

21. VGQ HOLZBAU FORUM 2023

HOLZBAU IN TRANSFORMATION BRINGT NEUE HERAUSFORDERUNGEN



Maison Climat | Biel-Bienne | TU: Beer Holzbau AG, Ostermundigen | Architektur: Bürgi Schärer, Bern | Fotograf: Damian Poffet

GSA Technologie – Hochleistungsverbindung von Bauteilen aus Nadel- und Laubholz

Thomas Strahm, neue Holzbau AG, Lungern

GSA Technologie – Hochleistungsverbindung von Bauteilen aus Nadel- und Laubholz

VGQ Holzbau Forum 2023

Thomas Strahm neue Holzbau AG, Lungern

14.03.2023

www.gsa-technologie.ch



**SCHWEIZER
HOLZ**

Einleitung



- Was ist GSA?
- Wirkungsweise eingeklebter Gewindestangen.
- Herausforderungen Verbindungsmittel und deren Planung.

Einleitung

- Die GSA Technologie ist ein Verbindungssystem auf Basis von in Holz eingeklebten Gewindestangen.
- Über die Jahre sind viele Standardlösungen für verschiedene Anschlussdetails entstanden. So sind sowohl gelenkige wie auch biegesteife Verbindungen im Holzbau einfach möglich.



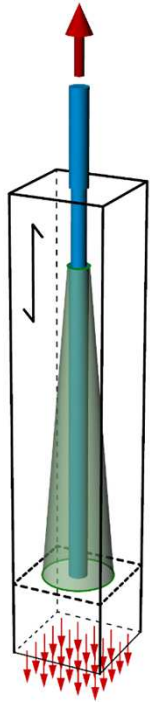
- Die GSA Technologie wird in unseren eigenen Prüflabor, aber auch mit Instituten wie die BFH, Empa und ETH, laufend weiterentwickelt.

Einleitung

- Prof. Ernst Gehri (ehem. ETH Zürich) ist der Urvater der GSA Technologie, die Zusammenarbeit begann 1999.
- Zwei Dissertationen (Bernasconi 1996 und Fabris 2001) bildeten die Grundlagen zur Weiterentwicklung.



Einsatz parallel zur Faser: $0^\circ \leq \alpha < 30^\circ$



Gleichgewichtszustand
über Scherspannungen parallel zur Faser

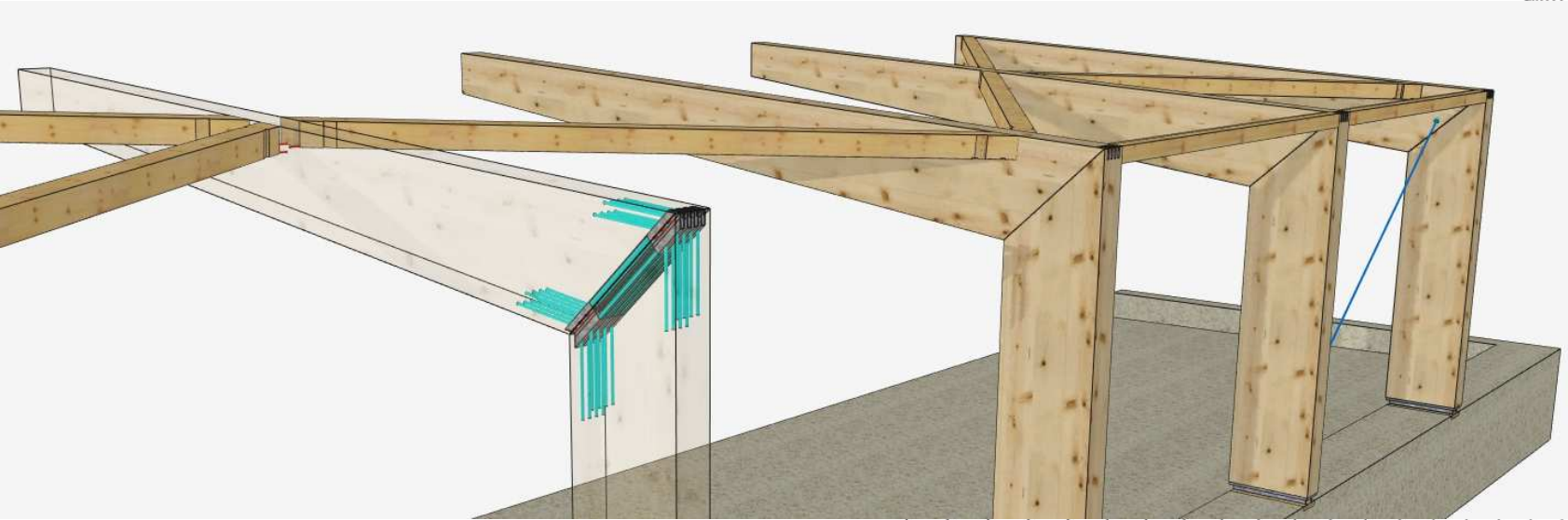
Kreiskegel mit allseits geringer Ausbreitung, weil $G \ll E_0$

- «aktivierbare Holzfläche» am Stangenende ist beschränkt.
- ein übergrosser Ankerabstand verbessert dies nicht.
- viele kleine Stangen für einen optimalen Kraftfluss
- mit wirtschaftlichen Abständen = Querzug-Problem



Gruppenwirkung längs

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: duktileres Versagen → $R_{Anker,95\%} < R_{Holz,5\%}$

