

K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

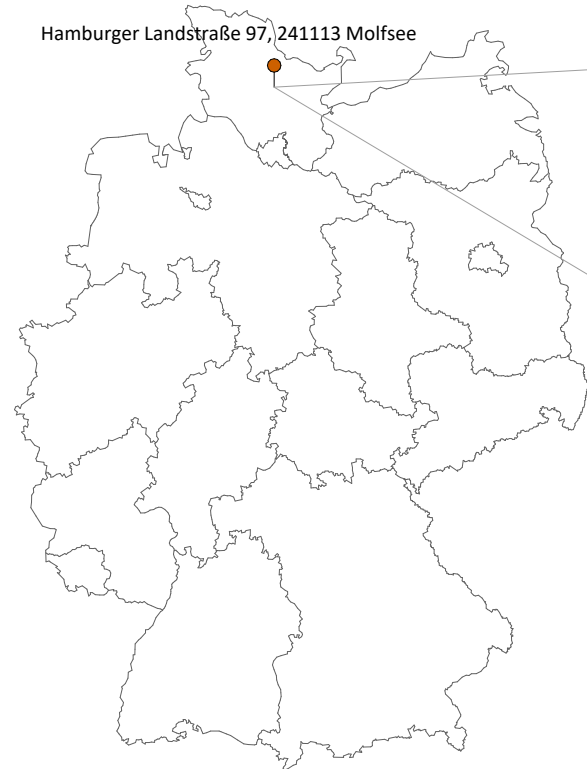
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwurf und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

Hamburger Landstraße 97, 241113 Molfsee



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl.-Ing. Arch. Berthold Scharrer

Adresse | address

Freilichtmuseum
Hamburger Landstraße 97,
D - 24113 Molfsee, Schleswig – Holstein

Baujahr | year of construction

2021

Größe | size

3.295 m² BGF

Bauherr | client

Stiftung Schleswig – Holsteinische
Landesmuseen Schloss Gottorf
D – 24837 Schleswig

Architekten | architects

ppp architekten + Stadtplaner
D – 23552 Lübeck

Landschaftsarchitekten | landscape architects

Bruun & Möllers GmbH & Ko.KG
D – 20099 Hamburg

Tragwerksplanung | static

Horn + Horn
D – 24537 Neumünster

Detailstatik | detailed statics

Sblumer ZT GmbH, Samuel Blumer
A – 8042 Graz

Holzbau | wood construction

Holzbau Amann GmbH
D – 79809 Weilheim – Bannholz

TGA Planung | Technical building equipment planning

Planungsgruppe KMO
D – 23701 Eutin

Nominierungen | awards

DAM Preis 2022
Dt. Fassadenpreis 2022

Gruppe 6 | Christina Maria Flores Quintanilla | Lina Haase | Clara Horn | Dennis Pleyer

Lageplan | site plan | 1:1000



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

Städtebauliches Konzept

Das 1965 eröffnete Freilichtmuseum in Molfsee südlich von Kiel beschäftigt sich mit der Alltags- und Kulturgeschichte von Schleswig-Holstein zwischen dem 16. und 20. Jahrhundert.

Der Neubau am Südrand des Museumsgeländes, bestehend aus zwei Baukörpern, ergänzt den Bestand um neue Räume für Dauer- und Sonderausstellungen, wobei das Erdgeschoss des Hauptgebäudes als neue Empfangshalle des Museums fungiert. Im Erdgeschoss des Nebengebäudes finden sich hingegen Bereiche für Bildung und Vermittlung sowie Werkstätte zur Vorbereitung der Ausstellungen wieder.

Die strahlenförmige Anordnung des neu angelegten Parkplatzes führt unmittelbar in Richtung Gebäude. Auch Bus- und Fahrradstellplätze stehen genügend zur Verfügung.

Auf einem leicht erhöhtem Terrain positionieren sich die beiden V-förmig gespreizten Baukörper zueinander und lassen einen großzügigen Museumsplatz entstehen. Auf diese Weise öffnet sich der Blick zu den historischen Exponaten und wird zum Mitglied der Museumslandschaft.

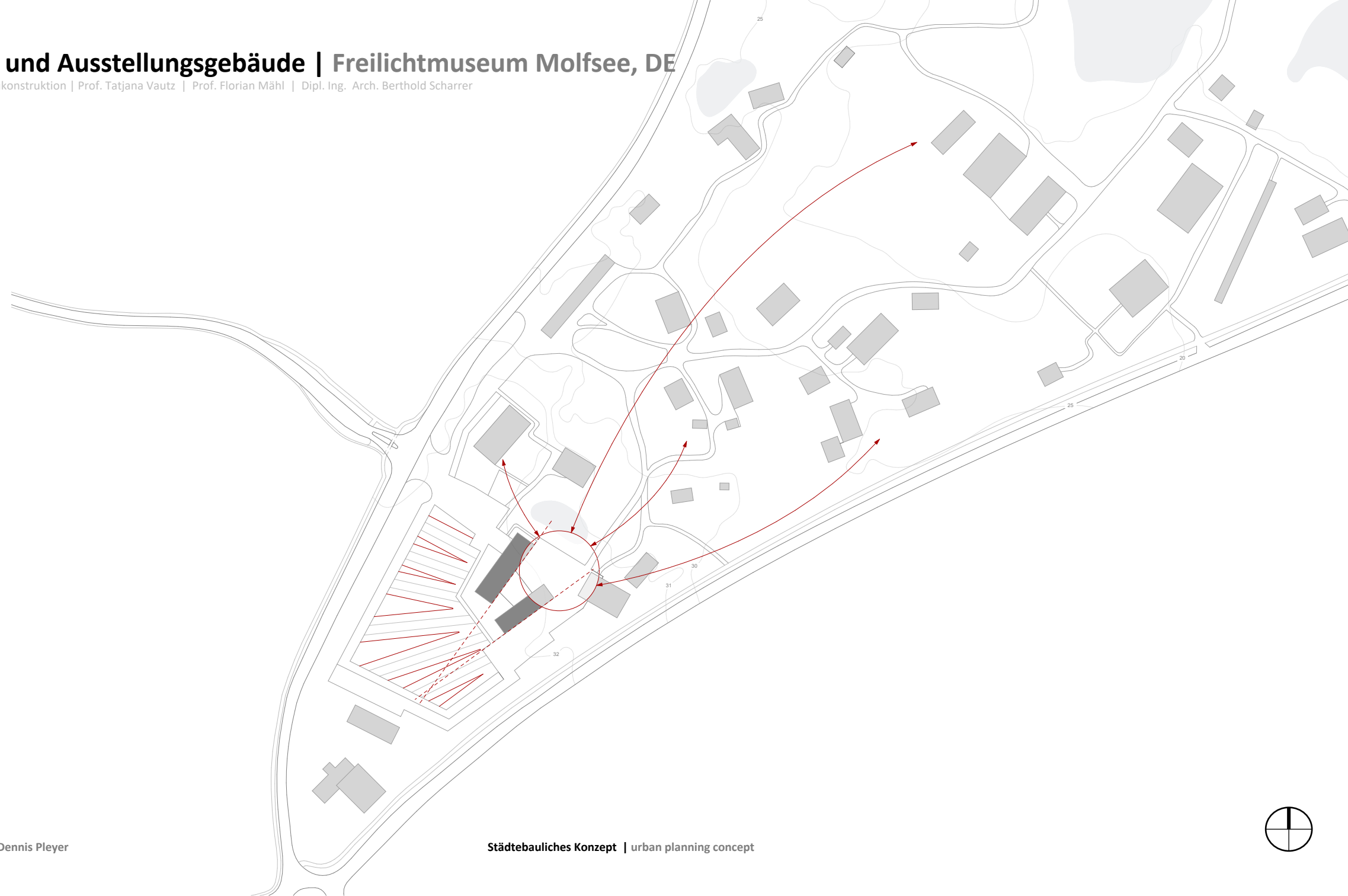
Urban planning concept

Opened in 1965, the open-air museum in Molfsee south of Kiel focuses on the everyday and cultural history of Schleswig-Holstein between the 16th and 20th centuries.

The new building on the southern edge of the museum grounds, consisting of two structures, supplements the existing building with new rooms for permanent and special exhibitions, whereby the ground floor of the main building functions as the museum's new entrance hall. The ground floor of the annex, on the other hand, houses areas for education and outreach as well as workshops for preparing exhibitions.

The radial arrangement of the newly created car park leads directly towards the building. There are also plenty of bus and bicycle parking spaces.

On a slightly elevated terrain, the two V-shaped structures are positioned in relation to each other, creating a generous museum square. In this way, the view opens up to the historical exhibits and becomes a member of the museum landscape.



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



Architektonisches Konzept

Das neue Eingangs- und Ausstellungsgebäude fügt sich als heterogenes Körperpaar durch Form, Konstruktion und Materialität wie selbstverständlich in die Museumslandschaft ein. Die äußere Erscheinung knüpft an das Motiv der traditionellen Bauernhäuser und Scheunen, schließt aber mit zeitgemäßer Formgebung, den Bogen zur heutigen Zeit.

Neubau und Bestand treten dabei in den Dialog. So erinnert die Cortenstahlhülle an die großvolumigen Reetdächer und der Sichtestrich an die Stampflehböden. Nur der Beton, in den Wänden und als Stützvorgabe der Dachkonstruktion, stellt den zeitlichen Bezug her.

Um den gleichen Maßstab beizubehalten und alle drei Funktionsbereiche - Empfangsgebäude, Ausstellung und Kulturvermittlung - zusammenzubringen, verlegte man die Ausstellungsräume in das Untergeschoss. Von außen sichtbar bleiben zwei scheinbar eingeschossige Baukörper, die kaum größer sind als der Bestand. Die Ausstellungsflächen platzieren sich ringförmig um einen verglasten Innenhof, der letztlich beide Bauten miteinander verbindet. Über diesen und durch Oberlichtbänder im Dachfirst gelangt genug Tageslicht in die Innenräume.

Das hölzerne Tragwerk im Inneren ähnelt der Dachkonstruktion historischer Scheunen. Die Form des Rauten-Fachwerks stellt eine Weiterentwicklung traditioneller Zimmermannskonstruktionen dar, welches einen stützenfreien und großen Raum ermöglicht.

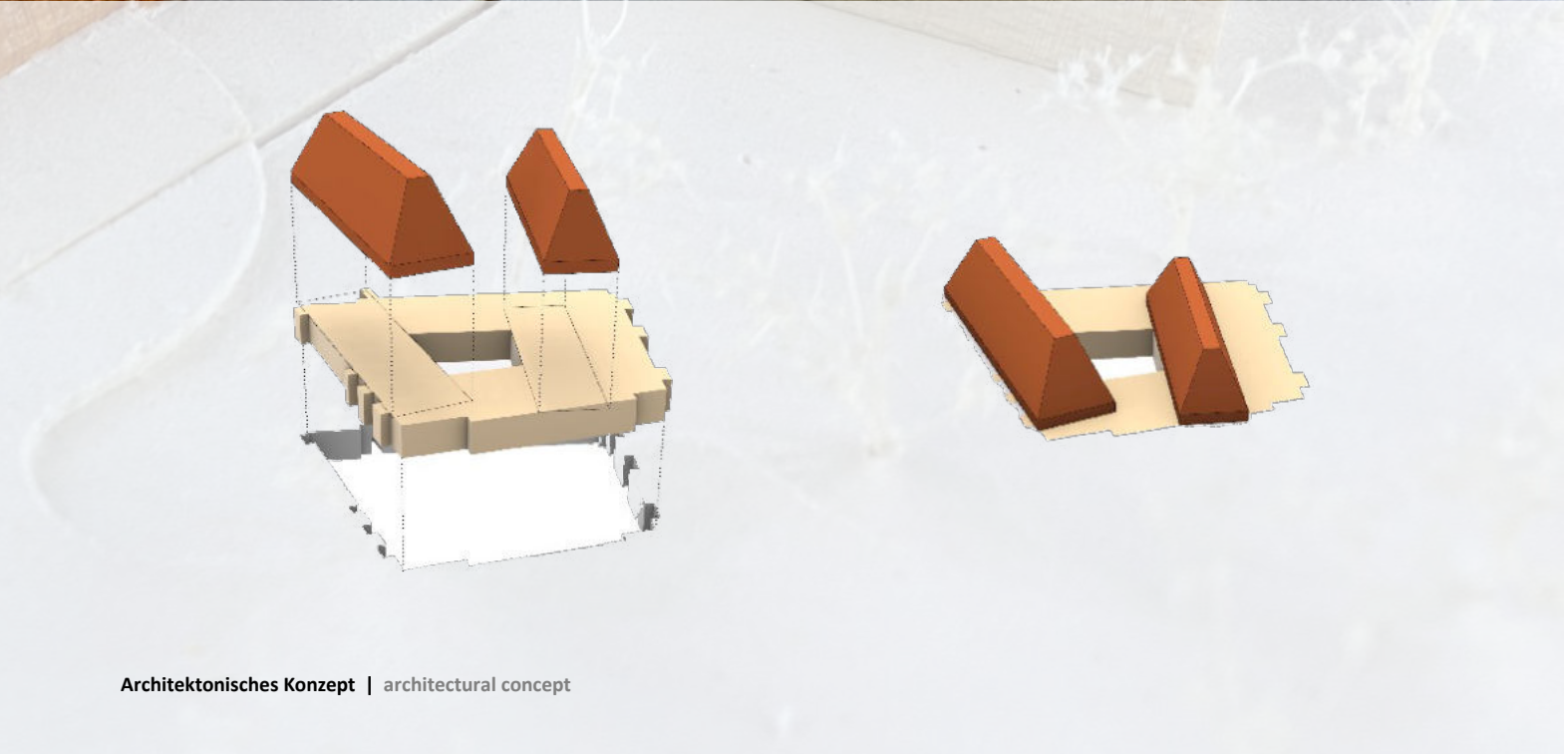
Architectural concept

The new entrance and exhibition building fits naturally into the museum landscape as a heterogeneous pair of volumes through its form, construction and materiality. The outer appearance is based on the motif of traditional farmhouses and barns, but with a contemporary design, it bridges the gap to the present time.

New construction and existing buildings enter into dialogue. The corten steel shell is reminiscent of the large-volume thatched roofs and the exposed screed of the rammed earth floors. Only the concrete, in the walls and as a support for the roof structure, establishes the temporal reference.

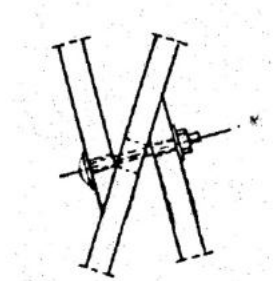
In order to maintain the same scale and bring together all three functional areas - reception building, exhibition and cultural education - the exhibition rooms were moved to the basement. Visible from the outside are two apparently single-storey structures that are hardly larger than the existing building. The exhibition spaces are arranged in a ring around a glazed inner courtyard that ultimately connects the two buildings. Through this courtyard and through skylight strips in the roof ridge, enough daylight enters the interior spaces.

The wooden supporting structure inside resembles the roof construction of historical barns. The shape of the rhombus framework represents a further development of traditional carpentry constructions, which allows for a large room without supports.



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



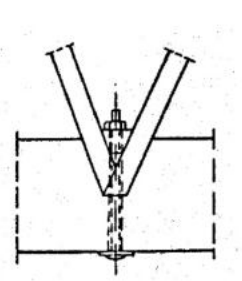
Zollinger-Knotenpunkt

Historischer Hintergrund

Im Zuge der entstehenden Wohnungsnot während der Kriegsjahre, entwickelte der Merseburger Architekt und Stadtbaumeister Friedrich Reinhard Balthasar Zollinger (1880-1945) das nach ihm benannte Zollinger Dach. Aufgrund der Knappheit an Baumaterial suchte man nach einer Holzsparenden Lösung und Selbsthilfebauweise zum Errichten von Dachwerken. Die Entwicklung zielte auf typisierte Konstruktionen für die fabrikmäßige Massenherstellung: **leicht, schnell** und **kostengünstig**. Die Zollinger Dächer gelten heute als Ausdruck der Baukultur aus den 1920er Jahren.

Konstruktion

Bei dem Zollinger Dach handelt es sich um ein Tonnengewölbe in Lamellenbauweise. Ausgangspunkt für die Geometrie stellte das Konstruktionsprinzip des Bogen-Bohlenbinders nach L'Orme dar. Zollinger klappte die Bretter eines zweilagigen Bogen-Bohlenbinders abwechselnd nach links und rechts auf. Auf diese Weise entstand ein alternierendes Rauten-Netzwerk. Jeder Knotenpunkt wird dabei mit einer durchlaufenden und zwei, mithilfe eines Schifter Schnitts, gestoßenen Lamelle gebildet. Zugbeanspruchte Schraubbolzen verbinden durch ein Langloch in Stabmitte alle drei Lamellen miteinander. Oberhalb dieser befindet sich die Beplankung mittels Bretterschalung, die der Aussteifung in Längsrichtung dient. Die Auflager werden durch Fußpfetten gebildet, welche entsprechend V-förmige Vertiefungen für die unterste Lamellenlage haben. Mithilfe von Bolzenverbindungen erfolgt die Kraftübertragung und durch Füllhölzer die Lagesicherung. Für Giebelbinder hinterließ Zollinger das L'Orme Konstruktionsprinzip unverändert.



Zollinger-Auflager

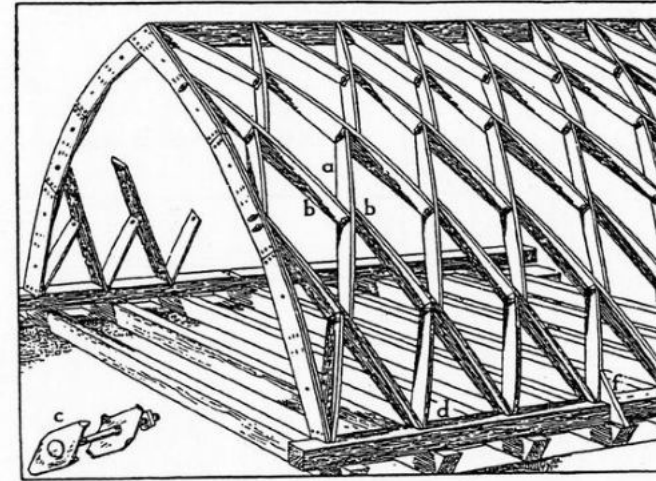
Historical background

In the course of the developing housing shortage during the war years, the Merseburg architect and city architect Friedrich Reinhard Balthasar Zollinger (1880-1945) developed the Zollinger roof named after him. Due to the shortage of building materials, a wood-saving solution and self-help construction method for erecting roof structures was sought. The development aimed at typified constructions for factory mass production: light, fast and inexpensive. Today, the Zollinger roofs are considered an expression of the building culture of the 1920s.

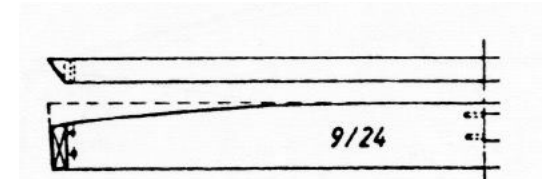
Construction

The Zollinger roof is a barrel vault in lamella construction. The starting point for the geometry was the construction principle of the arched plank truss according to L'Orme. Zollinger folded the boards of a two-layer arched plank truss alternately to the left and right. In this way, an alternating diamond network was created. Each node is formed with one continuous lamella and two lamellae butted with the aid of a Schifter cut. Tension-loaded bolts connect all three lamellas to each other through an oblong hole in the center of the bar. Above these is the planking by means of plank formwork, which serves to stiffen the structure in the longitudinal direction. The supports are formed by foot purlins, which have corresponding V-shaped recesses for the lowest lamella layer. Bolt connections are used to transmit forces and filler timbers are used to secure the position. Zollinger left the L'Orme design principle unchanged for gable trusses.

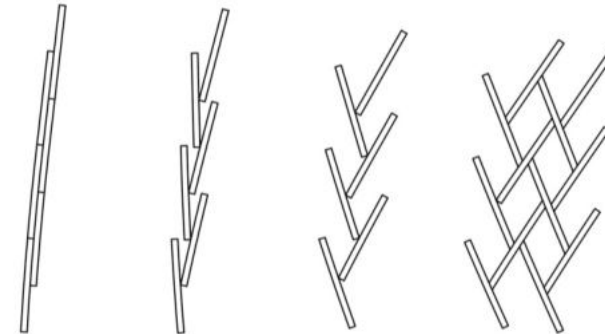
Weitgespannte Holzrippenschalen – ein Werbericht,
Dipl. Ing. Andreas Keil



Dachaufaubau Spitzbogenform



Lamellen Geometrie



Entwicklung des Zollinger Systems (rechts), ausgehende vom Bogen-Bohlenbinder von L'Orme (links)

K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

Schwachstellen der Zollinger Konstruktion

Das Zollinger Dach ist bekannt für seine Vorteile. Eine holzsparende Bauweise, die eine industrielle und gleichzeitig gebäudeunabhängige Vorfertigung in großen Stückzahlen vereint und zudem sehr große und stützenfreie Spannweiten realisierbar macht. Außerdem ist für Montage kein geschultes Fachpersonal nötig, angeleitete Hilfskräfte sind ausreichend.

Mit der Zeit erkannte man jedoch seine Schwachstellen: der **Knotenpunkt** und den **wirtschaftlichen Mehraufwand**.

Das Schwinden des Holzes führt zu einer Lockerung der Verschraubung. Auf diese Weise entsteht eine zusätzliche Beanspruchung im Kontaktbereich an den exzentrischen Stabanschlüssen. Diese drücken wiederum bei Kraftereinwirkung rechtwinklig zur Faser in die Holzstruktur, das zu einer zu hohen Belastung führt. Die große Anzahl von Verbindungsstellen führt letztlich zur Deformation der Gesamtkonstruktion.

Für den Aufbau ist ein räumliches Traggerüst notwendig, da die Konstruktion erst nach Beendigung der Montage einen freistehenden Bogen bildet. Auch die Einzelmontage der Lamellen auf der Baustelle sorgen für einen erheblichen Zeitaufwand und ermöglichen nur einen langsamen Baufortschritt.

Verbesserung der klassischen Zollbauweise durch das ReFlexRoof

Gegenüber der zeitintensiven Einzelmontage der Lamellen setzt man beim *ReFlexRoof* auf einen hohen Vorfertigungsgrad. Die Grundlage bildet die Segmentierung der Geometrie in sogenannte Bogendachsegmente. Die Dachkonstruktion kann gestapelt einfach transportiert und gerüstfrei auf der Baustelle montiert werden. Die veränderte Ausbildung der Knotenverbindungen durch den Mikroversatzknoten sorgt nach dem Prinzip des Formenschlusses für eine materialgerechte Kraftübertragung. Die Stabenden der Brettlamellen haben einen „gebrochenen“ Schifterschnitt. In Bereich der Stabmitte mit Längsversatz in beide Seitenflächen der Lamellen wird eine Kerbe eingearbeitet und bildet die zugehörige Negativ-Form. Metallische Verbindungen sind für die Lagesicherung und dem Querkraftabtrag notwendig. Die Einbaulage ist durch den Versatz jetzt eindeutig definiert, sodass sich die Geometrie beim Einbau der Bauteile wie von selbst einstellt. Die Formschlüssige Fügung sichert ein homogenes Verformungsverhalten.

Textquelle siehe Literaturverzeichnis

Weak points of the Zollinger construction

The Zollinger roof is known for its advantages. A wood-saving construction method that combines industrial and at the same time building-independent prefabrication in large quantities and also makes very large and column-free spans possible. In addition, no trained specialists are needed for assembly, guided assistants are sufficient.

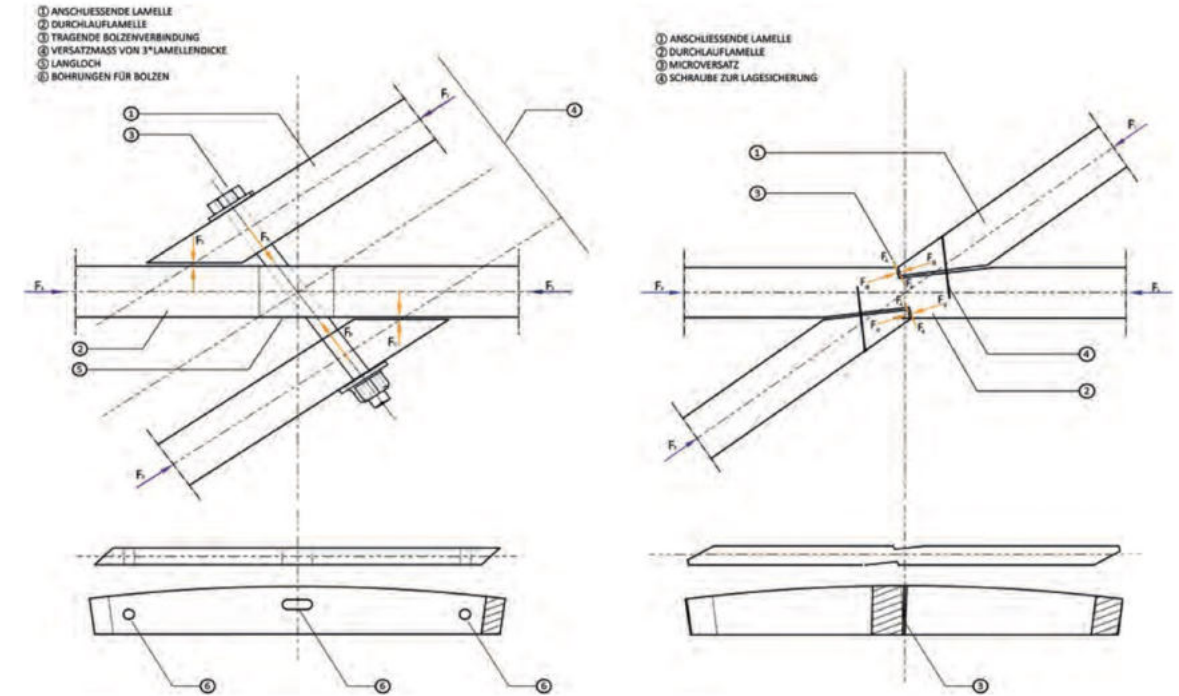
Over time, however, its weak points were recognized: the **nodal point** and the **additional economic cost**.

The shrinkage of the wood leads to a loosening of the screw connection. This creates additional stress in the contact area at the eccentric bar connections. These in turn press into the wood structure at right angles to the grain when force is applied, resulting in excessive stress. The large number of joints ultimately leads to deformation of the overall structure. A spatial supporting framework is necessary for the assembly, due to the fact that the structure does not form a free-standing arch until the assembly is complete. The individual assembly of the lamellas on the construction site also results in a considerable expenditure of time and allows only slow construction progress.

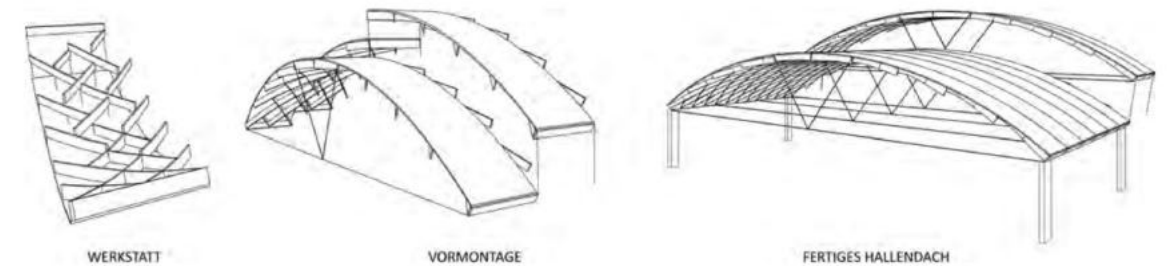
Improvement of the classic inch construction method by the ReFlexRoof

Compared to the time-consuming individual assembly of the lamellas, the *ReFlexRoof* relies on a high degree of prefabrication. The basis is the segmentation of the geometry into so-called arched roof segments. Stacked, the roof structure can be easily transported and assembled on site without the use of scaffolding. The modified design of the node connections by means of the micro-offset node ensures a material-specific force transmission according to the principle of form closure. The bar ends of the board lamellas have a "broken" shear cut. In the area of the bar center with longitudinal offset in both side faces of the lamellae, a cove is incorporated and forms the associated negative shape. Metallic connections are necessary for positional stability and shear force transfer. The installation position is now clearly defined by the offset, so that the geometry adjusts itself automatically. The form-fit joint ensures homogeneous deformation behavior.

Text sources see bibliography



Prinzipdarstellung des Mikroversatz-Knotens im Vergleich zur traditionellen Zollinger-Verbindung



Systemansatz zum Bau von Tonnendächer aus Bogendachsegmenten

K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

Unterschiede und Gemeinsamkeiten zum *Jahr100Haus*

Das hölzerne Tragwerk im Inneren des Eingangs- und Ausstellungsgebäudes erinnert an die Dachkonstruktion der Zollinger Bauweise. Bei genauerer Betrachtung ist jedoch festzustellen, dass allein das Rautenfachwerk diese Illusion erzeugt. Aus statischer Sicht betrachtet werden lediglich einzelnen Konstruktionsprinzipien aus der Variante des Zollinger Daches und der Weiterentwicklung des ReFlexRoof kombiniert oder optimiert.

