

Diplomarbeit

“Metamorph”

Das mobile, entfaltbare Tragwerk aus Holz und Glas

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs / Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung**

Univ. Prof. DDI Wolfgang Winter

*Mitbetreuender Assistent: **Dipl.-Ing. Baris Cokcan***

E259.2

*Institut für Architekturwissenschaften
Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau*

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Hagop Sahakian

Matr. 0626020

Wien, am 27.Oktober 2014

Unterschrift: _____

Erklärung

*Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus anderen Quellen stammenden Stellen als solche gekennzeichnet habe.
Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüferin/ keinem anderen Prüfer als Prüfungsleistung eingereicht und auch noch nicht veröffentlicht.*

Wien, am 27 Oktober 2014

*Unterschrift: _____
Hagop Sahakian*

Abstract

*Thema dieser Diplomarbeit ist ein Entwurf für eine entfaltbare, mobile Überdachung aus Holz und Glas, die zugleich Wetterschutz als auch Belichtungs- und Werbezwecke mitbedienen kann. Schwer zugänglichen Stellen wie beispielsweise der Arkadenhof der Hauptuni in Wien oder der Innenhof der TU Wien, können unter anderem als mögliche Einsatzorte hierfür dienen. Aufgrund der Gegebenheiten des Arkadenhofes und seiner schwer zugänglichen Lage sowie auch kaum zur Verfügung stehenden Stauräume für temporäres Veranstaltungsequipment, wurde ein Entwurf entwickelt, der in verkleinerter Form auch an anderen Orten für erweiterte Funktionszwecke genutzt werden soll. Unter anderem als Überdachung für private Gärten oder für Bühnenüberdachungen im Freien. Durch ihre wandlungsfähige und transparente Gestalt ermöglicht die Überdachung eine Anpassungsfähigkeit und Adaptierbarkeit an diversen Stellen. Sie ändert ihre Form wie in der Metamorphose bei Schmetterlingen. Somit erhält der Entwurf den Titel **“Metamorph”** was zugleich die Mobilität, Entfaltbarkeit und die Formwandlung des Tragwerks andeuten soll.*

The Topic of this thesis is a design for a deployable and portable structure made of wood and glass, that can be utilized for any kind of weather conditions, lighting and advertising purposes. It can be placed at areas that are difficult to reach, such as the arcaded courtyard of the main university of Vienna, or the inner courtyard of the University of Technology. Due to the circumstances of the arcaded courtyard and its hard reaching location and barely available storage spaces for temporary event equipment, a design was developed to resolve such circumstances. The construction should also be used in a smaller form at other places with advanced functionality. Inter alia it can also act as a shelter for private garden areas, or as an outdoor roof for stages. Due to its adaptability and transparent form it would facilitate a more flexible use. It changes its shape like the metamorphosis of the butterflies. Hence, the design gets the title „Metamorph“ which at the same time should indicate the mobility, deployability and the shape shifting of the structure.

Inhaltsverzeichnis

<i>I. Konzept</i>	6
<i>II. Aufgabenstellung und Entwurfskriterien</i>	7
<i>III. State of the Art</i>	11
<i>IV. Vorentwurfsphase</i>	21
<i>V. Entwurfsphase</i>	37
<i>VI. Modellfotos</i>	81
<i>VII. Anhang</i>	83

I. Konzept

Die Metamorphose der Schmetterlinge beschreibt die Grundprinzipien dieser Arbeit, wobei nicht nur Bezug auf die Eigenschaften der vier Stadien (Ei, Raupe, Puppen und Falter) genommen wird, sondern auch auf ihre Fähigkeiten des systematischen Veränderns ihrer Formen und der dazugehörigen Tragstrukturen.

Bei der Metamorphose wächst aus dem ursprünglichen Ei eine Raupe heran, die sich im erwachsenen Zustand verpuppt, woraus sich anschließend ein Schmetterling entfaltet. Die Eigenschaften sind hierbei die Transportierbarkeit und Kompaktheit beim Ei, die Mobilität und das Wachsen bzw. Schrumpfen bei der Raupe und schließlich das Entfalten beim Schmetterling.

Diese Stadien dienen als Grundlagen für das „mobile, entfaltbare Tragwerk“, wenn sich dieses wie ein Ei in den noch so schwer zugänglichen Orten transportieren lässt, sich dort aus ihrer Verpackung befreit und anschließend ihre Flügel entfaltet damit sie Schutz vor der Außenwelt bietet.

II. Aufgabenstellung und Entwurfskriterien

<i>Einleitung</i>	8
<i>Beschreibung des „Metamorphs“</i>	8
<i>Nutzung</i>	8
<i>Einsatzgebiet</i>	8
<i>Materialien und Farbwahl</i>	9
<i>Weitere Entwurfskriterien</i>	10

■ Einleitung

Für viele Situationen werden im Alltag Überdachungen benötigt die eine relativ flexible Nutzung gewährleisten. Auch wenn es sich bei den Situationen um feierliche Momente, neutrale Wartesituationen oder sogar Katastrophen wie bei Naturereignissen handelt, muss sich die Konstruktion anpassen können. Allerdings ist der Bedarf bei diesen zumeist temporär begrenzt und ein rascher Auf-, Abbau und Lagerung notwendig. Demzufolge, gilt die wohl am Häufigsten eingesetzte Überdachung, das Zelt, das bereits seit Urzeiten als Unterkunft dient und bei Nichtgebrauch wieder leicht verstaut werden kann. Ein Zelt aus Stoffen und Textilien lässt sich leicht zusammenfalten und je nach Bedarf wiederverwenden. Doch was wäre, wenn diese aus steifen Materialien bestehen würde, die sich selbst nicht falten lassen wie beispielsweise Glas und Holz? Dann muss die Konstruktion diese Fähigkeit des Entfaltens übernehmen, und diese für weitere Nutzen einsetzen.

■ Beschreibung des „Metamorphs“

Das mobile, entfaltbare Tragwerk ist eine Konstruktion aus Holz und Glas, das sich mit dieser Problematik auseinandersetzt, indem es durch Klappmechanismen seine Gesamtform verändert und sich dabei für unterschiedliche Verwendungszwecke eignet.

■ Nutzung

Hauptfunktion des „Metamorphs“ ist die Überdachung im Freien, für Groß- und Kleinveranstaltungen an öffentlichen und privaten Plätzen, wo sie beispielsweise bei Kongressen (z.B. „World Conference on Timber Engineering 2016“), Messen, Konzerten, Festen, Zeremonien (Universitäre Abschlussfeiern, Hochzeiten,...), ect. ihre Anwendung finden soll. Des Weiteren kann sie sowohl für private Flächen wie Gärten, Schwimmbad- oder Terrassenüberdachung als auch für Car Ports, oder Bushaltestellen ect. verwendet werden. Dabei dient das „Metamorph“ im entfalteten Zustand vorerst als Schutzmechanismus vor folgenden Belastungen:

- Wetterbedingte wie Regen, Schnee, Hagel und Wind
- Sonneneinwirkungen wie Hitze, UV Strahlung, Blendung
- Dunkelheit: Als Belichtung in der Nacht.
- Vandalismus: Prävention vor Beschädigung und Verschmutzung durch Mensch und Tier

Eine weitere Hauptfunktion ist die Nutzung für kommerzielle Zwecke wie beispielsweise Werbeflächen und Belichtungszwecke als auch zur Präsentation von Ausstellungsobjekten.



Abb.2.Fotocollage Hauptuni

■ Einsatzgebiet

Das „Metamorph“ soll neben den zuvor erwähnten öffentlichen und privaten Plätzen, auch in schwer zugänglichen Höfen wie zum Beispiel der Arkadenhof der Hauptuniversität in Wien, platziert werden können, wo der Einsatz von großen Maschinen und Geräten wie Gabelstapler, nicht möglich ist. Dabei gilt die Überwindung folgender Schwierigkeiten als Hauptaugenmerk:

- Der Hof ist schwer zugänglich aufgrund der begrenzten Durchgangslichte der Türen (ca. 1.05 m x 4.00 m) als auch der Vielzahl an Niveauunterschiede und Barrieren.
- Es gibt kaum Räume in der Hauptuni, die für Lagerung von Veranstaltungsequipment genutzt werden können, weshalb die Konstruktion für seine eigene Lagerung vor Ort, keinen zusätzlichen Platz

beanspruchen darf.

- Das „Metamorph“ muss vor einem prestigeträchtigen Gebäude wie der Hauptuni bestehen können und darf nicht in Konkurrenz mit diesem stehen.
- Daher müssen Materialien verwendet werden, welche die Konstruktion auch aufwerten und ihre Umgebung an sie anpassen. Diese werden im anschließenden Kapitel genauer beschrieben.
- Aufgrund ihres temporären Nutzen muss die Konstruktion mobil und transportierbar sein, und somit ein leichtes und schnelles

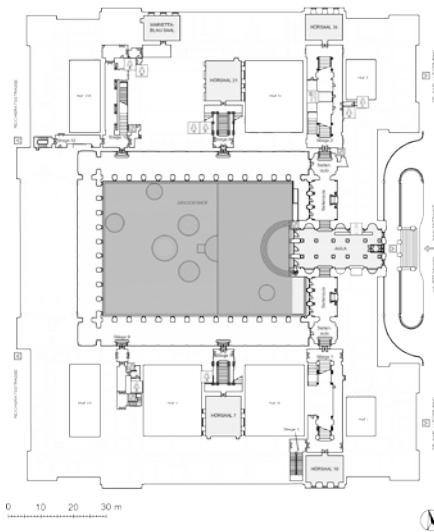


Abb.4. Universität Wien Veranstaltungsmanagement; Grundriss Hauptuni

Auf- und Abbauen ermöglichen. Hierfür sollen alle Elemente sowohl per Hand transportierbar sein als auch von ca. 2 bis 5 Personen aufgestellt werden können.

Weitere mögliche Orte in Wien wären: Rathausplatz, Heldenplatz, Karlsplatz, TU Wien, Museumsquartier etc.

■ Materialien

Wie bereits zuvor erwähnt, ist die Wahl der Materialien für die Anpassungsfähigkeit der Konstruktion an seine Umgebung wichtig. Daher wurden alle Materialien mit Absicht aus steifen und nicht faltbaren Elementen ausgewählt und der Einsatz von Membranen restriktiv vermieden. Denn die Aufgabe der Entfaltung soll primär von der Konstruktion selbst übernommen werden und somit der massiven und zugleich unbeweglich, strikten Umgebung ein flexibles und spielerisches Verhalten vorgezeigt werden. Hierfür wurde Holz aufgrund seiner warmen und angenehmen Eigenschaft gewählt, das sich mit der eher kalten und steinigen Fassade der Hauptuni harmonieren lässt. Für die Holzelemente wurde aus ökonomischen und optischen Gründen, BSH aus heimischer Fichte (ca.60 % am österreichischen Ertragswald) und für die etwas teurere Ausführung, Lärche (7 % am ö. Ertragswald) ausgesucht. [21]

Allerdings Holz alleine würde die Konstruktion nicht auffällig erscheinen, beziehungsweise viel zu massiv wirken lassen. Daher wurde Glas als das ergänzende Material ausgewählt, durch dessen Kombination eine filigrane Struktur geschaffen wird und eine gewisse Transparenz in die Konstruktion einfließt. Das Glas kann je nach Wunsch, gefärbt bzw. mit Folien überzogen werden.

Stegplatten würden auch in Frage kommen, jedoch besteht bei diesen der Nachteil, dass sie leicht verschmutzen und die Konstruktion nicht dementsprechend prestigeträchtig wirken lassen, und somit nur für kleinere bzw. günstigere Varianten eingesetzt werden können. [22]

Für das Glas soll VSG verwendet werden, dass zugleich die Aufgabe der Aussteifung übernimmt. Dabei wird das Glas an L-förmige Sperrholzleisten (Multiplexleisten ca. 40 mm)

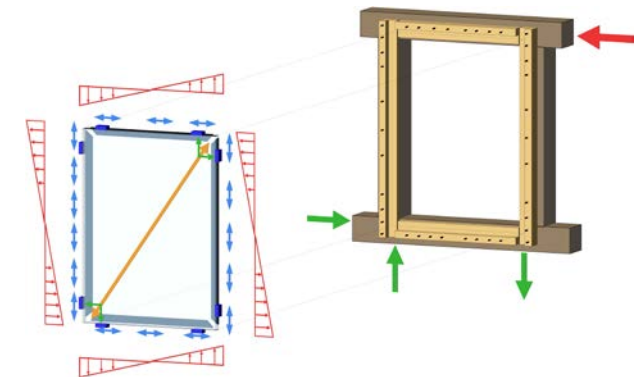
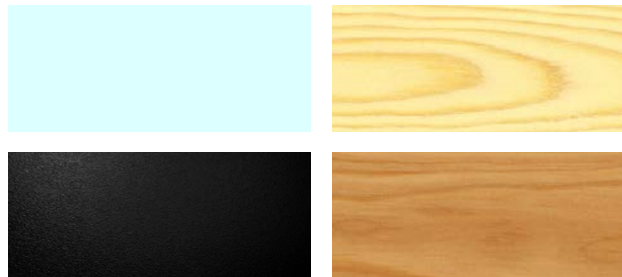


Abb.3.Schematische Kräfte- und Spannungsverlauf im Glas und in den Klebefugen

mittels zwei Komponenten Kleber (Ottocoll S660) befestigt und kann somit die auftretenden Kräfte ableiten. Dabei verhält sich das Holz mit dem Glas bei Temperaturschwankungen ähnlich, wodurch Zwangsspannungen vermieden werden. Allerdings bei der Ableitung der Kräfte, ergänzen sie sich gegenseitig: Während die geringe Zugfestigkeit des Glases durch das Holz ausgebessert wird, kann die hohen Druckfestigkeit vom Glas durch die Holzleisten unterstützt werden. Somit kann die Konstruktion ohne herkömmliche Aussteifungselemente wie Auskreuzungen durch Stahlseile oder dergleichen, ausgeführt werden. Diese Methode des Verklebens wird am Institut für Tragwerkslehre und Ingenieurholzbau an der TU Wien und dessen Europaweiten Partnerinstitutionen getestet. [18]

Die Anschlüsse und Verbindungen der Konstruktion sollen aus anthrazitgrau bis schwarz gefärbten, nichtrostenden Stahl ausgeführt werden, die in Kontrast mit dem Holz und dem Glas stehen. Dabei wird eine klare Trennung der Einzelteile erzeugt und zugleich eine harmonische Farbmischung zwischen den Materialien beeinflusst.

Abb.1.von oben links nach unten rechts: Materialien die verwendet werden und ihre Farben: VSG, Fichte, Stahl, Lärche



■ Weitere Entwurfskriterien

Dimensionen:

- *Die gesamte Überdachungsfläche soll min. 64 m² (min.8 m Spannweite) haben, damit eine großzügige, beispielbare Fläche zur Verfügung gestellt werden kann.*
- *Möglichkeit der Teilbarkeit in 4 Einzelmodule mit ca. mindestens je 4 x 4 m Seitenlänge.*
- *Höhe soll in etwa 5 m betragen, damit sie auch als Bühne dienen kann.*
- *Die Erweiterbarkeit soll in mindestens 1 Richtung verlaufen können, damit bei Bedarf mehr Raum zur Verfügung gestellt werden kann.*

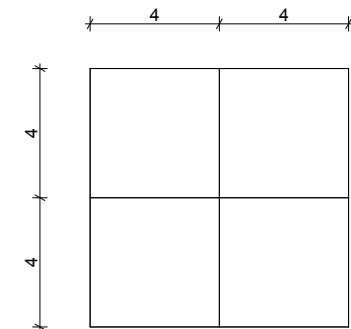


Abb.5. Teilbarkeit der Module

III. State of the Art

In diesem Kapitel werden einige Konstruktionen beschrieben, die heutzutage bereits angewendet werden.

- *Überdachungen für Groß- und Kleinveranstaltungen* 14
 - *Bamboluna, Marcel Kalberer's Schirmzelte*
 - *Chapiteau Zelte*
 - *Sperry Fabric Architecture tents*
 - *Ben Sheppard's Zelt*
 - *Larcher Maschinenbau GmbH*

- *Überdachungen als Wetterschutz* 20
 - *Abrisud*
 - *mmcité*

- *Relevantes Beispiel aus dem Brückenbau* 21
 - *Institut für Tragkonstruktionen*

■ Überdachungen für Groß- und Kleinveranstaltungen

Zelte aus Holz und Membrane:

- **Bamboluna**

Marcel Kalberer's Schirmzelte: [1,5]

- Großes Festzelt: Diese Zeltüberdachung hat die Eigenschaft, dass sie sich auf- und zuklappen lässt und mithilfe eines

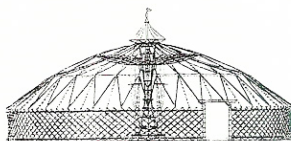
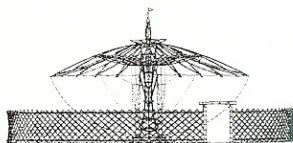
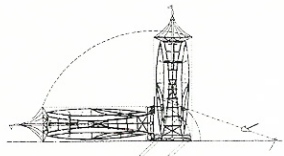


Abb.6. Marcel Kalberer; Montageablauf Schirmzelte

LKW Anhängers, transportierbar ist. Die Konstruktion besteht aus Bambus und wird mit Membrane überspannt. Die Knotenpunkte sind gelenkige Verbindungen, um das Auf- und

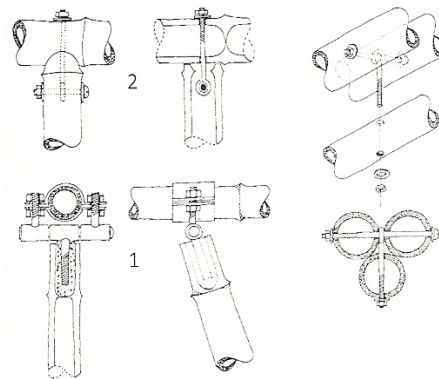


Abb.7. Marcel Kalberer; Details Schirmzelte

Zuklappen zu ermöglichen. Dabei werden Stahlschrauben mit Ösen und gewöhnliche Scharniere verwendet.