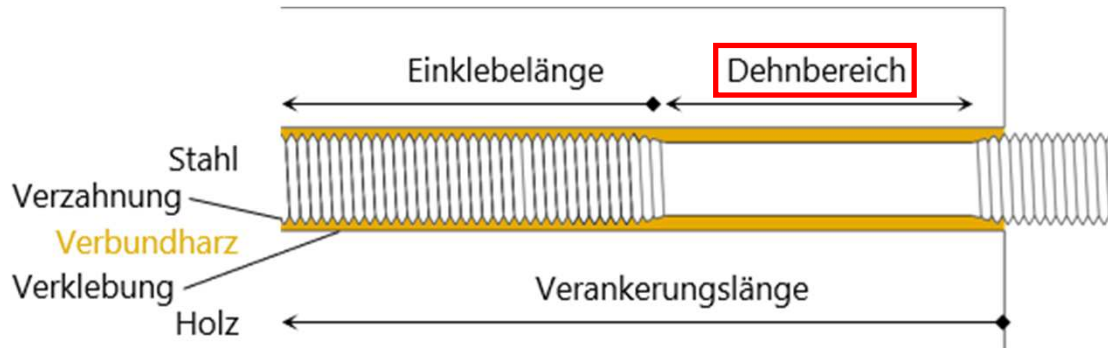
↑ ↓

oberer Wert unterer Wert





Einschnürung

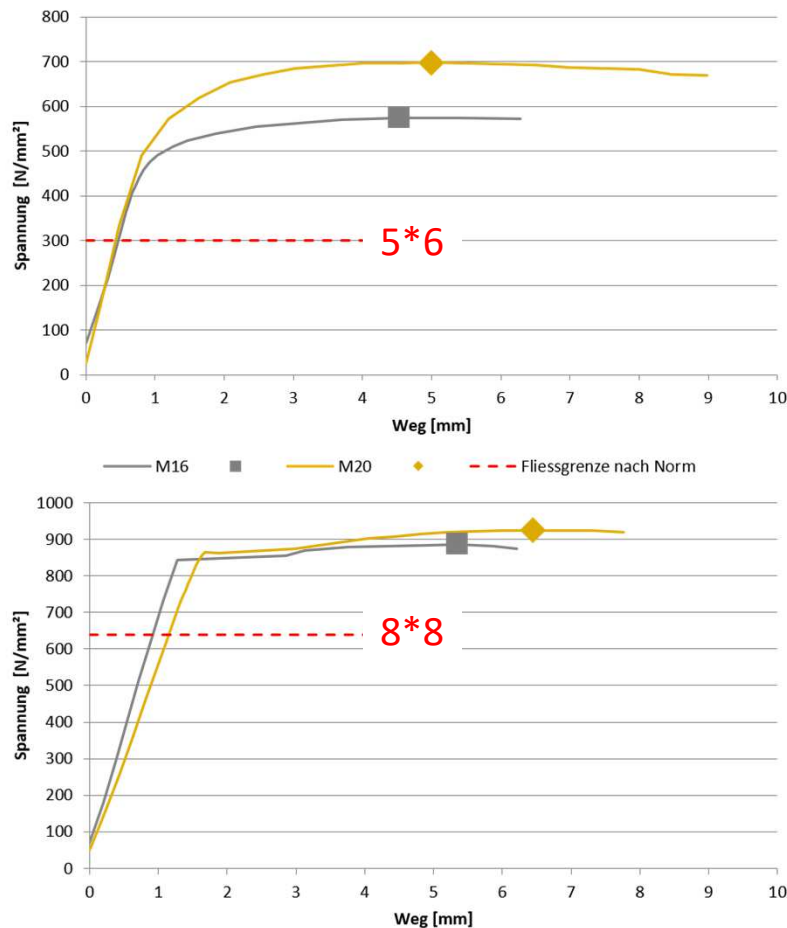


$$R_{d,Verb} = n_{ef} * R_d \quad n_{ef} = n^{1.0}$$

- Einschnürung wo nötig
Bereich ohne Klebverbund
Vergrößerung des auf Querszug 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)
- Harzfestigkeit ist nicht selbstverständlich (Temperatur-Versuche)
- Bohrloch-Qualität und Einbau durch geschultes Personal



Fließgrenze (oberer Grenzwert)



Ohne Kenntnis des Stangenmaterials ist die Bemessung auf Stahlversagen nicht zu machen.

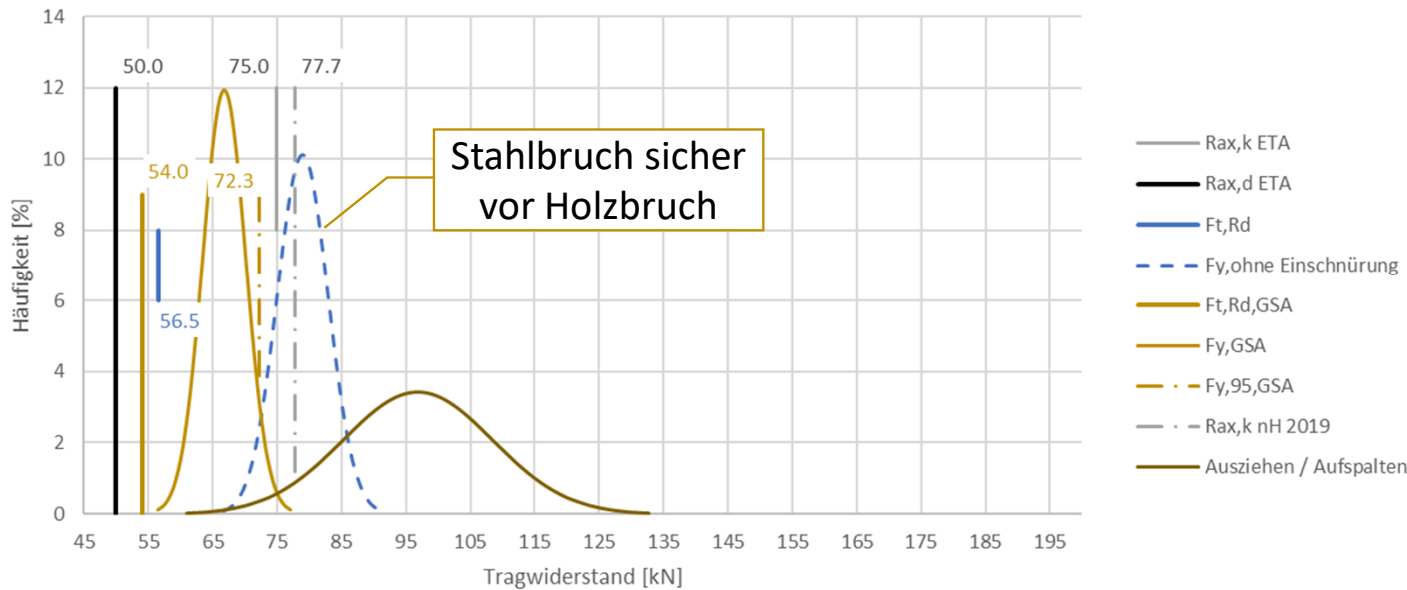
Die Werte liegen meist deutlich über der Norm und sind je nach Durchmesser verschieden.