Folgende Unterschiede (✘) und Gemeinsamkeiten (✔) sind aufzuführen:

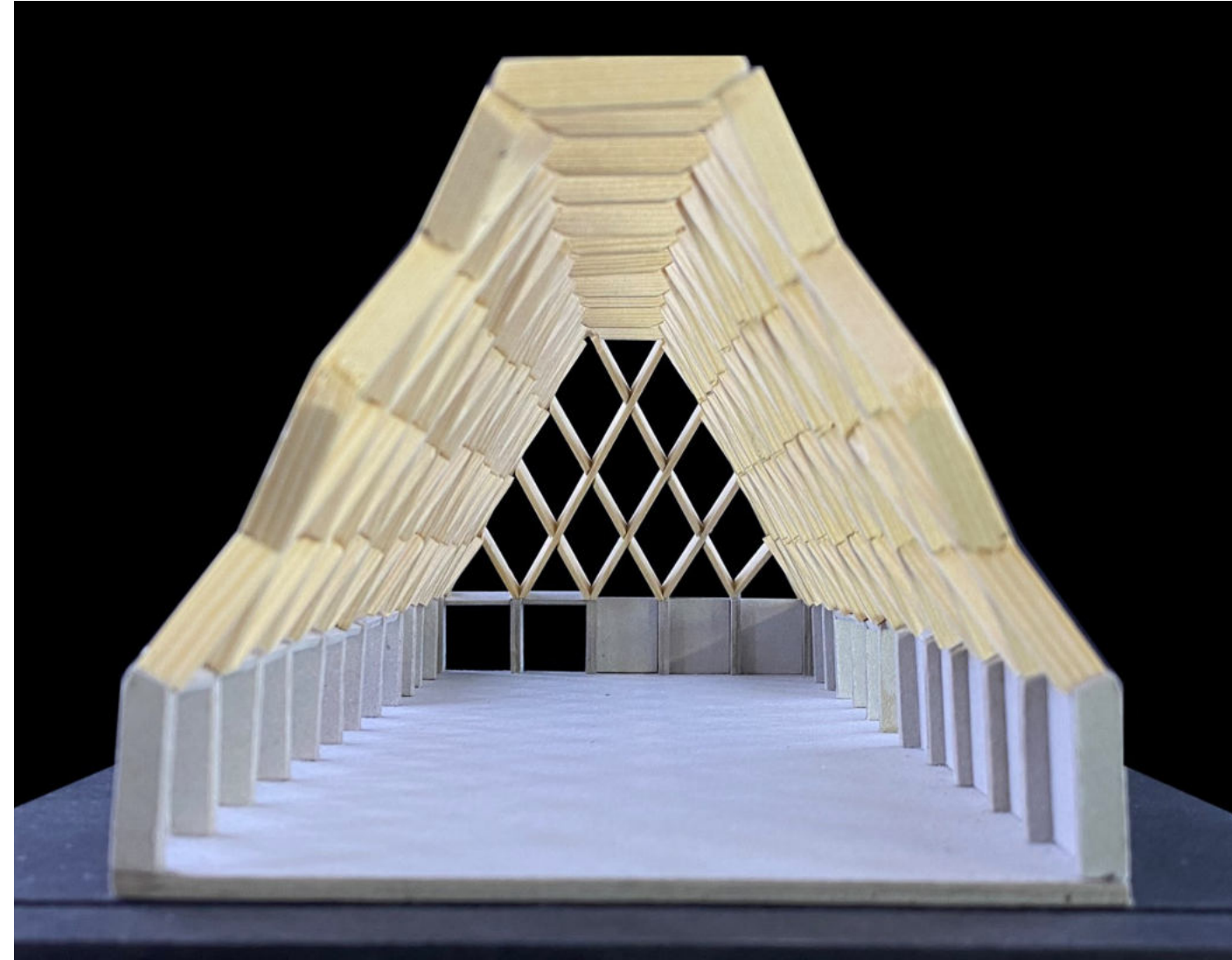
- ✘ Anstelle des Tonnengewölbes wird ein Rahmentragwerk verwendet
- ✘ Keine Lamellenbauweise (Lamellen = Bretter), da die Abmessung der Sparren von 18/55 der Dimensionierung einer Bohle entspricht ($b = 3d$)
- ✘ Bolzenverbindung am Auflager wird ausschließlich als Lagesicherung verwendet, Füllhölzer dienen nur zur Abdeckung der Fuge
- ✘ Keine Fußpfette, sondern Stützvorlagen aus Stahlbeton mit vermörtelter Stahlkonsole zur Befestigung der beiden Sparren
- ✘ Vier verschiedene Längen der Holzbohlen, statt nur einer wie beim Zollinger Dach
- ✔ Formschlüssige Verbindung der Sparren mit den Querstreben mittels Überblattung und Stirnversatz → Mikroversatzknoten beim ReFlexRoof
- ✔ Oberhalb des Tragwerks Beplankung mittels einer Brettschalung → identisch zum Zollinger Dach
- ✔ Montage in einzelnen Segmenten → Bogendachsegmente beim ReFlexRoof

Differences and similarities to the *Jahr100Haus*

The wooden supporting structure inside the entrance and exhibition building is reminiscent of the roof structure of the Zollinger building. On closer inspection, however, it can be seen that the rhombus framework alone creates this illusion. From a structural point of view, only individual construction principles from the variant of the Zollinger roof and the further development of the ReFlexRoof are combined or further developed.

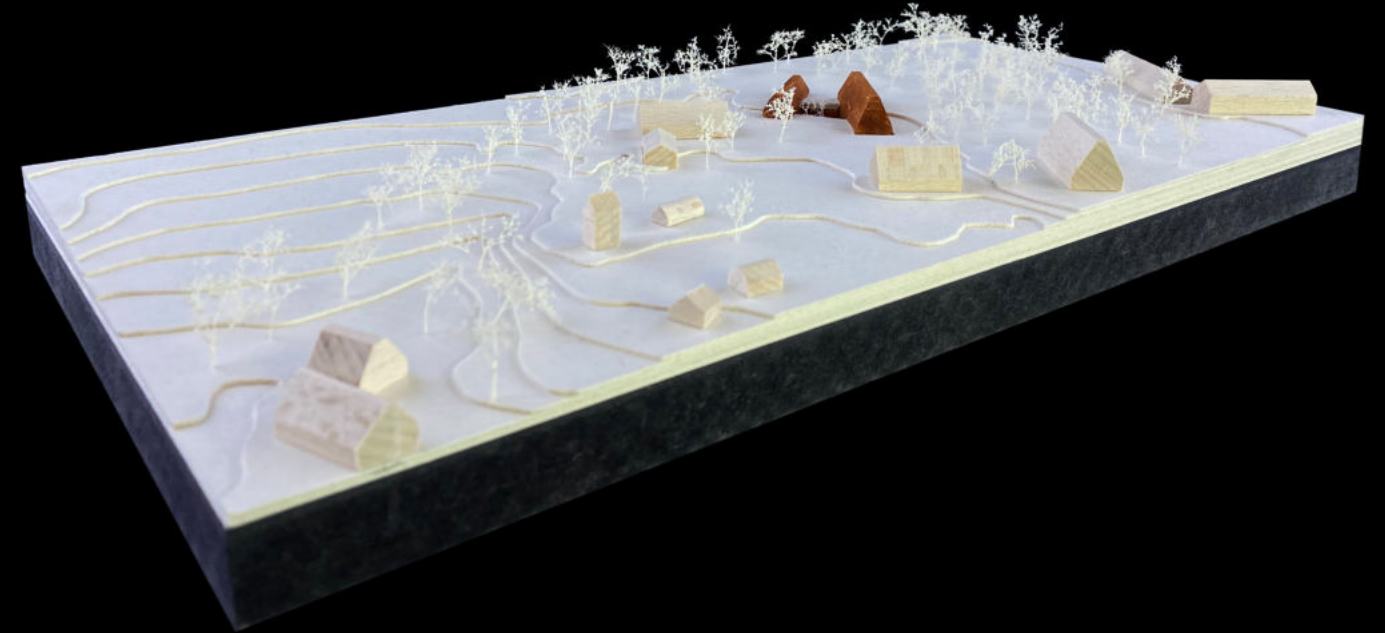
List the following differences (✘) and similarities (✔):

- ✘ Instead of the barrel vault, a frame structure is used
- ✘ No lamellar construction (lamellas = boards), because the dimension of the rafters of 18/55 corresponds to the dimensioning of a plank ($b = 3d$)
- ✘ Bolt connection at the support is used only for positional stability, filler timbers are used only to cover the joint
- ✘ No foot purlins, but reinforced concrete support templates with mortared steel brackets for fastening the two rafters
- ✘ Four different lengths of wooden planks, instead of just one as with the Zollinger roof
- ✔ Positive connection of the rafters with the cross struts by using overlap and face offset → Micro offset nodes with ReFlexRoof
- ✔ Above the supporting structure planking by using a board formwork → identical to the Zollinger roof
- ✔ Assembly in individual segments → Arched roof segments with the ReFlexRoof



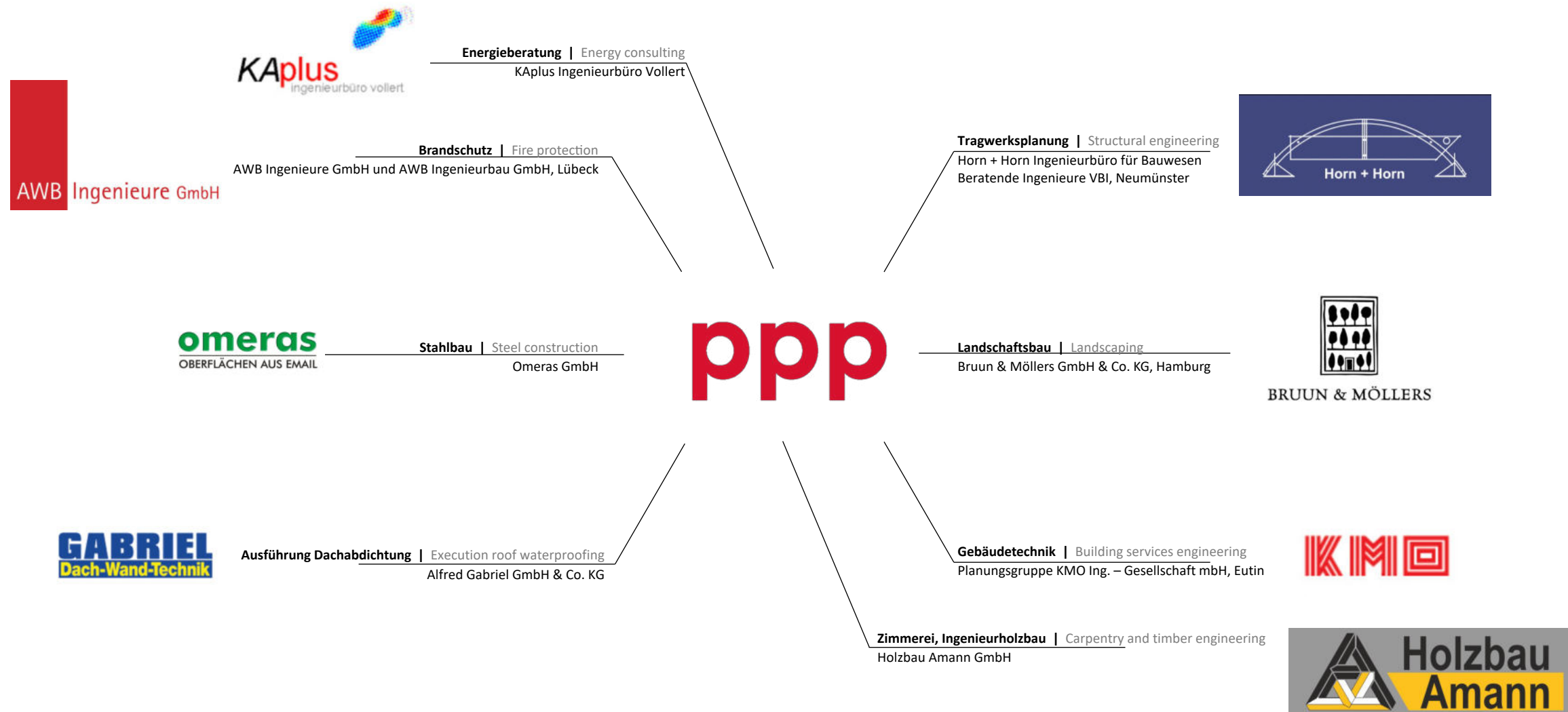
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



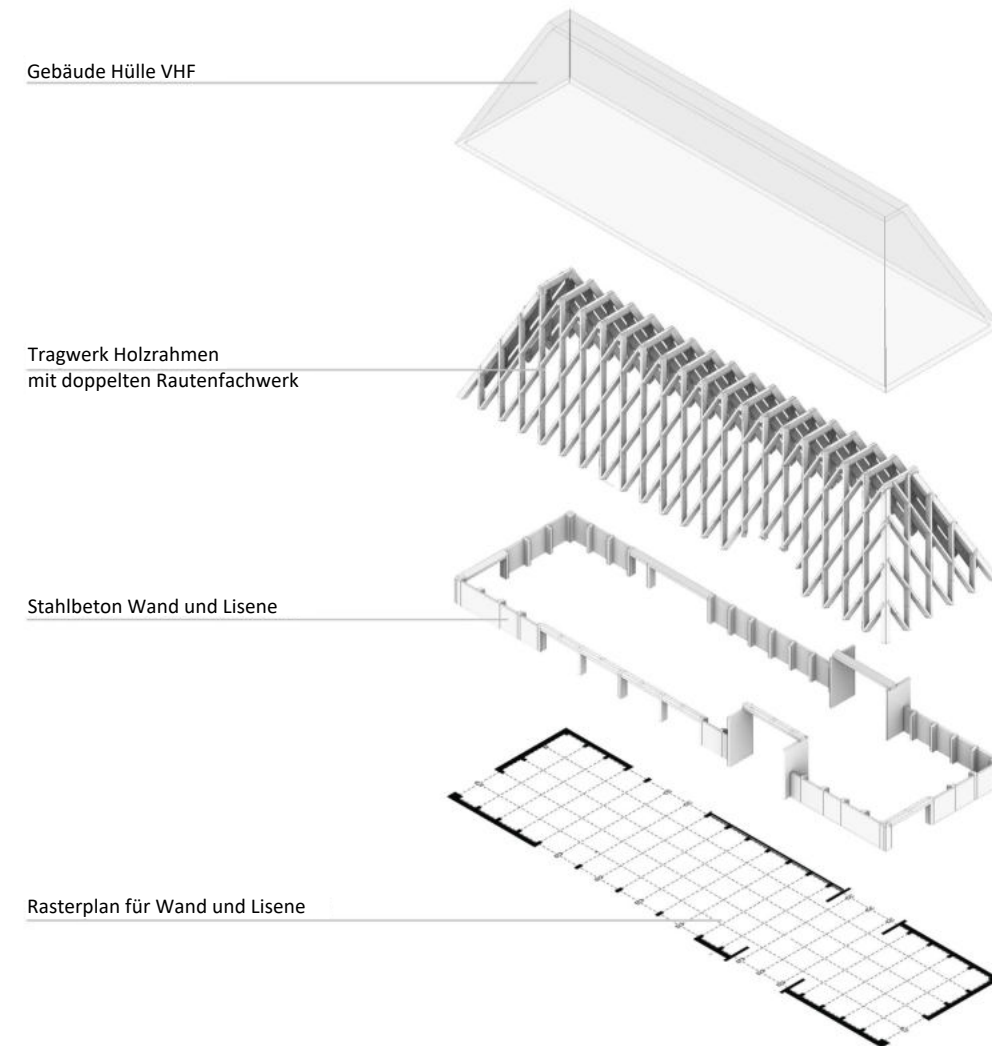
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



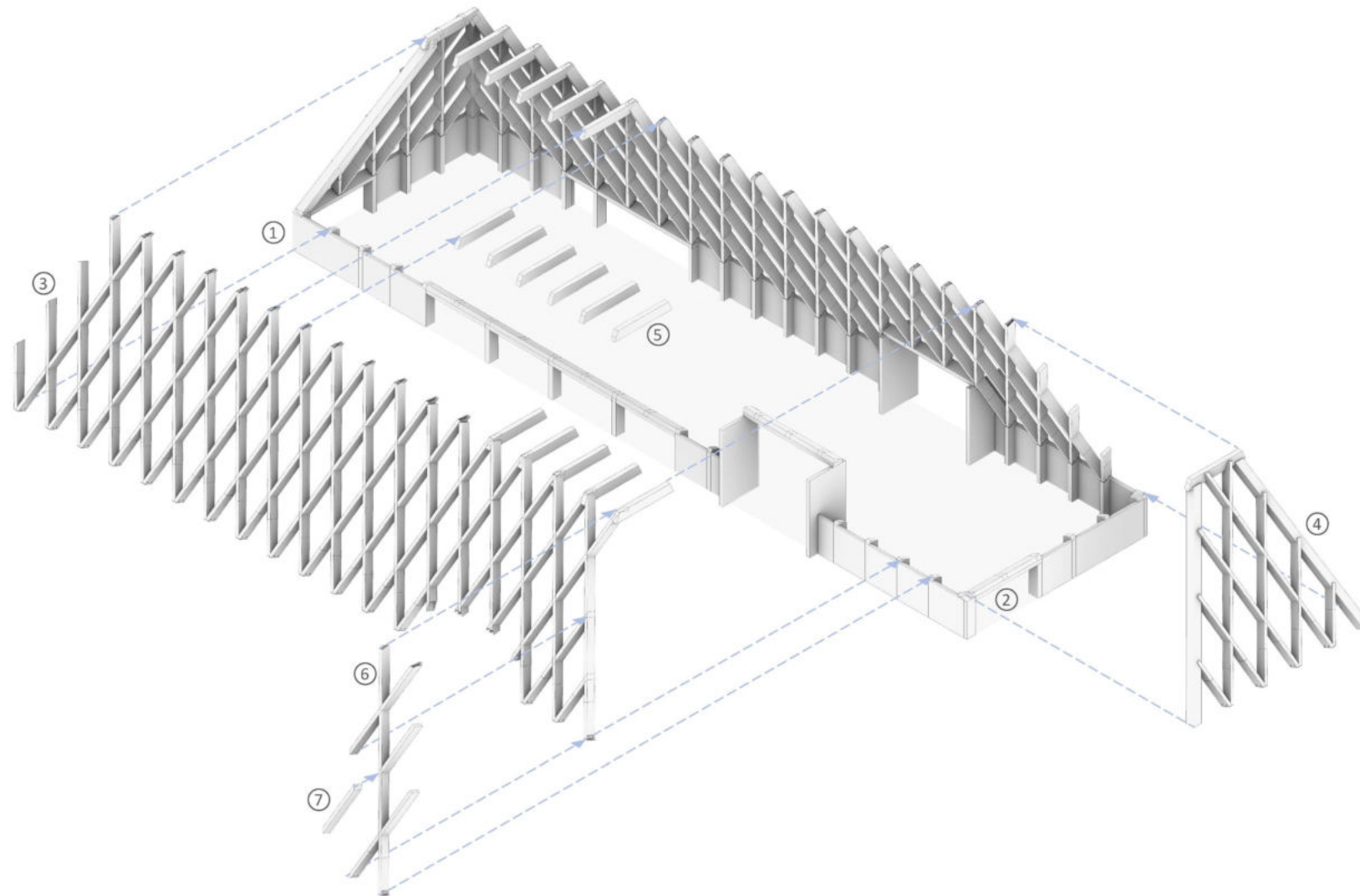
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

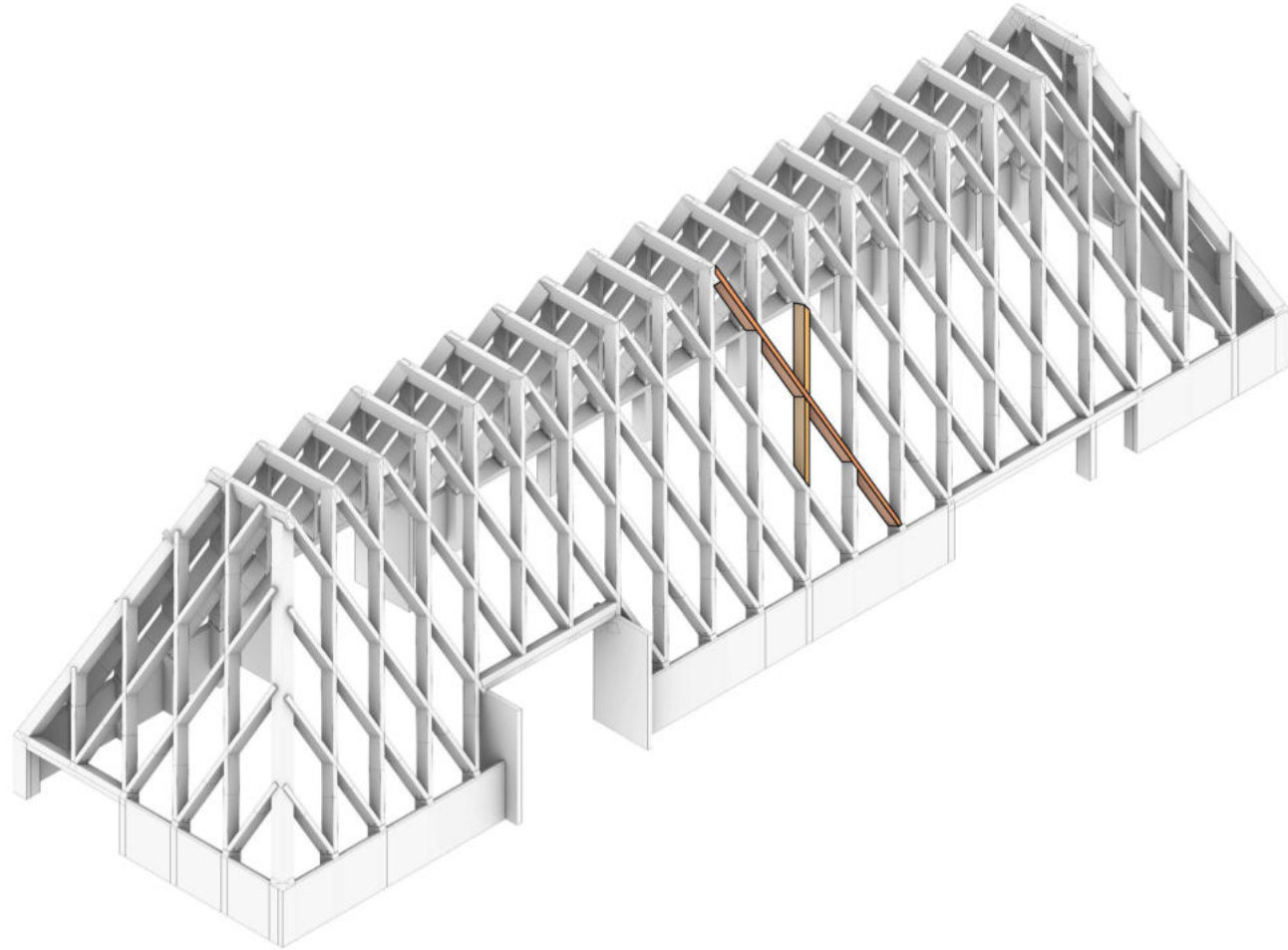
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



- ① Stahlbeton Wand C30/37 mit Lisenen C35/45
- ② Öffnungen mit Betonsturz
- ③ Doppeldes Rautenfachwerk
- ④ Holzrahmen aus Sparren, Streben und Holm
- ⑤ Holm, BSH, Fi/Ta
- ⑥ Sparren, BSH, Fi/Ta, 180x550
- ⑦ Strebe, BSH, Fi/Ta, 180x550

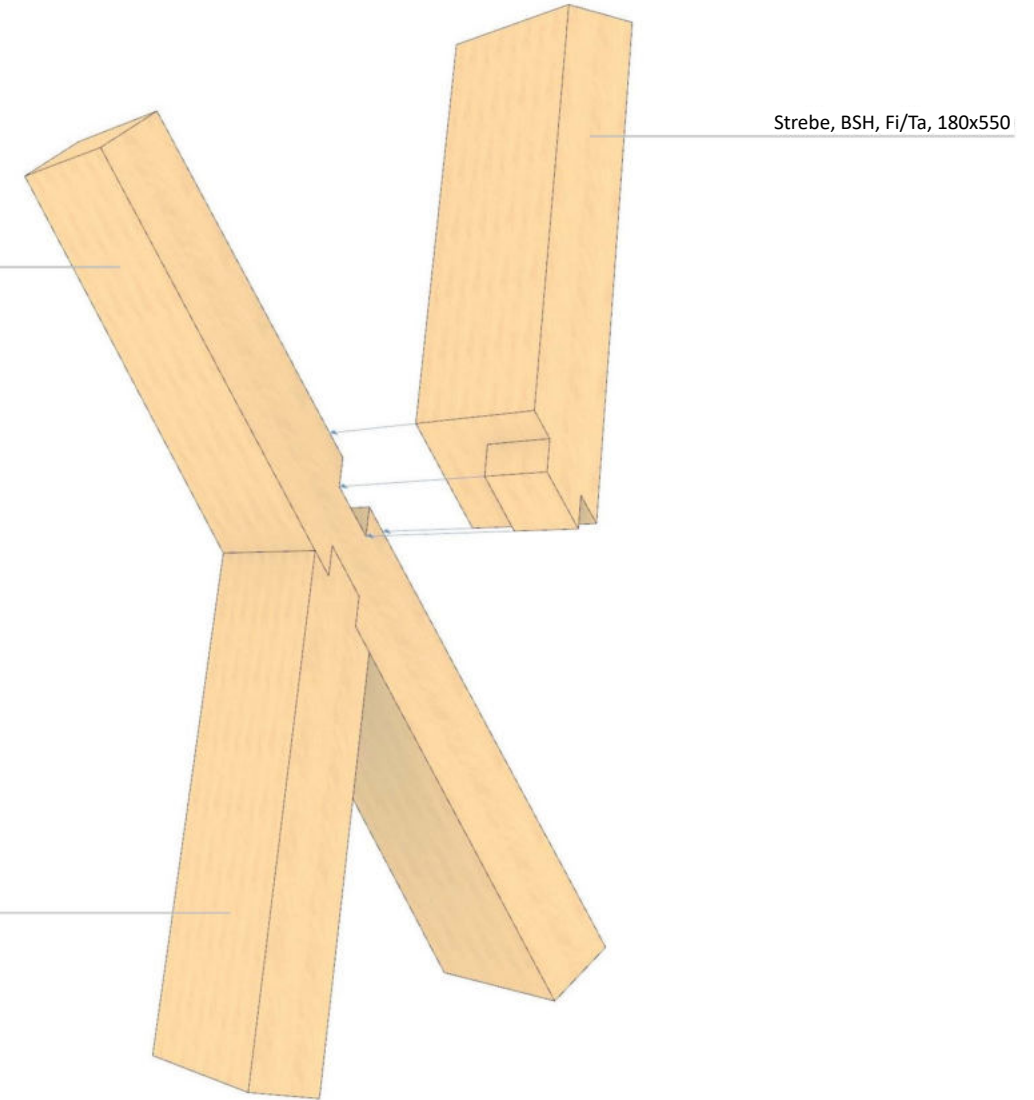
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



