

Technischer Bericht

Holzregal

TU Graz

Lehrveranstaltung: Holzbaupraktikum 1 (SS25)



Leiter der Lehrveranstaltung:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerhard Schickhofer

Institut für Holzbau und Holztechnologie

Verfasser des Berichts:

BSc. Florian Wieser

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	1
Aufgabenstellung:	2
Planung:	3
Ablauf der Konstruktionsphase:	5
Der Hauptträger	5
Beschreibung des konisch geteilten Runddübels der Firma X-Fix Wood Connector GmbH:...	9
Herstellung der zimmermannsmäßigen Verbindungen.....	11
Das schräge Hakenblatt mit Kreuzzapfen und Keil.....	14
Finale Anmerkungen: Montage, Präsentation, Demontage, Transport nach Graz, Abweichungen, Dachkonstruktion	17

Anhang: Skizzen, Statik, Plan, Rundholzdübel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Plan der Konstruktion.....	4
Abbildung 2: zugehörige Isometrie der Konstruktion gem. Plan aus Abb. 1	4
Abbildung 3: Die Schaffenden präsentieren ihre Probestücke.....	5
Abbildung 4: Herstellungsprozess der Lasche: Balkenhälften und Lasche aus Kerto-Q Plate. Die Form des Sägeblattes ist an den Enden der Lasche deutlich zu erkennen.	6
Abbildung 5: Bearbeitung des Trägers: Abrunden der fremden Feder (oben), Überhöhung des Trägers (unten links), Einsatz des Kettenstimmers für Zapfenlöcher (unten rechts).....	7
Abbildung 6: Herstellung des Verbundes der Lasche mit Zwingen, Schlangenbohrer und geteilten Runddübeln	8
Abbildung 7: Oben: Einbringen der Runddübelhälften. Unten: der fertige Verbund der Lasche: es ist eine leichte Überhöhung zu erkennen.....	10
Abbildung 8: Konstruktion ohne Hauptträger: die Fachwerkwand und die verdübelten Verbindungen sind deutlich zu erkennen	11
Abbildung 9: Ausarbeitung der zimmermannsmäßigen Verbindungen: Variation der Schwalbenschwanzverbindungen.....	13
Abbildung 10: Das schräge Hakenblatt mit Kreuzzapfen und Keil (rechts oben) wird auf Japanisch als Kanawa Tsugi bezeichnet.	14
Abbildung 11: Das schräge Hakenblatt mit Kreuzzapfen und Keil: Oben: Zugversuch: Zwei Teilnehmer versuchen vergeblich die Hälften des unverkeilten Hakenblattes zu trennen, es hält rein durch Reibung stand. Mitte: Einsatz der Handbandsäge. Unten: die vollendete Verbindung mit leicht angesetztem Keil.....	15
Abbildung 13: Mit Hilfe von Gerüsten und Manneskraft wurde der Träger auf die Stützen gehoben.....	16
Abbildung 13: Seitenansicht der Konstruktion: Links: für die Präsentation geschmückt.	16
Abbildung 14: Oben: Rückbau der Konstruktion, die geteilten Runddübel werden wiederverwendet. Unten: Der Bausatz trifft in der Inffeldgasse ein.....	18
Abbildung 15: Auch eine Besichtigung der Holz-Europabrücke in St.Georgen ob Murau ist ein Pflichttermin des Holzbaupraktikums.....	19

Aufgabenstellung:

Regal zur Lagerung von diversen Bauhölzern am Institut für Holzbau und Holztechnologie

Dem Auftrag der Institutsleitung folgend, wurde ein überdachtes Regal aus Holz mit reinen Holz-Holz-Verbindungen zur Lagerung von zwei Paketen Eichenschnittholz unter Verwendung des am Institut verfügbaren Bauholzes geplant und anschließend im Rahmen der Lehrveranstaltung Holzbaupraktikum 1, mit Ausnahme der Dachkonstruktion, angefertigt.

Das vorgegebene Lagergut (Eiche) hat eine Dimension von 1x1x4 m mit einer angenommenen Rohdichte im feuchten Zustand von ca. 900kg/m³. Als Baumaterial stand das am Institut gelagerte Bauholz, welches aus vergangenen Chargen des zu zertifizierenden Materials von diversen Testungen übrig blieb, zur Verfügung. Die Wahl fiel schlussendlich auf folgende Bauteile:

- 20 Stk. Balken aus *Trios*, dreilagigem Balkenschichtholz aus Fichte (Gl 24h), mit einer Dimension von je 110 x 160 x 3.000 mm.
- Zwei Balkenteile, welche aus den unbeschädigten Randstücken einer getesteten Brettsperrholzplatte aus Fichte abgesägt und vom Institutspersonal zu den zwei Trägerhelfen des Hauptträgers (T1) neu verleimt wurden. Die fertigen Teile mit einer Dimension von 110 x 300 x 3.200 mm wurden im Laufe der Ausführung mit Hilfe einer 50 mm starken Kerto-Q Platte, welche als Lasche (auch „fremde Feder“) zum Einsatz kam, mit einem geteilten Rundholzdübel der Firma *X-Fix wood connector GmbH* verdübelt und so final zu einem Träger von 6.400 mm Länge zusammengebaut.
- In den Holz-Holz-Verbindungen wurden Hartholzdübel in unterschiedlichen Durchmessern eingesetzt.
- Als Auflager sind fünf Stützenfüße der Firma Harrer, sowie Betonblöcke der Abmessungen 250 x 450 x 650 mm, welche aus vorangegangenen Testungen übrig blieben, vorgesehen.

Planung:

Die Details wurden nach den Wünschen des Institutspersonals, welche die Endnutzer des Holzregals sein werden, angepasst, wobei besonders auf die Beladungsmöglichkeit durch einen Gabelstapler Rücksicht genommen wurde.

Basierend auf Skizzen von Herrn Prof. Schickhofer, welche als Vorlage für die Konstruktion dienten (siehe Anhang), wurde ein erster Plan angefertigt, welcher sukzessive ausgearbeitet wurde. Gewisse Details, wie die minimale Dachneigung des Flachdaches (ca. 5%) und das notwendige Volumen der Lagerfläche (1,5 x 2,5 x 5 m) um die beabsichtigte Nutzung zu ermöglichen, waren vorgegeben. Aus dem Plan wurden in weiterer Folge Systemskizzen für erste statische Berechnungen abgeleitet.

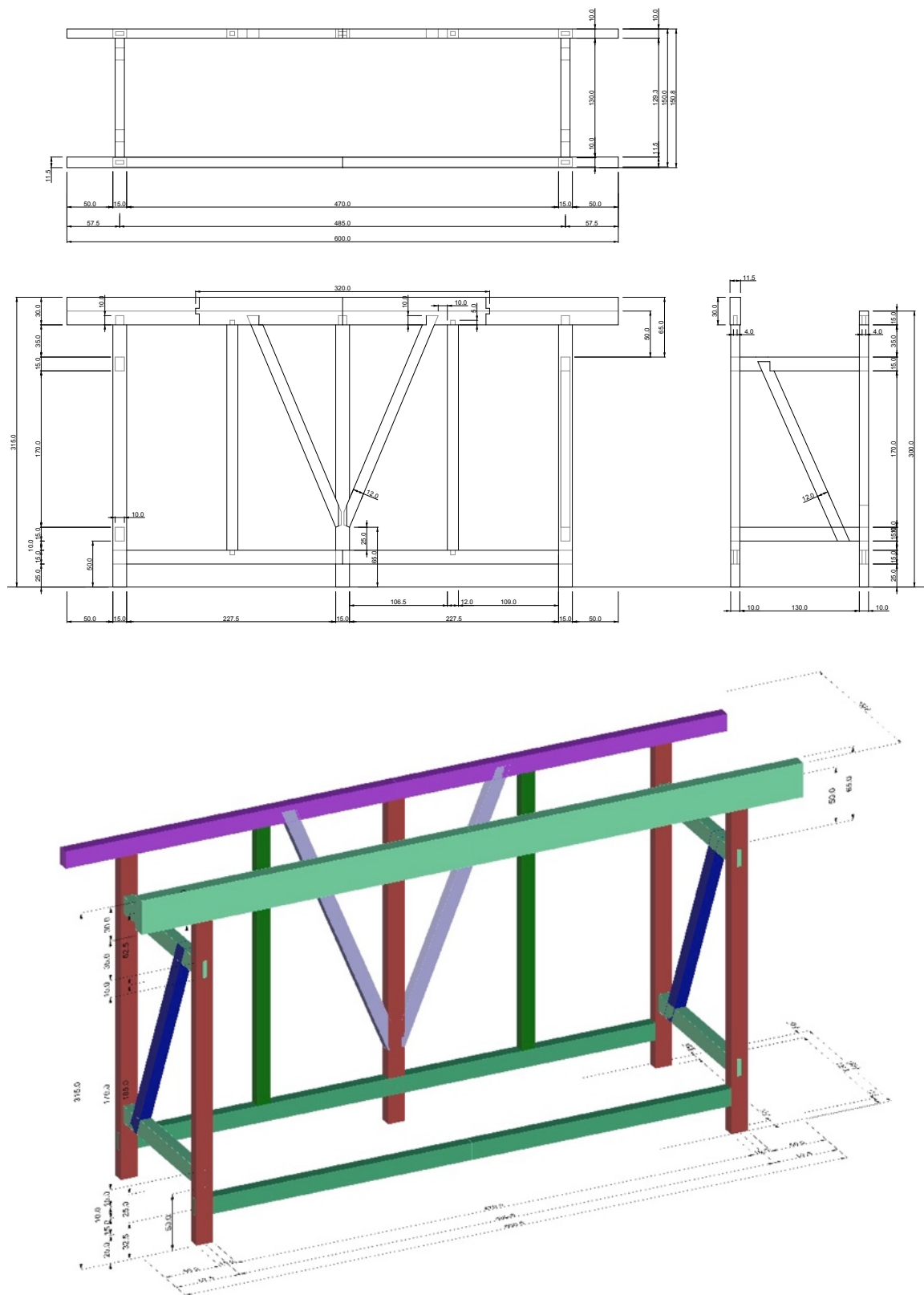
Die Statik, welche im Anhang zu finden ist, vergleicht gem. ON EN 1991-1-1 die Einwirkungen aus den üblichen Lastfallkombinationen (Nutzlast, Schnee und Wind) mit der Widerstandsseite, basierend auf den Festigkeiten des jeweils vorgesehenen Holzes. Ein spezielles Augenmerk musste auf die Holz-Holz-Verbindungen, allem voran auf die Verbindungen der Schwellen mit den seitlichen Stützen gelegt werden, da über diese ein Großteil der erheblichen Nutzlast abgetragen wird.

Bewusst wurden die maximalen Bauteillängen der Träger auf maximal 3,5 m beschränkt, um sich den Herausforderungen der dadurch notwendigen Längsverbindungen zu stellen. Im Folgenden werden die reinen Holzverbindungen beschrieben, welche in der Konstruktion Anwendung fanden. Hierbei wird eine Unterscheidung zwischen zimmermannsmäßigen Verbindungen, sowie der ingenieurmäßigen Verbindungen gemacht:

Die zimmermannsmäßigen Verbindungen umfassen diverse Zapfenverbindungen, Versätze, Schwalbenschwanz-/Weißschwanzverbindungen, einen Stirnversatz mit Zapfen sowie ein schräges Hakenblatt mit Kreuzzapfen und Keil.

Als ingenieurmäßige Holz-Holz-Verbindung wurde von Herrn Prof. Schickhofer ein Laschenstoß entworfen, welcher anstatt einer Stahlflasche eine Kerto-Q Platte als fremde Feder nützt.

Der Planungsprozess resultierte in folgendem Plan, welcher zur Ausarbeitung verwendet wurde:



Ablauf der Konstruktionsphase:

Die anschließenden konstruktiven Tätigkeiten wurden im Rahmen der zweiwöchigen Lehrveranstaltung *Holzbaupraktikum 1* unter der Leitung von Zimmermeister Richard Schweiger in der Abbundhalle der Landesberufsschule Murau durchgeführt.

Hierfür wurde das Baumaterial von Graz nach Murau transportiert, wo sich die Praktikumssteilnehmer der Studienrichtungen Architektur und Bauingenieurwissenschaften einfanden.

Nachdem die Studierenden eine Sicherheitsunterweisung an den Maschinen erhalten hatten, arbeiteten sie zur Übung in Kleingruppen je ein Probestück aus, welches die vorgesehenen zimmermannsmäßigen Verbindungen enthielt. Außerdem wurden Probestücke der Längsverbindungen angefertigt.