Die Stangen müssen aus einer Charge kommen, damit die Streuung im Rahmen liegt.



Duktile Bemessung (Nadelholz)

GSA M16-5.6 in Nadelholz



Ohne Werkstoffprüfungen am Stahl lässt sich der richtige Durchmesser nicht festlegen.

Ohne Einschnürung befindet man sich auf der blauen Kurve.

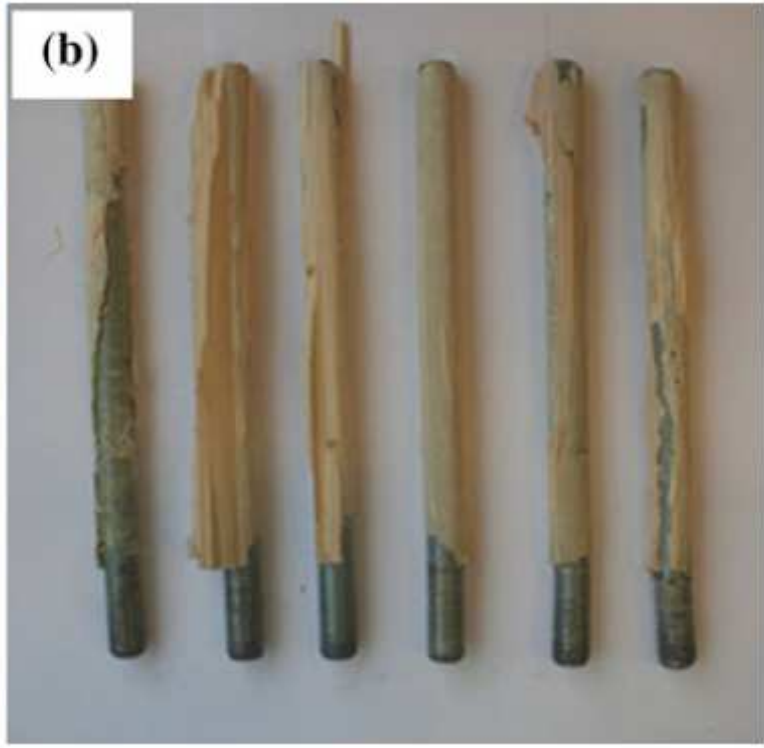
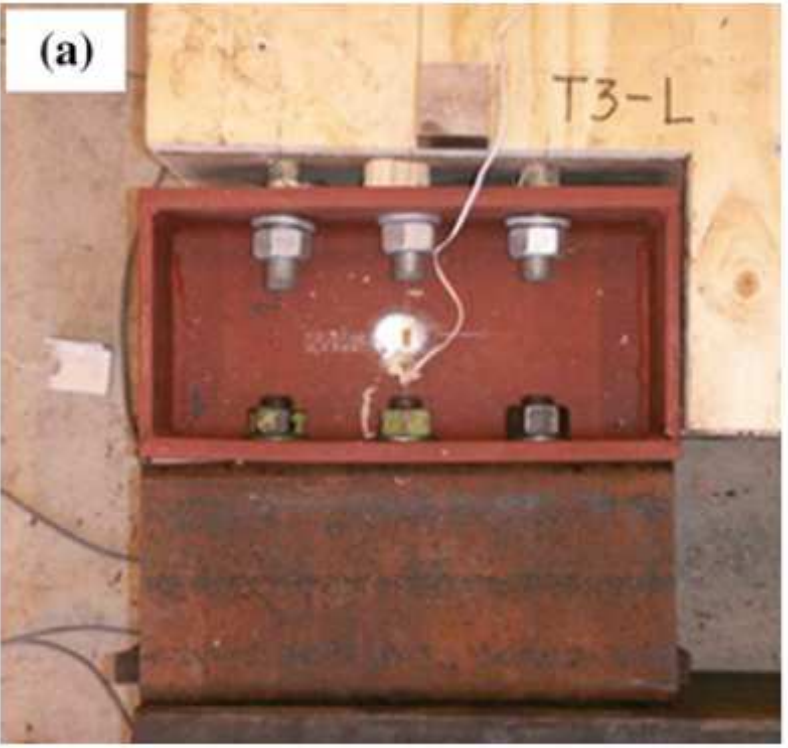
Dort ist Stahlversagen zwar wahrscheinlich, aber nicht zuverlässig gesichert.

Eine grössere Einklebelänge schiebt die braune kurve nicht nach rechts. (Aufspalten)

	Fy,GSA	Fy,ohne Einschnürung	Ausziehen / Aufspalten
mean	66.8 kN	79.0 kN	96.8 kN
COV	5 %	5 %	12 %

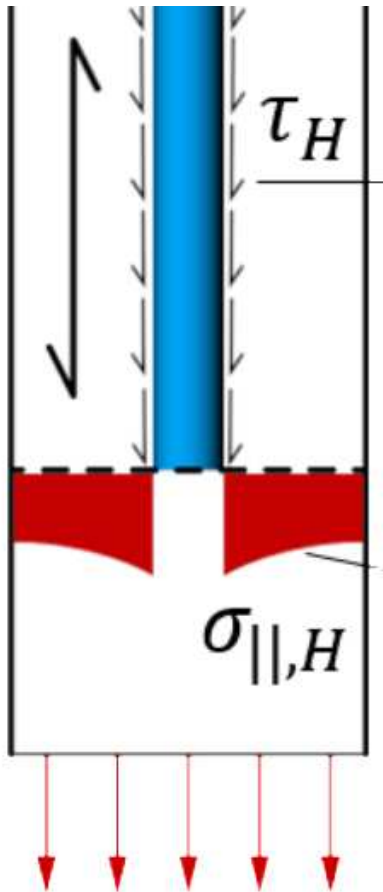


Schweden (Parida 2013)