Die Schirmkonstruktion besteht in der Mitte aus einem Bambusrohr-Geflecht die eine hyperboloid-förmige Stütze bilden, an dem 16 Spanden mit 32 Auslegern verbunden sind, und hat einen Durchmesser von 13.5 m. Die Höhe am Scheitel beträgt 5 m und an den Rändern 2 m. Sie überdacht eine Fläche von 144 m².

- Weiße Sonne: Bei dieser Variante, besitzt der Schirm in der Mitte einen Mast aus sechs Bambusrohren die um ein Metallrohr zu einer Fisch-Bauch förmigen Stütze



Abb.8. Bamboluna Zeltvermietung; Marcel Kalberer's Großes Festzelt geöffnet

Abb.9. Bamboluna Zeltvermietung; Schirm halb geschlossen

gebunden werden. Dabei wird der Schirm an den Rändern durch 12 Druckstützen ebenfalls aus sechs eckig gekrümmten Bambusrohren, und zusätzliche Abspannseile am Boden, mittels Heringe



Abb. 10. Bamboluna Zeltvermietung; Marcel Kalberer's Weiße Sonne

befestigt. Diese Form überspannt eine Fläche von 105 m², mit einem Durchmesser von 11,5 m. Da die Schirme allseitig offen sind, gibt es die Möglichkeit, sie auf einer kreisförmig, angeordneten Scherengitterwand aus Bambus mit Baumwollstoffwand aufzusetzen und somit einen geschlossenen Raum zu bilden.

- **Chapiteau Zelte:**[6]

- Großes Chapiteau: Die Kernzelte haben eine orthogonale Grundrissform, an denen Segmentanbauten und Additionen gleicher Module angeordnet werden können, wie beispielsweise beim Große Chapiteau Zelt. Hierbei besteht die Konstruktion aus Standardrahmenelementen die oktogonal

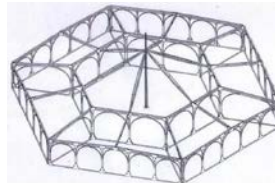


Abb. 11. Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Großes Chapiteau

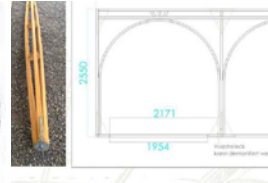


Abb. 12. Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Rahmen

angeordnet werden. Der Rahmen hat ein Außenmaß von 5 x 2,55 m, das wiederum aus zwei Unterteilungen mit jeweils einem Bogen und einem Ober- und Untergurt aufgebaut ist. Diese Bögen werden im Werk mit Epoxy, form- verleimt. Dabei

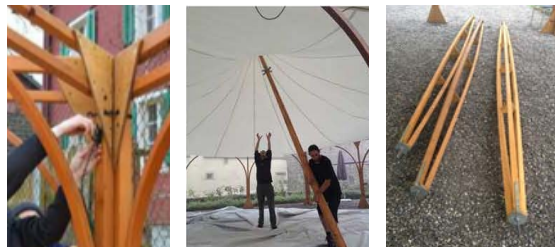


Abb. 13. Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Links: Eckkanten Anschlussdetail, Mitte: Aufbau Druckmast, rechts: "Bananas"

werden Lamellen mit einer Stärke von 8.5mm, in 5 Lagen in die Form gebogen und zusammen verleimt. Der Rahmen besitzt an den Ecken, dreiecksförmige Birkenperrholzplatten, die als Verstärkung dienen sollen. Weitere filigrane Elemente sind die Dachstreben, mit ihren dreieckigen fischbauch ähnlichen Trägern auch „Bananas“ genannt. Diese „Bananas“ (Abb.13) werden nach dem Aufstellen des im Zentrum platzierten Masts eingehängt und mit Expander Gummiseilen befestigt. Jedes einzelne Element besitzt ein Gewicht von ca. 50 – 60 kg und kann von 1 bis 2 Personen per Hand getragen werden. Alle Elemente eines Zweimasters werden mit dem Anhänger eines 3,5t PKW's vom Firmensitz zu den jeweiligen gewünschten Orten transportiert. Vor Ort werden dann



Abb. 14. Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Bistro von innen



Abb. 15. Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Großes Chapiteau von außen

für den Aufbau 2 bis 4 Arbeiter benötigt. Zu erwähnen sind auch die beweglichen Verbindungen aus Seilen, die man aus den alten Seemannsknoten kennt. Die Seile aus Polypropylen werden durch die bereits vorgebohrten Löcher in den Sperrholzecken des Rahmens hindurchgeführt und verknotet, wodurch die einwirkenden Kräfte aufgefangen werden. Des Weiteren kommen auch verzinkte Verbindungselemente aus Eisen zum Einsatz. Als Material für die Holzelemente werden Fichten oder Weißtannen verwendet die nach der Fertigung mit einer Öl Glasur bearbeitet werden. Für die Abdeckungen wird PVC Membrane eingesetzt, die mit Gummiexpander an die Rahmen gespannt werden. Die Gesamtkosten für die Vermietung eines Einmasters inklusive

Transport und Aufbau beträgt ca. 2700 €. Dabei nimmt das Material fürs Zelt 1/3 des Gesamtpreises ein und die Dachhaut alleine 15- 20 % des Gesamtpreises.

· Berner: Bei diesem Zelt wurde ein Kragarm, das gewöhnlich als Segmentanbau für das Große Chapiteau verwendet wird, eingesetzt um eine längliche giebelförmige Überdachung zu konstruieren. Eines dieser Elemente besteht aus einer Stütze und einem auskragenden Träger, die zusammen mittels einer an der Innenseite, verlaufenden und gebogenen Verstärkung gehalten werden. Beim symmetrischen Anordnen zweier solcher gegenübergestellten und an den Enden miteinander gekreuzten Elemente, wird die Überdachung erzeugt. Sie hat im



Abb. 16. Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Berner

aufgebauten Zustand ein Maß von 7.5m in der Breite und 17.5 m in der Länge, während die Stützen im Abstand von 2.5 m angeordnet werden. Mittels Oberlichte, wird für die Durchlüftung gesorgt.

- Weitere Chapiteau Zelte:
- Five Finger: Aus 5 Einzelsegmenten aus Chapiteau Standardmasten.
- Sushi Tendo Flachdachzelt: Mit Schiebewänden, die für autarkes Licht sorgen.



Abb. 17. Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Five Finger



Abb. 18. Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Sushi Tendo Flachdachzelt

- **Sperry Fabric Architecture tents:** [7,8,9,10]

- Die Savannah Serie: Überspannt eine Fläche von 97 m² und besteht aus einer gekrümmten, handgefertigten Holzrahmenbauweise. Die Grundrissform entspricht einem 8 eckigen Polygon



Abb.19. Sperry Fabric Architecture; Savannah Serie von außen

mit verlängertem Mittelfeld, das von 12 Stützen getragen wird. Zentral über der eigentlichen Überdachung verläuft eine zusätzliche Oberlichte, die für den Abtransport der warmen Luft sorgt. Die Holzelemente bestehen je nach Wunsch entweder aus Fichte, Kiefer oder Western Red Cedar mit geölter, glänzender oder matten Oberfläche. Für die Überspannung der Konstruktion wird Elfenbein Segeltuch verwendet und die Konstruktion mit

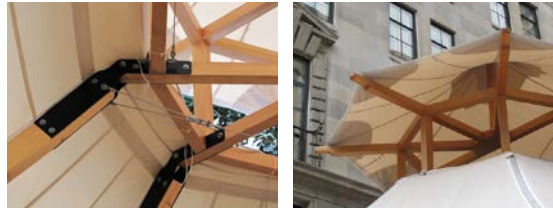


Abb.20. Sperry Fabric Architecture; Details der Savanna Serie
Stahlseilen ausgesteift. Die Maße entsprechen 10 x 15 m oder 8 x 14 m allerdings können diese Zelte auch bis zu 16 x 33 m konstruiert werden.



Abb.21. Sperry Fabric Architecture; Ansicht von innen

- *Sailcloth Tent:* Diese einfachste Form der Zeltüberdachung besteht aus einer Membranhaut die mittig aus einer oder mehreren Hochpunkten aus Massivholzmasten und an den Rändern mit Spanngurten und Druckstreben gespannt wird. Meistens wird diese Zeltform für Hochzeitsfeiern verwendet, da sie sehr flexibel, schnell auf- und abbaubar ist und große als auch kleine Flächen überdachen kann.



Abb.22. Sperry Fabric Architecture; Unten und Oben: Sperry Fabric, Sailcloth Tent

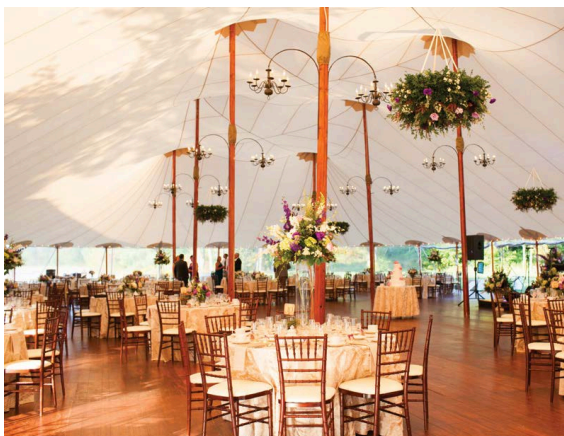


Abb.23. Sperry Fabric Architecture; Sailcloth Tent von innen bei Hochzeitsfeier

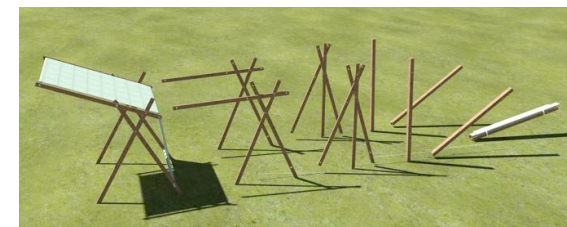
- **Ben Sheppard's Zelt:** [10,11,12]

- *X Tent: Die Architektur und Konstruktionsfirma Neenan veranstaltete 2011 einen Wettbewerb, bei dem die eigenen Mitarbeiter ein nachhaltiges Veranstaltungszelt für ein Festival entwerfen durften. Das Ziel war eine mobile Konstruktion die überall zum Einsatz kommen konnte und aus nachhaltigen Materialien bestand. Hierbei gewann Ben Sheppard mit seinem X Tent den ersten Preis.*



Abb.24. The Neenan Company; Ben Sheppard's, X Tent

Seine Konstruktion bestand aus zwei gekreuzten Holzstützen und einem auskragenden Holzträger, die miteinander an drei Punkten mittels Dübel beweglich verbunden waren, wodurch ein Auf- und



*Abb.25. The Neenan Company; Aufbau des X Tent's
Zuklappen wie bei einer Schere ermöglicht wurde. Zwei solche Scherenelemente wurden durch vier Bambusröhren mit jeweils 3 m Länge verbunden und mittels Verschlussstifte vor dem Herausfallen gesichert. Beim Kombinieren zweier dieser Strukturen konnte ein Zelt gebildet werden, dass mit alten Militärfallschirmen überzogen wurde. Prinzipiell benötigte man für ein Modul nur zwei Personen, die es innerhalb von 10 Minuten aufstellen. Die Abmessung eines Zeltes beträgt 300 x 300 cm und liegt in der Preisklasse von unter 500 \$ (ca. 395 €).*

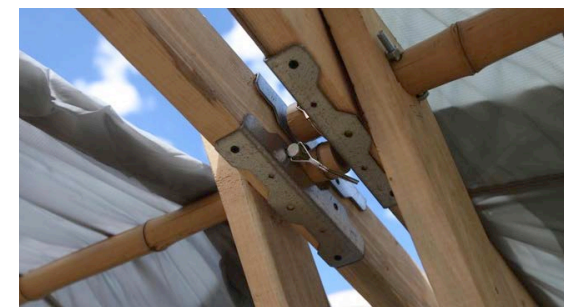


Abb.26. The Neenan Company; Anschlussdetail zweier X Tent's

- **Larcher Maschinenbau GmbH:** [13]

- *Mobile entfaltbare Bühne Lienz: Der Südtiroler Stahl- und Bühnenbaubetrieb Larcher stellte die 360.000 Euro teure Bühne für die Stadt Lienz her. Auf einem integrierten Anhänger wird die Bühne an die gewünschte Stelle transportiert und dort aufgeklappt. Auf zwei teleskopartigen Stützen entfaltet sich die zweifach gefaltete Dachfläche und überspannt eine Fläche von 8 x 10 m. Bei Bedarf kann die Dachfläche über Hydraulik auch in die Höhe erweitert werden und enthält bereits die Belichtungs- und Tonnequipments. In nur einer halben Stunde kann die 20 Tonnen schwere Bühne von 2 Personen aufgebaut werden und bringt ein Ersparnis von 120 Stunden im Jahr die für Bühnenaufbauten ausgegeben werden.*



Abb.28.Larcher; Lienz-Bühne, beim Aufklappen



Abb.27. Larcher; Lienz Bühne, beim Aufstellen

■ Übedachungen als Wetterschutz

- **Abrisud:** [14]

- Freistehende hohe Schwimmbadüberdachung aus Holz: Dieses Überdachungssystem für Schwimmbäder lässt sich trotz ihrer Größe völlig per Hand öffnen, da die Rundbögen auf Schienen angebracht sind. Aufgrund der Innenraumhöhe ist ein Aufenthalt auch im geschlossenen Zustand möglich. An den beiden Stirnseiten sind Falttüren angebracht. Die Tragstruktur besteht aus Holzleimbinder die sich in der Länge in abgestuften Segmenten verzüngen, damit sie beim Öffnen ineinander verschoben werden können. Das doppelwandige Rundbogendach besteht aus 10 mm dicken Polycarbonat Doppelstegplatten, während die Seitenwände, aus 4 mm dicken



Abb.29.Abrisud (2013); Schwimmbadüberdachung offen

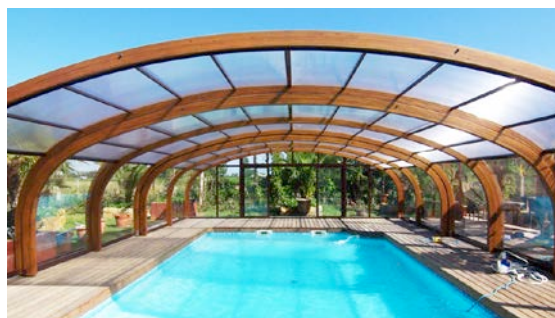


Abb.30.Abrisud (2013); Schwimmbadüberdachung halb geschlossen

Glas mit Anti UV Beschichtung bestückt sind. Es gibt keine Querstreben. Die Abmessungen sind je nach Kundenwunsch und Schwimmbadgröße unterschiedlich. Die Überdachung eignet sich auch für kalte Jahreszeiten.

- **Solarcarport:** [15,16]

- Premium: Hat ein Außenmaß von 3,06 x 5,06 m, mit einer Einfahrtshöhe von 2,1 m. Die Konstruktion besteht aus vier 12x12 cm Pfosten-, zwei 10 x24 cm breite Quer- und sechs 10x18 cm breite Längsbalkenprofilen aus Konstruktionsvollholz. Diese werden miteinander verzapft und mit Schrauben und sechs Versteifungsprofilen gesichert. Die Dachneigung beträgt 6 Grad und wird mit halbtransparenten Solarpaneelen verkleidet.



Abb.31.Haushandwerk GmbH; Premium Solarcarport

- **mmcité:** [17].

- Regio Bushaltestelle: Besteht aus einer Kombination aus verzinkten Stahlstützen, Wandelementen aus ESG, Dachdeckung aus VSG mit Stahllatten und Massivholzträgern. Bemaßung bei einseitiger Ausführung: 4,82 x 1,85x 2,68m.



