FOKUSTHEMEN GRUPPE STRUKTUR
REALLABOR

Projektmodul Struktur FS25

Modulverantwortung | Matthew Howell
Lehrteam | Matthew Howell, Biance Boeckle, Thomas Summermatter, Rabea Kalbermatten, Ioannis Piertzovanis, Norma Tollmann
Assistierende | Jana Mulle, Achille Patà

INHALTSVERZEICHNIS

Nadelholz/ Fichte & Douglasie	4
Tragendes Bauen mit Verschiedenen Holzarten	20
Schwinden & Quellen	24
Flickarbeiten	32
Farbe	38
Konstruktiver Holzschutz	46
Balken Aussteifung	56
Rundholzverbindung	62
Bohrlöcher	70
Schraube als Verbindung	78
Rückhaltung Sockel & Struktur	84
Verlängerung	90
Toleranzüberbrückung	94
Transport	108
Ablauf & Bauablauf	116

NADELHOLZ/ FICHTE & DOUGLASIE

Ronja Ziswiler

Im Reallabor arbeiten wir ausschliesslich mit zwei Nadelholzarten: Fichte und Douglasie. In den folgenden Abschnitten werden der strukturelle Aufbau von Holz, typische Wuchseinflüsse und Holzfehler sowie die spezifischen Eigenschaften dieser beiden Holzarten erläutert. Ziel ist es, ein vertieftes Verständnis für das verwendete Material zu entwickeln und dessen Verhalten im konstruktiven Einsatz gezielt einschätzen zu können.

Stammaufbau

Markröhre: Grundgewebe der Pflanze, welches im ersten Lebensjahr als einziger Teil in Längsrichtung wachsen kann.

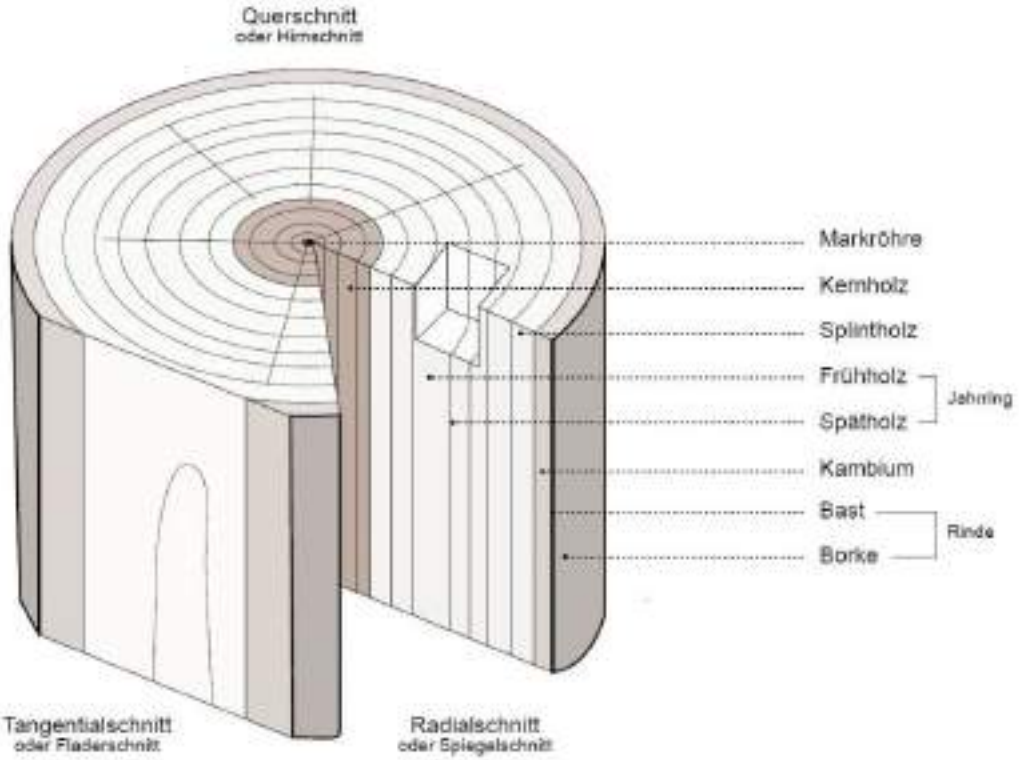
Kern: Dient als Stütze und als Lagerplatz für die Stoffwechselprodukte der Zellen.

Splint: Wasserleitung von den Wurzeln zu den Blättern/Nadeln. Verkernung erfolgt an der Randzone zwischen Splint und Kernholz.

Kambium: Ist das Wachstumsgewebe, bildet neue Zellen durch Zellteilung. Nach innen entstehen die Holzzellen, nach aussen die Bastzellen.

Bast: Der Bast besteht aus Siebröhren, die der Saftleitung von den Blättern oder Nadeln zu den Wachstumszonen des Baumes dienen.

Borke: Die Borke ist die Schutz- und Isolationsschicht gegen Verletzungen, Witterung und Klima. Bast und Borke bilden zusammen die Rinde.

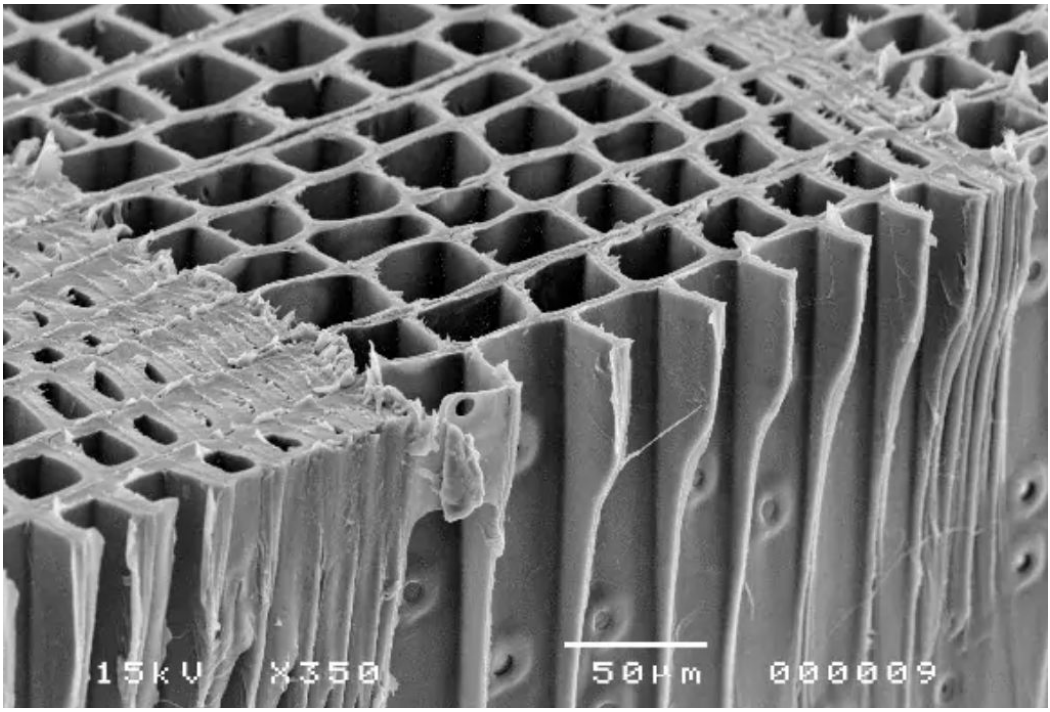

Querschnitt
oder Hirnschnitt
Markröhre
Kernholz
Splintholz
Frühholz
Spätholz
Jahrring
Kambium
Bast
Borke
Rinde
Tangentialschnitt
oder Fladerschnitt
Radialschnitt
oder Spiegelschnitt

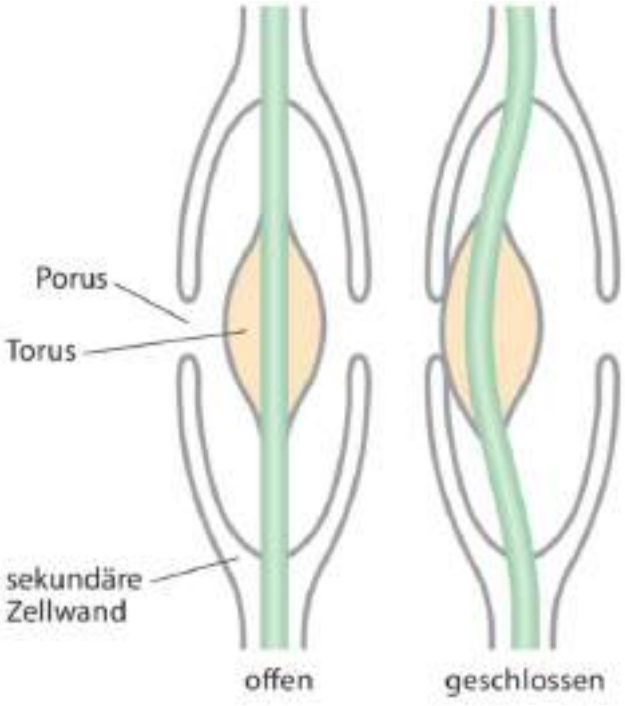
Aufbau des Nadelholzes

Da wir im Real Labor hauptsächlich mit Nadelhölzer arbeiten, werde ich nur den Aufbau von Nadelholz genauer erläutern. Dieser unterscheidet sich stark zu den Laubhölzern.

Tracheiden (Stütz- und Leitungszellen)
Frühholz wird im Frühjahr/Frühsommer gebildet und besitzt dünne Wände und grosse Hohlräume. Im Spätholz sind dicke Wände und kleine Hohlräume vorhanden. Die einzelnen Tracheiden sind durch Hoftüpfel verbunden. Die Durchgänge zwischen den Zellwänden ermöglichen Wasser- und Stofftransport. Beim trockenen Holz können diese Hoftüpfel irreversibel geschlossen sein, dies ist vor allem bei Fichte den Fall. Daher lässt sich nasses Holz besser imprägnieren als trockenes, weil hier die Hoftüpfel geöffnet sind.

Parenchymzellen (Speicherzellen, Holzstrahlen)
Sie dienen der Speicherung von Nährstoffen vom Herbst bis ins Frühjahr. Beim Nadelholz sind diese sehr dünn und von blossem Auge nicht erkennbar. Das Harz in den Harzkanälen schützt den Baum bei Verletzungen vor Schädlingsbefall. Jedoch besitzen nicht alle Nadelhölzer auch Harz.


15kV X350
50µm 000009

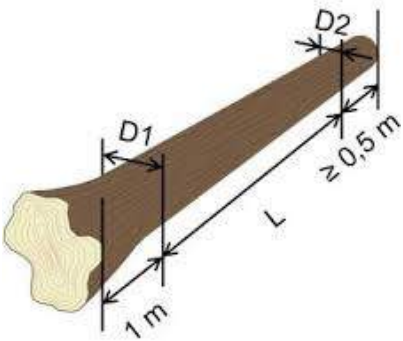

Porus
Torus
sekundäre Zellwand
offen
geschlossen

Hoftüpfel

Wuchseinflüsse

Der Baum ist während des Wachstums an unzähligen Einflüssen wie Trockenheit, Wind-, Schneedruck, Frost, Steinschlag und Beschädigungen durch Mensch/Tier ausgesetzt. Diese Umwelteinflüsse führen im Holz zu Abweichungen von der normalen Beschaffenheit, was sich negativ auf die Verwendung in Holzkonstruktionen auswirken kann. Daher müssen die Holzfehler analysiert und eine Entscheidung gefällt werden, was man noch Verwenden kann für die gewünschte Anwendung. Mögliche Wuchseinflüsse sind folgende:

Abholzigkeit
Ein Stamm ist abholzig, wenn der Stammdurchmesser pro Laufmeter Stamm mehr als 1cm abnimmt. Freistehende Bäume sind meistens abholzig, weil sie gegen Witterungseinflüsse wie Wind und Schnee ankämpfen müssen. Zudem haben sie meist viel Äste.



Nachteile
- Schräger Faserverlauf, verbunden mit verminderter Festigkeit
- Viel Verschnitt in der Sägerei
- Besonders grosse Schwindmasse

Krummschaftigkeit
Die Stämme sind in der Ebene gekrümmt, sogenannte einschnürige Stämme. Die Ursache ist meist der Standort mit einer starken Bodenneigung oder einer kontinuierlichen Windeinwirkung. Betroffen sind meist Nadelhölzer wie Fichte, Föhre und Lärche.

Nachteile
- Unregelmässiger Faserverlauf
- Geringe Ausbeute
- Ungleiche Schwindmasse, dadurch starke Verformungen
- Enthalten meistens Reaktionsholz (Erläuterung folgt auf der nächsten Seite)

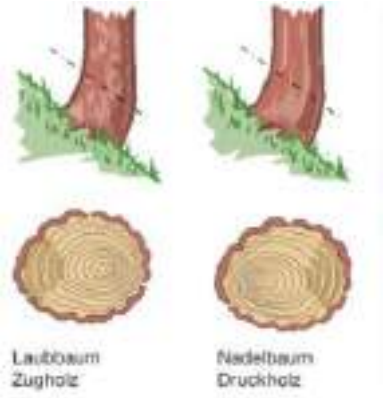
Gabelwuchs
Der Stamm teilt sich in zwei oder mehrere Haupttriebe. Ursachen sind eine Verletzung des Wipfeltriebes oder bei Laubhölzern eine normale Verzweigung unter der Baumkrone.

Nachteile
- Häufig Fäulnis in der Verzweigung
- Exzentrischer Wuchs der Hauptriebe (Reaktionsholz)

Drehwuchs
Die Holzfasern verlaufen nicht achsenparallel, sondern in Form einer Schraubenlinie. Starker Drehwuchs kommt meist bei Rosskastanien und Obstbäumen vor.

Nachteile
- Nicht formbeständig, Bretter werden windschief
- Geringe Festigkeit
- Schlecht zu bearbeiten

Reaktionsholz
Entsteht bei Bäumen in einer Hanglage. Der sich aufrichtende Nadelholzbaum bildet auf der Unterseite Druckholz, Laubholzbäume bilden auf der Oberseite Zugholz. Dadurch wird der Stamm wieder senkrecht gestellt. Durch die einseitige Reaktionsholzbildung ensteht ein exzentrischer Wuchs. Reaktionsholz sollte nicht verbaut werden.



Nachteile
- Geringere Zugfestigkeit bei Nadelhölzern
- Hart und spröde
- Grosses Längsschwindmass
- Starke Verformungen
- Hohe Spannungen in dem Holz können zu Rückschlägen und zum Verklemmen des Sägeblattes führen.

Unregelmässige Jahrringbreite
Leichte unterschiede kommen bei jedem Baum vor. Wenn sie jedoch in sehr extremer Art auftreten kann dies das Holz beeinträchtigen. Ursache sind Änderungen der Wuchsbedingungen wie Klima, Feuchtigkeit, Licht oder Nährstoffe. Im Zusammenhang mit unregelmässiger Jahrringbreite kann Ringschäle auftreten. Das Holz reisst in Richtung der Jahrringe, wegen den Spannungen von plötzlich ändernden Wuchsbedingungen.

Nachteile
- Unterschiedliche Schwindmasse
- Schälrisse
- Grosser Verschnitt

Wimmerwuchs
Abweichung von der normalen Struktur, welliger Jahrringverlauf oder Faserverlauf. Kommt häufig bei Fichte oder Bergahorn vor.

Nachteil
- Nicht formbeständig

Astigkeit
Äste beeinflussen die Holzqualität durch Beschaffenheit, Anzahl, Grösse sowie die Lage. Man unterschiedet zwischen verwachsenen Ästen und Ausfallästen. Nur in gewissen Fällen wie bei der Arve sind die Äste als dekoratives Element erwünscht. Äste sind in der Regel härter als das umgebende Holz, dies macht es schwerer diese Stelle zu bearbeiten. Werkzeuge können durch die unregelmässige Maserung abdriften. Äste verursachen im Holz lokale Spannungen, was zu Rissbildung oder Verdrehungen beim Trocknen führt. Durch die höhere Dichte sind sie auch weniger saugfähig, was einen Einfluss auf die Oberflächenbehandlung hat.

Nachteile
- Grosser Verschnitt
- Mehrarbeit
- Geringe Zug- und Biegefestigkeit
- Erschwerte Bearbeitung

Harzgallen
In Nadelhölzern wie Fichte, Lärche, Kiefer und Douglasie sind diese häufig anzutreffen. Ursachen sind starke Stammbewegungen durch Wind oder Tangentialrisse zwischen dem Splint und Kambium in der Vegetationszeit.

Nachteile
- Verklebung der Werkzeuge
- Erschwerung einer Oberflächenbehandlung

Kienholz
Ist im unteren Bereich des Stammes zu finden, wo der Baum sich durch Harzausscheidungen gegen aufsteigende Fäulepilze wehrt. Nach einer gewissen Zeit verhärtet das Harz, wird kristallin und verkient dadurch.

Nachteile
- Spröde Holzpartie
- Qualitätsverminderung
- Grosser Verschnitt

Knickrisse (Querrisse)
Faserstauchungen die quer zu den Fasern verlaufen. Sie sind sehr schlecht sichtbar, kommen aber beim Beizen deutlich zum Vorschein. Sie entstehen durch Sturm oder Schneedruck.

Nachteile
- Verringerte Zug- und Biegefestigkeit
- Spät erkennbar

Überwallungen
Sie entstehen beim Überwachsen von Ästen und Stammverletzungen. Die Verletzungen entstehen meist durch Tiere die den Stamm abnagen, aufreissen oder abreiben.

Nachteile
- Grosses Risiko von Schädlingsbefall
- Grosser Verschnitt
- Rissbildung

Herausforderung mit dem Holz vom Real Labor

Ich habe das gespendete Holz nach Holzfehlern abgesucht, damit wir bei allfälligen «Fehlern» das Holz so einsetzen können, das es unsere Konstruktion nicht schwächt. Die gelieferten Fichtenbretter haben viele Risse, da sie nicht fachgerecht abgeladen wurden. Die Bretter weisen ebenfalls Anzeichen von Krummschaftigkeit, Drehwuchs und Abholzigkeit auf. Harzgallen sind nicht viele vorhanden, jedoch eine grössere Anzahl an Ästen (verwachsen und ausgefallen). Die Douglasienbalken haben abgesehen von den vielen Ästen eine sehr gute Qualität.

Die meisten Holzfehler sind zwar optisch sichtbar, beeinträchtigen jedoch nicht gross unsere Struktur. Beim Zusammenstellen der Träger/Querstreben ist darauf zu achten, dass sich Äste nicht direkt an wichtigen Verbindungsstellen befinden. Auch sollten die langen, auskragenden Träger an den Enden der Konstruktion möglichst fehlerfrei sein. Die grösste Herausforderung stellen die vorhandenen Risse dar. Wenn möglich, sollten Bretter mit Rissen für kürzere Werkstücke verwendet werden, sodass die beschädigten Stellen abgeschnitten werden können. Verbleibende Risse sollten sorgfältig geflickt und an weniger kritischen Stellen der Struktur eingesetzt werden.

Harzgallen

Riss

Überwallung

Ausfall-Ast

Fichte

Fichte ist das am weitesten verbreitete und wirtschaftlich wichtigste Nadelholz Europas. Es dient seit jeher als Bauholzlieferant und wird im Aussen-, vor allem aber im Innenausbau häufig eingesetzt. Das Holz kann ebenso schnell wie auch langsam gewachsen sein, eher krumm oder gerade, weshalb die Qualitätsunterschiede sehr gross sind.

Eigenschaften
Fichtenholz ist gleichmässig hell, ohne Kernfärbung. Früh- und Spätholz sind gelblich- bzw. rötlichweiss und deutlich erkennbar. Das helle Holz neigt zum Vergilben, es entwickelt sich ein honigbraungelber Farbton. Fichtenholz ist weich, leicht und ziemlich harzreich. Es besitzt im Verhältnis zum geringen Gewicht gute Eigenschaften hinsichtlich Festigkeit und Elastizität.

Beständigkeit
Fichtenholz ist gering dauerhaft, pilz- und insektenanfällig und nicht witterungsfest. Es ist ziemlich widerstandsfähig gegen schwache Säuren und Alkalien.

Bearbeitung
Fichtenholz lässt sich mit allen Werkzeugen gut bearbeiten. Es ist gut zu sägen, bohren, schleifen, fräsen, nageln, schrauben sowie spalten und erhält gehobelt einen seidenmatten Glanz. Es lässt sich auch gut verkleben, beizen, lasieren und streichen, ist jedoch schlecht polier-, tränk- oder imprägnierbar.

Herkunft
Mittel-, Südost- und Nordosteuropa
Fichten wachsen in weiten Teilen Europas mit Ausnahme der Gebiete ganz im Westen und Süden. Sie sind im Flachland wie im Gebirge anzutreffen und steigen in den Berner Alpen bis 2000 m hoch. Oft werden Fichten über ihr natürliches Verbreitungsgebiet hinaus in reinen, gleichaltrigen Beständen angebaut (Kahlschlagwirtschaft). Heute leidet die Fichte unter der zunehmenden Trockenheit mitteleuropäischer Wälder. Die Forstwirtschaft reagiert darauf, indem sie als Ersatzbaum die Douglasie anpflanzt, die mit dem trockeneren Klima besser zurechtkommt.

Kennwerte
- Rohdichte grün: 700 – 850 kg/m^3
- Dichte: 330 – 680 kg/m^3
- Scherfestigkeit: 4 – 12 N/mm^2
- Druckfestigkeit: 33 – 79 N/mm^2
- Zugfestigkeit: 21 – 245 N/mm^2

Douglasie

Die Douglasie zählt zu den grössten Bäumen der Erde, entsprechend hoch ist der Anteil an astfreiem Holz. Douglasienholz ist sehr geschätzt, da es im Aussenbereich auch bei grossen Distanzen und für schwingende Anwendungen eingesetzt werden kann. Das Holz der Douglasie findet vielseitige Verwendung von Ausstattungsholz (Parkett, Möbel, Vertäfelung), zu Konstruktionsholz, bis zu Spezialholz für Schiffsmasten und Fässer.

Eigenschaften
Der schmale Splint ist gelblich- bis rötlich-weiss. Das gelblich- oder rötlich-braune Kernholz dunkelt stark nach. Das mittelschwere Holz ist weich, grobfaserig, fest und zäh. Es verfügt über hohe Tragfähigkeit, Biege- und Druckfestigkeit, schwindet wenig und ist witterungsfest und dauerhaft.

Beständigkeit
Douglasienholz ist gut dauerhaft und witterungsfest. Es eignet sich besonders für masshaltige Bauteile mit Wetterbeanspruchung. Von den Nadelhölzern wird es in Bezug auf die Witterungsbeständigkeit einzig von der Lärche übertroffen.
Das Kernholz ist fast pilz- und insektenfest. Feuchtes Holz zeigt oxidative Verfärbungen beim Kontakt mit Eisen. Douglasie ist beständig gegen schwache Säuren und Alkalien.

Bearbeitung
Das Holz ist gut zu spalten, sägen, hobeln, bohren, fräsen, schleifen, spalten, nageln und schrauben; die Verleimung ist problemlos. Es lässt sich gut

beizen und lackieren, jedoch ist die Haftung von Öl- und Polyesterlacken mangelhaft; besser geeignet sind, Dispersionsfarben, Mattlacke und Wachse. Das Splintholz ist mässig gut und der Kern sehr schlecht imprägnierbar.

Herkunft
Westliches Nordamerika
In Mitteleuropa wird die Douglasie seit Beginn des 19. Jahrhunderts im Forst, in Parks und in Gärten angepflanzt. Seither zählt sie in Europa zu den wichtigsten fremdländischen Forstbaumarten. Innerhalb der Gattung übertrifft die Douglasie mit ihren Wuchsleistungen Fichte und Tanne. Grössere Bestände wachsen in Rheinland-Pfalz. Die Douglasie bevorzugt frische, tiefgründige, fruchtbare Böden und verlangt hohe Luftfeuchtigkeit sowie ein mildes Klima.

