# Whisky-Destillerie Macallan, Schottland

Dr. Erich Wiesner
Eigentümer und Geschäftsführer WIEHAG GmbH
Altheim, Österreich

DI(FH) Clemens Huber
WIEHAG GmbH
Altheim, Österreich

# Whisky-Destillerie Macallan, Schottland

Die Dachkonstruktion des neuen Produktions- und Besucherzentrums der Macallan Whisky-Destillerie in Schottland bildet ein geometrisch hochkomplexes Gitterwerk mit fünf kuppelartigen Erhebungen. Die Kunst dabei: eine organisch geschwungene Form aus geraden Trägern und ebenen Dachelementen zu bauen.

## 1. Einführung – Architektionischer Entwurf

Rund 20 km von der Nordsee entfernt liegt im Norden der schottischen Lowlands die bekannte Whisky-Destillerie «The Macallan», die zur Edrington-Gruppe gehört. Hier werden seit 1824 inmitten von sanft geschwungenen Hügelzügen hochwertige Single-Malts hergestellt. Die Anlage bestand bisher aus einem alten Herrenhaus und zahlreichen Produktions- und Lagerhallen, die sich durch eine pragmatische Gestaltung auszeichnen.

Abbildung 1: Visualisierung der Gebäuderückansicht: Ein 207 m langes und 63 m breites, begrüntes Dach mit fünf kuppelartigen Erhebungen überspannt das neue Produktions- und Besucherzentrum des Whisky-Herstellers «The Macallan» in Schottland. Zwei Drittel dienen der Produktion, der Rest ist Showroom. ©RSHP

Nun scheint es, als wollten die Besitzer der Destillerie die bauliche Erweiterung qualitativ ebenso hochwertig realisieren, wie die Qualität ihrer Produkte. Dafür engagierten sie das renommierte Londoner Architekturbüro Rogers Stirk Harbour + Partners sowie die Ingenieure von Arup.

Der Entwurf für das neue Gebäude ist 2012 als Gewinner aus einem international eingeladenen Architekturwettbewerb hervorgegangen. Es soll neben weiteren Produktionsanlagen ein Besucherzentrum inklusive Ausstellungsflächen beherbergen. Auch war es der Bauherrschaft wichtig, dass die Whisky-Fans den Herstellungsprozess auf einem Rundgang durch das neue Gebäude erleben können, und dass es sich systematisch erweitern lässt.

Die Architekten planten den Neubau mit rund 12.000 m² Nutzfläche entlang der Haupterschließungsstraße auf dem Firmengelände in unmittelbarer Nähe zum alten Herrenhaus. Dieses ist weiterhin Ausgangspunkt für die zu erwartenden Besucher.