Abb.32.mmcité (2014); regio Bushaltestelle

■ Relevantes Beispiel aus dem Brückenbau

- Institut für Tragkonstruktionen: [19,20]

- *Brückenklappverfahren: Die von Professor Johann Kollegger und seinem Team konzipierte Brückenbaumethode lässt eine Stahlbetonbrücke in relativ kurzer Zeit errichten. Dabei wird die Brücke durchs Aufklappen mittels Kran aufgestellt und ausbetoniert. Die einzelnen Betonelemente der Brücke werden zunächst vorgefertigt und anschließend vertikal zu einer ca. 26 Meter hohen, zusammengeklappten, schirmähnlichen Struktur aufgebaut, die sich dann aufklappen lässt. In Gars am Kamp (Niederösterreich) steht eine 50 Meter lange Brücke, die auf diese Art errichtet wurde.*



1



2



3



4

Abb.33. Institut für Tragkonstruktionen; Ablauf des Brückenklappverfahrens

IV. Vorentwurfsphase

- *Erste Skizzen und Überlegungen für Entwurfsvarianten* 22
- *Entwicklung des Entwurfs* 25
- *Gegenüberstellung der drei Varianten* 29
- *Entwicklung der Konstruktion* 30
- *Klappmechanismen der Sekundärträger* 31

■ Erste Skizzen und Überlegungen für Entwurfsvarianten

In diesem Kapitel werden einige Überlegungen skizzenhaft dokumentiert.

- V0.Cobra:

- Flexibilität durch gekreuzte Stützen, die wie eine Feder die Konstruktion zum Schwingen bringen und gleichzeitig scherenförmig auf- und zuklappen. Das Fundament wird an der hinteren Fußfläche aufgebracht. Erste Überlegung, bei dem die Stütze auch für Stauräume genutzt werden kann.

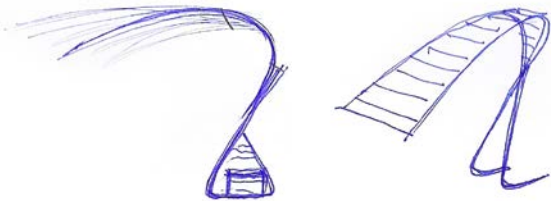


Abb.36. Skizze Variante 0: Ansicht und Axonometrie

- V1. Schirm:

- Eine schirmartige Konstruktion bei dem die Stütze teleskopförmig aufgeschoben und anschließend die Dachfläche aufgeklappt wird. Dabei sind bereits Merkmale wie die Verklebetechnik von Glas mit den Holzleisten

und das Einklappen der Träger in die Stützen zu erkennen. Die Pfosten sind somit miteinander gekoppelt und bilden eine gemeinsame Stütze.

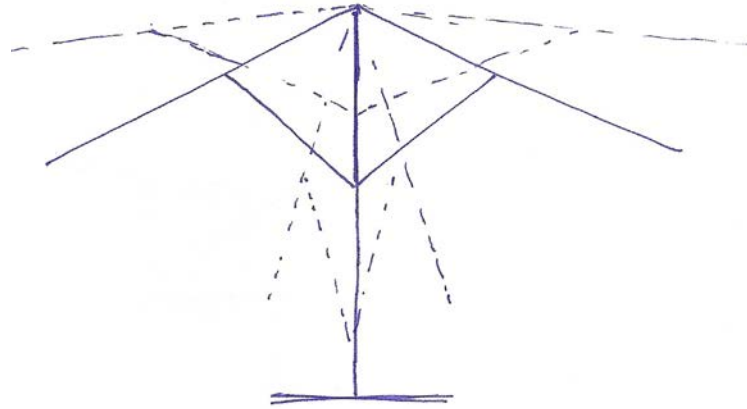


Abb.35. Skizze Variante 1: links: Klappvorgang, rechts: Stütze aus Holz und Glas

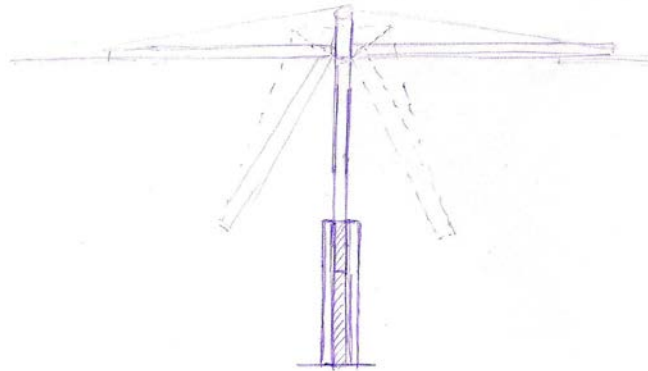
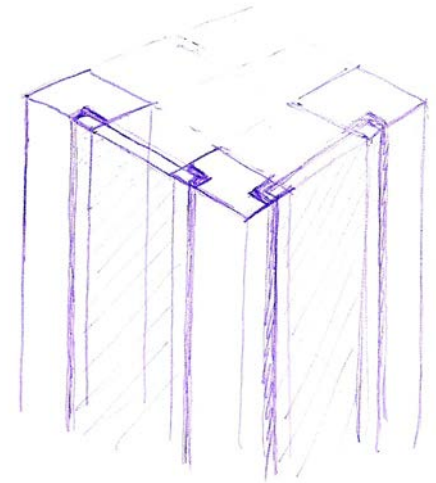
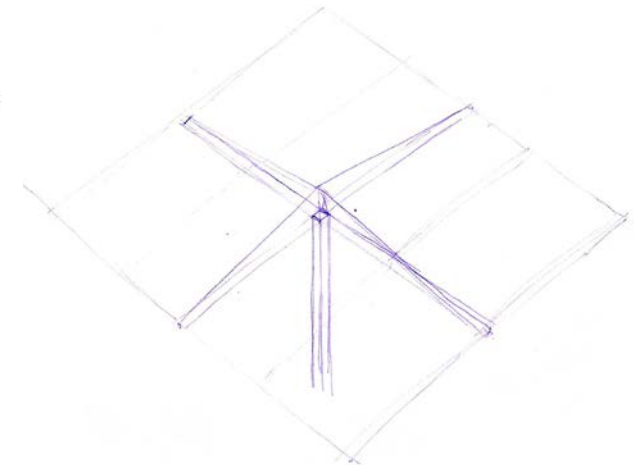


Abb.34. Skizze Variante 1: links: Klappvorgang, rechts: Axonometrie



- **V2. Handfläche:**

- V.2.1: Ein gebogener Träger der auf einem Podest verschiebbar ist und durch Auf- und Zuklappen als auch durch näher - und weiter-platzieren zweier gleicher Module, unterschiedliche Raumeindrücke schafft.

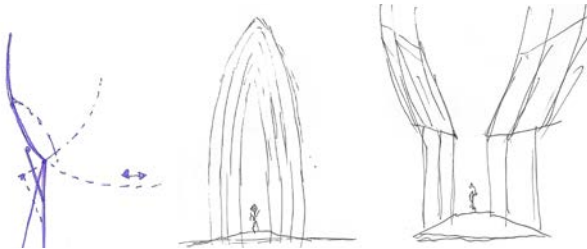


Abb.40. Skizze Variante 2.1: Klappvorgänge



Abb.39. Skizze Variante 2.1: Modulkombinationen

- V.2.2: Ein einseitig, verstellbarer Kragarm, der in Kombination mit weiteren gleichen Modulen eine veränderliche, topografische Dachstruktur erzeugt. Ähnlich wie beim Tensegrity.



Abb.38. Skizze Variante 2.2: Ansichten

- **V3. Klapprahmen:**

- V.3.1: Bei dieser Variante wird die Mobilität der Konstruktion durchs Klappen gewährleistet. Dabei stehen sich zwei gleiche Rahmen gegenüber und lassen sich in der Symmetrieachse einklappen. Die Auskragungen an den Enden lassen sich wiederum zusammenfallen.

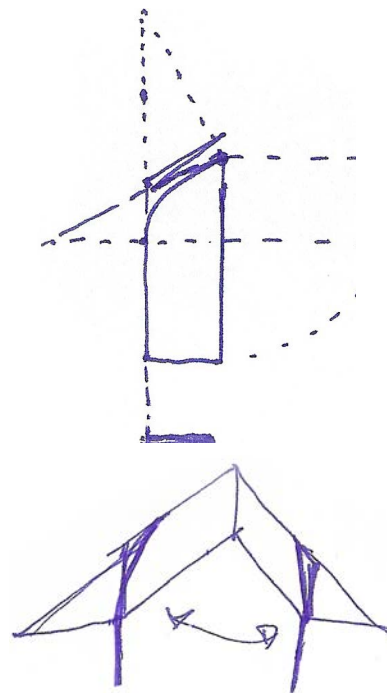


Abb.37. Skizze Variante 3.1 Falt- und Klappmethoden

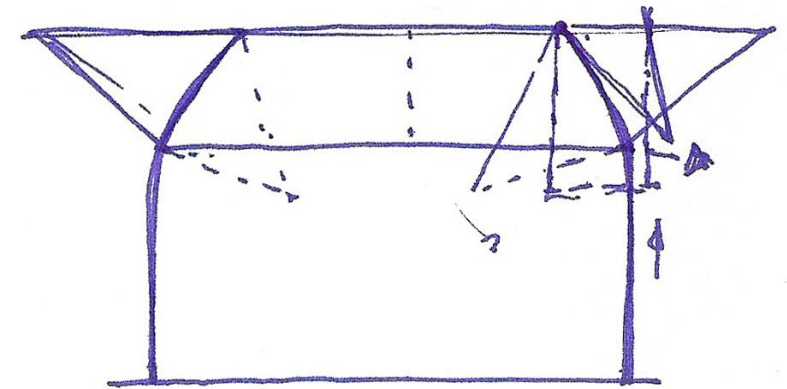


Abb.42. Skizze Variante 3.1 geöffnet

- V.3.2: Liegende Konstruktion: Mittels verschiebbaren Flächen wird die Tragstruktur erzeugt. Dabei lehnt sich der Teil mit den verschiebbaren Platten auf den unbeweglichen Steher.

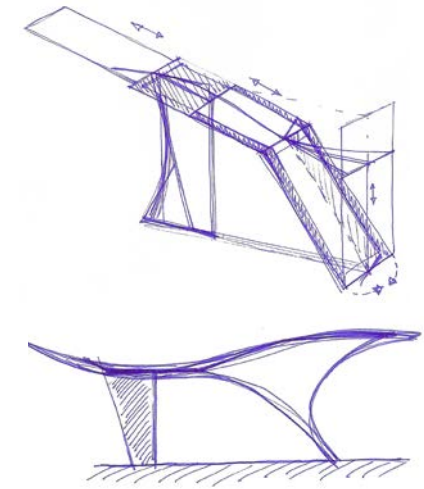


Abb.41. Skizze Variante 3.2: Ansichten

- **V4. Faltgerüst:**

- Diese Zeichnungen waren die ersten Meilensteine welche als Wegweiser für den Entwurf des Metamorphs dienten. Es sind Merkmale zu erkennen, die mit dem finalen Entwurf übereinstimmen wie das Klappen der Scheiben und der Träger. Die Idee dahinter war, dass die gesamte Konstruktion zusammengefaltet in einem Kubus transportiert wird und sich dann am gewünschten Ort aufklappen lässt. Hierbei wird das Gerüst aufgestellt, indem der Verbindungsträger zwischen den Stützen aufgefaltet wird und anschließend die Letzteren auseinander gezogen werden. Daraufhin werden die Dachflächen und Kragarme aufgeklappt.

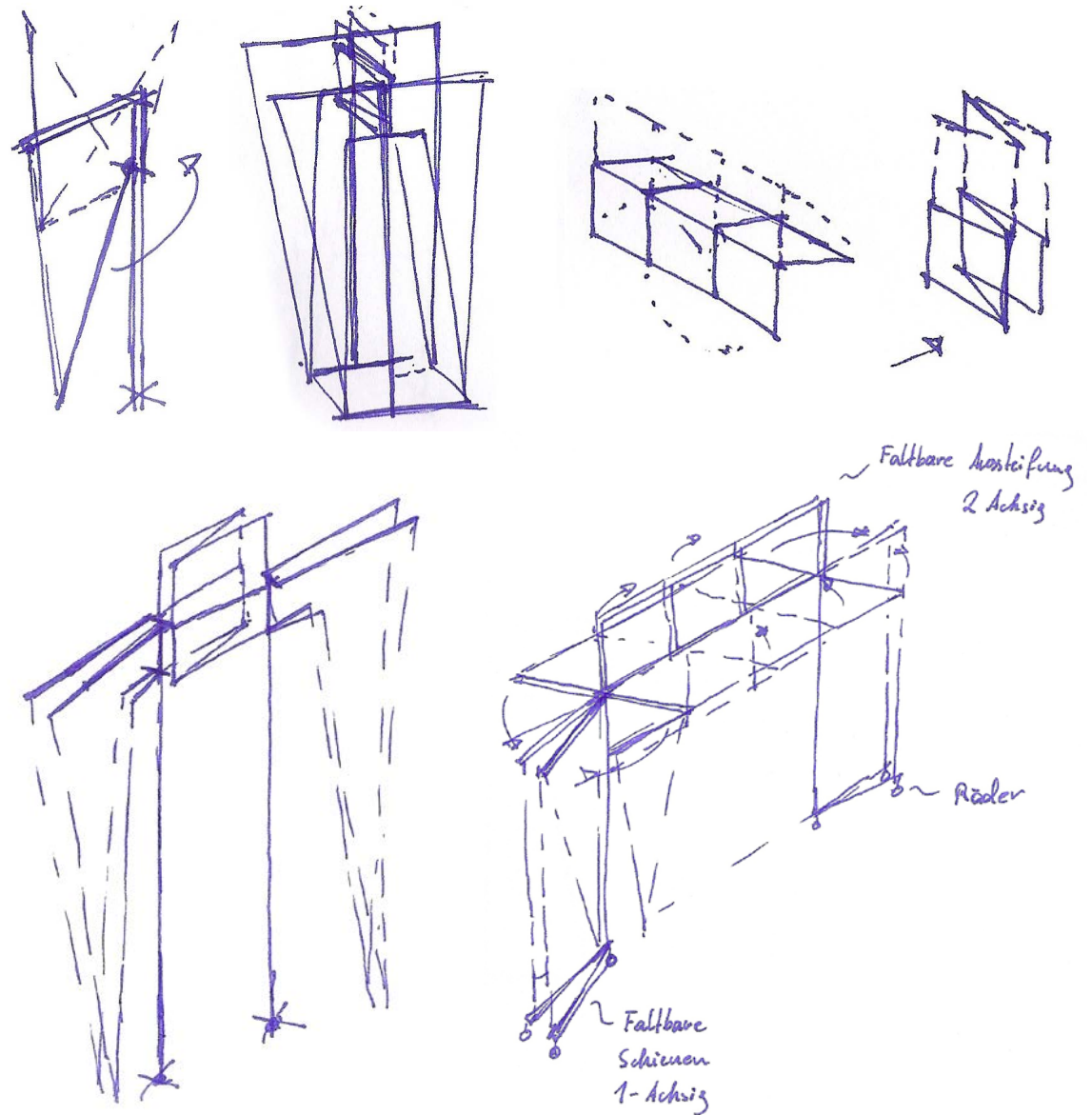


Abb.43. Skizze Variante 4: Klapp- und Faltmethoden

Abb.44. Skizze Variante 4: Klapp- und Faltmethoden

- **V5. Flachdachschirm:**

- V.5.1: Auch diese Skizze lässt bereits einige Elemente wiedererkennen, die im Endentwurf vorkommen werden. Beispielsweise die Dachhaut mit der Struktur der Sekundärträger die von einer dezentralen Stütze getragen werden. Hierbei ist jedoch die Stütze T-förmig.

- V.5.2: Abgespannter Kragarm mit Fundamentbehälter aus Glas, der mit Wasser gefüllt wird. Merkmale sind hierfür die Spannseile, welche den Träger im Gleichgewicht halten.
- V.5.3: Dreieckige Stütze mit Kragarm, der sich aufklappen lässt und als Belichtung oder Werbefläche dienen kann.
- V.5.4: Ausführung mit gekreuzten Stützen.