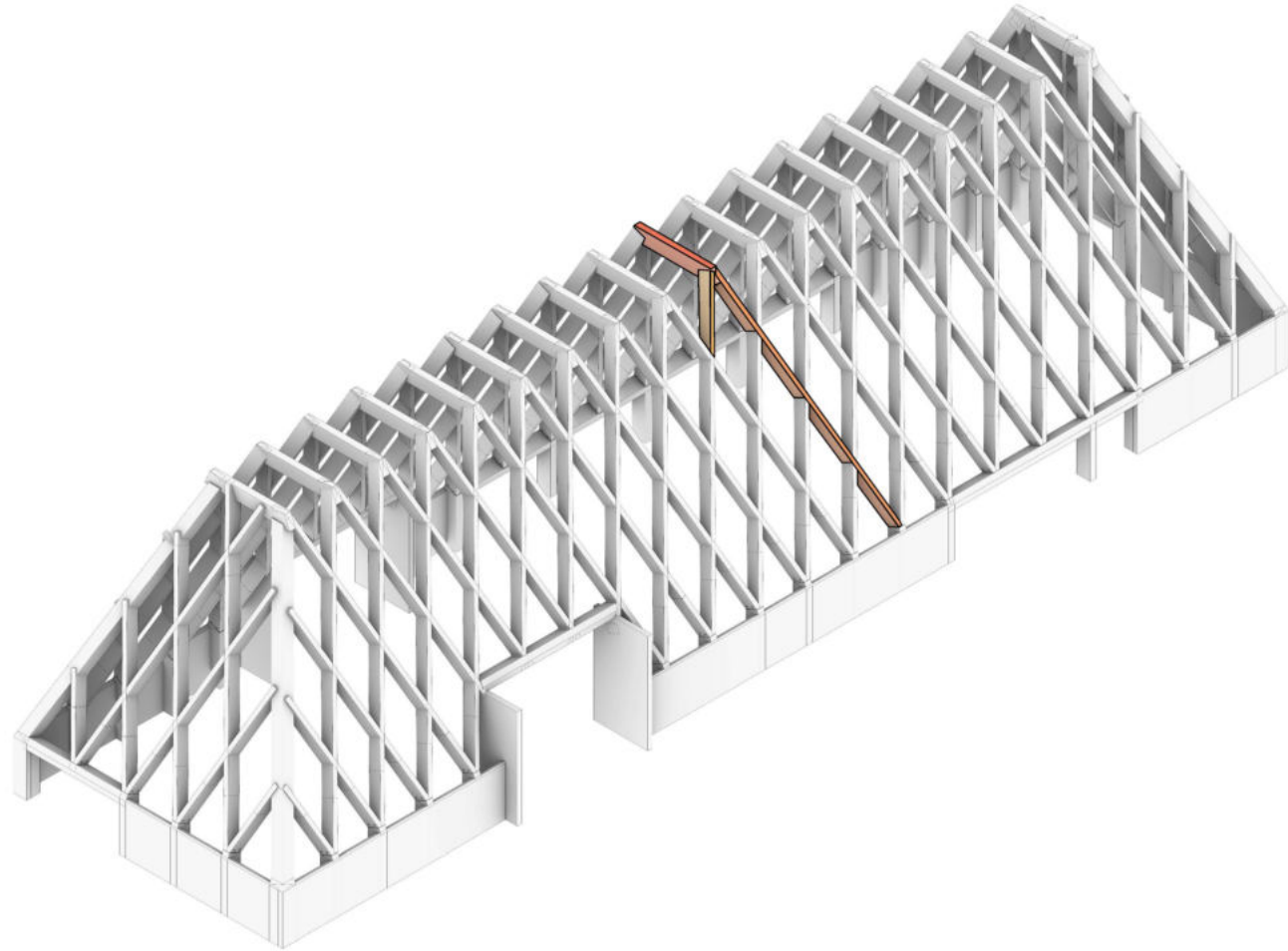
Sparren, BSH, Fi/Ta, 180x550

Strebe, BSH, Fi/Ta, 180x550



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

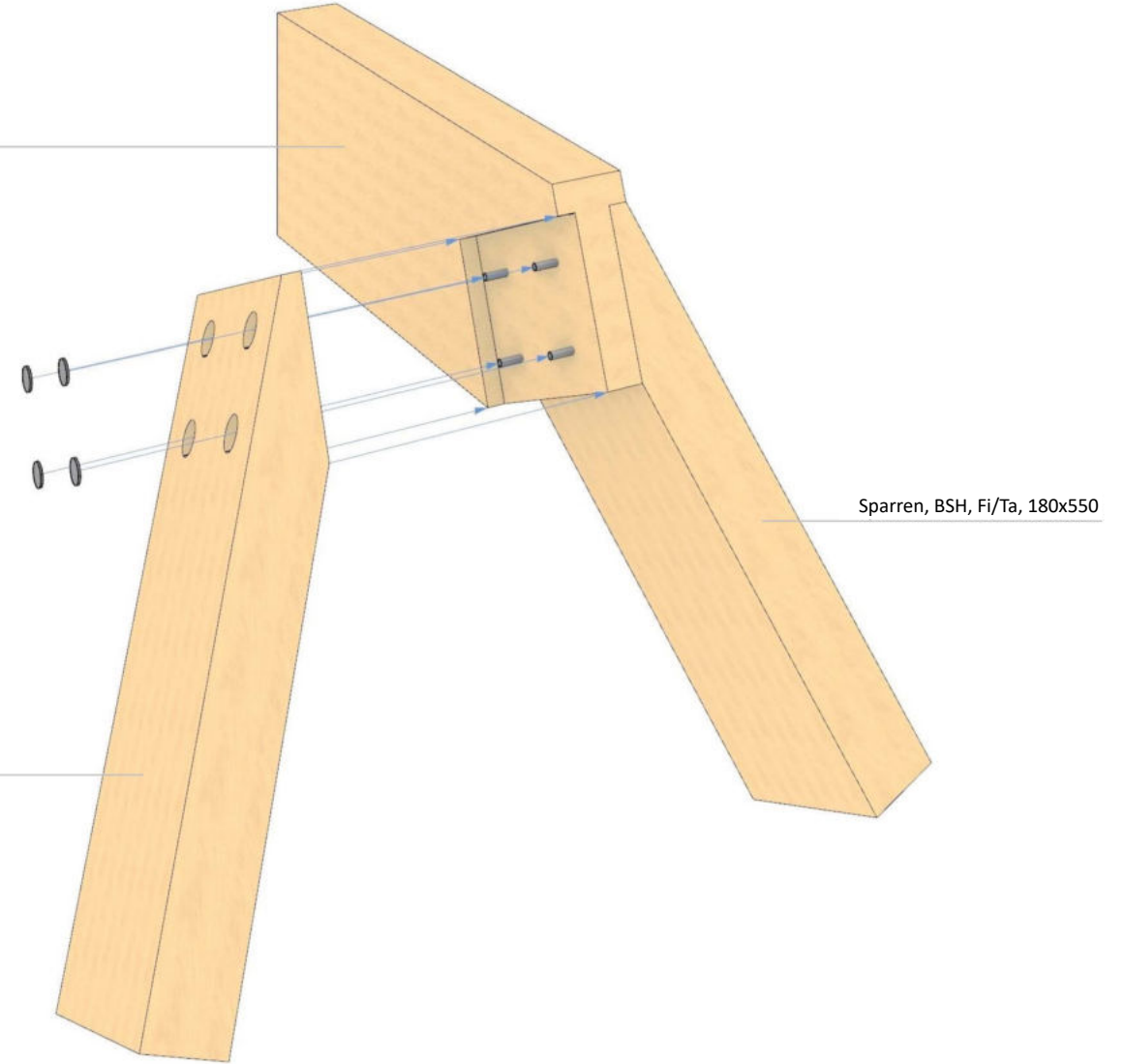
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



Holm, BSH, Fi/Ta

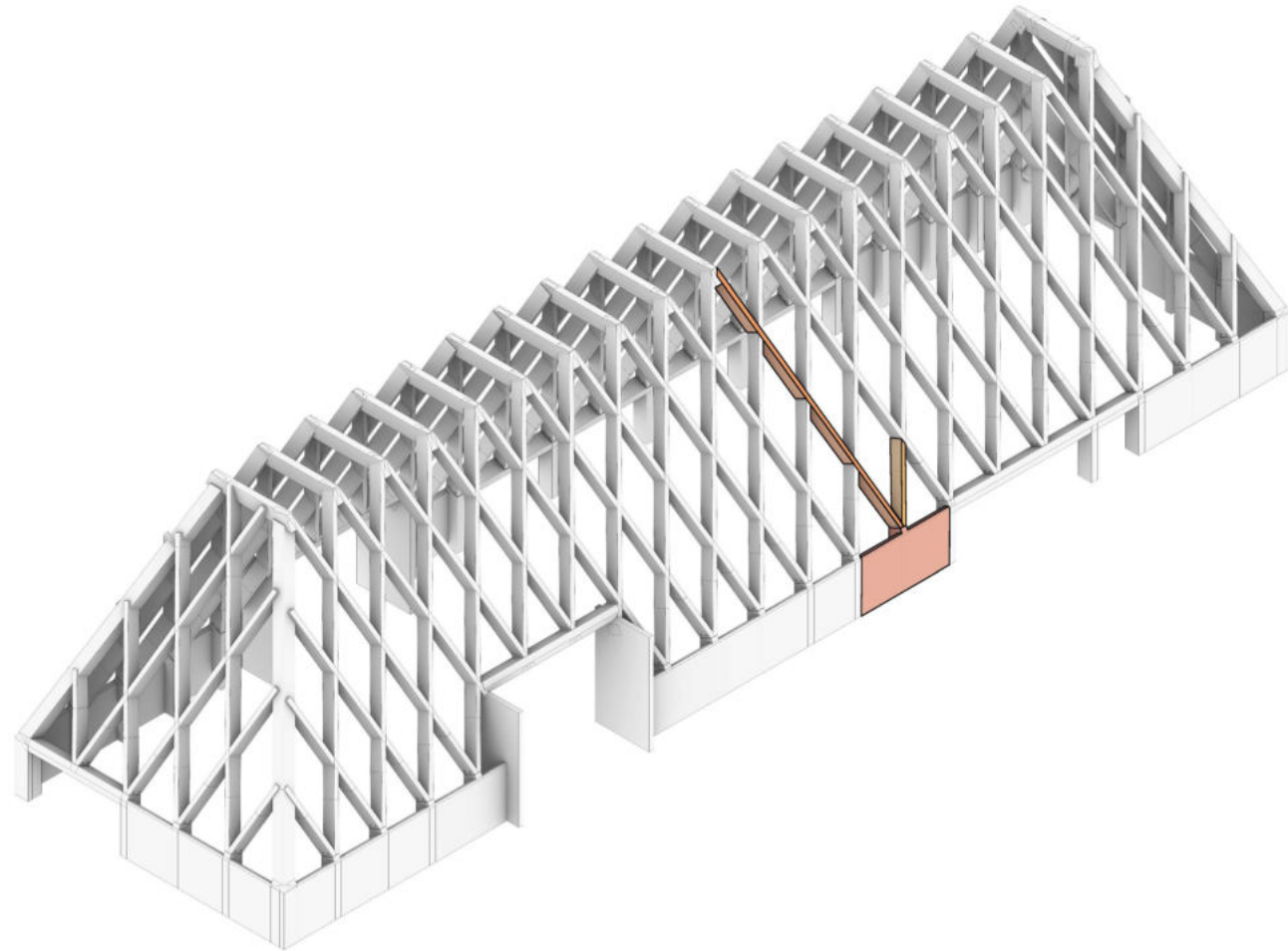
Strebe, BSH, Fi/Ta, 180x550

Sparren, BSH, Fi/Ta, 180x550

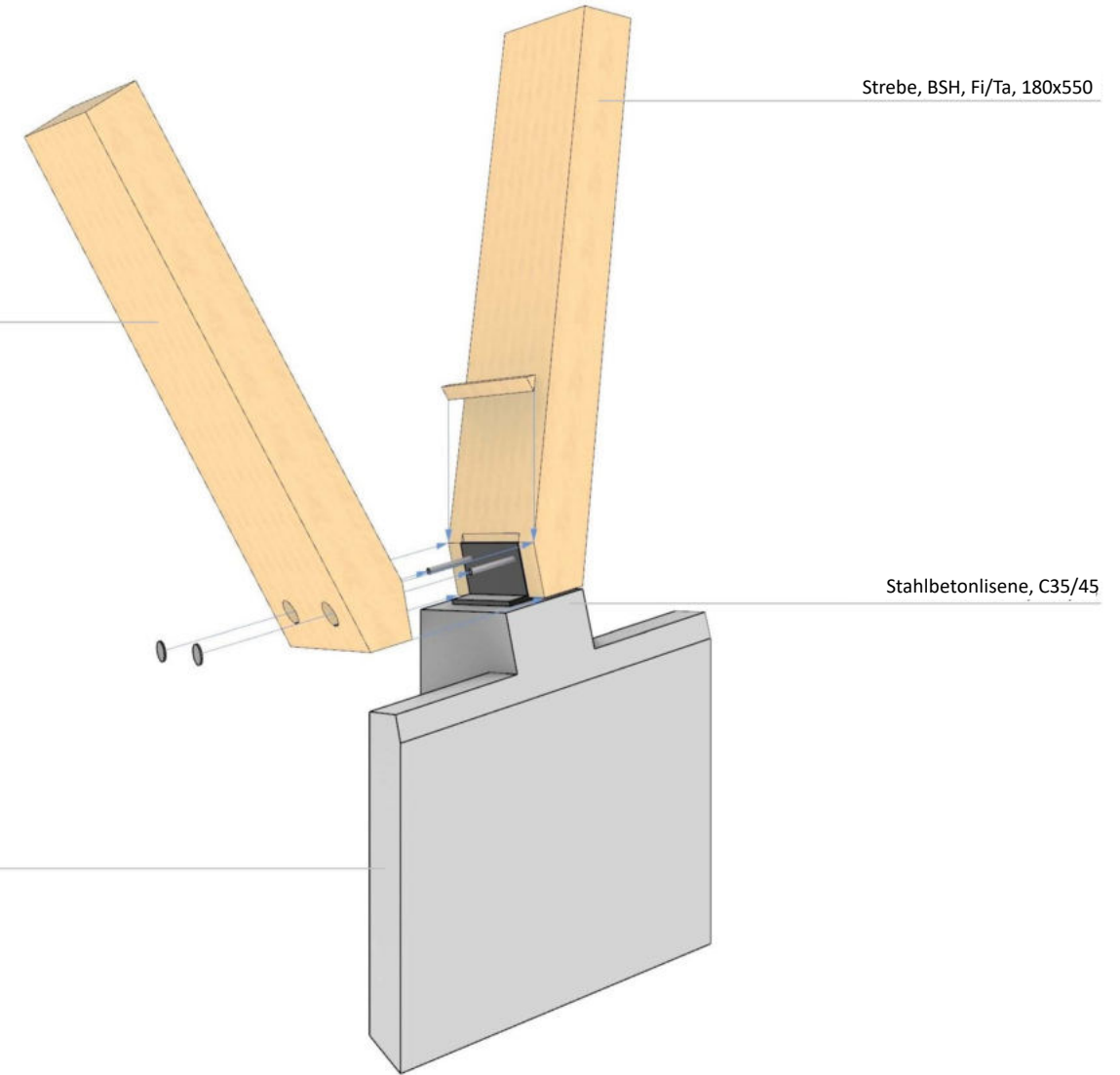


K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



Sparren, BSH, Fi/Ta, 180x550



Strebe, BSH, Fi/Ta, 180x550

Stahlbetonlisene, C35/45

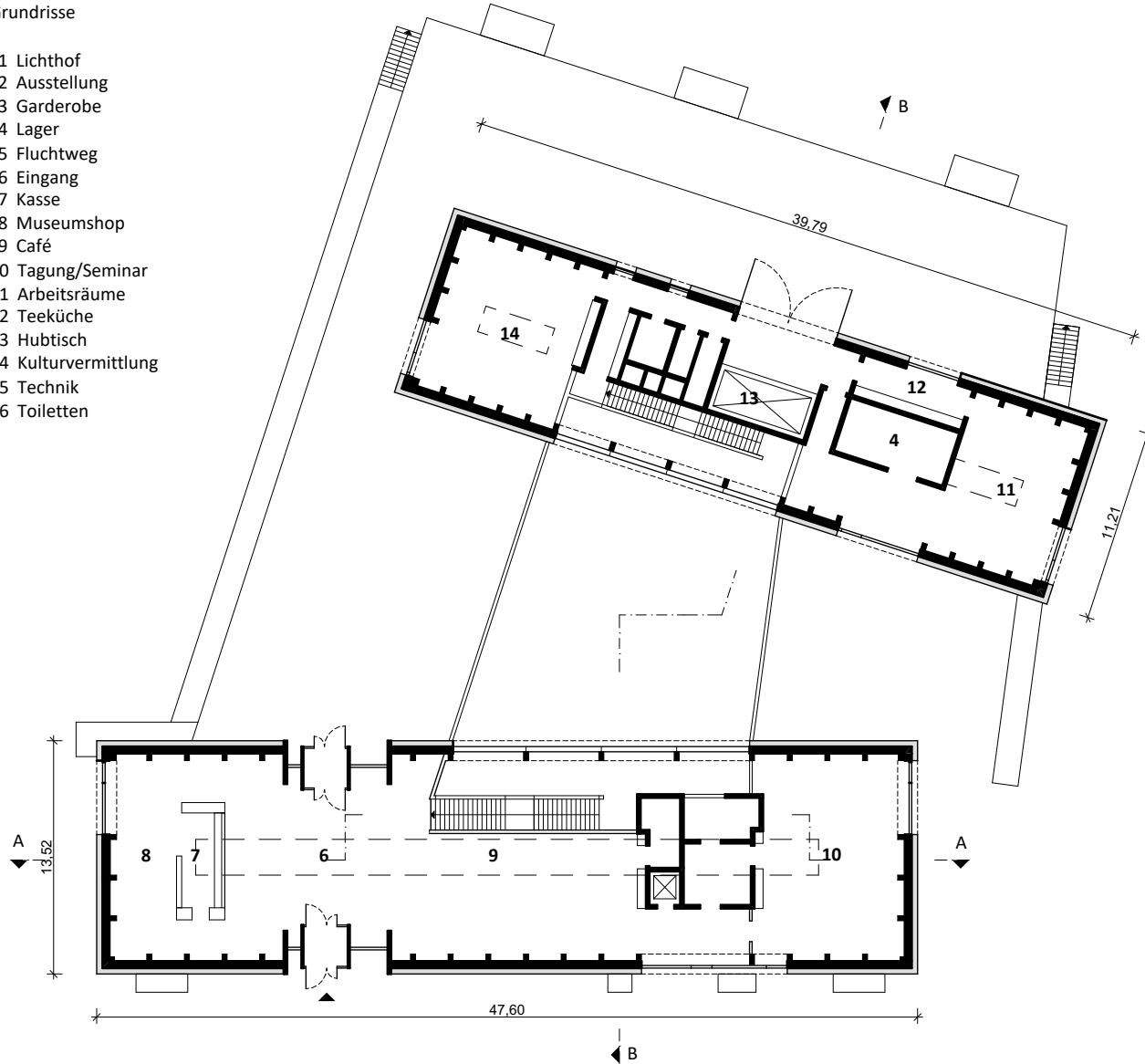
Stahlbetonwand, C30/37

K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

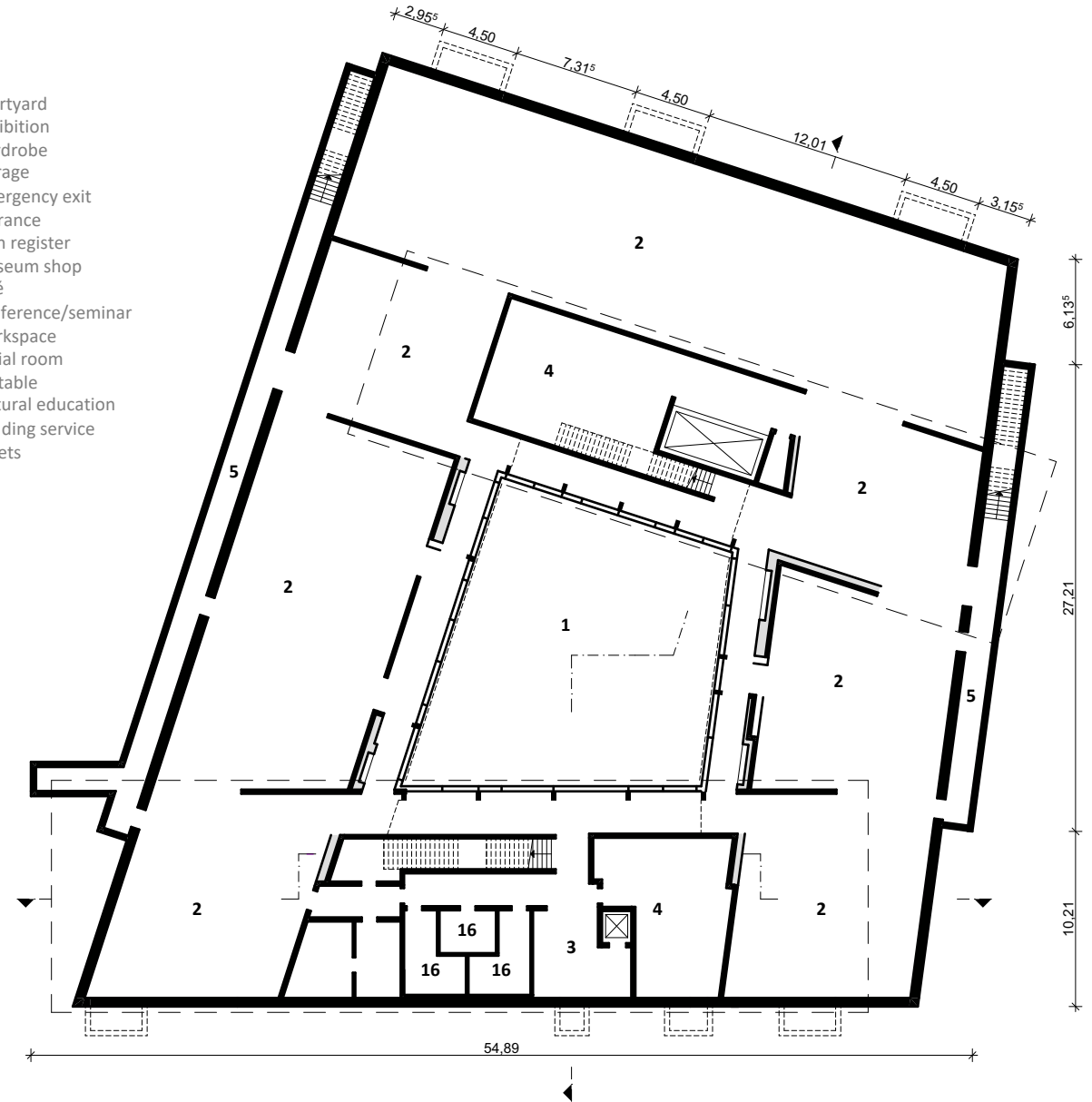
Grundrisse

- 1 Lichthof
- 2 Ausstellung
- 3 Garderobe
- 4 Lager
- 5 Fluchtweg
- 6 Eingang
- 7 Kasse
- 8 Museumshop
- 9 Café
- 10 Tagung/Seminar
- 11 Arbeitsräume
- 12 Teeküche
- 13 Hubtisch
- 14 Kulturvermittlung
- 15 Technik
- 16 Toiletten



plans

- 1 courtyard
- 2 exhibition
- 3 wardrobe
- 4 storage
- 5 emergency exit
- 6 entrance
- 7 cash register
- 8 museum shop
- 9 café
- 10 conference/seminar
- 11 workspace
- 12 social room
- 13 lift table
- 14 cultural education
- 15 building service
- 16 toilets



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsbäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

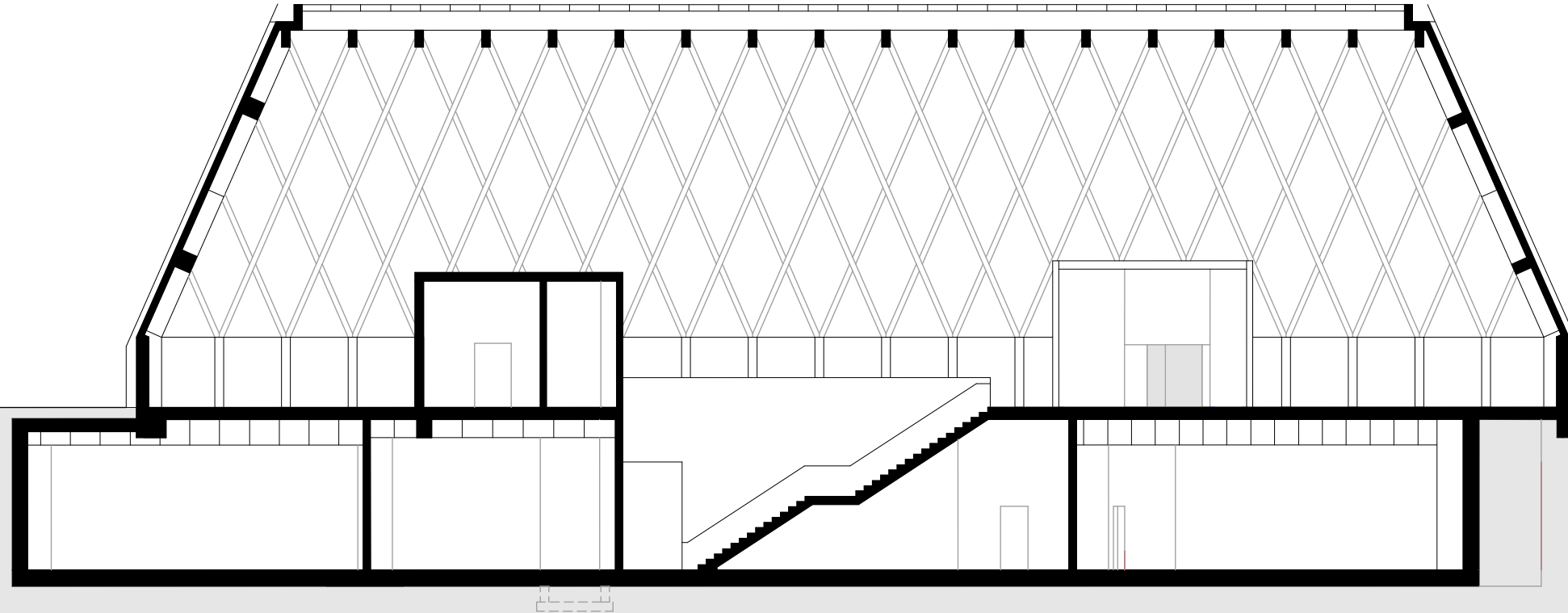
+13.19m

+11.81m

+2.00m

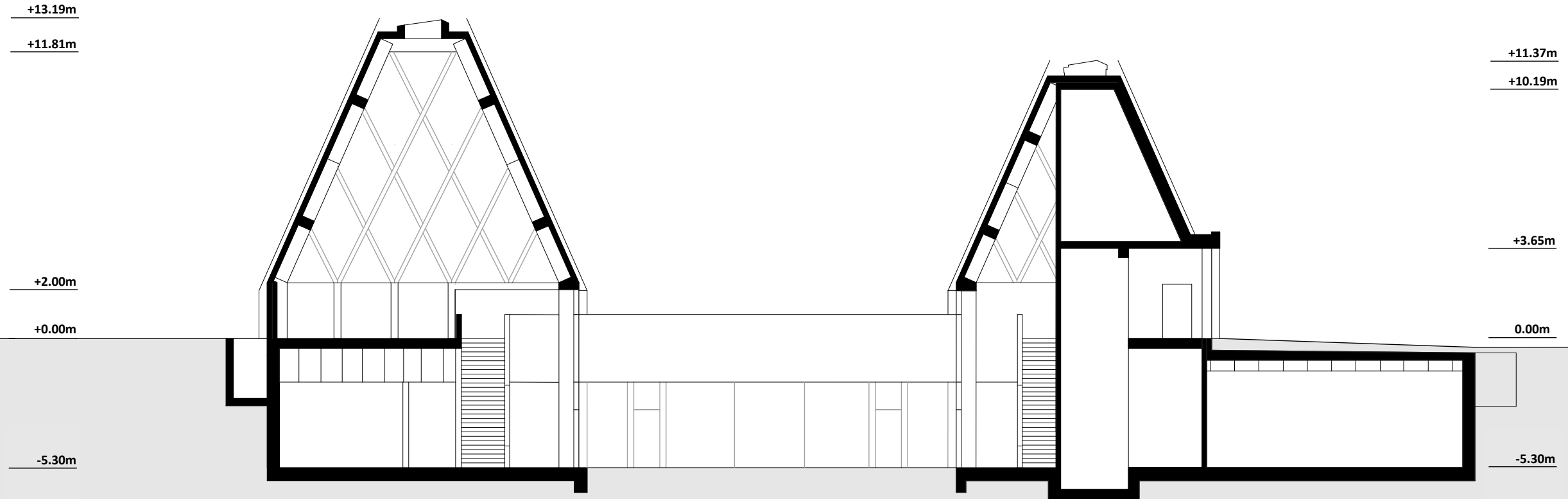
+0.00m

-5.30m



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

+13.19m

+2.00m

+0.00m



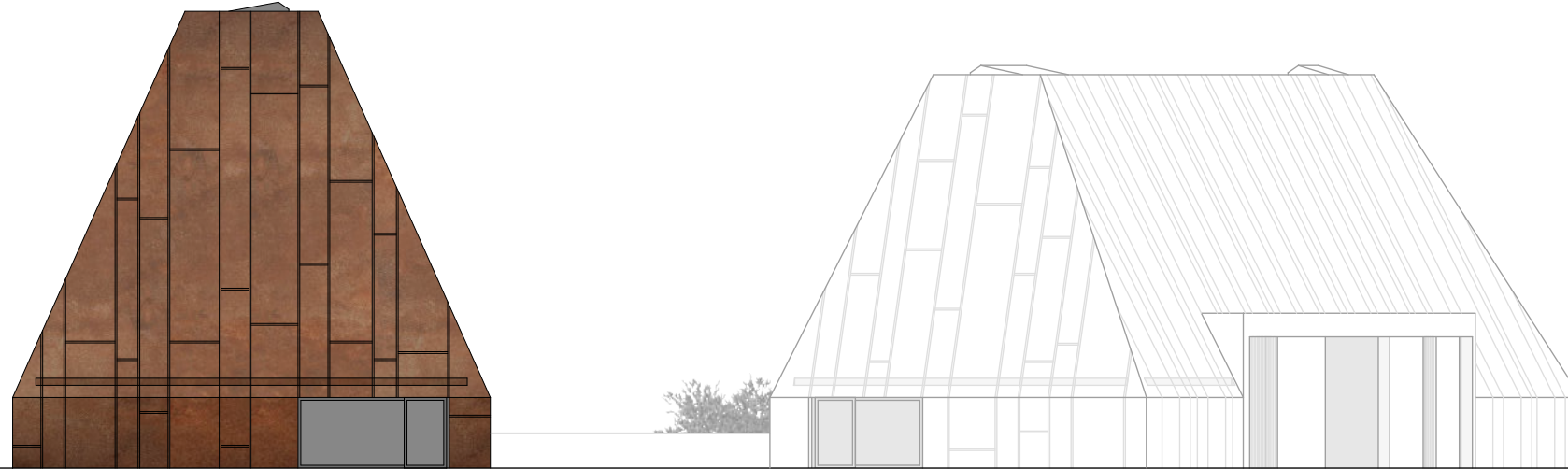
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