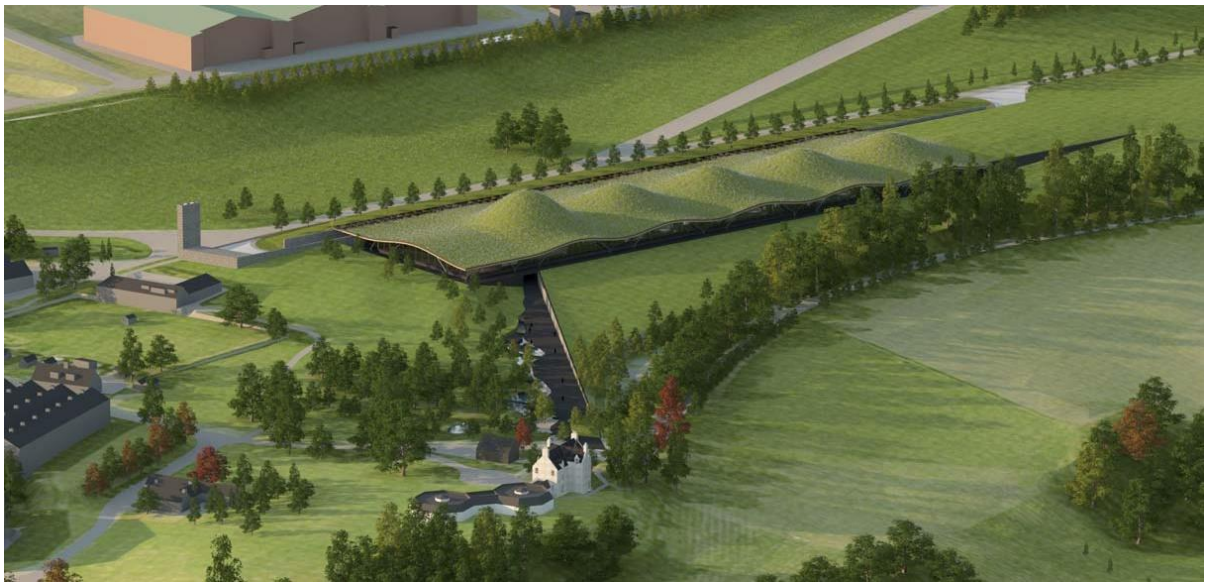

Abbildung 2: Vom alten Herrenhaus (unten im Bild) führt eine Art Hohlweg zum Neubau. ©RSHP

Das langgestreckte Gebäude zeichnet sich besonders dadurch aus, dass es mit seiner Umgebung zu verschmelzen scheint. In Erscheinung tritt vor allem ein riesiges, begrüntes Dach mit Abmessungen von 207 m x 63 m, unter dem sämtliche Nutzungen vereint sind. Fünf kuppelartige Erhebungen, die sich bis zu 27 m Höhe aufschwingen und in einem großzügigen Vordach auslaufen, strukturieren die enorme Fläche und lassen sie wie eine gebaute Version der umgebenden Landschaft wirken. Durch die allseitige Auskragung und die durchgängige Glasfassade entsteht ein markanter und sinnhafter Übergang von Gebäude zu Terrain.

Abbildung 3: Schematischer Gebäude-Längsschnitt mit Holzdachkonstruktion. In den vier 18 m hohen Kuppeln ist die Fabrikation angesiedelt, in der fünften, 27 m hohen Kuppel ein Ausstellungsbereich, der in ein Besucherzentrum unter dem anschließenden Flachdach übergeht. ©RSHP

# 2. Das Dach

## 2.1. Dachaufbau

Das begrünte Dach wird lediglich an einigen Stellen mit dreieckigen Fenstern durchbrochen. Das Holztragwerk und seine aufwändige Eindeckung mit Erde und Gras ruhen auf mächtigen Stahlrahmen-Unterkonstruktionen, die ihrerseits in der Stahlbeton-Bodenplatte verankert sind. Die dunklen Stahlstreben zeichnen sich auch an den Fassaden ab, gliedern so den Bau zusätzlich und verleihen ihm seinen hallenartigen Charakter.

