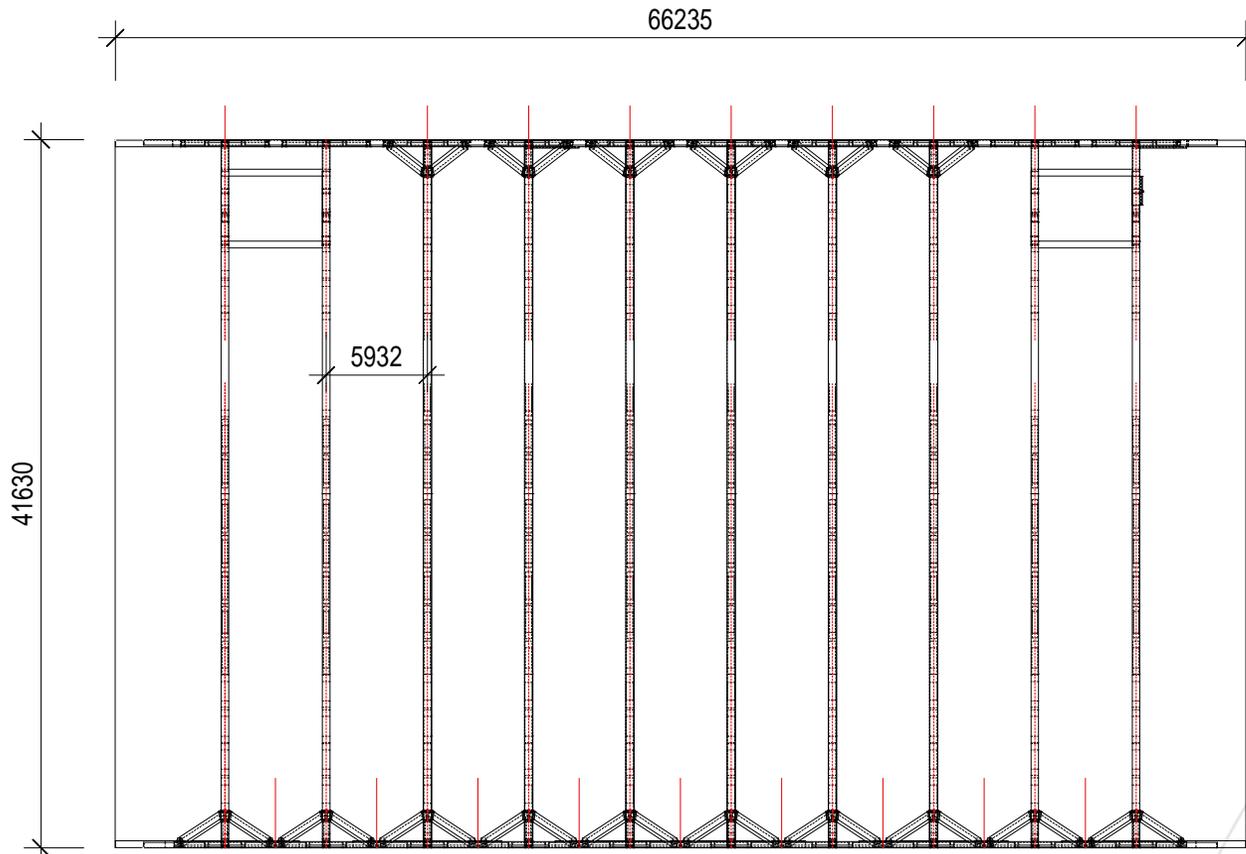


Eis- und Trainingshalle HC Davos

26. Internationales Holzbau Forum IHF 2022

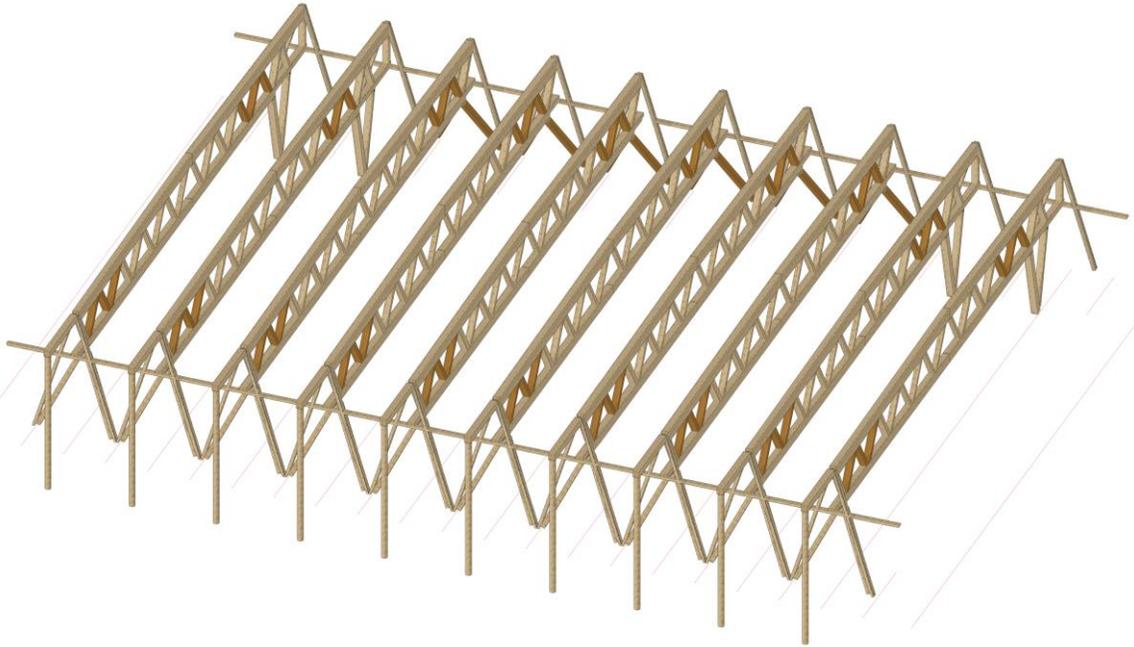
Konstruktion



- Geschlossene Eishalle ohne zusätzliche Infrastruktur genutzt als Trainingshalle; ganzjähriges Eistraining
- Grundfläche ca. 65 x 42 m
- Jeweils zwischen den letzten zwei Fachwerkträgern sind Galerien eingehängt.
- Fassaden aus beplankten Polycarbonat-Elementen



Konstruktion



- 10 Holz-Fachwerke Spannweite 41 m Achsabstand ca. 6.0 m.
- Die 4.2 m hohen Fachwerke bilden gemeinsam mit den Strebenböcken ein Rahmentragwerk.
- Rahmenwirkung führt zu einer Reduktion des Moments in Feldmitte.
- Die Strebenanordnung ermöglicht eine Aussteifung quer.

Bauherr: HC Davos



Holzbau-Team

- Holzbauingenieur:



- Holzbau:



- Tragwerkslieferant:



- Die Holzbauten werden grösser und komplexer.
- Fachkräfte knapp und wertvoll.
- Vieles wird in der Planung und im Engineering vorgängig konstruiert, nach der Vergabe durch den Holzbauer und Tragwerksplaner umkonstruiert.
- Wir müssen den Bauherren dazu bringen Teams früher festzulegen.
- **Projekte = Teamarbeit jeder macht das was er am besten kann!**

Herausforderungen

- Eishallenklima