+13.19m

+2.00m

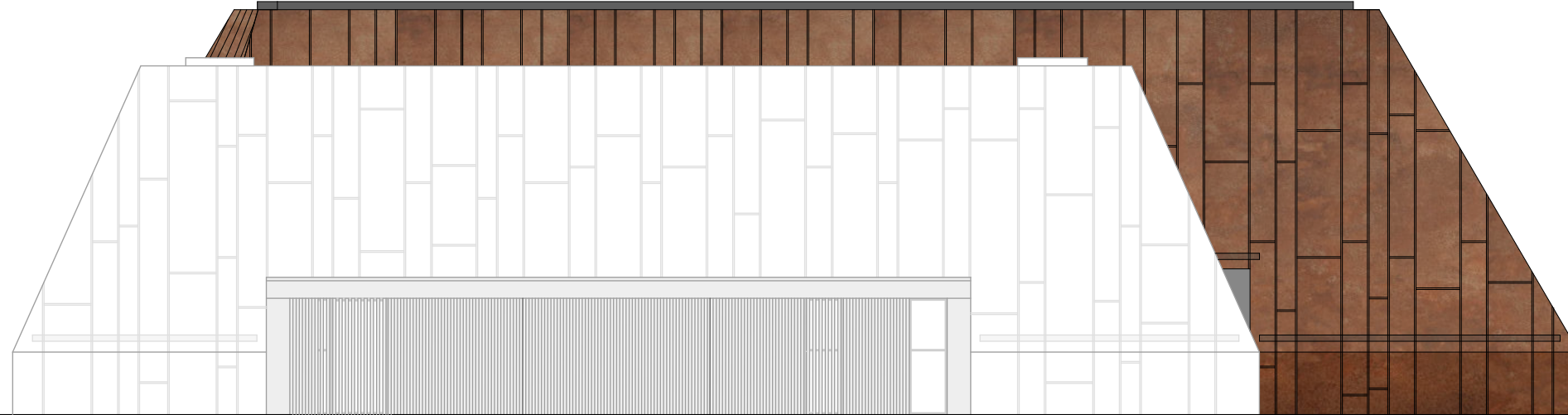
+0.00m



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

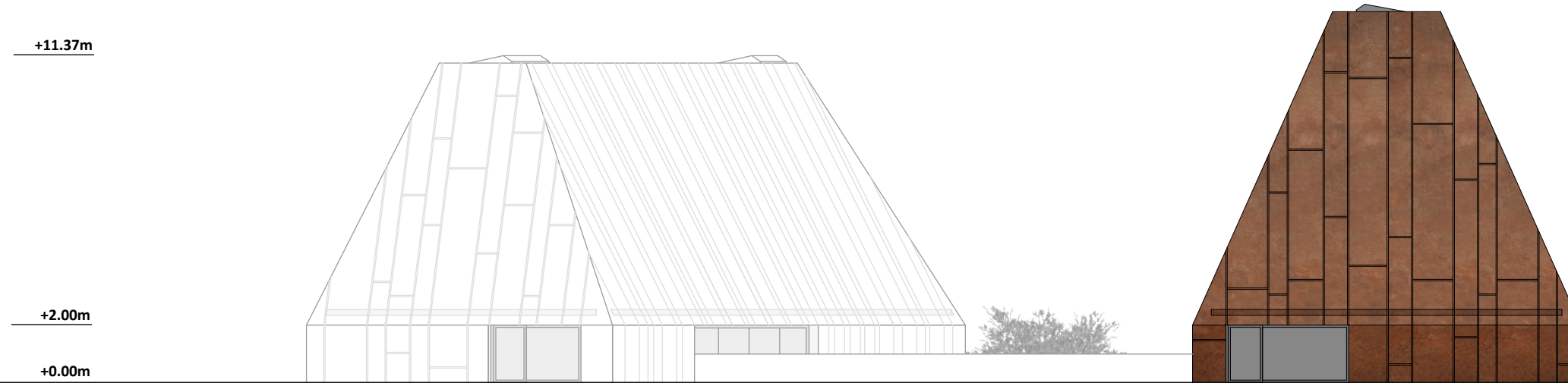
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

+13.19m
+11.37m
+3.65m
+2.00m
+0.00m



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

Dachaufbau I roof construction

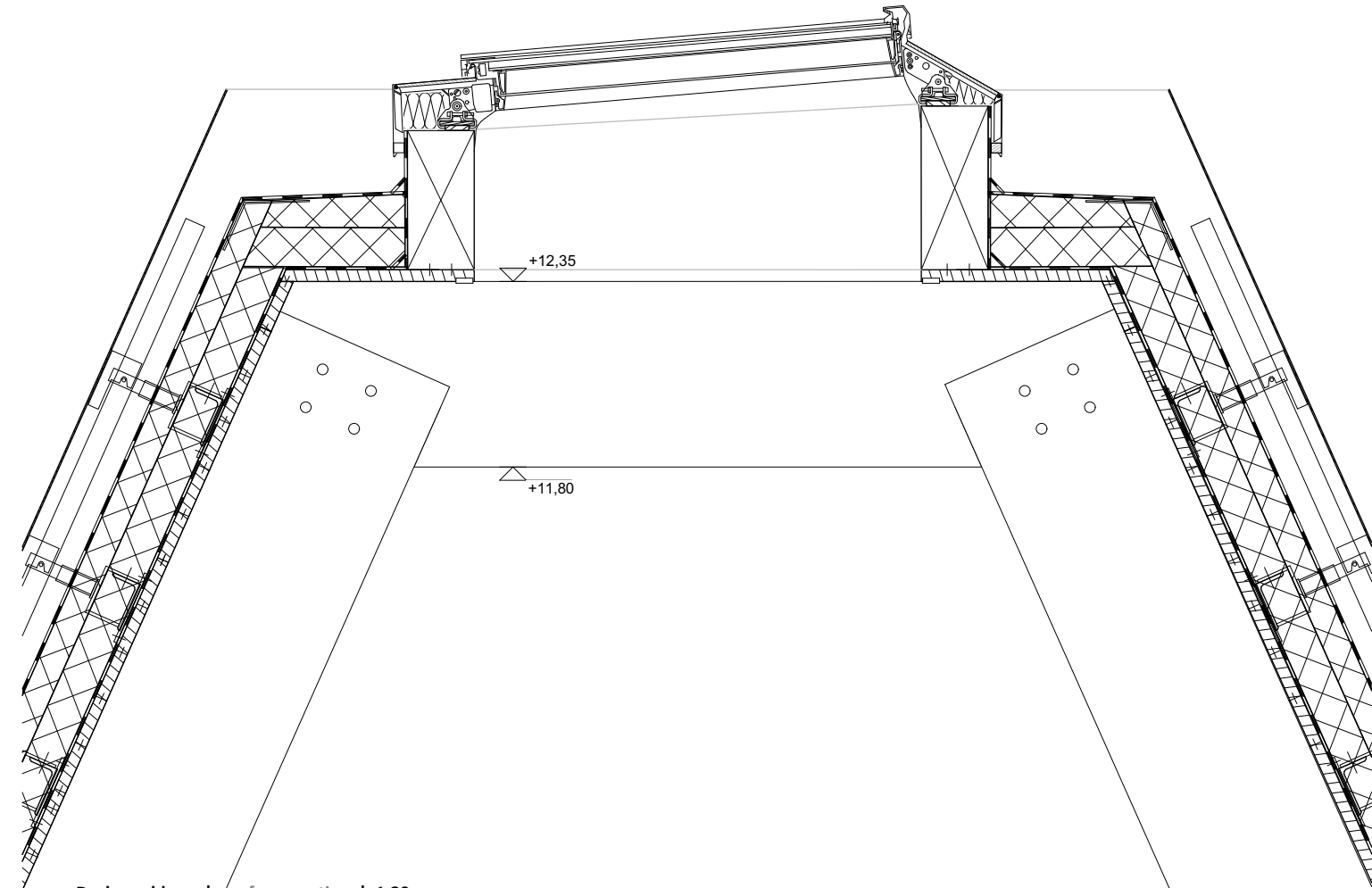
tragender Sparren, BSH, Fi/Ta, 180/550/10700	550mm
Brettschalung, gehobelt, gestoßen, Fi/Ta, 35/150/300	35mm
Polymerbitumen-Dampfsperre, kaltselbstklebend	2,50mm

Unterkonstruktion

Flach-Stahl-Profil, S235 JR, 100/200/5, verschraubt	
horizontales ungleichschenkliges Winkelstahlprofil, S235 JR	
U-Stahlprofil, S235 JR, 150/100/10mm, mit angeschweißtem Rundrohr Ø 50mm	
Gewindestange, DIN 976, 8.8, M48, verzinkt mit Abdichtungseinfassungen	

Polystyrol Dämmplatten, WLG 035, DAA dm	200mm
Trenn- und Brandschutzlage - Glasfließ	1,25mm
Kunststoffabdichtungsbahn	1,5mm
Hinterlüftung	70mm
vertikales U-Stahlprofil, S235 JR, 70/60/10	60mm
Agraffe, gekantet	
Cortenstahlplatten, kaltgewalzt, eingehängt	4mm

Dachfenster VELUX Skylight Konstruktion



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

Dachaufbau | roof construction

tragender Sparren, BSH, Fi/Ta, 180/550/10700	550mm
Brettschalung, gehobelt, gestoßen, Fi/Ta, 35/150/300	35mm
Polymerbitumen-Dampfsperre, kaltselbstklebend	2,50mm

Unterkonstruktion

Flach-Stahl-Profil, S235 JR, 100/200/5, verschraubt
horizontales ungleichschenkliges Winkelstahlprofil, S235 JR
U-Stahlprofil, S235 JR, 150/100/10mm, mit angeschweißtem
Rundrohr \varnothing 50mm
Gewindestange, DIN 976, 8.8, M48, verzinkt mit
Abdichtungseinfassungen

Polystyrol Dämmplatten, WLG 035, DAA dm	200mm
Trenn- und Brandschutzlage - Glasfließ	1,25mm
Kunststoffabdichtungsbahn	1,5mm
Hinterlüftung	70mm
vertikales U-Stahlprofil, S235 JR, 70/60/10	60mm
Agraffe, gekantet	
Cortenstahlplatten, kaltgewalzt, eingehängt	4mm

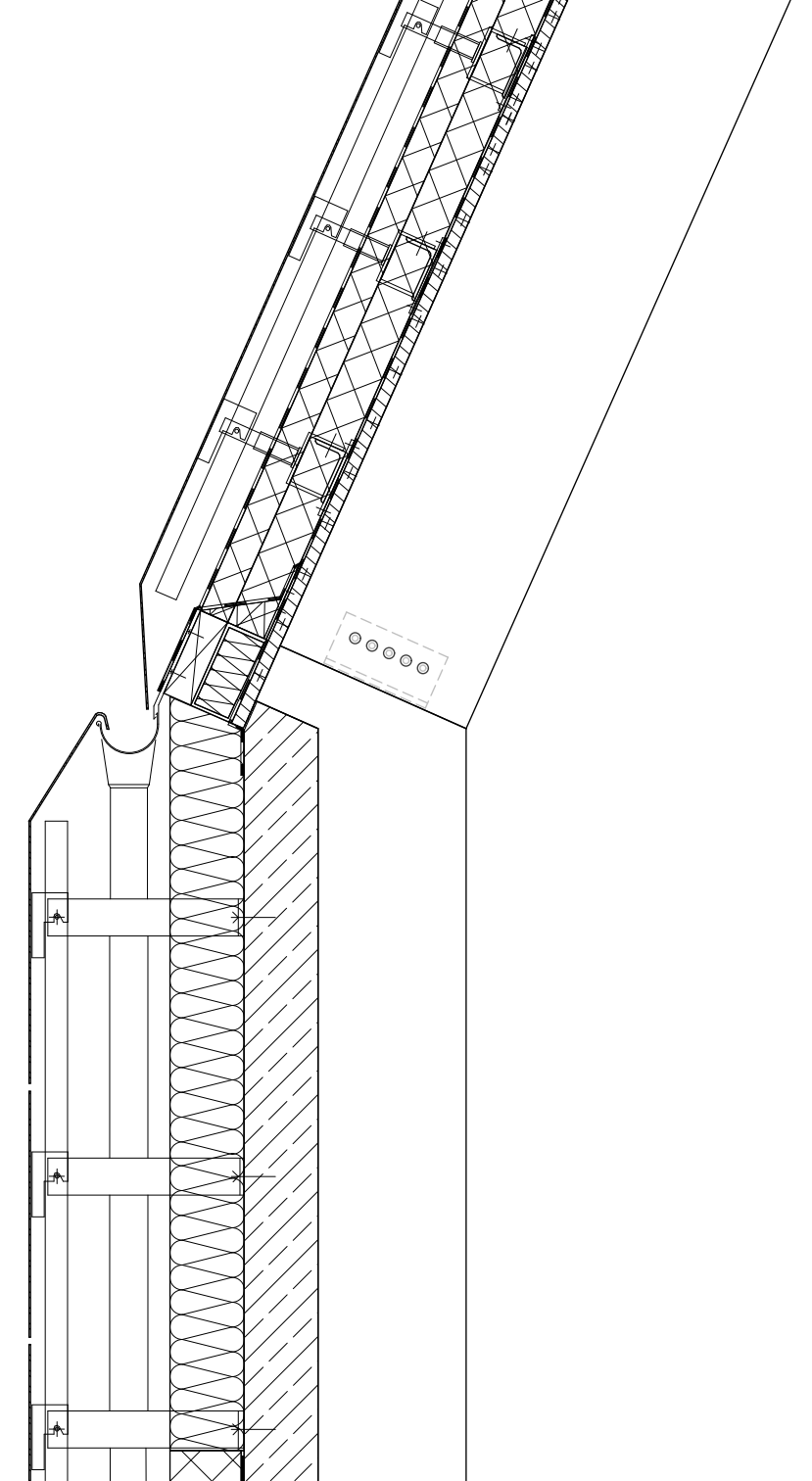
Wandaufbau | wall construction

Stahlbetonlisen, C35/45	415mm
Stahlbetonwand, C30/37	200mm
Mineralwoll-Dämmplatten, WLG032, WAB	200mm
Unterkonstruktion	
Wandkonsole, Edelstahl, verankert, inkl. thermischer	500mm
Entkopplung mittels PVC-Hartschaum Thermostop	
Hinterlüftung, inkl. Entwässerung, Rinne + Rohr \varnothing 100mm	300mm
vertikales U-Stahlprofil, S235 JR, 70/60/10mm	60mm
Agraffe, gekantet	
Cortenstahlplatten, kaltgewalzt, eingehängt	4mm

▽+2,62

▽+2,10

▽+2,00



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

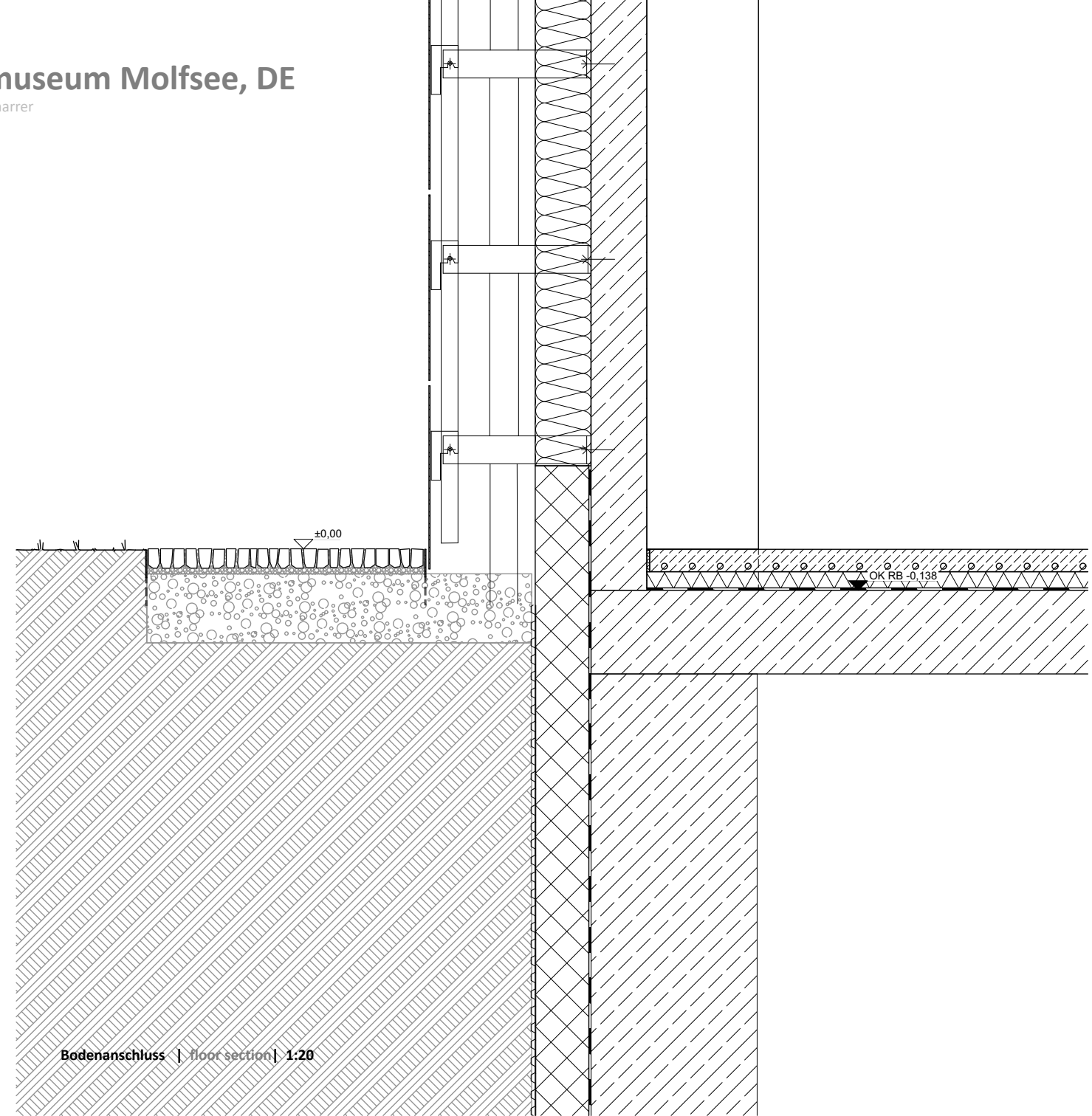
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

Bodenaufbau | floor construction

schwimmender Estrich , mit eingelegter Fußbodenheizungsrohre $\varnothing 20\text{mm}$	80mm
Wärme-und Trittschalldämmung, Polystyrol-Platten, WLG035	60mm
Abdichtungsbahn	
Stahlbetondecke, C30/37	300mm

Kellerwandaufbau | basement construction

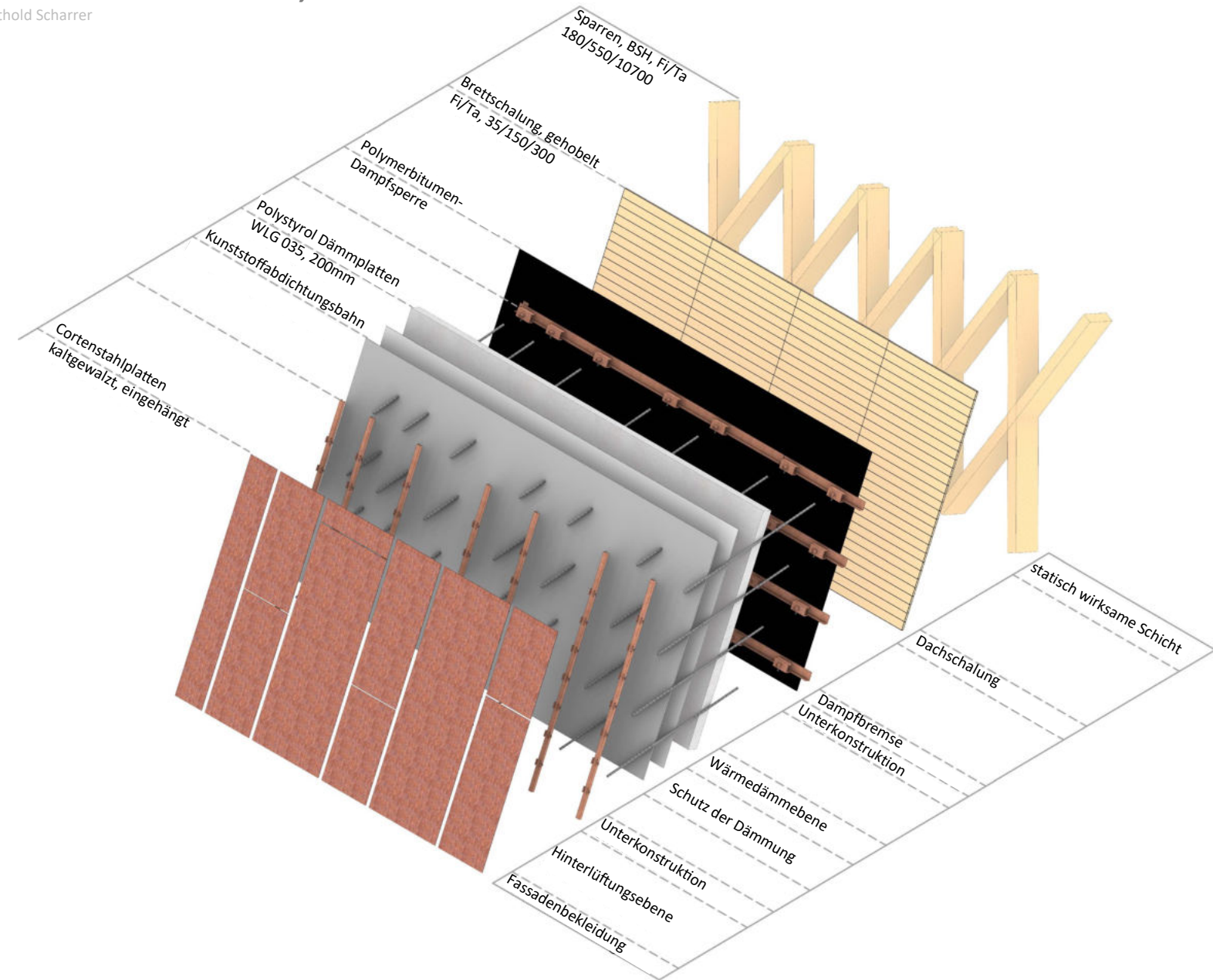
Stahlbetonwand, C30/37	600mm
Trennschicht - Bitumenbahn	
Perimeterdämmung	150 mm
Noppenbahn	



Bodenanschluss | floor section | 1:20

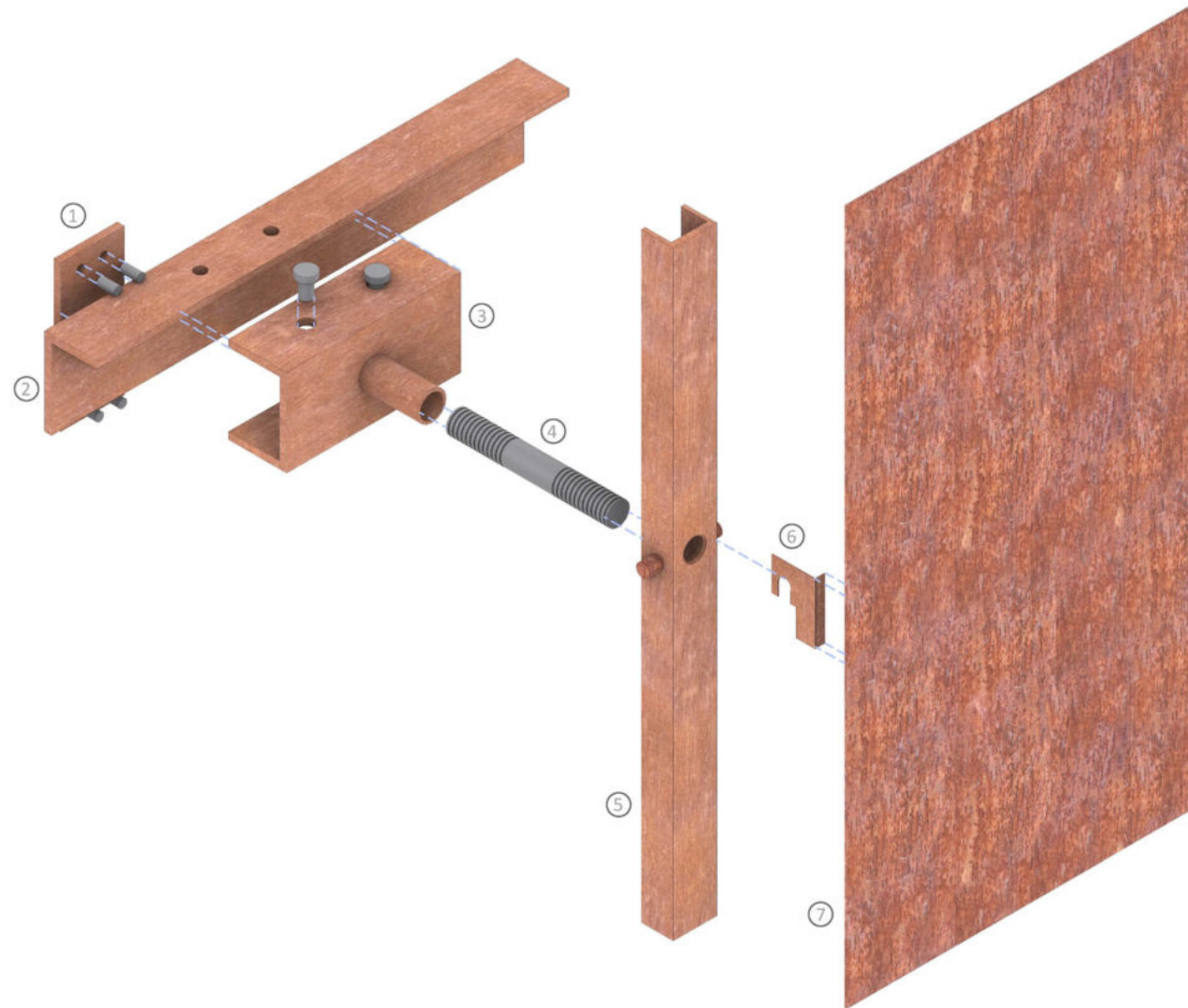
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

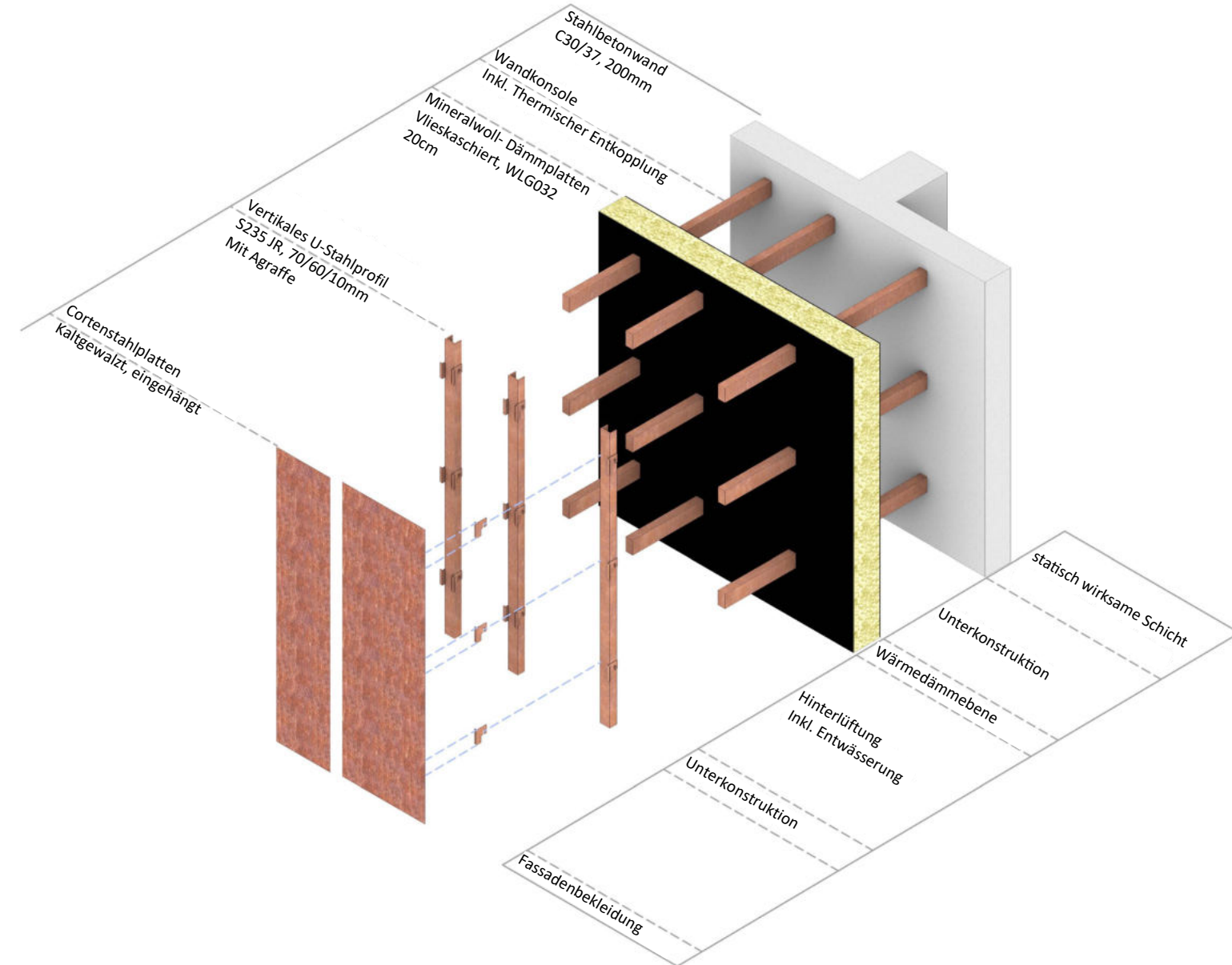
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



- ① Flach-Stahl-Profil, S235 JR, 100/200/5, verschraubt
- ② Horizontales ungleichschenkliges Winkelstahlprofil, S235 JR
- ③ U-Stahlprofil, S235 JR, 150/100/10mm
Mit angeschweißtem Rundrohr Ø 50mm
- ④ Gewindestange, DIN 976, 8.8, M48, verzinkt mit Abdichtungseinfassung
- ⑤ Vertikales U-Stahlprofil, S235 JR, 70/60/10
- ⑥ Agraffe, gekantet
- ⑦ Cortenstahlplatten, kaltgewalzt, eingehängt, 4mm