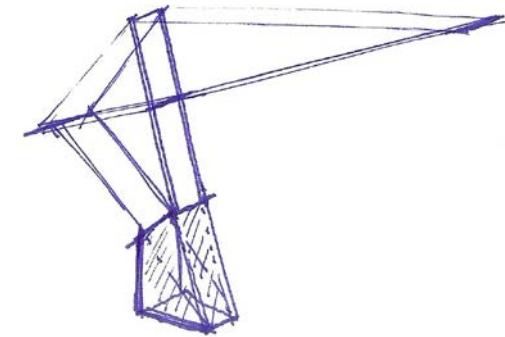


Abb.46. Skizze Variante 5.2: Ansicht

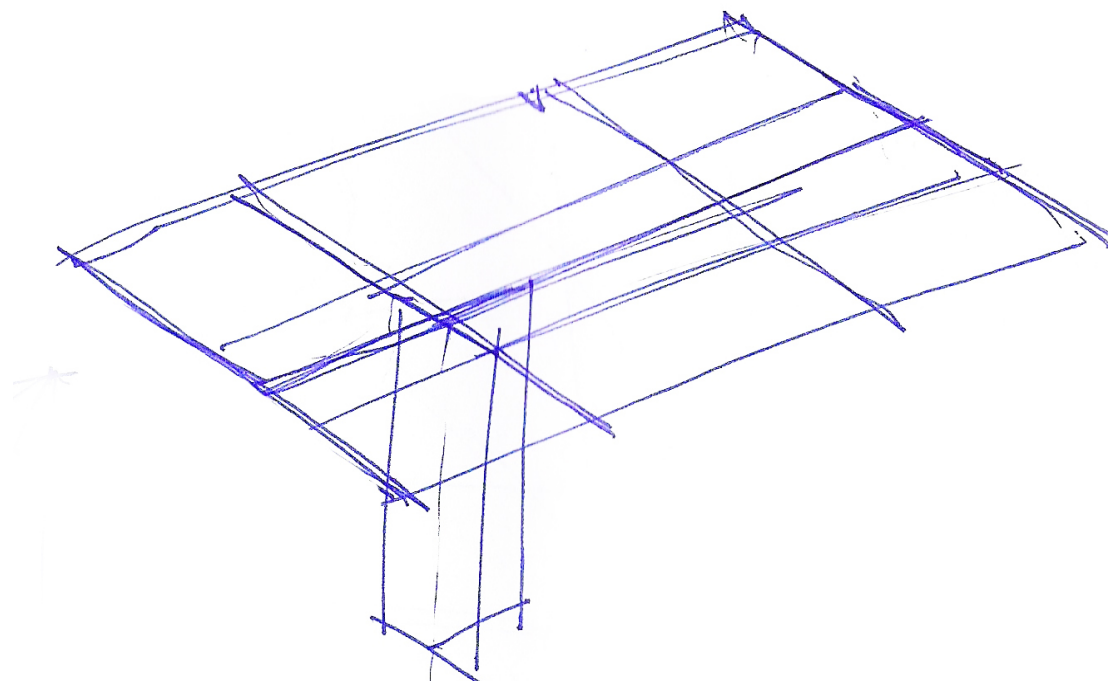


Abb.48. Skizze Variante 5.1: Axonometrie

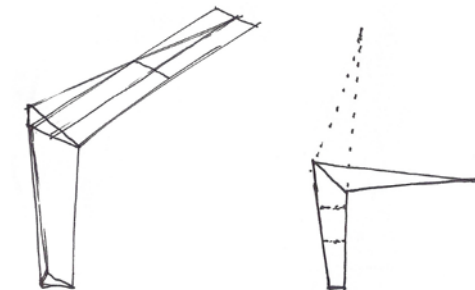


Abb.45. Skizze Variante 5.3: Axonometrie und Klappvorgang

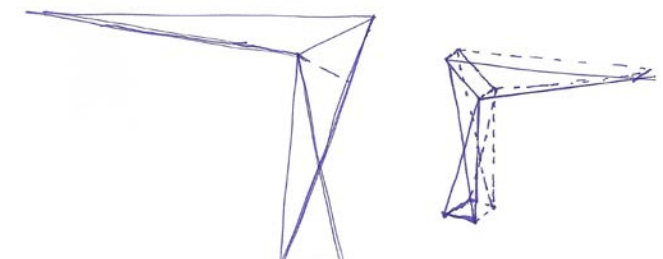


Abb.47. Skizze Variante 5.4: Ansichten

- V.5.5: Möglichkeit des Zusammenklappens durch teleskopartige Stützelemente.

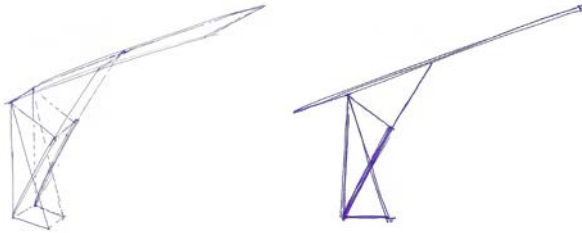


Abb.49.Skizze Variante 5.5: Ansichten

die Hauptträger nach oben geklappt und anschließend in die Stütze eingezogen werden.

- V.5.6: Bei dieser Form werden die Kragarme in die Stütze eingeklappt und als eine Box transportiert. Dabei ist das Abspannseil wieder zu erkennen, das im Endentwurf beide Hauptträger steuert. Der Unterschied bei diesen Zeichnungen ist jedoch, dass

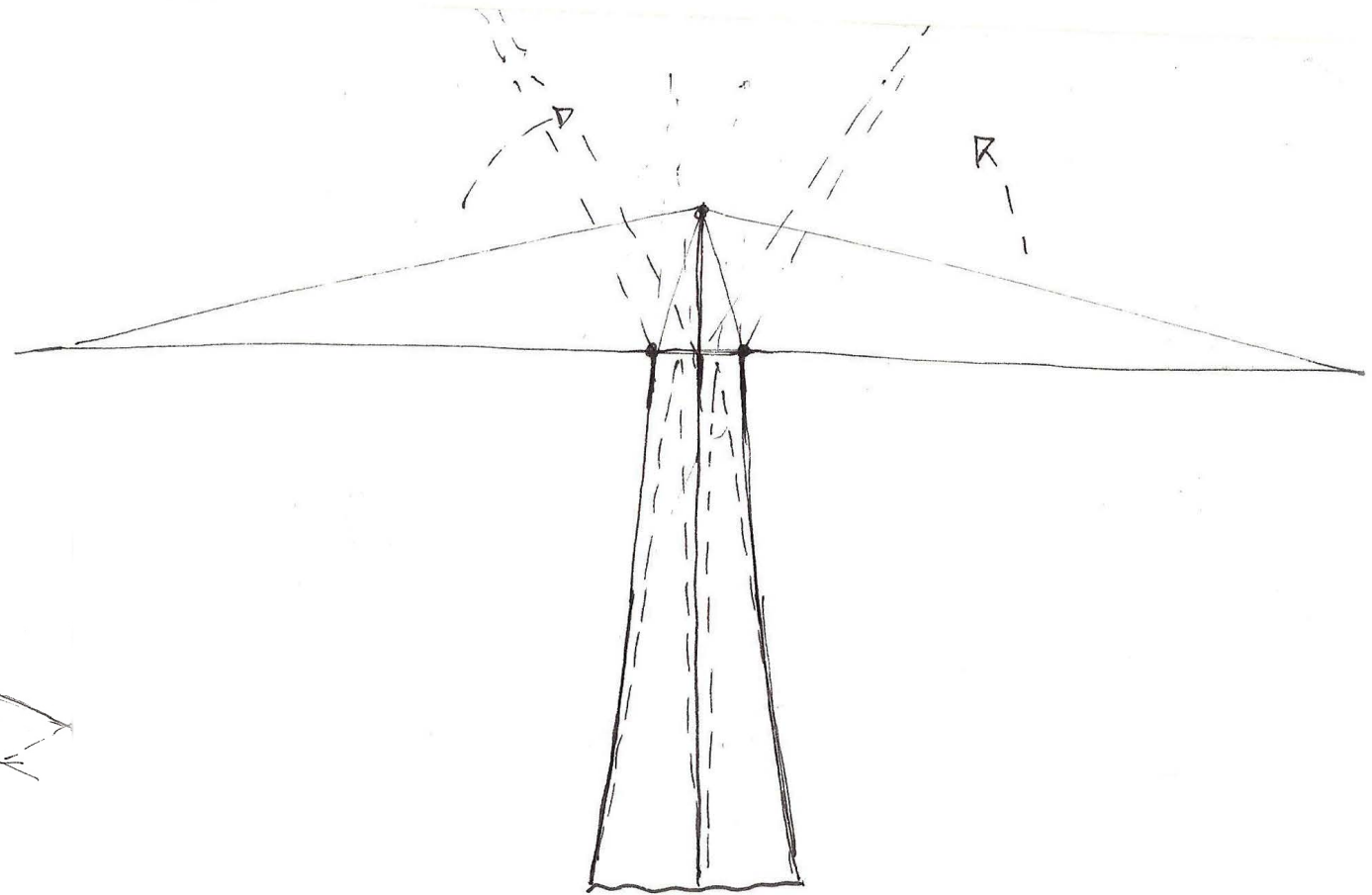
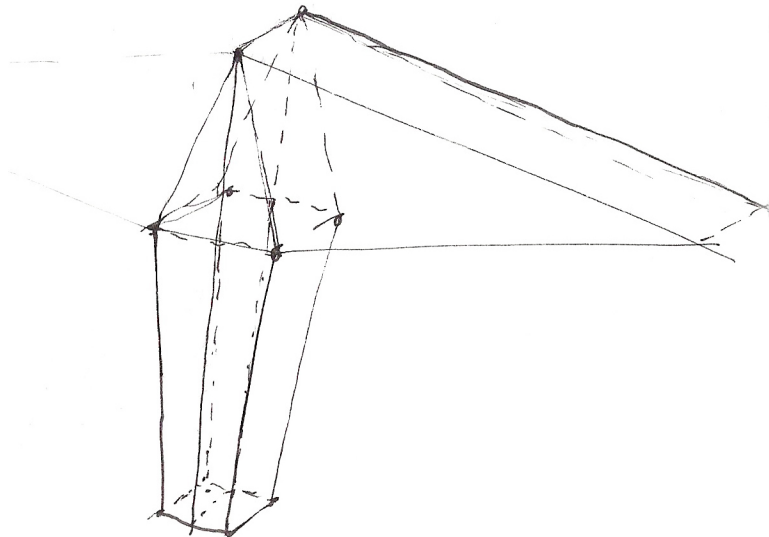


Abb.50.Skizze Variante 5.6: Klappvorgang (oben) und Axonometrie (rechts)

- **V6. Giraffe:**

- *Faltwerkartige Struktur die sich erweitern kann*

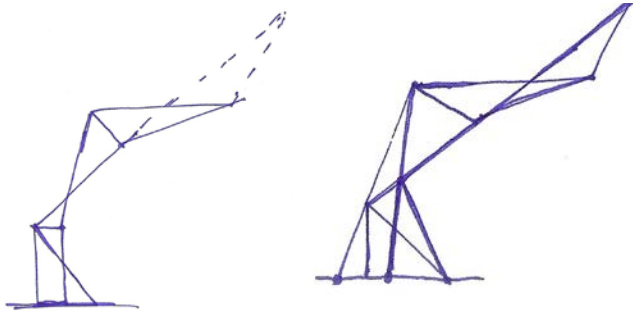


Abb.51.Skizze Variante 6: Ansichten

- **V7. Tulpe:**

- *Konstruktion, die sich wie bei Schirmkonstruktionen öffnen lässt.*

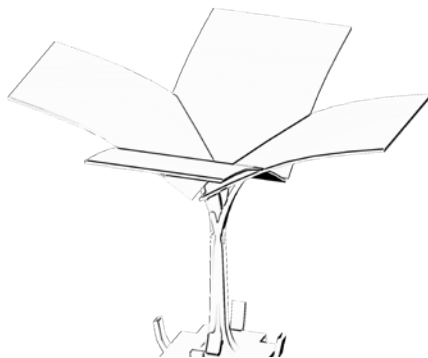


Abb.52.Illustration Variante 7

- **V8. Spinne:**

- *Konstruktion die auf mehrere Stützen steht*

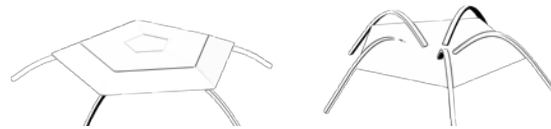


Abb.54.Illustration Variante 8

- **V9. Qualle:**

- *An vier Stützen wird die Dachhaut gespannt.*

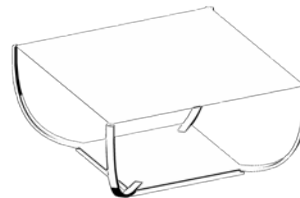


Abb.55.Illustration Variante 9

- **V10. Palme:**

- *Konstruktionen die aufrecht oder liegend als Überdachung dienen kann, wodurch unterschiedliche Raumeindrücke entstehen.*

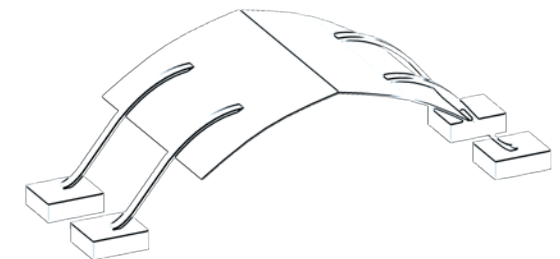
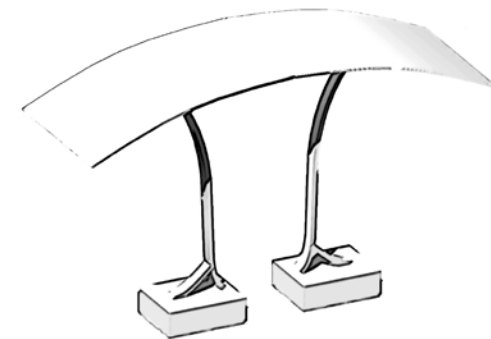


Abb.53.Illustration Variante 10

■ **Entwicklung des Entwurfs**

Zufolge der ersten skizzenhaften Überlegungen aus dem vorigen Unterkapitel, wurden drei Entwürfe entwickelt, die sich mit unterschiedlichen Ansätzen definieren. Bezugnehmend auf die Form und Lage der Stützen, wurden die Überdachungen gestaltet und die drei Formvarianten ergaben. Es wurden ein-, zwei- und vierseitig überdachende Entwürfe unterschieden, bei denen zunächst am Modell und anschließend am Computer, mögliche Klappvarianten überlegt wurden. Hauptaugenmerk wurde jedoch auf die Anordnung der Stütze gelegt, welche die Richtung der Überdachungs-Flächen definierte.

- **Vorentwurf I. Einseitiger Kragarm**

Einseitige Überdachung



Abb.56.Arbeitsmodell Vorentwurf I

- **Vorentwurf II. Zweiseitiger Kragarm**

Beidseitige Überdachung



Abb.57.Arbeitsmodell Vorentwurf 2

- **Vorentwurf III. Schirm**

Vierseitige Überdachung



Abb.58.Arbeitsmodellf Vorentwurf 3

- **Vorentwurf I. Einseitiger Kragarm**

Bei der ersten Variante besteht die Stütze aus drei Pfosten die mittels zwei seitlich angeschlossenen Glasplatten miteinander gekoppelt werden. Die Glasscheiben übernehmen die Aufgabe der Aussteifung und können aufgrund ihrer transparenten Eigenschaft auch für Belichtungszwecke und Werbeflächen genutzt werden. Zwischen den Pfosten kann die Entwässerung, Gewichte für Fundamente und der Steg des T-Förmigen Kragträgers verstaubt werden. Dieser kann mittels Kurbel und Flaschenzug, die wiederum im Zwischenraum versteckt sind, aufgeklappt und stabilisiert werden. Des weiteren sind am Kragträger auf beiden Seiten jeweils drei klappbare Sekundärträger angeordnet, die im Nachhinein mittels Glasplatten ausgesteift werden. Die Konstruktion eignet sich für Randbereiche aufgrund ihrer einseitigen Auskragung und ermöglicht somit einen stützenfreien Raum.

Abb.61. Vorentwurf I, Konstruktion im Aufgeklappten Zustand

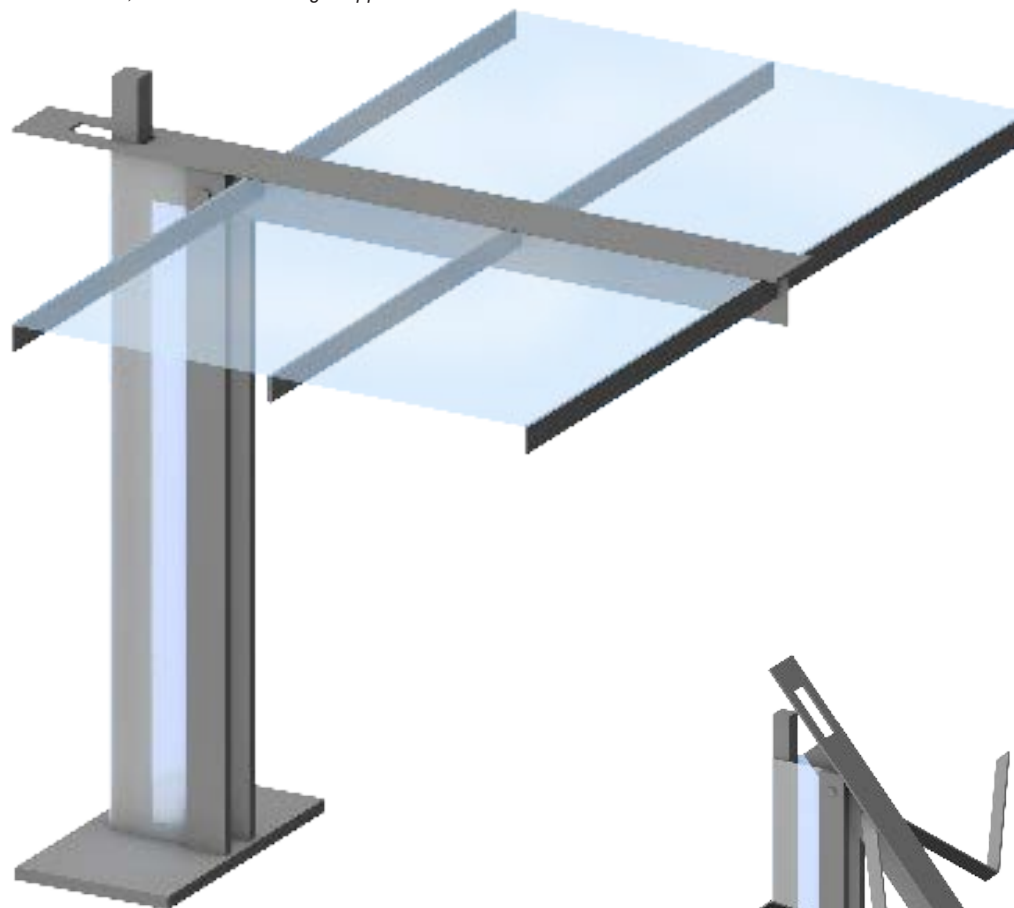


Abb.62. Vorentwurf I, zusammengeklappt

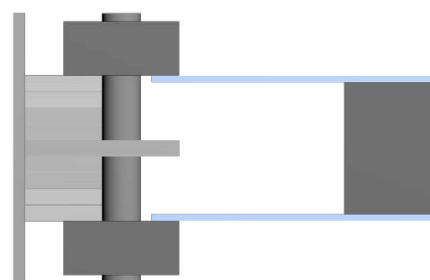
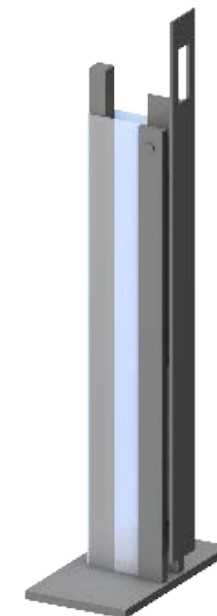


