



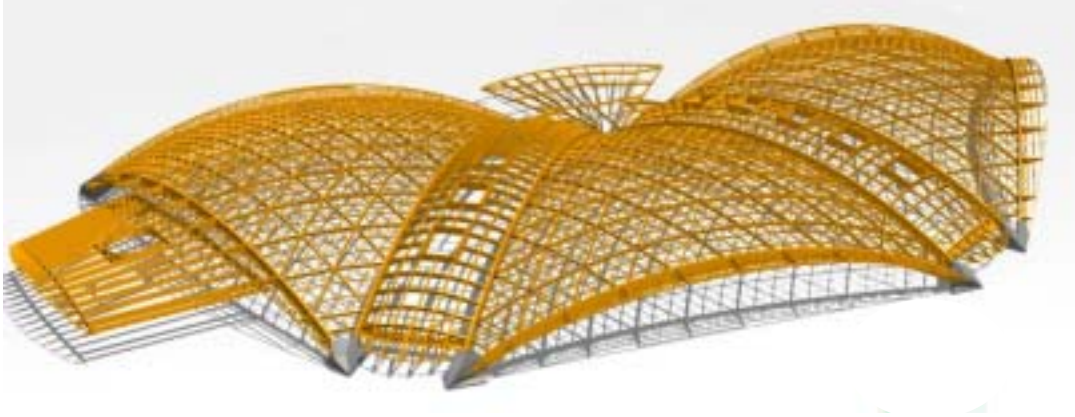
*Hermann Blumer Dipl. Bauing.  
ETH/SIA, Waldstatt CH*

## **Der Bau eines Kultur- und Sportzentrums auf Kirchberg**



# Der Bau eines Kultur- und Sportzentrums auf Kirchberg

CNSC National-Zentrum für Sport und Kultur  
Kirchberg/Luxemburg



## Generelles

Eine Holzkonstruktion mit ungewohnten Abmessungen überdacht den Sport- und Kulturkomplex auf dem Plateau Kirchberg in Luxemburg. In der Nachbarschaft steht bereits das olympische Hallenbad auch gebaut von Architekt Roger Taillibert im Jahre 1978. Die Architektur des neuen Zentrums übernimmt die Form des Daches über dem Bad. Waren es damals noch drei Betonschalen, sind es heute drei Holzkuppeln. Die Auflager für die Hauptbogen liegen 95 m auseinander.

Die Konstruktion der gesamten Dachfläche mit ca. 25000 m<sup>2</sup> stützt sich lediglich auf 9 Auflagerpunkte ab. Je zwei Kuppeln werden von einem Torus mit 20 m Spannweite und 100 m Länge verbunden. Die Vordächer, ausgebildet wie eine "Casquette", haben eine grösste Auskragung von 6 m und schützen die Glasfassaden. Auf sphärischen Dachelementen, ebenfalls in Holzbauweise, bildet eine Kupferblechhaut den Schutz gegen die Witterung. Im Gebäudeinneren sind auf einer Fläche von 20'000 m<sup>2</sup> folgende Einrichtungen untergebracht:

- Rundbahn für die Leichtathletik mit 4000 Sitzplätzen
- Auditorium mit 200 Sitzplätzen
- Sporthalle mit 1000 Sitzplätzen
- Trainings-Schwimmbecken
- Tennisfelder
- Anlagen für Basketball, Volleyball und andere Hallensportarten
- Unterkünfte für Athleten
- Einrichtungen und Ausrüstungen für Konzertveranstaltungen



## Statische Bemessung und Konzept Die Lastannahmen

Die statischen Bemessungen wurden aufgrund folgender Lastannahmen geführt:

Eigengewicht der Dachelemente mit Dachhaut in Blech	0.61 kN/m <sup>2</sup>
Eigengewicht der Tragkonstruktion	0.40 kN/m <sup>2</sup>
Schnee verteilt	0.61 kN/m <sup>2</sup>
Schneeanhäufungen bis	2.00 kN/m <sup>2</sup>
Technische Einrichtungen	0.15 kN/m <sup>2</sup>
Windlasten nach Vorgaben des Eurocodes	Spitzenwerte 1.8 kN/m <sup>2</sup>