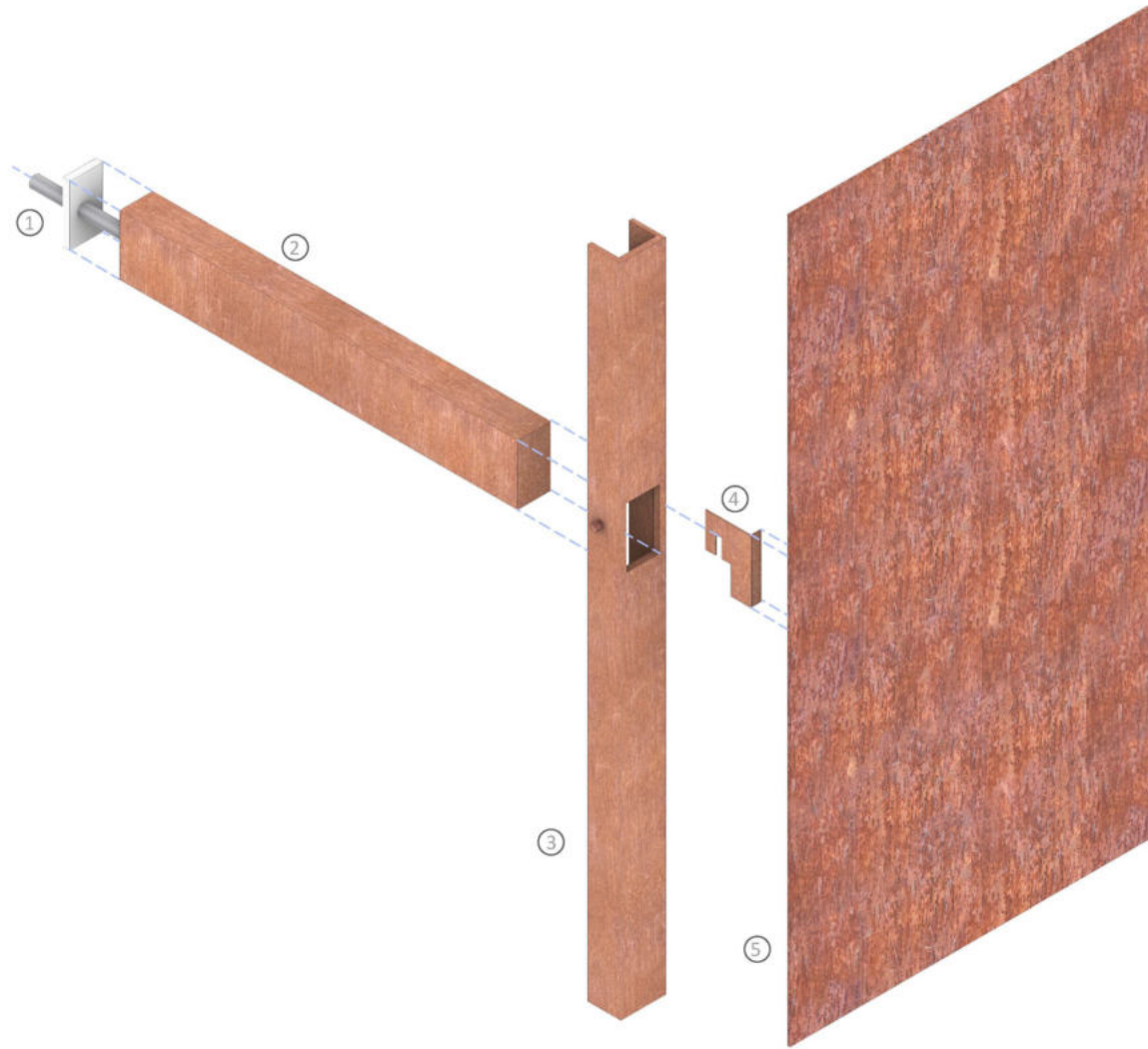
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

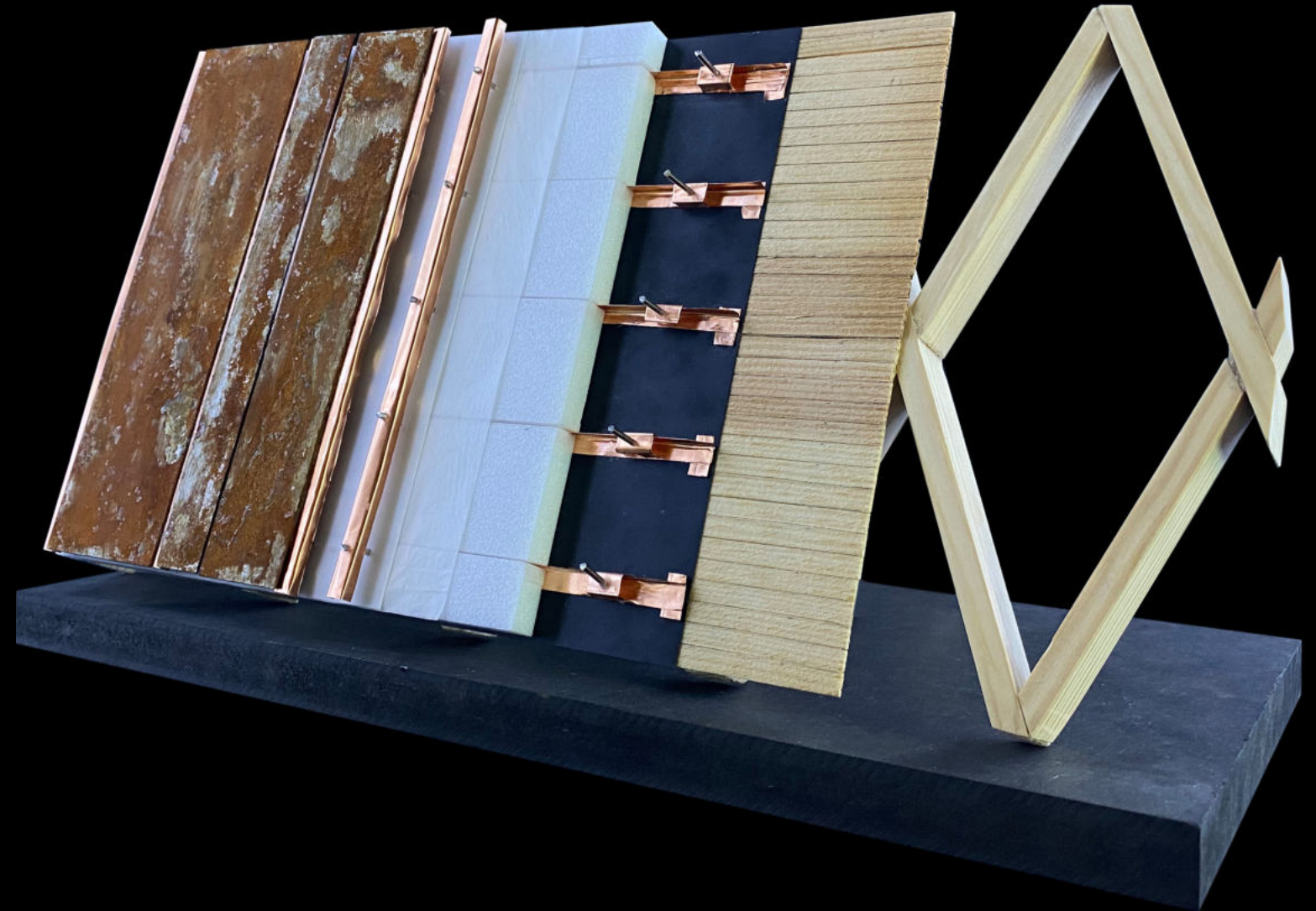
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



- ① thermische Entkopplung mittels PVC-Hartschaum Thermostop
- ② Wandkonsole, Edelstahl, verankert
- ③ vertikales U-Stahlprofil, S235 JR, 70/60/10
- ④ Agraffe, gekantet
- ⑤ Cortenstahlplatten, kaltgewalzt, eingehängt, 4mm

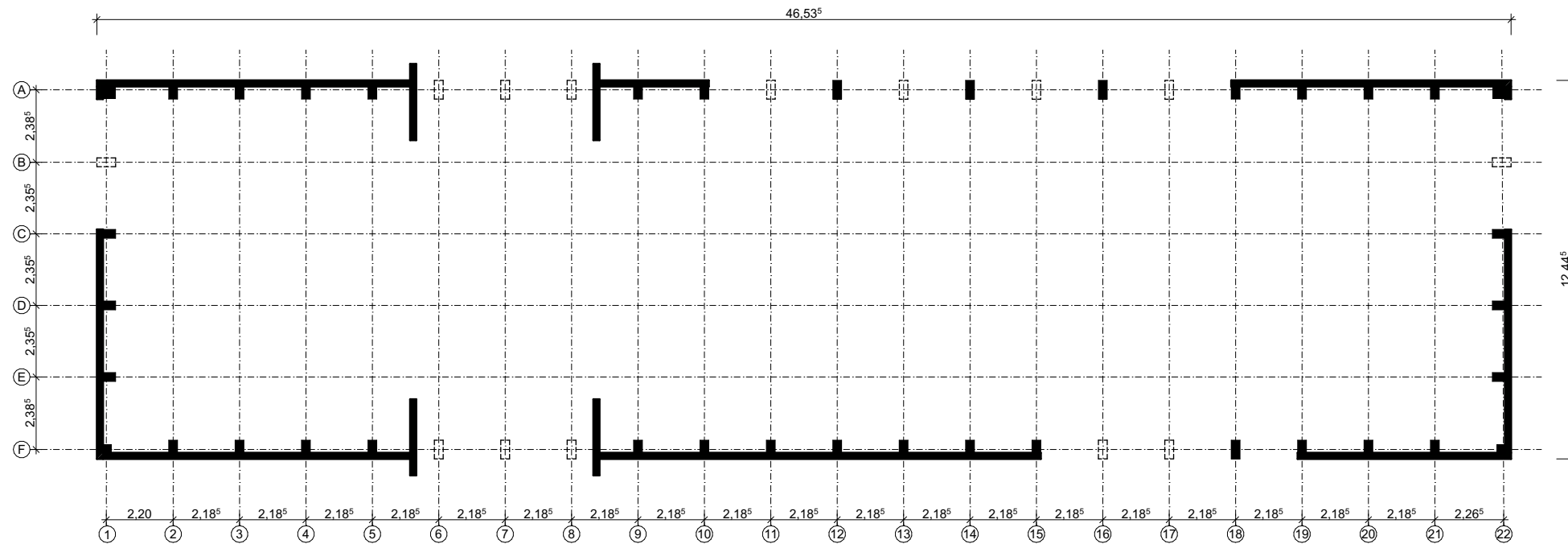
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

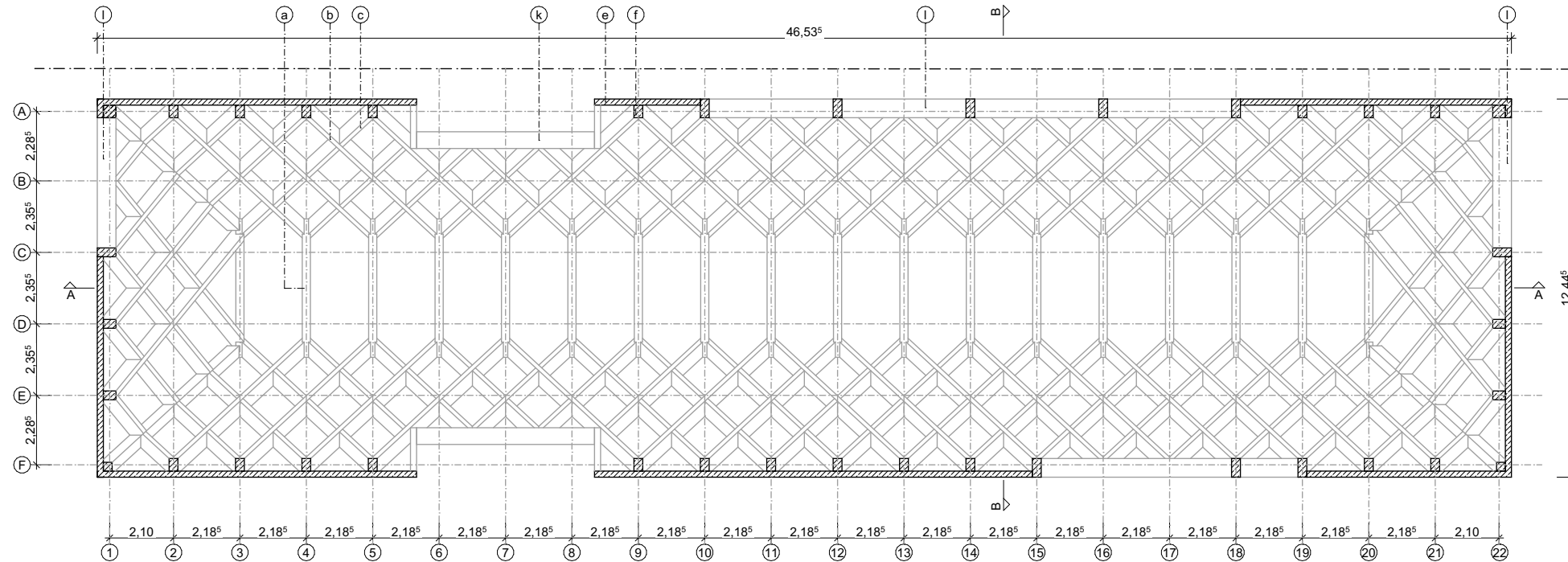
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

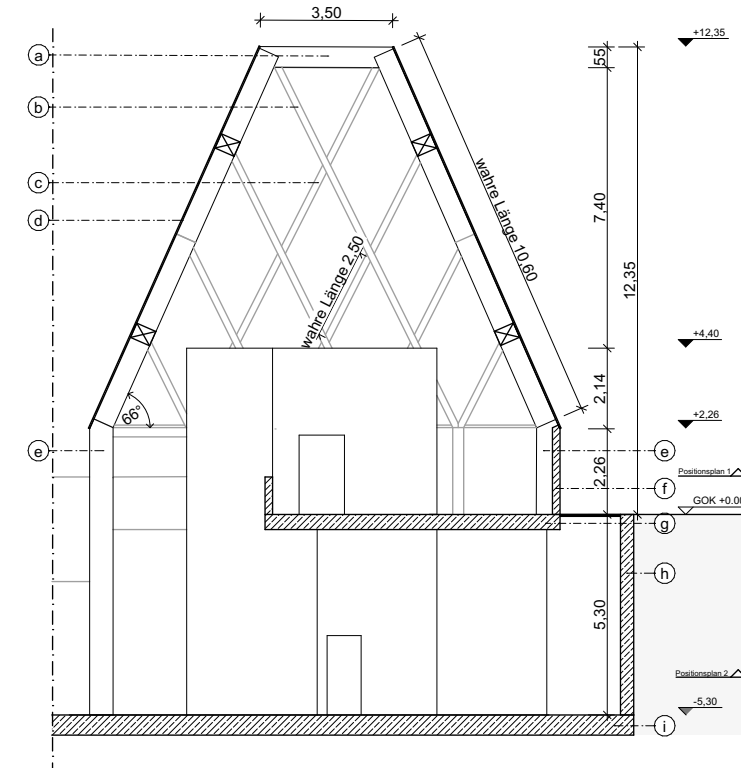
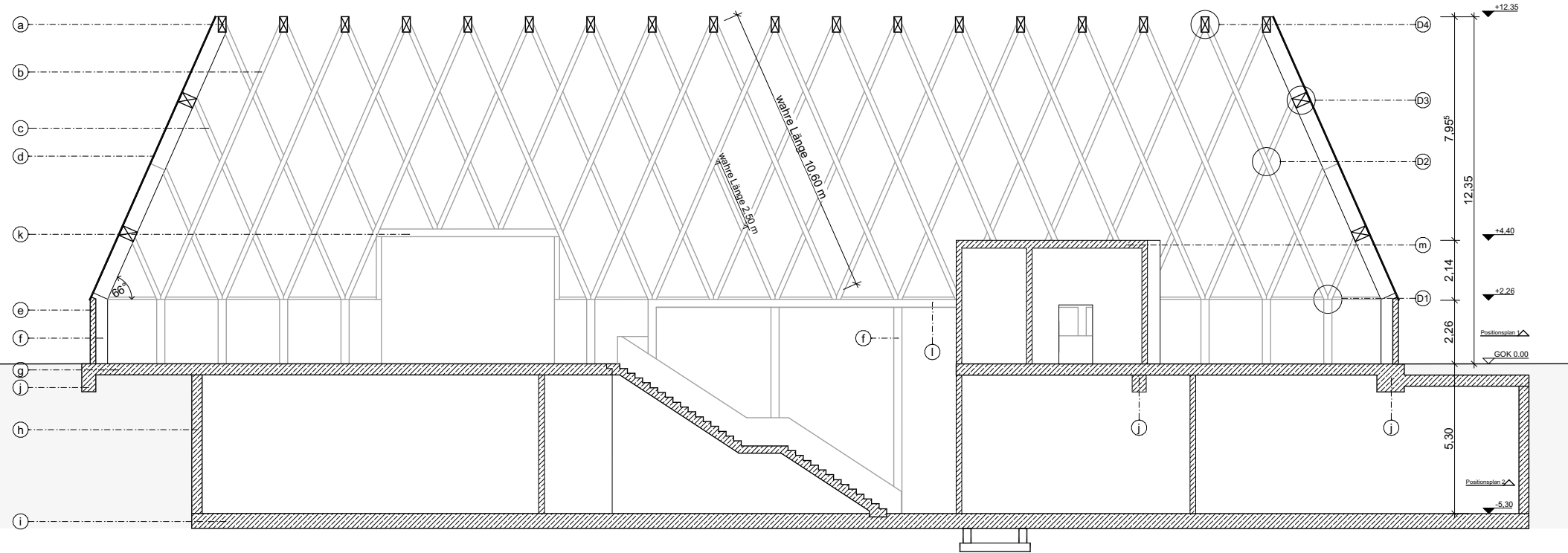
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

- Ⓐ Holm, Brettschichtholz GI28h, 18/55, gehobelt, gefast
- Ⓑ Sparren tragend, Brettschichtholz GI28h, 18/55, gehobelt, gefast
- Ⓒ Strebe aussteifend, Brettschichtholz GI28h, 18/55, gehobelt, gefast
- Ⓓ Holzschalung Bretter, d = 35 mm, sägerau
- Ⓔ Stütze, Stahlbeton C40/45, Winkel 66°, 29/41,5, Sichtqualität, gefast
- Ⓕ Wand, Stahlbeton C30/37, Winkel 66°, b= 20 cm, Sichtqualität
- Ⓖ Decke, Stahlbeton C30/37, h= 40 cm
- Ⓗ Kellerwand, Stahlbetonfertigteile C30/37, b= 36-60 cm
- Ⓘ Bodenplatte, Stahlbeton C30/37, h= 50 cm
- Ⓛ Unterzug, Stahlbeton C30/37
- Ⓚ Sturz Eingang, Brettschichtholz GI28h, 18/55
- Ⓛ Sturz Fenster/Pfostenriegelfassade, Stahlbeton C30/37, h= 28cm
- Ⓜ Freiliegender Innenraum, Stahlbeton C30/37, verputzt
- Ⓝ Detail: Lisene Holz/Beton
- Ⓞ Detail: Verbindung Sparren/Strebe
- Ⓟ Detail: Sparren/Holzschalung
- Ⓠ Detail: Holm



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsbäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

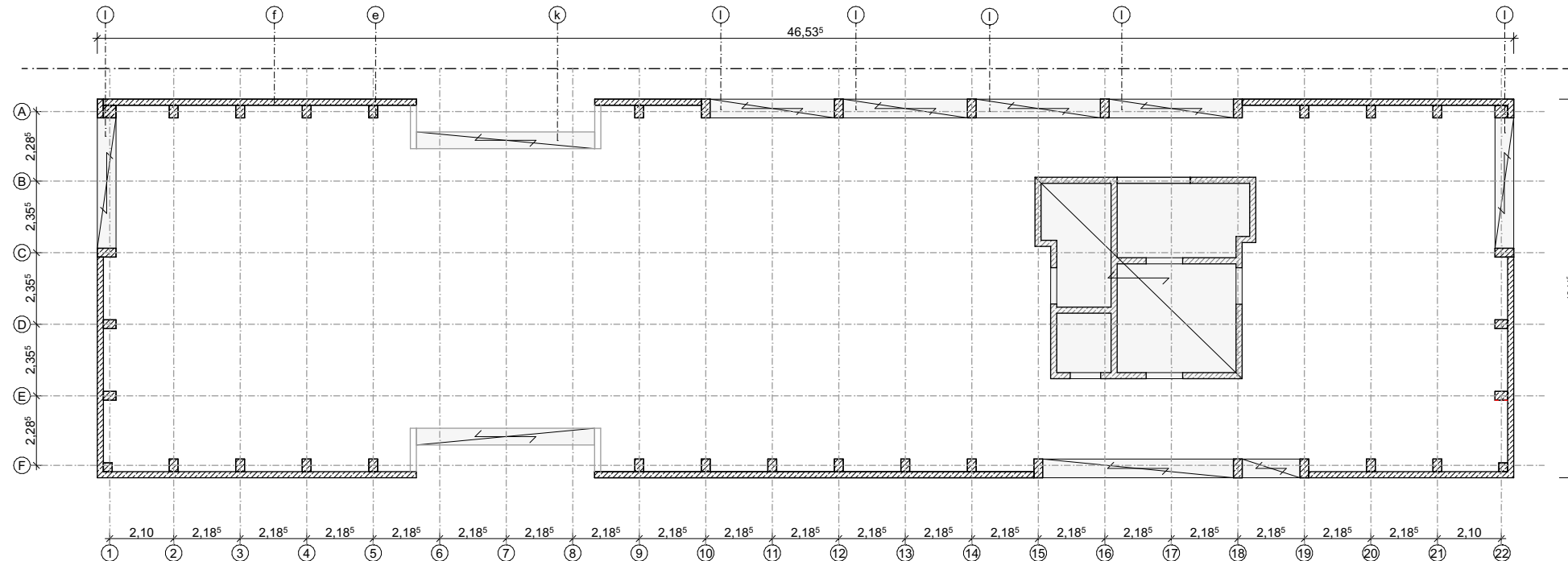
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

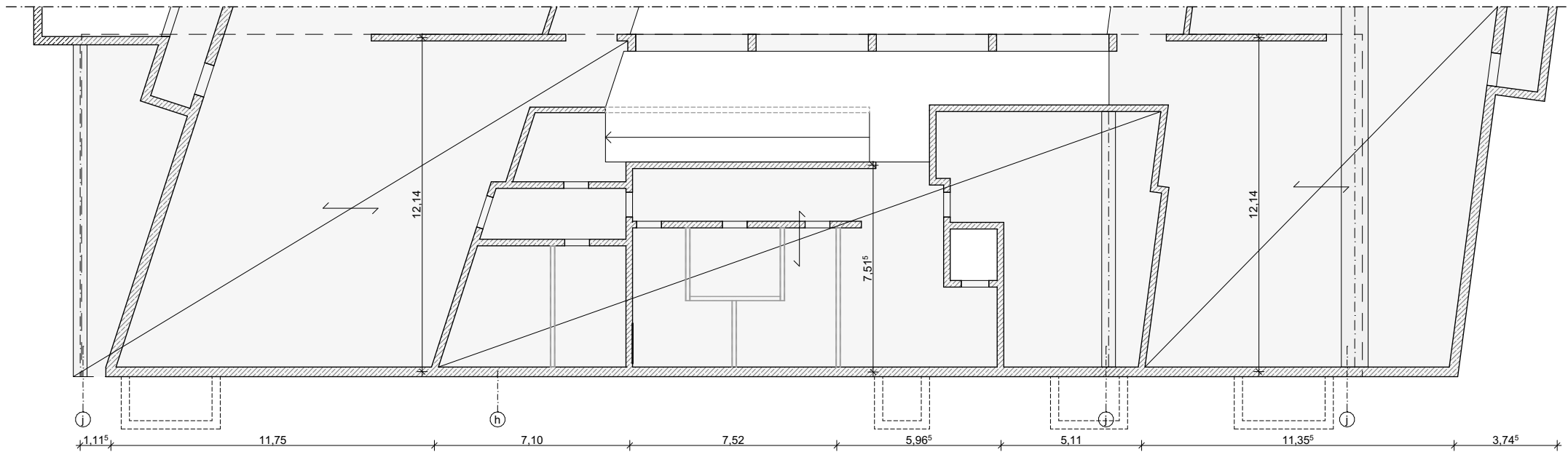
- Ⓐ Holm, Brettschichtholz GI28h, 18/55, gehobelt, gefast
- Ⓑ Sparren tragend, Brettschichtholz GI28h, 18/55, gehobelt, gefast
- Ⓒ Strebe aussteifend, Brettschichtholz GI28h, 18/55, gehobelt, gefast
- Ⓓ Holzschalung Bretter, d = 35 mm, sägerau
- Ⓔ Stütze, Stahlbeton C40/45, Winkel 66°, 29/41,5, Sichtqualität, gefast
- Ⓕ Wand, Stahlbeton C30/37, Winkel 66°, b= 20 cm, Sichtqualität
- Ⓖ Decke, Stahlbeton C30/37, h= 40 cm
- Ⓗ Kellerwand, Stahlbetonfertigteil C30/37, b= 36-60 cm
- Ⓘ Bodenplatte, Stahlbeton C30/37, h= 50 cm
- ⓵ Unterzug, Stahlbeton C30/37
- Ⓚ Sturz Eingang, Brettschichtholz GI28h, 18/55
- Ⓛ Sturz Fenster/Pfostenriegelfassade, Stahlbeton C30/37, h= 28cm
- Ⓜ Freiliegender Innenraum, Stahlbeton C30/37, verputzt
- Ⓝ Detail: Lisene Holz/Beton
- Ⓞ Detail: Verbindung Sparren/Strebe
- Ⓟ Detail: Sparren/Holzschalung
- Ⓠ Detail: Holm



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

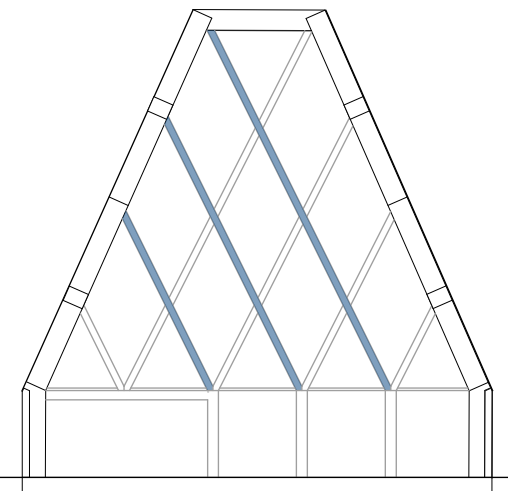
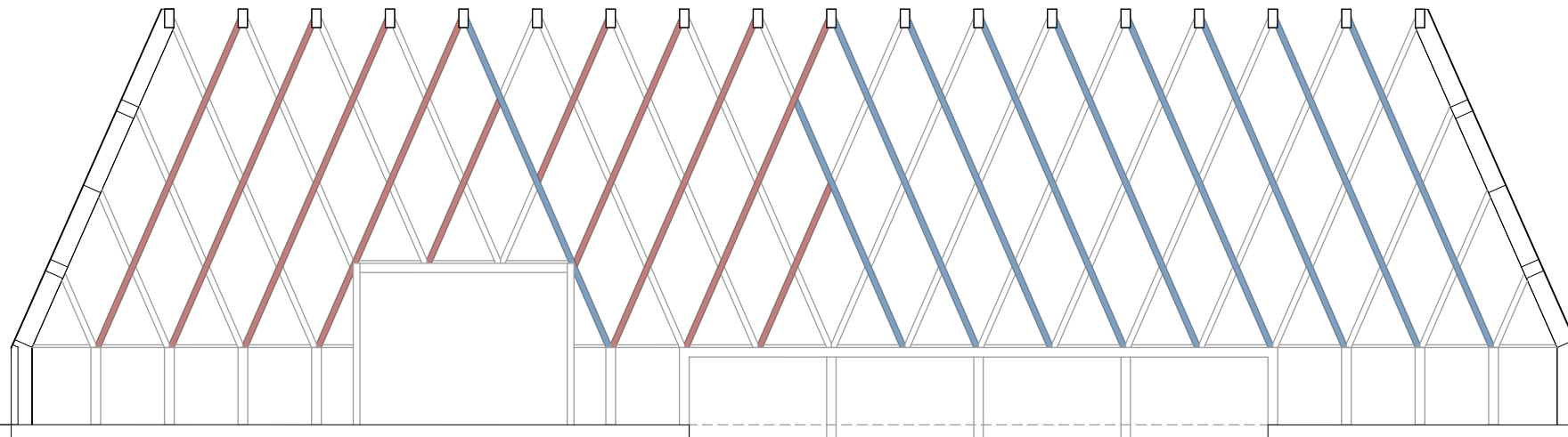
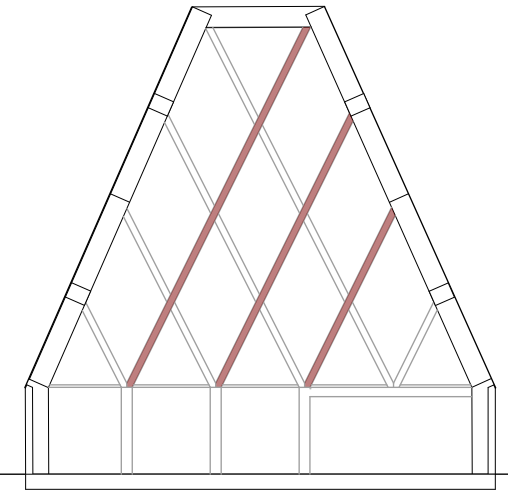
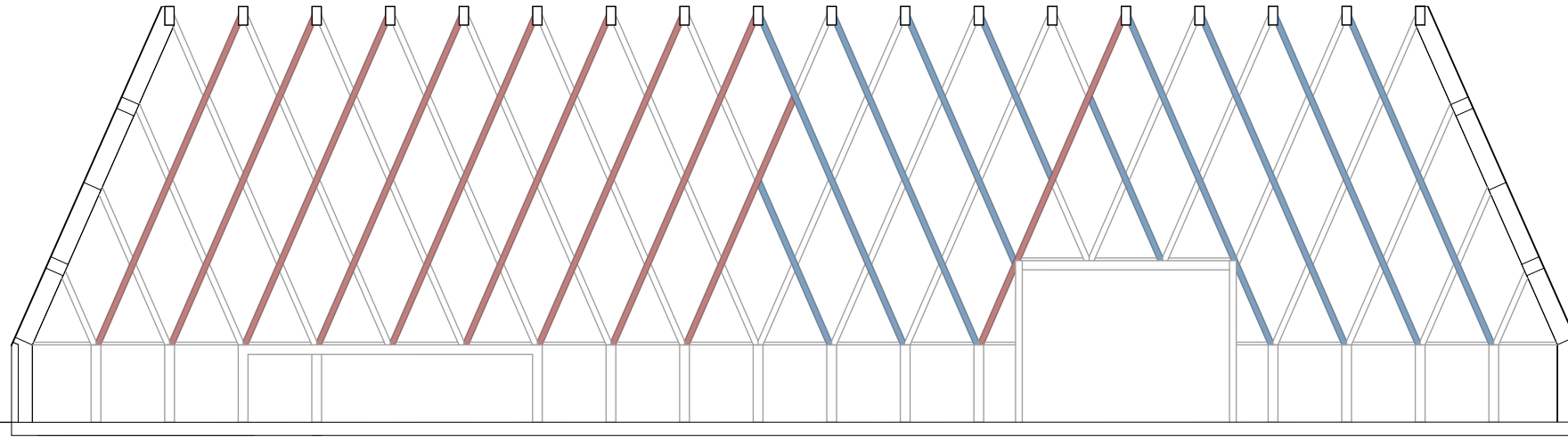
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