Der Hauptträger

Nachdem die Teilnehmer mit dem Umgang der wichtigsten Werkzeuge sowie dem Plan der Konstruktion vertraut waren, wurde mit der Ausarbeitung des Holzregales begonnen:

Während die *Trios* gehobelt und nach Bedarf abgelängt wurden, wurde der Hauptträger bearbeitet. Hierfür mussten die zwei Balkenteile wiederholt mit einer Formatkreissäge (erforderliche Blatthöhe: 150 mm, entspricht der halben Balkenhöhe) vertikal aufgekantet liegend, zentriert über die für die Lasche nötige Dimension des Einschnitts von insgesamt 1500x50x300 mm auf der Ober- sowie der Unterseite eingesägt werden. Die mit Stemmeisen nachbearbeitete Schnittkante im Laschenloch folgte auf beiden Seiten der kreisrunden Form des Sägeblattes und lief in der Mitte des Querschnittes spitz zusammen.

Dieses Detail war nicht geplant gewesen, so entschied der Zimmermeister ad hoc die Lasche selbst als Negativstück anzufertigen, wodurch diese an ihren Enden die Form zweier gespiegelter viertelkreisrunden Kreisscheiben annahm.

Nachdem die Passgenauigkeit der Lasche sichergestellt war, wurden die sich in der Mitte des Trägers stoßenden Balkenenden leicht nach unten hin abgeschrägt, um im verbundenem Zustand eine Überhöhung des zusammengesetzten Trägers von 35 mm sicherzustellen. Überlegungen der Gebrauchstauglichkeit folgend soll so einem durch Kriechverformung herbeigeführten Durchhängen des Trägers vorgebeugt werden.

Der Träger wurde abschließend vollendet, indem die Lasche mit *geteilten Rindholzdübeln* der Firma X-Fix verdübelt wurde.







Beschreibung des konisch geteilten Runddübels der Firma X-Fix Wood Connector GmbH:

In Kooperation mit der Firma *X-Fix Wood Connector GmbH*, einem langjährigen Unternehmenspartner des Institutes für Holzbau und Holztechnologie, ergab sich die Möglichkeit, eine Produktinnovation zu erproben:

Ursprünglich zur Verwendung im Hochbau als rückbaubare und wiederverwendbare Verbindung von Decken und Wänden aus BSP angedacht, wurde eine Charge des eigens nach Maßen angefertigten *konisch geteilten Runddübels* aus Buchenholz mit einem Durchmesser von $d=30\text{mm}$, $l=120\text{mm}$ nach Murau versandt.

Es handelt sich dahingehend um eine Produktneuheit, weil ein herkömmlicher Buchenholzdübel längs konisch von $h=1/3$ bis auf $h=2/3$ geteilt wird, wodurch die verbesserte Rückbaubarkeit und somit eine Wiederverwendung der Verbindungsmittel ermöglicht wird.

Dies kam dem Projekt insofern zu Gute, weil das Holzregal in der LBS Murau für eine Endpräsentation einmal montiert, danach für den Transport nach Graz jedoch wieder abgebaut werden musste. Ein Konstruktionsplan des Rundholzdübels ist im Anhang beigelegt.

Der Einsatz der Runddübel erfolgte, indem die Laschenhälften des flach liegenden Trägers horizontal und vertikal (mit einem darunter liegenden Brett) durch Zwingen zusammengespannt wurden. Anschließend wurde die Lasche mit einem Schlangenbohrer Löcher ($d=30\text{mm}$) an den dafür vorgesehenen Stellen durchgebohrt. Die vertikale Verspannung war notwendig, um der leichten Klaffung der äußeren Laschenseiten entgegenzuwirken.

In die Bohrung wurde anschließend die erste Hälfte des *geteilten Runddübels* mit dem breiten Ende ($h=2/3$) voraus eingebracht, anschließend die zweite Hälfte eingesetzt und mit dem „Nacken“ eines Zimmermannsbeils eingeschlagen. Die initialen Einsatztiefen des Dübels wurden probeweise variiert, wobei sich herausstellte, sich der zweite Dübel bei jeder beliebigen Einsatztiefe des ersten Dübels problemlos einschlagen lässt. Hier sei nochmals auf das unter der Lasche liegende Brett verwiesen, welches ein durchrutschen der Verbindungsmittel verhinderte.

Nachdem der Träger nach weniger als 24 Stunden wieder demontiert wurde, muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass die erste Hälfte des Dübels zu 100%, die zweite Hälfte der Dübel nur zu ca. 80% versenkt wurde, da so bereits ein ausreichend tragfähiger Verbund sichergestellt war und die Rückbaubarkeit erleichtert wurde.

An dem Probestück der Lasche wurden beide Dübelhälften vollständig versenkt und wieder zerstörungsfrei ausgebaut.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich der *konisch geteilte Runddübel* nach ersten Versuchen für eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten eignet und zerstörungsfrei ein- sowie ausgebaut und wiederverwendet werden kann.

Durch das schrittweise Einführen der Dübelhälften wird die Lochleibung im Vergleich zum Einbringen eines herkömmlichen Runddübels erst mit dem Einklopfen der zweiten Dübelhälfte gleichmäßig über die Kontaktfläche mit der Lochwand eingebracht, wodurch sich eine mögliche unerwünschte erhöhte Eindrückung der Lochwand reduzieren lässt. Außerdem haben die konisch geteilten Runddübel aufgrund ihrer Form einen verkeilenden Effekt, welcher der Spreizung der Laschenseiten entgegenwirkt.



Herstellung der zimmermannsmäßigen Verbindungen



Abbildung 6: Konstruktion ohne Hauptträger: die Fachwerkwand und die verdübelten Verbindungen sind deutlich zu erkennen

Im weiteren Verlauf wurden die Stützen, Streben, Riegel, Schwellen und das Rähm der Konstruktion gefertigt. Die drei Teile des Rähms der rückseitigen Fachwerkwand sind aus zweischichtigem Fichten-Brettschichtholz, die restlichen Bauteile sind aus dreischichtigem Fichten-Brettschichtholz (*Trios*) gefertigt. Die Verbindungen der Bauteile wurden mit zimmermannsmäßigen Verbindungen hergestellt, welche allesamt mit Buchenholzdübeln versehen wurden. Folgende herkömmliche Werkzeuge wurden verwendet: Stemmeisen, Knöppel, Handsägen (Zugsägen), Handbandsäge, Handkreissäge, Kettenstemmer, diverse Hobel, Bohrer und Winkel, Multitools, Bandschleifer, Kreissäge, Bandsäge, Kappsäge um die wichtigsten zu nennen.

verbundene Bauteile	Verbindung	Dimension [mm]
Stützenköpfe/Träger	Zapfen	h/b/t: 100 x 90 x 40
Strebe / Riegel	Schwalbenschwanz stumpf	Blatt: h/b/t: 150 x 90-130 x 40 Aussparung: b/Winkel: 45/95°
Schwelle / Stützen	Zapfen mit Versatz	Zapfen: h/b/t: 145 x 40 x 30-70 Versatz: b/t: 100 x 40
Schwelle	gestoßener Schwalbenschwanz	h/b/t: 150 x 30-45 x 50
Fachwerkwand		
Stützen / Rähm	Zapfen	h/b/t: 50 x 50 x 45
Stützen / Schwelle	Zapfen	h/b/t: 50 x 50 x 45
Strebe / Rähm	Schwalbenschwanz spitz	Blatt: h/b/t: 60 x 85-130 x 30 Aussparung: b/Winkel: 45/73°
Strebe / Stütze	Stirnversatz mit Zapfen	Stirn: $t_v=30$, b:100, $\gamma \approx 24^\circ$ Zapfen: h/b: 30/30
Schwelle / Stütze	Zapfen mit Versatz	Zapfen: h/b/t: 145 x 40 x 30-70 Versatz: b/t: 100 x 40
Rähm	schräges Hakenblatt mit Kreuzzapfen und Keil	h= 150 Länge (inkl. Zapfenloch): 320 Zapfen/Keil: 15x15

Tabelle 1 zimmermannsmäßige Verbindungstechnik / reine Holzverbindungen

Variation der Schwalbenschwanzverbindungen:

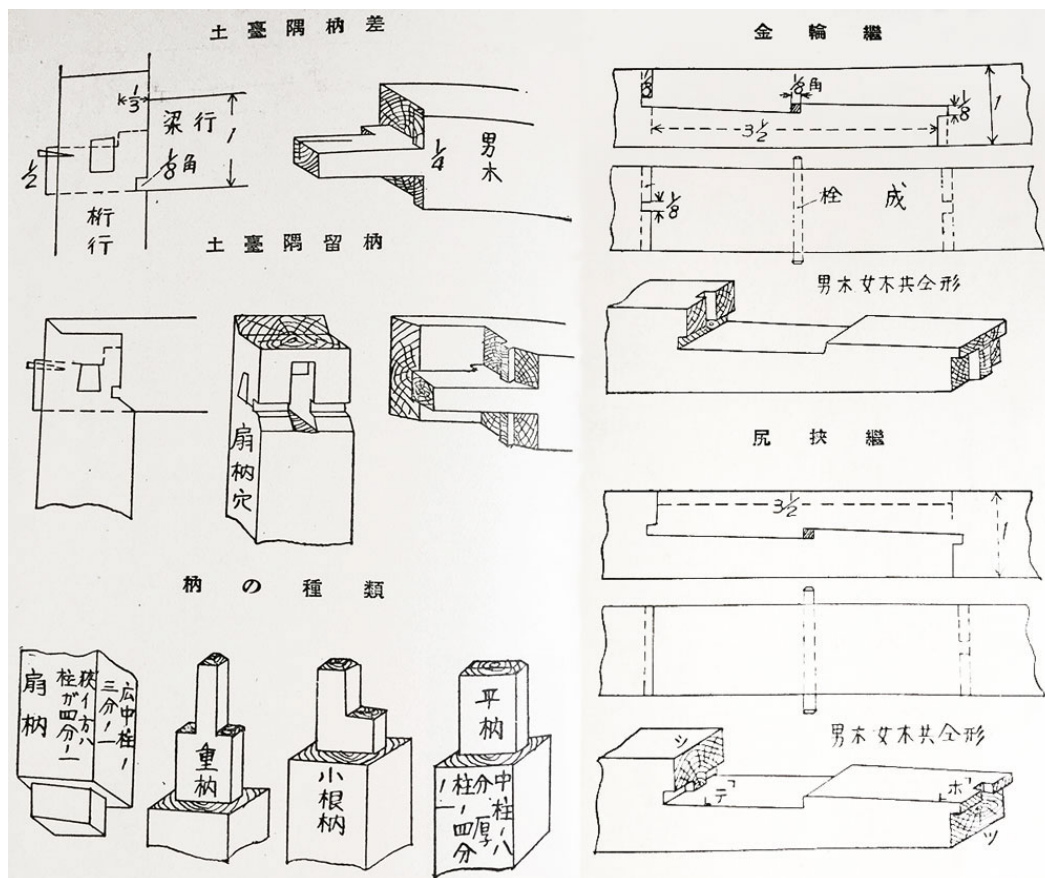
Die Form der Schwalbenschwanzverbindungen wurde variiert: Für den Verbund der seitlichen Streben der Konstruktion mit den Riegeln wurde das Blatt des Schwalbenschwanzes in einem stumpfen Winkel ausgeführt und über die gesamte Querschnittshöhe des Riegels gezogen. Im Fachwerk sind die Strebenenden, welche mit dem Rähm zusammenlaufen mit einem Schwalbenschwanz mit spitzem Blatt ausgeführt, welches nur über ca. ein Drittel des Querschnittes des Rähms reicht. Es kann beobachtet werden, dass die erste Ausführung mit stumpfem Winkel mehr Schlupf in der Verbindung aufweist und damit im zusammengesetzten Zustand ein wenig wackelt. Hier ist definitiv eine zusätzliche Verkeilung erforderlich, damit sich die verdübelte Schwalbenschwanzverbindung durch wiederkehrende Belastungen über die Zeit nicht lockert.

Im Vergleich dazu ist der spitzwinkelig ausgeführte Schwalbenschwanz im Rähm deutlich passgenauer und es ist kein Schlupf zu vernehmen, wodurch diese Verbindung merkbar besser hält und fest sitzt.



Das schräge Hakenblatt mit Kreuzzapfen und Keil

Das schräge Hakenblatt mit Kreuzzapfen und Keil ist eine Längsverbindung, die sowohl Normalkräfte, Querkkräfte als auch Biegemomente übertragen kann. Im Rähm (6,40 m) der Fachwerkwand wurde sie an den Enden des gedrittelten Mittelstückes (3,20 m) als Verbindung mit den Endstücken (1,60 m) angefertigt. In dem Mittelstück sind somit sieben verschiedene Verbindungen eingearbeitet. Die Verbindungen sind so platziert, dass sie möglichst im Momentennulldurchgang liegen.



Die Maße wurden aus diversen Skizzen entnommen. Die in Abb. 1 abgebildete Version der Verbindung schlägt für die Länge des Hakenblattes das dreieihalffache der Querschnittshöhe h vor, wobei die für den Haken maßgebende quadratische Aussparung für den Keil, sowie den Zapfen und damit den Kreuzzapfen selbst ein Achtel von h ist.