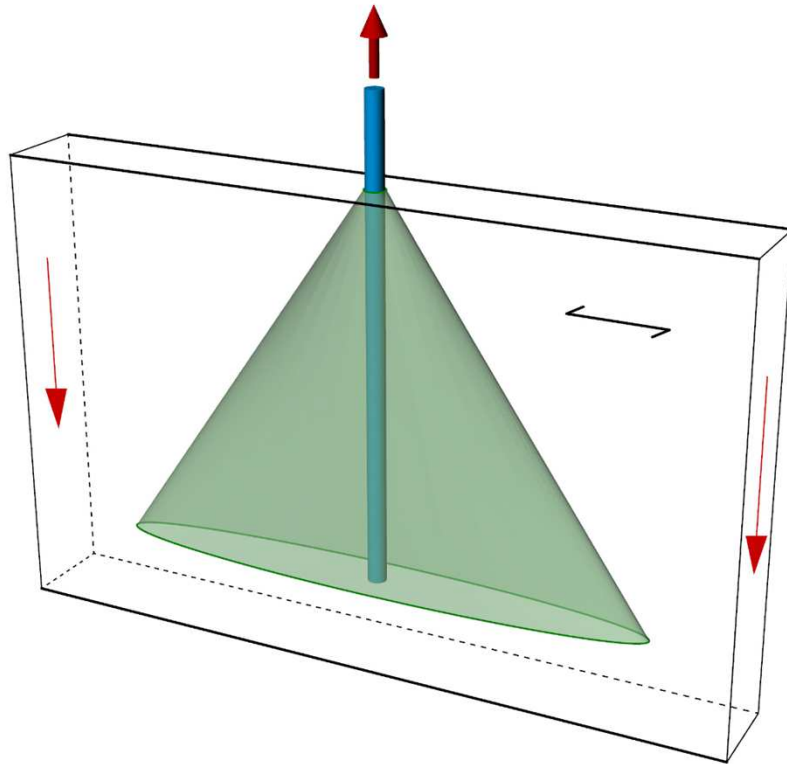
Holzqualität



- Nachweis nicht vergessen
- Qualität ausschreiben, einfordern und kontrollieren
- Vorsicht mit anderen Holzarten und Werkstoffen
- Gemäss ETA 19/0752 CLT mit 40er-Lamellen und Schmalseitenverklebung grundsätzlich möglich.



Einsatz quer zur Faser: $30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$



Gleichgewichtszustand

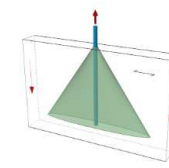
über Scherspannungen quer zur Faser
bzw. über Querkräfte

Elliptischer Kegel

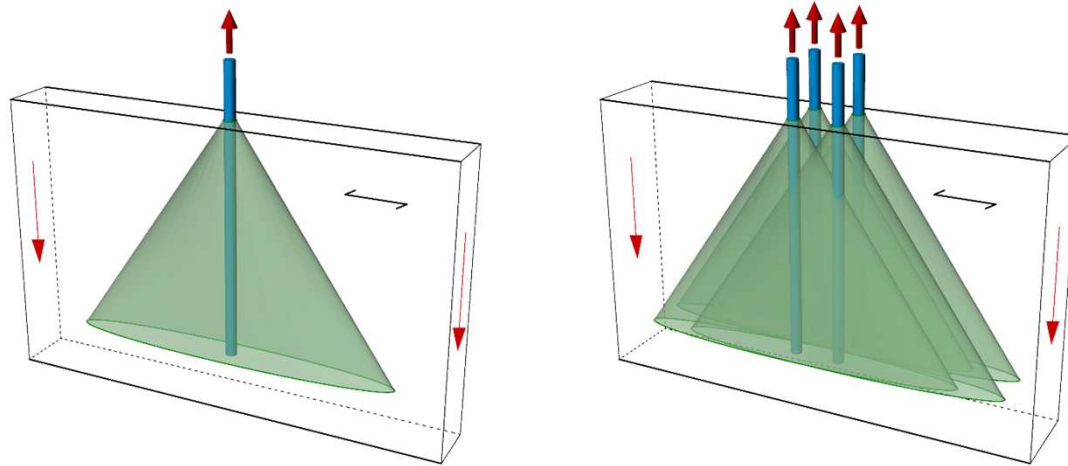
mit grosser Ausbreitung längs z. F.
mit geringer Ausbreitung quer z. F.

Aufgrund der geringen Steifigkeit des Holzes quer zur Faser (E_{90}) tritt kein vorzeitiges Versagen wegen überschrittenem Bruchdehnvermögen auf.

→ FK8.8 in Fichte = okay!