Kennwerte
- Rohdichte grün: 640 – 800 kg/m^3
- Dichte: 350 – 750 kg/m^3
- Scherfestigkeit: 7.8 – 10.2 N/mm^2
- Druckfestigkeit: 43 – 68 N/mm^2
- Zugfestigkeit: 82 – 105 N/mm^2

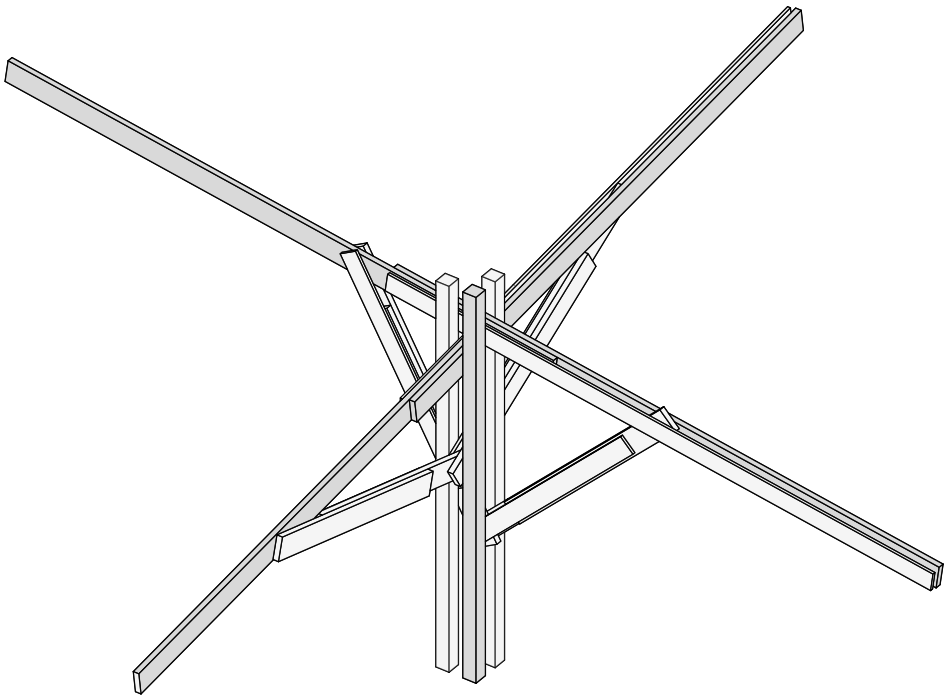
TRAGENDES BAUEN MIT VERSCHIEDENEN HOLZARTEN

Jessica Alyssa Vonrüti

Im Rahmen des Reallabors am Klärbecken Emmen wurde bei der Entwicklung der Tragstruktur gezielt auf den Einsatz zweier Nadelholzarten gesetzt: Douglasie und Fichte. Diese Auswahl basierte einerseits auf ihren spezifischen technisch-mechanischen Eigenschaften, andererseits auf der Verfügbarkeit der Ressourcen – ein Ansatz, der mit den Prinzipien der Zirkularität und einer ressourcenschonenden Bauweise übereinstimmt.

Zu Projektbeginn erfolgte eine systematische Analyse des Tragverhaltens. Die Materialeigenschaften wurden den strukturellen Anforderungen entsprechend zugewiesen. Douglasie, in den Plänen durch Dunkelgrau markiert, kam in tragenden und wetterexponierten Bereichen wie Stützen oder Hauptträgern zum Einsatz. Aufgrund ihrer hohen Festigkeit, Witterungsbeständigkeit und ihres geringen Quell- und Schwindverhaltens eignet sie sich besonders für dauerhaft beanspruchte Bauteile. Darüber hinaus weist sie eine höhere Dichte als Fichte auf und ist daher besonders gut für Bauteile geeignet, die Druck- oder Zugbelastungen ausgesetzt sind. Ihre mechanischen Eigenschaften insbesondere die Robustheit gegenüber Splitterung und die Beständigkeit gegen Feuchtigkeitseinflüsse machen sie zur bevorzugten Wahl für Schnittstellen, tragende Knotenpunkte und andere stark beanspruchte Zonen der Struktur. Douglasie wurde somit selektiv dort eingesetzt, wo langfristige Belastung, strukturelle Stabilität und eine hohe Materialdichte erforderlich waren.

Fichte hingegen, dargestellt in Hellgrau, fand vor allem in sekundären, weniger belasteten Bereichen Verwendung. Sie ist deutlich leichter, gut zu



Douglasie
Fichten

Isometrie der verschiedenen Holzarten

bearbeiten und in der Region weit verbreitet. Diese Eigenschaften machen sie besonders geeignet für konstruktive Elemente mit geringerer Lastaufnahme, wie etwa Rahmen- oder Aussteifungselemente. Ihre leichte Bearbeitbarkeit und Verfügbarkeit trugen entscheidend dazu bei, dass sie für allgemeine Framing-Aufgaben im Tragwerk zum Einsatz kam. Gleichzeitig wurde berücksichtigt, dass Fichte empfindlicher auf Feuchtigkeitsschwankungen reagiert. Dies machte eine sorgfältige Ausführung von Anschlüssen sowie Maßnahmen zum konstruktiven Holzschutz notwendig. Dennoch bot sie eine ausreichende Festigkeit für viele standardisierte Bauteile und überzeugte durch ihre einfache Handhabung und Wirtschaftlichkeit.

Ziel war es unter anderem, auch zusätzliche Holzbestellungen möglichst zu vermeiden. Zwar wurde Fichten teilweise über die Firma Küng Holzbau AG bezogen, jedoch wurde bewusst versucht, den Materialbedarf hauptsächlich durch bereits vorhandene Bestände zu decken.

Der Einsatz zweier Holzarten erforderte zudem besondere Sorgfalt in der Verbindungstechnik. Während Fichte in der Regel ohne Vorbohren verschraubt werden konnte, verlangte die dichtere und widerstandsfähigere Douglasie robuste Schrauben sowie eine gezielte Vorbehandlung der Kontaktflächen. Um die unterschiedlichen Materialeigenschaften beider Holzarten konstruktiv aufzufangen, wurden die Übergänge durch gezielte Metallverstärkungen gesichert. Dies diente dazu, Spannungen und mögliche Verformungen zu minimieren und die Tragfähigkeit dauerhaft zu gewährleisten.

Insgesamt zeigt sich an dieser gezielten Kombination aus technisch geeigneten Holzarten und ressourcenschonender Nutzung, dass tragfähiges Bauen mit vorhandenen Materialien nicht nur möglich, sondern in der Praxis auch erfolgreich umsetzbar ist.

SCHWINDEN & QUELLEN

Marco Spreiter

In Emmen entsteht derzeit eine offene Holzstruktur, bei der überwiegend heimisches Nadelholz insbesondere Fichte und Douglasie verwendet wird. Die bauliche Offenheit sowie die exponierte Lage des Standorts erfordern ein besonders sorgfältiges Verständnis der hygroskopischen Eigenschaften der verwendeten Hölzer.

Ausgangslage: Bereits feuchtes Holz mit Längsrissen

Ein Großteil des Holzes, das für das Projekt zur Verfügung stand, war zum Zeitpunkt der Verarbeitung bereits relativ feucht, teils mit Holzfeuchten über 20 %. Diese erhöhte Feuchtigkeit hat dazu geführt, dass bereits vor dem Einbau Längsrisse entlang der Faserrichtung sichtbar waren – eine typische Erscheinung bei Nadelhölzern, wenn diese trocknen und unter inneren Spannungen schwinden. Auch wenn solche Risse in axialer Richtung optisch auffallen, sind sie konstruktiv meist unproblematisch, da Holz in Faserrichtung kaum nennenswerte Quell- oder Schwindbewegung zeigt (nur ca. 0,1–0,3 % bei Fichte und Douglasie).

Schwind- und Quellverhalten in Emmens Klimabedingungen

Das gemässigte Klima in Emmen mit teils stark schwankender Luftfeuchtigkeit im Sommer wirkt sich unmittelbar auf die Holzfeuchte und damit auf

Holz durchbiegung Aufgrund von Feuchteveränderungen

In Emmen entsteht derzeit eine offene Holzstruktur, bei der überwiegend heimisches Nadelholz insbesondere Fichte und Douglasie verwendet wird. Die bauliche Offenheit sowie die exponierte Lage des Standorts erfordern ein besonders sorgfältiges Verständnis der hygroskopischen Eigenschaften der verwendeten Hölzer.

Ausgangslage: feuchtes Holz mit Längsrissen
Ein Großteil des Holzes, das für das Projekt zur Verfügung stand, war zum Zeitpunkt der Verarbeitung bereits relativ feucht, teils mit Holzfeuchten über 20 %. Diese erhöhte Feuchtigkeit hat dazu geführt, dass bereits vor dem Einbau Längsrisse entlang der Faserrichtung sichtbar waren – eine typische Erscheinung bei Nadelhölzern, wenn diese trocknen und unter inneren Spannungen schwinden. Auch wenn solche Risse in axialer Richtung optisch auffallen, sind sie konstruktiv meist unproblematisch, da Holz in Faserrichtung kaum nennenswerte Quell- oder Schwindbewegung zeigt (nur ca. 0,1–0,3 % bei Fichte und Douglasie).

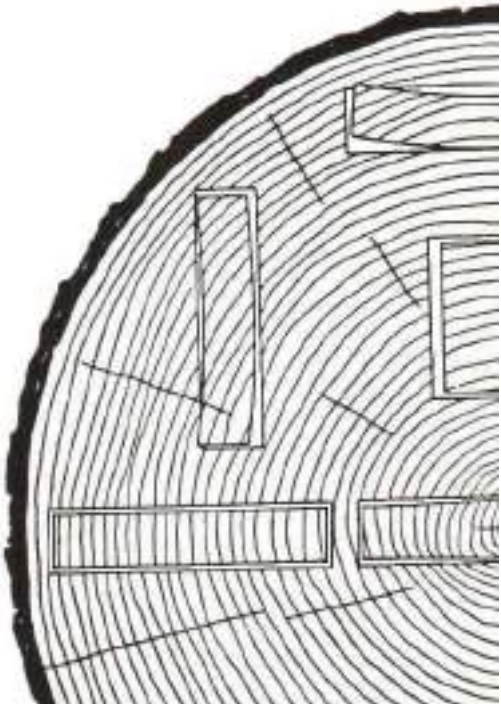
Schwind- und Quellverhalten in Emmens Klimabedingungen
Das gemässigte Klima in Emmen mit teils stark schwankender Luftfeuchtigkeit im Sommer wirkt sich unmittelbar auf die Holzfeuchte und damit auf die Dimensionsstabilität der offenen Holzstruktur aus. Besonders betroffen sind die tangentialen und radialen Querschnittsbereiche:

Fichte
Tangential: 7–10 % Schwindmass
Radial: 3–4 %
Axial: < 0,3 %

Douglasie
Tangential: 7–9 %
Radial: 2,5–3,5 %
Axial: < 0,2 %

Beispiel: Ein 120 mm breites Fichtenholz kann bei einer Feuchteänderung von 10 % (z. B. von 20 % auf 10 %) in tangentialer Richtung um bis zu 3,6 mm schwinden – eine Veränderung, die bei sichtbaren oder kraftschlüssigen Holzverbindungen zu beachten ist.

die Veränderung beim Quellen stoppt bei Erreichung des Fasersättigungspunkt (ca. 30%).



Schwindverhalten

Holzläden 5 x 20 cm

Holzträger 12 x 12 cm

Schwindverhalten

Aus den Recherchen Sowie dem uns zur Verfügung gestellten Holz, ergaben sich folgende Szenarien:

Stütze:

Der Optimalfall zeigt Rifthölzer, welche das ruhigste und stabilste schwind und Quellverhalten aufweisen. Obwohl sie Tangential protzentual immer gleich schwinden und quellen, verzieht es so die Konstruktion kaum (und wenn, dann gleichmässig).

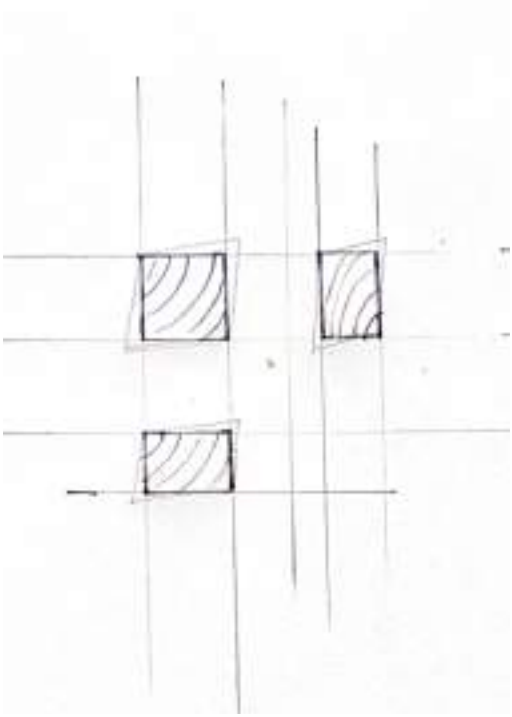
In unserem spezifischen Fall treten hauptsächlich Halbrift, Rahmenholz und Seitenbretter auf. Die Verformung verhält sich extremer, da die Tangentiale über Eck verläuft oder halbrund auf dem Teil sichtbar sind. Eine Massnahme, welche ein wenig dagegenwirkt ist das bewusste anordnen der individuellen Elemente um das schwind oder Quellverhalten gleichmässiger oder symetrisch zu gestalten.

Sockel:

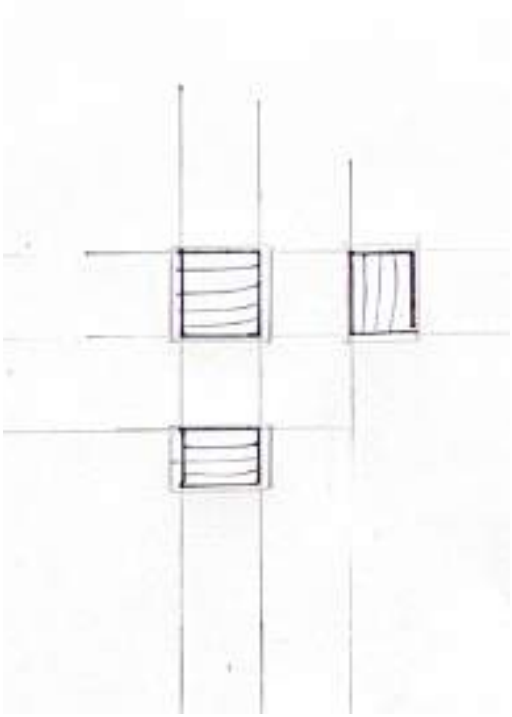
Der sockel wird bei starker Feuchte Veränderungen einen spitzeren Winkel oder offener Winkel erzeugen. Das kann zum Nachteil werden, da die Stütze eingesetzt und fest verschraubt wird. Ein hin und zurück könnte bei wiedehohlung die Verbindung schwächen.

Träger:

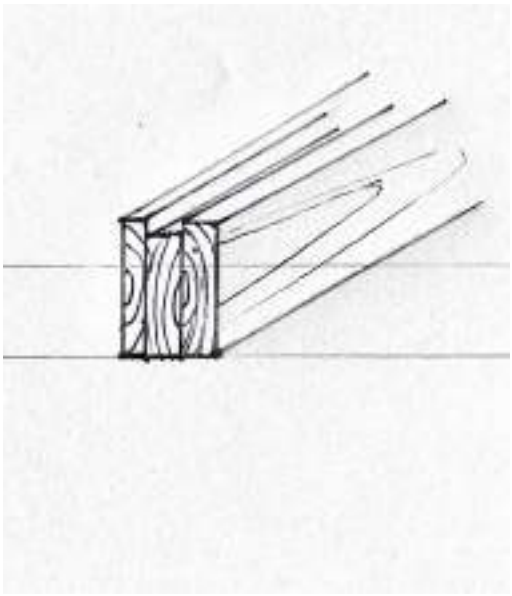
Der Träger besteht in den meisten Fällen aus Seiten- oder Halbriftbretter. Auch da kann die Verbindung durch Verformung geschwächt werden. Ein regelmässiges nachziehen der Bölzen ist längerfristig notwendig.

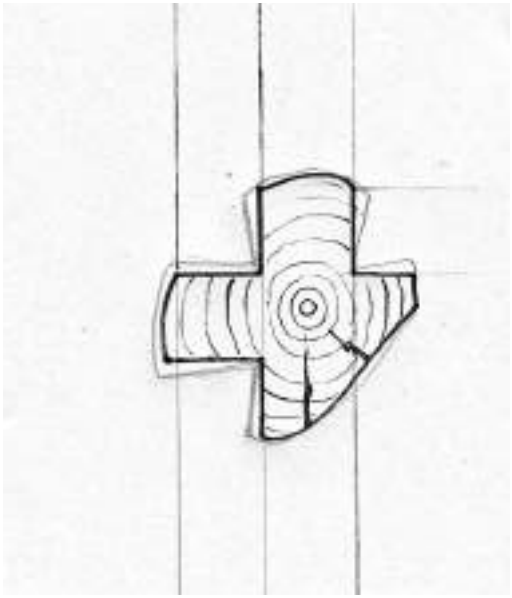


3er Stütze realität

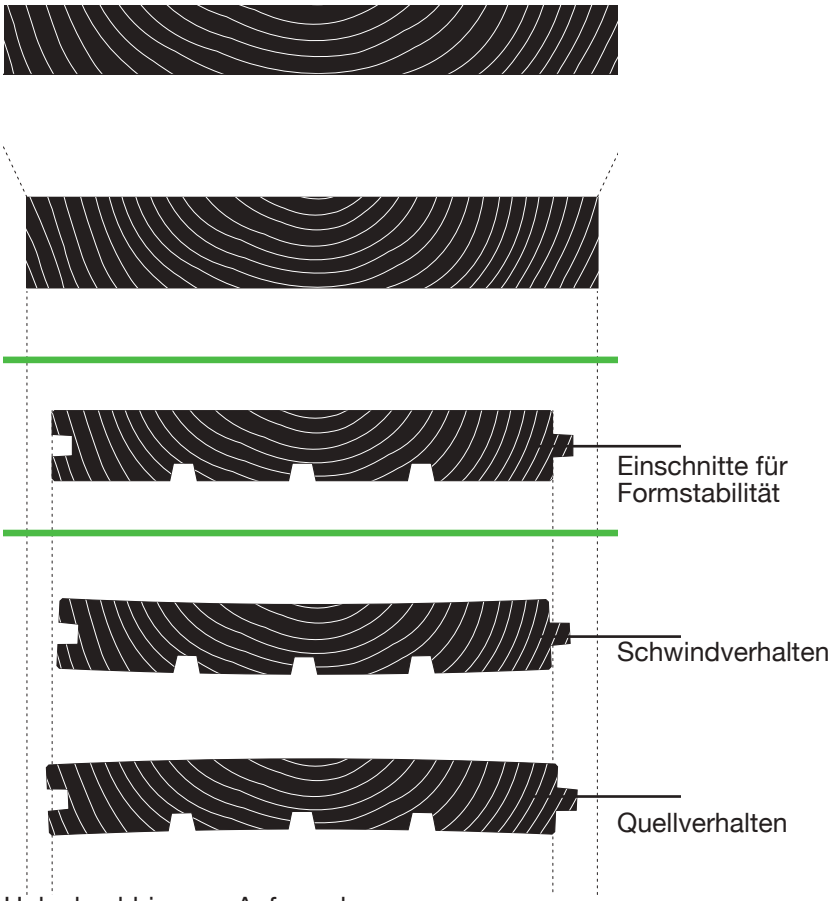


3er Stütze optimalfall





Technische Massnahmen kennt man ebenfalls aus den Spannungsschnitten wie bei Holzdielen oder Täferbretter. Dabei werden in längsrichtung einkerbungen oder Schnitte eingesägt um die Dimensionsstabilität zu verbessern. Die Einschnitte dürfen nur so Tief sein, dass die Stabilität auf Druck und Zug an diesen Stellen immernoch gewärleitet wird.



Holz durchbiegung Aufgrund von
Feuchteveränderungen

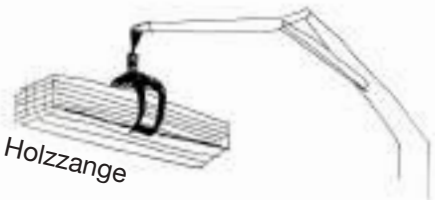
FLICKARBEITEN

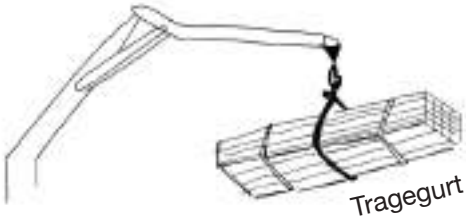
Isabelle Schuler

Der verfügbare Bestand an Brettern wies zahlreiche Holzfehler auf. Viele der Bretter waren verzogen, stark astig und wiesen zahlreiche Risse auf. Solche Risse können zum Beispiel durch den Trocknungsprozess oder durch unsachgemässes Transportieren der Hölzer entstehen. Statt eines Tragegurts wird dabei eine Holzzange verwendet, die eigentlich für den Transport von Rundhölzern vorgesehen ist. Diese übt punktuellen Druck aus, wodurch Risse entstehen können. Ein Tragegurt gibt den Hölzern mehr Spielraum, wodurch sie sich verschieben könnten, ohne Schaden zu nehmen.

Im regulären Betrieb werden solche Bretter nicht für tragende Bauteile verwendet. Da jedoch kein anderes Material zur Verfügung stand, versuchten wir, die vorhandenen Hölzer so stabil wie möglich zu reparieren.

Hierzu wurden die Risse mit dem wetterfesten Baukleber „Fix All“ gefüllt und die Bretter mit Schraubzwingen zusammengedrückt. Die Verwendung eines wetterfesten Klebers war entscheidend, da herkömmlicher Holzleim diese Eigenschaft nicht immer aufweist. Zusätzlich wurden Lochplatten zur Verstärkung aufgeschraubt. Diese können zur Weiterverarbeitung der Hölzer auch wieder entfernt werden.


Holzzange


Tragegurt

SOUDAL
Fix ALL
HIGH TACK

Wenn mehr Zeit zur Verfügung steht, kann eine sorgfältige Reparatur einem beschädigten Holzstück sogar zusätzlichen Wert verleihen. In Japan gibt es beispielsweise die Tradition des Kintsugi, bei der zerbrochene Keramik mit einer mit Gold oder Silber angereicherten Kittmasse wieder zusammengesetzt wird. Der Bruch wird dabei nicht versteckt, sondern betont und das Objekt gewinnt an ästhetischem und ideellem Wert.

Ein ähnliches Prinzip lässt sich auch auf Holz anwenden. Hierfür existieren verschiedene Techniken, etwa das Einsetzen von dekorativen Schwalbenschwanzverbindungen oder das Ausfüllen von Rissen mit farbigem Epoxidharz.

Kintsugi

Schwalbenschwanz-Flick

Epoxidharz

FARBE

Leon Detroy

Farben übernehmen in der Architektur und im Bauwesen weit mehr als nur eine gestalterische Funktion. Sie dienen dem Schutz von Oberflächen, unterstützen die Kommunikation durch Signaletik und tragen zur Orientierung bei. Der richtige Anstrich, die fachgerechte Trocknung sowie die gezielte Farbwahl sind entscheidend für Langlebigkeit, Sicherheit und ästhetische Wirkung eines Bauwerks.

Schutzfunktion: Farben schützen Materialien (z. B. Holz, Metall, Beton) vor Umwelteinflüssen wie UV-Strahlung, Feuchtigkeit, Pilz- oder Rostbefall.

Quelle: DIN EN 927 – Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für Holz im Aussenbereich.

Gestaltung und Identität: Die gezielte Farbwahl beeinflusst die Wahrnehmung eines Gebäudes und trägt zur Markenidentität bei.

Quelle: K. Biesalski (2016): Farbe in der Architektur. Birkhäuser Verlag.

Signaletik und Orientierung: Farben helfen in der Signaletik bei der visuellen Orientierung, z. B. in öffentlichen Gebäuden oder Verkehrsanlagen.

