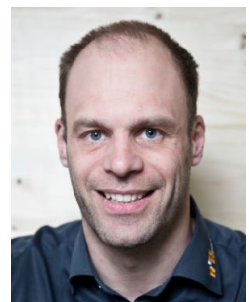


Eis- und Trainingshalle HC Davos

Thomas Strahm
neue Holzbau AG
Lungern, Schweiz



Eis- und Trainingshalle HC Davos

1. Am Bau beteiligte

Für die Realisierung anspruchsvoller Tragwerke braucht es ein Team:

Die Bauherrschaft: Der HC Davos ist ein legendärer Eishockeyclub und mit 31 Meistertiteln der Rekordmeister in der Schweiz. Bereits 1979 entstand ein sehr imposantes Holz-Hallendach. Das Eisstadion Davos gilt auch heute noch als die schönste Eishalle der Welt. Schön, dass der Club dem Holz treu blieb und die Trainingshalle von Anfang an in Holz plante.

Architektur: Die Fanzun Architekten AG ist in Graubünden zu Hause. Sie arbeitet als Generalplaner an den verschiedensten Standorten in der Schweiz und hat über 50 Jahre Erfahrung im Bauwesen.

Holzbau: Künzli Holz AG, Davos. Ein Traditionsunternehmen mit 140 Jahren Erfahrung und 180 Mitarbeitenden an 8 Standorten. Der Hauptsitz ist in Davos. Die Künzli Holz AG hat bereits das Eisstadion erstellt und umgebaut. Deshalb ist es fast logisch, dass sie nun auch die Trainingshalle erstellen durften. Sie waren die Projektleiter und haben die anspruchsvolle Konstruktion gebaut, das Team geführt und koordiniert.

Holzbauingenieur: WaltGalmarini AG, Zürich. Ein innovatives Ingenieurbüro, welches in der Lage ist, auch höchst komplexe Bauwerke zu rechnen und umzusetzen. Durch die enge Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen, wie der ETH Zürich oder der Empa Dübendorf, wurden in der Vergangenheit und werden auch aktuell neue Möglichkeiten im Holzbau erarbeitet. Die neusten Erkenntnisse werden sowohl im Hallen- wie im Brückenbau bis hin zu Holzhochhausbauten umgesetzt.

Tragwerkslieferant: Die neue Holzbau AG, Lungern (n'H) ist spezialisiert in der Herstellung von Holztragwerken im Ingenieurholzbau. Neben einem Holzleimbau, welcher Brett-schichtholz aus Nadelholz und Laubholz produziert, bietet die GSA-Technologie (eingeklebte Anker) ein leistungsfähiges Verbindungsmittel. Bei der Trainingshalle Davos beschäftigten wir uns insbesondere in der Detailstatik (Anschlüsse) sowie mit der finalen Dimensionierung der Primärbauteile.



Abbildung 1: Trainingshalle HCD Foto: Fazun AG Architekten Ingenieure Berater

2. Konstruktion

Die Halle hat eine Grundfläche von 65 m x 45 m und wurde über dem bestehenden Ausseneisfeld direkt neben dem berühmten Eisstadion Davos errichtet. Das Gebäude wurde als geschlossene Halle ohne zusätzliche Infrastruktur realisiert. Sowohl Toiletten, Garderobe als auch die Eisaufbereitung werden vom Eisstadion benutzt.