## Geometrie

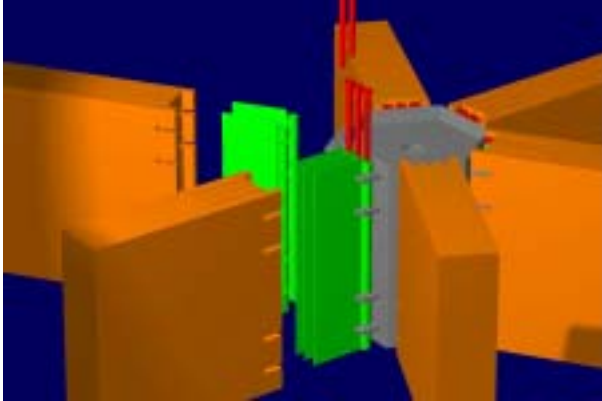
Die Kuppeln wurden als Netzwerk mit Maschen aus gleichseitigen Dreiecken geplant. In der Grundrissprojektion haben die Dreiecke gleiche Seitenlängen, in der Projektion auf die Dachfläche sind sie sphärisch verzogen. Das hatte Konsequenzen auf die Herstellung. Alle Stäbe und Knoten weisen ausserhalb der Symmetrien variable Abmessungen auf.

## Zentraler Knoten

Die Verbindungstechnologie basiert mit dem Brüsseler-Montageknoten auf dem BSB-System mit einem Scharnieranschluss. Der Knoten besteht aus einem zentralen Schaft und horizontalen Kragen. Daran schliessen sich die BSB-Bleche mit den geschlitzten Rohren an. Das Material dieser Verbindungsmittel ist Stahl 520. Der Stahl wurde galvanisiert und mit einem Epoxydanstrich vor Korrosion geschützt.

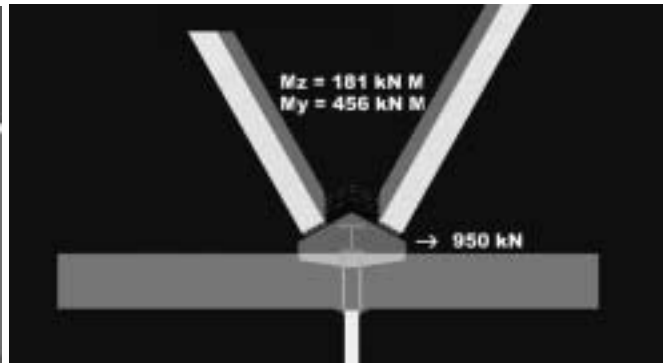
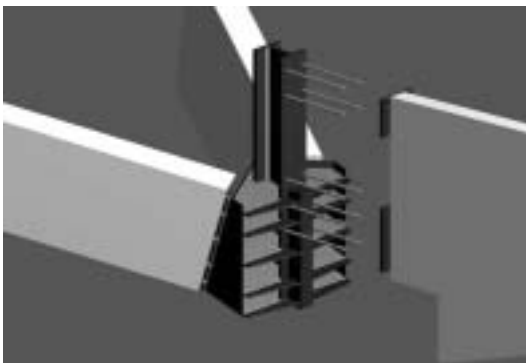
Die wichtigen Schnittkräfte in der Grössenordnung von 1000 kN werden über den Knoten in die BSB Verbindungen transformiert. Diese Ausführung hatte sich in anderen Bauwerken schon mehrfach bewährt. Die Qualität der Verbindung zeigte sich in der aussergewöhnlichen

Ausführungspräzision, dem duktilen Verhalten und in der Übernahme von Biegemomenten. Die Knoten oder die Stäbe müssen während der Montage nicht einzeln unterstützt werden, ein Freivorbau ist möglich. Die Toleranz zwischen den Kragen und den Scharnieren wurde mit 2 mm limitiert.