Wir entschieden uns für: Länge (inkl. z) $l = 32 \text{ cm} \approx h/2$ und Keil/Zapfen: $k = 1,5 \times 1,5 \text{ cm} = h/10$
Die Ausarbeitung der Verbindung erfordert Genauigkeit in der Kennzeichnung/Rissführung und Bearbeitung des Holzes. Für die einzelnen Verarbeitungsschritte eignen sich diverse Handwerkzeuge.





Finale Anmerkungen: Montage, Präsentation, Demontage, Transport nach Graz, Abweichungen, Dachkonstruktion

Nachdem alle Bauteile fertiggestellt waren, wurde das Holzregal in der Abbundhalle für die Präsentation am Ende der Lehrveranstaltung montiert.

Hierfür wurden zuerst die Seitenwände sowie die Fachwerkwand liegend verzurrt und verdübelt. Anschließend wurden die zwei Seiten mit der Wand verzurrt und verdübelt. Im verzurrt Zustand wurden die verbundenen Teile mit vereinten Kräften vorsichtig aufgekippt, und die vordere Schwelle eingebaut (Abb. 9). Zuletzt wurde der verbundene Hauptträger (ca. 90 kg) von vier Studenten auf die Stützen gehoben. Hierfür standen Gerüste zur Verfügung (Abb. 14).

Nach dem Abschluss der Präsentation und den anschließenden Feierlichkeiten, wurde mit der Demontage begonnen: Die Dübel wurden ausgeschlagen und das Regal nach demselben System wieder abgebaut: der Träger wurde abgehoben, die Schwelle entfernt, die restlichen Teile zurückgekippt, die Dübel entfernt, die Bauteile getrennt. Die Bauteile wurden auf einem Hänger verladen und an das Institut in die Inffeldgasse geliefert.

In zwei Fällen weicht die fertige Konstruktion vom Plan in Abbildung 1 ab:

Für die Träger wurde die vollständige vorhandene Länge der Balkenteile des Hauptträgers von je 320 cm beibehalten, anstatt diese auf 300 cm abzulängen. Das Rähm der Fachwerkwand wurde entsprechend auf eine Gesamtlänge von 640 cm angepasst.

Die Streben der Fachwerkwand weisen zu der sie tragenden mittleren Stütze einen Winkel von ca. 24° auf, welcher somit ein wenig größer ist als ursprünglich geplant. Als Resultat sind die Abstände zwischen den Schwalbenschwanz und Zapfenverbindungen im Rähm kürzer geworden.

Die Stützenfüße sind noch nicht abgelängt, somit ist die gesamte Konstruktion 5 cm höher als geplant. Dies muss vor dem finalen Aufbau mit der Montage der Stützenfüße angepasst werden. Der überarbeitete Plan der vollendeten Konstruktion ist im Anhang zu finden.

Abschließend muss die Dachkonstruktion fertig geplant werden, um mit der Montage des Holzregales an seinem vorgesehenen Platz beginnen zu können.

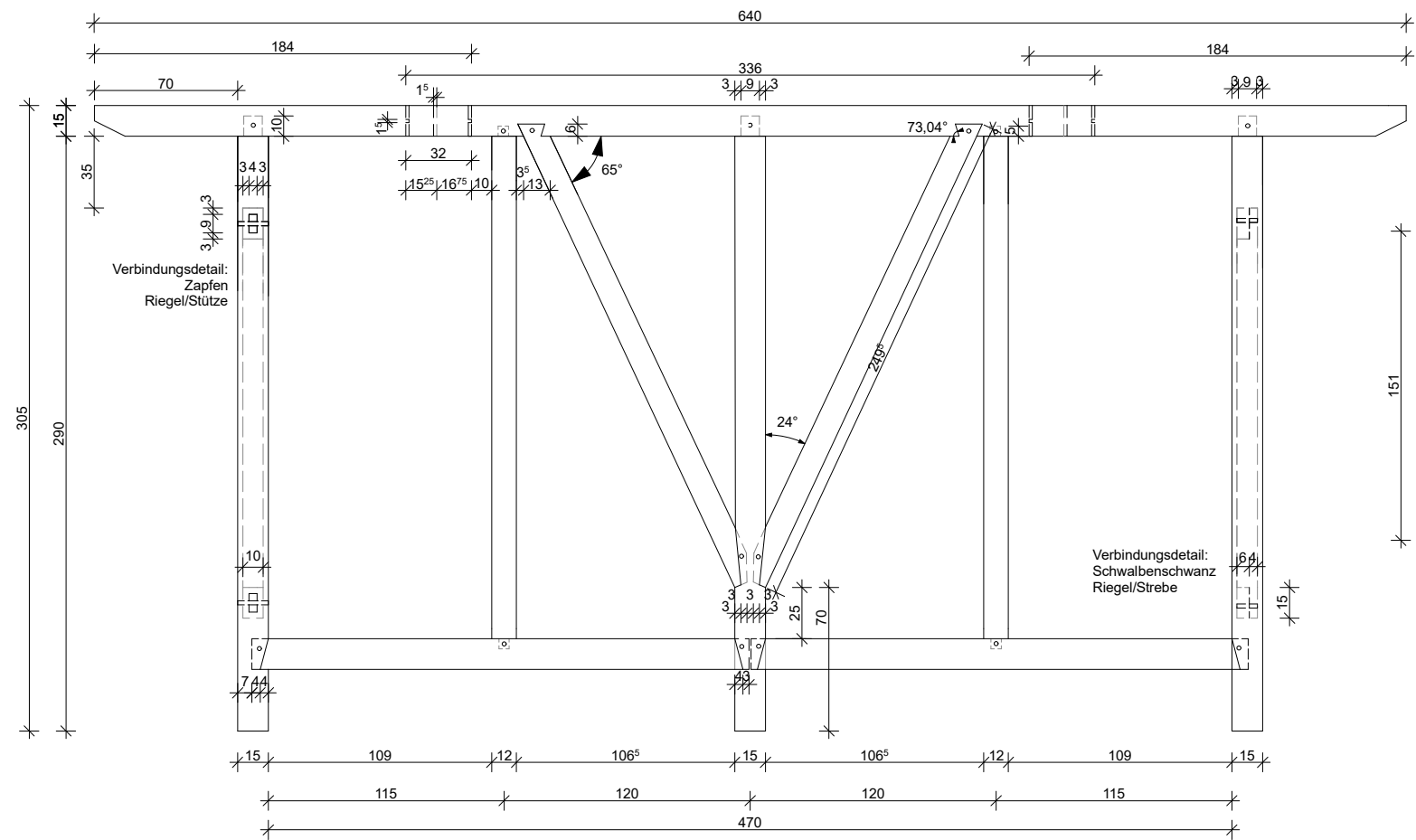


Abbildung 12: Oben: Rückbau der Konstruktion, die geteilten Runddübel werden wiederverwendet. Unten: Der Bausatz trifft in der Inffeldgasse ein.

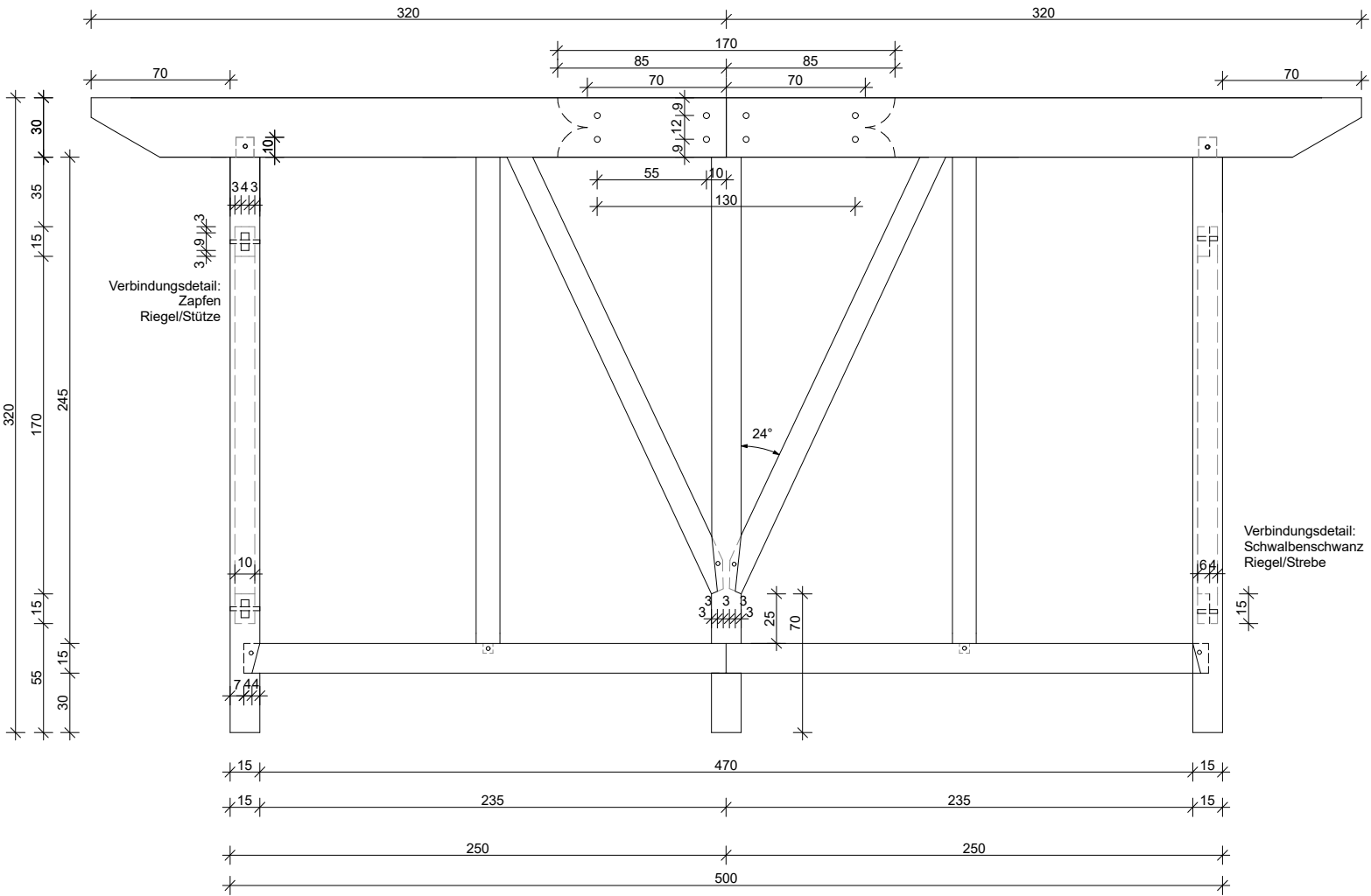


Abbildung 13: Auch eine Besichtigung der Holz-Europabrücke in St. Georgen ob Murau ist ein Pflichttermin des Holzbaupraktikums.