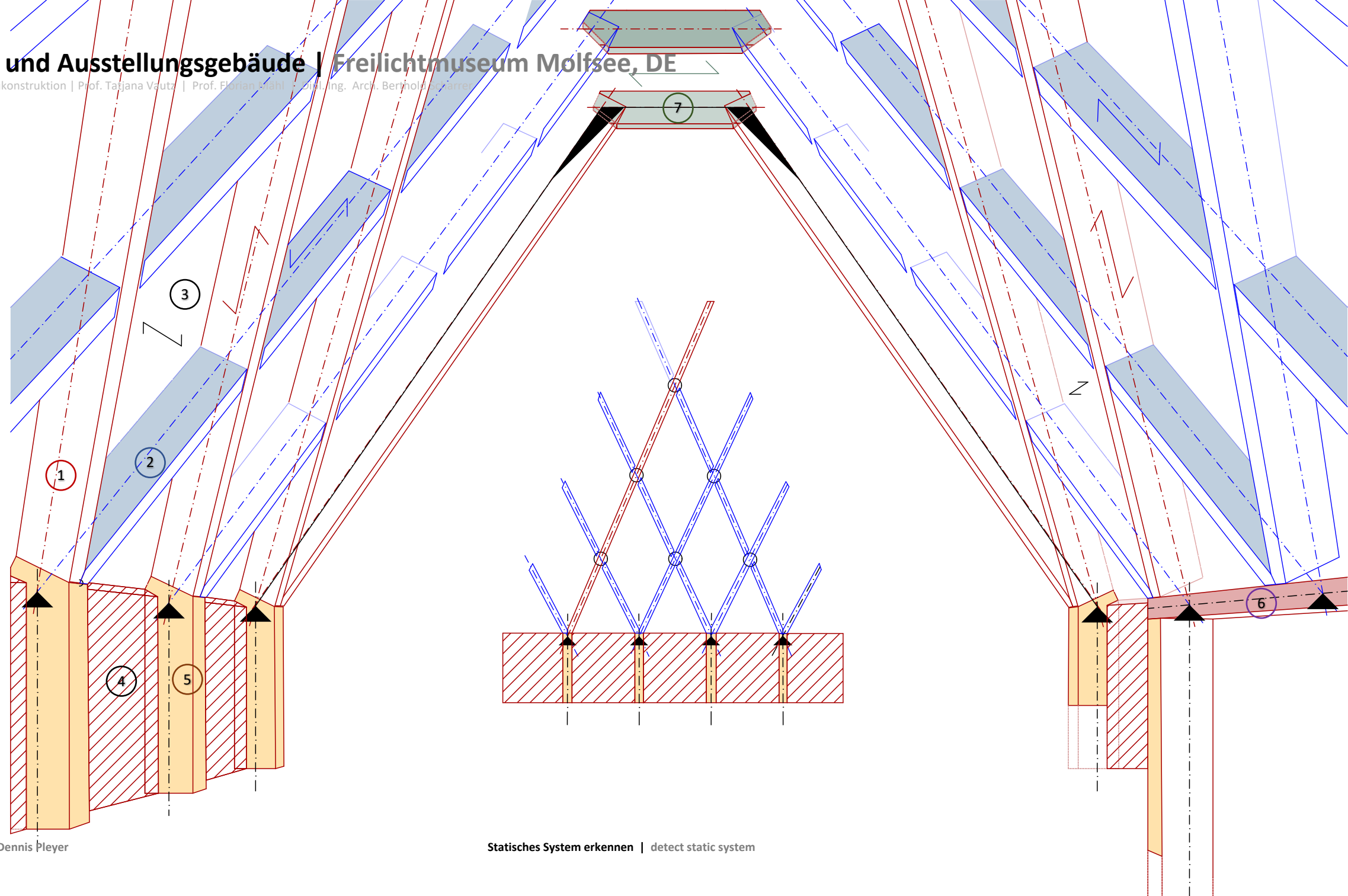
- Ⓐ Holm, Brettschichtholz GI28h, 18/55, gehobelt, gefast
- Ⓑ Sparren tragend, Brettschichtholz GI28h, 18/55, gehobelt, gefast
- Ⓒ Strebe aussteifend, Brettschichtholz GI28h, 18/55, gehobelt, gefast
- Ⓓ Holzschalung Bretter, d = 35 mm, sägerau
- Ⓔ Stütze, Stahlbeton C40/45, Winkel 66°, 29/41,5, Sichtqualität, gefast
- Ⓕ Wand, Stahlbeton C30/37, Winkel 66°, b= 20 cm, Sichtqualität
- Ⓖ Decke, Stahlbeton C30/37, h= 40 cm
- Ⓗ Kellerwand, Stahlbetonfertigteile C30/37, b= 36-60 cm
- Ⓘ Bodenplatte, Stahlbeton C30/37, h= 50 cm
- Ⓝ Unterzug, Stahlbeton C30/37
- Ⓚ Sturz Eingang, Brettschichtholz GI28h, 18/55
- Ⓛ Sturz Fenster/Pfostenriegelfassade, Stahlbeton C30/37, h= 28cm
- Ⓜ Freiliegender Innenraum, Stahlbeton C30/37, verputzt
- Ⓝ Detail: Lisene Holz/Beton
- Ⓝ Detail: Verbindung Sparren/Strebe
- Ⓝ Detail: Sparren/Holzschalung
- Ⓝ Detail: Holm



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



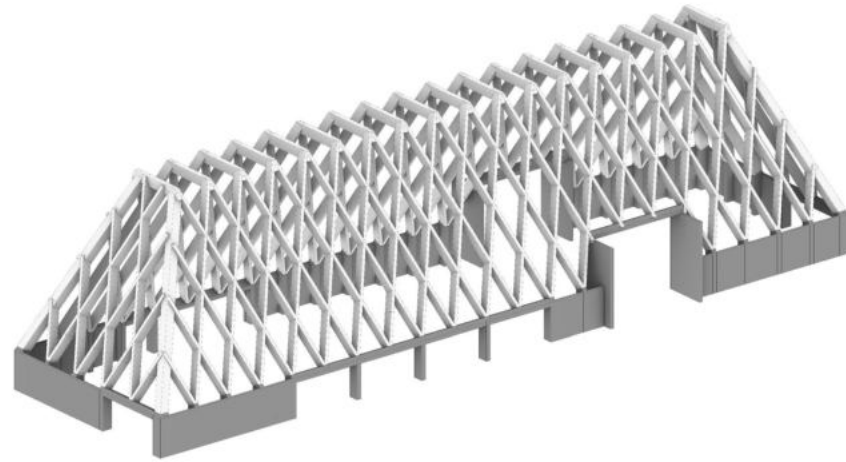


Sichtbares Tragwerk als architektonisches Gestaltungsmittel

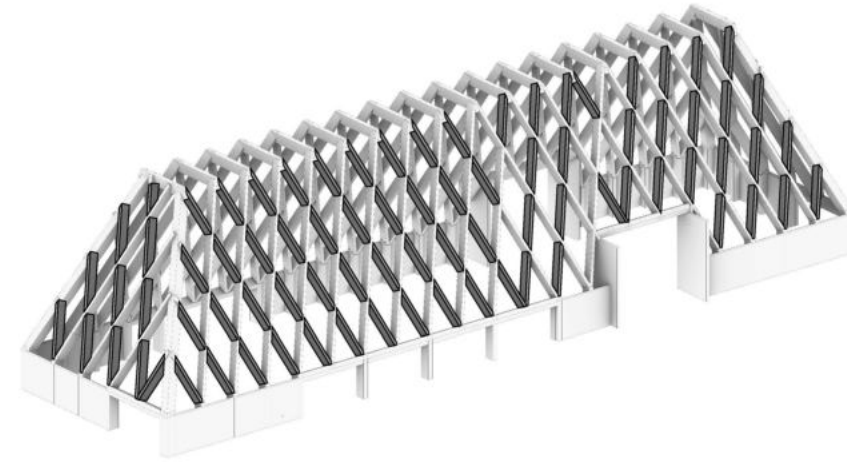
- ① Hauptträger, durchgehend bis zum First, bildet Rahmentragwerk mit Holm und gegenüberliegendem Hauptträger in Querrichtung, Brettschichtholz
- ② Nebenträger, in gleicher Tragebene zu den Hauptträgern, verbindet Sparren in Längsrichtung und erzeugt optisch das Rautenfachwerk, dient zur Aussteifung im Dachtragwerk
- ③ Brett-Schalung oberseitig der Haupt- und Nebenträger befestigt, Unterkonstruktion für Dachaufbau, homogene Innenansicht mit Dachtragwerk
- ④ Wandpfeiler massiv, Aussteifung in Längs- und Querrichtung
- ⑤ Einzelstützen massiv (Lisenen), Stützvorlage (Auflager) für die Sparren, nehmen die Punktlast auf, Vermutung: innenliegender Bewehrungsring wirkt den Druck-/Schubkräften aus dem Dach entgegen
- ⑥ Sturz, Stahlbeton, Mehrfeldsystem
- ⑦ Riegel/ Holm, Ausbildung steifer Rahmenecken, Dreigelenkrahmen

K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

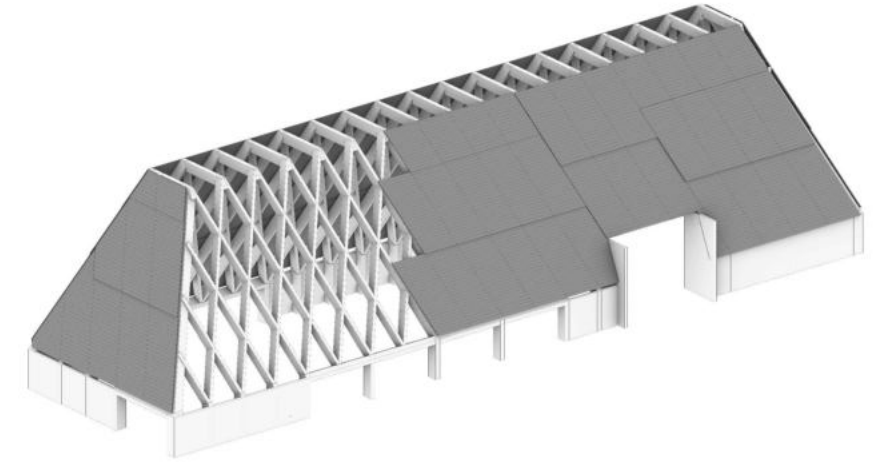
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



(1) Stahlbetonwand dient als Bewehrungsgurt



(2) Aussteifung des Tragwerks - Holzstreben als Windverband



(3) Aussteifung des Tragwerks - Brettschalung als Wandscheiben

Aussteifung des Tragwerks

Die Aussteifungsregel besagt, ein Tragwerk ist ausgesteift, wenn es zwei Wandscheibenpaare oder drei Wandscheiben und eine steife Dachscheibe enthält. Die Wandscheiben sollten als Paar mit möglichst großem Abstand parallel zueinander angeordnet werden. Das System darf nicht rotieren.

Die Aussteifung des Tragwerks wird durch zwei wesentliche Hauptmerkmale ausgesteift. Die aussteifenden Holzstreben (2), welche durch einen Formschluss mit den tragenden Holzsparren gefügt werden. Die Streben wirken hier als Windverband und steifen das Tragwerk in der Querrichtung und Längsrichtung aus. Die Streben und Sparren bilden das doppelte Rauten Fachwerk in den Dachseiten längs und quer.

Zusätzlich wirkt die Brettschalung (3), welche alle vier Dachseiten des Gebäudes umhüllt und auf den Holzsparren befestigt wird. Sie dient als Grundlage für den weitem Dachaufbau und für die VHF. Die Stahlbetonwand (1) wirkt als Bewehrungsgurt und hält das Tragwerk unten zusammen. Die Aussteifungsregel ist somit erfüllt.

Bracing of the structure

The bracing rule states that a structure is braced if it contains two pairs of wall panel pairs or three wall panels and a rigid roof panel. The wall panels should be arranged as a pair with as much distance as possible parallel to each other. The system must not rotate.

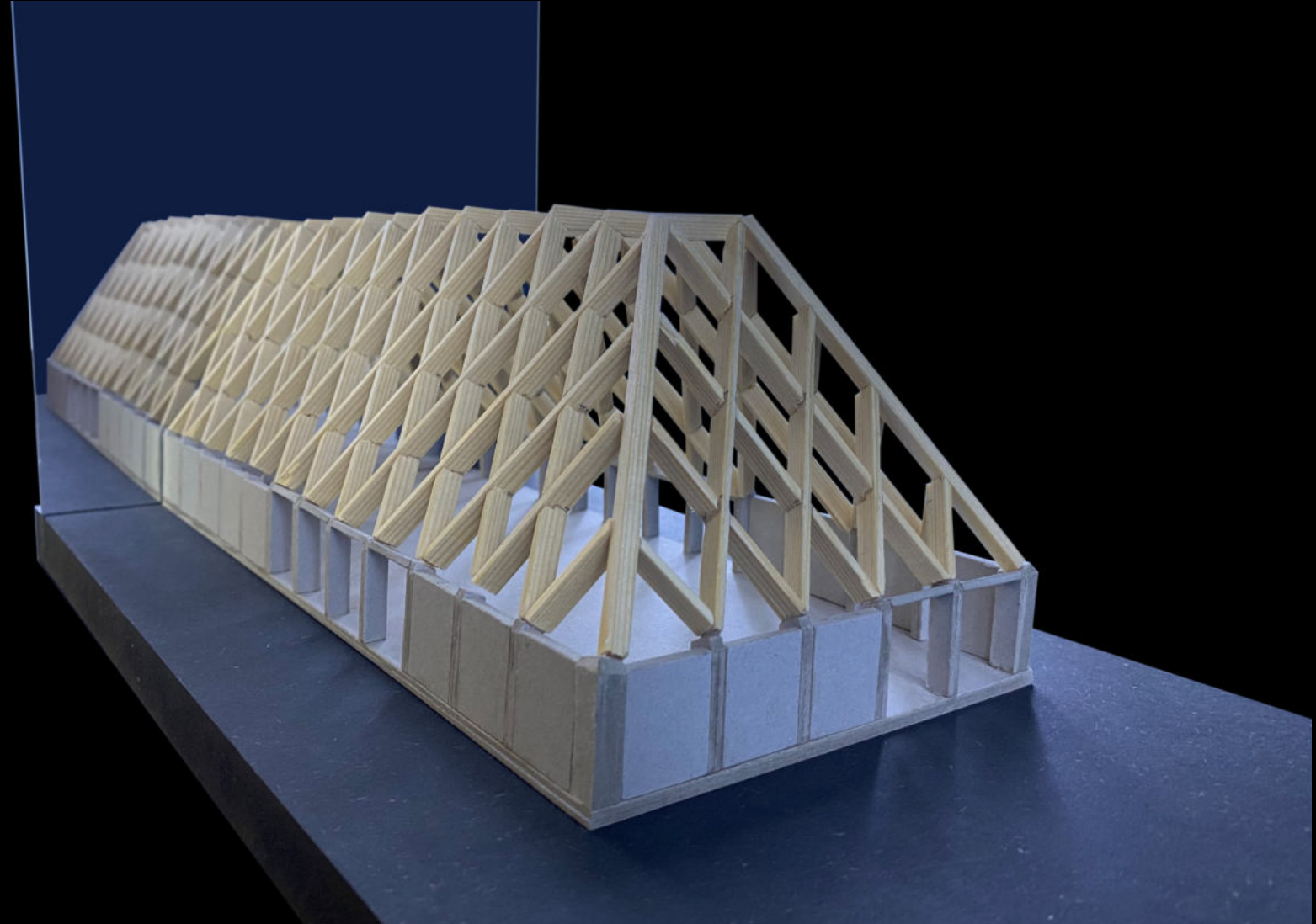
The bracing of the structure is reinforced by two main features. The bracing wooden struts (2), which are joined by a form fitting with the supporting wooden rafters. The struts act as a wind composite and brace the structure in the transverse and longitudinal direction. The struts and rafters form the double rhombus truss in the roof sides longitudinally and transversely.

In addition, the board formwork (3), which envelops all four roof sides of the building and is fastened to the wooden rafters. It serves as the basis for the further roof construction and for the VHF.

The reinforced concrete wall (1) acts as a reinforcement belt and holds the structure together. The bracing rule is thus fulfilled.

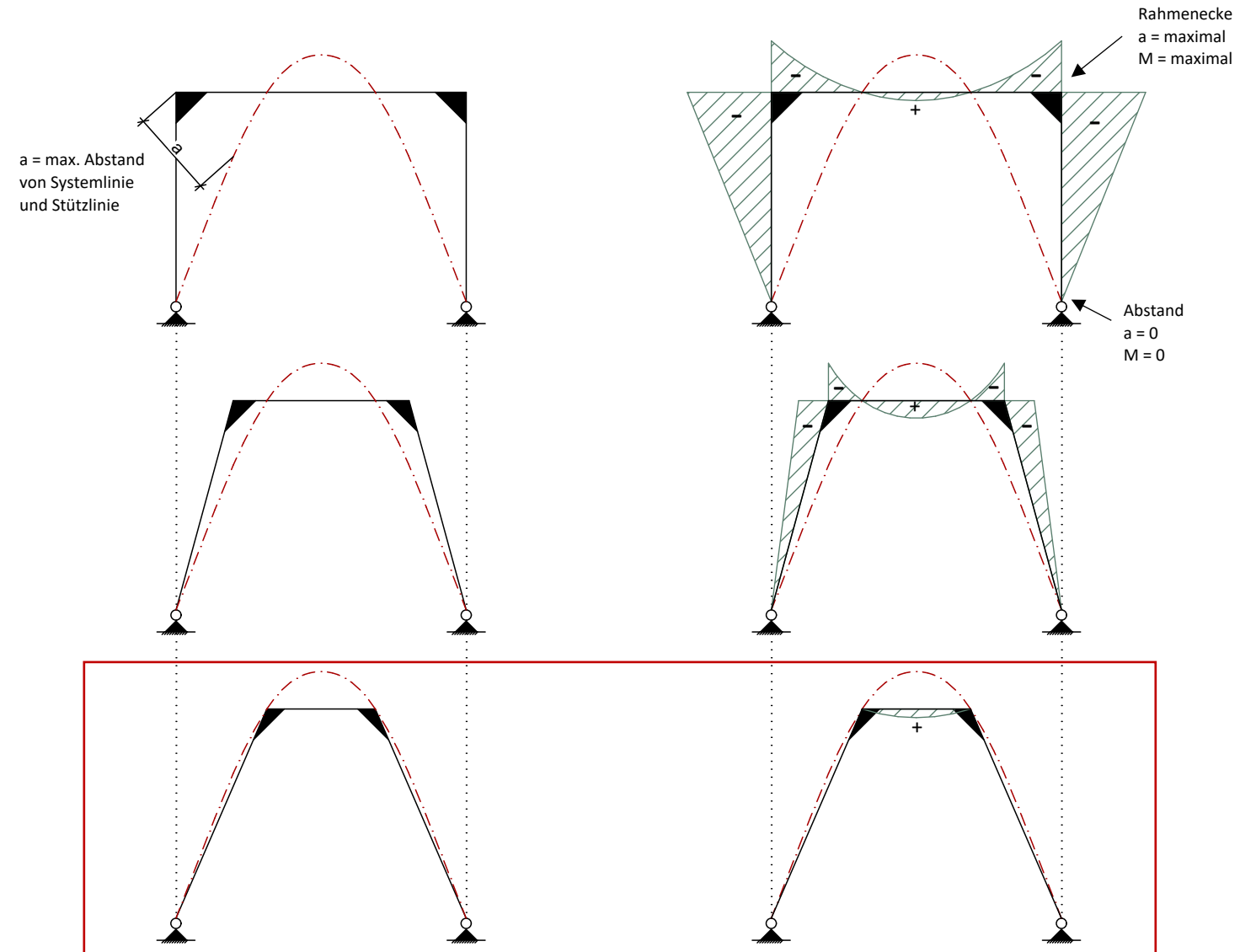
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

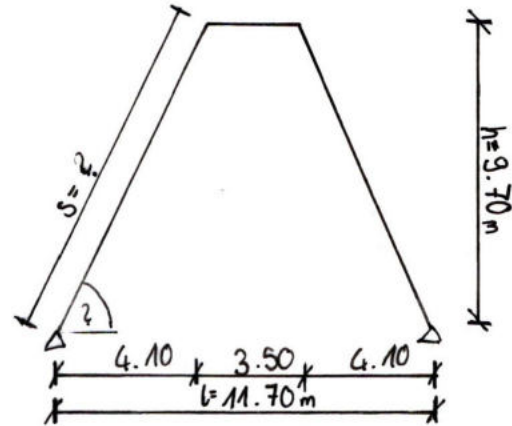
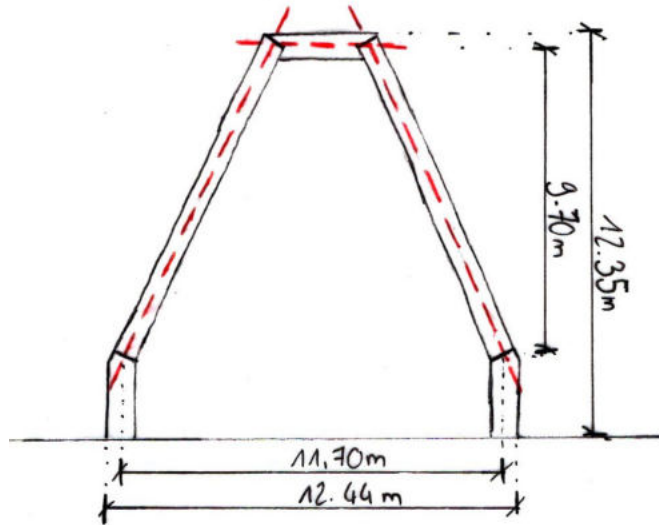


Die Konstruktion des Dachtragwerks ergibt sich aus einer Aneinanderreihung von Rahmen. Die horizontal liegenden Rahmenriegel sind biegesteif mit den Stielen verbunden. Anders als bei gewöhnlichen Systemen neigen sich hierbei die vertikal angeordneten Stielpaare entlang der Stützlinie und nähern sich ihrer Geometrie. Auf diese Weise verkleinert sich der Abstand a und die maximale Momentenbeanspruchung wird minimal. Die Konstruktion erreicht ihr optimales Tragverhalten.

The construction of the roof structure results from a stringing together of frames. The horizontally arranged frame beams are flexurally rigidly connected to the standards. Unlike in conventional systems, the vertically arranged pairs of standards tilt along the support line and approach its geometry. In this way, the distance a is reduced and the maximum moment load is minimized. The structure achieves its optimum load-bearing behavior.

K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

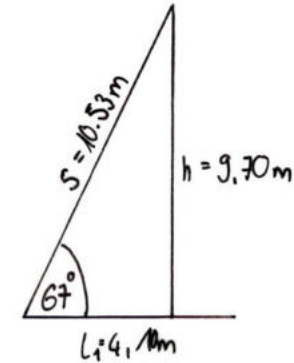
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



Berechnung Sparrenlänge und Winkel:

$$s = \sqrt{l^2 + h^2} = \sqrt{4,10^2 + 9,70^2} = 10,53 \text{ m}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{l} = \frac{9,70}{4,10} = 2,37 \quad \rightarrow \alpha = 67^\circ$$



Dimensionierung des Sparrens:

$$h \approx \frac{1}{18} \cdot s = \frac{10,53}{18} = 0,58 \text{ m} \text{ bis } h \approx \frac{1}{20} \cdot s = \frac{10,53}{20} = 0,53 \text{ m}$$

$$\rightarrow \text{gewählt } h = (0,58 + 0,53) : 2 \approx 0,55 \text{ m}$$

$$b \approx \frac{h}{2} = \frac{0,55 \text{ m}}{2} = 0,28 \text{ m} \text{ oder } b \approx \frac{h}{3} = \frac{0,55 \text{ m}}{3} = 0,18 \text{ m}$$

$$\rightarrow \text{gewählt } b = 0,18 \text{ m}$$

\rightarrow gewählter Querschnitt für Sparren: 18/55

	Zweigelenk- oder Dreigelenk-Stabzug (mit Zugband oder Widerlager)	12	15-50	$h \approx \frac{1}{18} \cdot s$ bis $\frac{1}{20} \cdot s$
--	---	----	-------	--

Tabellen zur Tragwerklehre, 12. Auflage

K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

Eigengewicht je m² schräge Dachfläche:

- **Cortenstahlplatten 4 mm** $0,004 \text{ m} \times 78,5 \text{ kN/m}^3 = 0,314$
- **Unterkonstruktion 10 mm** $0,01 \text{ m} \times 78,5 \text{ kN/m}^3 = 0,785$
- **Polystyrolämmplatten 20cm** $20 \times 0,005 \text{ kN/m}^2 = 0,1$
- **Bituminöse Dampfsperre inkl. Klebmasse** $0,07$
- **Brettschichtholzschalung 35 mm** $0,035 \times 5 \text{ kN/m}^3 = 0,175$
- Dachfenster 125 kg/m² wird vernachlässigt $(1,25)$

→ $g = 1,44 \text{ kN/m}^2$

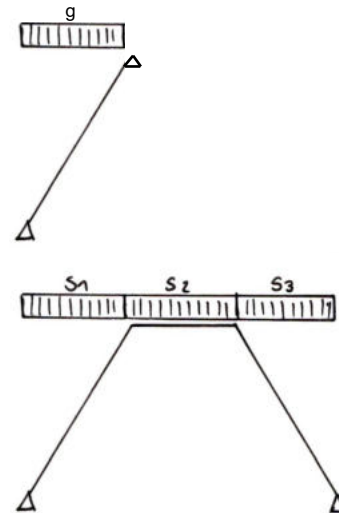
Lasten je m² Grundfläche:

- Eigengewicht $g = \frac{1,44}{\cos(67^\circ)} = 3,69 \text{ kN/m}^2$
- Schneelasten $s =$
 Schneelastzone 2, Geländeoberfläche $\leq 200 \text{ m}$
 → $s_k = 0,85 \text{ kN/m}^2$

 Für s_1 und s_3 Dachneigung $> 60^\circ$
 → $\mu = 0$
 → s_1 und $s_3 = 0,85 \text{ kN/m}^2 \times 0 = 0$

 Für s_2 Dachneigung 0°
 → $\mu = 0,8$
 → $s_2 = 0,85 \text{ kN/m}^2 \times 0,8 = 0,68 \text{ kN/m}^2$

→ $q = g + \overline{s_3} = 3,69 \text{ kN/m}^2 + 0,68 \text{ kN/m}^2 = 4,37 \text{ kN/m}^2$



Lasten je Sparren e = 2,185 m:

$$g = 3,69 \text{ kN/m}^2 \times 2,185 \text{ m} = 8,06 \text{ kN/m}$$

$$q = 4,37 \text{ kN/m}^2 \times 2,185 \text{ m} = 9,55 \text{ kN/m}$$

5. Schnittgrößen Sparren:

$$\max M = \frac{q \cdot l_1^2}{8} = \frac{9,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (4,10 \text{ m})^2}{8} = 20,07 \text{ kNm}$$

$$A = B = \frac{q \cdot l_1}{2} = \frac{9,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4,10 \text{ m}}{2} = 19,58 \text{ kN}$$

$$A_H = B_H = \frac{q \cdot l_1^2}{8 \cdot h} = \frac{9,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (4,10 \text{ m})^2}{8 \cdot 9,70 \text{ m}} = 2,07 \text{ kN}$$