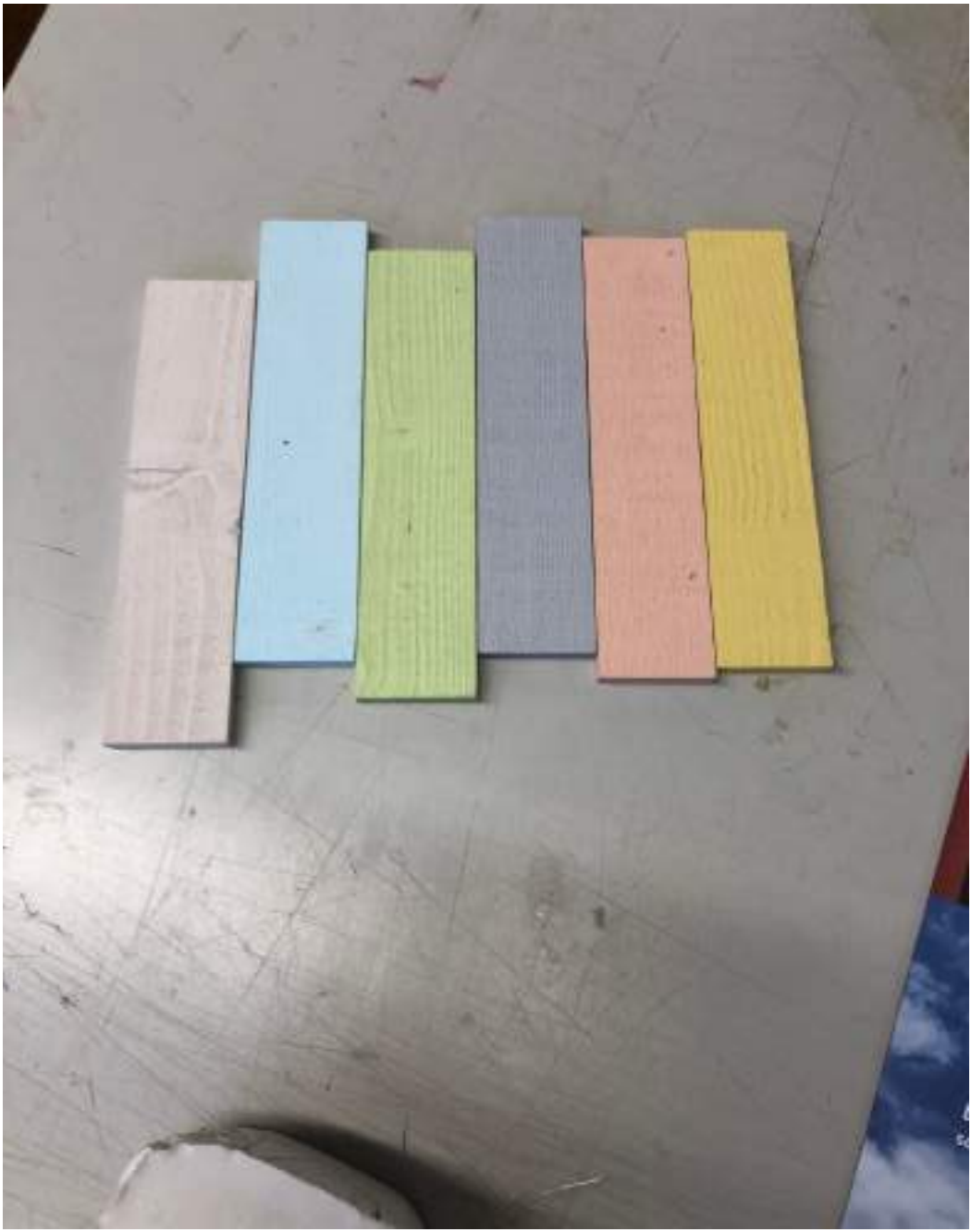
Quelle: Hildegard Bentele (2010): Farbe und Orientierung. Callwey Verlag.

Farbtyp	Eigenschaften	Anstrichvorgang	Trocknungszeit
Schweden-/Schlammfarbe	Diffusionsoffen, wetterbeständig, matt, ökologisch, für unbehandeltes Holz geeignet	Grober Pinselauftrag auf rohes, unbehandeltes Holz, keine Grundierung notwendig	ca. 1–2 Tage (witterungsabhängig)
Ölfarbe	Tief eindringend, wasserabweisend, glänzend bis seidenmatt, langlebig	Mehrschichtiger Auftrag (Grundierung, Zwischen- und Deckschicht); lange Trockenpausen einhalten	12–48 Std. pro Schicht
Lasur (dünn-/mittelschicht)	Holzstruktur bleibt sichtbar, UV-beständig, wasserabweisend, pflegeleicht	Auf trockenes, geschliffenes Holz auftragen, meist 2–3 Schichten mit Zwischenschliff	4–12 Std. je nach Typ
Acrylfarbe (Wasserbasis)	Schnell trocknend, UV-stabil, elastisch, geruchslos, leicht zu verarbeiten	Rollen oder spritzen auf grundiertem Untergrund, mehrschichtiger Auftrag empfohlen	1–2 Std. oberflächentrocken
Dispersionsfarbe	Hohe Deckkraft, leicht zu verarbeiten, atmungsaktiv, emissionsarm	Direkt auf trockenen, sauberen Putz oder Gips, ggf. Grundierung	1–4 Std.
Silikatfarbe	Mineralisch, diffusionsoffen, nicht filmbildend, ideal für Denkmalschutz	Nur auf mineralischem Untergrund, Grundierung mit Kaliumsilikat, zwei Anstriche empfohlen	6–12 Std. je nach Luftfeuchte
PU-/Epoxidharzfarbe	Extrem widerstandsfähig, chemikalien- und abriebfest, meist für Böden/Industrie geeignet	Zwei-Komponenten-System, exakte Mischverhältnisse, Rollen/Spritzen, gute Untergrundvorbereitung nötig	12–24 Std. pro Schicht

Focusiert wird an Schlammfarben:

Sponser Valu Farben. Quelle Technische merkblatter.

Schlammfarbe, auch als Schwedenfarbe bekannt, bietet eine besonders nachhaltige und wirksame Schutzfunktion für unbehandeltes Holz im Aussenbereich. Ihre grosse Stärke liegt in der hohen Diffusionsoffenheit: Das Holz kann weiterhin „atmen“, also Feuchtigkeit abgeben, ohne dass sich unter dem Anstrich Nässe staut. Dadurch wird Schimmel- und Fäulnisbildung effektiv verhindert. Gleichzeitig schützen die in der Farbe enthaltenen natürlichen Pigmente (meist Eisenoxid) das Holz vor schädlicher UV-Strahlung und bewahren es vor dem Ausbleichen oder Verspröden. Die poröse, matte Oberfläche nimmt Regenwasser kurzfristig auf, gibt es aber schnell wieder an die Umgebung ab, wodurch ein zuverlässiger Witterungsschutz entsteht, ohne dass ein starrer, abblätternder Farbfilm entsteht. Da Schlammfarbe nicht filmbildend ist, blättert sie nicht ab, sondern verwittert gleichmässig. Für eine Auffrischung genügt es meist, lose Partikel abzubürsten und die Farbe direkt neu aufzutragen, ganz ohne Abschleifen. Dank ihrer natürlichen Bestandteile wie Wasser, Mehlpaste, Pigmenten und gegebenenfalls Leinöl ist Schlammfarbe zudem umweltfreundlich, ungiftig und eignet sich hervorragend für ökologisches Bauen. So verbindet sie einfachen Unterhalt mit langanhaltendem Schutz und traditioneller Ästhetik.



Signaletic & bezug zur projekt:
Unser Dachbereich weist eine Vielzahl bunter Farben auf, jedoch existieren dafür bislang keine festen Vorgaben oder funktionalen Bedeutungen bezuglich den Valufarben. In einem Gespräch mit Thomas und Mathew wurde deutlich, dass sie sich eine funktionale Zuordnung der Farben im **Kontext des Bauablaufs** wünschen.
Daraufhin besprach ich das Thema mit Nicola, der für den Bauablauf verantwortlich ist, sowie mit Elias, der den konstruktiven Holzschutz betreut, Max, der den Holzschutz im Sockelbereich erarbeitet, und der Dachgruppe. Nach Rücksprache mit der Dachgruppe wurde zudem der Wunsch geäussert, die Farbverwendung auf das notwendige Minimum zu reduzieren.

Gemeinsam einigten wir uns auf folgende Regelungen:

Nur blasse Farben werden verwendet – kräftige Farben wie Blau, Gelb oder leuchtendes Grün entfallen. **Rot** markiert ausschliesslich Schrauben, die vor Ort montiert werden müssen. Schrauben, die bereits im Atelier verbaut wurden, erhalten keine rote, kreisförmige Markierung. Dies dient zukünftigen Studierendengruppen als Orientierung beim Rückbau: Nur markierte Schrauben müssen vor Ort gelöst werden; alle übrigen können im Werk (Ebenau) demontiert werden. Zur weiteren Differenzierung erhalten die **roten Kreismarkierungen** nun zwei unterschiedliche **Durchmesser 6 cm und 12 cm** um den Wichtigkeitsgrad der jeweiligen Verbindung vor Ort visuell kenntlich zu machen. **Weiss** wird ausschliesslich an den Stirnseiten jener Bauteile verwendet, die nach oben ausgerichtet sind. Dies erleichtert während der Bauphase die richtige Orientierung von Stützen, Balken, Streben und Rundhölzern.

Kreisformige Signaletic

Rundholzer angemalt

Stützen Stirnseitig angemalt

Streben Stirnseitig Angemalt

Nicht ausgeführte Signaletik:

Es wurde vor Ort am 11. Juni 2025 entschieden, die Struktur nicht mehr anzumalen. Die Begründung, die via einer WhatsApp-Nachricht mitgeteilt wurde, ist folgendes:

«Es ist entschieden worden in der Grossgruppe, dass nichts mehr angestrichen werden muss. Die Struktur ist mega schön mit dem rohen Holz. Es wäre schade, das noch anzumalen. Mathew und Thomas sind in der Entscheidung auch involviert gewesen. Danke vielmals für deinen Aufwand.»

Die Signaletik, die nicht ausgeführt wurde, ist die rote, kreisförmige Markierung. Die Idee war, ausschliesslich die Bauschrauben zu kennzeichnen, die vor Ort montiert werden mussten.

Am 12. Juni 2025 habe ich ein Gespräch mit Mathew und Thomas geführt. Ihre Meinung ist, dass das Bemalen unnötig ist, da alles schon zusammengeschraubt ist. Gemäss ihnen sollte das Bemalen mehr in den Bauprozess integriert sein.

Dies war aber nicht möglich, weil vor Ort die Bauteile zusammengeschraubt und montiert wurden. Das bedeutet: Wenn wir es vorgängig angemalt hätten, war das Risiko gross, dass es nach der Montage nicht stimmen würde. Vor Ort wurden auch die Balken angepasst, und somit wurde das Signaletik-Konzept, das dreimal besprochen wurde, hinfällig.

Dazu war es vor Ort während oder zwischen dem Montageprozess ungünstig, zu unterbrechen, um die Teile zu bemalen.

Es wurde im Atelier geplant, nach der Montage am 12. Juni, während die Dachgruppe ihre Textilien montiert, die Bauschrauben mit Malerklebeband abzudecken und die Bolzen (die vor Ort montiert worden sind) noch mit einem roten Kreis anzudeuten. Gemäss Mathew und Thomas ist das Zeitfenster vorbei und es ist nicht mehr notwendig, da man sieht, welche Bolzen vor Ort montiert wurden. Somit ist die Signaletik nicht zur Ausführung gekommen.

Weiss bemalte signaletic

Ansicht unterseite vom Stütze

Balke Stirnseitig nach montage

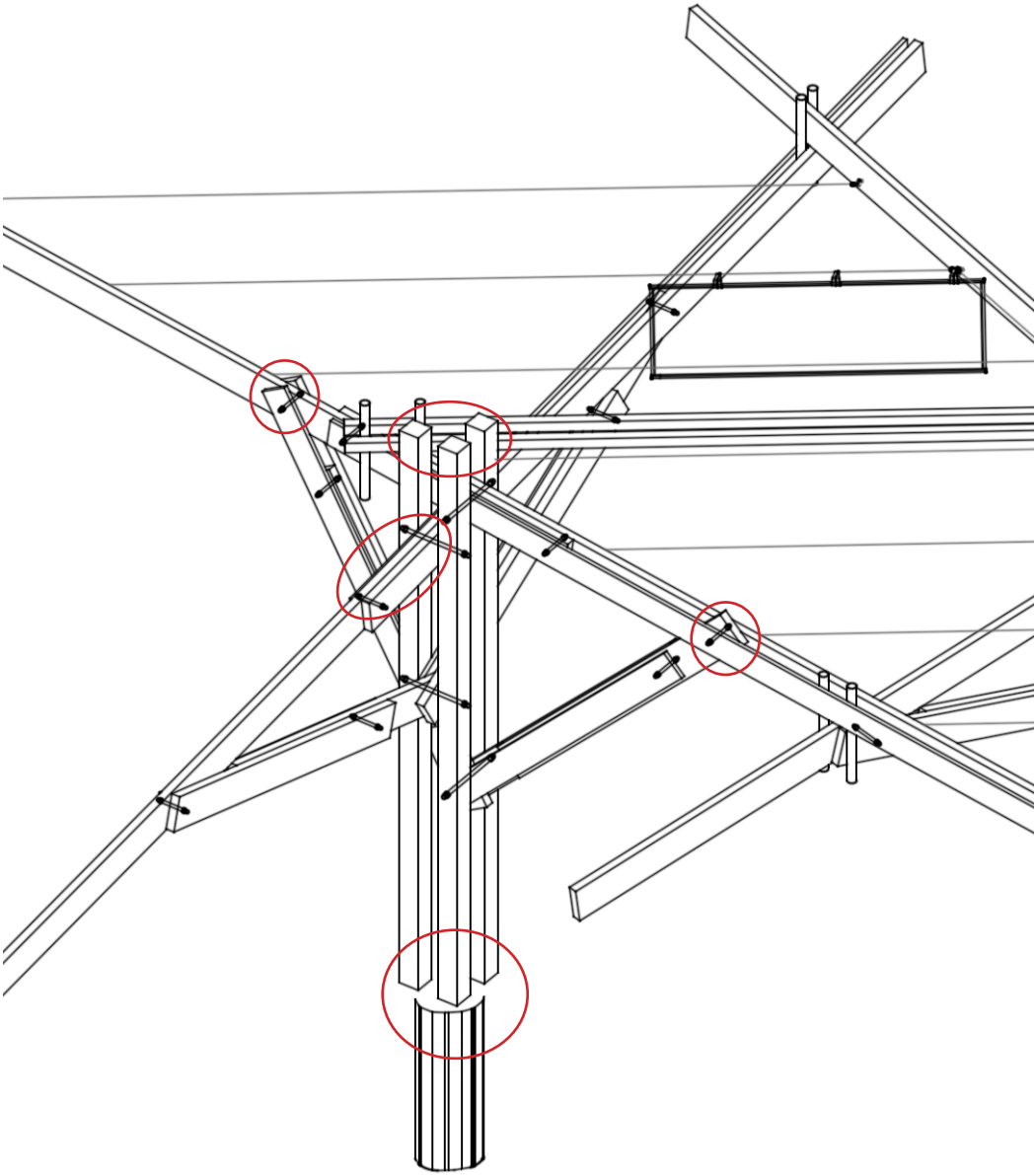
KONSTRUKTIVER HOLZSCHUTZ

Elias Haltinner

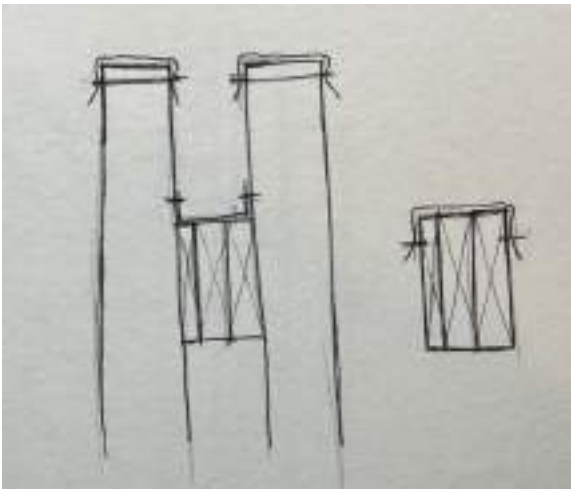
«Konstruktiver Holzschutz bezeichnet bauliche Maßnahmen, die Holz vor schädigenden Einflüssen wie Feuchtigkeit, UV-Strahlung oder Pilzbefall schützen – ganz ohne chemische Behandlung..»

Warum muss Holz geschützt werden?
Holz «lebt» auch nach den es Verbaut wurde noch weiter. Feuchtigkeit, UV-Strahlung und ander Schädlinge können das Holz immernoch sehr fest verändern.Vorallem Wasser ist ein grosses Problem. Holz kann in seinen Fasern viel Wasser aufnehmen. Da die Holzfasern lange dünne Röhrchen sind haben sie eine Kapillare wirkung und ziehen das Wasser noch fester ins Holz hinein. Das führt zu stärkerem Quellen und Schwinden. Das Holz wird auch schneller Faul und anfälliger für Schädlinge.

Bedeutung für unsere Struktur
In unserer Struktur ist der Holzschutz sehr wichtig. Da es kein Dach gibt das die Statischen Bauteile überspannt und Schützt muss dieser Schutz anderst erreicht werden. Dadurch das die Kapillarwirkung Wasser mit der Faser zieht sind vorallem Stirnholzflächen zu Schützen. Auch Ritzen wo Holz eindringen kann sind ein Risiko.



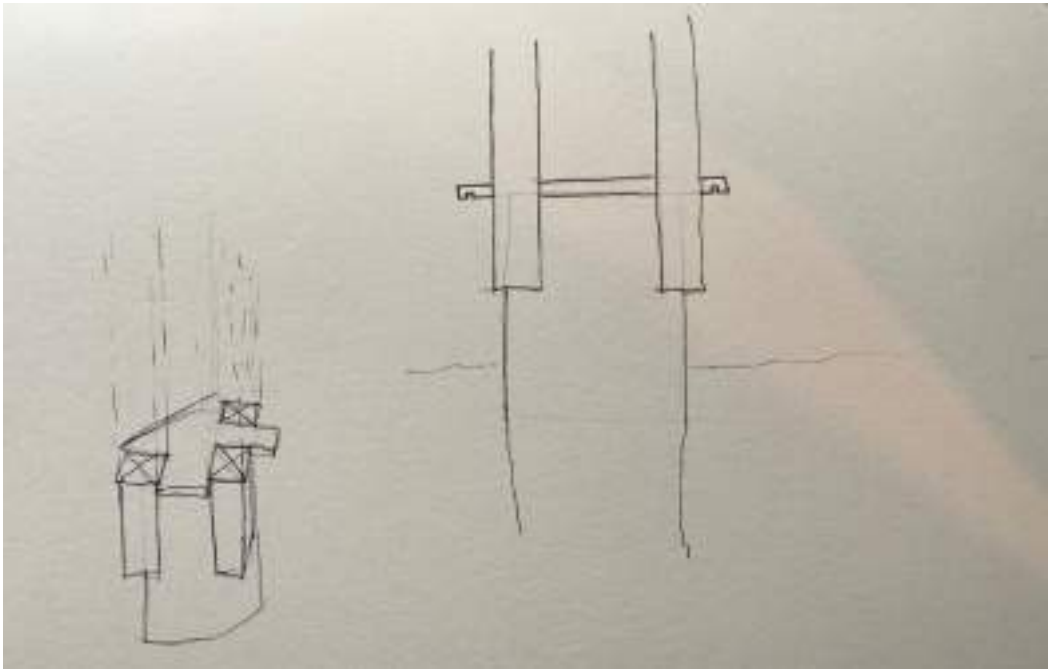
Schutz durch Folien oder Stoff
Bei diesem Konzept sollen die Stirnflächen mithilfe von Wasserdichter Folie oder Stoff überspannt und geschützt werden. Auch die Ritzen müsste man auf die gleiche Art schützen. Befestigt werden die Folien durch Nägel oder Kabelbinder. Dieses System würde das Holz ausgezeichnet schützen, Jedoch würde das Material die Wirkung des Daches und des Holzes schwächen.



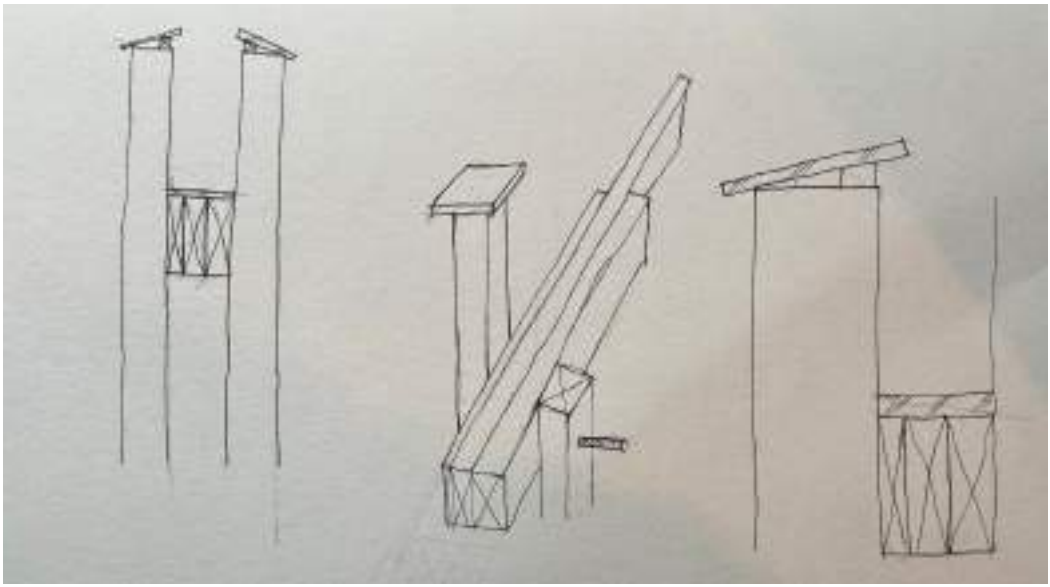
Skizze Details

Versuch im Modell

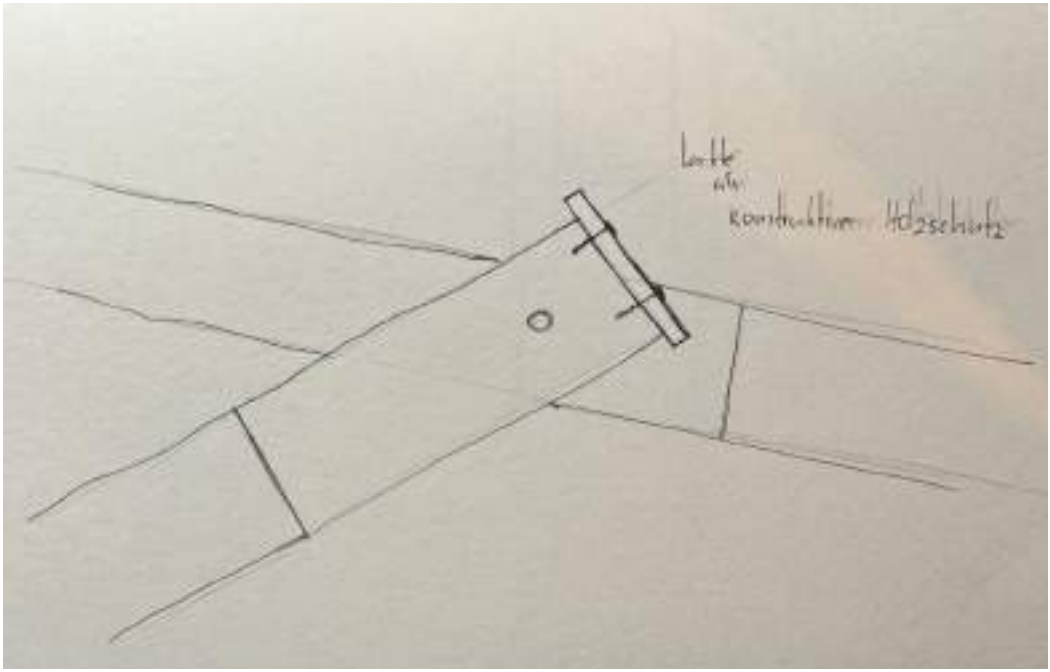
Opferholz als Schutz
Bei diesem Konzept sollen die Stirnflächen durch aufgeschraubte Bretter Geschützt werden. Diese Bretter sind dünn und dienen nur zum Schutz. Bei dem Abschluss der Stützte gibt es 2 Varianten. Eine besteht aus meheren kleinen Bretter. (Je eines Pro Stützenteil) Die andere besteht aus einer Grossen Platte. Diese wäre effizienter da sie auch den Heikelsten teil der Dachbalken überdeckt. Das Konzept ist viel mehr im Einklang mit dem Projekt und integriert sich gut in die Struktur. Allerdings ist der Materialverbrauch viel höher und der Schutz stellenweise nicht optimal.