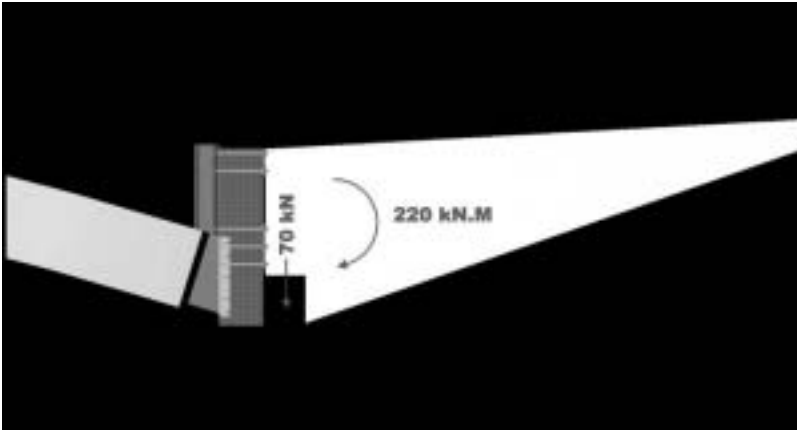
## Knoten am Randträger

Diese Knoten waren in der Planung eine Knacknuss. Sie sind geometrisch komplizierter als die Schalenknoten. Zwar basieren sie auf demselben Prinzip, sind aber asymmetrisch. Ein Knoten im Randträger muss die Differenzkräfte aus dem Stabwerk in den Randträger überleiten können. Die zu übertragenden Kräfte sind mit maximal 950 kN pro Anschluss respektabel. Nach aussen mussten durch den Randträger die "Casquette" oder das Vordach biegesteif befestigt werden können. In den Randträger durften keine Torsionsbeanspruchungen eingeleitet werden. Diese Randknoten wurden in der Fabrik eingebaut. Die Ausführungstoleranzen mit Epoxyd kraftschlüssig ausgegossen.



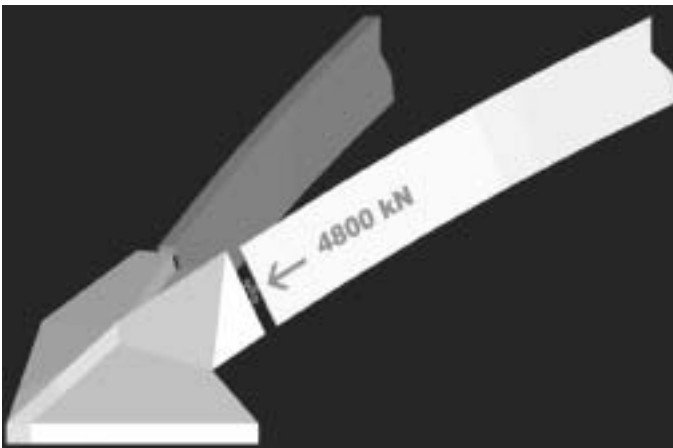
## Das Vordach

Am Randträger musste die sogenannte "Casquette" befestigt werden. Die maximale Auskragung mit 6m ergibt grosse Momente und Querkräfte welche durch den Randträger direkt in die innere Schalenkonstruktion abgeleitet werden mussten. Querkzugspannungen im BSH-Randträger durfte man nicht entstehen lassen. An bestimmten Stellen ist eine innere Querkzugarmierung mit eingeleimten Gewindestangen als Sicherung eingebaut.



## Auflager

Die Auflager erhalten bei Vollast Normalkräfte bis  $4800 \text{ kN}$ . Sie werden zentrisch über ein Rollenlager auf eine  $120 \text{ mm}$  starke Stahlplatte in den Beton übertragen. Verstelleinrichtungen ermöglichten ein exaktes Ausrichten in drei Richtungen. Bevor man mit der Montage der Hauptträger begann, wurden vom Geometer die exakten Positionen eingemessen. Die Vorgabe für die Toleranz wurde vom Tragwerksbauer mit  $10 \text{ mm}$  festgelegt. Während der ganzen Montage musste nicht nachgerichtet werden.