3. a) Dreigelenkrahmen

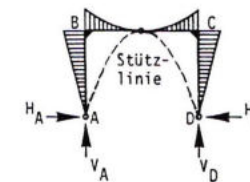
rechnerisch:



$$M_B = \frac{q \cdot l^2}{8}$$

$$V_A = V_D = \frac{q \cdot l}{2}$$

$$H_A = H_D = \frac{q \cdot l^2}{8h}$$



Tabellen zur Tragwerklehre, 12. Auflage

K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

Bemessung des Sparrens auf Tragfähigkeit:

$$\sigma_{Rd} > \sigma_d = \frac{M}{W} \rightarrow W_{erf} = \frac{M_d}{\sigma_{Rd}}$$

Brettschichtholz Gl28h: $\sigma_m = 1,8 \text{ kN/m}^2$

$$\rightarrow W_{erf} = \frac{M_d}{\sigma_{Rd}} = \frac{20,07 \cdot 1,4 \cdot 100 \text{ kNm}}{1,8 \text{ kN/cm}^2} = 1561 \text{ cm}^3$$

Gewählter Sparren 18/55:

$$\rightarrow \text{vorh } W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{18 \cdot 55^2}{6} = 9075 \text{ cm}^3$$

$\rightarrow \text{vorh } W > W_{erf}$

Bemessung des Sparrens auf Gebrauchstauglichkeit:

Brettschichtholz Gl28h, 18/55:

$$\rightarrow M_d = 20,07 \cdot 1,4 = 28,1 \text{ kNm}$$

$$\rightarrow W = 9075 \text{ cm}^3$$

$$\rightarrow \sigma_m = 1,7 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rightarrow A = 18 \cdot 55 = 990 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow N_d = A \cdot \sigma_{c\parallel} \cdot k = 990 \cdot 1,8 \cdot 0,096 = 171,1 \text{ kN}$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{h}{i} = \frac{970 \text{ cm}}{0,289 \cdot 18 \text{ cm}} = 186,5$$

$$\rightarrow k = 0,096$$

$$\frac{M_d}{W} + \frac{N_d}{\sigma_{c\parallel} \cdot k} \leq 1 \rightarrow \frac{28,1 \text{ kNm}}{9075 \text{ cm}^3} + \frac{171,1 \text{ kN}}{990 \text{ cm}^2 \cdot 0,096} \approx 1$$

		Nachweis	Material	G
Biegebemessung	$\gamma_F = 1,4$	$\sigma \leq \sigma_{Rd}$	$\gamma_M = 1,3$	σ_{Rd}
evtl. Durchbiegungsnachweis	$\gamma_F = 1$	vorh $\delta \leq \text{zul } \delta$	$\gamma_M = 1$	E_{II}
evtl. Schubnachweis	$\gamma_F = 1,4$	$\tau \leq \tau_{Rd}$	$\gamma_M = 1,3$	τ_{Rd}
Längskraftnachweis	$\gamma_F = 1,4$	$\sigma \leq \sigma_{Rd}$	$\gamma_M = 1,3$	σ_{Rd}

1.1 FESTIGKEITSWERTE UND ELASTIZITÄTSMODULE FÜR VOLLHOLZ UND BRETTSCHICHHOLZ in kN/cm²

Art der Beanspruchung	Vollholz Nadelholz: Fichte, Kiefer, Tanne, Lärche etc. DIN EN 338					euro- päisches Laubholz Eiche/Buche D35	Brettschi DIN EN		
	(Sortierklasse nach DIN 4074-1 ^{*)})						BS11 G124	BS14 G128	
	S7 C16	S10 C24	S13 ¹⁾ C30	MS13 ¹⁾ C35	MS17 ¹⁾ C40				Sortierklasse c
f_k	Biegung $f_{m,k}$	1,6	2,4	3,0	3,5	4,0	3,5	2,4	2,8
	Zug $f_{t,0,k}$	1,0	1,4	1,8	2,1	2,4	2,1	1,7	2,0
	Druck II $f_{c,0,k}$	1,7	2,1	2,3	2,5	2,6	2,5	2,4	2,7
	\perp $f_{c,90,k}$	0,22	0,25	0,27	0,28	0,29	0,84	0,27	0,30
σ_{Rd}	Schub $f_{v,k}$	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20	0,34	0,27	0,27
	Biegung σ_{m1}	1,0	1,5	1,8	2,1	2,4	2,1	1,5	1,7
	Zug σ_t	0,6	0,9	1,1	1,3	1,5	1,3	1,0	1,3
	Druck II σ_{cII}	1,0	1,3	1,4	1,5	1,6	1,5	1,5	1,8
τ_{Rd}	\perp σ_{c1}	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19	0,50	0,19	0,20
	Schub	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,18	0,17	0,17
E	$E_{0,mean}$	800	1100	1200	1300	1400	1100	1160	1260
	ρ	Rohdichte ρ_k kN/m ³	3,1	3,5	3,8	4,0	4,2	5,6	3,8

Tabellen zur Tragwerklehre, 12. Auflage

3.2.3 Knickbeiwerte k für Vollholz, Brettschichtholz und Furnierschichtholz

Schlank- heit	Vollholz aus Nadelholz				Brettschichtholz aus Nadelholz				Furnier- schicht- holz (Kerto S)
	S7 C16	S10 C24 S13 C30 MS13 C35	MS17 C40	BS11 G124	BS14 G128	BS16 G132	BS18 G136	FSH	
160	0,115	0,127	0,130	0,143	0,129	0,130	0,135	0,107	
165	0,108	0,120	0,123	0,134	0,121	0,122	0,127	0,100	
170	0,102	0,113	0,116	0,127	0,114	0,115	0,120	0,095	
175	0,097	0,107	0,110	0,120	0,108	0,109	0,113	0,089	
180	0,091	0,101	0,104	0,113	0,102	0,103	0,107	0,085	
185	0,087	0,096	0,098	0,107	0,097	0,098	0,101	0,080	
190	0,082	0,091	0,093	0,102	0,092	0,093	0,096	0,076	
195	0,078	0,087	0,089	0,097	0,087	0,088	0,091	0,072	
200	0,074	0,082	0,085	0,092	0,083	0,084	0,087	0,069	
205	0,071	0,079	0,081	0,088	0,079	0,080	0,083	0,065	

Tabellen zur Tragwerklehre, 12. Auflage

K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

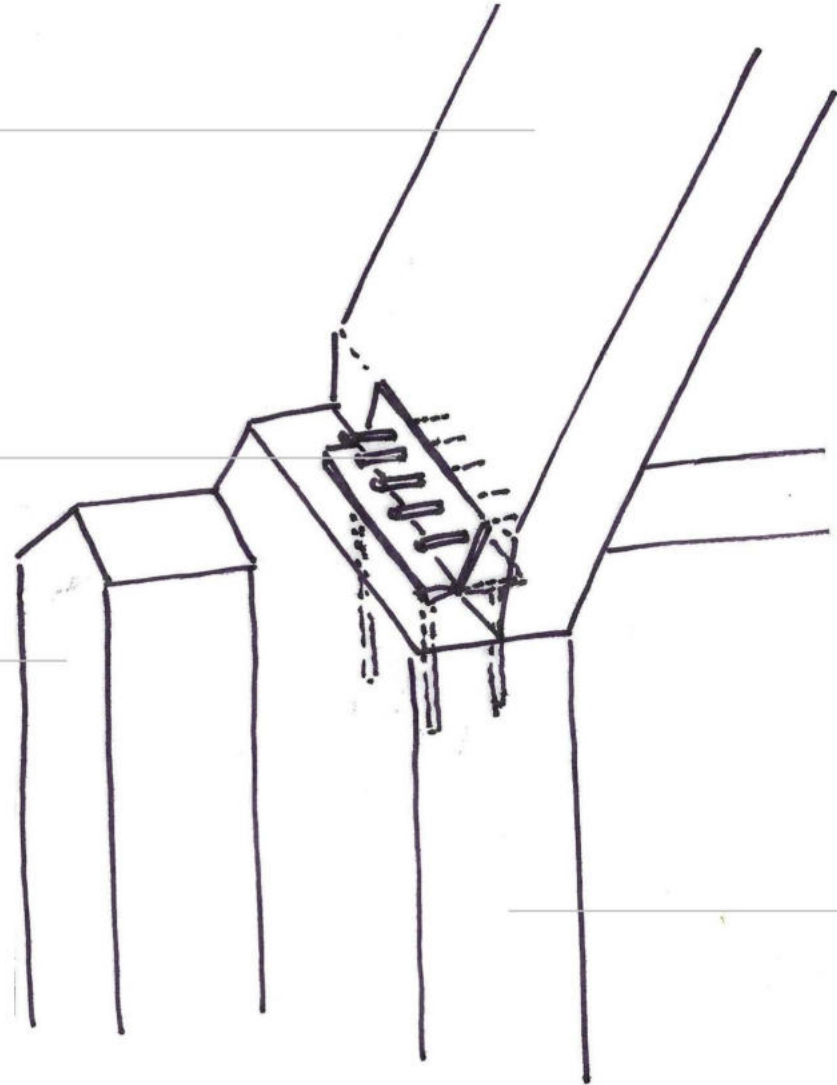
Sparren

BSH, Fi/Ta, 18/55/1070cm

Auflagerkonsole

Betonwand

C30/37, d=20cm

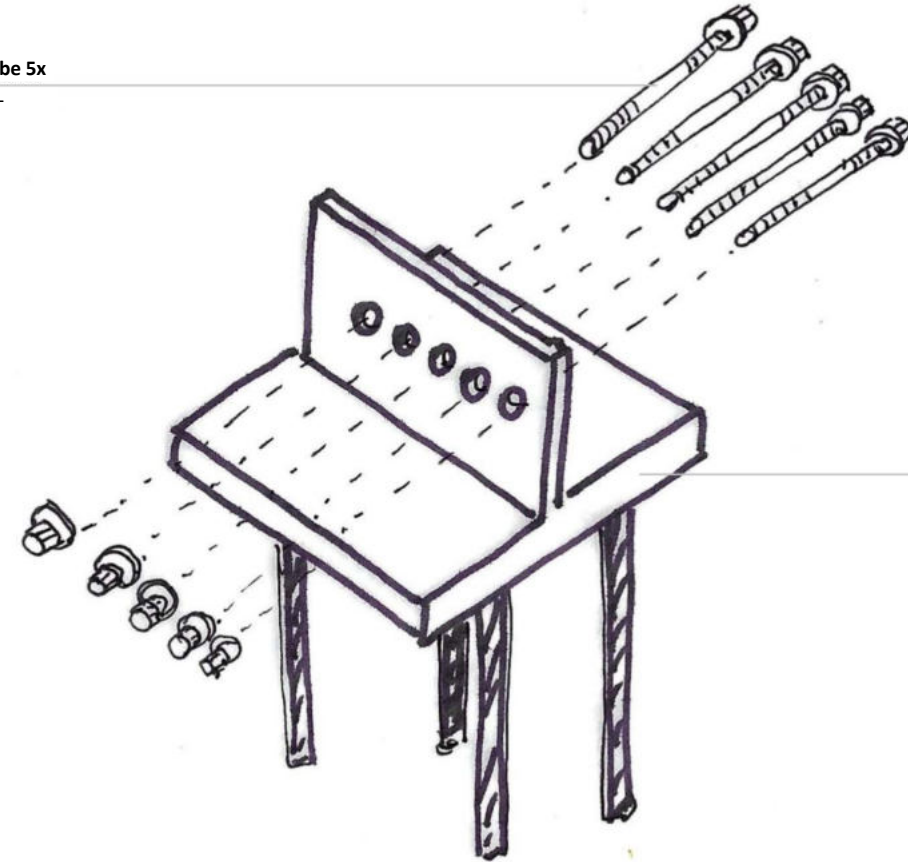


Betonlisene

C35/45, d=41,5cm

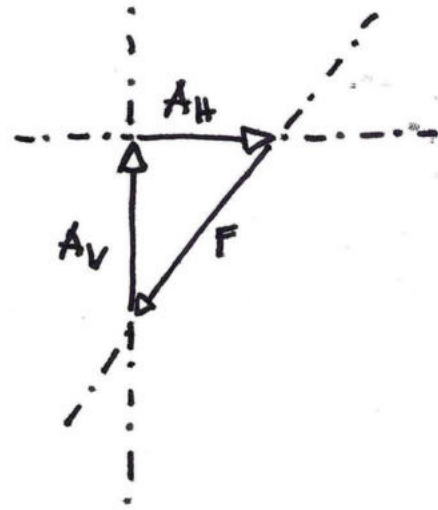
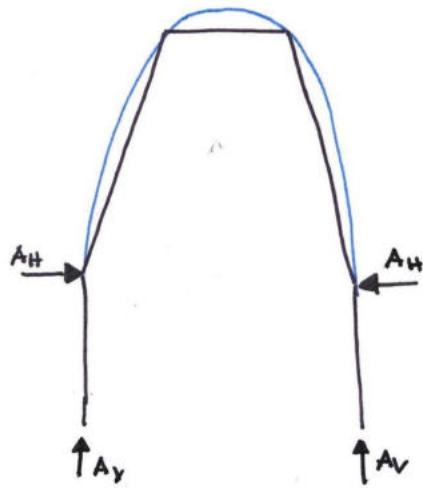
Sechskante Schraube 5x

M16 DIN 601 4.6 SL

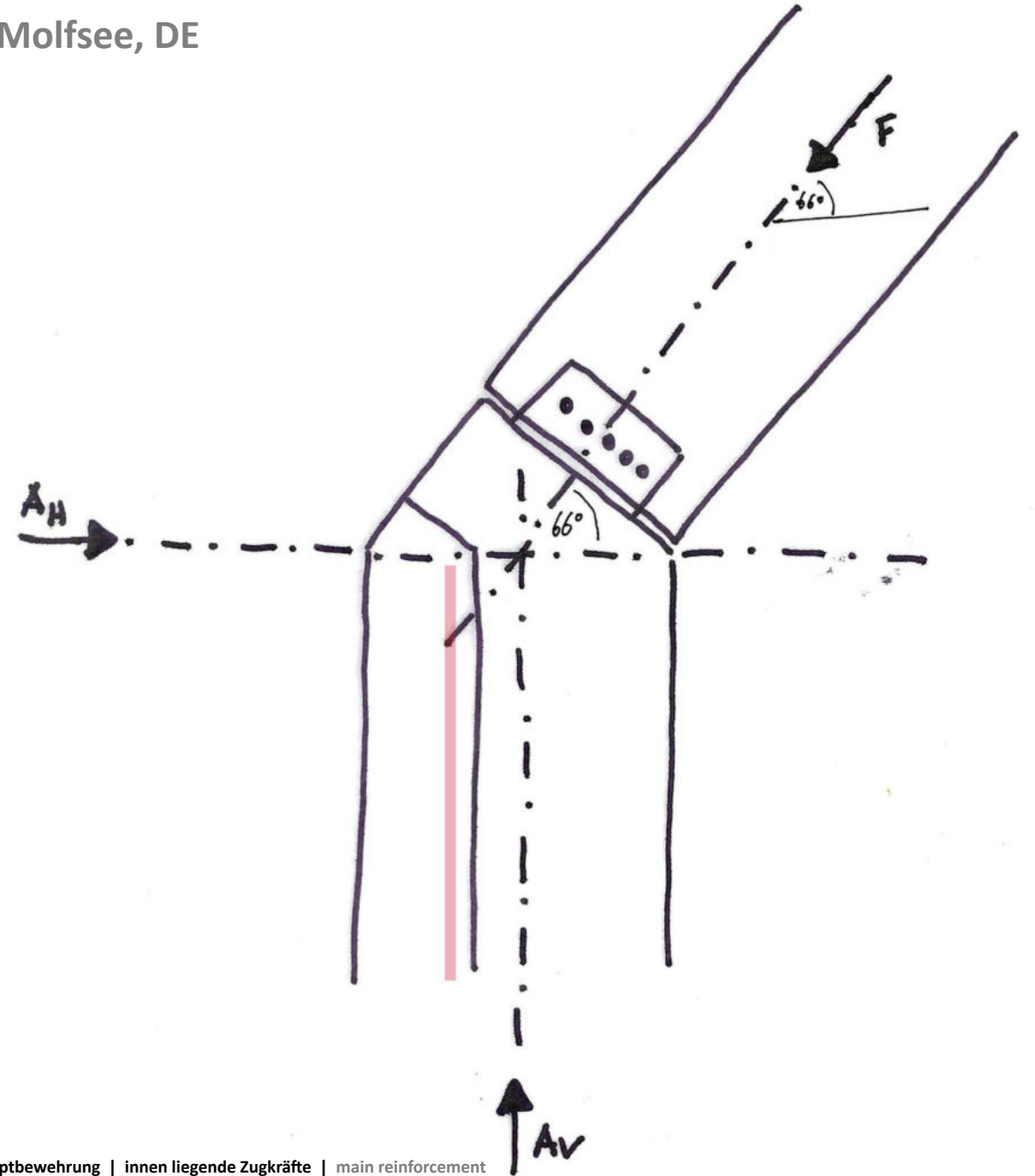


Ankerplatte mit Verankerung

Ankerplatte S355 JO mit vier Verankerungen Bst 500S M20 mit mittig angeschweißtem Schlitzblech (Lochzahl 5)



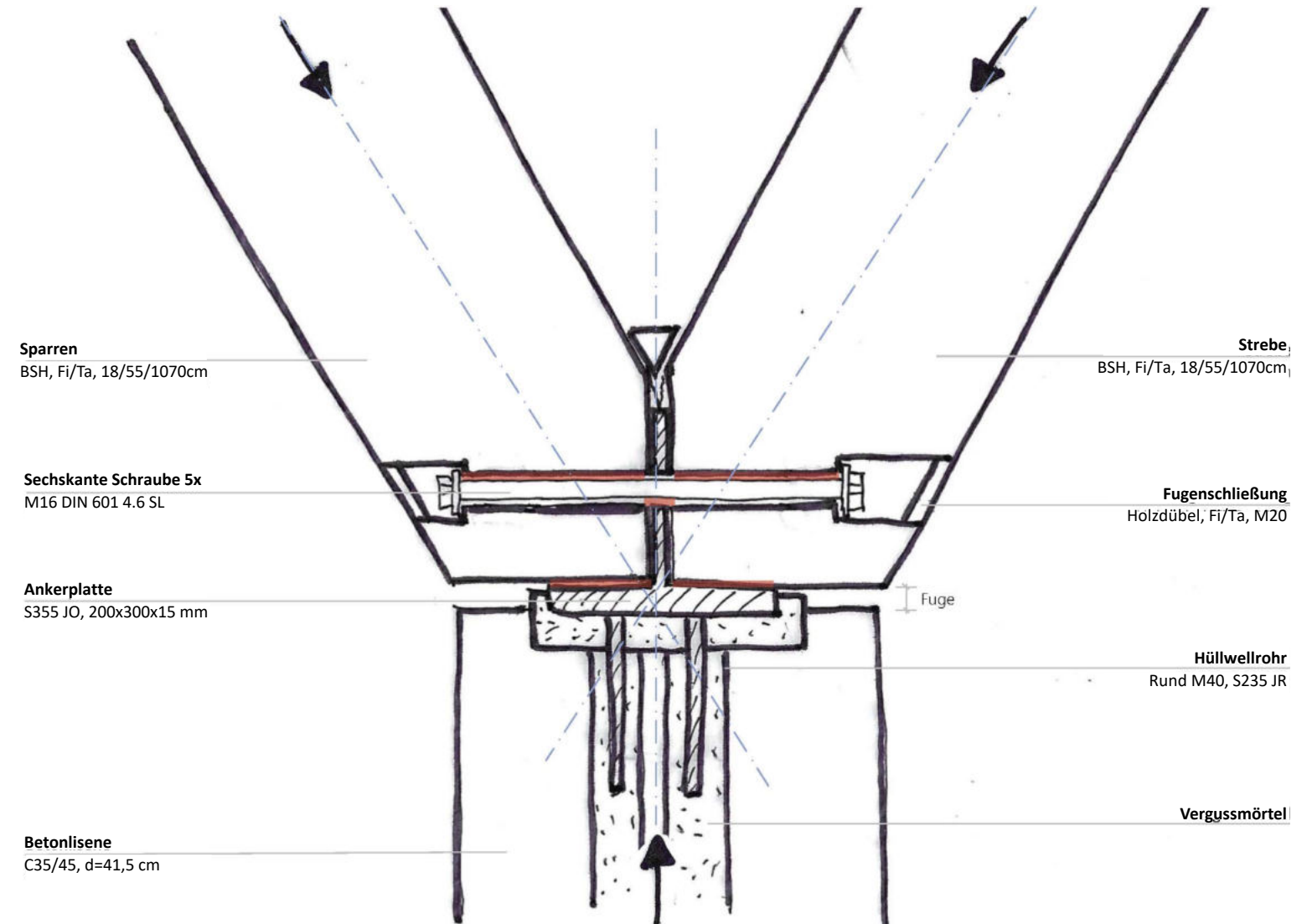
Kräfte Dreieck



Hauptbewehrung | innen liegende Zugkräfte | main reinforcement

K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

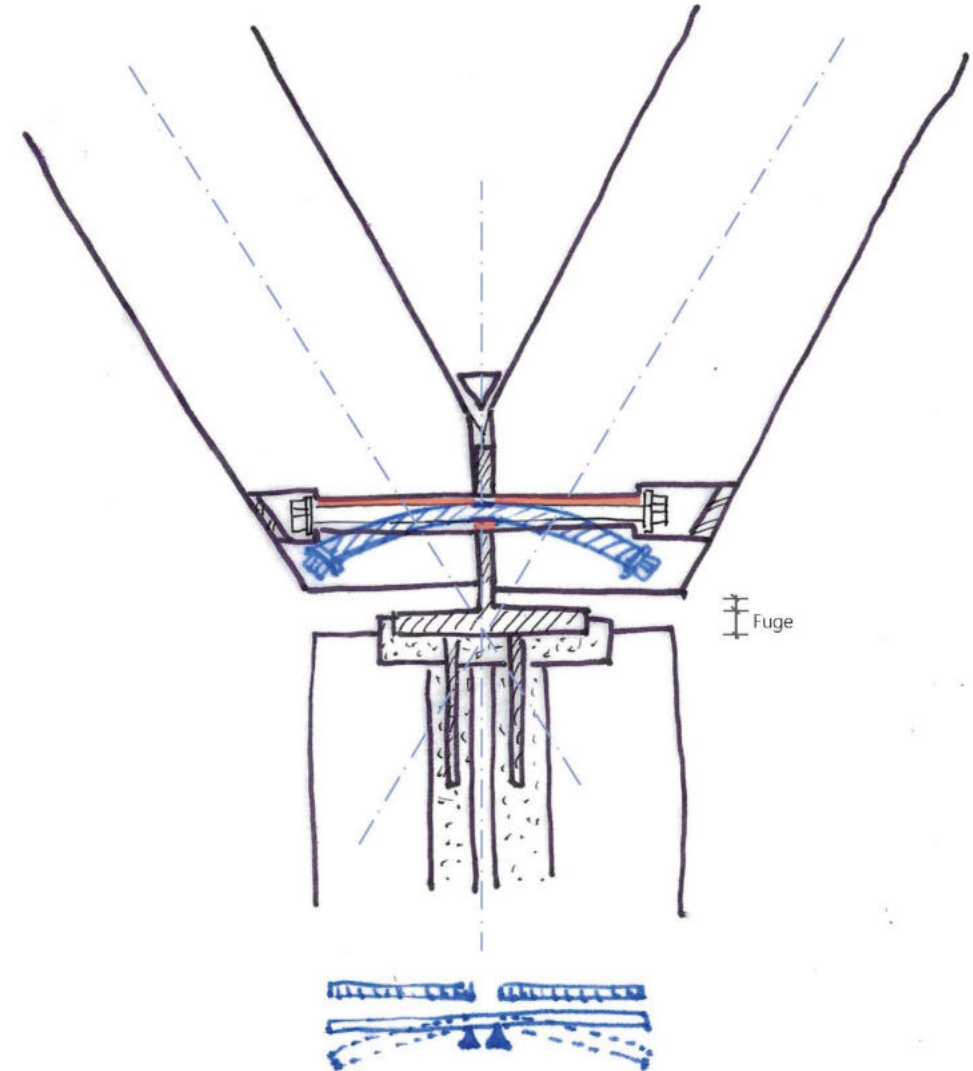
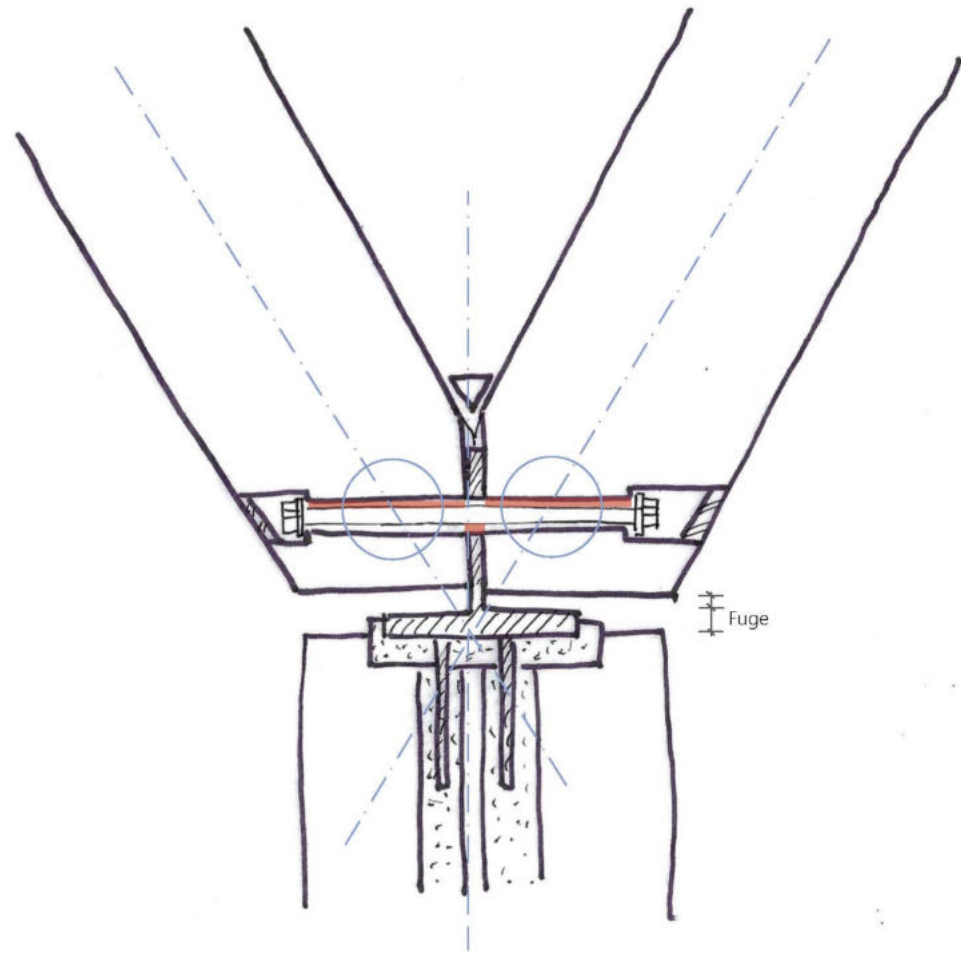
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



Die Kräfte werden über die Auflagerkonsole aufgenommen
-> Schrauben dienen als Lagesicherung

K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



Die Kräfte werden über die Schrauben aufgenommen
-> Biegung entsteht, eher unwahrscheinliche Lösung