Sizze Detail Abdeckung Sockel



Skizzen Abdeckungen



Skizze Abdeckung bei der Verstrebung

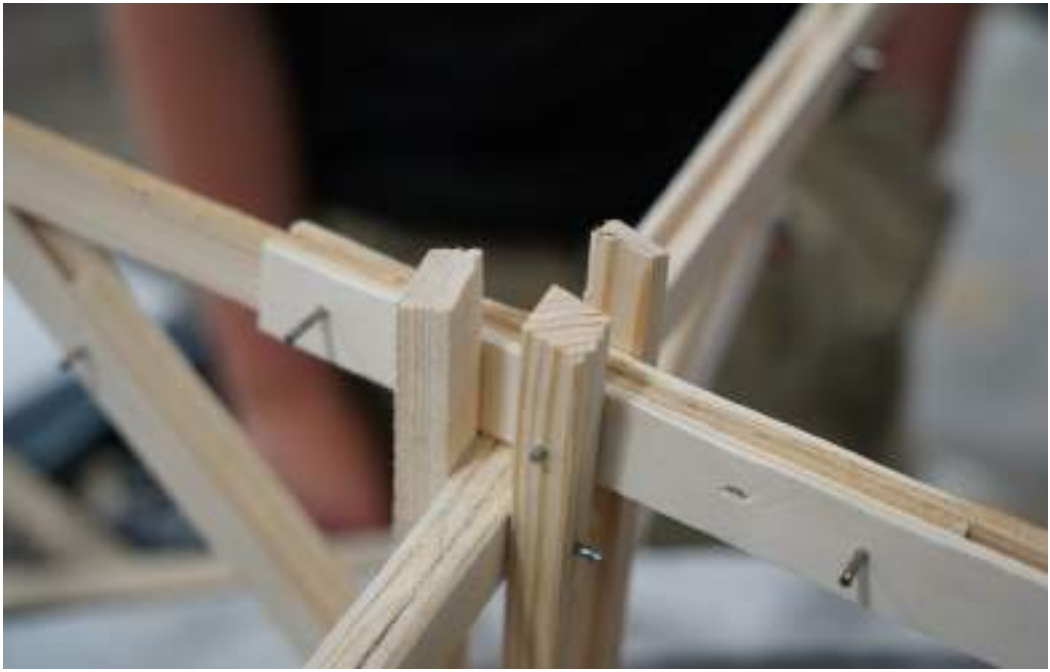
Variante 1 von oben

Variante 1 von unten

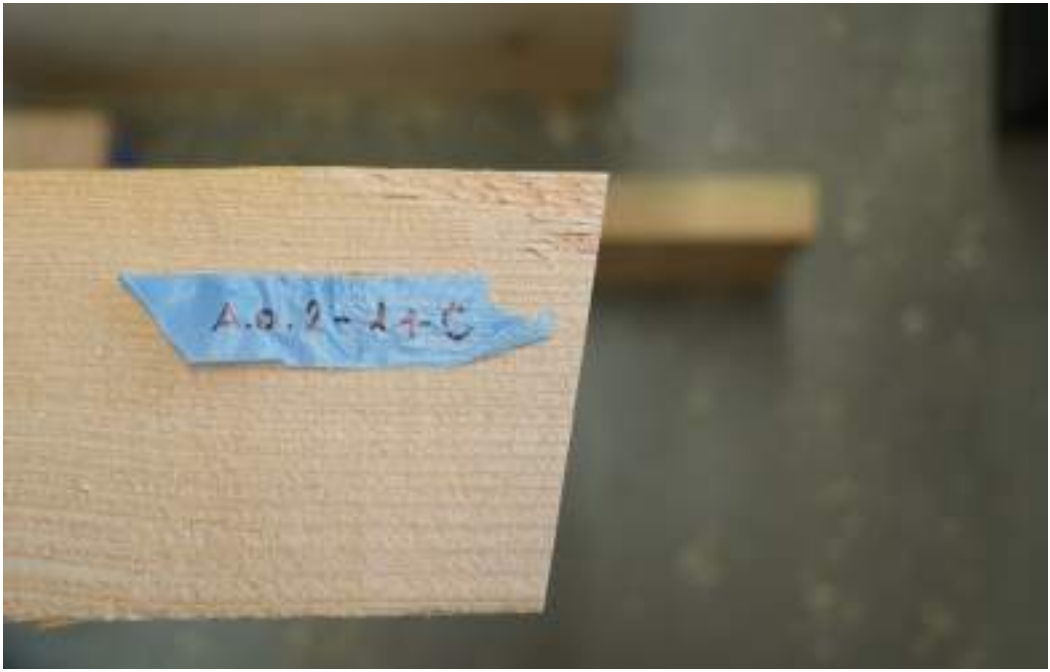
Variante 2 von oben

Variante 2 von unten

Schutz durch Schnitte
Bei diesem Konzept sollen die Stirnflächen Schräg geschnitten werden. Jede Fläche ist so Schräg es zu keinem stehenden Wasser kommt. Somit fliesst das Wasser direkt ab und gelangt nicht ins Holz. Die Spalten zwischen den Balken werden nicht mehr geschützt. Laut Ingenieur funktioniert das mit dem Quellen und Schwinden. Auch das Holz nicht perfekt geschützt ist in Ordnung. Das Holz ist nur über einen Kurzen zeitraum der Witterung ausgesetzt. Gleichzeitig Integriert sich das Detail am besten in die Struktur und kann für alle Teile verwendet werden.



Abschnitt im Modell



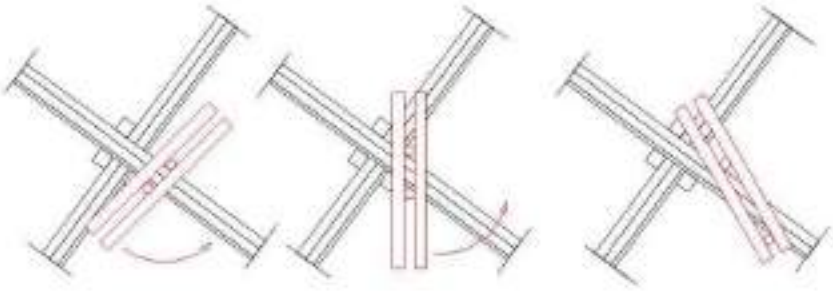
Abschluss der Stütze oben

Abgeschrägte Rinne bei den Sockeln

BALKEN AUSSTEIFUNG

Fabijan Biskic

In den Gesprächen, insbesondere mit den Statikern im Atelier, wurde deutlich, dass die Stützen am besten durch eine zusätzliche Balkenlage ausgesteift werden sollten. Zur Stabilisierung der gesamten Konstruktion wird oberhalb der Stützen eine Balkenlage eingebaut, die jeweils von einer Stütze zur nächsten reicht.
Zwar wären auch alternative Lösungen denkbar gewesen, jedoch wurde aus technischen und ästhetischen Gründen – und um ein einheitliches Erscheinungsbild sowie eine reduzierte Anzahl unterschiedlicher Verbindungstypen zu gewährleisten – diese Variante bevorzugt.
Die Balkenlage wird ähnlich wie an den Kreuzungspunkten der Hauptbalken mit senkrecht stehenden Rundhölzern verbunden. Diese übernehmen die Verbindung zwischen den Stützen und den darüberliegenden Balken. Es kommen keine zusätzlichen Verbindungsmittel wie Metallwinkel oder Beschläge zum Einsatz. Die Rundhölzer übernehmen sowohl eine tragende als auch eine aussteifende Funktion in der Konstruktion.
Man entschied sich aus praktischen Gründen für den Einsatz von Rundhölzern: Sie ermöglichen eine flexible Verbindung der Bauteile. Sollte eine Stütze in einem leicht abweichenden Winkel stehen, kann die Verbindung dennoch problemlos realisiert werden.
Im Vergleich zu Hölzern mit quadratischem Querschnitt bieten Rundhölzer den Vorteil, dass sie von allen Seiten verschraubt und mit anderen Holzelementen verbunden werden können. Dies erleichtert die Montage erheblich – besonders, da der Aufbau ohne den Einsatz grosser Maschinen erfolgt und nicht sichergestellt werden kann, dass alle Balken exakt wie im Plan vorgesehen platziert werden können.



Flexibilität der Balkanlage durch Rundhölzer einsatz

Schrauben
Zum Verschrauben werden ROTHOBLAAS HBS Teilgewindeschrauben. Diese Hochleistungs-Holzschrauben aus gehärtetem Stahl sind speziell für tragende Holzverbindungen konzipiert.
Das Teilgewinde ermöglicht eine kraftschlüssige und dauerhafte Verbindung zweier Holzelemente.

Rundhölzer
Verwendet werden Rundholzpfähle aus Kiefernholz, Ø 5 cm, Länge 70 cm, gespitzt und braun druckimprägniert. Die Pfähle sind robust, langlebig und durch die Imprägnierung dauerhaft gegen Witterung, Fäulnis, Pilze und Insekten geschützt – ideal für den Einsatz im Aussenbereich.
Die Rundhölzer werden mit der Spitze nach oben montiert.

Balkenlage
Die für die Überspannung eingesetzten Balken bestehen aus Douglasien- und Fichtenholz, das uns zur Verfügung gestellt wurde. Douglasie zeichnet sich durch hohe Tragfähigkeit und gute Witterungsbeständigkeit aus. Fichte überzeugt durch ihre Leichtigkeit und gute Verarbeitbarkeit.
Zwei der Balken besitzen einen Querschnitt von 60 × 80 mm, alle übrigen 60 × 60 mm. Die 80-mm-Balken sollen jeweils mit einem 60-mm-Balken verbunden und an den Aussenstützen positioniert werden. Diese Massnahme dient der gezielten Aussteifung in besonders beanspruchten Bereichen, da die äußeren Stützen keine zusätzliche Abstützung von aussen erhalten.
Die Balken werden in einer parallelen Anordnung zueinander montiert und seitlich verbunden, um eine grössere Stabilität und eine gemeinsame Tragwirkung zu erzielen.Die Schrauben sind seitlich an den Verbindungsstücken befestigt, um eine dauerhafte und kraftschlüssige Verbindung zu gewährleisten.

Beschreibung der Konstruktion

Die Rundhölzer (Rundstäbe) stehen senkrecht und werden in Längsrichtung axial durchbohrt, um eine kraftschlüssige Verbindung mit den horizontal verlaufenden Balken zu ermöglichen. Die Holzbalken liegen waagerecht auf zwei Trägern auf und spannen jeweils von einer Stütze zur nächsten.
Die Verbindung zwischen Stütze und Balken erfolgt ausschliesslich über die Rundhölzer – es werden keine weiteren Verbindungselemente direkt zwischen Träger und Stütze eingesetzt.

Bauablauf und Montage

Der Aufbau erfolgt in mehreren Schritten: Nachdem alle Stützen an ihrer vorgesehenen Position montiert sind, können die Balken in Position gebracht werden.
Ursprünglich war geplant, mithilfe eines Moduls eine Art Schablone zu verwenden, um die Rundhölzer präzise zwischen die Balken zu setzen. Diese Methode erwies sich jedoch als unpraktisch: Die Schablone behinderte den Zugang mit Schraubzwingen, verringerte deren Spannwirkung und machte die Montage insgesamt unflexibler.
Während eines Versuchs wurde festgestellt, dass der Einsatz von Schraubzwingen allein eine deutlich effizientere Lösung darstellt. Die Schraubzwingen pressen die Balken kraftvoll gegen die Rundhölzer und fixieren diese zuverlässig in Position. Ein Verrutschen der Hölzer wird dadurch wirksam verhindert.
Der untere Bereich des Rundholzes kann zusätzlich abgestützt oder fixiert werden, um eine exakte Ausrichtung während des Verschraubens sicherzustellen. Auf dem Foto ist gut zu erkennen, wie zwei Schraubzwingen die Balken und Rundhölzer fixieren, während Kabelbinder provisorisch für die seitliche Ausrichtung verwendet wurden. Dieses Verfahren ermöglicht eine präzise, stabile und gleichzeitig flexible Montage und die schraube kann nun geschraubt werden – ganz ohne aufwändige Schablonentechnik.

Position der Schrauben

Montage Rundhölzer am Träger und Balken

RUNDHOLZVERBINDUNG

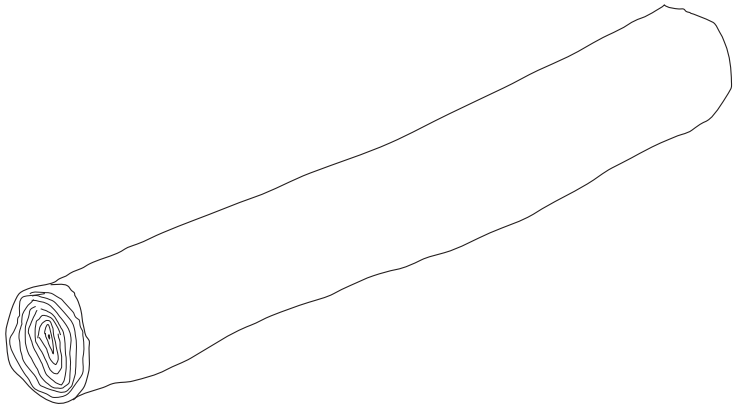
Leonora Salihi

Rundholz als Verbindungselement zwischen Stützen

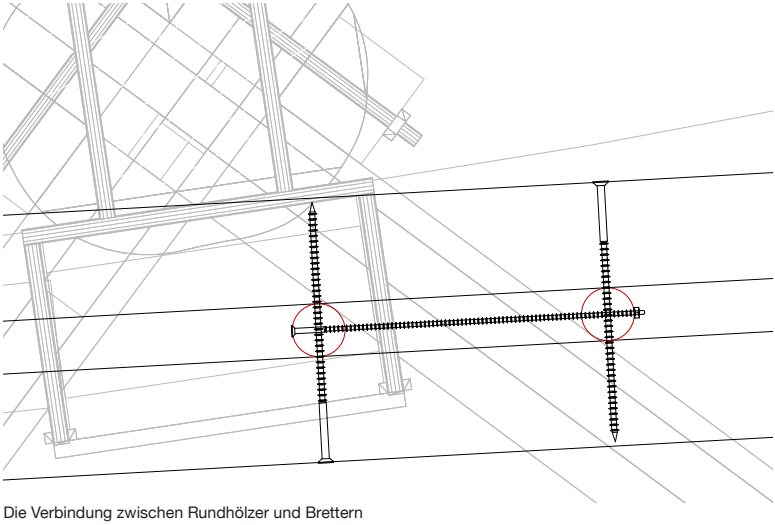
Rundhölzer wurden innerhalb der Struktur als Verbindungselemente eingesetzt. Sie sind nicht Teil des Tragwerks und übernehmen keine statisch tragende Funktion. Ihr Einsatz begründet sich durch ihre hohe geometrische Flexibilität, insbesondere bei variablen Winkelverbindungen. Durch ihre runde Form lassen sie sich vielseitig integrieren, was bei unterschiedlich ausgerichteten Verbindungspunkten von Vorteil ist. Die geringe Bearbeitung der Rundhölzer unterstützt einen ressourcenschonenden und zirkulären Planungsansatz: Die Hölzer lassen sich beschädigungsarm montieren, demontieren und wiederverwenden. Damit tragen sie zur nachhaltigen Gesamtstrategie der Konstruktion bei.

Zur Verbindung der Rundhölzer mit den horizontalen Brettern wurde eine detaillierte Analyse der geeigneten Verbindungsmittel durchgeführt. Dabei wurden sowohl die Grössen als auch die Anzahl der eingesetzten Schrauben und Mutternschrauben festgelegt.

Diese kommen gezielt an den Schnittstellen zwischen den Rundhölzern und den horizontalen Brettern zum Einsatz, dort, wo unterschiedliche Winkelverhältnisse auftreten und Kräfte zuverlässig übertragen werden müssen.

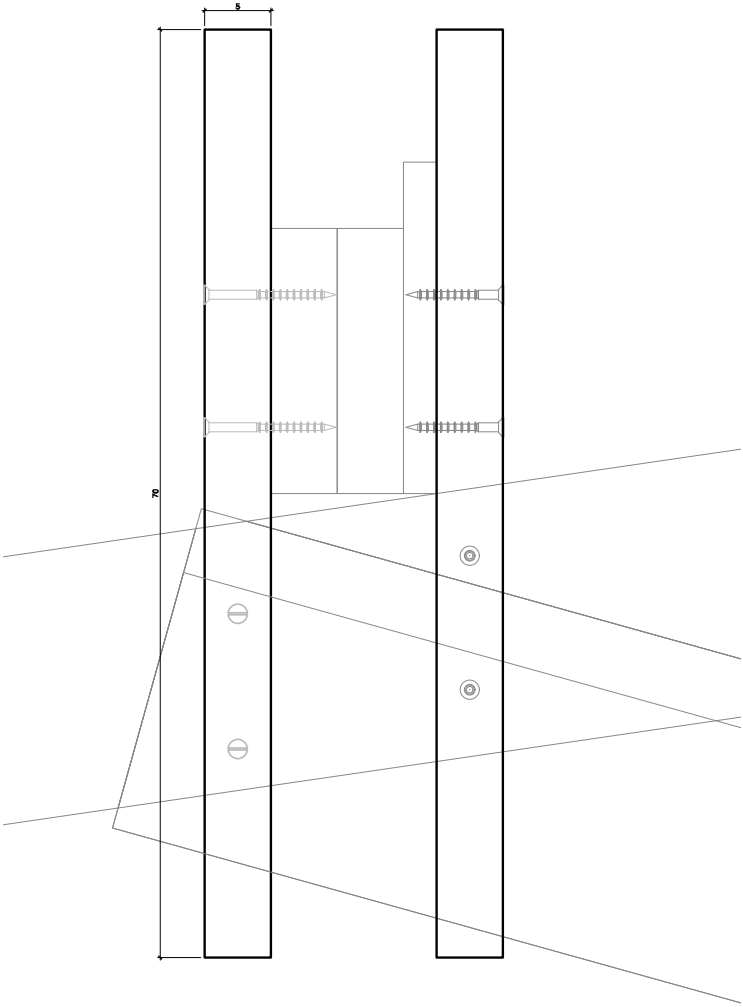


Aus der Vorlesung „Holz“| Modul Wirkung |FS25



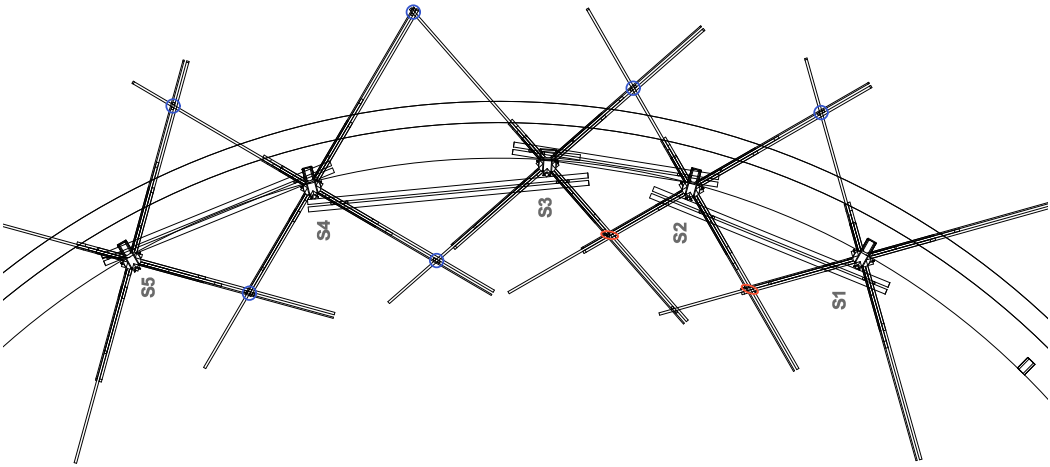
Die Verbindung zwischen Rundhölzer und Brettern

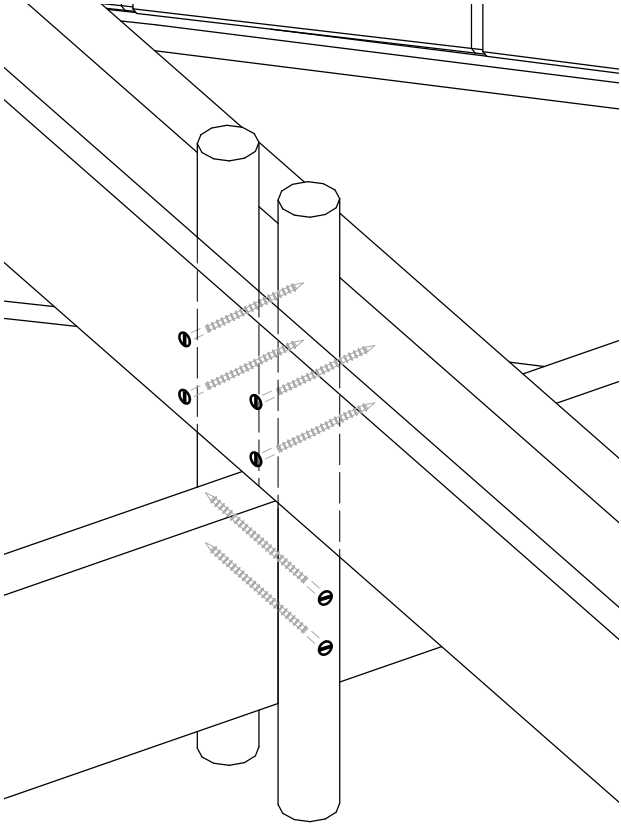
Basierend auf der fachlichen Rückmeldung aus der Planung wurde deutlich, dass die Klemmen mit den Rundhölzern ausschliesslich mittels Holzschrauben mit den Brettern verbunden werden müssen. Andernfalls verlieren sie ihre Funktion und könnten sich lösen. Daher wurde die Ausführung konsequent mit Holzschrauben weitergeführt.
Eine konstruktive Herausforderung bestand im Bereich der Stützen S1–S2 sowie S2–S3, insbesondere im inneren Teil der Konstruktion. Hier überlagern sich die Rundholzverbindungen mit Streben, die über Querbretter angebunden sind.
Daher mussten die Rundhölzer in diesen beiden Bereichen leicht angepasst positioniert werden, um eine funktionsgerechte und stabile Verbindung zu gewährleisten.
Die eingesetzten Rundhölzer haben einen Durchmesser von 5 cm und eine Länge von 70 cm, inklusive üblicher Bautoleranzen. Für die Verbindungen zwischen den Stützen werden insgesamt 16 Stück dieser Rundhölzer benötigt.



Rundholz: 70 cm lang, Ø 5 cm

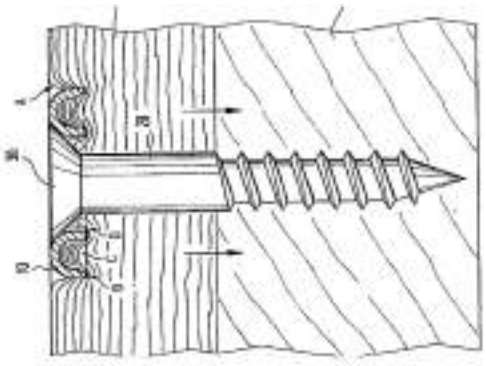
Blau markierte Bereiche in den Plänen stellen die vorgesehenen Verbindungen zwischen Brettern und Rundhölzern dar. Zwar bestehen geringfügige Toleranzen zwischen Zeichnung und Realität, wie im Bauwesen üblich, jedoch keine signifikanten Abweichungen hinsichtlich der Verbindung selbst.
Rot markierte Details kennzeichnen Stellen, an denen die endgültige Ausführung noch nicht vollständig festgelegt ist. Zwar entspricht die aktuelle Realität der Zeichnung, jedoch könnten sich Änderungen ergeben, abhängig davon, wo und wie die Streben letztlich an die Balken angeschlossen werden. Diese Bereiche sind daher als noch flexibel in der Planung zu betrachten.