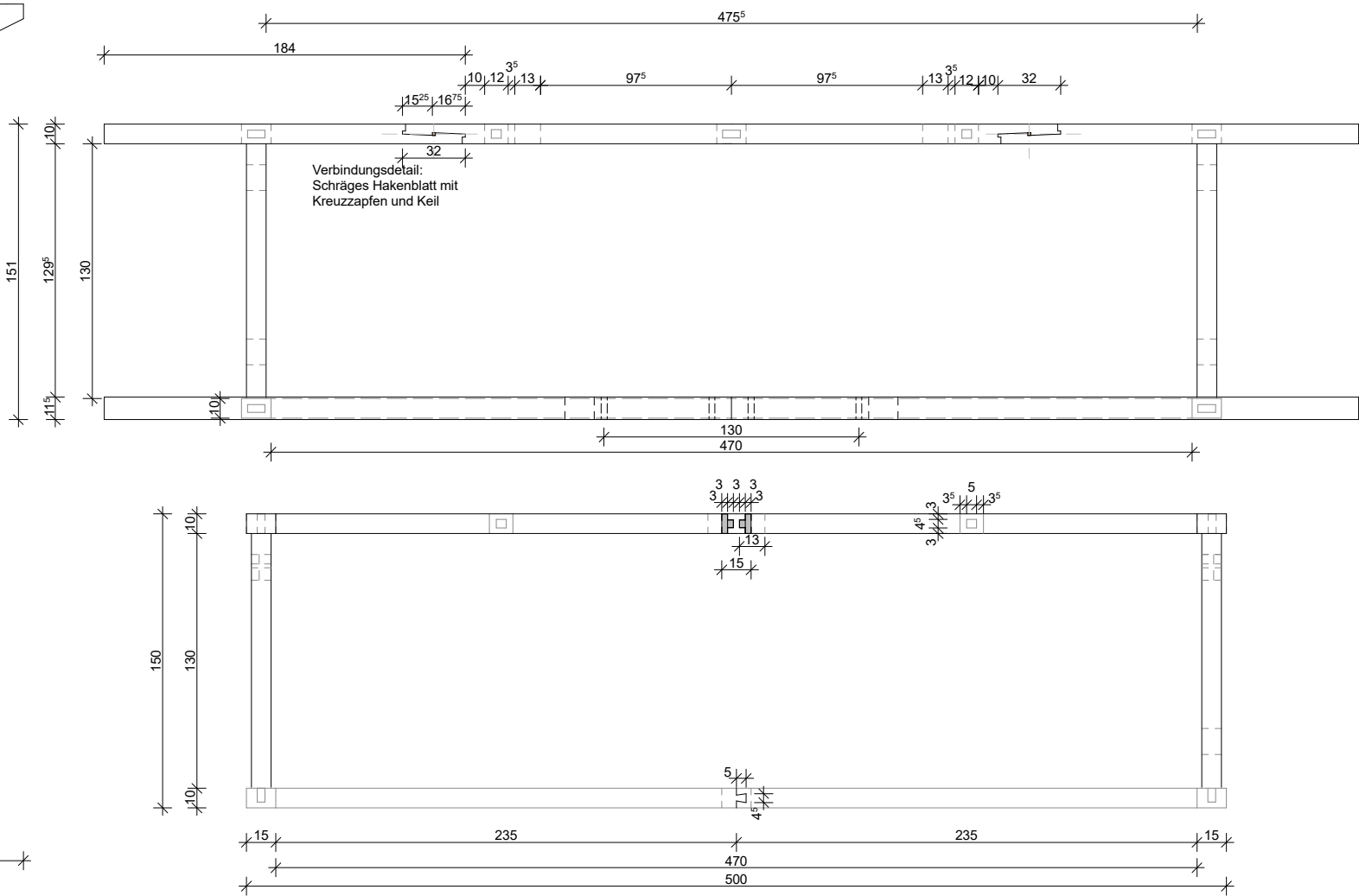
Schnitt: Fachwerkwand frontal



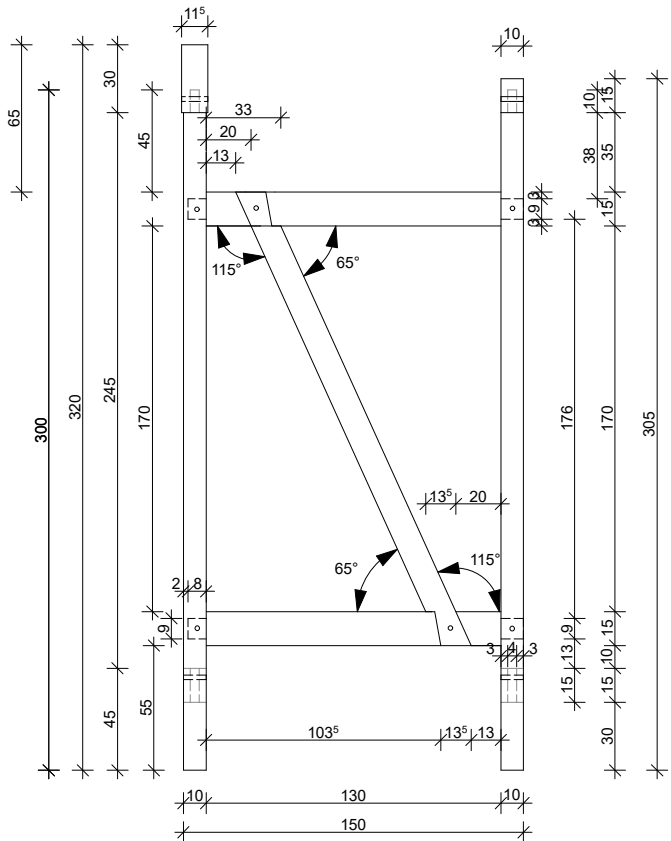
Ansicht: Front mit Hauptträger



Ansicht: von Oben



Schnitt: von Oben



Seitenansicht

Plan Nummer	Planinhalt Holzregal	Maßstab 1:30	Plangröße 420x297
01	Projekt LV Holzbaupraktikum 1 2025	Datum 10.06.2024	
	 	Zeichner Florian Wieser	

Position: (Neue Position)

Lasten aus Wind und Schnee (x64) LWS+ 02/24D (FRILO R-2024-2/P07)

System**Basiswerte**

Land Österreich
 Schnee-Norm ÖNORM B 1991-1-3:2022-05-15
 Wind-Norm ÖNORM B 1991-1-4:2019-07

Gemeinde 8010 Graz
 Geländehöhe h_{NN} = 360.00 m
 Quelle Gefahrenwerte: © hora.gv.at, 2023

Geländekategorie Kategorie II

(Eine Gemeindezuordnung ist in den Schnee- und Windnormen nicht rechtsverbindlich geregelt!)

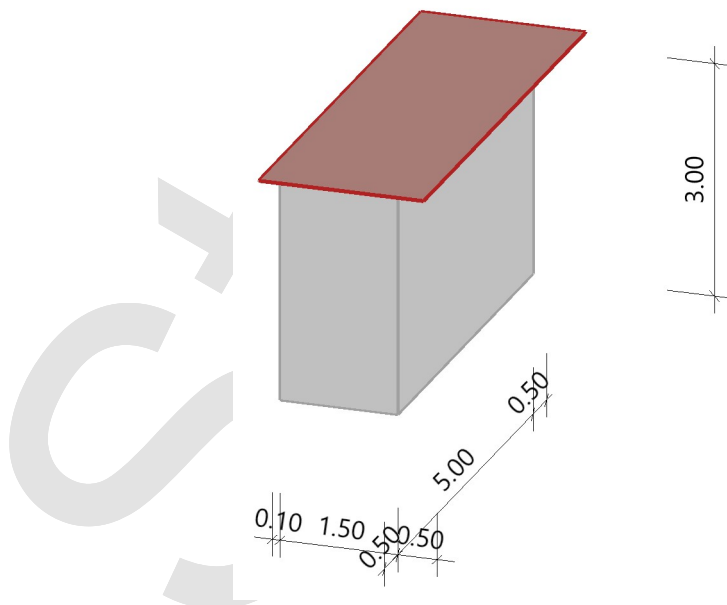
Beachten Sie, dass innerhalb der Zonengrenzen Sonderregelungen möglich sind - einbaubar über benutzerdefinierte Werte.
 Im Zweifelsfall ist der größere Wert maßgebend.

Beiwerte

Faktor für Schneetrauflast $k = 3.00$

Geometrie Flachdach

Gebäudehöhe	$h = 3.00$ m	
Gebäuelänge	$l = 5.00$ m	
Gebäudebreite	$b = 1.50$ m	
mit Flachdach - scharfkantig		
Dachneigung	$\alpha_{li} = 0.0^\circ$	
Überstand	$\ddot{u}_{li} = 0.10$ m	$\ddot{u}_{re} = 0.50$ m
Überstand	$\ddot{u}_1 = 0.50$ m	$\ddot{u}_2 = 0.50$ m
Dachbreite/länge	$dx = 2.10$ m	$dy = 6.00$ m

Grafik**Lasten**

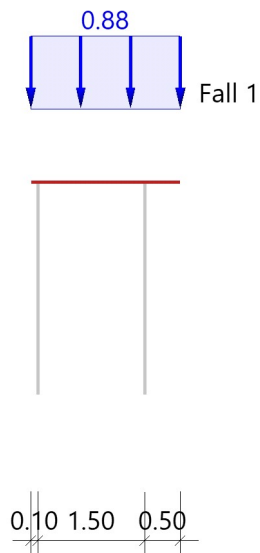
Bodenschneelast	$s_k = 1.10$ kN/m ²
Basiswindgeschwindigkeit	$v_{b0} = 20.4$ m/s
Basisgeschwindigkeitsdruck	$q_{b0} = 0.26$ kN/m ²
Referenzhöhe	$z_e = 3.00$ m
Geschwindigkeitsstaudruck	$q_{p,0}(h) = 0.46$ kN/m ²
Geschwindigkeitsstaudruck	$q_{p,90}(h) = 0.46$ kN/m ²
Geschwindigkeitsstaudruck	$q_{p,90}(b) = 0.46$ kN/m ²

Quelle Gefahrenwerte: © hora.gv.at, 2023

Ergebnisse

Schnee

Grafik, Querschnitt



Tabelle, Querschnitt

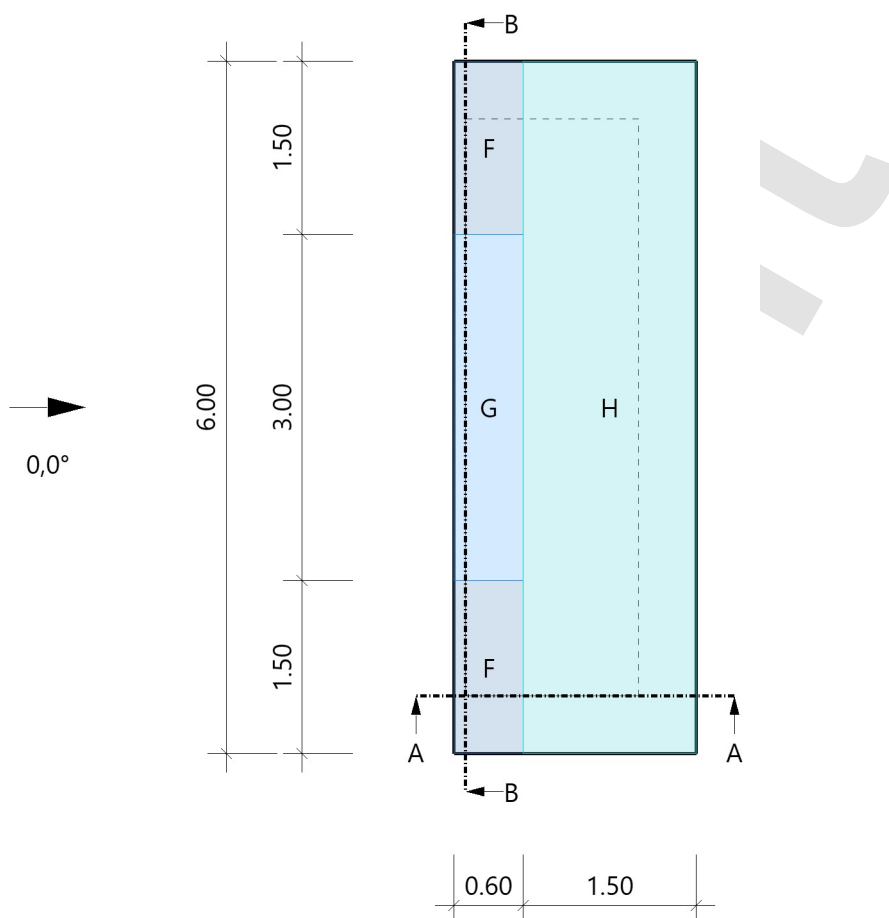
Sit	μ	S_i [kN/m ²]	$S_{e,li}$ [kN/m]	$S_{e,re}$ [kN/m]
P/T	0.80	0.88		
Alle Werte sind charakteristische Werte. Sit: P/T=persistent/transient, excp=exceptional				

Wind

Hinweis

Die Windlasten werden immer auf Basis des Winddruckbeiwert-Verfahrens ermittelt.
Diese Windlasten sind für die Bauteilbemessung relevant!