Abb.59. Vorentwurf I, Grundriss Stütze im eingeklappten Zustand

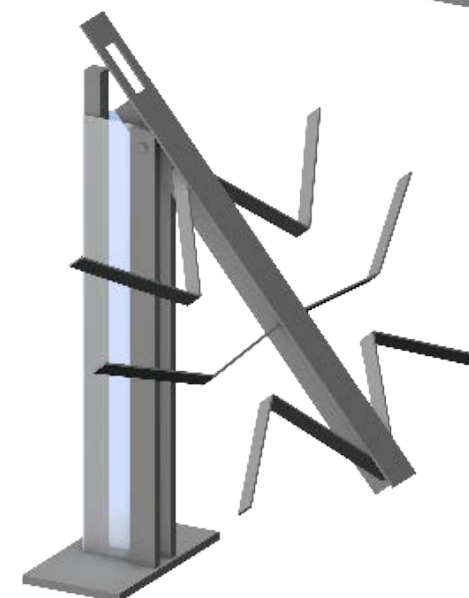
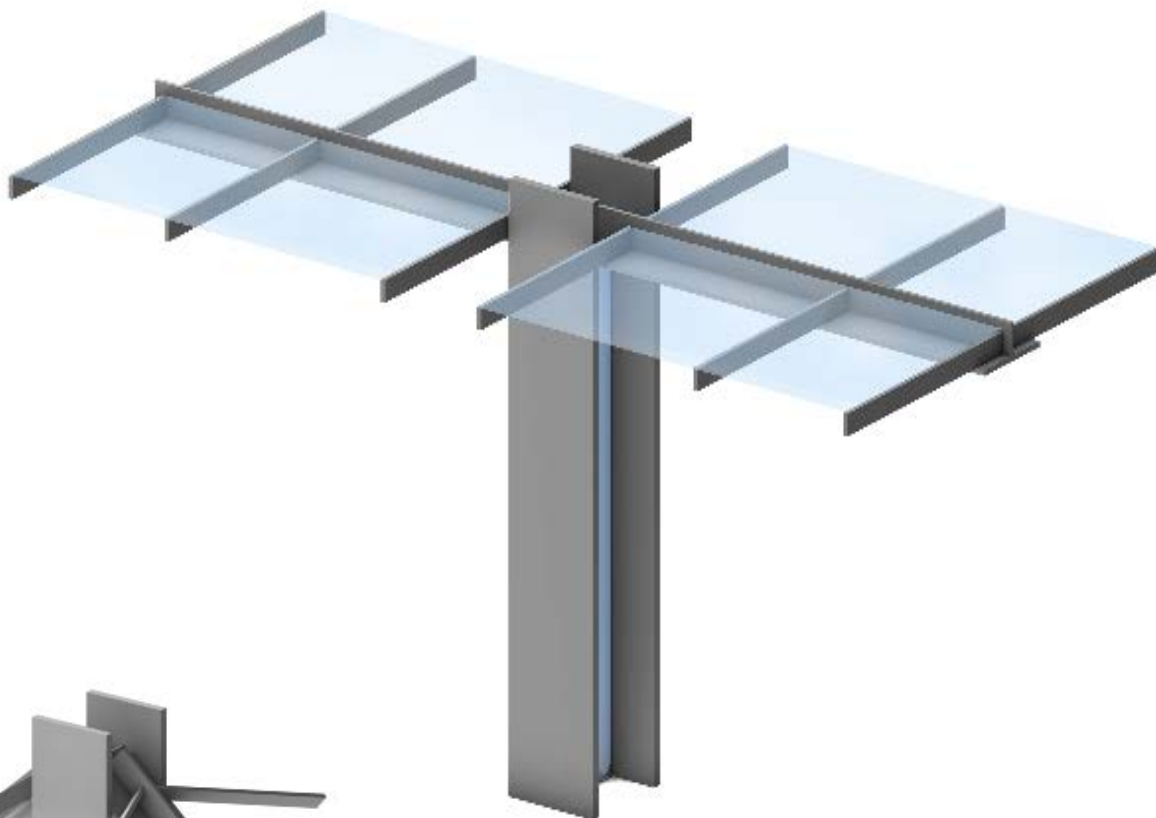


Abb.60. Vorentwurf I, Klappvorgang der Sekundärträger bei 45° des Hauptträgers, zweifacher Faltvorgang

Abb.63. Vorentwurf II, zusammengeklappt



Abb.66. Vorentwurf II, aufgeklappt und mit Glaspaneelen verkleidet



- Vorentwurf II. Zweiseitiger Kragarm

Bei dieser Variante wird die Stütze aus zwei außen parallel stehenden Platten und einer dazwischen normal platzierten Glasscheibe gebildet. Die Konstruktion ist symmetrisch aufgebaut und ermöglicht eine beidseitige Nutzung des Raumes.

Der Träger lässt sich aufgrund des verdrehten T-Profils gänzlich in die Stütze einklappen, wodurch die zentrale Glasscheibe geschützt wird. Die Sekundärträger sind abgestuft aufeinander zusammengeklappt, wodurch geringere Scharniere benötigt werden. Des Weiteren liegen die Sekundärträger auf den unteren Flansch des Hauptträgers auf.

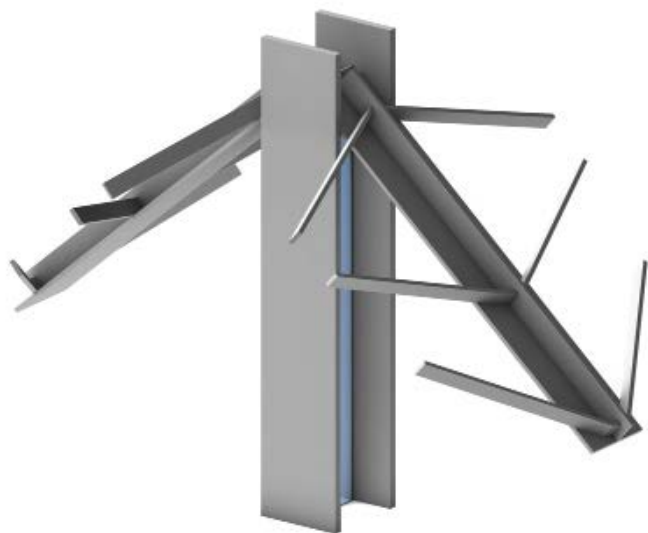


Abb.64. Vorentwurf II, Klappvorgang der Sekundärträger, einfacher Faltvorgang

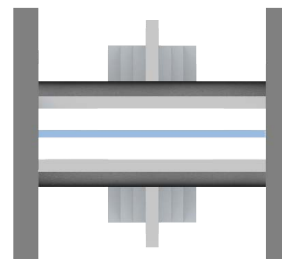


Abb.65. Vorentwurf II, Grundriss Stütze mit zusammengefalteten Sekundärträger

- **Vorentwurf III. Schirm**

Diese Konstruktion besteht aus einem zentralen Stützenkern aus vier Balken mit dazwischen vier aussteifenden Glaspaneelen. Beim Einklappen des Trägers faltet sich die Struktur zusammen und bildet eine halbtransparente und halb undurchsichtige Stütze. Dabei werden die Sekundärträger zusammengeklappt und im Zwischenraum der Pfosten gelagert. Sowohl in eingeklappter als auch ausgeklappter Form bietet die Stütze Möglichkeiten für den Einsatz von Belichtungskörpern. Ausgeklappt können an vier Seiten die Glasscheiben für Werbezwecke genutzt werden.

Abb.69.Vorentwurf III, Aufgeklappt mit Glaspaneelen

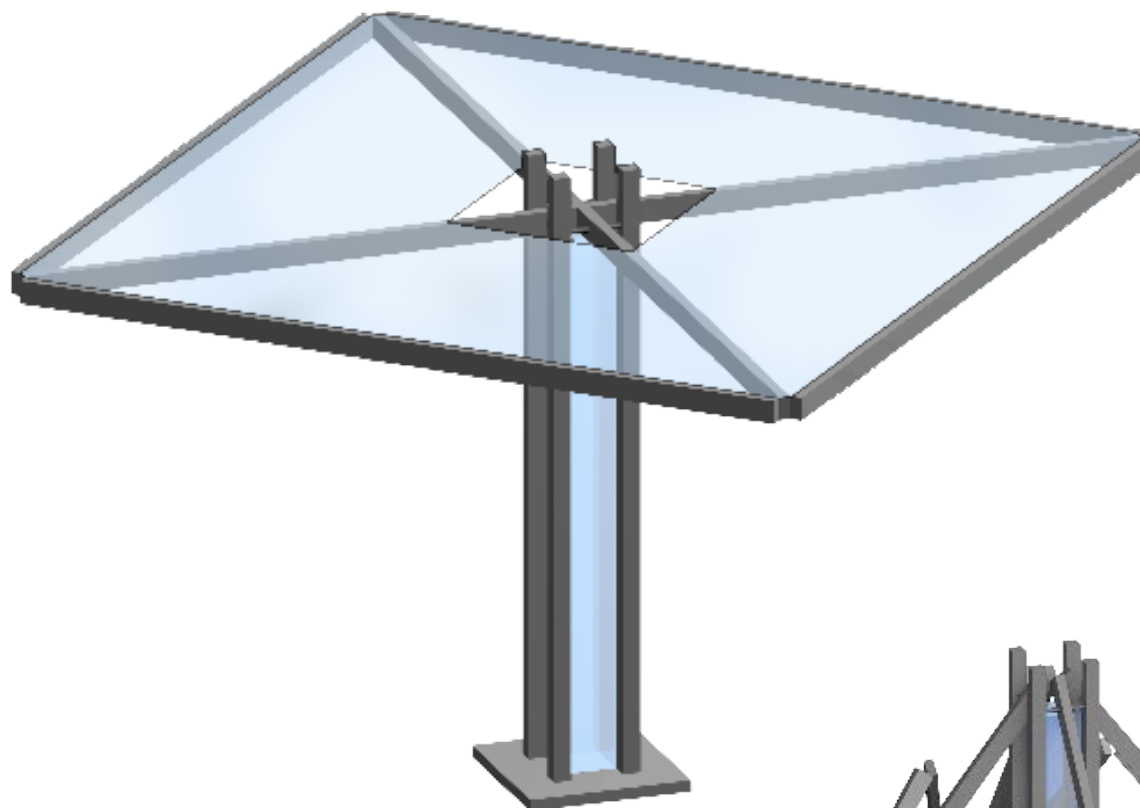


Abb.70.Vorentwurf III, zusammengeklappt

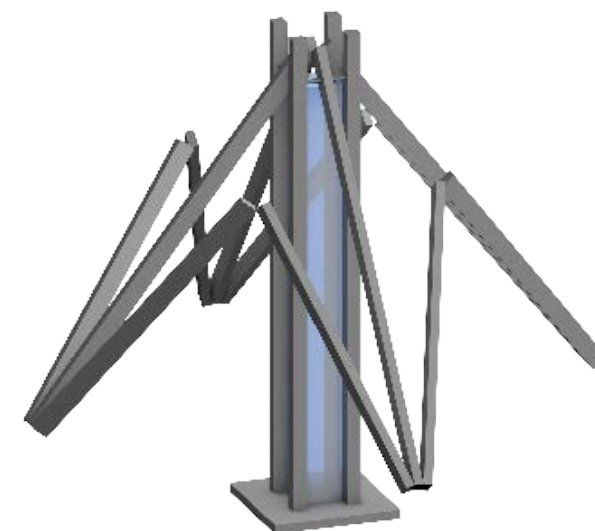
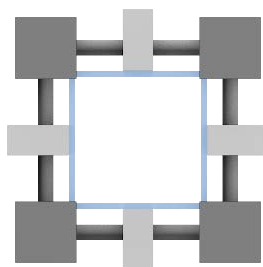
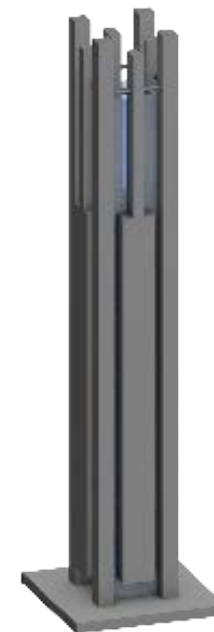
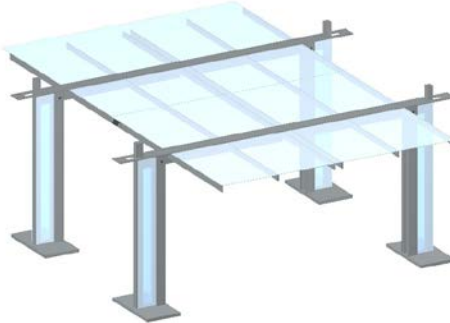
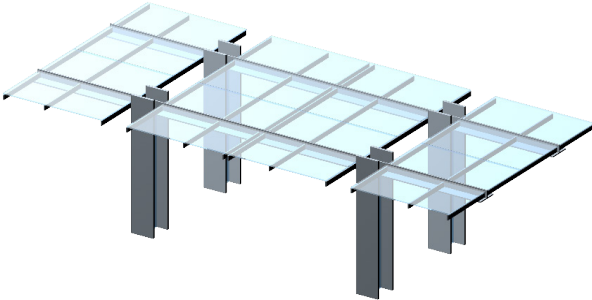
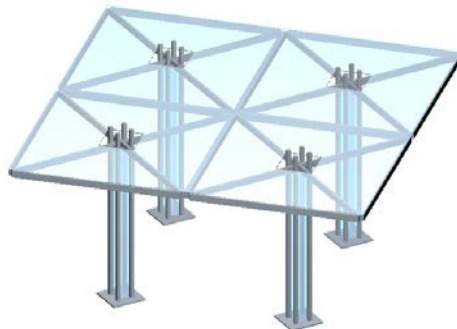


Abb.68.Vorentwurf III, Klappvorgang bei 45° Neigung des Hauptträger

Abb.71.Vorteile und Nachteile der drei Vorentwürfe

■ Gegenüberstellung der drei Varianten

	Vorteile	Nachteile	Kombination aus 4 Modulen
Vorentwurf .I	<ul style="list-style-type: none"> –Träger eingeklappt, guter Schutz vor Beschädigungen –Nutzung der Stütze für weitere Funktionen wie Werbeflächen und Belichtungszwecke möglich –Halbtransparente Stütze –Stauraum im Zwischenraum –Bündige, homogene Dachstruktur 	<ul style="list-style-type: none"> –Dezentrale Kraftableitung –Sekundärträger ohne Auflagefläche –Steifigkeit der Sekundärträger erst ab Montage der Glasscheiben 	
Vorentwurf .II	<ul style="list-style-type: none"> –In eingeklappter Form bietet es einen guten Schutz des Glases –Symmetrische Kraftableitung –Zweiseitige Überdachung –Einfache Faltung der Sekundärträger –Lineare Deckenstruktur –Bündige Glasdachfläche 	<ul style="list-style-type: none"> –Eingeklappt, Möglichkeit für weitere Nutzung geringer –Massive undurchsichtige Stütze in geschlossener Form –Belichtung des Glases nur im aufgeklappten Zustand –Steifigkeit der Sekundärträger erst ab Montage der Glasscheiben 	
Vorentwurf .III	<ul style="list-style-type: none"> –In geschlossener als auch aufgeklappter Form der Stütze, Belichtung möglich –Werbefläche in offener Form der Stütze möglich –Zentrale, symmetrische Form –Überdachung auf allen Seiten –Gleichmäßige Lastabtragung –Homogene dreieckige Deckenstruktur 	<ul style="list-style-type: none"> –Bespielen der Glasscheibe im eingeklappten Zustand begrenzt möglich –Montage der Glasscheiben am Dach erst im aufgeklappten Zustand 	

■ **Entwicklung der Konstruktion**

Aufgrund der ersten Entwurfsansätze, wurde letzten Endes eine vierte Variante überlegt, welche eine Kombination aus den ersten drei Varianten war.



