund der überraschend schlechten Ausbeute des Rohmaterials (verursacht durch starke Schrägfaserigkeit) und der damit einhergehenden drohenden Zusatzkosten, wurde in gemeinsamer Überlegung mit Arup von HESS TIMBER ein zunächst nicht geplanter, kombinierter Aufbau für die Binder und auch für die noch folgenden Testkörper vorgeschlagen und festgelegt. Im Rahmen einer visuellen Sortierung wurden demnach alle Bretter anhand von eigens bei HESS TIMBER erarbeiteten Sortierkriterien in zwei verschiedene Festigkeitsklassen unterschieden und eingebaut, siehe auch Aufbau der Lamellen in Abbildung 8 oben.

Weiterhin wurden alle Querschnitte, aufgrund nur sehr limitiert verfügbarer Rohmaterialbreiten, dreifach blockverleimt.

Anschlüsse der Stahlbögen «Hoops» an die BSH-Binder bzw. Massivbau

Der deutlichen Verformung des stählernen Sekundärtragwerks beim Lastfall «Temperaturausdehnung» wurde über eine Vielzahl verschiedener gleitender oder «federnder» Anschlüsse Rechnung getragen. Eine Übersicht der verschiedenen Anschlüsse an den Massiv- wie auch Holzbau zeigt die Abbildung 9.

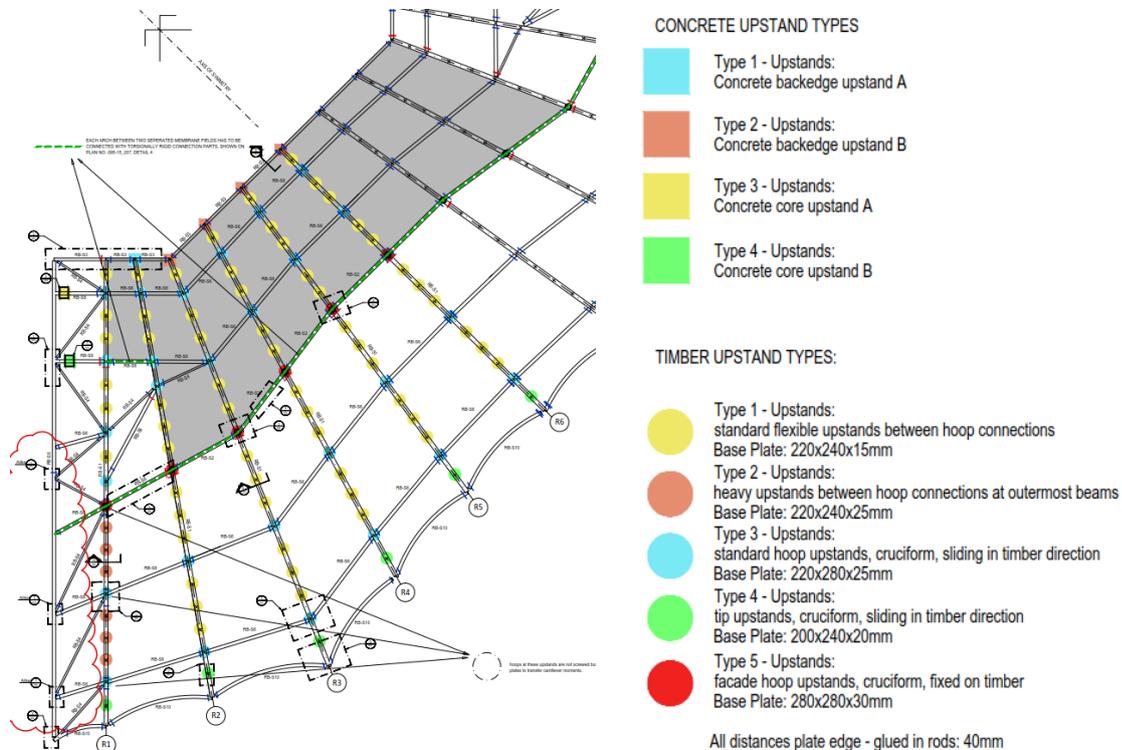


Abbildung 9: Die verschiedenen Anschlusstypen auf den BSH-Trägern und zum Massivbau, © Leicht-Ingenieure.