- Eishallen bedeutet grosse Feuchteschwankungen. Im Gegensatz zu grossvolumigen Eishalle ist das Luftvolumen wie bei der Trainingshalle klein → kleines Luftvolumen = grössere Feuchteschwankungen.
- Ein Eisfeld hat eine Länge von 60 m und eine Breite von 30 m. Demnach 1800 m². Bei einer Eisreinigung werden ca. 800 l Wasser verwendet, 80 l verdunsten (je Spiel 4-5 Eisreinigungen).
- Die Spieler schwitzen in zwei Stunden Spielzeit ca. 2l. 45 Spieler gibt 90 l.
- **In der Summe demnach ca. 410 l das durch die Raumluft je Spiel aufgenommen werden muss.**
- Die dem Eis zugewandten Oberflächen sind aufgrund des Strahlungsaustausch ein Grad kälter als die Raumtemperatur. Die Gefahr von Kondensatbildung ist dort gross.

Herausforderungen

- Eishallenklima
- Digitale Bauwerksüberwachung → Feuchteschwankung von 12-20% Holzfeuchte.
- Gerechnet nach SIA 265 in Feuchtekategorie 2 → Tragwiderstände mit 0.8; Steifigkeitswerte mit 0.9 abgemindert.
- Künstliche Entfeuchtung bei dieser Hallengrösse zwingend erforderlich. Wenn Anlage auch nur kurzfristig Ausfällt sind (zumindest oberflächlich) die Holzfeuchten deutlich gestiegen.
- Die Trainingsräume (Galerie) konnten so gedämmt werden, dass die Fachwerke dort kaum Feuchteschwankungen haben. Dies sind allerdings auch nicht direkt über der Eisfläche.