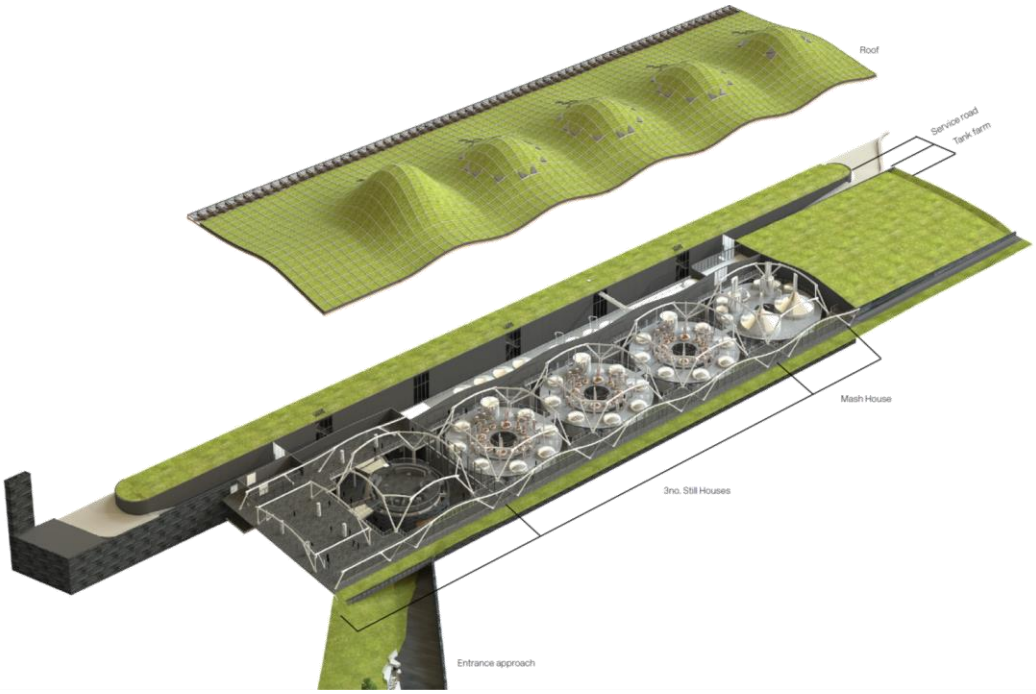


Abbildung 4: Anordnung und Organisation von Produktions- und Besucherbereich ©RSHP

Der Eintritt zum Gebäude erfolgt vom alten Herrenhaus her über einen freifließend gestalteten Vorbereich. Am Ende dieser Zone gelangt man unter einer «Erdbrücke» hindurch ins Besucherzentrum, das mit seinen Ausstellungsbereichen unter einem flachen Teil des Daches liegt. Daran schließt mit 27 m die höchste der fünf Kuppeln an, die so auch als bildhaftes Zeichen für den Eingang in Erscheinung tritt. Unter den übrigen vier mit einer Höhe von je 18 m folgt die linear angeordnete Whisky-Produktion, die von den Besuchern besichtigt werden kann. Am Ende der vierten niederen Kuppel ist der Bau so gestaltet, dass er bei Bedarf mit weiteren Kuppeln ergänzt werden kann.

## 2.2. Holz: Material für guten Whisky und ein einmaliges Dach

Die Architekten wollten von Anfang an ein Gebäude mit einem Dachtragwerk aus Holz. Damit sollte Bezug genommen werden auf die Lagerung des Whiskys in Holz bzw. Eichenfässern, die elementar für die Qualität des Endproduktes ist.
Als Grundkonzept für die Holzkonstruktion hatten die Architekten und Ingenieure ein Gitterwerk entwickelt. Ab einem gewissen Stadium wollten sie auch Holzbauspezialisten im Planungsteam haben. Über eine beschränkte Ausschreibung kam das österreichische Holzbau-Unternehmen Wiehag zum Zug.

Als Vorgabe erhielten die Holzbauplaner von den Architekten die räumliche Struktur des Grundkonzepts der Dachlandschaft in Form von Knotenkoordinaten sowie das gewünschte Ebenen-Achsraster für die Gitterkonstruktion (3 m x 3 m). Auch das Hauptachsraster von 18 m in Querrichtung bzw. die Spannweite eines Kuppelfeldes über zwei solcher Achsen war mit 36 m bereits festgelegt. Auf dieser Basis entwickelte Wiehag die gesamte Geometrie und nahm die dazugehörige Bemessung und Konstruktion der Bauteile vor.