Abb.73.Hauptuni, Eingangstür Arkadenhof

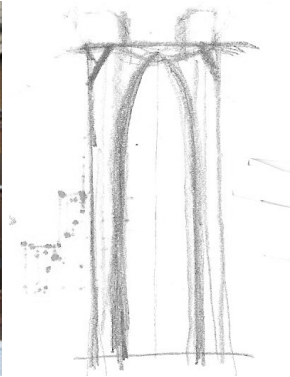


Abb.74.Skizze gebogene Arkadenstützen

Die Stütze aus vier Pfosten wurde ausgewählt da diese zum einen sich am besten mit den Arkaden harmonieren ließ, als auch ein symmetrisches Aufklappen überhaupt ermöglichte. Zwischen zwei Pfostenpaaren waren ursprünglich jeweils ein T-Förmiger Hauptträger aus Holz

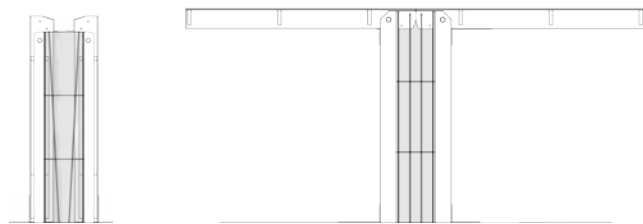


Abb.72. Variante mit Hauptträger zwischen Pfosten, links geschlossen, rechts offen

angebracht (vgl. Vorentwurf 1) an dessen seitlichen Steg jeweils drei Sekundärträger, die ähnlich wie bei den ersten als auch bei den zweiten Entwurfsvarianten, sich öffnen ließen. Im Nachhinein wurden die Sekundärträger

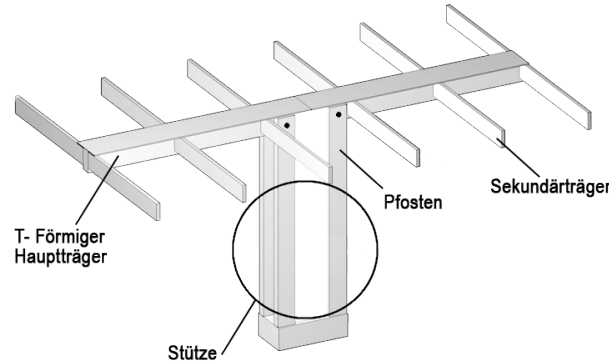


Abb.75.Variante mit 3 Sekundärträgern je Seite, Hauptträger zwischen Pfosten

auf 5 erhöht, damit die Breite der Glaspaneel verringert werden konnte. Aufgrund der zentralen Platzierung der Drehachsen der Hauptträger, konnten somit diese mitsamt den Sekundärträgern, zwischen den Pfosten im geschlossenen Zustand einklappen. Somit erhielt die Stütze in der Querrichtung eine größere Breite. Die Sekundärträger zusammengeklappt, nahmen somit den Platz zwischen den Pfosten, wodurch sie erst bei 45° Neigung des Hauptträgers sich öffnen ließen. Die Glaspaneel am Dach konnten mittels einer Leiter nach dem gesamten Entfaltungprozess montiert werden. Damit diese in die Konstruktion integrierten, wurden sie zunächst auf dem Flansch des

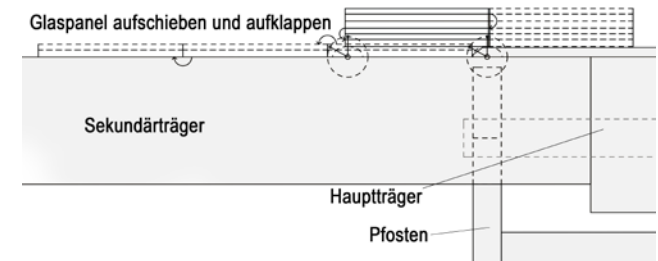


Abb.76.Skizze mit Überlegungen für Montage der Glaspaneel

Hauptträgers angedacht und erhielten nur eine begrenzte Länge, da die Glaspaneel sonst über den Trägerflansch auskragten. Außerdem mussten sie entweder ausklappbar oder ausziehbar sein, was zu weiteren Schwierigkeiten bei der Montage und Verbindung mit den Sekundärträgern führte.

Beim weiteren Verlauf des Entwurfes wurden die Drehachsen der Hauptträger vor den Pfostenpaaren versetzt angeordnet und die Sekundärträger im geschlossenen Zustand, außerhalb der Pfosten zum Vorschein gebracht. Somit nahm die Querbreite der Stütze eine schmalere Form an und die Sekundärträger

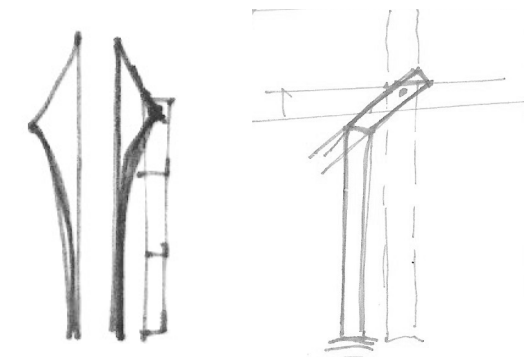


Abb.77.Skizze, Hauptträger versetzt, links mit gebogenen Stützen, rechts gekantet

konnten in der vertikalen Position des Hauptträgers ausgeklappt werden. Die klappbaren Glaspaneele koppelten sich mittels Scharniere beweglich an den Außenkanten des Hauptträgerflansches. Im geschlossenen Zustand wirkten sie wie Glastüren um die Stütze. Bei Bedarf konnten die Glaspaneele per Hand vom Boden aus aufgeklappt und anschließend die Sekundärträger ohne Betätigung des Hauptträgers geöffnet werden. Die Glaspaneele wurden in Folge mittels Dübel zusammen mit den Sekundärträgern verbunden. Damit die Sekundärträger mittels Getriebemechanismen bewegt werden konnten, wurden die T-förmigen Hauptträger durch zwei versetzte Rechteckquerschnitte aus Holz mit aufgeschraubten Aluminiumformrohren ersetzt. Zwischen den Hauptträgerbalken gab es nun genug Platz für die Anordnung der Getriebe. An den Formrohren befanden sich seitlich angeschweißte U-förmige

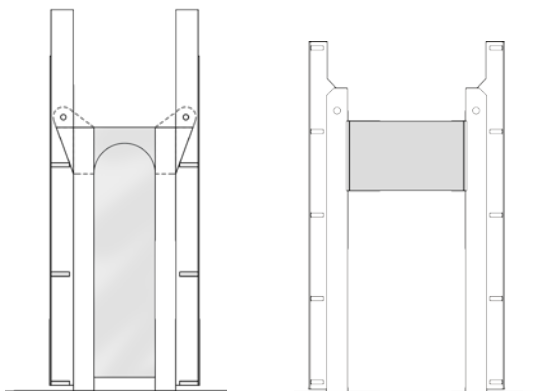


Abb.78.Links: Zeichnung mit ineinandergreifenden Hauptträgern, Rechts Glasaussteifung oben und mit breiteren Pfostenabstand

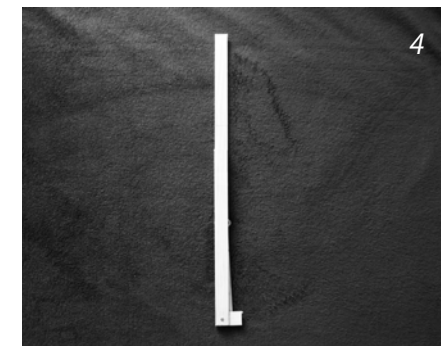
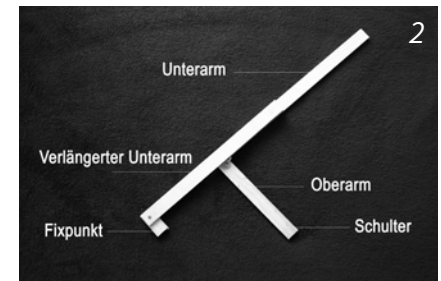
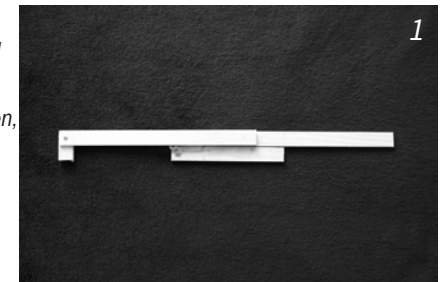
Auskragungen (Rippen), welche zum einen für die Befestigung der Sekundärträger als auch der mittleren Glaspaneele notwendig waren. Die mittleren Glaspaneele ersetzen den Flansch, der ursprünglich aus Holz war, wodurch die Konstruktion heller, transparenter und ein angenehmeres Wohlbefinden ausstrahlte. Die massivere Holzstruktur wurde somit durch Metallprofile und Glas aufgelöst. Am Ende wurden die Pfostenabstände von 1 auf 2 Meter vergrößert, damit die Stütze noch leichter wurde und einen größeren Innenraum zur Verfügung bieten konnte. Somit wurde die finale Form des „Metamorphs“ erreicht.

■ Klappmechanismen der Sekundärträger

Um die Konstruktion für eine größere Überdachungsfläche ausrichten zu können, mussten die Sekundärträger zum einen lang genug sein und zugleich beim Zuklappen nicht mit den Pfosten konfrontieren. Des Weiteren mussten die Sekundärträger an den Enden so ausgeführt werden, damit diese möglichst weit außen liegen konnten und nicht beim Aufklappen mit den Sekundärträgern des eigenen als auch eines zweiten angeschlossenen Moduls, zusammen stießen.

Um überhaupt den Klappvorgang der Sekundärträger verstehen zu können, wurden diese am Modell und anschließend über Animationsprogramme erarbeitet. Im Entwurf ergaben sich zwei Formen von Sekundärträgern die sich nach ihrem Faltvorgang unterscheiden ließen. Beim Ersten

Abb.79. Klappvorgang Sekundärträger wie beim Menschlichen Arm, oben geschlossen, unten offen



(vgl. Vorentwurf 1) handelt es sich um einen Träger, der sich ähnlich wie beim menschlichen Arm öffnen lässt. Dabei ist der „Unterarm“ (vgl. Abb.79) am einen Ende seiner verlängerten Stelle fixiert während der „Oberarm“ an der verschiebbaren „Schulter“ beweglich ist. Beim Näherbringen des Schulterpunktes mit dem verlängerten Endpunkt vom Unterarm, klappt der Sekundärträger zur Gänze auf, während sie sich beim umgekehrten Ablauf schließt.

Der zweite Sekundärträger besteht aus einem Balken, der durch ein Spannseil auf- und zugeklappt wird. Dieser muss stets immer im geschlossenen Zustand auf seinem Vorgänger aufliegen (vgl. Abb.80). Durch den Einsatz und Zusammenspiel dieser Mechanismen, konnte erst eine kompakte und wandlungsfähige Konstruktion entstehen.



Abb. 80. Arbeitsmodell:
Klappvorgang Sekundärträger

V. Entwurfsphase

<i>Das Metamorph</i>	36
<i>Montageablauf</i>	38
<i>Entfaltungsablauf</i>	40
<i>Stückliste</i>	42
<i>Pläne</i>	46
<i>Tragwerksplanung und Systembeschreibung</i>	64
<i>Nutzungsmöglichkeiten</i>	70

■ Das Metamorph

Das „Metamorph“ kristallisierte sich im Laufe der Entwicklungsphasen zu einer Gestalt, die im geschlossenen Zustand wie eine geheime gläserne Truhe wirkt, welche aufgrund ihrer Transparenz eine Leichtigkeit als auch Offenheit wiedergibt und zugleich ihre Umgebung in sich spiegeln lässt. Die eingeklappten Haupt- und Sekundärträger erscheinen aus der Längsseite betrachtet, wie zwei eingeklappte Flügel, die kompakt und zugleich kräftig wirken. Erst beim Öffnen der Flügel erscheint die filigrane Struktur der Sekundärträger und die so gut behütete Natur (die Bepflanzung), die zur Schau gestellt wird.



Abb.81. Illustration der Überdachung im geschlossenen Zustand (Blick aus einer Höhe von 1,75 m bei einer Entfernung von ca. 10 m)

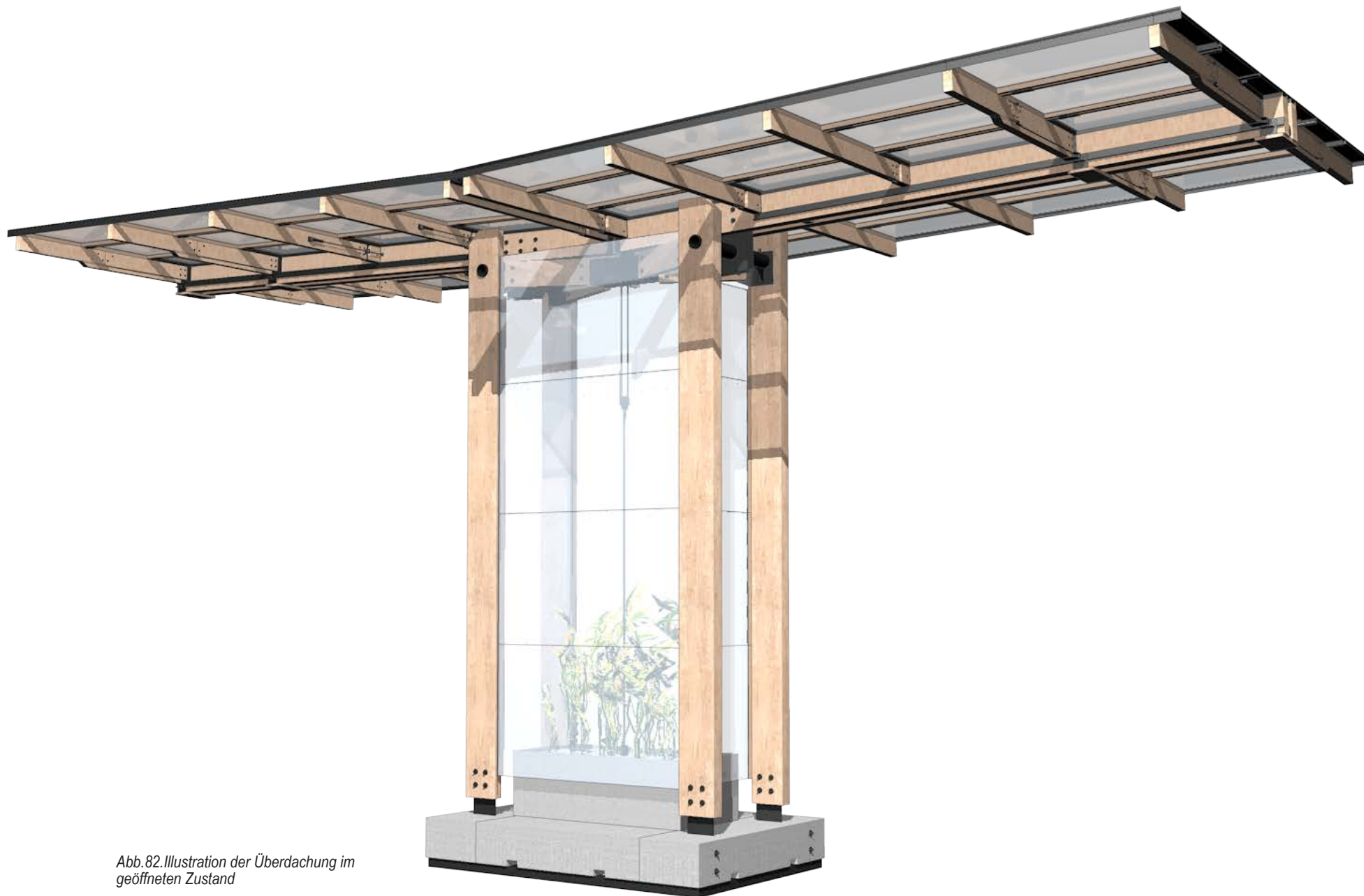
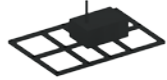


Abb. 82. Illustration der Überdachung im geöffneten Zustand

■ Montageablauf

Abb.83.Montageablauf

1. Fundamentrahmen mit der Seilwinde wird an die gewünschte Stelle platziert



2. Streifenfundamente aus Beton werden auf den Rahmen aufgelegt und miteinander verschraubt



3. Pfostenelemente werden an die Fundamente befestigt



4. Die Pfosten werden miteinander über die obere Aussteifung gekoppelt



5. Die Aussteifungspaneele aus Glas werden vorerst nur an den oberen Bereichen befestigt



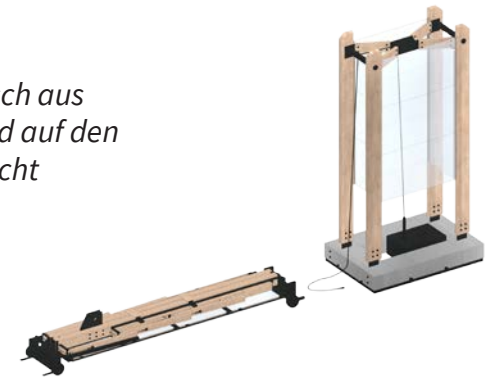
6. Trägerbolzen werden in die oberen Verbindungsprofile eingeführt und anschließend das Montagegeseil angehängt