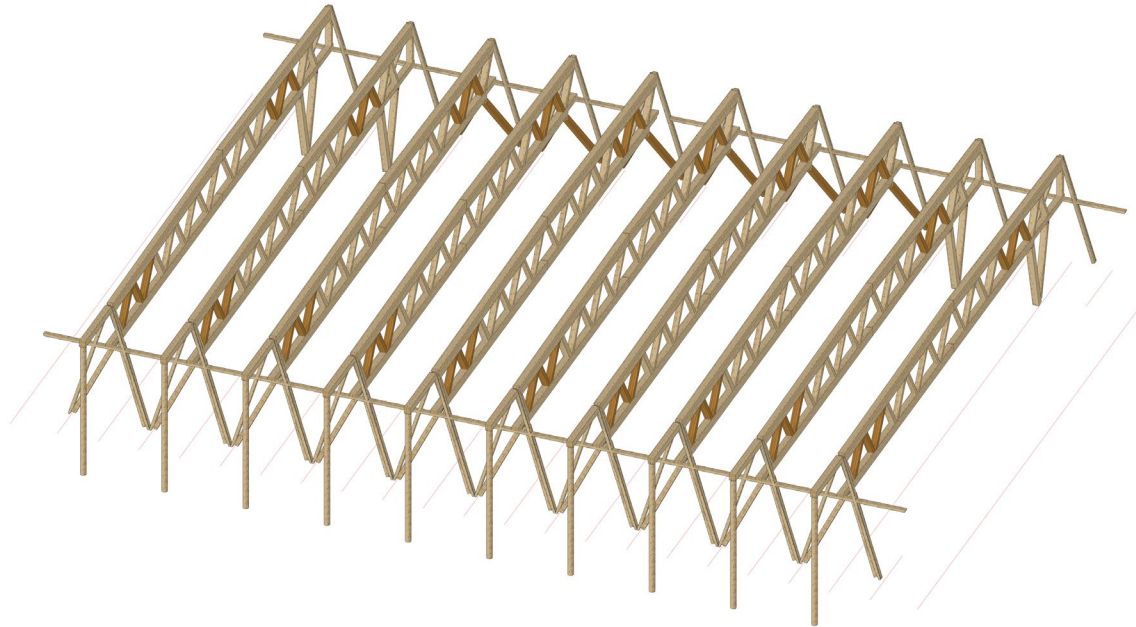


Abbildung 2: Traggerippe

Die Trainingshalle ermöglicht ein ganzjähriges Eistraining und dient auch für Spiele des Nachwuchses. Die Fassade besteht aus beplankten Polykarbonat-Elementen. Dies ermöglicht tagsüber eine Tageslichtbeleuchtung, in der Nacht leuchtet die kubische Konstruktion. Das Primärtragwerk besteht aus 10 Holz-Fachwerken, welche beidseitig auf je zwei Strebenböcken aufliegen und das Eisfeld wie auch die Tribüne über 41 m stützenfrei überspannen. Die 4.2 m hohen Fachwerke bilden gemeinsam mit den Strebenböcken ein Rahmentragwerk. Die Rahmenwirkung in die eine, die Strebenanordnung in die andere Richtung ermöglichen eine Aussteifung der Halle in Quer- und Längsrichtung. Die Rahmentragwirkung führt zudem zu einer Reduktion des Moments in Feldmitte und ist als statisch unbestimmtes System robuster als ein einfacher Balken. Jeweils zwischen den letzten zwei Fachwerkträgern sind (beheizte) Galerien eingehängt. Die eine wird fürs Off-Ice Training, die andere fürs Goalie-Training genutzt.

3. Herausforderungen

3.1. Geometrie und Einwirkungen

Für den Neubau der Trainingshalle sollten möglich viele Strukturen des bestehenden Ausseneisfeldes wiederverwendet werden. Das waren zum Beispiel die Eisplatte, die Unterkonstruktion der Tribüne, sowie die Foundationen des bestehenden Sonnenschutzsystems und damit auch dessen Achssystem. Wesentliche Abmessungen wie Gebäudehöhe und lichte Innenhöhen waren in der funktionalen Ausschreibung strikt vorgegeben. Zudem wurde viel Wert auf den architektonischen Gesamtausdruck gelegt. Gewünscht waren zudem nicht zu grosse Querschnitte.

Davos liegt auf 1540 m.ü.M. Neben der beträchtlichen Schneelast von 6.30 kN/m^2 (charakteristisches Niveau) hat die Trainingshalle einen Flachdachaufbau und eine PV-Anlage, demnach mit 2.80 kN/m^2 auch relativ grosse Auflasten. Schliesslich hat das Tragwerk im Bereich der Galerien 30 Minuten Feuerwiderstand zu gewährleisten. Diese Vorgaben machten das Bauvorhaben zu einer spannenden Herausforderung für die Ingenieure.