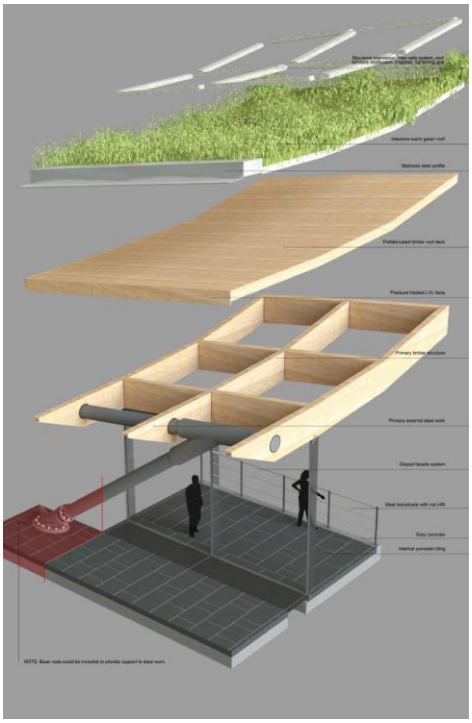

Abbildung 5: Schematische Darstellung des Aufbaus der Gesamtkonstruktion ©RSHP

# 3. Tragkonstruktion

## 3.1. Gitterkonstruktion des Daches

Die Träger der Gitterkonstruktion liegen in der Dachaufsicht im quadratischen Ebenenraster von 3 m x 3 m und erscheinen durch die Projektion auf die Fläche verkürzt.

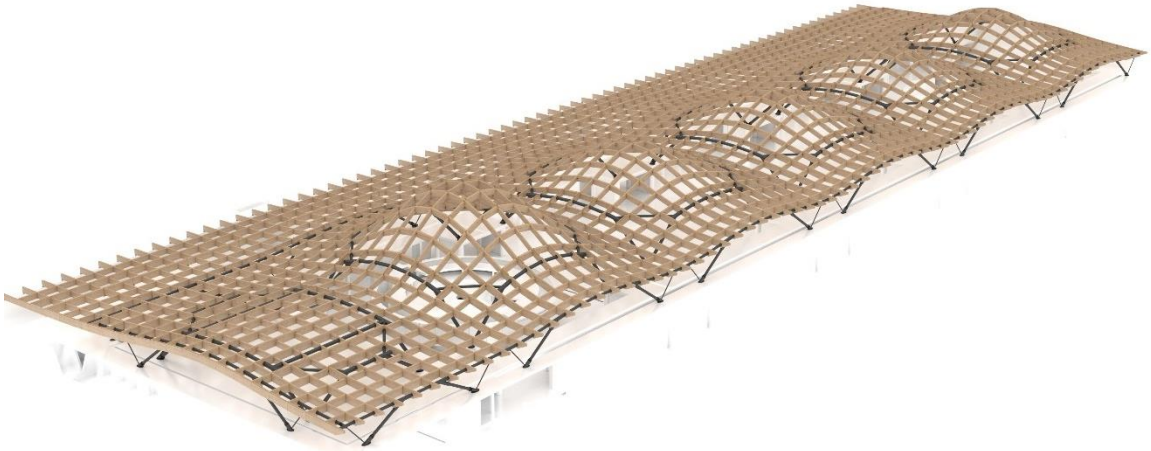

Abbildung 6: Das hölzerne Gitterwerk ruht auf in sich stabilen Stahlkonstruktionen aus Stahlzugringen auf V-förmig ausgebildeten Stahlstützen sowie auf Stahlstreben und -trägern in Richtung der Längsfassaden. Die Höhe der geschwungenen Traufe liegt zwischen 3,50 m und 5,20 m. ©WIEHAG

Das Haupttraggerüst einer Kuppel bilden jeweils zu Polygonzügen verschweißte Stahlträger. Dabei wird jedes Kuppelfeld in Längs- und Querrichtung in den Viertelspunkten von zwei solchen Polygon-Trägern überspannt. In den vier Kreuzungspunkten sind sie über biegesteife Anschlussknoten miteinander verbunden. Die stählernen Polygon-Träger wurden mit Kerto-Platten bekleidet.