7. Hauptträger mit Stahlrahmen wird für die Montage vorbereitet



8. Der Trägerflansch aus Glaspaneelen wird auf den Rahmen angebracht



9. Die seitlichen aufklappbaren Glaspaneele werden anschließend am Trägerflansch verbunden



Abb.84.Montageablauf

10. Montageseil wird am Trägerende befestigt und gespannt



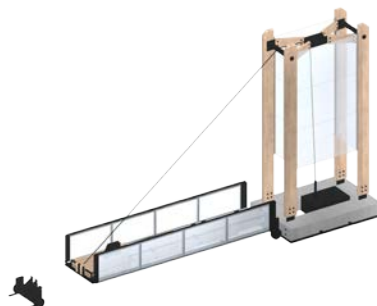
13. Träger mit Anschlussprofil der Stütze verbinden und Stahlrohr wieder hineinschieben



16. Aufklappen der Glaspaneele und Sekundärträger



11. Fahrgestell vom Trägerende wird entfernt



14. Selber Vorgang für die entgegengesetzte Seite. Montageseil durch Abspannseil ersetzen



17. Aufklappen der Hauptträger und Entfernen der Fahrgestelle



12. Hochziehen des Trägers und Aufklappen der seitlichen Glaspaneele. Sobald das Montageseil nicht mehr auf das Stahlrohr aufliegt, muss der Letztere herausgezogen werden



15. Platzierung der Kiste mit der Bepflanzung und anschließend Montage der unteren Aussteifungspaneel aus Glas



■ **Entfaltungsablauf**

1. Konstruktion im geschlossenen Zustand



2. Händisches Öffnen der aufklappbaren Glaspaneel bis zu einem Öffnungswinkel von 92°



3. Aufklappbare Glaspaneel bei maximalem Öffnungswinkel



4. Mechanisches oder händisches Öffnen der Sekundärträger



5. Sekundärträger vollständig geöffnet



6. Verbinden der aufklappbaren Glaspaneel mit den Sekundärträgern



7. Aufklappen des Hauptträgers mittels einer elektrischen Seilwinde



Abb. 85. Entfaltungsabläufe



- *CD mit Animation der Entfaltung*

■ **Stückliste**




Positionsbezeichnung	Element	Elementaufbau	Unterteilung Element	Beschreibung	Material	Länge (mm)	Breite (mm)	Dicke (mm)	Höhe (mm)	Anzahl
VP-K	Verglasungspaneel klappbar									16
	Glasplatte 1			kann auch aus Stegplatten bestehen bei leichteren Konstruktionsvarianten	VSG	696	1164	12		1
	Glasplatte 2			an Glasplatte verklebt	VSG	640	1164	12		1
	Leiste 1 längs			an Glasplatte verklebt	Sperrholz	696	30		41	2
	Leiste 2 längs			an Glasplatte verklebt	Sperrholz	640	30		41	2
	Leiste 3 quer			an Glasplatte verklebt	Sperrholz	1200	36		30	2
	Leiste 4 quer			an Glasplatte verklebt	Sperrholz	1200	30		30	1
	Industrie Scharniere			an Querleisten angeschraubt	Stahl	86	120	3		4
	Dübel				Stahl					16
	Kleber				Zweikomponentenkleber			3		
	Schrauben				Stahl					8
SL1, SR1	Sekundärträger (Seil)									4
	Balken 1				Brettschichtholz Lärche	236	60		130	1
	Balken 2				Brettschichtholz Lärche	1526	60		120	1
	Spannseil				Stahl	1010		6		1
	Anschlussprofil mit Bolzenpressverbindung				Stahl					1
	Abstandhalter für Spannseil				Stahl					1
	Dübel				Stahl					5
	Schrauben				Stahl					12
	Anschlussprofil verdrehbar zwischen Balken 1 und Balken 2				Stahl					1
	Anschlussprofil verdrehbar zwischen Balken 1 und Balken Hauptträger				Stahl					1
SL2, SR2	Sekundärträger (Seil)									4
	Balken 1				Brettschichtholz Lärche	176	60		130	1
	Balken 2				Brettschichtholz Lärche	1586	60		120	1
	Spannseil				Stahl	1070		6		1
	Anschlussprofil mit Bolzenpressverbindung				Stahl					1
	Abstandhalter für Spannseil				Stahl					1
	Anschlussprofil verdrehbar zwischen Balken 1 und Balken 2				Stahl					1
	Dübel				Stahl					5
	Schrauben				Stahl					12
	Anschlussprofil verdrehbar zwischen Balken 1 und Balken Hauptträger				Stahl					1

Abb.86.Stückliste




Positionsbezeichnung	Element	Elementaufbau	Beschreibung	Material	Länge (mm)	Breite (mm)	Dicke (mm)	Höhe (mm)	Anzahl	
SL3, SR3	Sekundärträger (Seil)								4	
	Balken 1			Brettschichtholz Lärche	116	60		130	1	
	Balken 2			Brettschichtholz Lärche	1646	60		120	1	
	Spannseil			Stahl	1130		6		1	
	Anschlussprofil mit Bolzenpressverbindung			Stahl					1	
	Abstandhalter für Spannseil			Stahl					1	
	Anschlussprofil verdrehbar zwischen Balken 1 und Balken 2			Stahl					1	
	Dübel			Stahl					5	
	Schrauben			Stahl					12	
Anschlussprofil verdrehbar zwischen Balken 1 und Balken Hauptträger			Stahl					1		
SL4, SL5, SR4, SR5	Sekundärträger (Schiebeelement)								8	
	Balken 1			Brettschichtholz Lärche	916	60		120	1	
	Balken 2			Brettschichtholz Lärche	860	60		120	1	
	Verlängertes Teilstück von Balken 2			Brettschichtholz Lärche	1102	60		30	1	
	Abstandhalter zwischen Verlängerungsstück und Balken 2			Brettschichtholz Lärche	223	60		15	1	
	Schiebeelement			Stahl und Holz					1	
	Dübel			Stahl					10	
	Schrauben			Stahl					8	
	Anschlussprofil verdrehbar zwischen Balken 1 und Balken 2			Stahl					1	
Anschlussprofil verdrehbar zwischen Balken 1 und Balken Hauptträger			Stahl					1		
H	Hauptträger								2	
	Hauptbalken		stehen versetzt nebeneinander	Brettschichtholz Lärche	5038	100		226	2	
	Rippe		Verbindet die Hauptbalken						1	
		Formrohr			Aluminium	5038	100	4	24	2
		U-Profile	Seitlich an Formrohrrahmen		Aluminium	449	68	4	34	10
	Anschlussprofil Hauptträger und Stütze								1	
		Stahlplatte	Mit Schrauben und Mutter zwischen den		Stahl	450		4	500	2
		Rundrohr	zwischen Stahlplatten geschweißt		Stahl	80	100	4	100	1
		Schrauben mit Mutter			Stahl					12
	Anschlussprofil Hauptträger und Abspannseil, Gabelseilhülse				Stahl					1
Ösen				Stahl					6	

Abb. 87. Stückliste

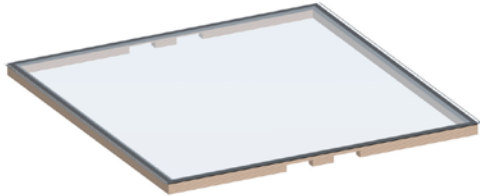



Positionsbezeichnung	Element	Elementaufbau	Beschreibung	Material	Länge (mm)	Breite (mm)	Dicke (mm)	Höhe (mm)	Anzahl
VP-M	Verglasungspaneel mittig								8
		Glasplatte		VSG	1200	1198	12		1
		Leiste 1 längs	mit Nut für Formrohrrahmen	Brettschichtholz Lärche	1148	30		37	2
		Leiste 2 quer		Brettschichtholz Lärche	1200	30		37	2
		Schrauben		Stahl					8
S	Stütze								1
		Abspannseil		Stahl			12		1
		Pfosten		BSH Lärche	4400	300		100	4
		Stahlprofil an Stütze		Stahl					4
		Schrauben und Mutter		Stahl					16
		Schrauben		Stahl					16
AK	obere Auskreuzung der Stütze								1
		Balken		Brettschichtholz Lärche	672	60		200	4
		Stahlprofil mittig mit Seilführung		Stahl					1
		Schrauben mit Mutter		Stahl					16
VP-AQ	Aussteifender Verglasungspaneel quer								6
		Leiste an Glas		Sperrholz	1000	40		45	2
		Glasplatte		VSG	1000	844	12		1
		Dübel		Holz					10
		Kleber		Zweikomponentenkleber					

Abb.88.Stückliste



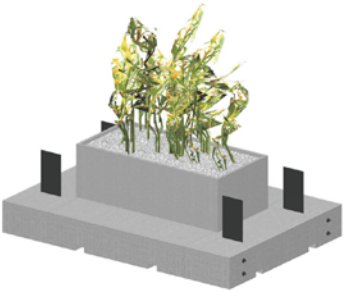
Positionsbezeichnung	Element	Elementaufbau	Beschreibung	Material	Länge (mm)	Breite (mm)	Dicke (mm)	Höhe (mm)	Anzahl
VP-AQO	Aussteifender Verglasungspaneel quer, oben								2
	Leiste an Glas			Sperrholz	700	40		45	2
	Glasplatte			VSG	700	844	12		1
	Kleber			Zweikomponentenkleber					
	Dübel			Holz					8
VP-AL	Aussteifende Verglasungspaneel längs								8
	Leiste an Glas			Sperrholz	1000	40		45	2
	Glasplatte			VSG	1000	1694	12		1
	Kleber			Zweikomponentenkleber					
	Dübel			Holz					10
F	Fundament								1
	Kies								
	Kiesumrandung				1620	729	50	330	1
	Filtervlies								1
	Drainageblech								1
	Betonkörper 1	liegt auf Rahmen drauf	Sichtbeton	2520	535		280		2
	Betonkörper 2	liegt auf Rahmen drauf	Sichtbeton	1700	500		280		2
	Rahmen	unterhalb der Betonkörper	Formroh	1700	2520	4	70		1
	Seilwinde	Seilwinde an Rahmen befestigt							1
	Schrauben mit Mutter		Stahl						8

Abb. 89. Stückliste

■ **Pläne**

- **Draufsicht verkleidet**

Modul mit Blechverkleidung
und den aufgeklappten
Glaspaneelen

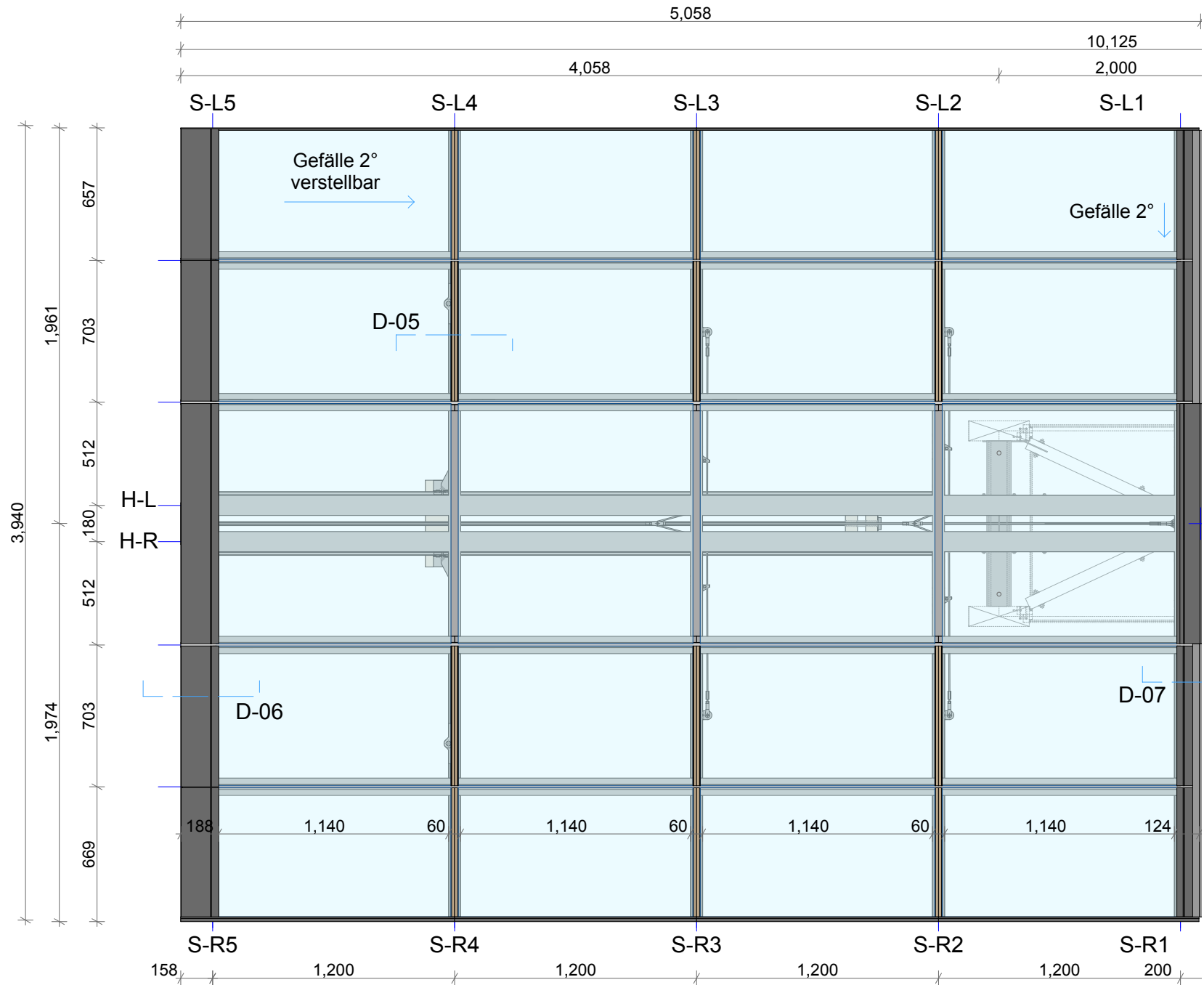
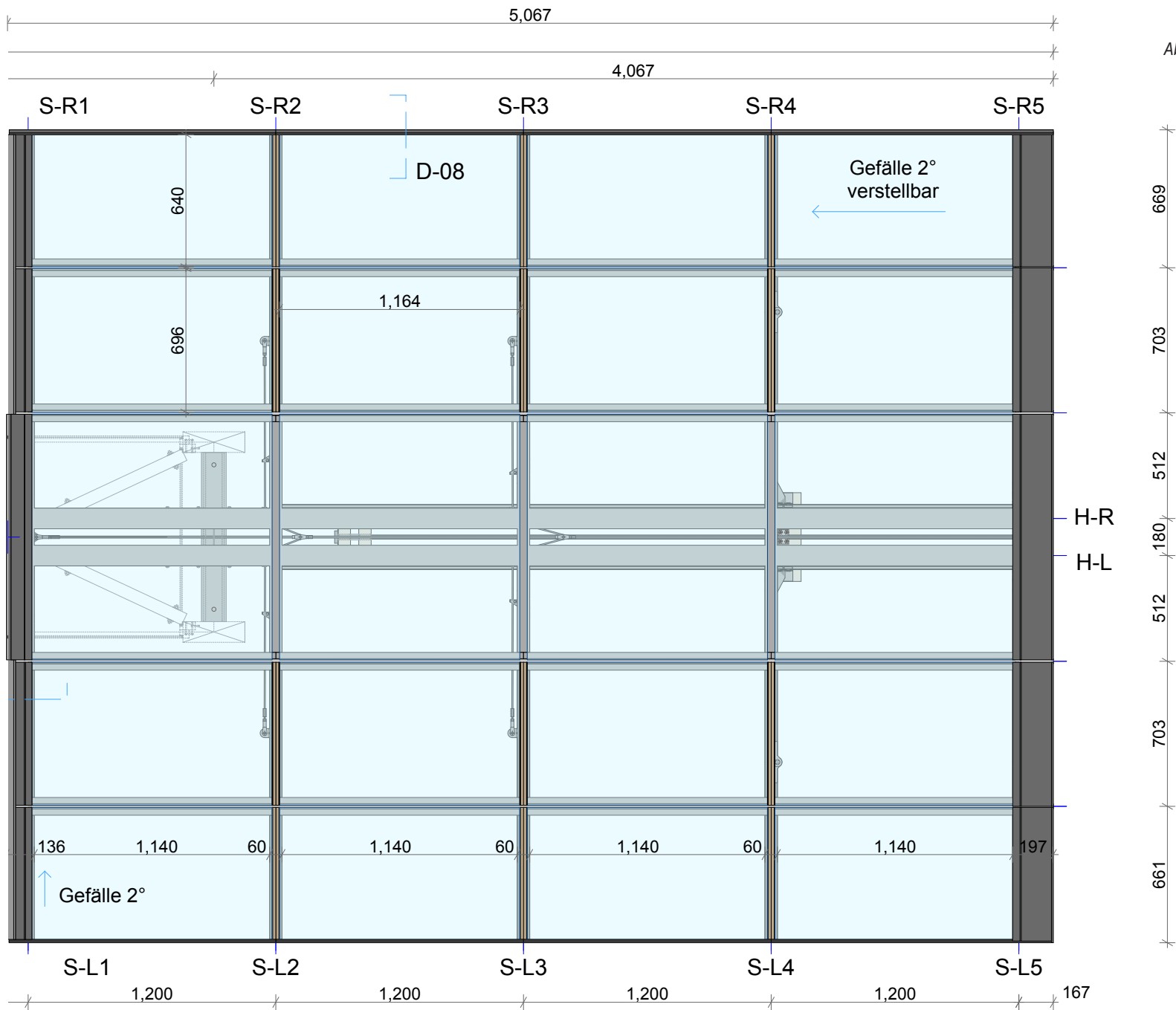
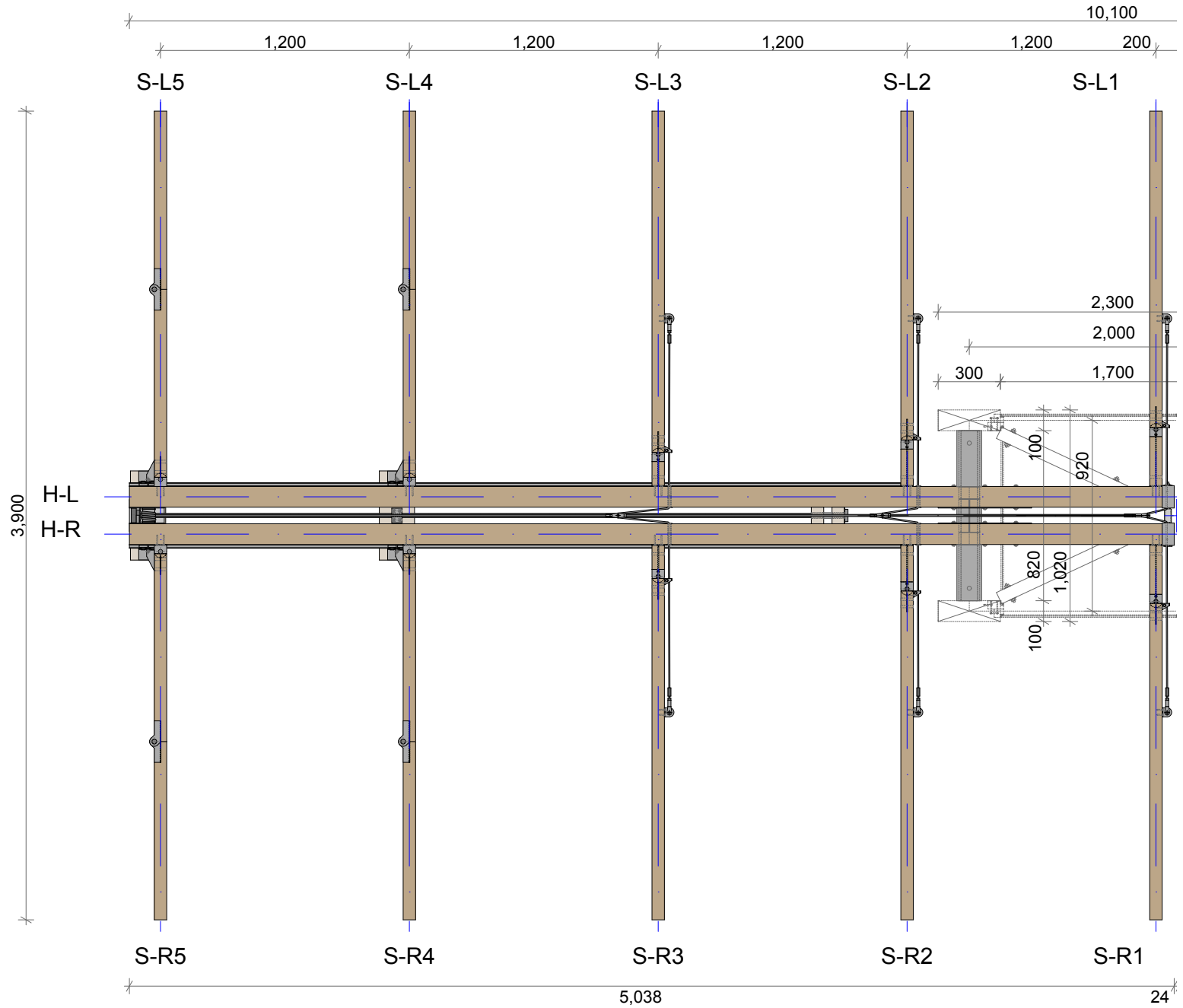