Grafik, 0°, Draufsicht



Tabelle, 0°, Draufsicht

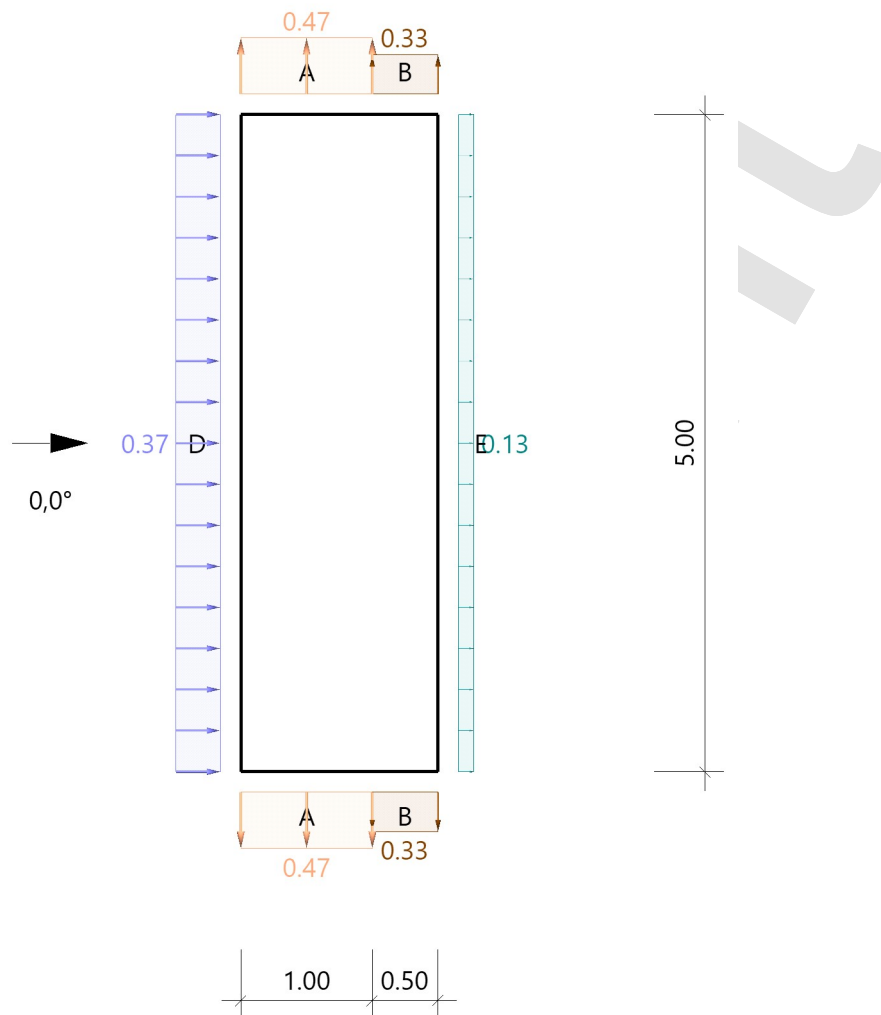
Referenzeinflußbreite $e = 6.00 \text{ m}$

Bereich	Bauteil	$C_{pe,10+}$	$C_{pe,10-}$	$C_{pe,1+}$	$C_{pe,1-}$	$W_{e,10+}$ [kN/m ²]	$W_{e,10-}$ [kN/m ²]	$W_{e,1+}$ [kN/m ²]	$W_{e,1-}$ [kN/m ²]	l_x [m]	l_y [m]
F	DF	0.00	-1.80	0.00	-2.50	0.00	-0.83	0.00	-1.16	0.60	1.50
G	DF	0.00	-1.20	0.00	-2.00	0.00	-0.56	0.00	-0.93	0.60	3.00
H	DF	0.00	-0.70	0.00	-1.20	0.00	-0.32	0.00	-0.56	1.50	6.00

Alle Werte sind charakteristische Werte.

An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen.

Grafik, 0°, Schnitt durch die Wände



Lasteinzugsfläche für die grafische Darstellung = 10.00 m²

Tabelle, 0°, Schnitt durch die Wände

Referenzeinflußbreite $e = 5.00 \text{ m}$

Verhältnis $h/d = 2.000$

$h/b = 0.600$

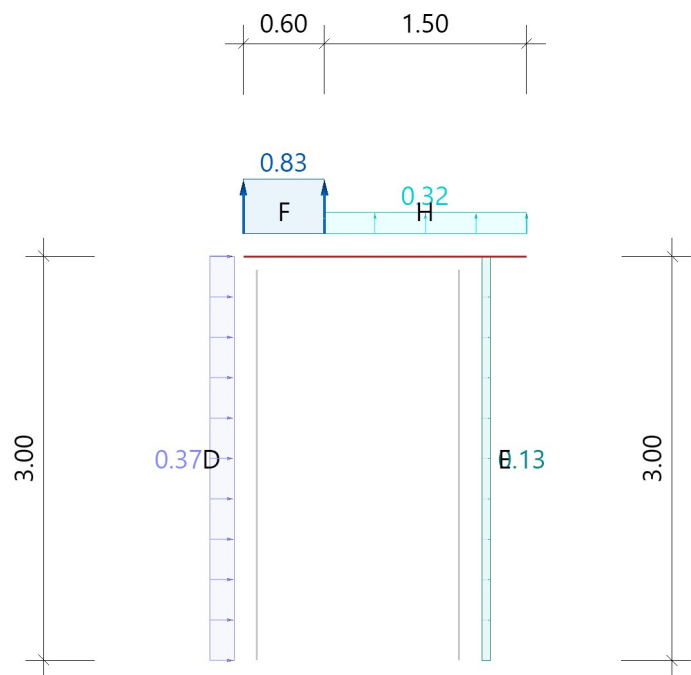
$d/b = 0.300$

Bereich	Bauteil	Cpe,10+	Cpe,10-	Cpe,1+	Cpe,1-	We,10+ [kN/m ²]	We,10- [kN/m ²]	We,1+ [kN/m ²]	We,1- [kN/m ²]	lx [m]	ly [m]
D	Wand links ¹	0.80	0.00	1.00	0.00	0.37	0.00	0.46	0.00		5.00
E	Wand rechts	0.00	-0.28	0.00	-0.35	0.00	-0.13	0.00	-0.16		5.00
A	Wand vorne ²	0.00	-1.01	0.00	-1.27	0.00	-0.47	0.00	-0.59	1.00	
B	Wand vorne ²	0.00	-0.71	0.00	-0.89	0.00	-0.33	0.00	-0.41	0.50	

Alle Werte sind charakteristische Werte.

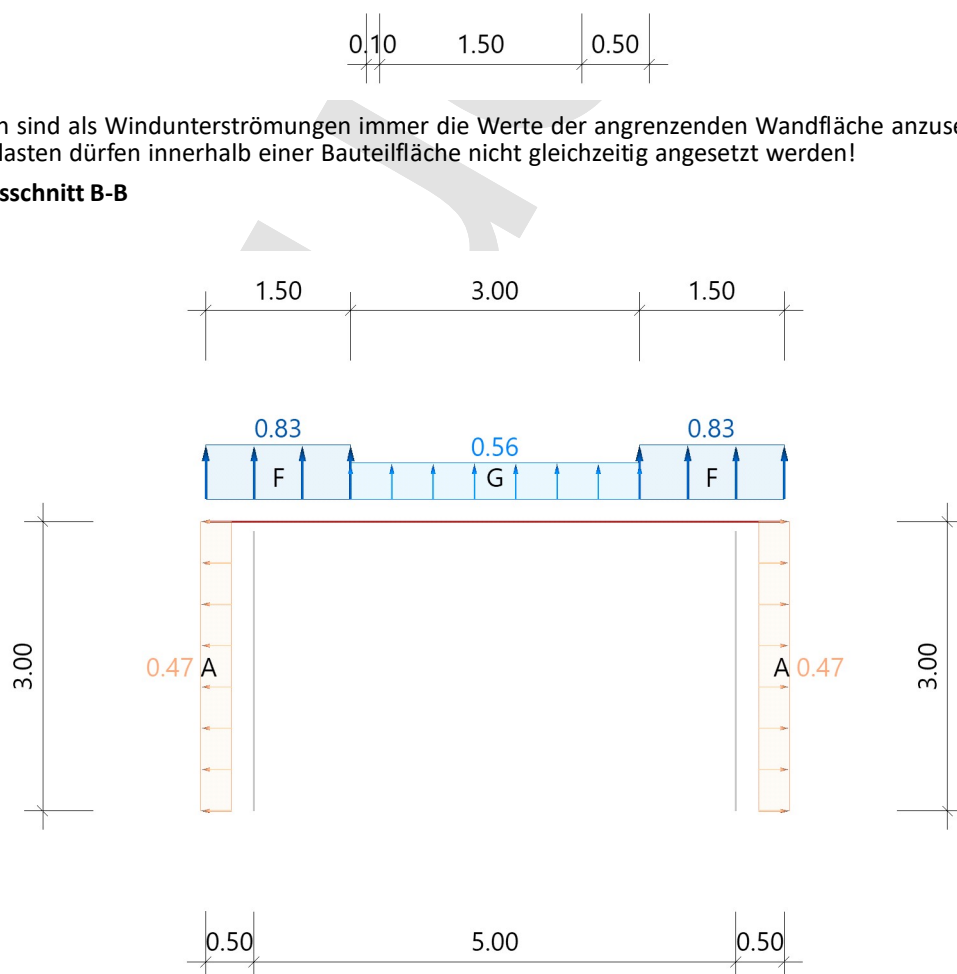
- 1 : für die luvseitige Wand gilt die Bezugshöhe z_e nach Bild 7.4
 2 : Wand hinten enthält die gleichen Werte

Grafik, 0°, Querschnitt A-A



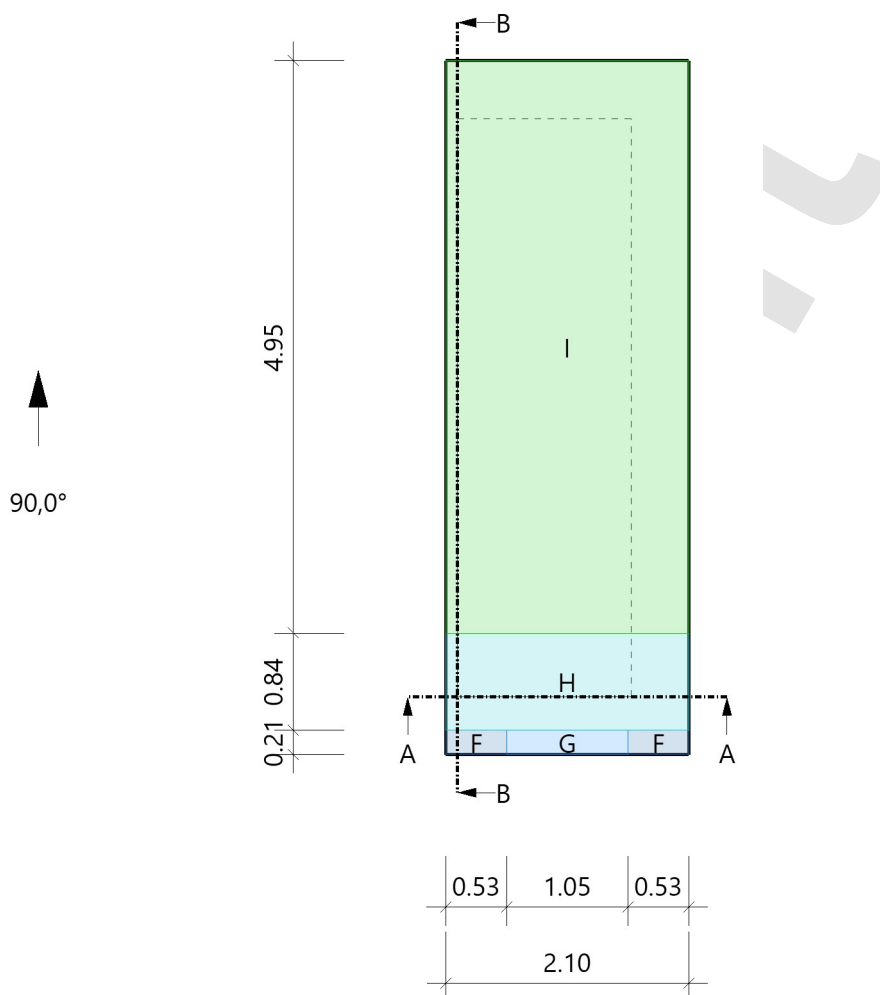
An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen. Druck- und Soglasten dürfen innerhalb einer Bauteilfläche nicht gleichzeitig angesetzt werden!

Grafik, 0°, Längsschnitt B-B



An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen. Druck- und Soglasten dürfen innerhalb einer Bauteilfläche nicht gleichzeitig angesetzt werden!