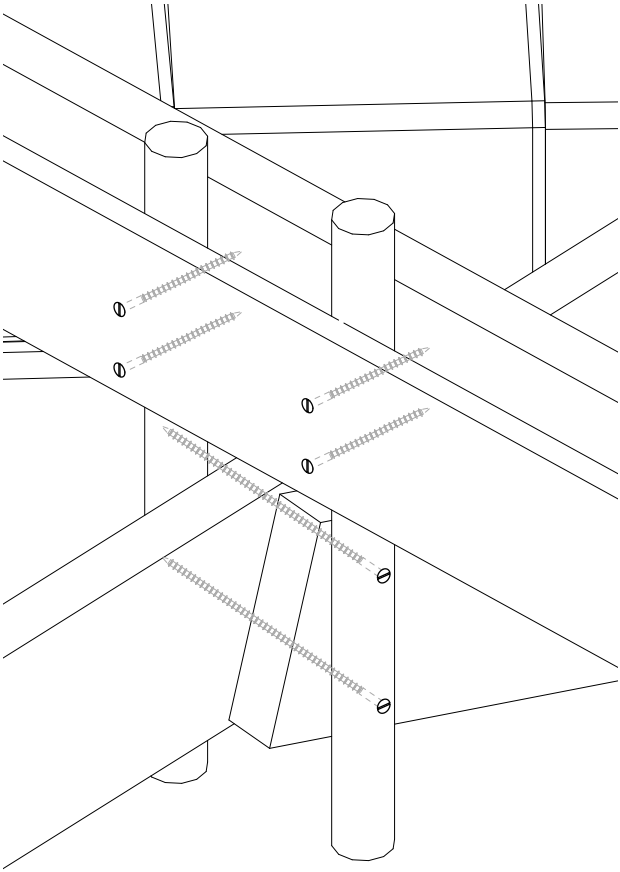


Fixierte Verbindung zwischen Rundholz und Brett

Während der Montage sollte darauf geachtet werden, dass das Gewinde der Schrauben möglichst im zweiten Holzteil greift. Dies erhöht die Flexibilität der Verbindung und erleichtert das präzise Ausrichten der Bauteile. Die Vormarkierung der Rundholzpositionen sollte von unten erfolgen, da sich die Höhenlage der Verbindungspunkte auf diese Weise exakter bestimmen lässt. Eine Markierung von oben erschwert das Ausrichten und kann zu Abweichungen führen.



Aus der Vorlesung „Holz“| Modul Wirkung |FS25



Variable Verbindung, abhängig von Strebenposition

BOHRLÖCHER

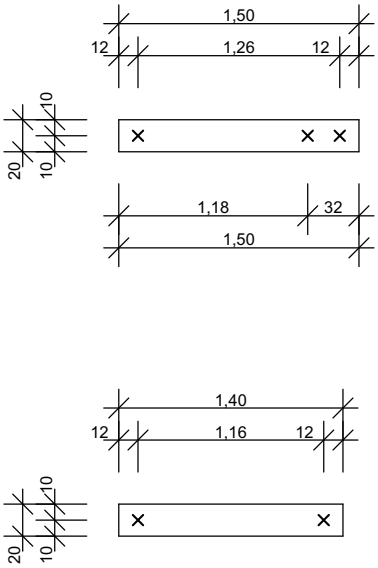
Michèle Lustenberger

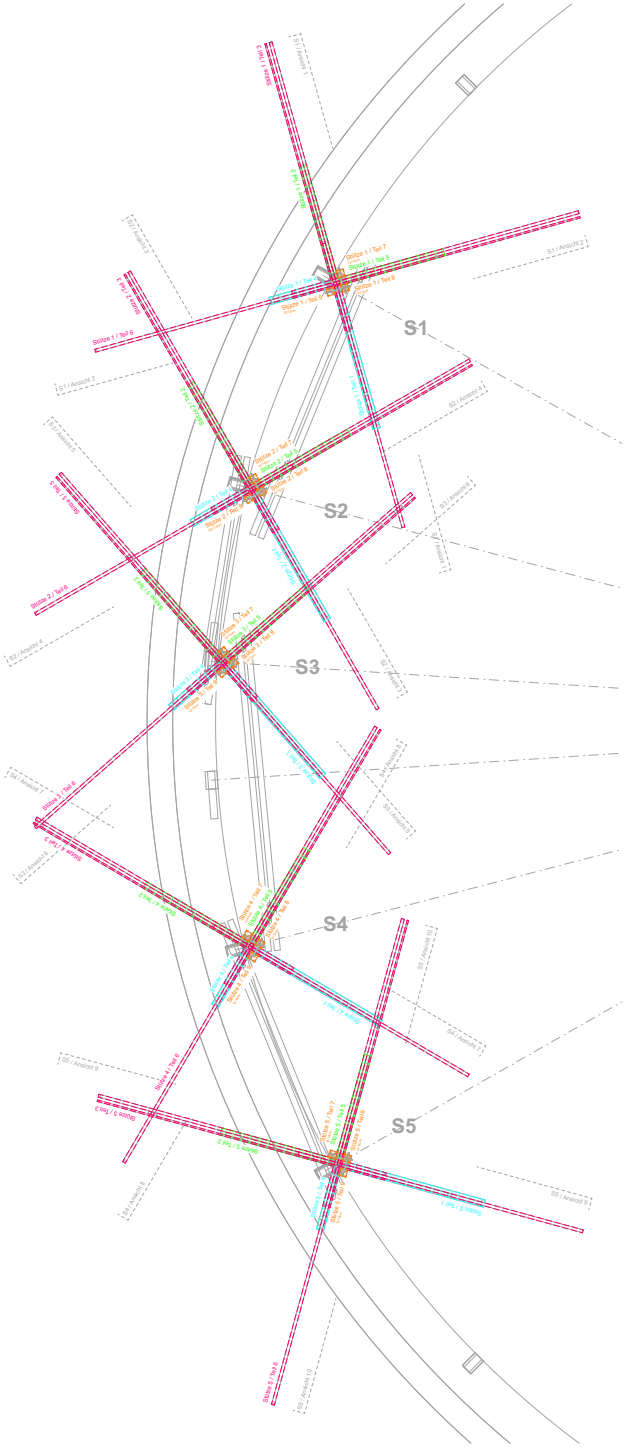
Die Position der Bohrlöcher ist für unsere Struktur von essenzieller Bedeutung. Aus diesem Grund war eine sorgfältige Auseinandersetzung mit diesem Thema notwendig. Um die genaue Lage jeder einzelnen Schraube definieren zu können, musste ein Plan für jedes Bauelement erstellt werden. Für einen ersten Überblick eignet sich die Bauelementbeschriftung im Grundriss.

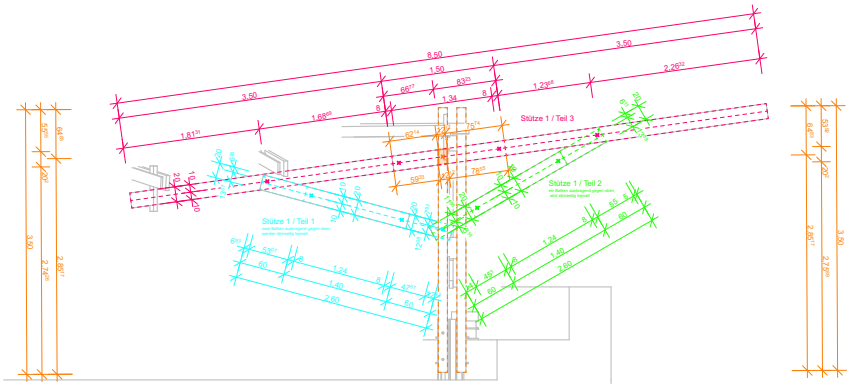
Einige Elemente, wie beispielsweise die Querstreben, überschneiden sich jedoch in der Aufsicht. Zudem wäre eine Darstellung aller Schrauben in einem einzigen Grundrissplan viel zu unübersichtlich und ungenau. Deshalb wurde für jede Stütze jeweils zwei Ansichten erstellt.

Alle Elemente jeder Stütze wurden durchnummeriert. Die Beschriftung der Bauelemente folgt einer einfachen Logik: Beginnend mit Stütze 1 wurden alle zugehörigen Teile fortlaufend nummeriert (Beispiele: Stütze 1 / Teil 1, Stütze 1 / Teil 2 usw.). Dasselbe System wurde auch bei den übrigen vier Stützen angewendet. Auf diese Weise kann jedes Bauteil – und damit auch jedes Bohrloch – exakt seiner Position zugeordnet werden.

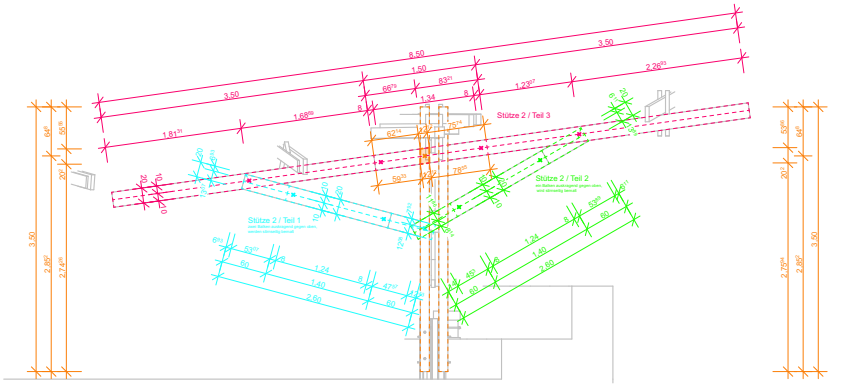
Da die Struktur einer wiederkehrenden Logik folgt, war es möglich, mit nur zwei unterschiedlichen Lehren alle Balken zu den gewünschten Bauelementen zusammenzufügen. Zudem brachten uns die lernenden Zimmerleute bei, dass auf der Baustelle der allseits bekannte Grundsatz gilt: Der Abstand der Bohrlöcher zur Aussenkante entspricht dem Schraubendurchmesser multipliziert mit eins. Dies ergibt in für uns einen Abstand von 12cm.



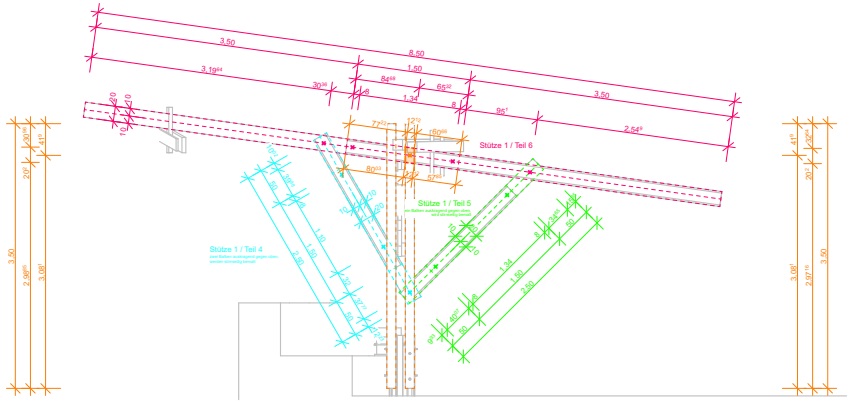

S1
S2
S3
S4
S5



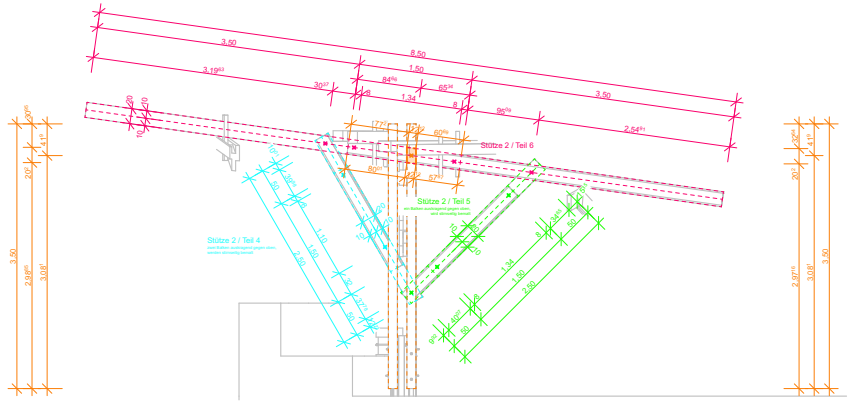
S1 - Ansicht 1



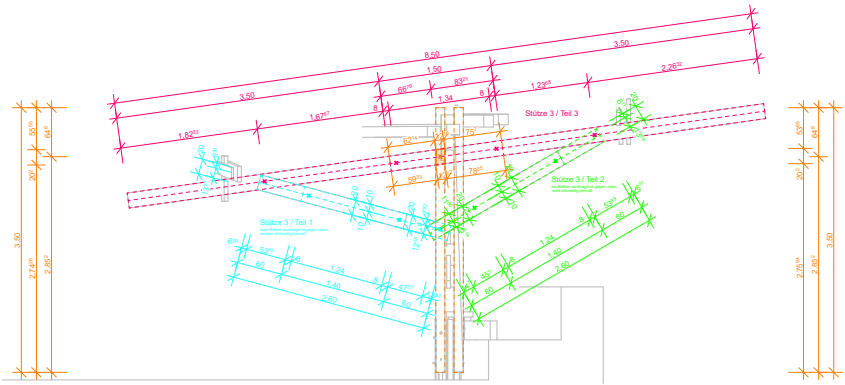
S2 - Ansicht 3



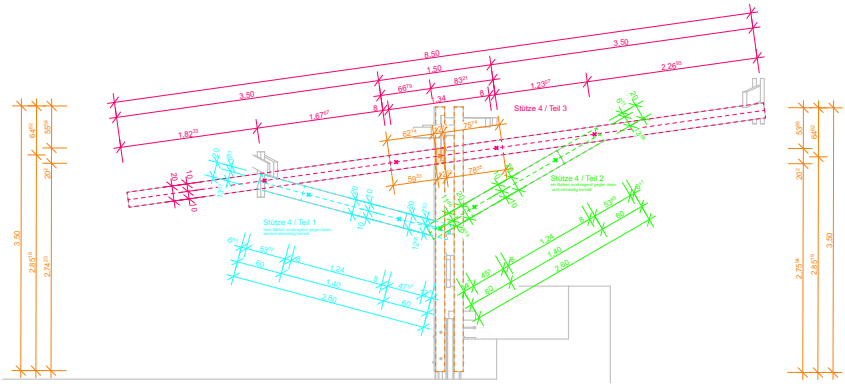
S1 - Ansicht 2



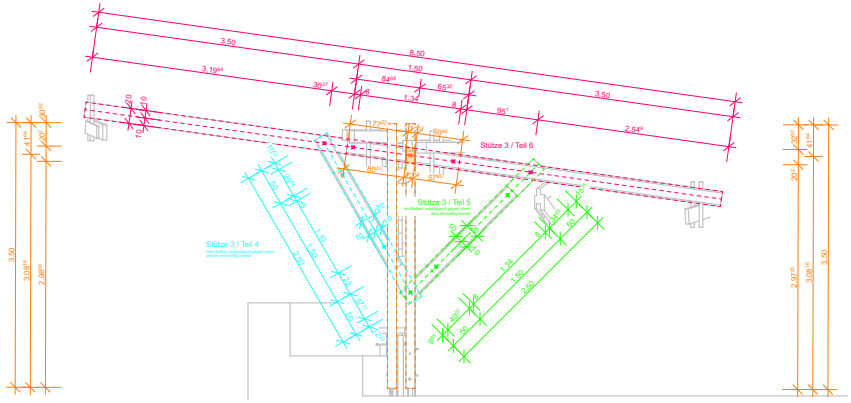
S2 - Ansicht 4



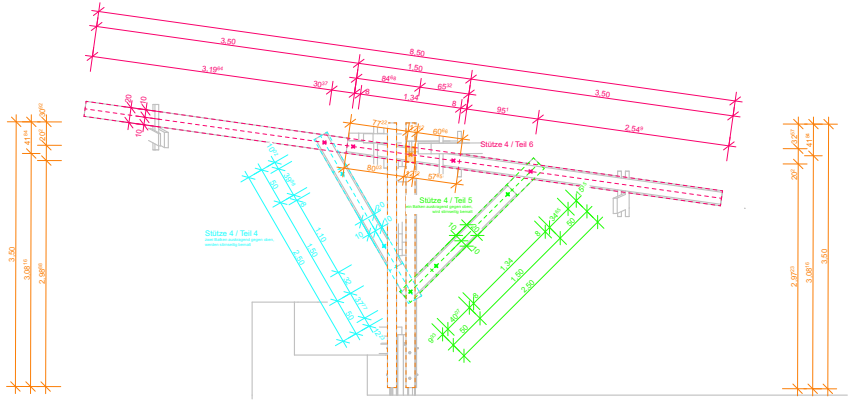
S3 - Ansicht 5



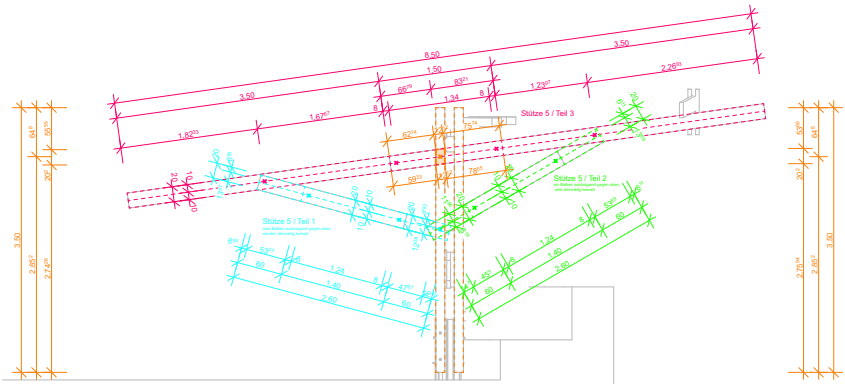
S4 - Ansicht 7



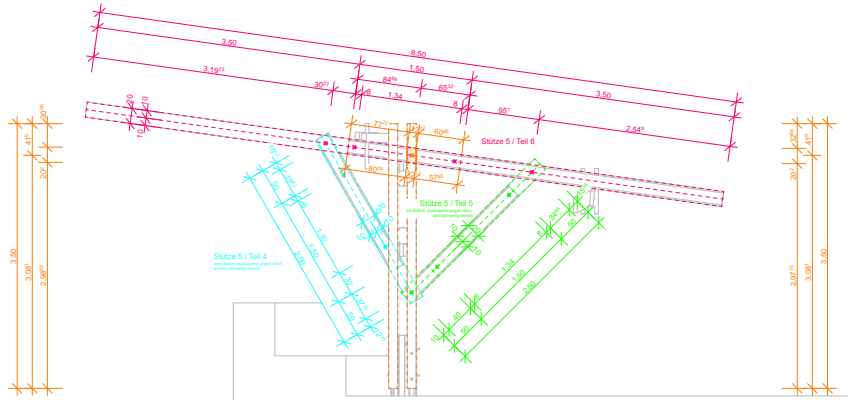
S3 - Ansicht 6



S4 - Ansicht 8



S5 - Ansicht 7



S5 - Ansicht 10

SCHRAUBE ALS VERBINDUNG

Michelle Keller

Vorgeschichte der Schraube
Bereits um 250 v. Chr. wurde eine schraubenähnliche Vorrichtung entwickelt – die sogenannte «Archimedische Schraube». Seither gab es zahlreiche technische Weiterentwicklungen.

Schrauben werden in drei grobe Kategorien unterteilt. Holzschrauben, Metallschrauben und Steinschrauben. Das Gewinde, der Kopf, die Festigkeit und vieles mehr hängt enorm vom Material ab.

Holzschraube
Die Holzschraube wurde speziell dafür entwickelt, zwei oder mehrere Holzteile oder Holzwerkstoffe miteinander zu verbinden, ohne dass eine Mutter benötigt wird. Durch ihr Gewinde findet sie direkten Halt im Holz.

Kopf- und Antriebsart
Häufig wird der Senkkopf verwendet. Dieser versenkt sich flach ins Holz und sorgt für eine glatte Oberfläche. Zwar reicht eine Holzschraube allein nicht für die statische Stabilität der gesamten Struktur aus, dennoch eignet sich die Senkkopfschraube gut für kleinere Anwendungen, beispielsweise bei der Reparatur der Holzbalken.

Weitere beliebte Arten sind der Linsenkopf, der leicht gewölbt und eher dekorativ ist, sowie der Sechskantkopf, welcher sehr stabil und sich gut für hohe Drehmomenten eignet.

Auch bei den Antriebsarten gibt es verschiedene Varianten. Am weitesten verbreitet ist der Kreuzschlitzantrieb. Eine moderne und effiziente Alternative ist der Torxantrieb (auch Stern genannt), der einen besseren Kraftschluss bietet und seltener abrutscht. Ebenfalls bekannt ist der klassisches Schlitzantrieb. Diese gilt jedoch heute als veraltet, da er aufgrund seiner einfachen Form leicht abrutscht und sich schlechter zentrieren lässt.

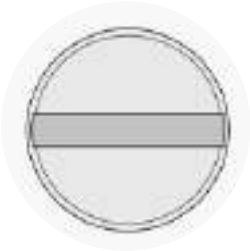
Senkkopf

Sechskantkopf

Linsenkopf

Kreuzschlitz

Torx



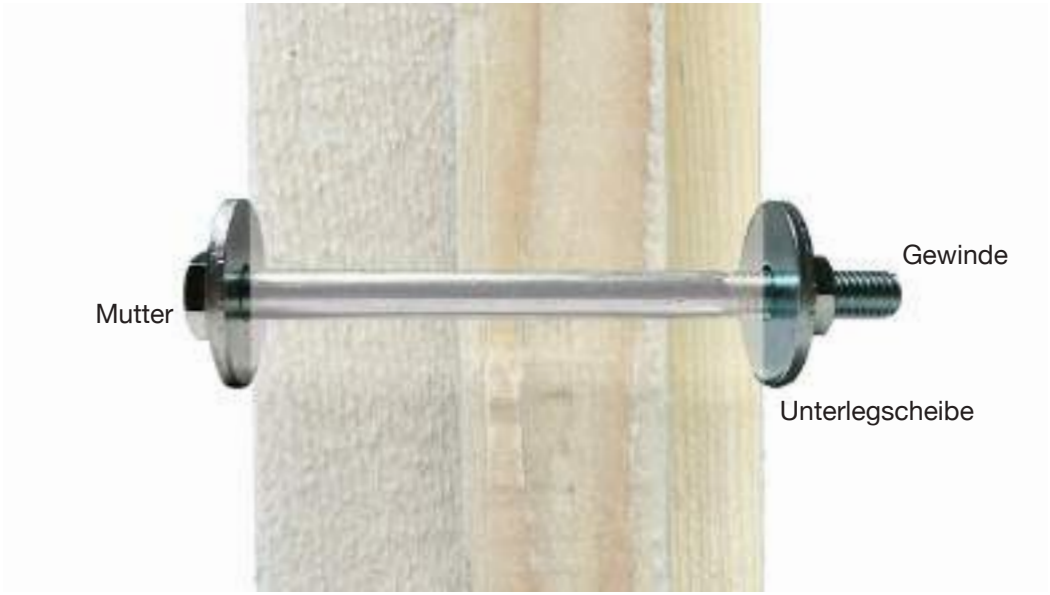
Schlitz

Bauschraube
Die Holzschraube ist eine vielseitige und zeitsparende Verbindungstechnik. Für kleinere Konstruktionen ist sie ideal geeignet. Um jedoch die Last einer grösseren, statisch relevanten Struktur, wie beispielweise bei der Struktur des Klärbeckens, aufzunehmen, wären extrem viele Schrauben notwendig. Dies würde nicht nur die Stabilität beeinträchtigen, sondern auch zu einer Vielzahl von Bohrlöchern führen, die die Struktur und das Holz schwächt. Der Begriff «circular» würde dann nicht mehr zutreffen können.

Für grössere und statisch stark belastete Strukturen wird anstelle der Holzschraube oft eine Bauschraube (Bolzen) verwendet. Aufgebaut ist die Bauschraube mit einem festmontierten Kopf auf der einen Seite und dem Gewinde auf der anderen. Zusammen mit Unterlegscheiben und Muttern wird sie montiert. Die Grösse und Menge der Bauschrauben werden vom zuständigen Ingenieur festgelegt. Nach gemeinsamer Absprache verwenden wir pro Verbindung eine Bauschraube mit 12 mm Durchmesser und einer Länge von 160 – 400 mm. Diese kombinieren wir mit 4 mm dicken Unterlegscheiben.