Herausforderungen

- Geometrie und Einwirkungen
- Die bestehende Struktur des bestehenden Ausseneisfeldes wurde übernommen. (Eisplatte/ Unterkonstruktion der Tribüne, sowie die Foundationen des bestehenden Sonnenschutzsystems)
- Wesentliche Abmessungen wie Gebäudehöhen und lichte Innenhöhe waren in der funktionalen Ausschreibung strikt vorgegeben.
- Architektur wünschte nicht zu grosse Querschnitte.
- Davos liegt auf 1540 m.ü.M. (Schneelast 6.30 kN/m²)
- Flachdachaufbau und PV Anlage (Auflast 2.8 kN/m²)
- Im Bereich der Galerie Feuerwiderstand R30

Herausforderungen

- Schwingungen

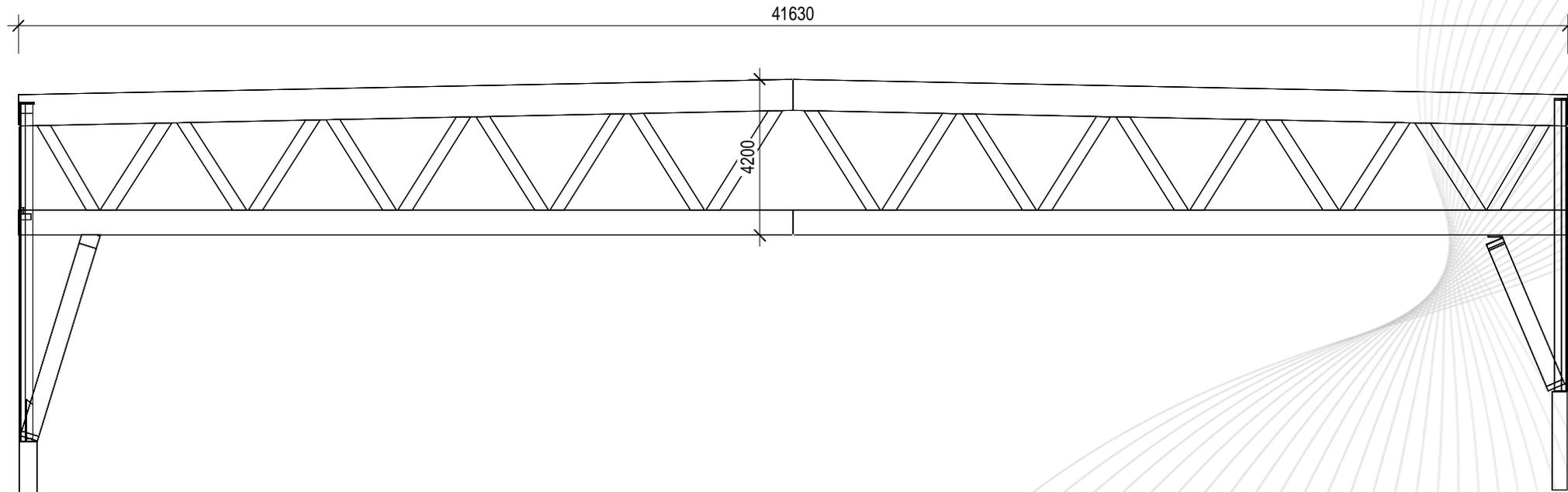


- Die Trainingshalle ist am Anfang und am Ende ein «Zweigeschoss», das Fachwerk wird durch das Dach und die Decke beansprucht.
- Die Fachwerke sind nochmals höher Beansprucht, haben zudem auch bezüglich Gebrauchstauglichkeit zusätzliche Anforderungen, denn in den Galerien wird trainiert.

Herausforderungen

- Schwingungen
- Bei der zur Verfügung stehenden Höhe (Fachwerkhöhe 4.2 m; Spannweite 37.8 m war der nach Norm geforderte Richtwert (Turn und Sporthallen) von $f > 8\text{Hz}$ nicht erreichbar.
- In der FE-Modellierung errechnete Eigenfrequenz lag bei 5.5 Hz.
- Um Erfahrungen zum Schwingungsverhalten von solchen Strukturen zu gewinnen wurde an je drei Punkten in der Galerie Schwingungsmessungen durchgeführt.
- Die Genauigkeit der Berechnung war sehr gut. Messung Galerie Eigenfrequent 5.47 Hz und eine Dämpfung von 1.6%.
- In der Praxis sind diese Schwingungen spürbar. Für die definierte Nutzung reichen diese Anforderungen aus.
- Der Bauherr wurden vorgängig Informiert, in der Nutzungsvereinbarung wurden eine Eigenfrequenz von 5.5 Hz definiert.