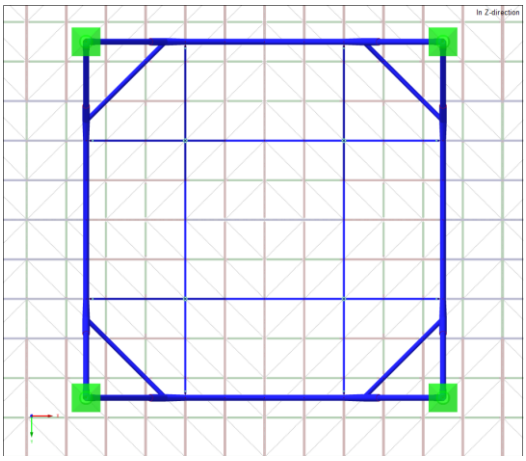

Abbildung 8: Lage der 2 x 2 sich kreuzenden Polygonträger aus Stahl, die das Haupttraggerüsteiner Kuppel aufspannen. ©WIEHAG

Abbildung 7: Biegesteifer Anschlussknoten für zwei sich kreuzende, holzbekleidete Stahlträger (mit Montage- Abstützung), daran anschließende BS-Holz-Stabzüge und dazwischen gehängte Träger- "Stücke" in Form von Parallelogrammen. ©WIEHAG

Die übrige Tragstruktur des Gitterwerks besteht aus zwei Trägertypen aus Brettschicht(BS)-Holz: Zum einen aus längeren, einfach gekrümmten Bogenbindern, die über mehrere 3 m-Felder reichen, deren Ober- und Unterseiten jedoch feldweise, also im 3-m-Raster, wie ein Polygonzug abgefräst wurden (Oberseite als ebenes Auflager für die Dachelemente). Sie erscheinen in Form geknickter Stabzüge. Zum andern aus kurzen geraden Träger-«Stücken» im 3-m-Raster.

Abbildung 10: Gerades Träger- "Stück" im 3-m-Raster. ©WIEHAG

Abbildung 9: Einfach gekrümmter Bogenbinder der über mehrere 3-m Felder polygonal zugeschnitten wurde. Die Träger des hölzernen Teils des Gitterwerks bestehen aus BS-Holz und sind beidseitig mit Kerto-Platten bekleidet. ©WIEHAG

Die Idee, aus gebogenen Trägern Stabzüge mit Knicken herauszufräsen, resultierte aus der Überlegung, die Menge der Stahlanschlüsse zu minimieren, da sie mit zunehmender Zahl die Steifigkeit der Konstruktion reduzieren. Beim Herausfräsen gab es allerdings eine Einschränkung: Zur Vermeidung von Querzugkräften (Lasteinwirkung quer zur Faser) und einer unverhältnismäßig großen Tragfähigkeitsabminderung der Querschnitte aufgrund der angeschnittenen Holzfasern durften die Knickwinkel 13° nicht überschreiten. Wo sie größer als 13° wurden, mussten die Träger unterbrochen und über Schlitzblech-Stabdübel-Verbindungen biegesteif wieder miteinander verbunden werden. Das ist etwa im Bereich der Kuppelspitze der Fall, wo die Krümmungen am größten sind.

Nach diesem Prinzip wurden für die hölzernen Rippen des gesamten Gitterwerks – wo statisch erforderlich – Stabzug-Träger eingesetzt; den Rest füllen einzelne Träger-Stücke mit «auf Gehrung» zugeschnittenen Enden. Letztere wurden gelenkig zwischen die Stabzüge bzw. die Stahl-Polygon-Träger eingehängt.

Innerhalb der Kuppeln bilden die verschiedenen Stahl- und BS-Holz-Träger ein Raumtragwerk aus, das auf den darunter angeordneten Stahlrohr-Zugringen der Rahmenkonstruktionen gelagert ist. Im Rest des Gitterwerks, wie etwa dem weit auslaufenden Dach, ist es eine Kombination aus verschiedenen Tragsystemen.

## 3.2. Ausführung der Träger

Die 16 cm breiten Stabzug-Träger bzw. kurzen Träger bestehen aus GL24h- bzw. GL28c-BS-Holz und seitlich aufgebrachten 20 mm dicken Kerto-Furnierschichtholz(FSH)-Platten (Regelhöhe der Träger: 59 cm bis 75 cm; in Bereichen mit höheren Lasten: 87 cm bis 99 cm). Dort, wo es statisch erforderlich war, wurden die FSH-Platten auf den Träger aufgeklebt und nach einem definierten Raster mit ihm verschraubt. In den übrigen Bereichen sind sie der optischen Einheitlichkeit wegen nur aufgeschraubt. Dies war eine Vorgabe der Architekten. Sie wünschten als homogene Oberfläche überall FSH-Platten.