Unterlegscheibe
Die Unterlegscheibe dient nicht nur als Schutz zwischen Schraubenkopf und Material, sondern ist auch ein wichtiger Punkt bei der Druckverteilung. Durch ihre grössere Auflagefläche hilft sie, die Kräfte gleichmässiger zu verteilen

Mutter
Das Wort «Mutter» lässt sich sinnbildlich als umschliessende oder schützende Kraft verstehen, ähnlich wie eine Mutter in der Familie. Im technischen Zusammenhang erfüllt die Mutter die Fixierung und Sicherheit der Verbindung mit der Bauschraube. Durch das Anziehen erzeugt sie eine Vorspannungskraft, die die Verbindung stabil und belastbar macht. Bei Bedarf kann sie wieder gelöst und neu befestig werden.



Oberflächenbehandlung
Um die Lebensdauer von Schrauben zu verlängern, gibt es verschiedene Oberflächenbehandlungen. Bauschrauben bestehen häufig aus verzinktem Stahl. Hierbei wird zwischen der Feuerverzinkung, bei der das Metall in flüssiges Zink getaucht wird und der galvanischen Verzinkung, bei der die Zinkschicht elektrolytisch aufgetragen wird, unterschieden. Letztere bietet zwar einen etwas geringeren Korrosionsschutz, überzeugt aber durch ihre hohe Massgenauigkeit und ihre moderne, glänzende Optik. Unsere Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben sind daher galvanisch verzinkt.
Weitere mögliche Beschichtungen sind das Chromatieren (zusätzlicher Schutz nach dem Verzinken) oder die Verkupferung, die beispielsweise für elektrische Anwendungen oder als Zwischenschicht verwendet wird.

Wiederverwendung
Befinden sich Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben nach 3–4 Monaten Gebrauch noch in gutem Zustand, können sie beim nächsten Mal wiederverwendet werden. Dabei ist jedoch besonders auf Rost, Beschädigungen an den Gewinden sowie auf Abnutzungen an den Schraubenköpfen zu achten.

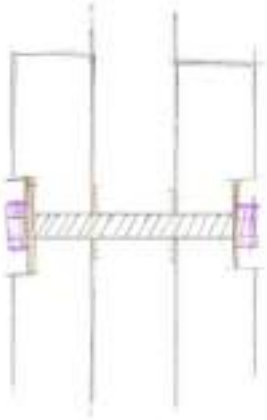
Galvanische Verzinkung

Feuerverzinkung

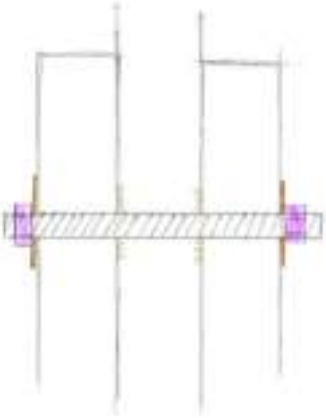
Weitere Verbindungsvarianten
Neben den vorgefertigten Bauschrauben besteht auch die Möglichkeit, Gewindestangen auf die gewünschte Länge zuzuschneiden und beidseitig mit Muttern und Unterlegscheiben zu befestigen. Diese Lösung ist zwar kostengünstiger, erfordert jedoch einen deutlich höheren und genaueren Montageaufwand. Allgemein erschwert diese Methode die Befestigung vor Ort.

Die sogenannten Typ C2-Dübel, auch «Bulldoggen» genannt, dienen der Verankerung zwischen Holzbauteilen und erhöhen die strukturelle Verbindung. Für unsere temporäre Struktur stellt diese Art der Verbindung jedoch lediglich einen zusätzlichen Kostenfaktor dar, ohne einen relevanten Mehrwert für die statische Sicherheit zu bieten.

Optik Bohrung
Eine optische ansprechende Variante zur Verbindung ist die Stufenbohrung mit eingesenkter Schraube. Dabei wird die die Schraube in ein vorgebohrtes, mehrstufiges Loch gesetzt, sodass der Schraubenkopf vollständig im Holz verschwindet. Von aussen ist die Schraube, je nach Blickwinkel, kaum oder gar nicht sichtbar.
Trotz den ästhetischen Vorteile ist diese Methode mit einem erhöhten Arbeitsaufwand verbunden. Zudem wird durch die grosse Bohrung Material entfernt, was zur Schwächung des Holzes führt. Eine Wiederverwendung dieses Holzteils wäre schwierig.



Eingesenkte Schraube



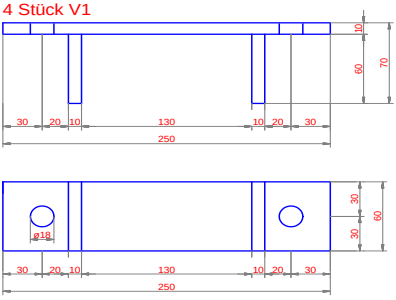
Sichtbare Schraube

RÜCKHALTUNG SOCKEL & STRUKTUR

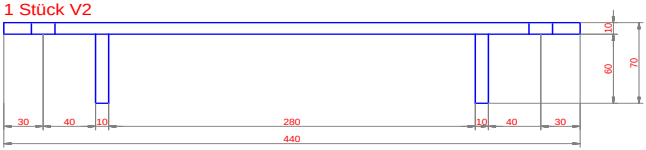
Simon Fuchs

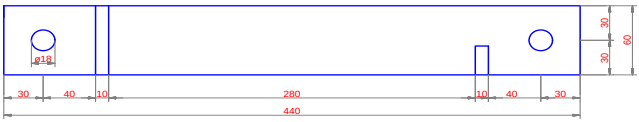
Herstellung:
Für die Sockelhalterung konnten Stahlteile geschweisst und gebogen werden. Auf diese Herstellung und Montage wird kurz eingegangen.
Die Halterungen sind aus Stahl hergestellt, damit diese die Zugkraft auf die schon vorhandenen Sockel ableiten können. Die Abmessungen und Grössen sind durch die bestehenden Betonelemente vorgegeben worden sowie die Materialstärke, anhand der Konstruktion durch den Statiker.
Die Halterung ist gemäss bestehenden Plänen hergestellt worden.

4 Stück V1

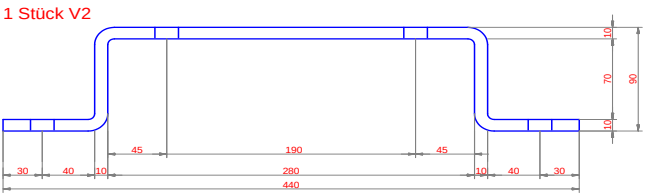


1 Stück V2





1 Stück V2



Der Arbeitsablauf der Verbindung V1:

1. Zuschnitt der Materialien
2. Entgraten der Schnittkanten
3. Anzeichnen der Lochmasse
4. Körnen für Bohrloch
5. Vorbohren ø8mm
6. Ausbohren ø18mm für M16
7. Entgraten der Bohrlöcher
8. Laschen an vorgebohrten Flachstahl angeschweisst
9. Schweissnaht aussen mittels Schutzgas verfahren.
10. Innenseite mittels Laserschweissung (Kleinerer Materialaufbau)
11. Verschleifen der hervorstehenden Schweissnähte
12. Richten nach dem Schweissen
13. Reinigen mittels Isopropanol
14. Oberflächenbehandlung der Werkstücke (Zinkstaubspray)

Schritt 4

Schritt 5

Schritt 6

Der Arbeitsablauf der Verbindung V2:
Teil 1

1. Zuschnitt der Materialien
2. Entgraten der Schnittkanten
3. Anzeichnen der Lochmasse
4. Körnen für Bohrloch
5. Vorbohren ø8mm
6. Ausbohren ø18mm für M16
7. Entgraten der Bohrlöcher
8. Laschen an vorgebohrten Flachstahl ange schweisst
9. Schweissnaht aussen mittels Schutzgas verfahren.
10. Innenseite mittels Laserschweissung (Klei nerer Materialaufbau)
11. Verschleifen der hervorstehenden Schweissnähte
12. Richten nach dem Schweissen
13. Reinigen mittels Isopropanol
14. Oberflächenbehandlung der Werkstücke Zinkstaubspray)

Schritt 8

Schritt 11

Schritt 12

Teil 2

1. Zuschnitt der Materialien
2. Entgraten der Schnittkanten
3. Anzeichnen der Lochmasse
4. Körnen für Bohrloch
5. Vorbohren ø8mm
6. Ausbohren ø18mm für M16
7. Entgraten der Bohrlöcher
8. Biegen gemäss Biegeablauf
9. Reinigen mittels Isopropanol
10. Oberflächenbehandlung der Werkstücke (Zinkstaubspray)

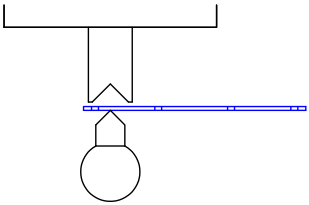
1. Bug gemäss Biegeablauf

1. Bug Schritt 2

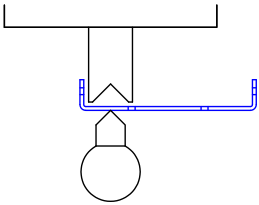
2. Bug innenseite

Biegeablauf V2 2. Teil

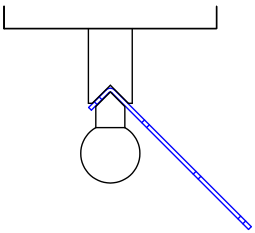
1.



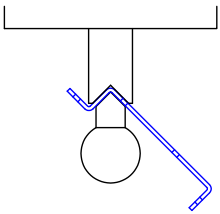
5.



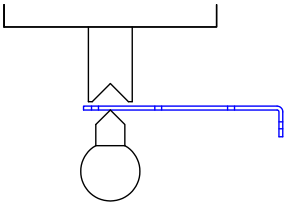
2.



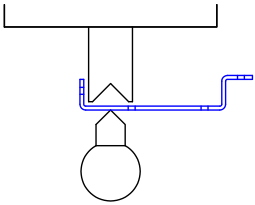
6.



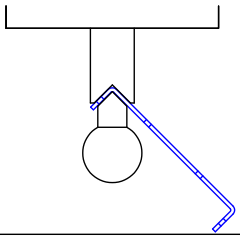
3.



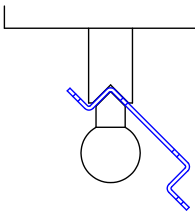
7.



4.



8.



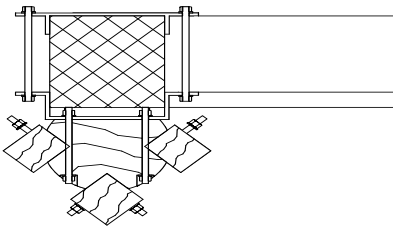
Materialvergleich:

Eigenschaft	Stahl (S235)	Chromstahl (1.4301 / V2A)	Aluminium (EN AW-6060 T6)
Schmelzpunkt	ca. 1.420–1.510 °C	ca. 1.400–1.530 °C	660 °C
Dichte	7,85 g/cm^3	7,9–8,0 g/cm^3	2,70 g/cm^3
Druckfestigkeit	ca. 250–350 N/mm^2	ca. 200–300 N/mm^2	ca. 160–200 N/mm^2
Zugfestigkeit	ca. 360–510 N/mm^2	ca. 500–700 N/mm^2	ca. 190–250 N/mm^2
Korrosionsbeständigkeit	niedrig (nur mit Beschichtung)	sehr hoch (rostfrei)	hoch (bildet schützende Oxidschicht)

Die Montage wird durch eine eigene Arbeit mittels Gewindestangen und Verschraubungen durch die Sockel- und Strukturhölzer erfolgen.

Fertige Stahlteile

Verbindung V2
1x



Montage V2

VERLÄNGERUNG

Andrina Haas

Das Dach der Konstruktion wird mit Markisenstoff realisiert, der in 120cm breiten Bahnen mit variierenden Längen und Farben verfügbar ist. Die Verarbeitung gestaltet sich unkompliziert, da die Bahnen in ihrer vollen Länge verwendet werden und nicht zusammengenäht werden müssen.
In einem ersten Schritt werden die Stoffbahnen in ihrer Breite zugeschnitten. Dies gelingt am besten mit einem Stoff-Japanmesser, da diese Bearbeitung schneller ist als mit einer Stoffschere. Im Anschluss werden die Ränder der Stoffbahn durch einen Saum mit Einschlag versäubert, um das Ausfransen des Markisenstoffs zu verhindern. Die Stoffbahn besitzt eine Webkante, welche mit einem Saum ohne Einschlag bearbeitet, werden können. Dies sind die längs verlaufenden Kanten, die fester und weniger anfällig zum Ausfransen sind.

Sollen Stoffelemente aus anderen Gründen zur Verlängerung zusammengenäht werden, erfolgt dies mittels einer doppelten Kappnaht. Hierbei werden zwei Stoffstückle durch zwei parallele Nähte verbunden, wobei die Kanten umgelegt werden, um das Ausfransen zu vermeiden. Diese Naht bietet hohe Stabilität gegenüber Zugbelastung. Ein weiterer Vorteil dieser Naht ist, dass die Stoffstücke vor dem Nähen nicht mit Klammern, anstelle von Stecknadeln fixiert werden, was den Arbeitsaufwand reduziert. Anschliessend werden die Laschen oder andere Verbindungsmittel an den Stoff genäht.

Je nach Verbindungsmittel wird eine entsprechende Naht-Technik angewendet.

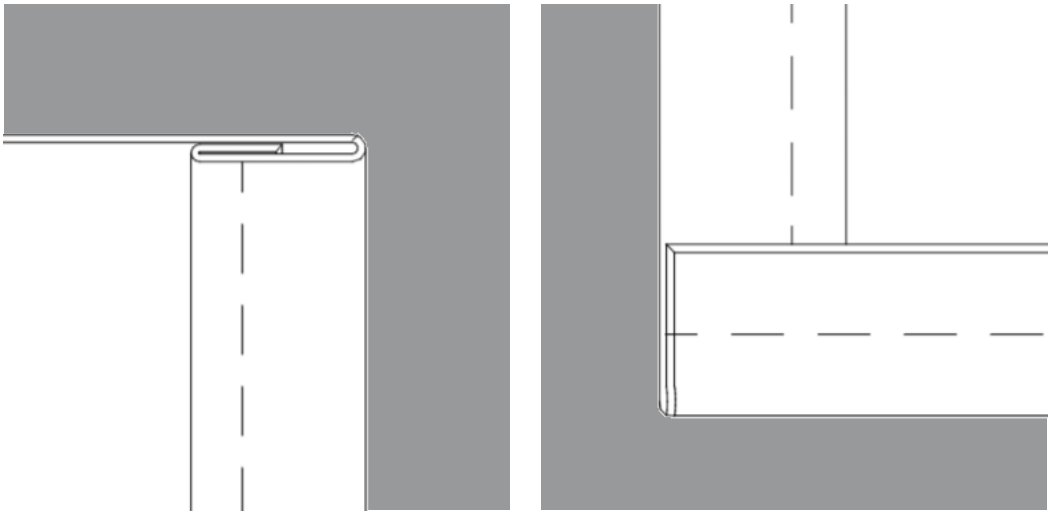
Laschen
Für die vorgesehenen Laschen aus Gurtband gilt folgende Verarbeitung:

1.Ein Saum wird genäht (kein Saum mit Einschlag, da die Laschen immer an einer Webkante liegen / in der Mitte Nähen)
2.Das zugeschnittene Laschenband wird auf den Stoff gelegt. Der Stoff umgelegt und das Band angenäht (ganz unten Nähen).
3.Die Lasche zeigt nun nach unten, und kann somit noch nicht eingesetzt werden. Daher wird sie hochgefalten und es gibt eine letzte Naht zur Befestigung der Lasche (ganz oben Nähen.

Die Nähte sollen parallel zueinander Verlaufen und das Rückwärts-Nähen am Anfang und Ende ist von hoher Bedeutung, um die Stabilität zu gewährleisten.

Was beim Nähen beachtet werden muss:
• Verwendung der Industrienähmaschine aufgrund der Stoffdicke und der Umfaltung
• Einsatz eines robusteren und dickeren Fadens
• Fadenspannung überprüfen, da es zur Schlaufenbildung oder zur Wellung des Stoffes führen kann
• Geradstich mit Stichlänge 3.5 – 4mm (damit Stoff nicht zu steif wird)
• Falls zwei Nähte nötig sind (doppelte Kappnaht / Schlaufen), niemals über die vorherige Naht nähen (erhöht Gefahr, dass Nadel bricht)
• Falls Einsatz von Stecknadeln: So Stecken, dass sich grosse Stoffmenge links von der Nähmaschine befindet

Arbeitsaufteilung auf mehrere Personen
• 1 Pers. schneidet Stoff zu und fixiert Säume mit Klammern
• 1 -2 Pers. nähen an einer herkömmlichen Nähmaschine alle Säume OHNE Einschlag
> Zu Beginn nur dort, wo Laschen benötigt werden
> Wenn Laschen angenäht sind, können die ande-



ren Seiten bearbeitet werden und somit die Ecken schön genäht werden (Saum über ganze Länge)
• 1 Pers. schneidet Laschenband und fixiert Laschen (mit Klammern wenn möglich) auf dem vorgefertigten Saum)
• 2 Pers. nähen an der Industriemaschine die Laschen an

TOLERANZÜBERBRÜCKUNG

Donika Kafexholli

Planung & Ausführung
In der Architektur ist der Entwurf ein visionärer Akt. Ein konzeptionelles Vorausdenken, das gestalterische, funktionale und technische Aspekte miteinander verknüpft. Doch zwischen dem gezeichneten Plan und der gebauten Realität liegt ein dynamischer Prozess, der nicht selten von Abweichungen geprägt ist. Planungen werden häufig durch die konkrete Verfügbarkeit von Materialien, logistische Einschränkungen oder unvorhergesehene Gegebenheiten auf der Baustelle herausgefordert.

Was ursprünglich im ArchiCAD gezeichnet wurde, muss sich in der Umsetzung dem Realbestand fügen. Dies führt dazu, dass Ausführungspläne angepasst, Detaillösungen überdacht und gestalterische Entscheidungen neu verhandelt werden müssen. Die gebaute Architektur wird somit nicht nur zur Ausführung einer Idee, sondern auch zum Produkt zahlreicher, oft situativer Entscheidungen. Dieser fortlaufende Dialog zwischen Entwurf und Ausführung bildet den Kern dieses Einzelthemas.

Detail 1:

Dieses erste Detail zeigt eine pragmatische Reaktion auf materialbedingte Anpassungen der Pläne.

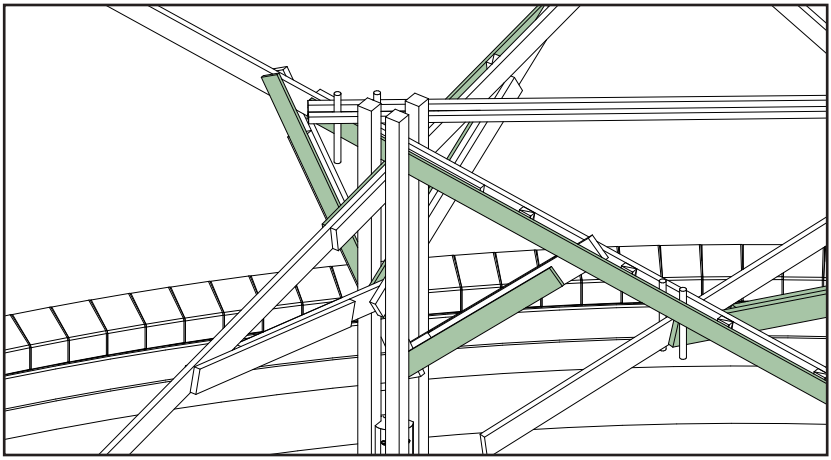
Ausgangslage:
Um die Spannweite des Daches zu vergrößern, wurde das Zwischenklemmprinzip angewendet. Dabei wurden jeweils zwei Fichten-Bretter mit den Maßen 5 × 20 × 500 cm und ein Brett mit den Maßen 2,5 × 16–30 × 500 cm kombiniert. Ein dünneres und ein dickeres Element klemmen jeweils ein weiteres dickes Element ein und erzeugen so eine stabile Verbindung.

Die **ideale Planung** der Dimensionen erfolgte auf Grundlage der Angaben des Logistikteams. Wie bereits erwähnt, variieren die 2,5 × 16–30 × 500 cm großen Bretter teils in ihrer Höhe. Ebenfalls stellte sich heraus, dass auch die 5 x 20 x 500 cm in ihrer Höhe variieren (bis zu 25cm Höhe).

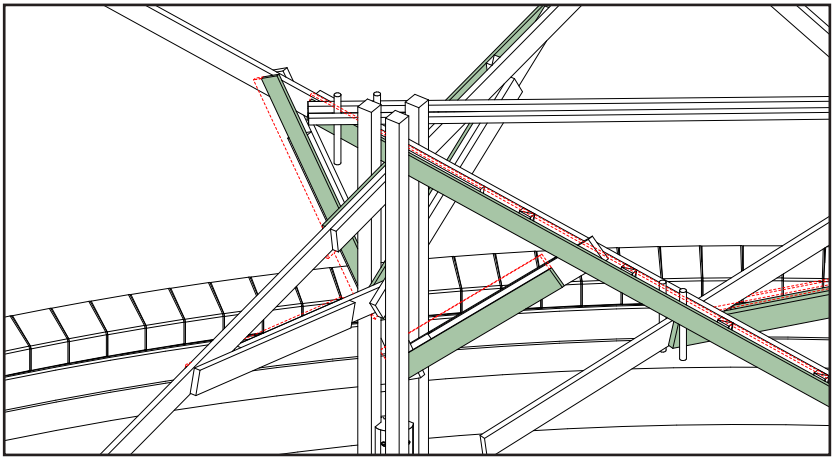
Da die Ateliers die Bretter untereinander aufteilen mussten, war zum Zeitpunkt der Ausführungsplanung noch unklar, welche Stücke unserem Projekt zugewiesen werden würden. Erst nach der Zuteilung (bei der Produktion, siehe *Abb. 1*) kannten wir die tatsächlichen Dimensionen der vorhandenen Elemente und konnten festlegen, welche Bretter an welcher Stütze eingesetzt werden.

Anpassung:
Die Produktion wurde zunächst wie geplant seriell fortgesetzt. Auf der Baustelle wurden die überhohen Bretter dann manuell gelöst und gedreht (siehe *Abb. 2*), sodass jeweils ein zu hohes Brett auf der oberen Ebene nach oben bzw. auf der unteren Ebene nach unten herausragt.

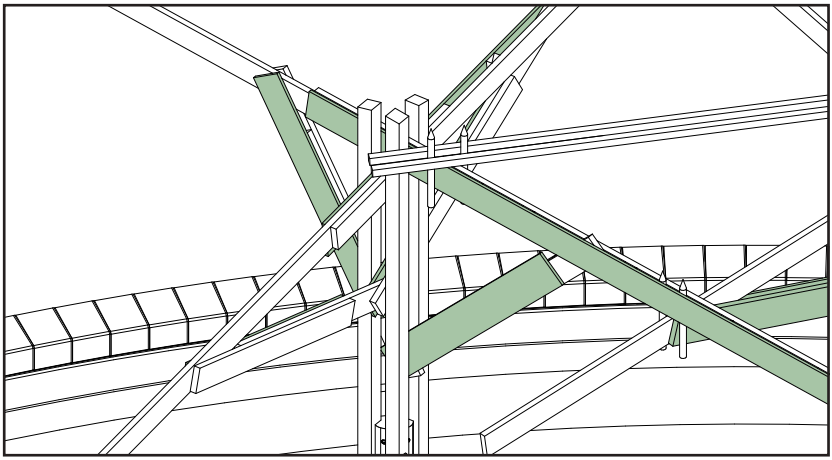
Ideale Planung:



Anpassung:



Ist-Zustand:



Beim Aufbau der Stützen kam es an zwei Stellen zu weiteren notwendigen Anpassungen. Die Bretter der Verstrebungen waren an diesen Punkten zu hoch, sodass sie gekürzt werden mussten, um die vorgesehenen Winkel einhalten zu können (siehe *Abb. 3*).