3.2. Eishallenklima

Das Reglement gibt die folgenden geometrischen Abmessungen vor, welche eingehalten werden müssen: Bis zur Unterkante des Dachs braucht es mindestens 7.0 m, die direkte Distanz bis zur Unterkante der Tragkonstruktion (Träger) muss mindestens 6.0 m betragen. Ein Hockeyfeld ist von den Abmessungen reglementiert und hat in Europa eine Länge von 60 m und eine Breite von 30 m, was eine Eisfläche von 1800 m² ergibt. Pro Eisreinigung werden ca. 800 l Wasser verwendet, ca. 80 l davon verdunsten. Pro Spiel gibt es 4 bis 5 Eisreinigungen. Die Sportler schwitzen in zwei Stunden Spielzeit ca. 2 l je Spieler. Bei 45 Spielern ergibt dies weitere 90 Liter. Ohne Zuschauer muss davon ausgegangen werden, dass pro Spiel ca. 410 l Wasser verdunstet und von der Raumluft aufgenommen wird. Zusätzlich zum Feuchteintrag werden die dem Eis zugewandten Oberflächen aufgrund des Strahlungsaustausches einige Grad kälter als die Raumtemperatur, was die Gefahr von Kondensatbildung zusätzlich erhöht. Die Feuchteschwankungen sowie die Möglichkeit von Tauwasserbildung, sind für Holzbauten nicht ideal und müssen in der Planung berücksichtigt werden. Je kleiner das Hallenvolumen, desto weniger Luft steht für die kurzzeitige Feuchteaufnahme bereit. Dieser Umstand führte beim vorliegenden Projekt zum Einbau einer Entfeuchtungsanlage, damit es sowohl für die Sportler wie auch für das Holz nicht zu feucht ist.

Die Konstruktion wurde mit einer digitalen Bauwerksüberwachung ausgestattet. Die Resultate der Holzfeuchtemessungen zeigen, dass die künstliche Entfeuchtung in dieser Hallengrösse zwingend erforderlich ist. Bei einem Ausfall der Anlage gingen die Holzfeuchten (zumindest oberflächlich) innert kürzester Zeit in die Höhe. Die Einteilung in die Feuchtekategorie 2 nach Norm SIA 265 (Holzfeuchte 12-20%) ist gerechtfertigt. Dabei werden die Tragwiderstände mit 0.8, die Steifigkeitswerte mit 0.9 abgemindert.



Abbildung 3: Innenansicht Foto: Fazun AG Architekten Ingenieure Berater

3.3. Schwingungen

Jeweils zwischen den ersten zwei Fachwerken sind zwei Galerien eingehängt. Die Decke der Galerien liegt auf Höhe Untergurt. Die Trainingshalle wird so am Anfang und am Ende zum Zweigeschoss. Demnach ist das Fachwerk nicht mehr nur ein «Dachträger», sondern dient auch als «Deckenunterzug». Neben der brandschutztechnischen Einstufung werden daraus auch Anforderungen an die Eigenfrequenzen der Fachwerke gestellt. Bei der zur Verfügung stehenden Höhe (Fachwerkhöhe 4.2 m) und einer Spannweite von 37.8 m war der nach Norm SIA 260 geforderte Richtwert (Turn- und Sporthallen) von $f > 8$ Hz nicht möglich. Die FE-Modellierung errechnete eine Eigenfrequenz von $f = 5.5$ Hz. Dies wurde in der Nutzungsvereinbarung als akzeptabel festgehalten. Das dynamische Verhalten wurde im Nachgang durch ein Spezialbüro untersucht, um Erfahrungen zum Schwingungsverhalten von solchen Strukturen zu gewinnen. An je drei Punkten in der Galerie sowie an einem «reinen Dachträger» wurden Schwingungsmessungen durchgeführt. Die Genauigkeit der Berechnungen war sehr gut. So haben die Messungen in der

Galerie eine Eigenfrequenz von 5.47 Hz und eine Dämpfung von 1.6% ergeben. In der Praxis sind die Schwingungen für eine Person sicher spürbar, allerdings reichen die Anforderungen für die definierte Nutzung aus.