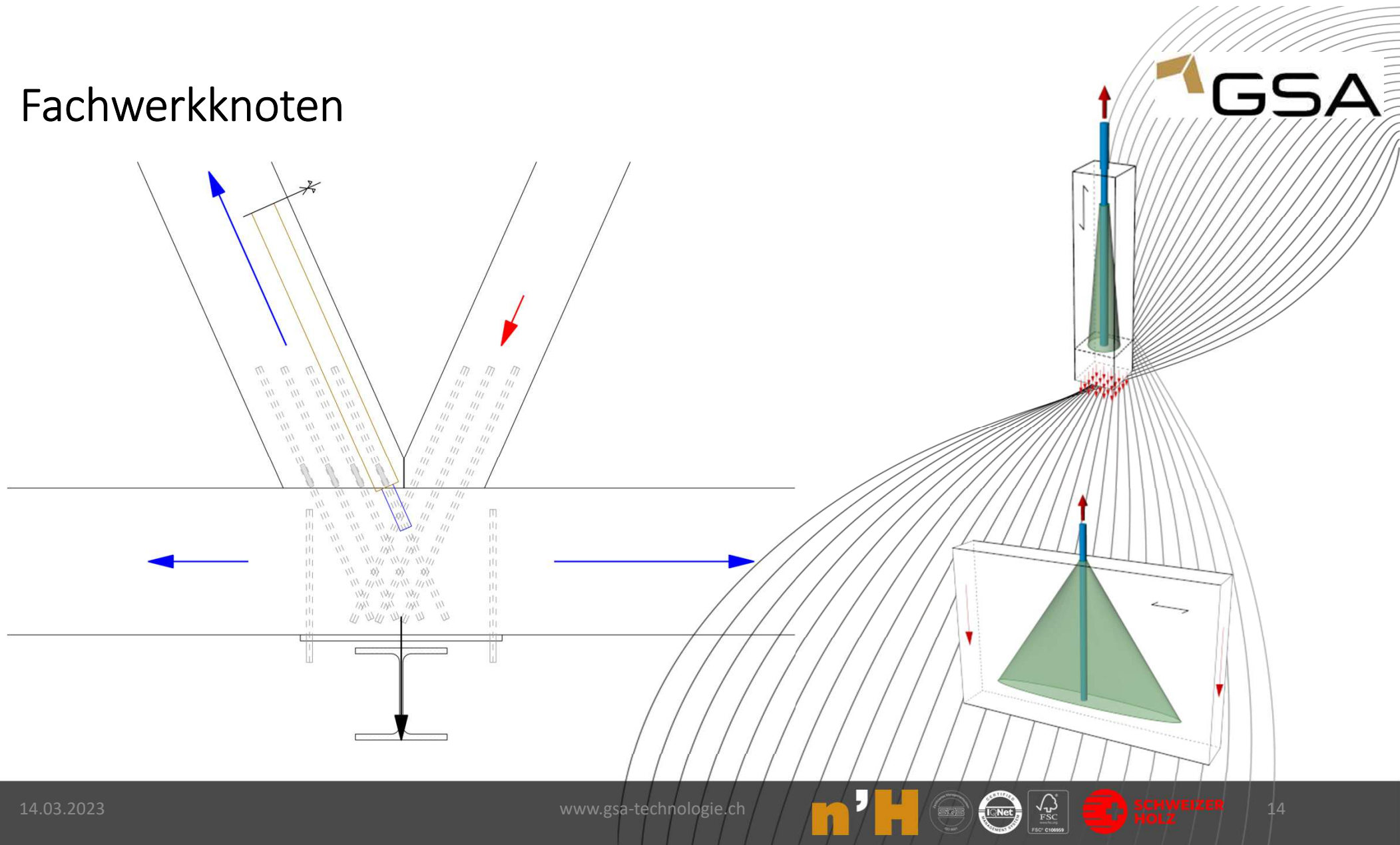
Gruppenwirkung quer



- Ab 3 Stangen in Faserrichtung: GSA®-Software
- Bei Lasteinleitungen den Querdruck auf das Holz vernachlässigen
- Knicken bei Lastdurchleitungen berücksichtigen
- Gleiche Werte für Zug und Druck



Fachwerkknoten



Herausforderungen

- Der Holzbau ist im Trend, die Objekte werden grösser, neue leistungsfähige Holzbaustoffe und Verbindungsmittel sind verfügbar.

Campus Biel



Kosten ca. 300 Millionen

Campus Bern

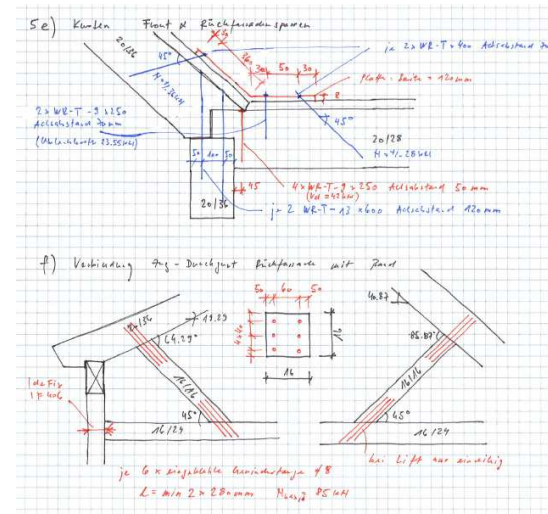
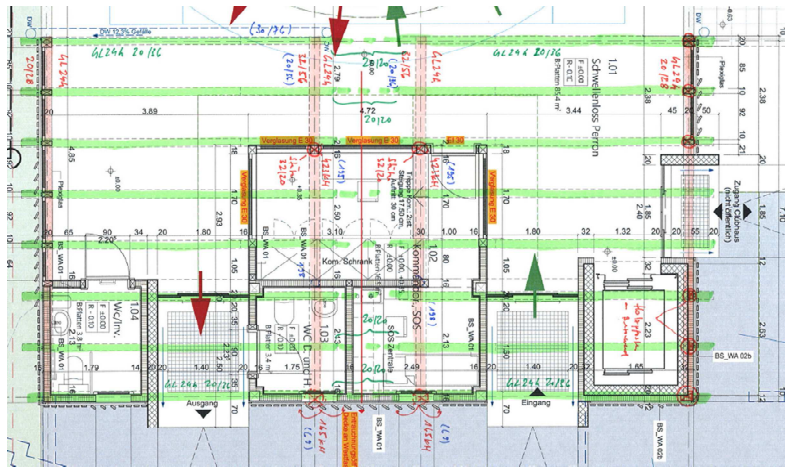


Kosten ca. 390 Millionen

- Fachkräftemangel, Ressourcenverschleiss betrifft auch unsere Branche. → Trotzdem wird vieles mehrmals gemacht, was Kosten und Zeit benötigt.
- Nachhaltigkeit → Natürliche Baustoffe in und Klebstoffe out. Lebensdauer der Gebäude sollen deutlich erhöht werden. (im Holzbau ist die Verbindungstechnologie und die Baustoffe auf 50 Jahre ausgelegt). Kreislaufwirtschaft.

Herausforderungen Planung

- Planung: BIM und Digitalisierung werden teilweise umgesetzt häufig sind wir allerdings noch sehr analog unterwegs.