Nachdem die Konstruktion vollständig aufgebaut war, wurden die entstandenen Differenzen aufgenommen (*Abb. 4*) und in die Ausführungspläne eingearbeitet. Der Bau konnte dadurch reibungslos fortgesetzt werden.

Vorteil der integrierten Projektverantwortung:
Dass wir in diesem Projekt die Bereiche Produktion, Bau und Planung selbst übernehmen durften, war ein entscheidender Vorteil. So konnten wir flexibel und eigenständig entscheiden, welche Lösungen in der Praxis am effektivsten waren.

Abb. 1: Serieproduktion

Abb. 2: Drehen der 5 Bretter Vorort

Abb. 3: weitere Anpassungen

Abb. 4: Aufnahme der Differenzen

Detail 2:

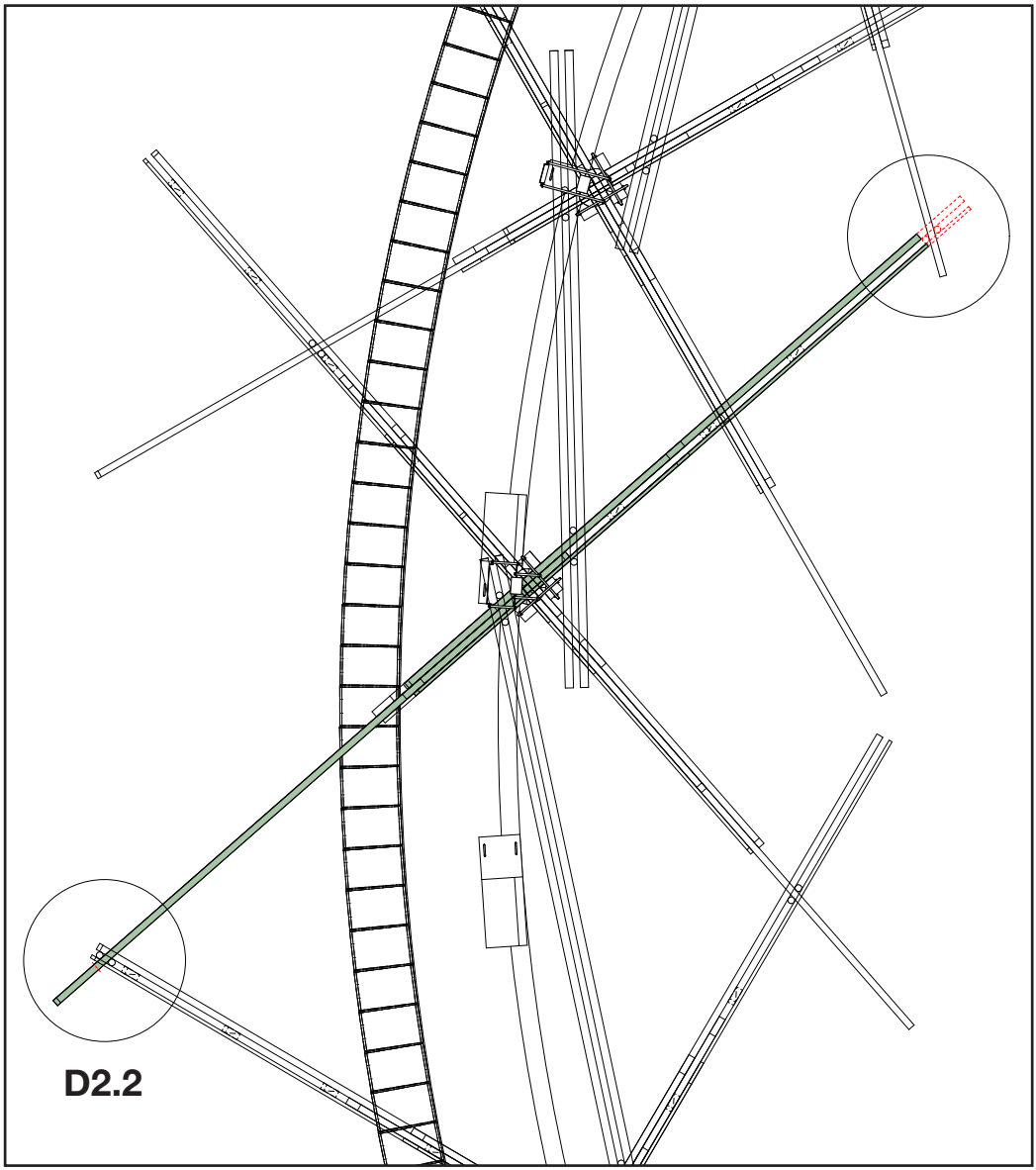
In diesem Detail zeigt sich wiederrum, wie kleine Ungenauigkeiten bei der Ausführung auf dem Bau, zu Anpassungen der Pläne führen können.

Ausgangslage:
Der Aufbau der 8,50 m langen Spannweiten (die überkreuzt das Dach bilden) gestaltete sich aufgrund ihres Gewichts schwierig und führte zu gewissen Ungenauigkeiten.

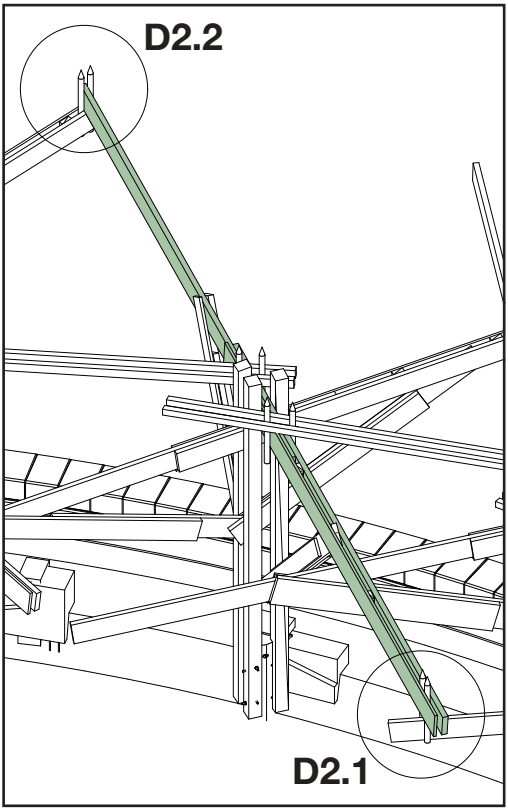
Die Spannweiten mussten von oben in drei Stützen eingeklemmt werden, was ein präzises Einführen erforderlich machte. Es wurden im Vorfeld Markierungen angebracht, um die exakten Positionen der Spannweiten in den Stützen zu kennzeichnen.

Vermutlich wurden diese Markierungen entweder während des Einbaus verschoben oder bereits bei der Massenproduktion fehlerhaft gesetzt.

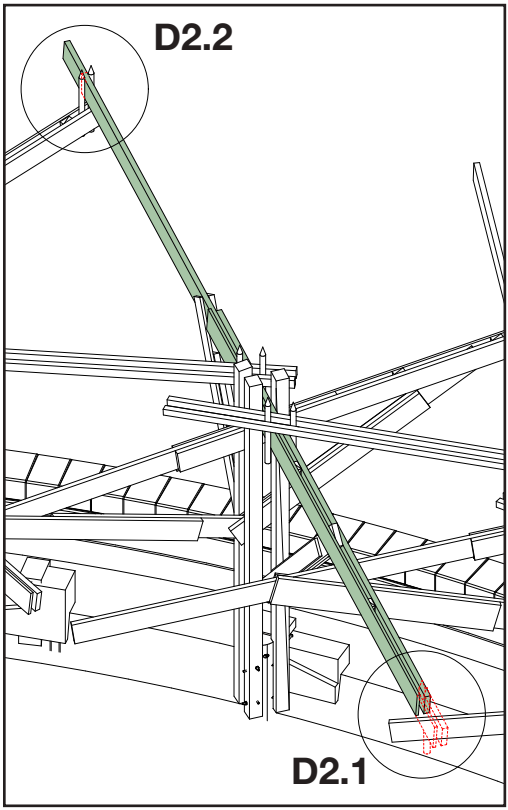
Diese **Abweichungen** führten dazu, dass zwei Konstruktionsdetails nun von der ursprünglich **ideal geplanten** Ausführung abweichen.


D2.2

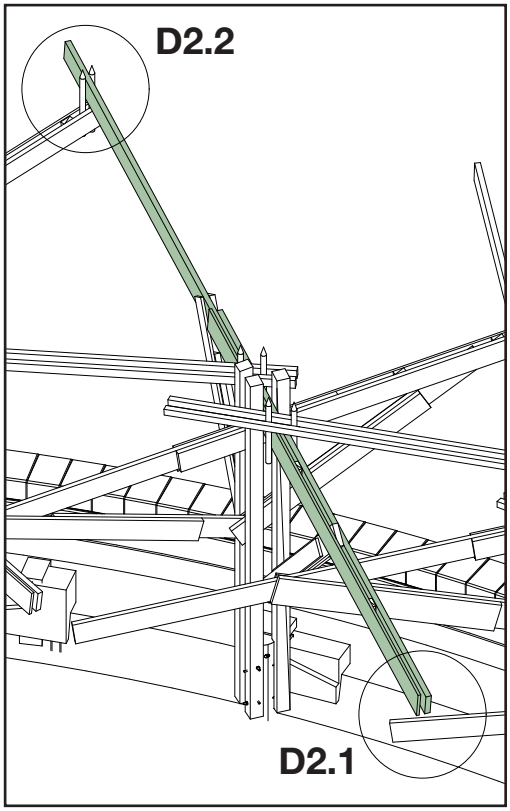
Ideale Planung:



Abweichungen:



Ist-Zustand:



Detail D2.1:

Detail 3:

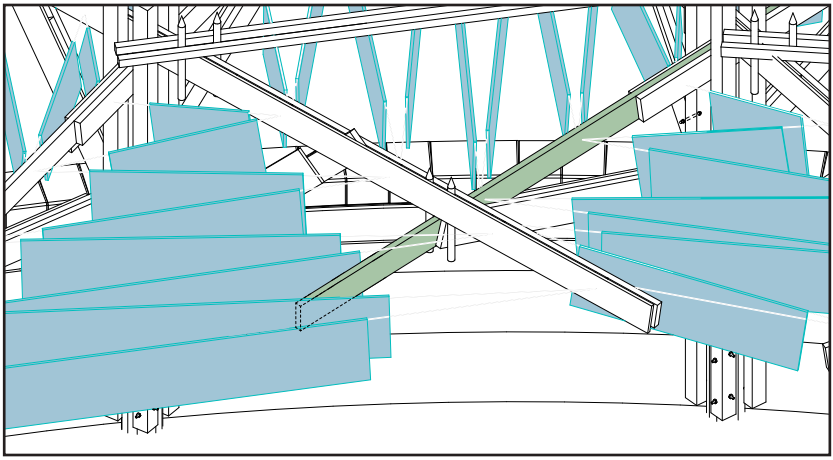
Auch aus kommunikativen Gründen kann es zu Änderungen kommen, die in der **ursprünglichen Planung** nicht vorgesehen waren.

Zwischen dem Dach-Team und unserer Struktur-Gruppe bestand eine Schnittstelle, die eine intensivere Abstimmung erforderte. An einer Stelle kragte eine Dachspannweite weiter aus als geplant und geriet dadurch in Konflikt mit den vorgesehenen Stoffbahnen. Das Dach-Team machte uns auf dieses Problem aufmerksam und schlug als Lösung vor, das entsprechende Bohrloch weiter nach hinten zu versetzen.

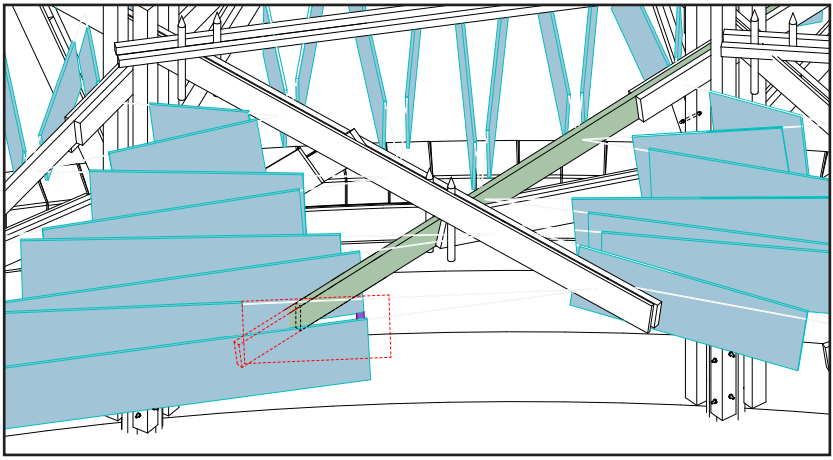
Aus unserer Sicht war es jedoch effizienter, die serielle Produktion beizubehalten und die überstehenden 60 cm des Bretts Vorort abzusägen.

Schließlich wurde direkt auf der Baustelle eine alternative **Anpassung** gefunden: Die Stoffbahnen wurden nicht, wie zunächst vorgesehen, entlang der geplanten Linie gespannt, sondern um das überstehende Brett herumgeführt. Auf diese Weise konnte das Problem ohne Eingriffe in die Produktion oder Bohrlochposition gelöst werden.

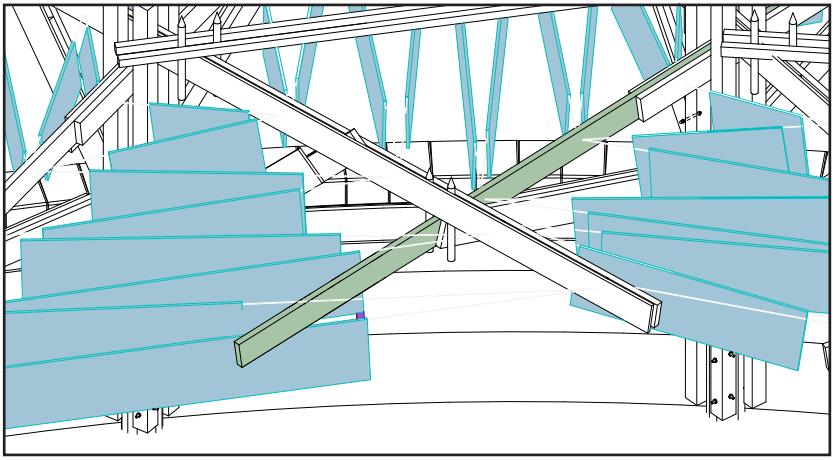
Ursprüngliche Planung:



Anpassung:



Ist-Zustand:



Detail 4:

Die Anpassungen dieses Details erfolgten nicht aus lager-, ausführungs-, oder kommunikationstechnischen Gründen sondern infolge von gestalterischem Spielraum.

Da wir sowohl für die Planung, die Produktion als auch für den Bau verantwortlich waren, konnten auch gestalterische Anpassungen direkt vor Ort ausprobiert und gemeinsam diskutiert werden.

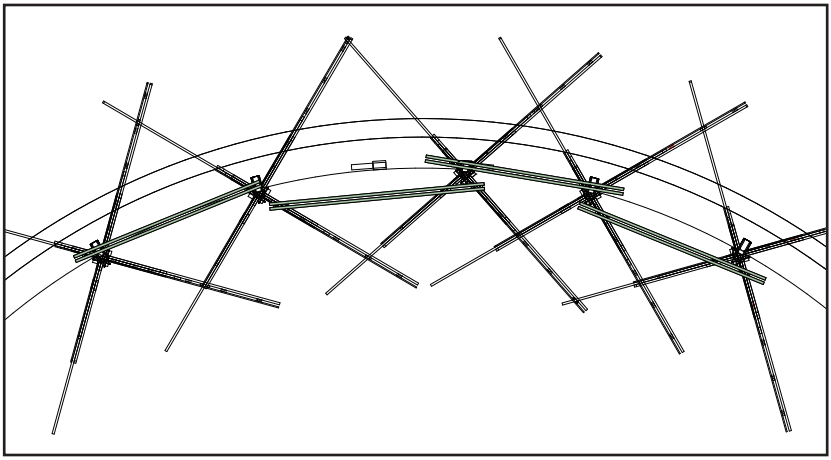
Die **ursprünglich geplante** Anordnung der Aussteifungsbalken (die jeweils von Stütze zu Stütze verlaufen) sah vor, dass die Balken abwechselnd hinten und vorne an den Stützen befestigt werden: zwei Balken hinter den ersten beiden Stützen, die nächsten vor den folgenden zwei, und so weiter.

Bei der Montage wurde jedoch überlegt, ob es nicht stimmiger wäre, die Balken durchgehend gleich anzuordnen, entsprechend dem Prinzip der Stützen, die ebenfalls einheitlich ausgerichtet sind. Dazu wurden die Balken zunächst provisorisch wie bei einem Modell ausgelegt, um die Wirkung zu beurteilen und gemeinsam eine Entscheidung der **Anpassung** treffen.

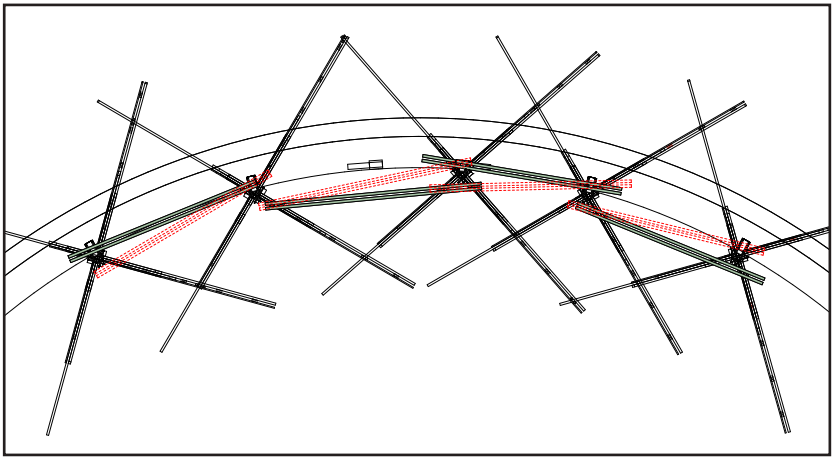
Die Mehrheit der Beteiligten sprach sich für diese Variante aus. Daraufhin wurden die Ausführungspläne, wie bei allen bisherigen Detailänderungen auch, entsprechend angepasst, um dem tatsächlichen **Ist-Zustand** zu entsprechen.

Solche Differenzen zwischen Planung und Ausführung sind im Bauwesen nicht unüblich. Die eigentliche Herausforderung liegt dabei nicht in der Abweichung selbst, sondern in der präzisen Erfassung und konstruktiven Überbrückung im Detail.

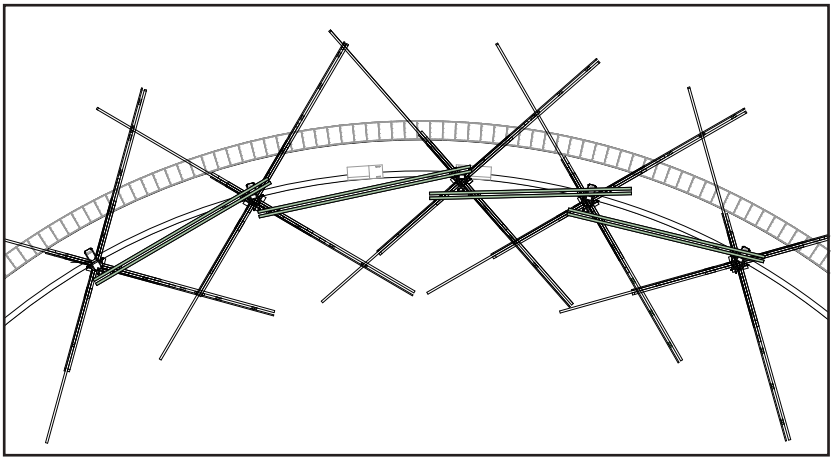
Ursprüngliche Planung:



Anpassung:



Ist-Zustand:



TRANSPORT

Albulena Tahiraj

Verladeordnung:
Beim Transport von Wänden ist beim Verladen auf folgende Punkte zu achten:

- Es darf keine Luft zwischen Element und Stützen sein.
- Je nach Situation Elemente Stirn und Längsseitig verstreben

Vergurten:
- Pro Pritsche müssen mind. 4 Spannset montiert werden !
- Spannset Verschluss wechselseitig anbringen.
- Kantenschütze bei Elementkanten unter Spangurten anbringen.
- Überstände von Fermacell, OSB usw. sind vor dem spannen zu hinterlegewn.
- Es ist zu beachten dass alle Verschlüsse vor dem wegfahren des LKWs angezo gen sind.

Transportfahrzeug wird am Freitag, den 6. Juni 2025 bereit gestellt und am Dienstag morgen den 10. Juni 2025 zum Klärbecken geliefert.

Technische Eckdaten des Transports:
- Abmessungen der Ladung: Höhe ca. 2,83 m, Breite ca. 3,00 m, Länge ca. 9,57 m
- Verfügbare Ladeflächenlänge (Pritsche): ca. 7,50 m (max. 2.40 Meter heraus schauen)
- Position des Lastenschwerpunkts: rund 3,75 m von der vorderen Kante ent fernt – liegt damit zentral zwischen den Achsen des Anhängers

5x Sockel: Die Baumstämme werden privat zum Standort transportiert, sodass die Sockelgruppe vorarbeiten kann.

15x 3.50 Meter Balken: Diese werden aufgeteilt und links neben den 8,50 Meter langen Balken gelegt und mit Spanngurten fachgerecht gesichert.

10x 2.50 Meter Balken: Die Bauteile werden einzeln in die Pritsche gestellt, recht neben den
8.50 Meter Balken.

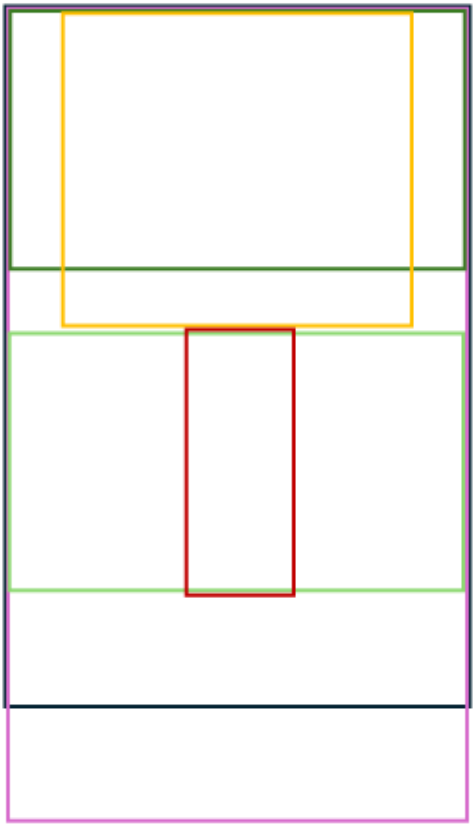
10x 2.60 Meter Balken: Die Bauteile werden einzeln in die Pritsche gestellt, rechts neben den 8.50 Meter Balken.

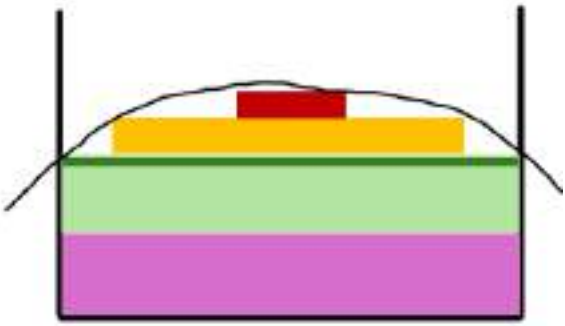
10x 8.50 Meter Balken: Die Bauteile werden einzeln und mittig in die Pritsche gestellt.