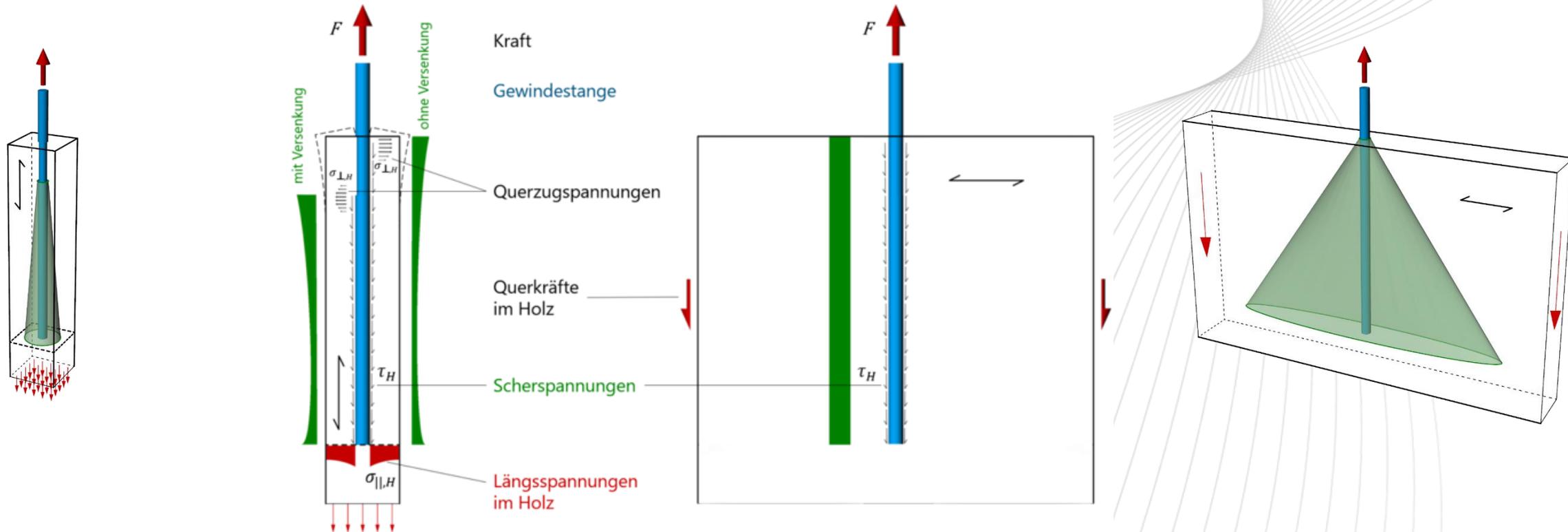
Fachwerk



- Obergurt BSH GL32c 480/840 ($N_d = -4100$ kN)
- Untergurt BSH GL28h 480/680 ($N_d = +3400$ kN)
- Max. Streben BSH ES GL 40h 360/440 ($N_d = -2100$ kN + 1650 kN)
- In der Mitte gestossen, Untergurt mit Vorspannkabel.

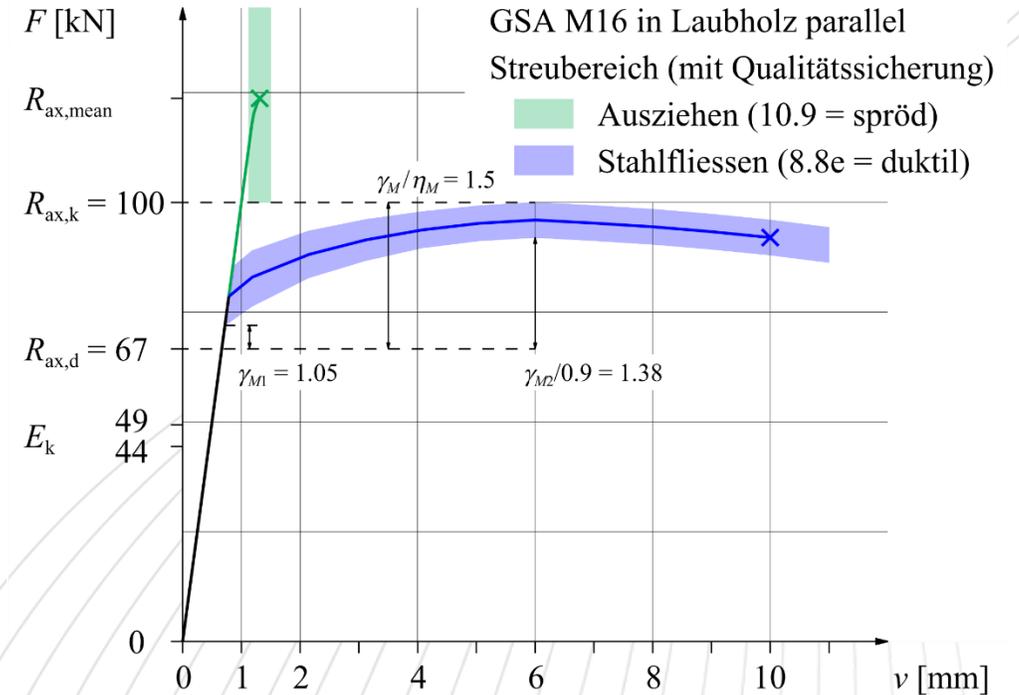
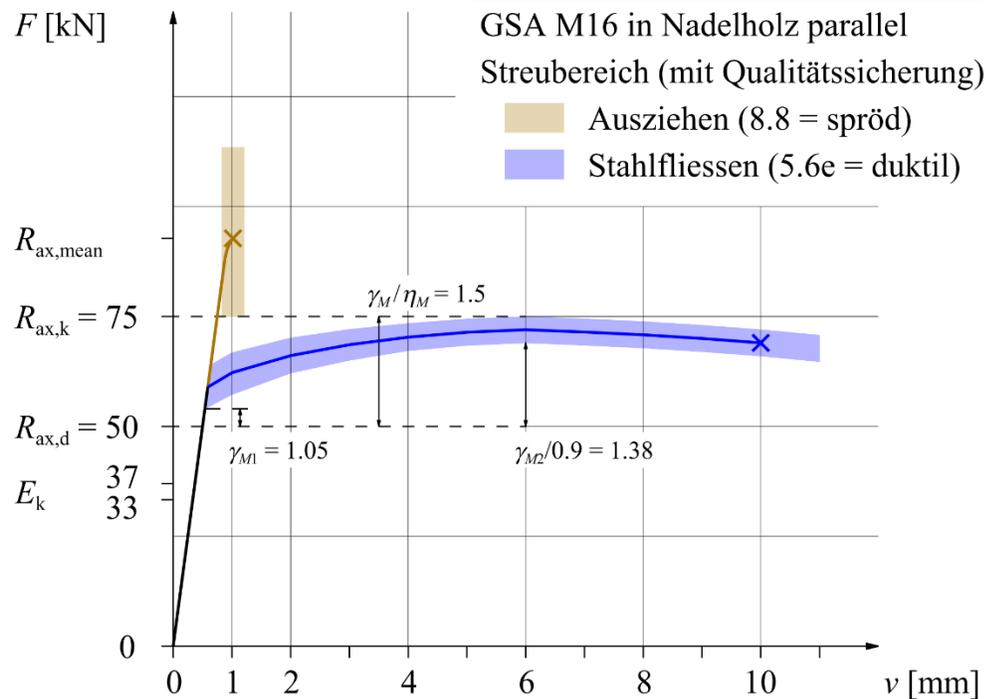
GSA Technologie