Die Oberseiten der Träger sind meist mit zwei Neigungen abgegratet. Doch je nach Lage im Dach hat jede Oberseite andere Abgratungsneigungen, denn sie dienen jeweils zwei unterschiedlich geneigten Dachelementen als ebenes (Linien-)Auflager.

Wiederum aus optischen Gründen sind die BS-Holz-Träger auch auf der Unterseite mit doppelter oder einfacher Neigung abgegratet, zudem stehen die FSH-Platten aus architektonischen Gründen unten 50 mm über den BS-Querschnitt.

Eine andere architektonische Vorgabe lautete: Die Trägerhöhe jedes Trägers sollte innerhalb eines 3-m-Segments über seine Länge hinweg in der Vertikalen gemessen immer gleich hoch sein. Daraus ergeben sich Parallelogramme als Trägerformen zwischen den Raster-Feldern. Das heißt jedoch gleichzeitig, dass die statische Höhe steiler geneigter Träger geringer ist als deren Vertikalmaß, da die statische Höhe senkrecht zur Kante gemessen wird. An steileren Stellen des Daches mit kumulierenden Lasten konnten dann Träger mit zu geringer statischer Höhe durch aufgeklebte und verschraubte FSH-Platten verstärkt werden.

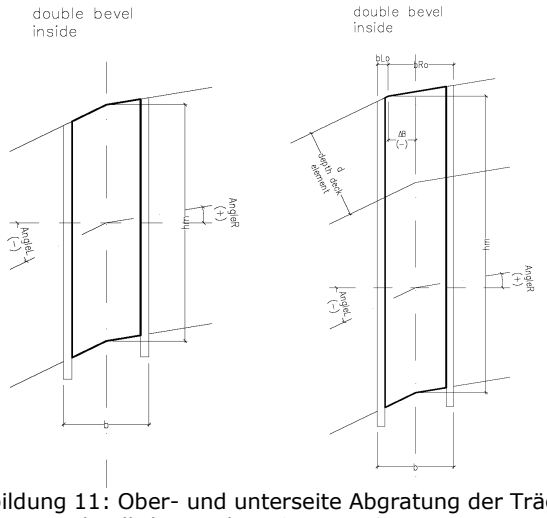


Abbildung 11: Ober- und unterseite Abgratung der Träger mit unterschiedlichen Höhen ©WIEHAG

# 4. Dachelemente

## 4.1. Geometrie der Dachelemente

Um nun die Bereiche zwischen den Gitterträgern mit ebenen Flächenelementen füllen zu können, wurde die Kunst der Geometrie genutzt: Zwischen die vier Eckpunkte eines Gitterfeldes, die nie auf einer gemeinsamen Ebene liegen (windschief), passten sie zwei dreieckige ebene Flächenelemente ein, denn drei der vier Punkte liegen immer auf einer Ebene. Dabei haben die beiden Dreieckselemente dieselbe Hypotenuse (längste Seite eines Dreiecks). Als Diagonale zwischen den vier Gitterpunkten bildet sie den gemeinsamen Stoß mit Anschlusswinkeln von bis zu 10°, was innerhalb des Gitterfeldes als diagonale Knick-Kante bzw. Fuge in Erscheinung tritt.

Abbildung 12: Zwei ebene, dreieckige Hohlkasten-Dachelemente füllen je ein «windschiefes» Gitterfeld. Die dabei entstehenden, facettierten Oberflächen wirken aufgrund der Größe des Gitterrasters dennoch fließend und bilden alle Schwünge der Dachfläche formschön aus. ©WIEHAG

So war es möglich, die Dachflächen der zweiachsig gekrümmten Kuppeln mit ebenen Elementen auszuführen anstatt mit gebogenen; das entsprach zudem den architektonischen Vorgaben, die hier eine facettierte Oberfläche forderte. Der Dachaufbau aus Dämmung, Erde und Begrünung gleicht die Facettierung zwar aus und glättet sozusagen das Gesamtbild nach außen. Auf der Innenseite jedoch wirkt die Dachuntersicht fast ornamental und erinnert an ein Tangram-Puzzle.