## Montage

### Montagehilfen

Für die Montage der dreiteiligen Randträger mit je 35 m Länge und einem Querschnitt von 50/200cm wurden zwei Hilfsunterstützungen aufgestellt. Für das Stabwerk mit Querschnitten von 22/90cm nahm man einige wenige Hilfsunterstützungen in Form von Baumstämmen zu Hilfe. Mit Pneu- und Turmkranen wurden die Elemente je nach Gewicht in die richtige Position gebracht und eingehängt.

### Kein Stück wie das andere

Das Netzwerk besteht in der Projektion auf den Grundriss aus dreieckigen Maschen. Es sind in dieser Ebene gleichseitige Dreiecke. Im Dach hingegen werden diese Dreiecke sphärisch verzogen. Demzufolge haben wir Stab für Stab individuelle Längen und Knoten für Knoten unterschiedliche Formen. Während der Montage musste man deswegen besonders darauf achten, dass alle Teile an die richtige Stelle kamen.



Im Montageeinsatz war eine Equipe von 4 Monteuren. Gesamthaft benötigte man für den Einbau einer Schale nur 4 Wochen. Wichtig ist immer eine gute Vorbereitung. Bereits kleinste Massabweichungen von wenigen Millimetern bei den Stäben oder Knoten verunmöglichen den konfliktfreien Einbau. Das Vervollständigen des Netzes mit den letzten Stäben verlief perfekt und begeisterte die Monteure. Die zahlreich anwesenden Zuschauer staunten über diese Perfektion. Die montierten Teile wurden durch den Geometer permanent überprüft. Ganz am Anfang hat die Genauigkeit der Stahlteile nicht den Erwartungen entsprochen.

Mit schärferen Eingangskontrollen und Rückweisungen konnte man auch dieses Problem lösen. Die Holzteile mit dem BSB-Abbund hingegen waren perfekt.

Kuppeln in dieser Konstruktionsart sind sehr steif. Beim Ausbauen der Hilfsunterstützungen, senkten sich die Kuppeln im Zenith nur wenige Millimeter. Auch dies ist ein Zeichen der exzellenten Ausführungspräzision.

Dank dem Befolgen der von dritter Seite permanent überwachten Sicherheitsanweisungen, kam es während der ganzen Montage zu keinen Unfällen.

## Geforderte Toleranzen für den Fassadenanschluss

Von der Planungsgruppe wurde eine Toleranz von vertikal 100 mm und horizontal 50 mm an der Schnittstelle der Fassade im Übergang zur Dachgeometrie verlangt. Diese Genauigkeit konnte weit übertroffen werden. Lediglich 20 mm war am Ende die Abweichung auf der Baustelle. Dies ist angesichts der riesigen Ausmasse der drei Kuppeln und der beiden Zwischenbauten eine brillante Leistung und spricht für die Qualitätsarbeit der Herstellerfirma und für das Hightech-System von BSB.



## Dacheindeckung

### Die ökonomische Seite

Damit die Kostenvorgaben der offerierten Leistungen eingehalten werden konnten, musste nicht nur die Struktur optimiert werden, sondern auch bei den Dachelementen mussten vorteilhafte Lösungen gefunden werden. In der Tat multiplizierte sich jede Einsparung bei einem



Stab um den Faktor 3'000 und bei den Dachelementen wurde man für jede Einsparung, welche auf einen  $m^2$  erzielt wurde, mit dem Faktor 25'000 belohnt.

## Multifunktionale Dachelemente

Die Dachelemente haben mehrere Funktionen zu erfüllen. Angesichts der kurzen Montagezeit musste man eine Lösung finden, bei der die Vorfertigung in der Werkstatt möglichst umfassend war. Es war ein grosser Vorteil, dass die Unternehmung Prefalux ihre Produktionsstätte nicht allzu weit von der Baustelle entfernt hatte. So konnte "just in time" angeliefert werden.