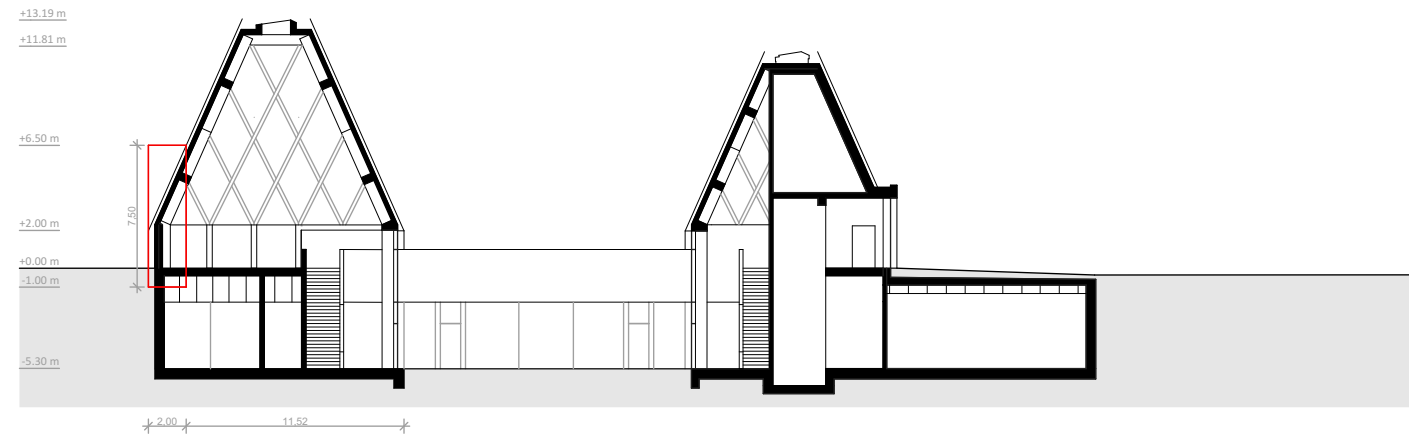
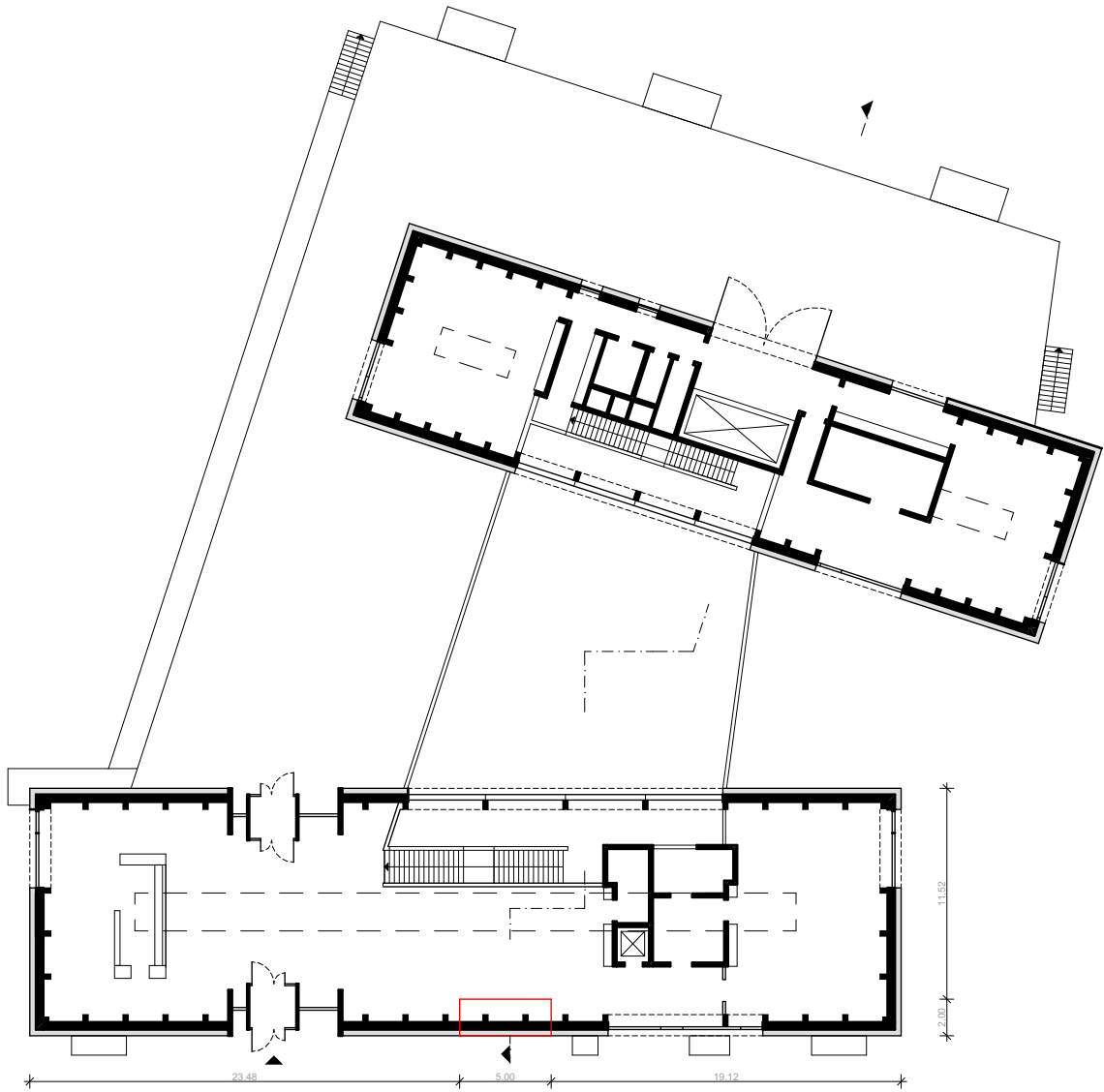
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



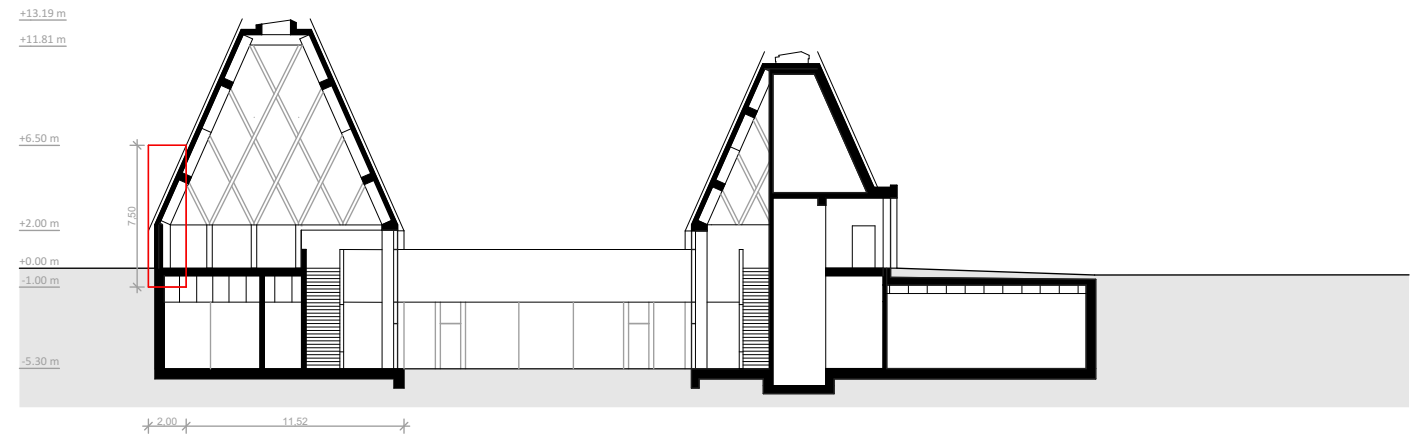
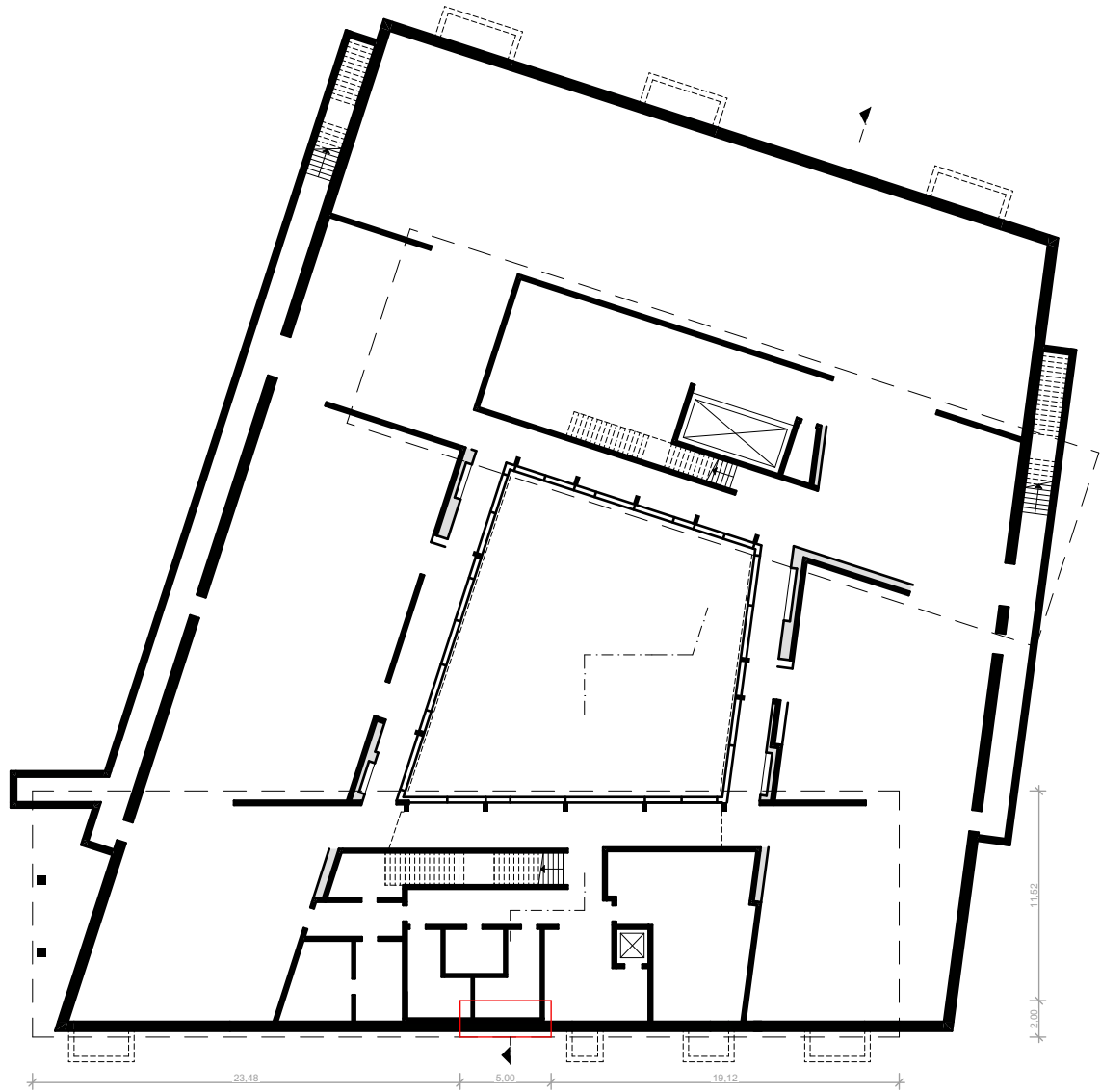
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



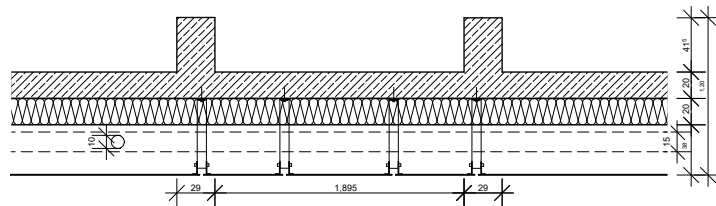
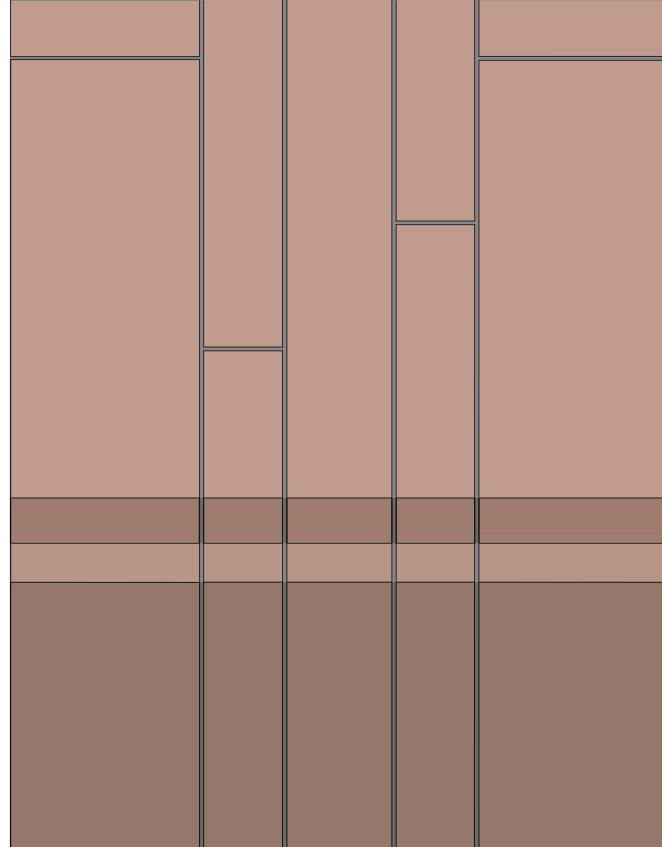
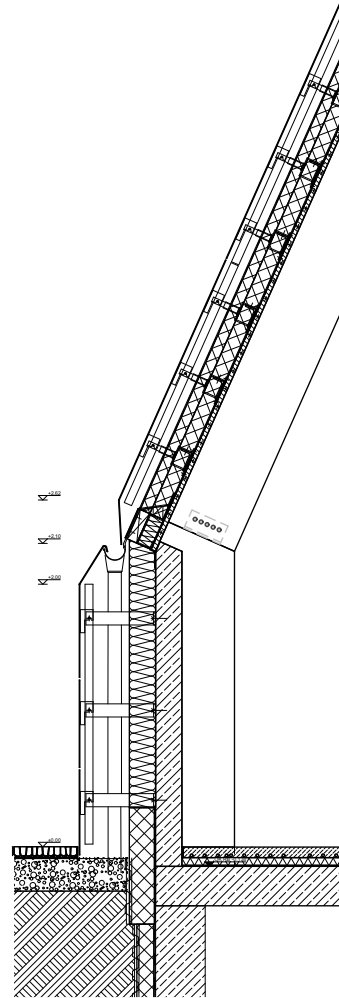
K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

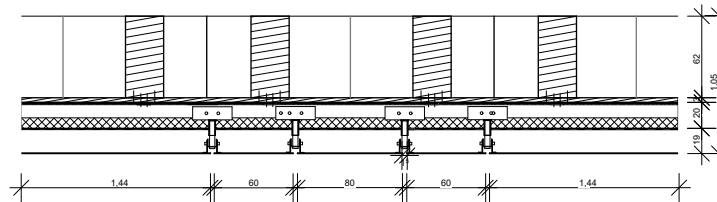


Dachaufbau | roof construction

tragender Sparren, BSH, Fi/Ta, 180/550/10700	550mm
Brettschalung, gehobelt, gestoßen, Fi/Ta, 35/150/300	35mm
Polymerbitumen-Dampfsperre, kaltselbstklebend	2,50mm
Unterkonstruktion	
Flach-Stahl-Profil, S235 JR, 100/200/5, verschraubt	
horizontales ungleichschenkliges Winkelstahlprofil, S235 JR	
U-Stahlprofil, S235 JR, 150/100/10mm, mit angeschweißtem Rundrohr Ø 50mm	
Rundrohr Ø 50mm	
Gewindestange, DIN 976, 8.8, M48, verzinkt mit	
Abdichtungseinfassungen	
Polystyrol Dämmplatten, WLG 035, DAA dm	200mm
Trenn- und Brandschutzlage - Glasfließ	1,25mm
Kunststoffabdichtungsbahn	1,5mm
Hinterlüftung	70mm
vertikales U-Stahlprofil, S235 JR, 70/60/10	60mm
Agraffe, gekantet	
Cortenstahlplatten, kaltgewalzt, eingehängt	4mm
Dachfenster VELUX Skylight Konstruktion	

Wandaufbau | wall construction

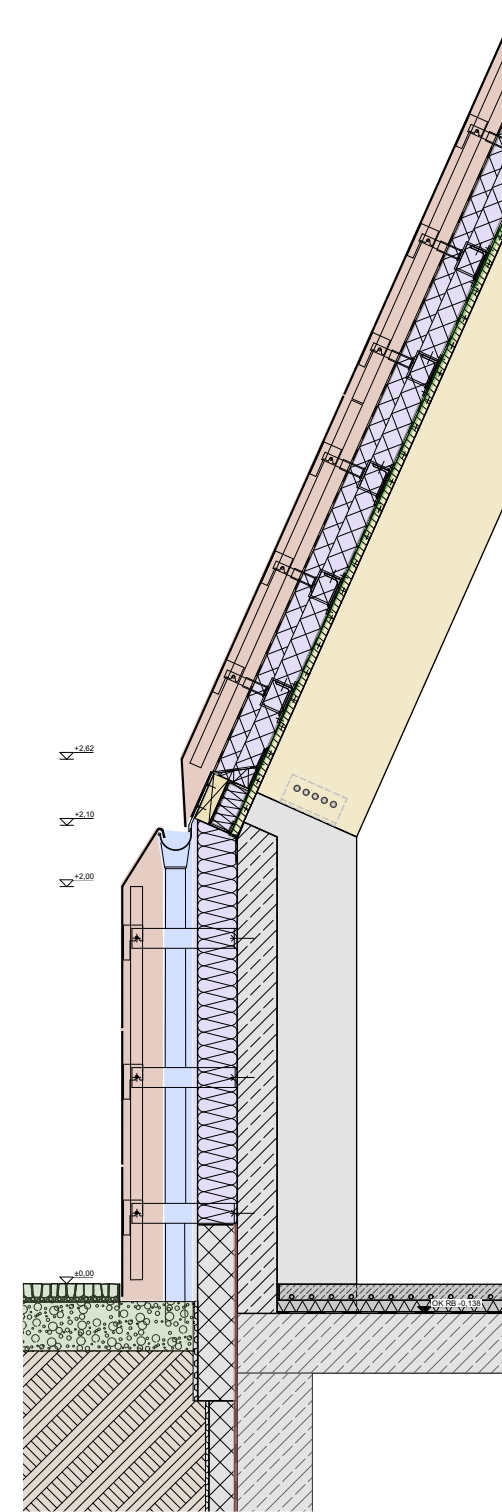
Stahlbetonlisen, C35/45	415mm
Stahlbetonwand, C30/37	200mm
Minerallwoll-Dämmplatten, WLG032, WAB	200mm
Unerkonstruktion	
Wandkonsole, Edelstahl, verankert, inkl. thermischer	500mm
Entkopplung mittels PVC-Hartschaum Thermostop	
Hinterlüftung, inkl. Entwässerung, Rinne + Rohr Ø 100mm	300mm
vertikales U-Stahlprofil, S235 JR, 70/60/10mm	60mm
Agraffe, gekantet	
Cortenstahlplatten, kaltgewalzt, eingehängt	4mm



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

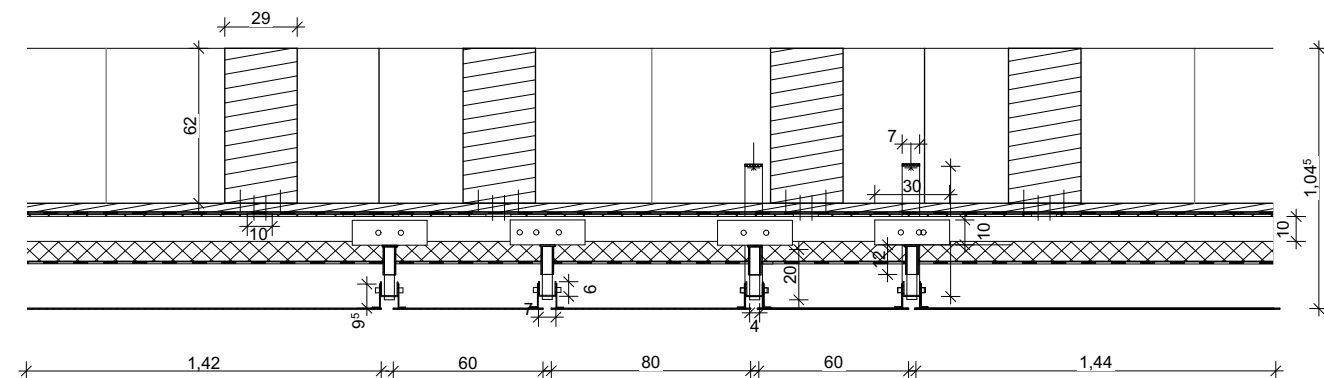
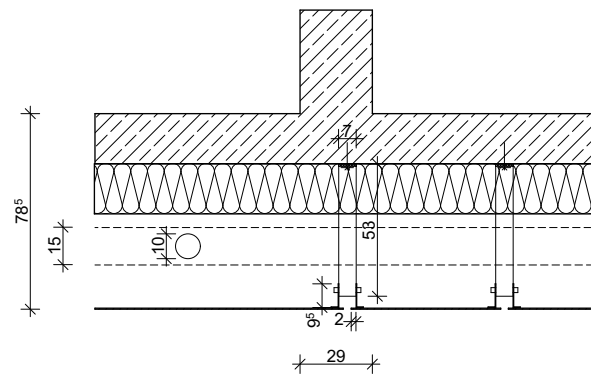
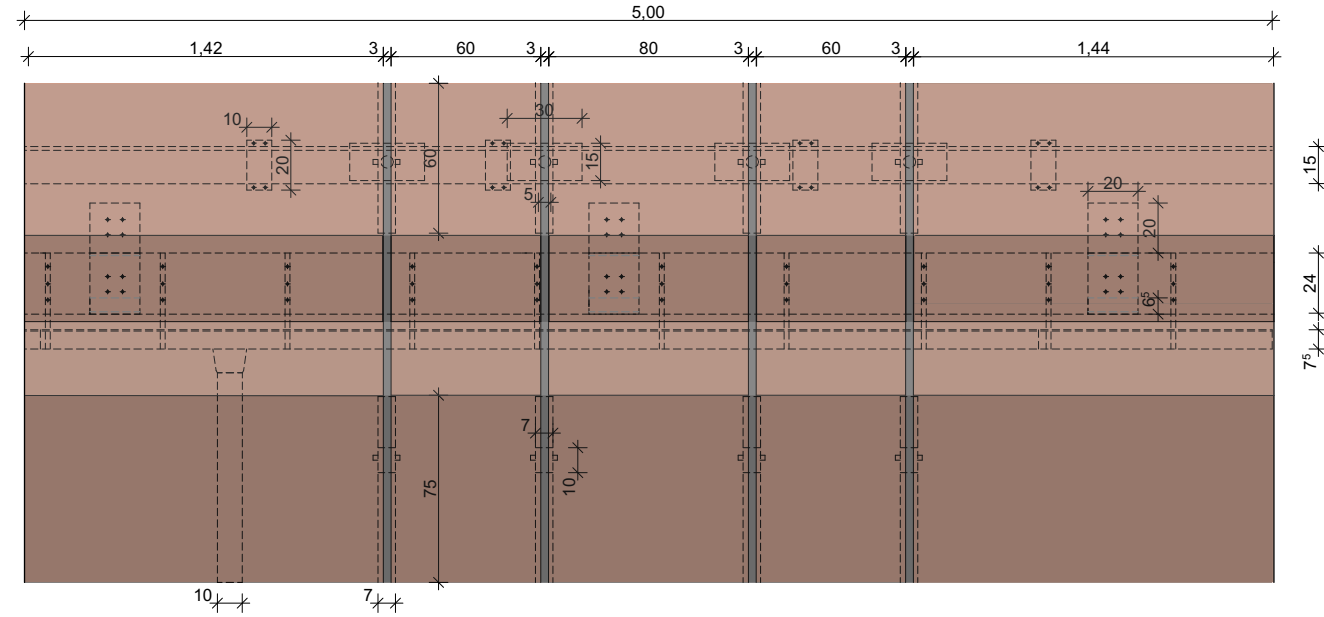
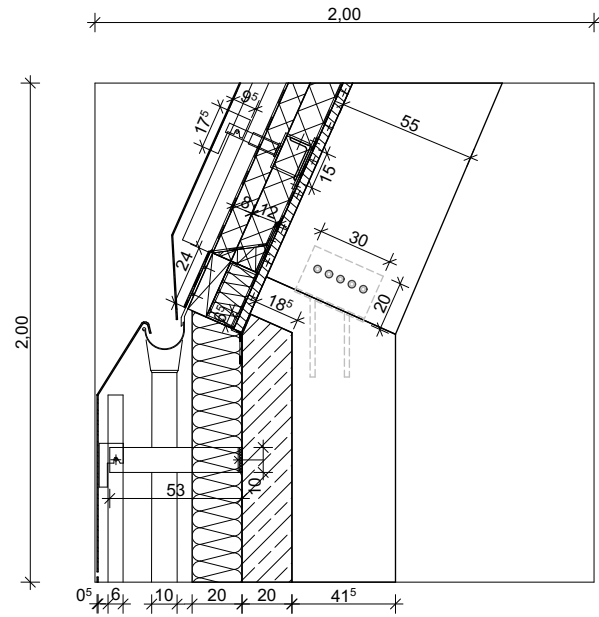
Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

- 002 Erdarbeiten
- 013 Betonarbeiten
- 016 Zimmer- und Holzbauarbeiten
- 018 Abdichtungsarbeiten
- 021 Dachabdichtungsarbeiten
- 022 Klempnerarbeiten
- 023 Putz- und Stuckarbeiten, Wärmedämmsysteme
- 025 Estricharbeiten
- 038 Vorgehängte Hinterlüftete Fassade
- 080 Straße, Wege, Plätze



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsbau | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer



K4 | ppp architekten | Eingangs- und Ausstellungsgebäude | Freilichtmuseum Molfsee, DE

Frankfurt University of Applied Sciences | FB 1 Architektur | Entwerfen und Baukonstruktion | Prof. Tatjana Vautz | Prof. Florian Mähl | Dipl. Ing. Arch. Berthold Scharrer

Angebots-Leistungsverzeichnis

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis	Gesamtbetrag
2.3. Tragwerk				
2.3.10.	Sparren BSH, Fi/Ta, 18/55 Sparren BSH-Fertigteil gemäß Plänen herstellen und liefern. Jeweils einen abgewinkelten Sparren und eine abgewinkelte Strebe (Ausnahmen siehe Pläne) an Schlitzblech mit fünf Stahlschrauben befestigen. Holzart: Fichte/Tanne Querschnitt: 18x55 cm Länge: 1070cm Nutzungsklasse: 1 DIN EN 1995-1-1 Gebrauchsklasse: 0 DIN 68800-1 Bearbeitung: ohne chemischen Holzschutz Festigkeitsklasse: GL28h DIN EN 14080 Oberfläche: Sichtqualität (gehobelt und gefast, fest verwachsene Äste zulässig, Ausfalläste ab Durchmesser 20 mm werden ersetzt) Ort der Ausführung: Dach	1,000 Stk	70,00	70,00
2.3.20.	Strebe BSH, Fi/Ta, 18/55 Strebe BSH-Fertigteil gemäß Plänen herstellen und liefern. Jeweils einen abgewinkelten Sparren und eine abgewinkelte Strebe (Ausnahmen siehe Pläne) an Schlitzblech mit fünf Stahlschrauben befestigen. Holzart: Fichte/Tanne Querschnitt: 18x55cm Länge: 250 cm Nutzungsklasse: 1 DIN EN 1995-1-1 Gebrauchsklasse: 0 DIN 68800-1 Bearbeitung: ohne chemischen Holzschutz Festigkeitsklasse: GL28h DIN EN 14080 Oberfläche: Sichtqualität (gehobelt und gefast, fest verwachsene Äste zulässig, Ausfalläste ab Durchmesser 20 mm werden ersetzt) Ort der Ausführung: Dach	3,000 Stk	25,00	75,00
2.3.30.	Schraube als Lagesicherung der Sparren und Streben Sechskantschraube M16 DIN 601 4 6 SL Material: Stahl			

Druckdatum: 20.02.2023

Seite: 8 von 31

Messurkunde 23003

K	Erläuterung	Faktor	FN	Rechenansatz	Ergebnis	Adresse
2.2.10.	Verguss Stahlauflegerkonsole				m³	
	Guss Rohr	01	(0,4*1'0,4)*4'2=		1,280	1 X0
	Guss Ausp	01	(0,2*0,3*0,7)*2=		0,084	1 Y0
	Summe 2.2.10.			Verguss Stahlauflegerkonsole	1,364	
2.3. Tragwerk						
2.3.10.	Sparren BSH, Fi/Ta, 18/55				Stk	
	Sparren	01	1=		1,000	1 E0
	Summe 2.3.10.			Sparren BSH, Fi/Ta, 18/55	1,000	
2.3.20.	Strebe BSH, Fi/Ta, 18/55				Stk	
	Strebe	01	3=		3,000	1 G0
	Summe 2.3.20.			Strebe BSH, Fi/Ta, 18/55	3,000	
2.3.30.	Schraube als Lagesicherung der Sparren und Streben				Stk	
	Schraube	01	5*2=		10,000	1 H0
	Summe 2.3.30.			Schraube als Lagesicherung der Sparren...	10,000	
2.3.40.	Dreieckleiste, Fi/Ta, 3/55				Stk	
		01	2*1=		2,000	2 U0
	Summe 2.3.40.			Dreieckleiste, Fi/Ta, 3/55	2,000	
2.4. sichtbare Bauteile						
2.4.10.	Brettschalung, gehobelt, gestoßen, 3,5/15				m²	
	Bretter	01	5*1=		5,000	1 F0
	Summe 2.4.10.			Brettschalung, gehobelt, gestoßen, 3,5/15	5,000	
2.4.20.	PVC-Hartschaum Randanschluss				m	
	Randansch	01	5*1=		5,000	2 V0
	Summe 2.4.20.			PVC-Hartschaum Randanschluss	5,000	
2.5. Traufbrett						
2.5.10.	Traubrett, massiv, sägerau, 8/24/500 cm				m	
	Traub.	01	5=		5,000	2 S0
	Summe 2.5.10.			Traubrett, massiv, sägerau, 8/24/500 cm	5,000	
3. 021 Dachabdichtungsarbeiten						
3.1. Dachabdichtung						
3.1.10.	kaltseibstklebende Polymerbitumen-Dampfsperre				m²	
	Dampfsp.	01	5*1,15=		5,750	1 I0
	Summe 3.1.10.			kaltseibstklebende Polymerbitumen-Dam...	5,750	
3.1.20.	Polystyrol-Dämmplatten, WLG 035, d= 200 mm, DAA dm				m²	
	EPS 035	01	5*1=		5,000	2 C0
	Summe 3.1.20.			Polystyrol-Dämmplatten, WLG 035, d= 20...	5,000	
3.1.30.	Trenn-und Brandschutzlage Glasvlies				m²	

Druckdatum: 20.02.2023

Seite: 2 von 5

Angebots-Leistungsverzeichnis

Projektdaten

Projekt: 006 Jahr100Haus
PLZ/Ort:
Straße:

Vergabedaten

Art der Ausschreibung:

Ausführungstermine

Auftragsdaten

Auftraggeber:

Straße:
PLZ/Ort:

Auftragnehmer:

Straße:
PLZ/Ort:

Leistungsverzeichnis: 006	LV_Jahr100Haus	19.710,72 EUR
Auftragssumme:		19.710,72 EUR
Zuzüglich 19,00% Mehrwertsteuer:		3.745,04 EUR
Auftragssumme brutto:		23.455,76 EUR

Bei Zahlung innerhalb 60 Tagen ohne Abzug

Druckdatum: 20.02.2023

Seite: 1 von 31