- Unterscheidung zwischen parallel und quer zur Faser (Grenzwinkel 30°)
- Versenkung vermindert das Aufspalten bei kleinen Rand- und Achsabständen



Gruppenwirkung parallel

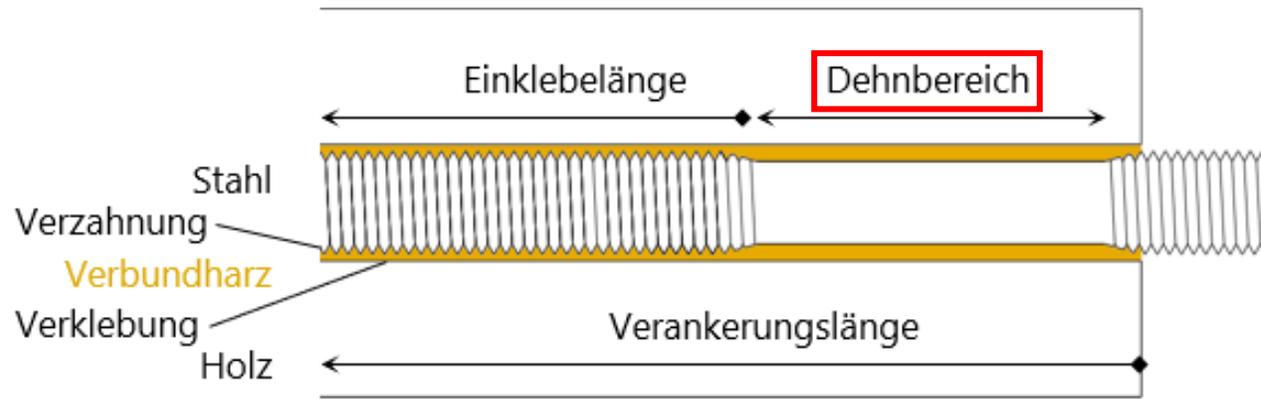
6.10.2.3 Bei Zugverbindungen mit mehreren gleichzeitig wirkenden Stäben ist eine gleichmässige Kraftverteilung nur bei ausreichender Duktilität des Einzelstabanschlusses erreichbar. Andernfalls ist von einer ungleichmässigen Kraftverteilung auszugehen.



zwingendes Kriterium: duktiles Versagen $\rightarrow R_{Anker,95\%} < R_{Holz,5\%}$

oberer Wert
unterer Wert

Stahlversagen vor Holzversagen



$$R_{d,Verb} = n_{ef} * R_d \quad n_{ef} = n^{1.0}$$

- **Einschnürung wo nötig**
Bereich ohne Klebverbund
Vergrößerung des auf Querkzug beanspruchten Holzvolumens (Versenkung)
Sicherstellen des Stahlversagens durch Bearbeitung auf passenden Durchmesser.
Stahl kann in definiertem Dehnbereich fließen, ohne die Klebefuge zu zerstören
- Obere Fließgrenze wird gemessen (Qualitätssicherung)
- Ausreichende Duktilität des Einzelstabanschlusses
- **Holz-Harz-Stahl**

Fachwerk



- Bei Fachwerken braucht es zusätzlich eine Betrachtung des Knotens.
- Neben einem Blockausziehen ist ein «Rollschub – Nachweis erforderlich, der zeigt, dass sich die Holzschichten zwischen den sich kreuzenden Ankerreihen nicht versagen.
- Das Bemessungsmodell für die beiden Nachweise wurde experimentell bestätigt.