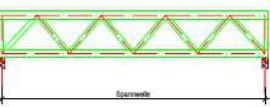


- Keine gemeinsame Materialdatenbank.
- CAD 3-D Austausch funktioniert innerhalb der Branche gut.
- BIM wird als Last empfunden.

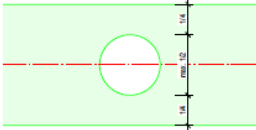
Standardteile



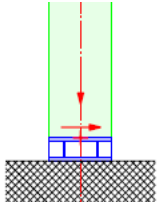
GSA - FW



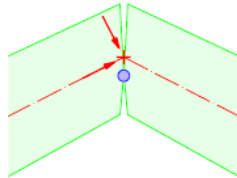
GSA - ALP



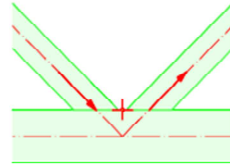
GSA - AL



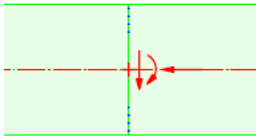
GSA - G



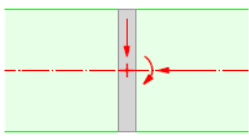
GSA - WV



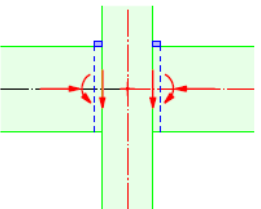
GSA - L



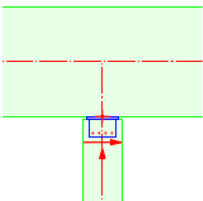
GSA - VGS



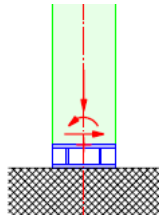
GSA - H



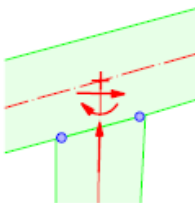
GSA - T



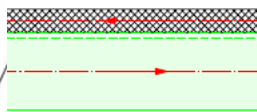
GSA - AL



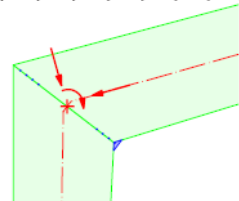
GSA - R



GSA - HBV



GSA - LMV



GSA - VS



GSA®-Software

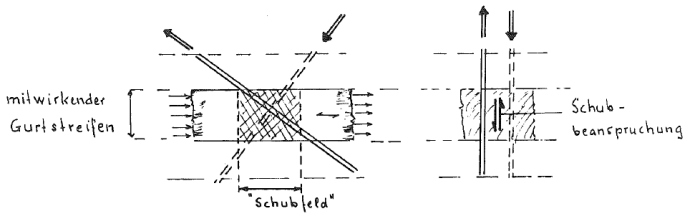


Bild 4.1: Vereinfachtes Tragmodell im Knotenbereich mit resultierender Schubbeanspruchung

Parameter List:

- Anker (Strebe 30): 0.62, LK2
- Querschnitt (Strebe 30): 0.51, LK2
- Rollschub (Strebe 30): 0.51, LK2
- Blockausziehen (Strebe 30): 0.01, LK12
- Anker (Strebe 33): 0.84, LK2
- Querschnitt (Strebe 33): 0.57, LK2
- Rollschub (Strebe 33): 0.00
- Blockausziehen (Strebe 33): 0.69, LK2
- Querschnitt (Gurt 31): 0.78, LK2
- Querschnitt (Gurt 34): 0.56, LK2

Strebe 30 Settings:

- Ankeranzahl: 3
- Sch (mm): 14
- Ankeranzahl: 6
- Ankerdurchm.: 20 mm
- Ankerartyp: GSA-20.5
- Ankerlänge: 1031 mm
- Min. Versenkung: 20 mm

Strebe 33 Settings:

- Ankeranzahl: 2
- Sch (mm): 25
- Ankeranzahl: 7
- Ankerdurchm.: 20 mm
- Ankerartyp: GSA-20.8
- Ankerlänge: 1144 mm
- Min. Versenkung: 20 mm

Herausforderungen Verbindungen

- Europäische Normierung kommt, SIA Normen werden zeitnah abgelöst. Innovative Verbindungen wie eingeklebte Gewindestangen erhalten erst langsam Einzug in die Norm. → Verbindungs-Knowhow ist in den Firmen, nicht bei den Planern.
- Da der Holzbau im Trend ist, gibt es immer mehr Bauingenieurbüros die Holzbauten rechnen und konstruieren ohne die entsprechenden Holzfachleute zu haben.
- Robustheit und Duktilität ist im Holzbau „zu wenig präsent“. Anschlüsse werden oft konstruktiv ungenügend ausgebildet und modelliert.
- Häufig ist nur das Verhalten von statisch ruhender Belastung untersucht. Untersuchungen im Bereich Ermüdung und seismischen Beanspruchungen fehlen.
- Bei Grossprojekten besteht häufig eine sehr lange Bauphase. Unvorhergesehene Feuchteeinwirkungen können grosse Auswirkungen auf die Verbindung haben und müssen berücksichtigt werden.