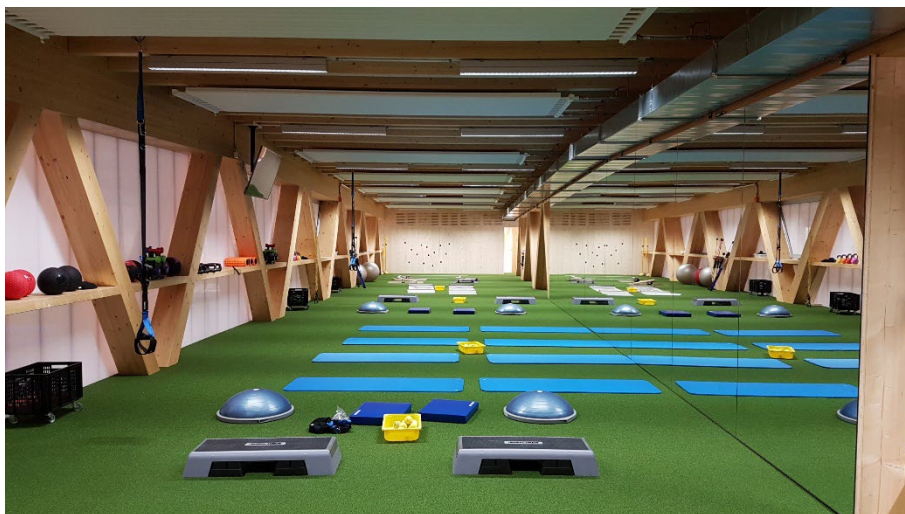


Abbildung 4: Innenansicht Galerie: Foto Künzli Holz AG

4. Fachwerke

Aus ingenieurtechnischer Sicht wohl die interessantesten Bauteile sind die 10 Holz-Fachwerke mit einer Länge von 41 m und einer mittleren Höhe von 4.2 m. In einem Stück waren diese von Lungern OW nach Davos GR (durch die halbe Schweiz) nicht zu transportieren. Die Ausbildung als Rahmen mit der Auflagerung auf den A-förmigen Innenstreben führte dazu, dass aussen in der Fassade die Zugkräfte über ein Zugband verankert werden mussten.



Abbildung 5: Fachwerktransport Foto Künzli Holz AG

4.1. Fachwerke System GSA

Die Aufgliederung des Querschnitts zu einem Fachwerk bietet sich in einer Eishalle besonders an. Da das Holz so vorwiegend auf Zug und Druck parallel zur Faser beansprucht wird, kann sowohl die Festigkeit wie auch die Steifigkeit des Materials voll ausgenutzt werden. Die Querschnitte bleiben klein, die im Bauteil benötigten m^3 können reduziert werden. Auch lassen sich die Streben den jeweiligen Beanspruchungen anpassen. Mittels gezielten Einsatzes von Laubholz können Fachwerke bis zum höchsten Lastniveau optimiert werden. Hierfür wird allerdings ein leistungsfähiges Verbindungsmittel wie die GSA-Technologie (Verbindung mit eingeklebten Gewindestangen) benötigt. Um die Problematik in den Fachwerkknoten besser zu verstehen wurden im n'H-Labor fast 100 Fachwerkknoten geprüft und ausgewertet. Die Ergebnisse aus den Versuchen halfen uns, eine Bemessungssoftware für Fachwerke zu erstellen. Neben der Dimensionierung der Querschnitte