Grafik, 90°, Draufsicht



Tabelle, 90°, Draufsicht

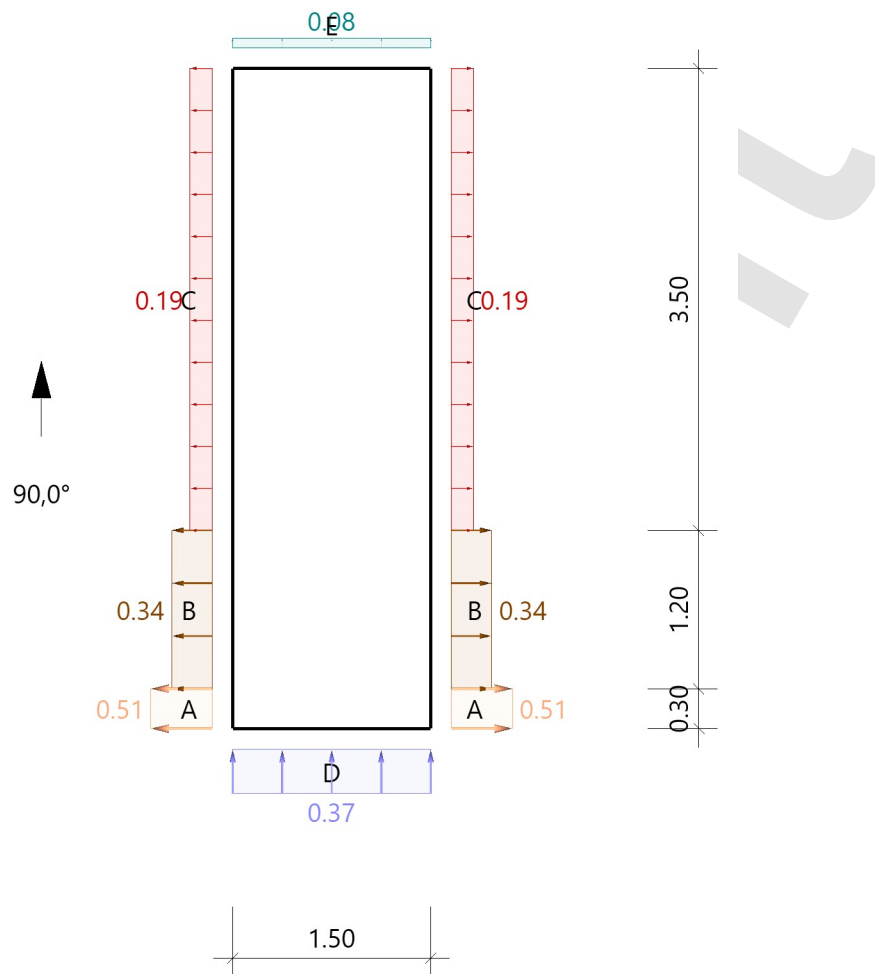
Referenzeinflußbreite $e = 2.10 \text{ m}$

Bereich	Bauteil	$C_{pe,10+}$	$C_{pe,10-}$	$C_{pe,1+}$	$C_{pe,1-}$	$W_{e,10+}$ [kN/m ²]	$W_{e,10-}$ [kN/m ²]	$W_{e,1+}$ [kN/m ²]	$W_{e,1-}$ [kN/m ²]	l_x [m]	l_y [m]
F	DF	0.00	-1.80	0.00	-2.50	0.00	-0.83	0.00	-1.16	0.53	0.21
G	DF	0.00	-1.20	0.00	-2.00	0.00	-0.56	0.00	-0.93	1.05	0.21
H	DF	0.00	-0.70	0.00	-1.20	0.00	-0.32	0.00	-0.56	2.10	0.84
I	DF	0.20	-0.20	0.20	-0.20	0.09	-0.09	0.09	-0.09	2.10	4.95

Alle Werte sind charakteristische Werte.

An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen.

Grafik, 90°, Schnitt durch die Wände



Lasteinzugsfläche für die grafische Darstellung = 10.00 m²

Tabelle, 90°, Schnitt durch die Wände

Referenzeinflußbreite $e = 1.50 \text{ m}$

Verhältnis $h/d = 0.600$

$h/b = 2.000$

$d/b = 3.333$

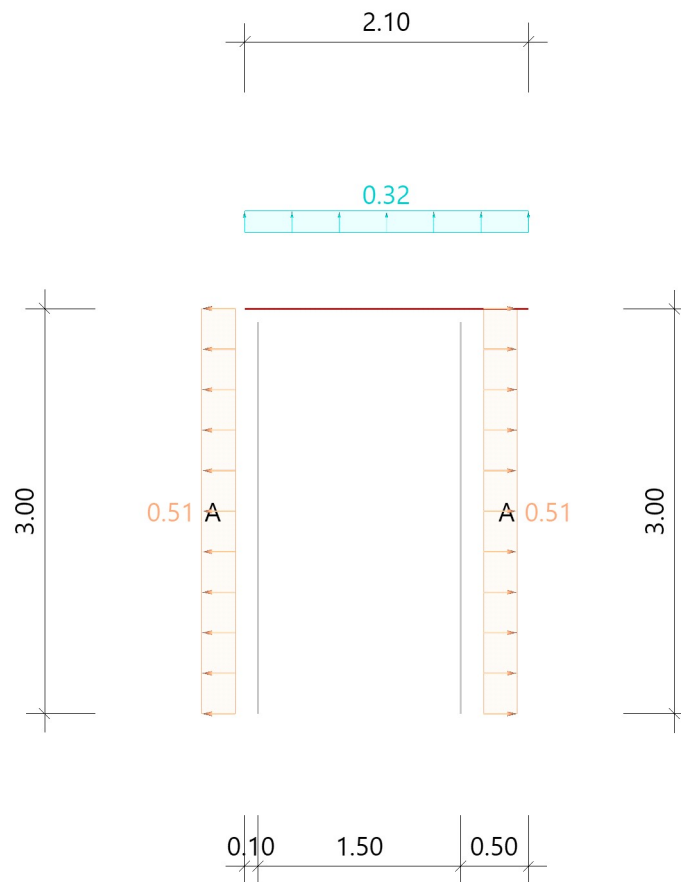
Bereich	Bauteil	Cpe,10+	Cpe,10-	Cpe,1+	Cpe,1-	We,10+ [kN/m ²]	We,10- [kN/m ²]	We,1+ [kN/m ²]	We,1- [kN/m ²]	lx [m]	ly [m]
D (>1.50 m) ¹	Wand vorne	0.80	0.00	1.00	0.00	0.37	0.00	0.46	0.00	1.50	
D (<=1.50 m) ¹	Wand vorne	0.80	0.00	1.00	0.00	0.37	0.00	0.46	0.00	1.50	
E	Wand hinten	0.00	-0.18	0.00	-0.22	0.00	-0.08	0.00	-0.10	1.50	
A	Wand links ²	0.00	-1.10	0.00	-1.38	0.00	-0.51	0.00	-0.64		0.30
B	Wand links ²	0.00	-0.73	0.00	-0.91	0.00	-0.34	0.00	-0.42		1.20
C	Wand links ²	0.00	-0.40	0.00	-0.50	0.00	-0.19	0.00	-0.23		3.50

Alle Werte sind charakteristische Werte.

¹ : für die luvseitige Wand gilt die Bezugshöhe z_e nach Bild 7.4

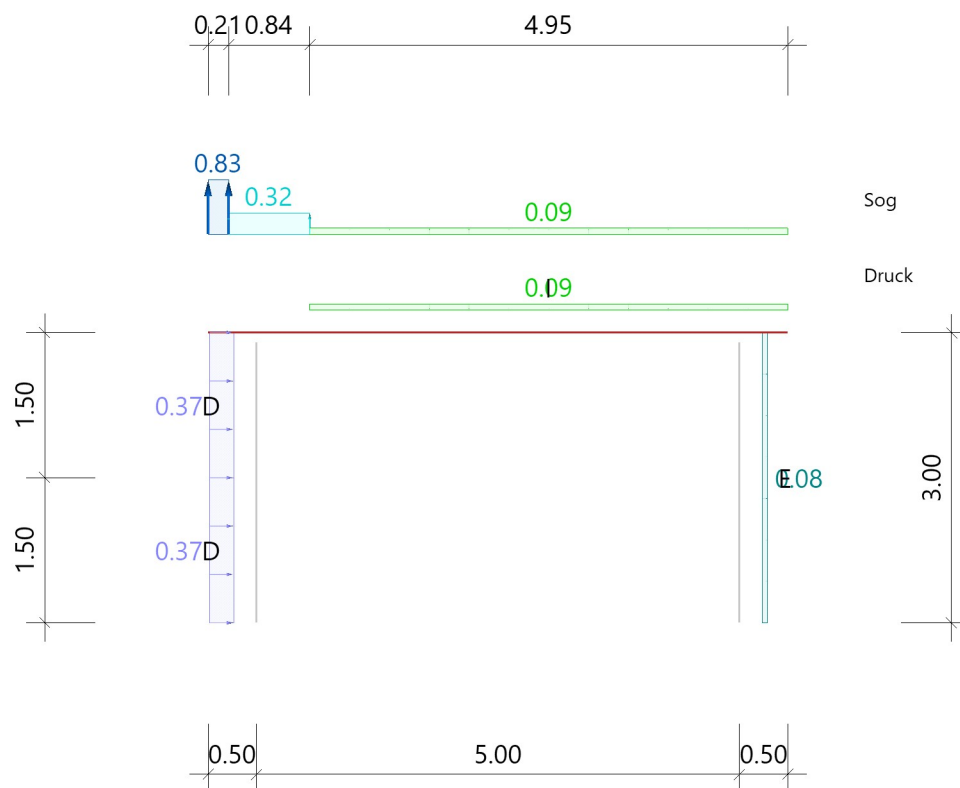
² : Wand rechts enthält die gleichen Werte

Grafik, 90°, Querschnitt A-A



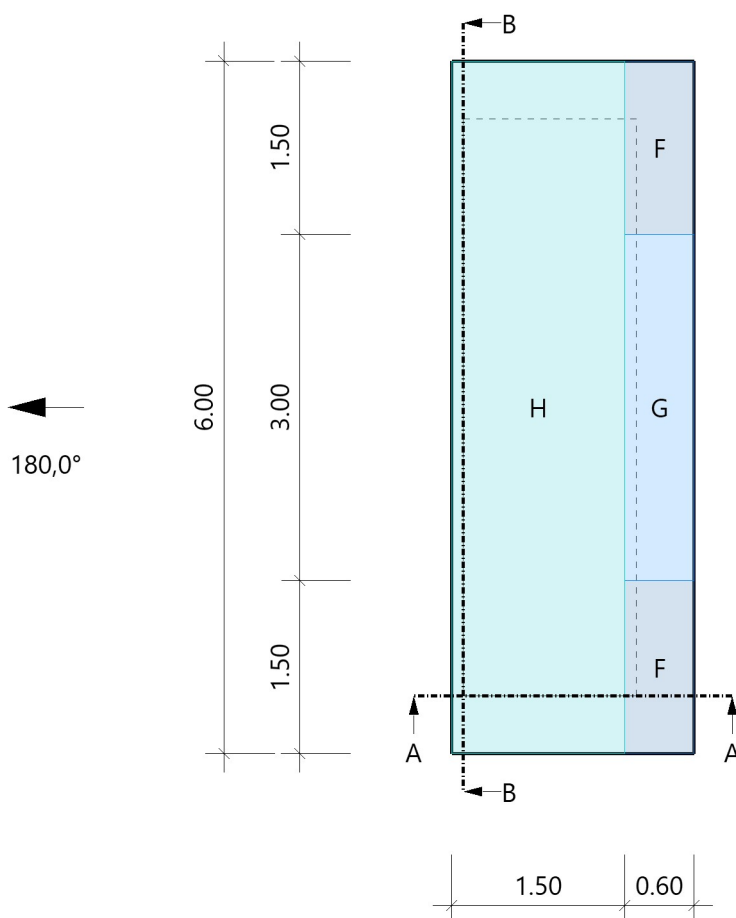
An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen. Druck- und Soglasten dürfen innerhalb einer Bauteilfläche nicht gleichzeitig angesetzt werden!

Grafik, 90°, Längsschnitt B-B



An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen. Druck- und Soglasten dürfen innerhalb einer Bauteilfläche nicht gleichzeitig angesetzt werden!