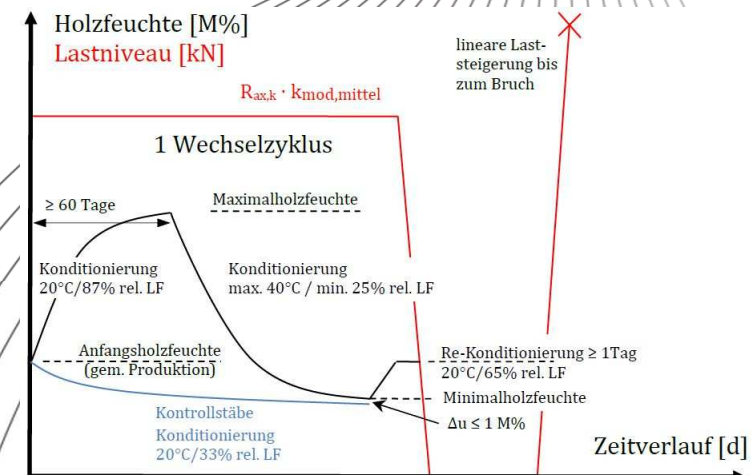
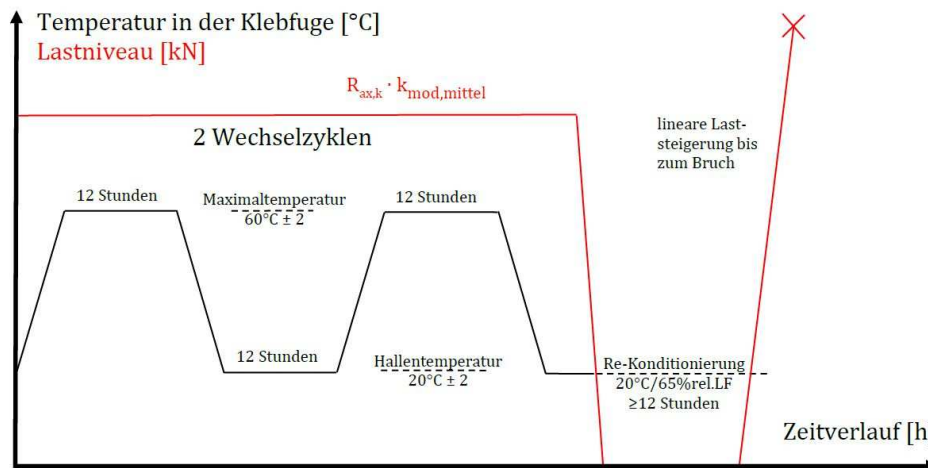
Herausforderungen Verbindungen





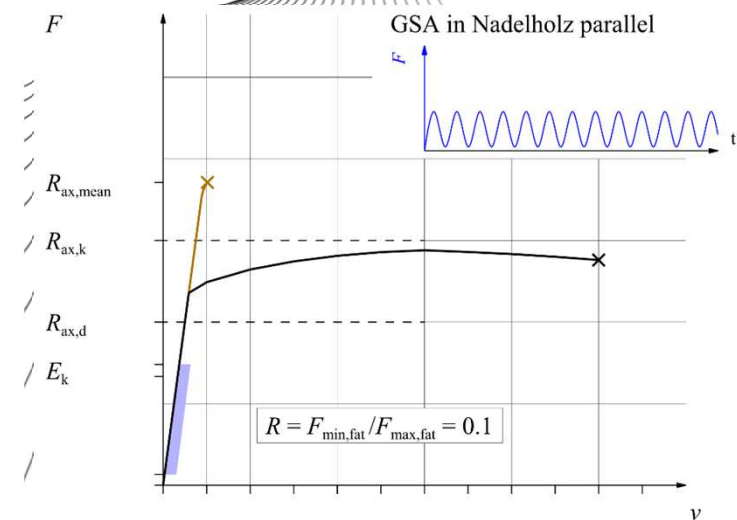
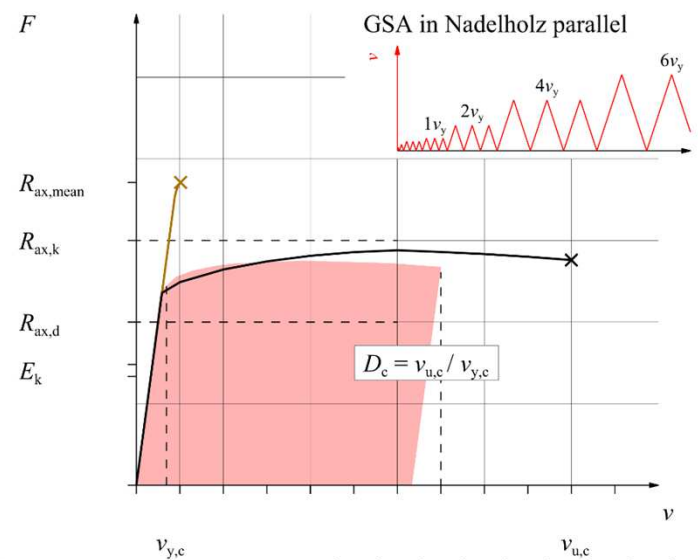
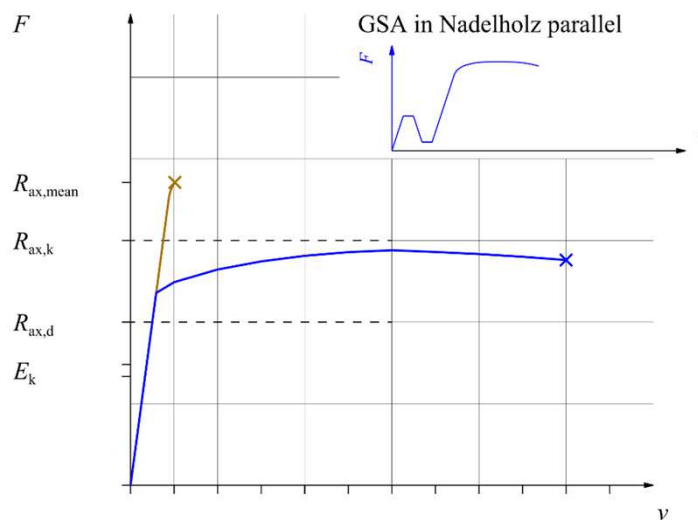
Zulassungen

- Europäische Zulassungen (ETA)
- Länderspezifische (bauaufsichtliche) Zulassungen (DIBt, CSTB, ...)
- Temperaturversuche besonders wichtig im Laubholz (ca. 2 Tage)
- Klimaversuche haben unrealistische (unklare) Anforderungen (mind. 100 Tage)
- Mechanische VBM müssen das nicht! -> GSA sind also eindeutig zuverlässiger.