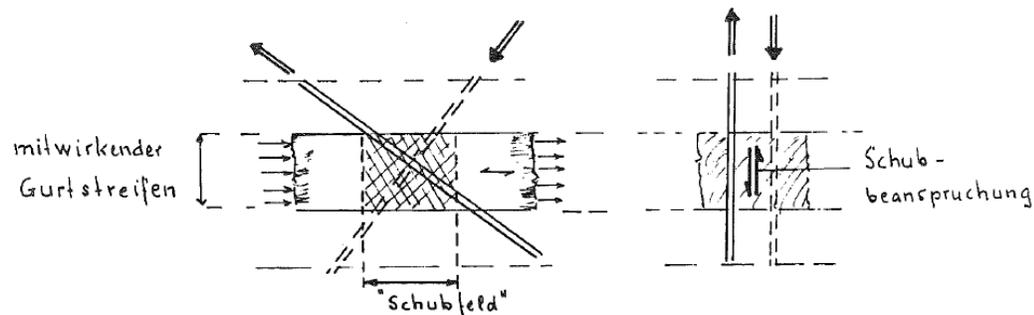


Bild 4.1: Vereinfachtes Tragmodell im Knotenbereich mit resultierender Schubbeanspruchung

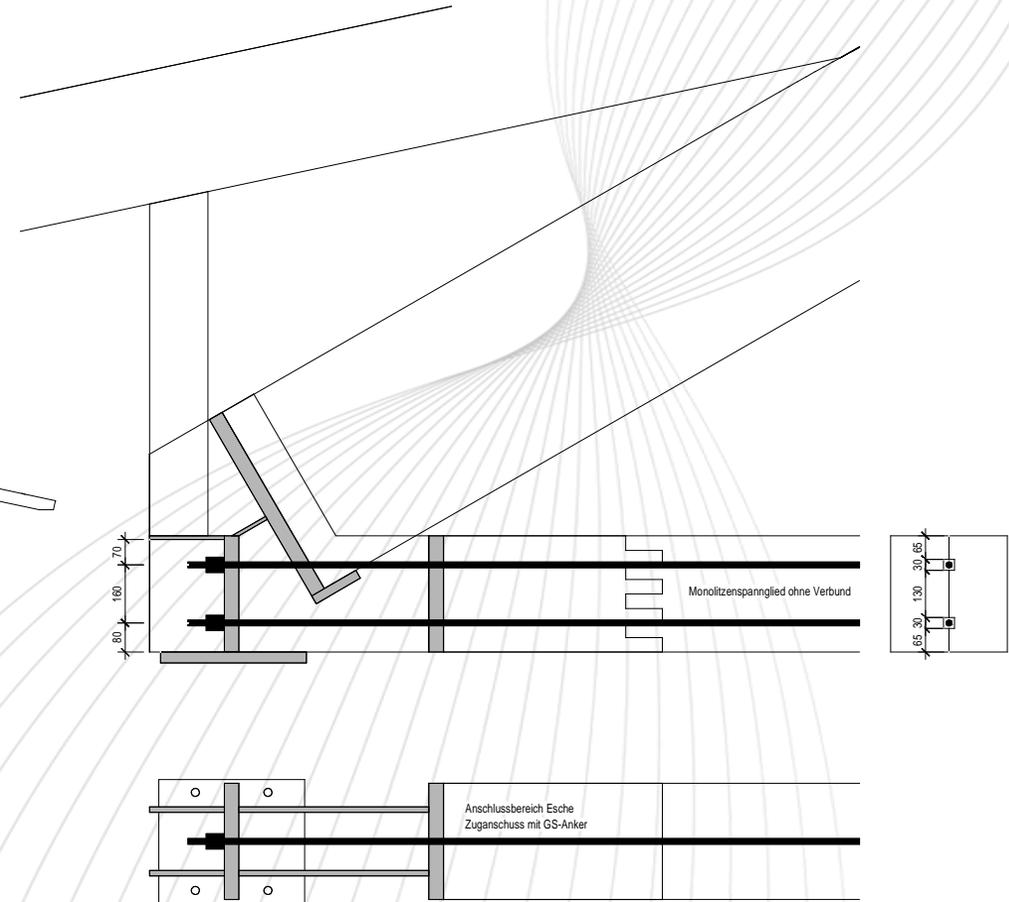
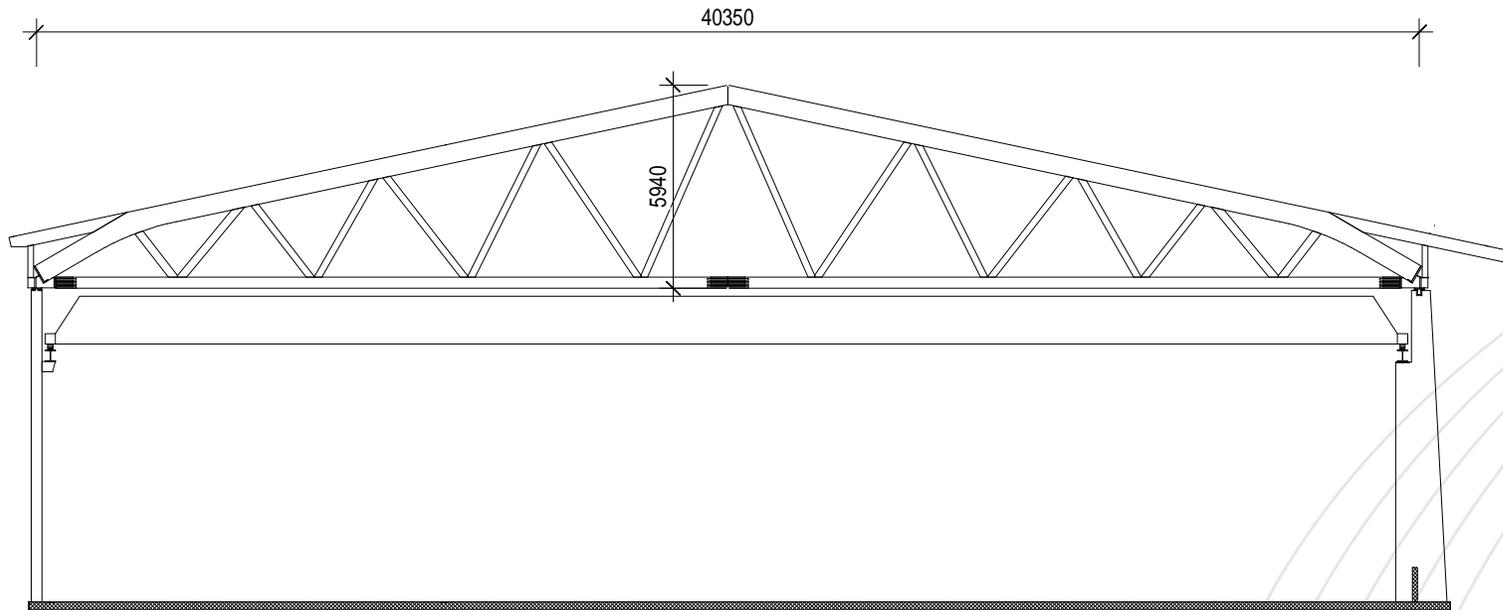
Fachwerk