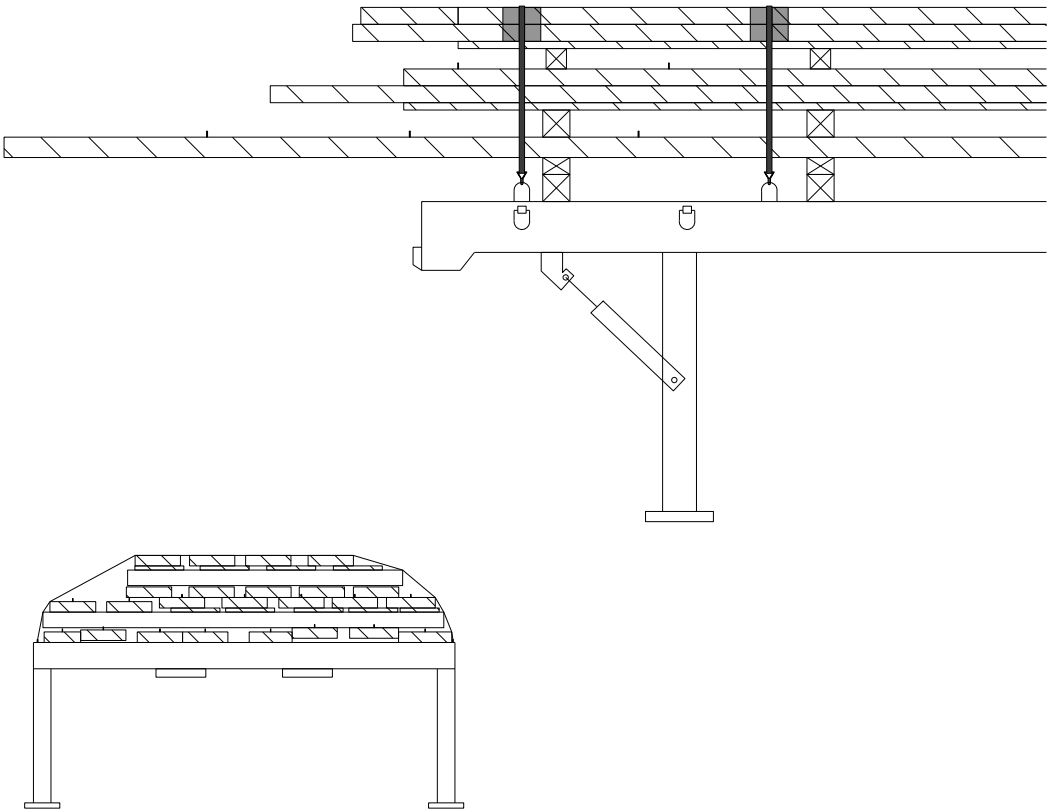
4x Struktur Befestigung Dach: Diese werden auf den 3.50 Meter langen Balken aufgelegt und
mit Spanngurten fachgerecht gesichert.

Info:

- Für einen sicheren Transport sollte die Ladung so angeordnet sein, dass sie mittig den höchsten Punkt bildet und gleichmässig zu den Seiten abflacht, so lässt sie sich mit vier Spanngurten über die Ladefläche zuverlässig sichern.
- Die längsten Teile werden in der Mitte platziert, die übrigen gleich mässig herum angeordnet.

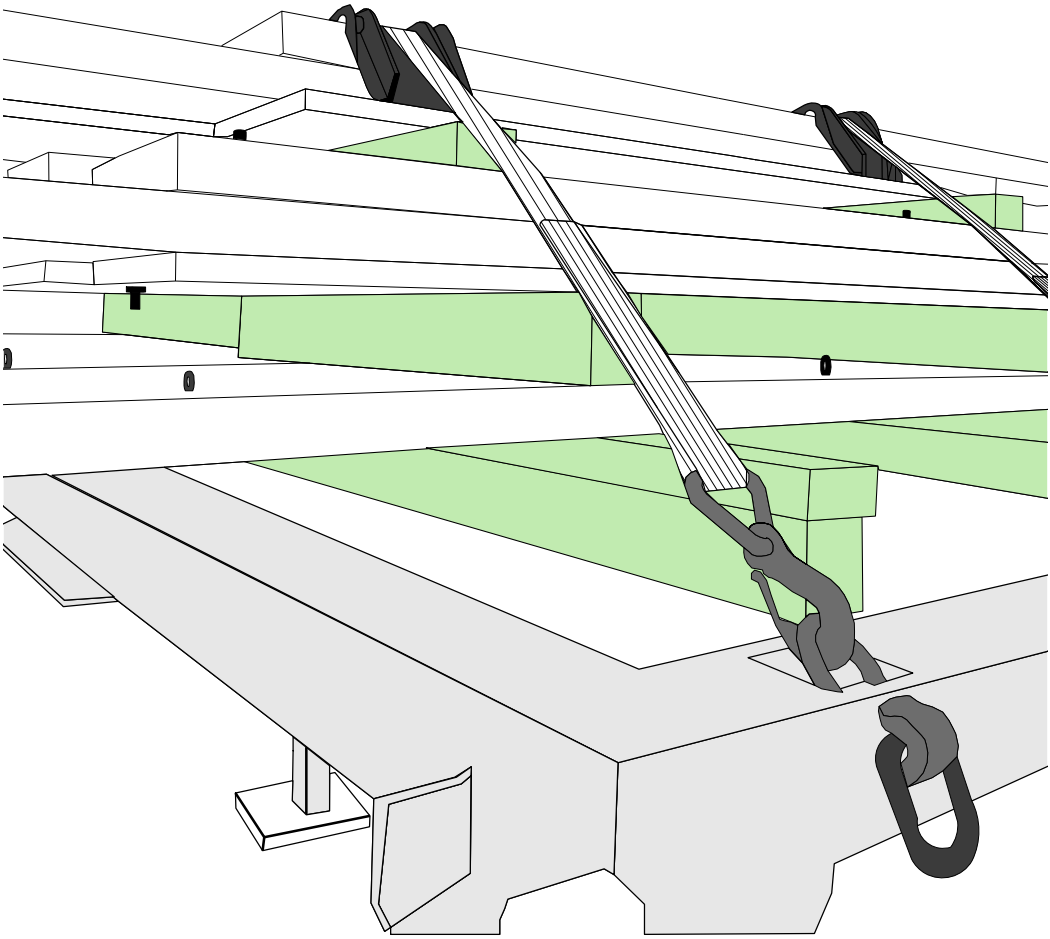






Beim Transport von Holzbalken schützt Kantenschutz die Kanten vor Druckstellen, Rissen und Reibung. Er verteilt die Zugkräfte der Spanngurte gleichmäßig, verhindert Beschädigungen und sorgt für mehr Transportsicherheit. So bleibt die Qualität der Balken erhalten.

Zwischen den Belagerungen wurden horizontal Holzbalken eingelegt, um zu verhindern, dass sich die Schrauben berühren. Diese Maßnahme sorgt für Abstand zwischen den Elementen und erhöht die Transportsicherheit, da Beschädigungen durch direkten Kontakt vermieden werden.



Kantenschutz

ABLAUF & BAUABLAUF

Nico Rodriguez

Sicherheit:
Acht lebenswichtige Regeln für den Hochba
(SUVA 88811.d)
1. Absturzkanten ab 2 m Höhe sichern
2. Bodenöffnungen sofort sichern
3. Lasten richtig anschlagen und sicher bewegen
4. Fassadengerüst vorschriftsgemäß nutzen
5. Gerüste täglich kontrollieren
6. Nur sichere Zugänge nutzen
7. Persönliche Schutzausrüstung (PSA) tragen
8. Gräben und Baugruben absichern

Für unsere Arbeiten sind besonders die Punkte 1,3,7 & 8 wichtig!

Arbeitssicherheit im Holzelementbau
(SUVA 66132.d)

Wichtige Gefahren:
• Umstürzende Holzelemente
• Abstürze bei Montage und Transport
• Ungeeignete Hebe- oder Anschlagmittel

Sicherheitsmassnahmen:
Planung:
• Sicherheitsaspekte bereits bei der Projektierung berücksichtigen
Produktion & Transport:
• Anschlag- und Lastaufnahmesysteme fachgerecht planen
• PSA verwenden, sichere Hebemittel einsetzen
• Keine stehenden Elemente mit Stapler transportieren

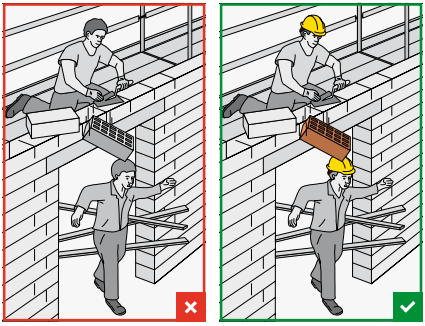
Montage:
• Kollektivschutz (z. B. Gerüste, Netze) vorbereiten
• Montageabläufe koordinieren
• Wetterbedingungen einplanen
Persönliche Schutzausrustung PSA (EKAS Mitteilungsblatt Nr.81)
1. Kopfschutz
2. Augen- und Gesichtsschutz
3. Gehörschutz

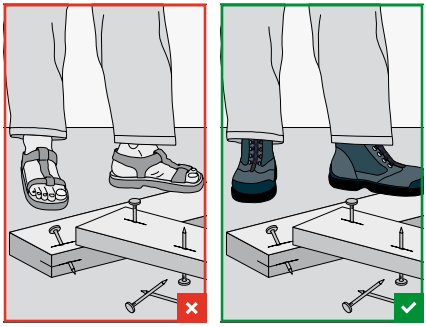
4. Handschutz, Armschutz und Hautschutz
5. Fussschutz, Beinschutz
6. Atemschutz
7. Schutzkleidung
8. Schutz gegen Absturz und zum Halten und Retten
9. Schutz gegen Ertrinken

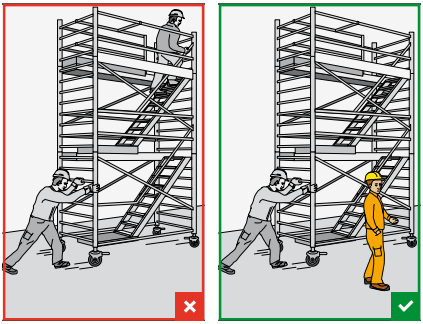
Für unsere Arbeiten sind besonders die Punkte
1,2,3,4 & 5 wichtig!

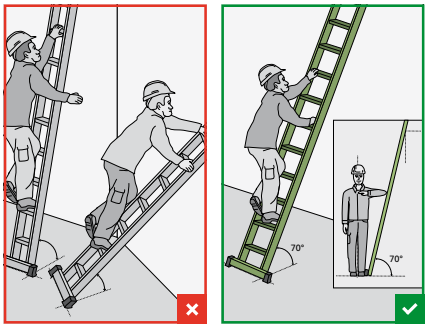
1. Helm
2. Schutzbrille
3. Gehörschutz beim Arbeiten an Maschinen
4. Arbeitshandschuhe, Sonnencreme
5. Sicherheitsschuhe

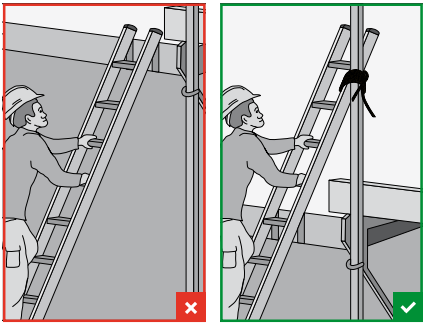
Die Wichtigsten Verhaltensregeln für unser Aufbau:
Auszug aus «Falsch - richtig: Situationen auf Baustellen» (SUVA 11043)

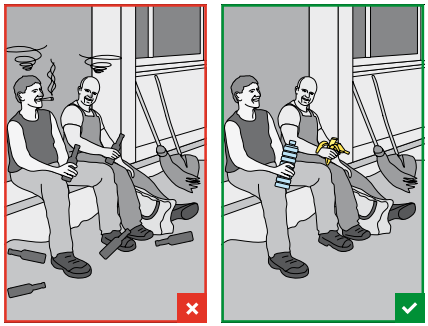




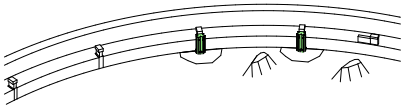


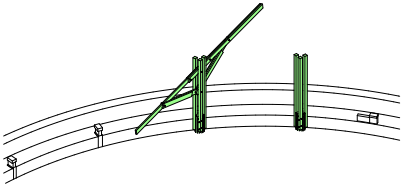


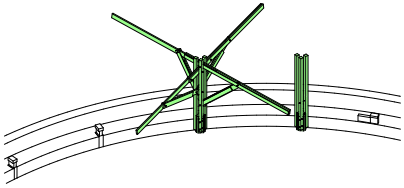


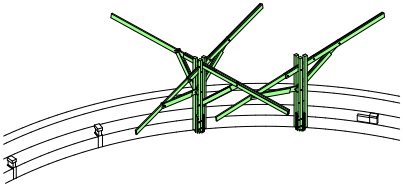


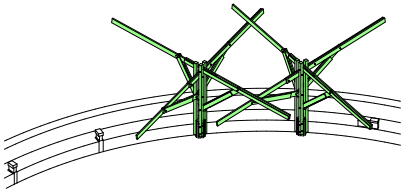
Bauablauf:

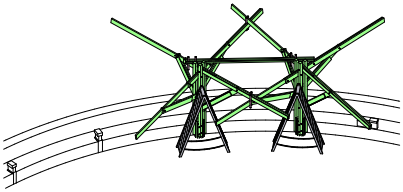


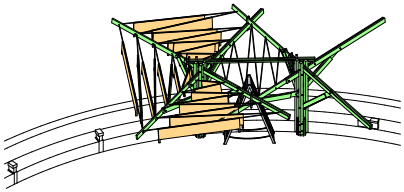


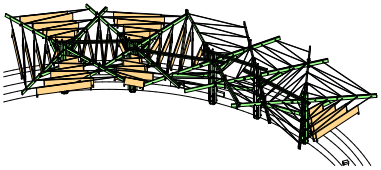






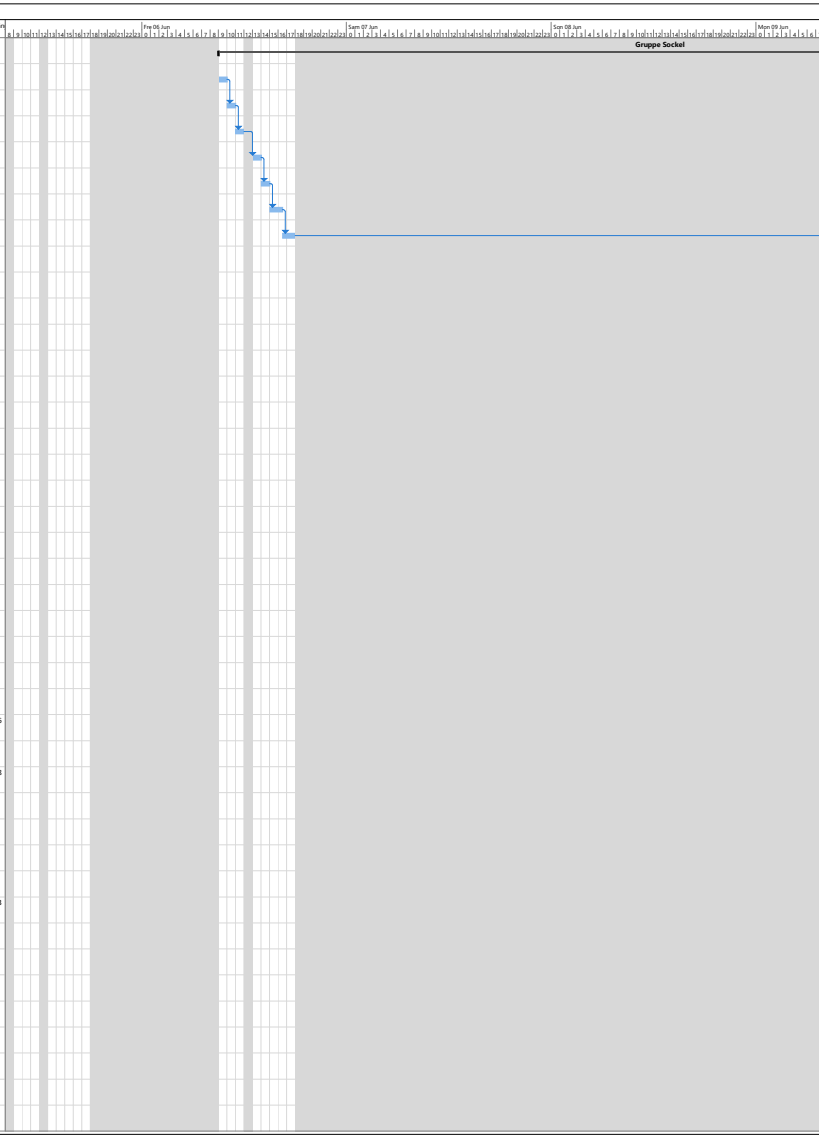




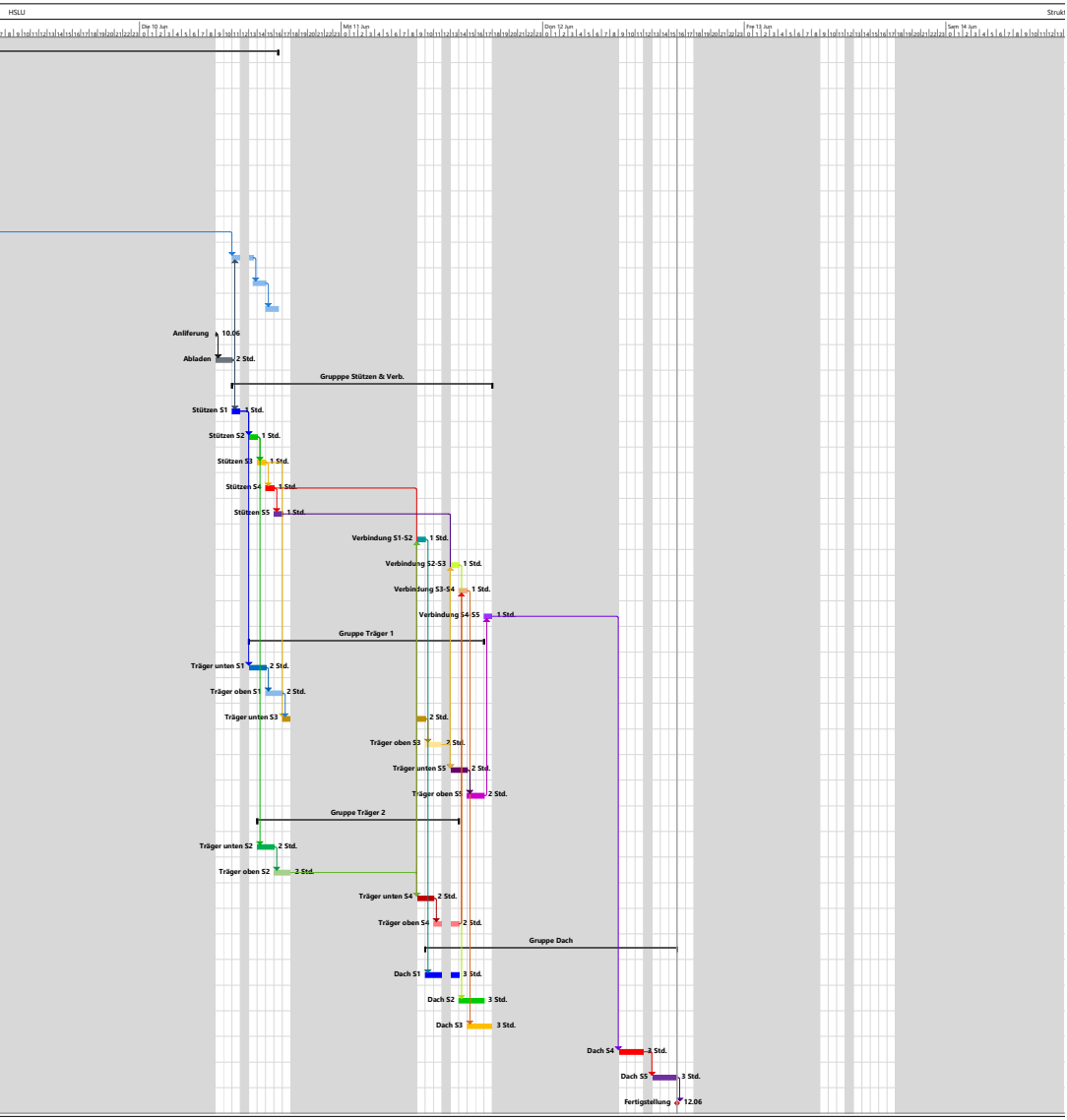


Bauablauf Struktur Emmen

Nr	Vorgangsname	Dauer	Anfang	Ende	Vorgän
1	**Gruppe Sockel**	**14.5 Std.**	**Fre 06.06.25**	**Die 10.06.25**	
2	Aushub Sockel S1	1 Std.	Fre 06.06.25	Fre 06.06.25	
3	Aushub Sockel S2	1 Std.	Fre 06.06.25	Fre 06.06.25	2
4	Aushub Sockel S3	1 Std.	Fre 06.06.25	Fre 06.06.25	3
5	Aushub Sockel S4	1 Std.	Fre 06.06.25	Fre 06.06.25	4
6	Aushub Sockel S5	1 Std.	Fre 06.06.25	Fre 06.06.25	5
7	Verdichten Sockel S1	1.5 Std.	Fre 06.06.25	Fre 06.06.25	6
8	Verdichten Sockel S2	1.5 Std.	Fre 06.06.25	Fre 06.06.25	7
9	Verdichten Sockel S3	1.5 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	8;13
10	Verdichten Sockel S4	1.5 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	9
11	Verdichten Sockel S5	1.5 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	10
12	Anliferung	0 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	
13	Abladen	2 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	12
14	**Gruppe Stützen & Verb.**	**14 Std.**	**Die 10.06.25**	**Mit 11.06.25**	
15	Stützen S1	1 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	13
16	Stützen S2	1 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	15
17	Stützen S3	1 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	16
18	Stützen S4	1 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	17
19	Stützen S5	1 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	18
20	Verbindung S1-S2	1 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	33
21	Verbindung S2-S3	1 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	28
22	Verbindung S3-S4	1 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	35
23	Verbindung S4-S5	1 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	30
24	**Gruppe Träger 1**	**12 Std.**	**Die 10.06.25**	**Mit 11.06.25**	
25	Träger unten S1	2 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	15
26	Träger oben S1	2 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	25
27	Träger unten S3	2 Std.	Die 10.06.25	Mit 11.06.25	17;26
28	Träger oben S3	2 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	27
29	Träger unten S5	2 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	19;28
30	Träger oben S5	2 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	29
31	**Gruppe Träger 2**	**8 Std.**	**Die 10.06.25**	**Mit 11.06.25**	
32	Träger unten S2	2 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	16
33	Träger oben S2	2 Std.	Die 10.06.25	Die 10.06.25	32
34	Träger unten S4	2 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	18;33
35	Träger oben S4	2 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	34
36	**Gruppe Dach**	**13 Std.**	**Mit 11.06.25**	**Don 12.06.25**	
37	Dach S1	3 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	20
38	Dach S2	3 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	21
39	Dach S3	3 Std.	Mit 11.06.25	Mit 11.06.25	22
40	Dach S4	3 Std.	Don 12.06.25	Don 12.06.25	23
41	Dach S5	3 Std.	Don 12.06.25	Don 12.06.25	40
42	Fertigstellung	0 Std.	Don 12.06.25	Don 12.06.25	41



Son 08.06.25


HSLU
Struktur
Anliferung 10.06
Abladen 2 Std.
Gruppe Stützen & Verb.
Stützen S1 1 Std.
Stützen S2 1 Std.
Stützen S3 1 Std.
Stützen S4 1 Std.
Stützen S5 1 Std.
Verbindung S1-S2 1 Std.
Verbindung S2-S3 1 Std.
Verbindung S3-S4 1 Std.
Verbindung S4-S5 1 Std.
Gruppe Träger 1
Träger unten S1 2 Std.
Träger oben S1 2 Std.
Träger unten S3 2 Std.
Träger oben S3 2 Std.
Träger unten S5 2 Std.
Träger oben S5 2 Std.
Gruppe Träger 2
Träger unten S2 2 Std.
Träger oben S2 2 Std.
Träger unten S4 2 Std.
Träger oben S4 2 Std.
Gruppe Dach
Dach S1 3 Std.
Dach S2 3 Std.
Dach S3 3 Std.
Dach S4 3 Std.
Dach S5 3 Std.
Fertigstellung 12.06
Seite 1