## 4.2. Ausbildung der Dachelemente

Die dreieckigen Dachelemente sind als klassische Hohlkästen ausgebildet: Ein Rahmen aus Konstruktionsvollhölzern (KVH) mit beidseitiger Beplankung aus Plattenwerkstoffen. Für das optische Erscheinungsbild hat man die Unterseiten der insgesamt 22 cm hohen Elemente mit 15 mm dicken FSH-Platten geschlossen, für die obere Tragschicht dagegen kamen OSB-Platten zum Einsatz. Die Wärmedämmung wurde nicht in die Elemente integriert, sondern auf den Hohlkästen verlegt. Das hatte den Vorteil, dass die Dampfbremse auf der Oberseite flächig aufgebracht und sauber verklebt werden konnte.

Um die dreieckigen Hohlkästen formschlüssig aneinanderfügen zu können, mussten ihre Randhölzer aufgrund der winklig anschließenden Nachbar-Elemente schräg bzw. keilförmig zugeschnitten werden – meist mit umlaufend unterschiedlichen Neigungswinkeln.

In Bereichen, wo die Gitterträger aufgrund großer Lasten höher ausgeführt werden mussten (87 cm bis 99 cm), wurden die Dachelemente nicht auf den Trägern gelagert sondern zwischen diesen eingehängt.

Abbildung 14: Die Dachuntersicht charakterisieren neben der Gitterstruktur auch die dreieckigen Hohlkästen, deren diagonale Stoßfugen je Gitterfeld ornamental wirken. ©WIEHAG

Abbildung 13: Die Dachelemente leisten keinen Beitrag zur Aussteifung. Diese übernehmen die Stahlringe mit den V-förmigen Stützen sowie die Stahlstreben und -träger in Ebene der Längsfassade. ©WIEHAG

Die Hohlkästen sind untereinander und mit den Dachträgern verschraubt, bilden statisch aber keine Dachscheibe aus. Die Aussteifung der Kuppeln erfolgt über die Stahlrahmen-Konstruktionen darunter bzw. die in den Längsfassaden.

# 5. Maßgebender Lastfall: Schnee

Der Lastfall Schnee mit unsymmetrischen Schneeanhäufungen stellte den maßgebenden Lastfall für die Bemessung des Daches dar. Zu untersuchen war dabei die Torsionswirkung solcher Lasten auf die einzelnen Bauteile bzw. deren Tragverhalten innerhalb der Raumstruktur. Zu den maßgeblichen Stellen der Dachlandschaft gehören auch die «Täler» zwischen den Kuppeln, wo sich ebenfalls Schnee anhäufen kann.

Für die statische Berechnung des gesamten Gebäudes wurde ein räumliches Stabwerkprogramm (R-Stab) verwendet. So konnten alle Lasteinwirkungen und materialspezifischen Einflüsse abgebildet und ihr Zusammenwirken berechnet und überprüft werden.

# 6. Logistik

Ein solch hochkomplexes Bauwerk kann nur mit einer minutiösen Detail-, Fertigungs- und Logistikplanung erfolgreich bewältigt werden. Jedes Bauteil erhielt eine Positionsnummer und seinen definierten Platz, der per Positionsplan auffindbar ist. Doch auch der Produktionsablauf und die rechtzeitige sequenzielle Anlieferung der richtigen Bauteile entscheiden über die reibungslose Montage vor Ort. Die funktionierte wie am Schnürchen. Und das bei knapp 1.800 Trägern (1.305 gerade Träger-«Stücke» und 493 Stabzüge, aus einem Querschnitt verklebt) und 2.447 Hohlkasten-Elementen.