- Transport war nur in zwei Hälften möglich. Fachwerke auf der Baustelle zusammenbauen.
- Untergurtstoss bei den grössten Zugkräften! Bei einem Stoss nur über die Anker ist QS zu klein.
- 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.

Vorspannung

- Abbundhalle n'H 2010



Vorspannung

- Spannlitzen werden durch das zugbeanspruchten Untergurt geführt und gespannt.
- Die entstehenden Druckspannungen entlasten den «Zuggurt»
- Im Stoss muss nicht die gesamte Kraft mit Verbindungsmitteln angeschlossen werden.
- ca. $\frac{1}{4}$ der Zugkraft wird über die Vorspannung überdrückt.

- Die Zugänglichkeit der Vorspannpresen wie auch der zeitliche Ablauf müssen bei der Planung berücksichtigt werden.
- Berechnung Aufwendig → Überlegungen zu zusätzlichen Dehnungen am Verbundquerschnitt, unterschiedliche Materialien (Stahl/Holz/Vergussmörtel) müssen getätigt werden.
- Korrosionsschutz der Litzen muss sichergestellt werden (Vergussmörtel).
- Etwas Schlupf ist durch den Keil vorhanden, bei so langen Litzen nicht relevant.
- Kontrolle über Spannprotokoll (Dehnung und Beanspruchung werden vorgängig gerechnet und kontrolliert).