Die Anschlüsse der Stahlbauteile an die Brettschichtholz binder erfolgten dabei in der Regel durch eingeleimte Gewindestangen. Die gesamten Stahleinbauteile, wie z.B. die Aufständungen («Upstands»), aber auch die an die Aufständungen befestigten Längsprofile werden bereits im Werk bei HESS TIMBER eingebaut. Vor Ort auf der Baustelle müssen auf diese Art lediglich noch die Stahlbögen über Kopfplatten-Anschlüsse, siehe Abbildung 10, montiert werden.

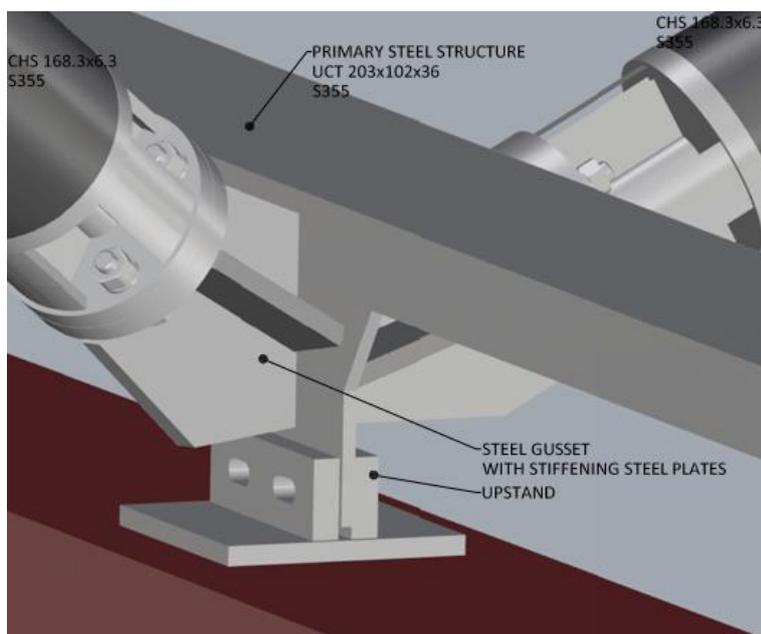


Abbildung 10: Anschluss der Stahl-Sekundärstruktur an die Brettschichtholz binder, © Leicht-Ingenieure.

Leider befindet sich das Projekt zum Zeitpunkt der Drucklegung des Tagungsbandes noch in der Produktion. Weiterführende Infos und Bilder werden vermutlich im Rahmen der Präsentation gezeigt werden können.

3. Projektbeteiligte und Projektdaten

Architektur: Populous Architects, London

Tragwerksentwurf/Vorbemessung: Arup, London

Generalunternehmer Warner-Stand: BAM

Subunternehmer Dachkonstruktion: Taiyo Europe GmbH

Ausführungs- und Detailstatik Dachkonstruktion:

Leicht-Ingenieure München, HESS TIMBER GmbH & Co.KG

Materialprüfungen Brettschichtholz:

HESS TIMBER GmbH & Co.KG (Vortests) und

MPA Stuttgart (Haupttests und gutachterliche Stellungnahme)

Volumen: ca. 50m³ amerikanische Weißeiche, FSC-zertifiziert

Fertigstellung: 2017

4. Literaturverzeichnis

[1] https://de.wikipedia.org/wiki/Lord%E2%80%99s_Cricket_Ground

[2] Lawrence A. u.a.: Structural Design in American Hardwoods. AHEC London:2005