Für den Transport aller Träger und Dachelemente waren 133 LKW-Ladungen erforderlich. Würde man die Transporte aneinanderreihen, ergäbe dies eine Länge von 2,2 km.

Der Holzbau war Ende Oktober 2016 fertig montiert. Der weitere Ausbau erfolgte im Anschluss. Nach einem Jahr «Probelauf» der Destillerie (Mai 2017 bis Mai 2018) hat «The Macallan» das spektakuläre Gebäude dann im Juni 2018 offiziell eröffnet. Seitdem reißt der Besucherstrom kaum mehr ab –nicht nur wegen der Whisky-Produktion.

Text: Dipl.-Ing. (FH) Susanne Jacob-Freitag, Karlsruhe

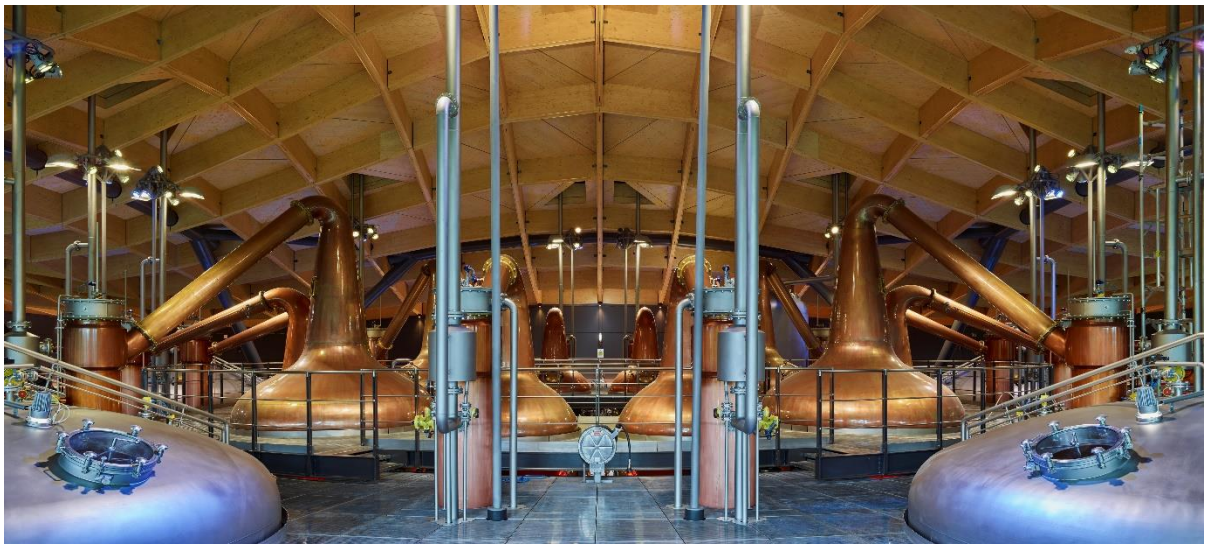

Abbildung 15: Innenansicht ©Mark Power Magnum Photos

Abbildung 16: Aussenansicht ©Mark Power Magnum Photos

# 7. Projektbeteiligte

| | |
|---|---|
| Bauherr | **The Edrington Group**<br>UK-Glasgow G15 6RW<br>Schottland<br>www.edrington.com |
| Generalunternehmer | **Robertson Construction Group**<br>UK-Stirling FK9 4TZ<br>www.robertson.co.uk |
| Architektur | **Rogers Stirk Harbour + Partners**<br>UK-London EC3V 4AB,<br>www.rsh-p.com |
| Tragwerksplanung gesamt | **Arup**<br>UK-London, W1T 4BQ<br>www.arup.com |
| Planung, Statik und Ausführung Dachtragwerk | **WIEHAG GmbH**<br>AT-4950 Altheim<br>www.wiehag.com |

# 8. Link-Tipps

Videos zur Entstehung des Macallan-Daches:

https://tinyurl.com/yc4w82xp
https://tinyurl.com/y6wnmbun

Abbildung 17: Aussenansicht am Abend ©Mark Power Magnum Photos