Grafik, 180°, Draufsicht



Tabelle, 180°, Draufsicht

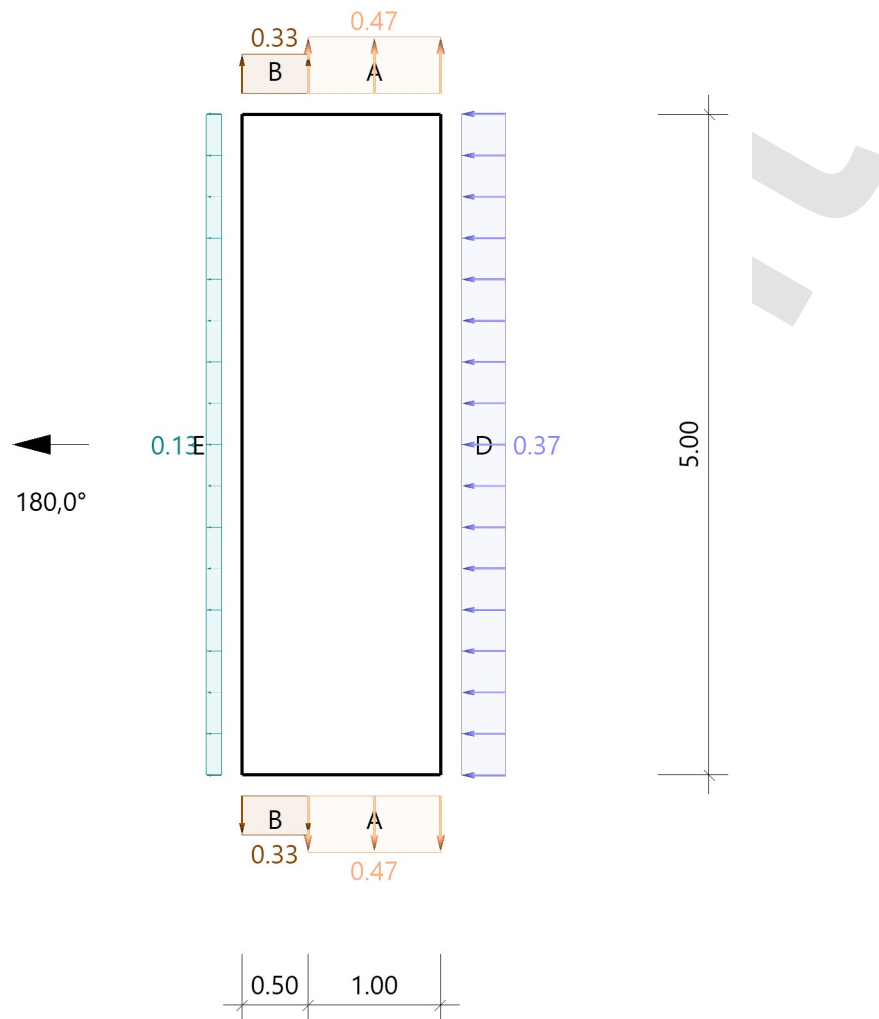
Referenzeinflußbreite $e = 6.00 \text{ m}$

Bereich	Bauteil	$C_{pe,10+}$	$C_{pe,10-}$	$C_{pe,1+}$	$C_{pe,1-}$	$W_{e,10+}$ [kN/m ²]	$W_{e,10-}$ [kN/m ²]	$W_{e,1+}$ [kN/m ²]	$W_{e,1-}$ [kN/m ²]	l_x [m]	l_y [m]
F	DF	0.00	-1.80	0.00	-2.50	0.00	-0.83	0.00	-1.16	0.60	1.50
G	DF	0.00	-1.20	0.00	-2.00	0.00	-0.56	0.00	-0.93	0.60	3.00
H	DF	0.00	-0.70	0.00	-1.20	0.00	-0.32	0.00	-0.56	1.50	6.00

Alle Werte sind charakteristische Werte.

An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen.

Grafik, 180°, Schnitt durch die Wände



Lasteinzugsfläche für die grafische Darstellung = 10.00 m²

Tabelle, 180°, Schnitt durch die Wände

Referenzeinflußbreite $e = 5.00 \text{ m}$

Verhältnis $h/d = 2.000$

$h/b = 0.600$

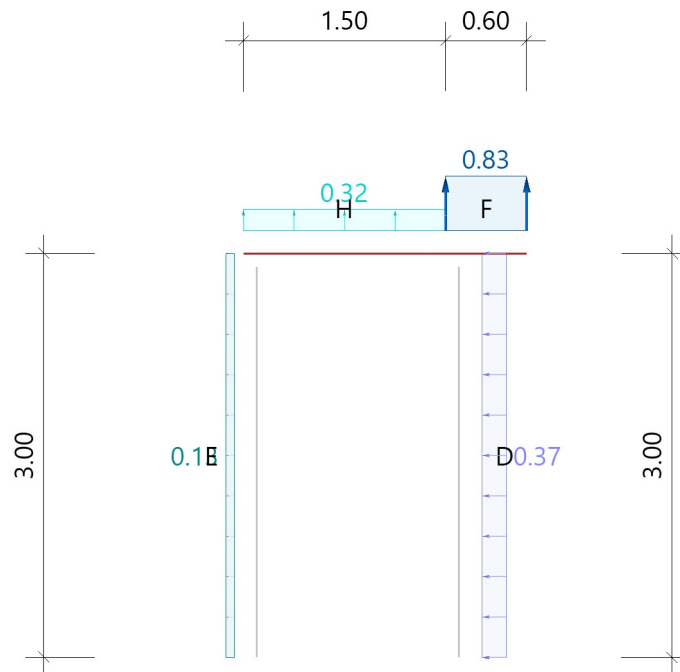
$d/b = 0.300$

Bereich	Bauteil	$C_{pe,10+}$	$C_{pe,10-}$	$C_{pe,1+}$	$C_{pe,1-}$	$W_{e,10+}$ [kN/m ²]	$W_{e,10-}$ [kN/m ²]	$W_{e,1+}$ [kN/m ²]	$W_{e,1-}$ [kN/m ²]	l_x [m]	l_y [m]
D	Wand rechts	0.80	0.00	1.00	0.00	0.37	0.00	0.46	0.00		5.00
E	Wand links	0.00	-0.28	0.00	-0.35	0.00	-0.13	0.00	-0.16		5.00
A	Wand vorne	0.00	-1.01	0.00	-1.27	0.00	-0.47	0.00	-0.59	1.00	
B	Wand vorne	0.00	-0.71	0.00	-0.89	0.00	-0.33	0.00	-0.41	0.50	

Alle Werte sind charakteristische Werte.

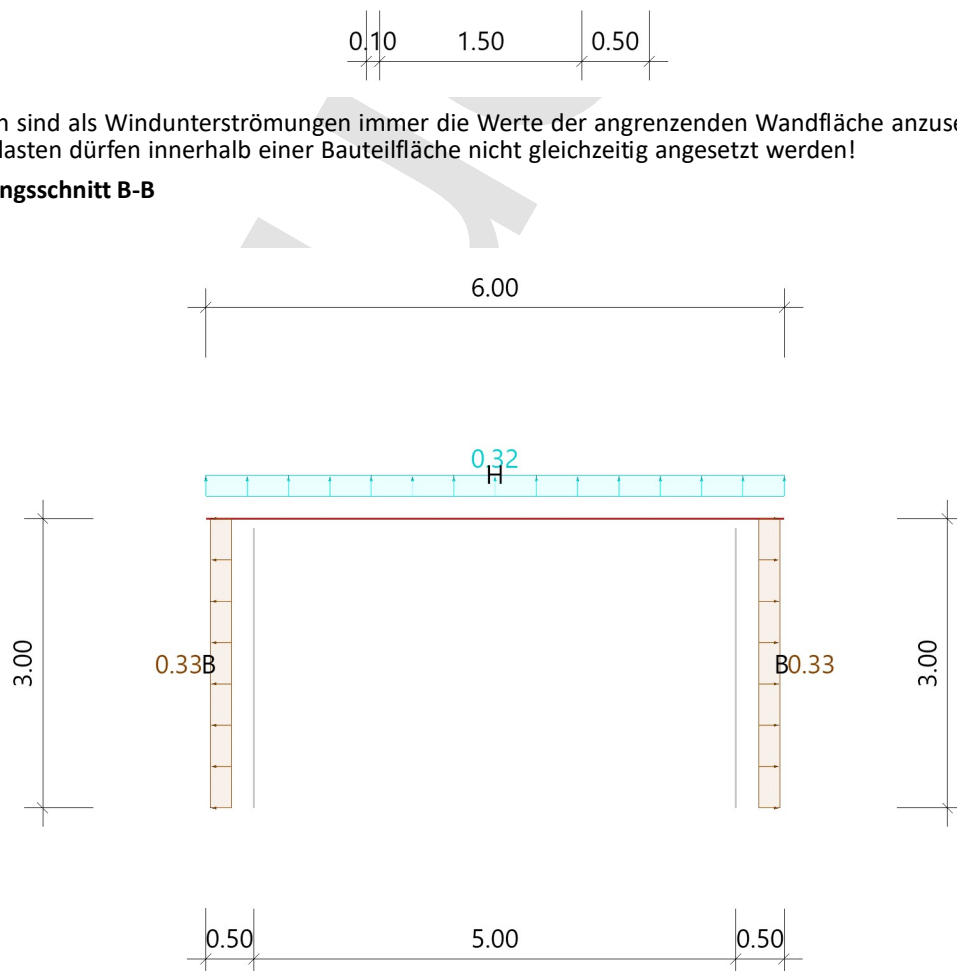
- 1 : für die luvseitige Wand gilt die Bezugshöhe z_e nach Bild 7.4
 2 : Wand hinten enthält die gleichen Werte

Grafik, 180°, Querschnitt A-A



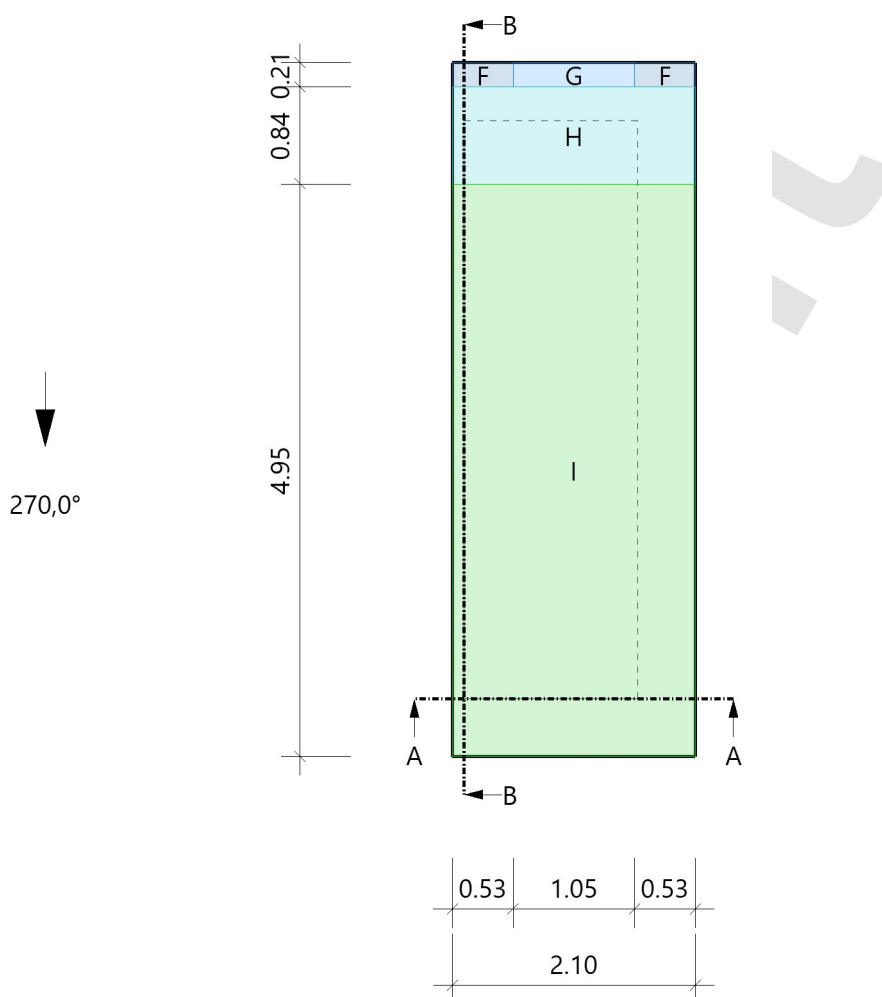
An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen. Druck- und Soglasten dürfen innerhalb einer Bauteilfläche nicht gleichzeitig angesetzt werden!

Grafik, 180°, Längsschnitt B-B



An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen. Druck- und Soglasten dürfen innerhalb einer Bauteilfläche nicht gleichzeitig angesetzt werden!

Grafik, 270°, Draufsicht



Tabelle, 270°, Draufsicht

Referenzeinflußbreite $e = 2.10 \text{ m}$

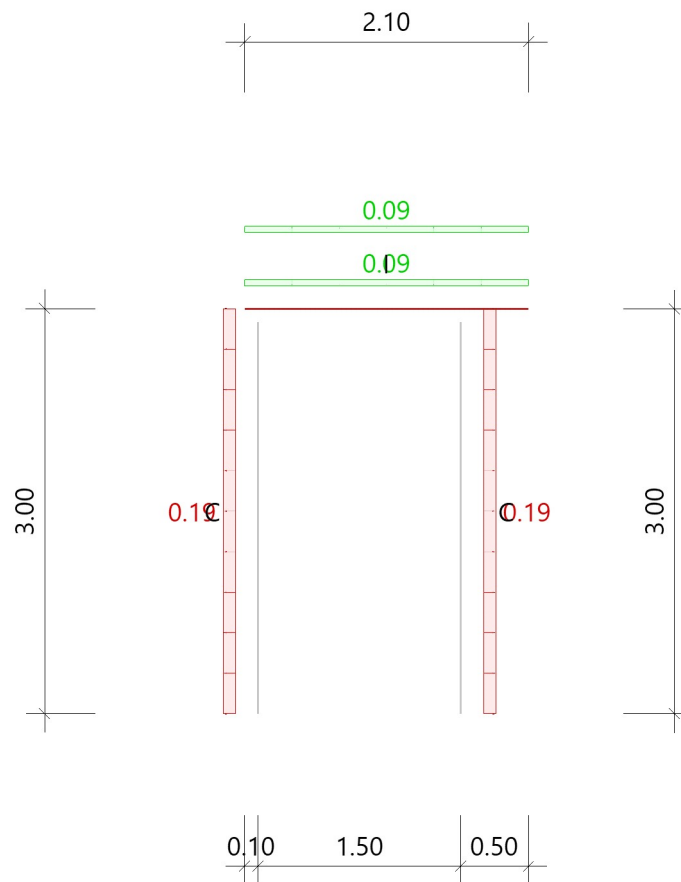
Bereich	Bauteil	$C_{pe,10+}$	$C_{pe,10-}$	$C_{pe,1+}$	$C_{pe,1-}$	$W_{e,10+}$ [kN/m ²]	$W_{e,10-}$ [kN/m ²]	$W_{e,1+}$ [kN/m ²]	$W_{e,1-}$ [kN/m ²]	l_x [m]	l_y [m]
F	DF	0.00	-1.80	0.00	-2.50	0.00	-0.83	0.00	-1.16	0.53	0.21
G	DF	0.00	-1.20	0.00	-2.00	0.00	-0.56	0.00	-0.93	1.05	0.21
H	DF	0.00	-0.70	0.00	-1.20	0.00	-0.32	0.00	-0.56	2.10	0.84
I	DF	0.20	-0.20	0.20	-0.20	0.09	-0.09	0.09	-0.09	2.10	4.95

Alle Werte sind charakteristische Werte.