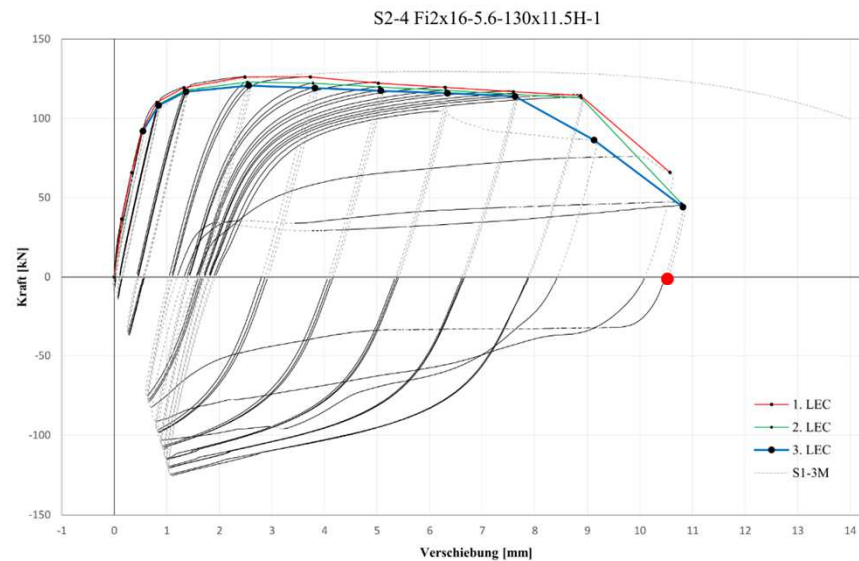


Beanspruchungsarten

- Vorwiegend ruhende Beanspruchung: monoton geprüft gem. Bemessungskonzept für veränderliche Einwirkungen wie Wind, Nutzlasten **und Erdbeben nicht-duktil**
- Seismische Beanspruchung: zyklisch geprüft für Erdbeben duktil
- Ermüdungsbeanspruchung: Dauerschwingversuche für Verkehrslasten, Kran



Seismische Beanspruchung



Quelle: Bachelor-Thesis Micha Bäch (2021) – Prüfkörper S2-4-1



$$D_{c,prop} = \frac{V_{u,c,mod}}{V_{y,c,mod}}$$

D_c = Zyklisches Duktilitätsmass

$V_{y,c}$ = Fliessverschiebung

$V_{u,c}$ = Grenzverschiebung

Ermüdungsbeanspruchung

- GSA M16 in Esche ertragen $2 \cdot 10^6$ Lastwechsel zwischen 5 und 50 kN Zug ($F_{\max, \text{fat}} = 50 \text{ kN}$, $R = 0.1$)
- Alle 3 Prüfkörper (6 Anschlüsse à 2 GSA) liefern durch
- Steifigkeit praktisch gleichbleibend
- Bruchlast anschliessend 123 kN pro GSA-Stange
- Duplex-Gewindestangen und Anschlussdetail überstanden ebenfalls sämtliche Prüfungen (N bis $5 \cdot 10^6$)



Grossversuche



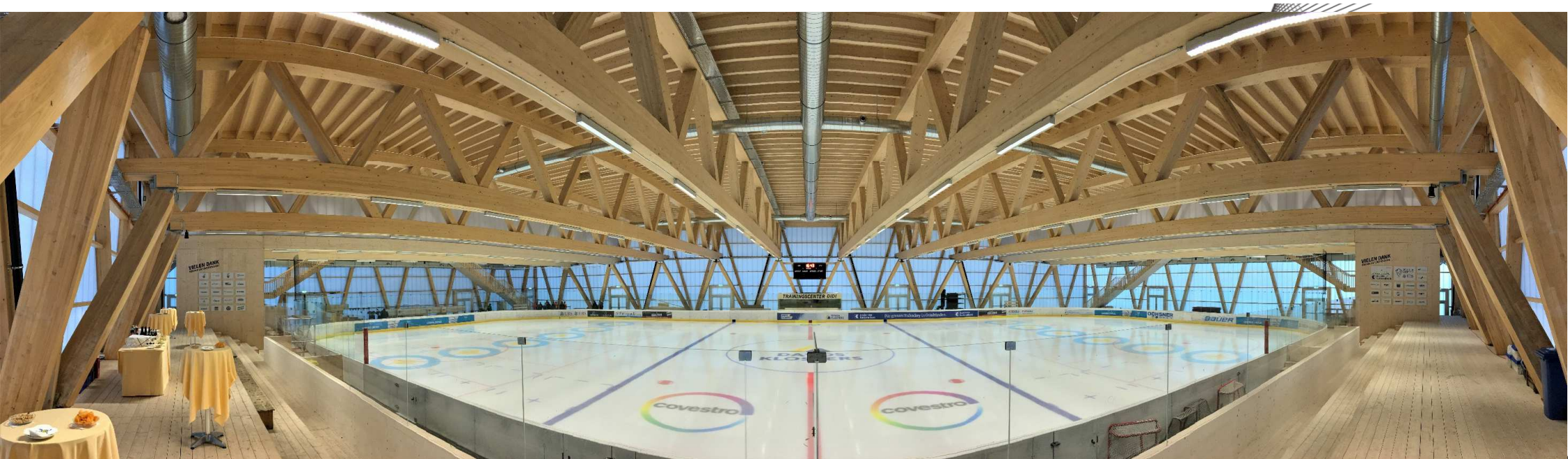
Schlussbemerkungen

- Ziel muss sein, dass auch die in Planung stehenden Grossprojekte in der Schweiz produziert werden. Dazu braucht es frühzeitige Allianzen.
- Einfache, verständliche Tragwerke erleichtern und verbessern die Konstruktion. Robustheit und Duktilität müssen in die Planung einfliessen.
- Ganzer Bauablauf muss durchdacht und geplant werden.
- Standardisierung der Anschlüsse. Nur in grösseren Mengen sind wirtschaftliche und qualitativ hochwertige Verbindungsteile möglich.
- Normierung regelt meist nur einzelnes Verbindungsmittel, meist nur für statisch ruhende Belastung.
- Vieles ist rechenbar, gezielte Prüfungen in „Originalgrössen“ bringen zusätzliches Wissen und zusätzliche Sicherheit.

gsa-technologie.ch



Danke für die Aufmerksamkeit!



14.03.2023

www.gsa-technologie.ch



SCHWEIZER
HOLZ

27