Gefordert waren:

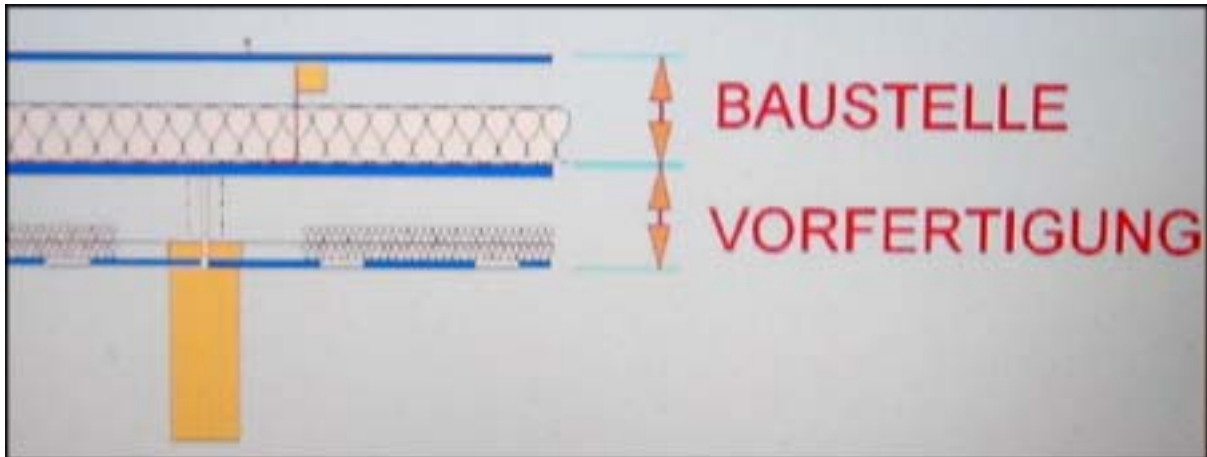
- Eine wirksame akustische Absorption
- Eine Raumakustik für Konzerte
- Eine gute Wärmeisolation
- Für alle Nutzungsarten ein garantiert richtiges bauphysikalisches Verhalten
- Schnelle Unterdachbringung um Zeit für die Technik zu gewinnen
- Eine ansprechende Oberflächengestaltung
- Verträgliche Unterkonstruktion für die Kupfereindeckung

## Herstellung

In der Werkstatt wurden mehrere Elemente zu einem trapezförmigen Gesamtelement zusammengefasst und dann in einzelne Dreiecke aufgeschnitten. Ein Dreieckselement hatte eine Fläche von etwa 15 m<sup>2</sup>. Die Abmessungen variierten auch hier von Dachelement zu Dachelement. Es wurde zuerst die Tragkonstruktion in der Werkstatt aufgelegt, eine Schallisolation eingebracht und mit dem Akustik-Vlies und der Akustikdecke mit OSB-Streifen die innere Seite fertiggestellt. Die Elemente mussten dann gewendet werden und wurden für den Transport von oben mit einer OSB-Platte geschlossen.



Auf der Baustelle wurde eine Dampfsperre, eine Wärmeisolation und auf die Lattungen für die Hinterlüftung eine weitere OSB-Platte als Unterkonstruktion für das Kupferblech montiert. Dieser zweigeteilte Aufbau wurde so vom Architekt vorgeschrieben.



Auf der Baustelle konnten täglich über 30 Dachelemente mit einer resultierenden Dachfläche von gegen 500 m<sup>2</sup> montiert werden.

## Materialeinsatz

BSH für die Tragkonstruktion	2800	m <sup>3</sup>
Fläche der Dachelemente		25000 m <sup>2</sup>
Kupfereindeckung		200 Tonnen
Stahlteile		150 Tonnen
Preis der Netzwerkkonstruktion		+/- 160 Euros/m <sup>2</sup>
Preis Dachelemente und Kupferblech		+/- 140 Euros/m <sup>2</sup>

## Beteiligte

Bauherr	Saat Luxemburg
Architekt	Roger Taillibert - Paris, Frankreich
Beratung	SJB - Herisau, Schweiz
Kontrollbüro	Secolux - Luxemburg
Planungsbüro	Etre - Luxemburg, Prefalux - Luxemburg
Generalunternehmer	Hochtief Lux - Luxemburg
Unternehmer Holzbau	Prefalux S.A. - Luxemburg