Vorspannung



Vorspannung



Vergussstoss

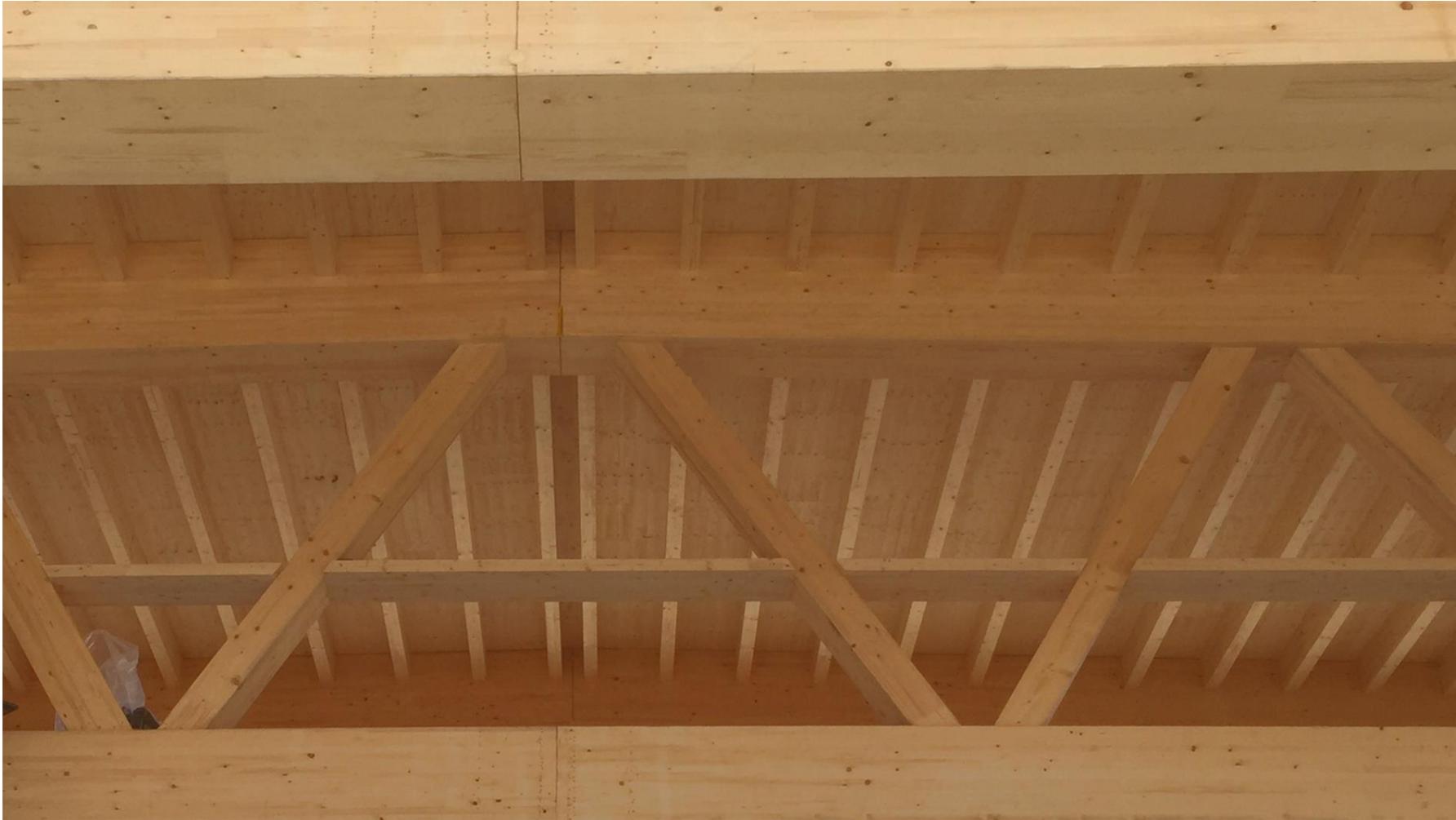
- Aquabasilea 2008



Vergussstoss

- GSA-Vergussstoss → GSA-Bügel, die auf der Baustelle durch einen Grossen Querbolzen verbunden und vergossen werden.
- Kleinere Bautoleranzen können aufgenommen werden. Trotzdem ist die Verbindung schlupfrei, da auf der Baustelle vergossen wird.
- Der Mörtel der für den Verguss verwendet wird ist einfach in der Anwendung und härtet schnell aus, ist deutlich «Baustellenfreundlicher» als eine Verklebung.
- Stoss kann so ausgebildet werden, dass «Verguss» nicht mehr sichtbar ist.

Vergussstoss



Trainingshalle HCD



Trainingshalle HCD



Trainingshalle HCD



Trainingshalle HCD



Trainingshalle HCD



Trainingshalle HCD



Trainingshalle HCD



Fazit

- Obschon es eine einfache Eishalle ist, hat sie einige technische Herausforderungen.
- Die Fachwerke ermöglichen «kleinere» Holzquerschnitte, Feuchtegefälle in Eishallen sind vorhanden.
- Ohne Luftentfeuchtung sind Eishallen mit diesen geringen Luftvolumen nicht machbar.
- Team frühzeitig zusammenstellen hilft, gute Lösungen zu finden, effizient ans Ziel zu kommen und so auch kostengünstig zu bauen.

Danke für die Aufmerksamkeit!

Künzli Holz AG: www.kuenzli-davos.ch

WaltGalmarini AG: www.waltgalmarini.ch

neue Holzbau AG: www.neueholzbau.ch

GSA Technologie: www.gsa-technologie.ch