(Gurten/Steben) lassen sich automatisch die passenden Ankerbilder generieren. Als Herzstück ist das Tragmodell enthalten, welches im Fachwerkknoten den Ausgleich der Anschlusskräfte zwischen den Ankerreihen nachweist. Ausgehend von der Darstellung nach Gehri (SAH-Tagung 1996) wird die auftretende Rollschub-Beanspruchung der Tragfähigkeit des Gurtmaterials gegenübergestellt. Dabei wird der Grösseneinfluss auf die Festigkeit berücksichtigt und die wirksame Fläche anhand der tatsächlichen Geometrie ermittelt. Dieses Tragmodell lässt sich auch allgemein zur Abschätzung des Gruppeneinflusses bei Anschlüssen quer zur Faserrichtung mit mehreren eingeklebten Stangen verwenden (Blockausziehen). Der Nachweis im Fachwerkknoten wird besonders beim Zusammenspiel von verschiedenen Materialien (Gurt in BSH Fichte/Strebe in BSH Esche) massgebend. Die GSA-Software ist mit Dlubal RSTAB gekoppelt und gibt nach finaler Bemessung die Daten direkt in ein Cadwork 3D-Modell weiter. Wir können so alle Informationen der Statik ohne Verlust in die Arbeitsvorbereitung weitergeben und erheblich Zeit einsparen. Denn das generierte Modell enthält neben den Querschnitten und Ankern auch allen Bearbeitungen (Bohrungen für die GSA sowie Entlüftungslöcher).

4.2. Fachwerkstoss

Die Fachwerke sind in Feldmitte komplett gestossen. Die Stoss-Druckkräfte im Obergurt konnten relativ einfach über einen GSA-Vergussstoss gelöst werden. Dieser Montagestoss mit eingeklebten GSA-Bügeln, die auf der Baustelle durch einen Querstab mit Mörtel verbunden werden, ermöglicht auch die Aufnahme von gewissen Bautoleranzen.

Etwas schwieriger wurde es, die grossen Zugkräfte im Untergurt zu verbinden. Die Zugkräfte auf Bemessungsniveau liegen bei 3300 kN. Mit den gewünschten Holzquerschnitten reichte die Leistungsfähigkeit des GSA-Vergussstosses an diesem Punkt nicht aus. Die Verbreiterung der Träger war nicht erwünscht. Eine Erhöhung des Untergurts geht bei fixierter Gesamthöhe immer zu Lasten der statisch wirksamen Höhe. Aufgrund der dadurch wachsenden Normalkräfte erwies sich auch diese Option als Sackgasse. Gelöst wurde das Problem mit einem Vorspannkabel. Dabei werden Stahl-Litzen durch das zugbeanspruchte Teil des Tragwerks geführt (Untergurt) und gespannt. Die entstehenden Druckspannungen erhöhen dabei die Zugtragfähigkeit des Gurtes. Der Holzquerschnitt wird dadurch deutlich entlastet und kann «filigraner» ausgeführt werden. Auch muss im Stoss nicht die gesamte Kraft mit Verbindungsmitteln angeschlossen werden. (ca. $\frac{1}{4}$ der Zugkraft wird über die Vorspannung überdrückt). Zu beachten und sorgfältig zu planen ist allerdings die Vorspanneinrichtung. Die Zugänglichkeit der Vorspannpresen wie auch der zeitliche Ablauf müssen bei der Planung berücksichtigt werden. Zudem muss das Auflagerstahlteil eine Druckplatte für die Endverankerung der Stahl-Litzen haben.



Abbildung 6: Verankerung Stahl-Litzen Foto Künzli Holz AG

5. Schlussbemerkung

Obwohl schlicht und auf das Wesentliche reduziert, erfüllt die HCD Trainingshalle die definierten Anforderungen. Die hohen Lasten kombiniert mit der grossen Spannweite und den zur Verfügung stehenden Abmessungen machen diesen Bau auch aus ingenieurholzbautechnischer Sicht interessant. Obschon komplett anders, ergänzt die Trainingshalle optisch das Eisstadion Davos optimal.

Der HCD beendet seine 100. Saison (2021/22) auf dem Platz 5, qualifiziert sich für die Champions Hockey League und den Playoff Halbfinal. Gegenüber der Saison 2020/21 ist dies sportlich eine grosse Steigerung und wir denken, dass der Erfolg auch ein wenig an der neuen Trainingshalle liegt.



Abbildung 7: Fachwerkmontage Foto Künzli Holz AG

Künzli Holz AG: www.kuenzli-davos.ch

WaltGalmarini AG: www.waltgalmarini.ch

neue Holzbau AG: www.neueholzbau.ch

GSA Technologie: www.gsa-technologie.ch