An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen.

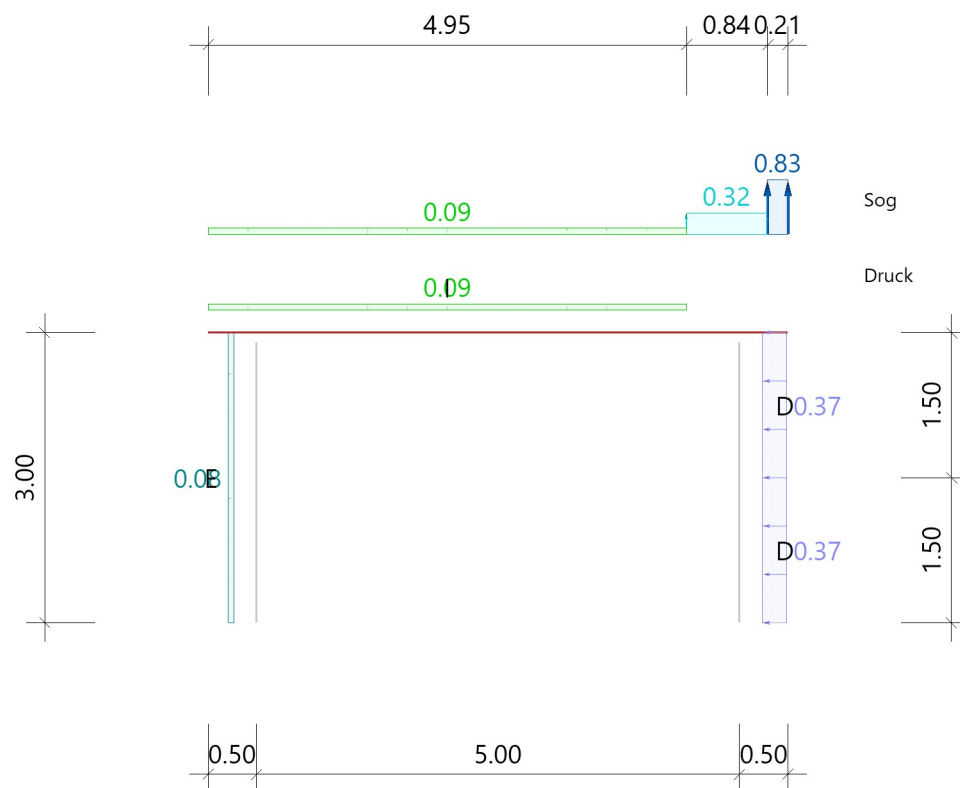
1 : für die luvseitige Wand gilt die Bezugshöhe z_e nach Bild 7.4
2 : Wand rechts enthält die gleichen Werte

Grafik, 270°, Querschnitt A-A



An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen. Druck- und Soglasten dürfen innerhalb einer Bauteilfläche nicht gleichzeitig angesetzt werden!

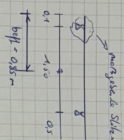
Grafik, 270°, Längsschnitt B-B



An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen.
Druck- und Soglasten dürfen innerhalb einer Bauteilfläche nicht gleichzeitig angesetzt werden!

Bemessung: Stütz maßgebend:

Dach: Lastverteilung: Einflusssbreite

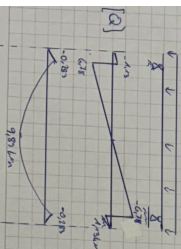


Eingewinkelte Dach: $4.8 \frac{1}{\%} \cdot 0.05 \cdot 0.85 = 0.204 \frac{1}{\%}$
 Eingewinkelte Kräfte: $5.5 \frac{1}{\%} \cdot 0.30 \cdot 0.40 = 0.465 \frac{1}{\%}$
 Stütze: $0.88 \frac{1}{\%} \cdot 0.85 = 0.735 \frac{1}{\%}$
 Wind: $0.83 \frac{1}{\%} \cdot 0.85 = 0.714 \frac{1}{\%}$

S	bemessl	1	2
S ₀	0.5	1	1
S ₀ c	0.7	1.35 [0.204 + 0.465] + 4.5 \cdot 0.75 = 1.635	2.32
S ₀ w	0.7	1.35 [0.204 + 0.465] + 4.5 \cdot 0.74 = 1.57	2.24
S ₀ w (S ₀)	0.7	1.0 [0.204 + 0.465] + 1.5 \cdot 0.74 = 1.634 (S ₀)	2.24
S ₀ + S ₀ + w	0.7	1.35 [0.204 + 0.465] + 4.5 \cdot 0.75 + 4.5 \cdot 0.74 + 0.6 = 2.264	2.264
S ₀ + w + S	0.7	1.35 [0.204 + 0.465] + 1.5 \cdot 0.74 + 4.5 \cdot 0.75 + 0.5 = 2.13	3.04

$P_d = 2.26 \frac{1}{\%}$

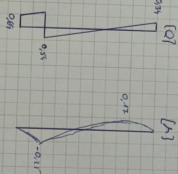
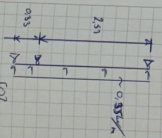
$A_v \cdot B_v = 7.94 \text{ kV}$



#ftkkaerten

Wind: kurze Seite:

$w_{ind} = 0.77 \cdot \frac{1.20}{2} = 0.35 \frac{1}{\%}$



$\frac{1}{b} = \frac{1.50}{100} = \frac{1.5}{30} \checkmark \rightarrow k_{red} = 1.0$

$k_{c} = 1.0$

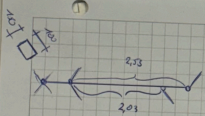
$\lambda_y = \frac{2.53 \cdot 1.0}{0.283 \cdot 150} = 18.4$
 $\lambda_z = \frac{2.03 \cdot 1.0}{0.283 \cdot 100} = 70.14$

$\rightarrow [k_c \approx 0.68]$

$R_{red} = 150 \cdot 100 - (100 \cdot 50 + 10 \cdot 40) = 9200$

$\frac{7.94 \cdot 10^3}{9200} = 0.86 \frac{1}{\%} \leq \frac{26 \cdot 0.7}{1.13} \cdot 0.68 = 9.14 \frac{1}{\%}$

$\frac{0.68 \cdot 1.0 \cdot 1}{6} = 0.09 + 0.10 = 0.20 \leq 1.0 \checkmark$



$\frac{1.0 \cdot 26 \cdot 0.7}{1.13}$

#ftkkaerten

Bemessung HT unter:

Lastaufstellung: $900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \underbrace{[1,0 \cdot 1,2 \cdot 4,0]}_{\substack{\text{Rohrleiste Eisen mass} \\ \text{Holzpackl}}} \cdot 2 = 8640 \text{ kg}$

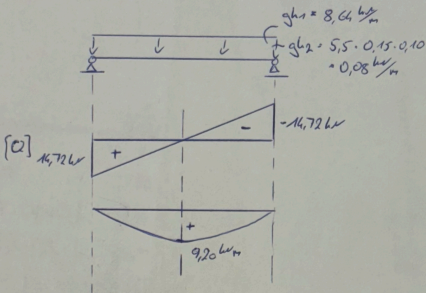
$$\frac{8640 \text{ kg}}{2} = 4320 \text{ kg}$$

Haupttrage

$$\frac{4320 \text{ kg}}{5,0 \text{ m}} = 864 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 8,64 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Länge HT

Statisches System:



Einfeldträger der kein Biegesteife Verbund möglich?

$$pd = 1,35 \cdot [8,64 + 0,08] = 11,77 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Nachweis:

Normalspannung: $\sigma = \frac{9,20 \cdot 10^6}{\frac{100 \cdot 150^3}{6}} = 24,53 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \frac{0,55 \cdot 24,0}{1,25} = 10,56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times$

h_{nat} (Lageschliff, NKL 3)

→ Auflager Abstand muss halbiert werden! → $(= \frac{2,50}{2} = 1,25 \text{ m})$

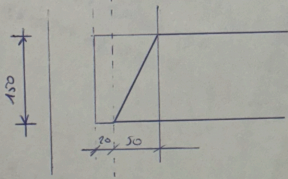
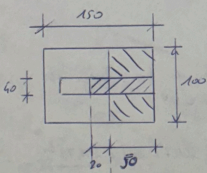
$$M_{\text{max, Feld}} = \frac{11,77 \cdot 1,25^2}{8} = 2,30 \text{ kNm}$$

Normalspannung: $\sigma = \frac{2,30 \cdot 10^6}{\frac{100 \cdot 150^3}{6}} = 6,13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 10,56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \checkmark$

$$Q_{\text{max}} = \frac{11,77 \cdot 1,25}{2} = 7,4 \text{ kN}$$

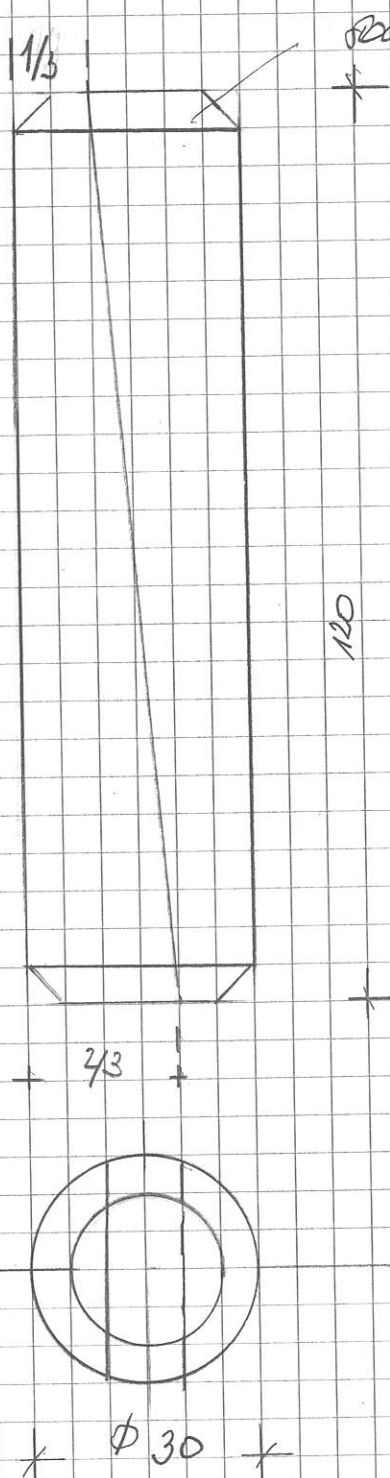
$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{7,4 \cdot 10^3}{100 \cdot 150} = 0,74 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \frac{0,55 \cdot 2,5}{1,25} = 1,1 \checkmark$$

Auflage pressing



$$\frac{7,4 \cdot 10^3}{100 \cdot 50 + 20 \cdot 40} = 1,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 1,5 \cdot \frac{2,5 \cdot 0,55}{1,25} = 1,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \checkmark$$

$h_{c,90}$



Breiter anfangen

20 Stk Breiter Runddübel
konisch geteilt

1:1

Maße in mm

X-fix
wood connector

X-fix wood connector GmbH
Lamnitz 8, A - 9833 Rangersdorf
office@x-fix.at | www.x-fix.at
UID: ATU37503000

26. Feb. 2025

[Signature]

Forschungs - Versuchprojekt
der
TU Graz

Institut für Holzbau und
Holztechnologie

ELBS Morau

Lieferung, an Kottenlos an:

TU Graz

zmd Florian Nierer

Infokarte 24/1

80 TO GRAZ