Abb.90.Draufsicht: Modul verkleidet



- **Draufsicht Tragstruktur**

Ohne aufklappbare Glaspaneele am Dach. Sekundärträger vollständig geöffnet



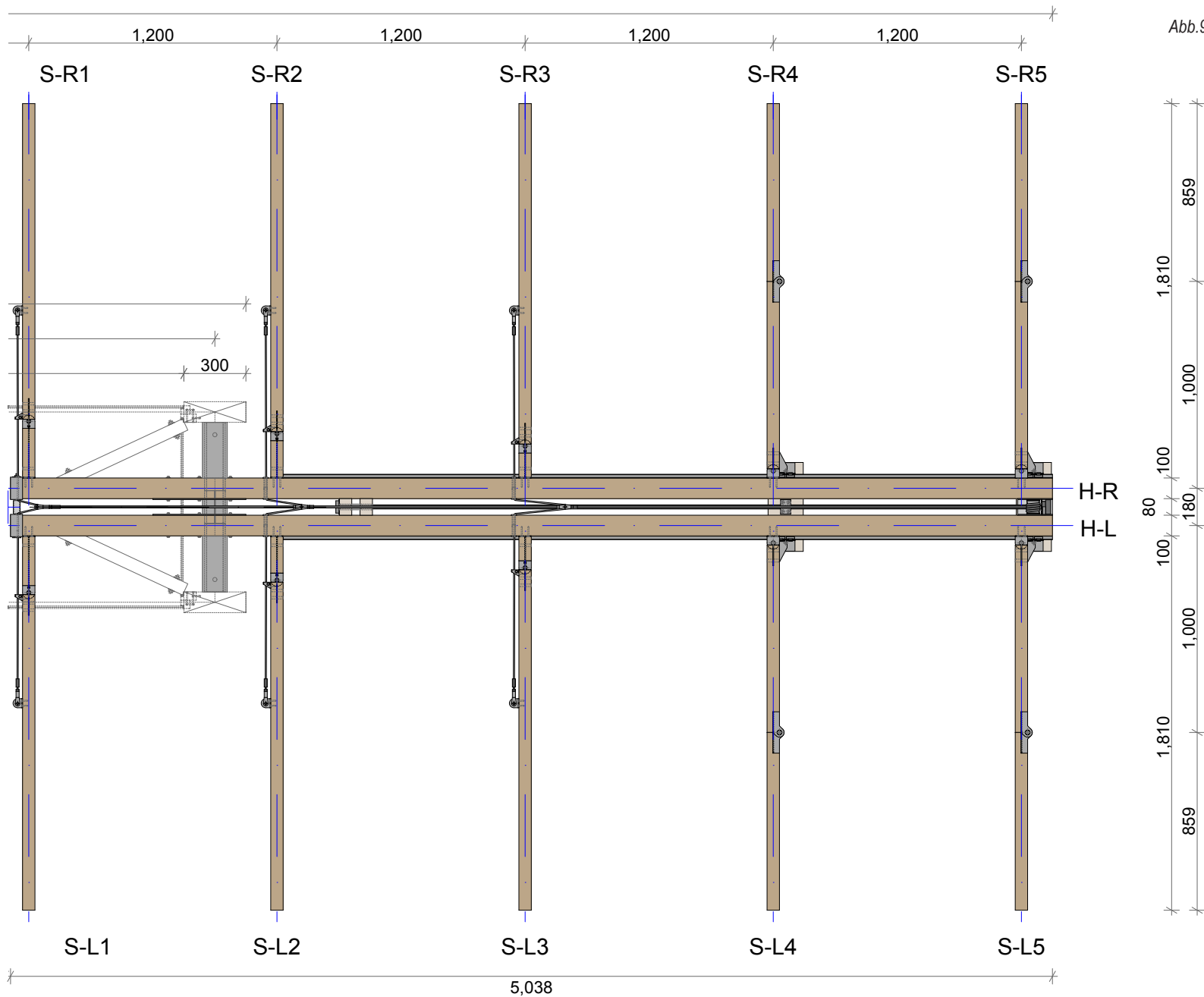
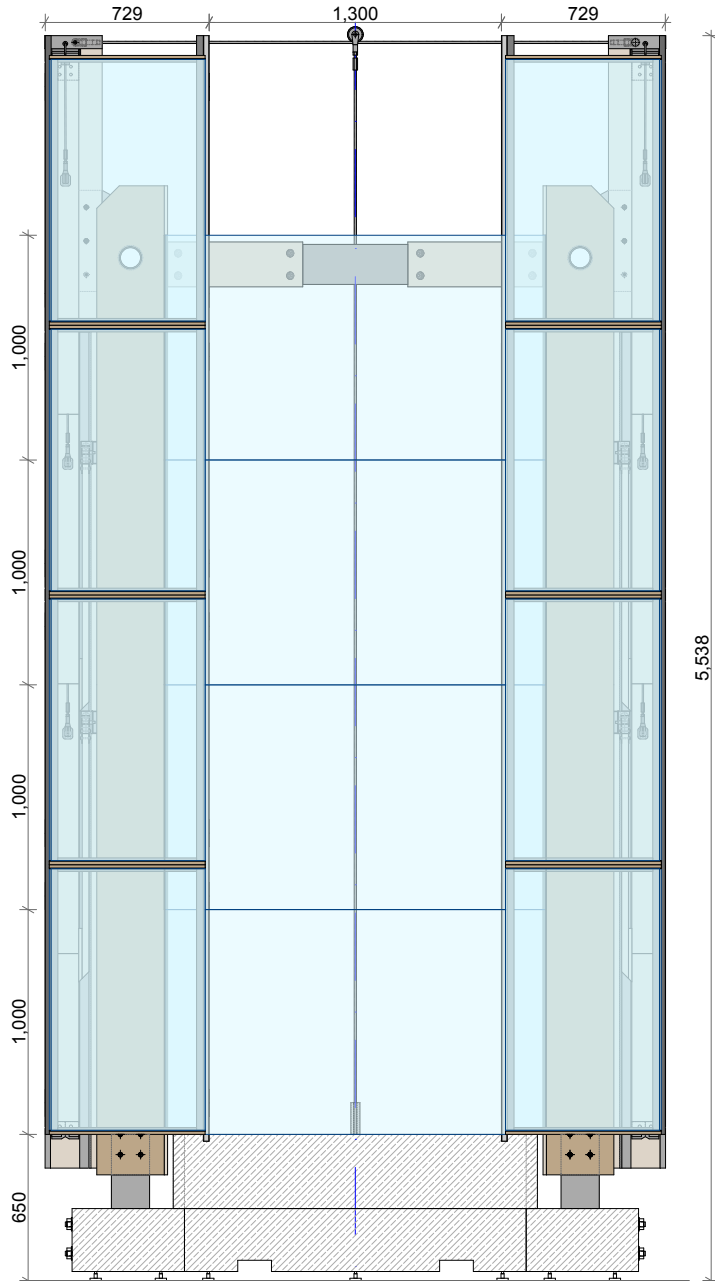
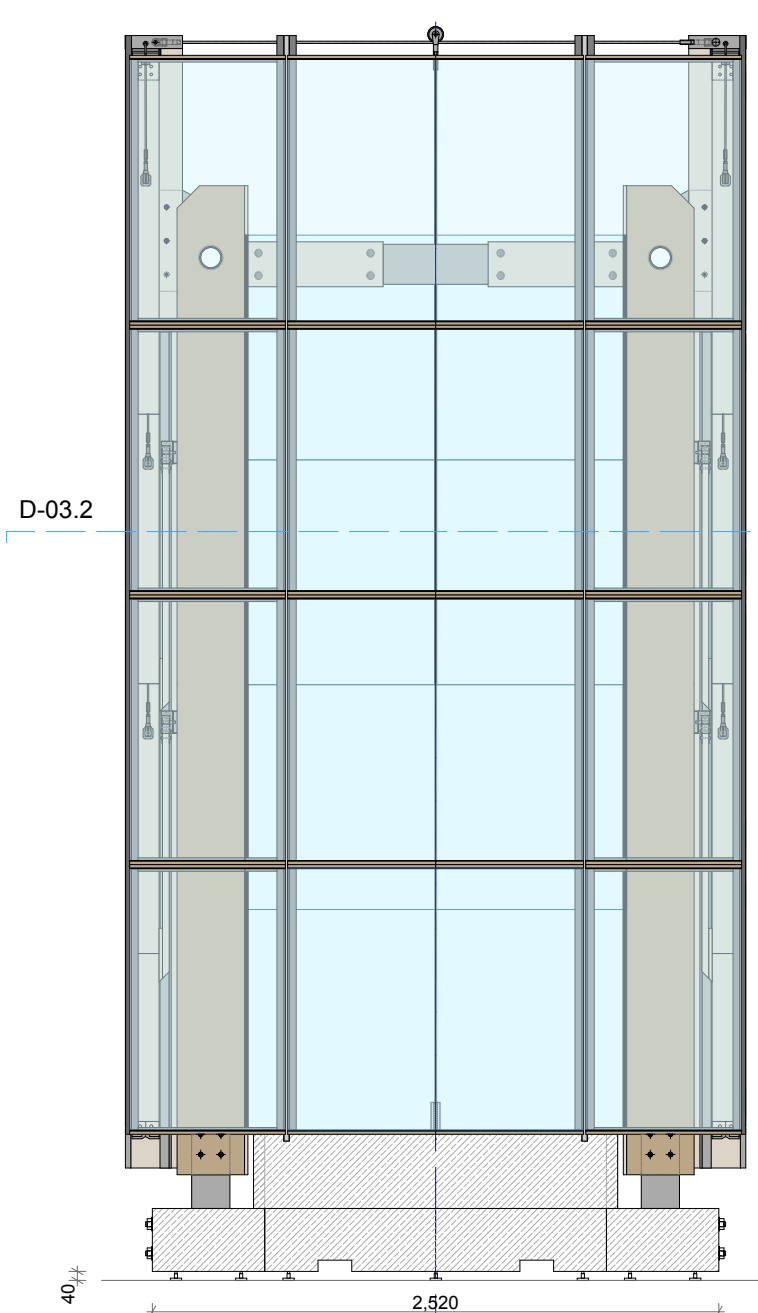


Abb.91.Draufsicht: Tragstruktur Modul

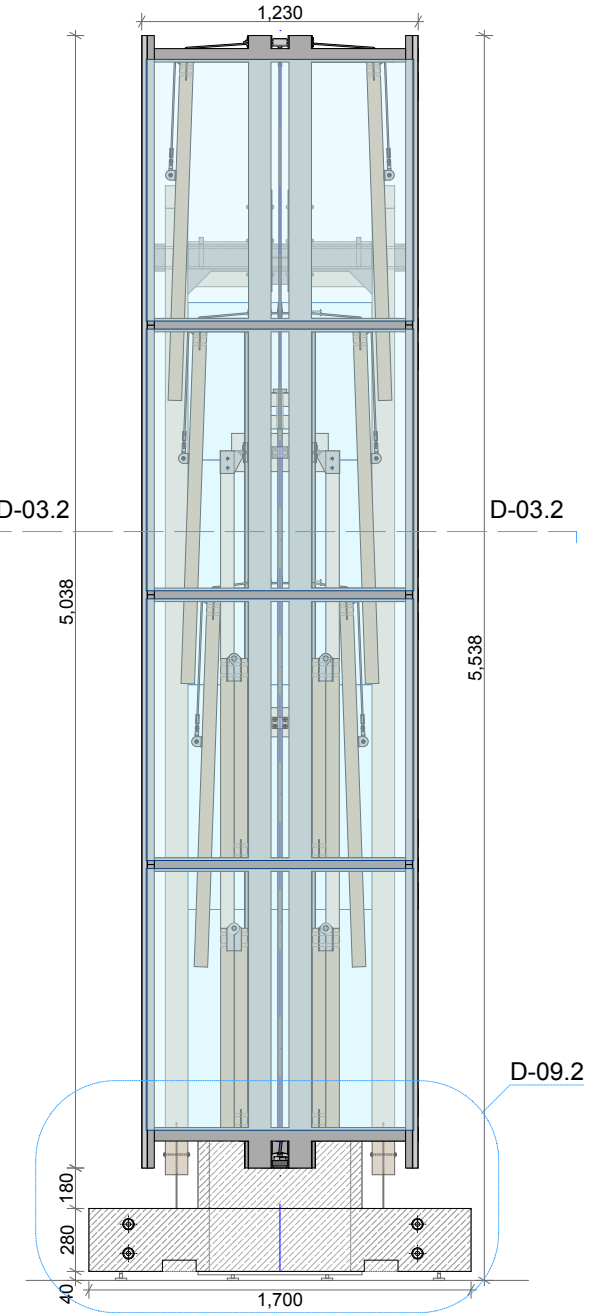
Ansicht 1



Ansicht 2



Ansicht 3



Ansicht 4

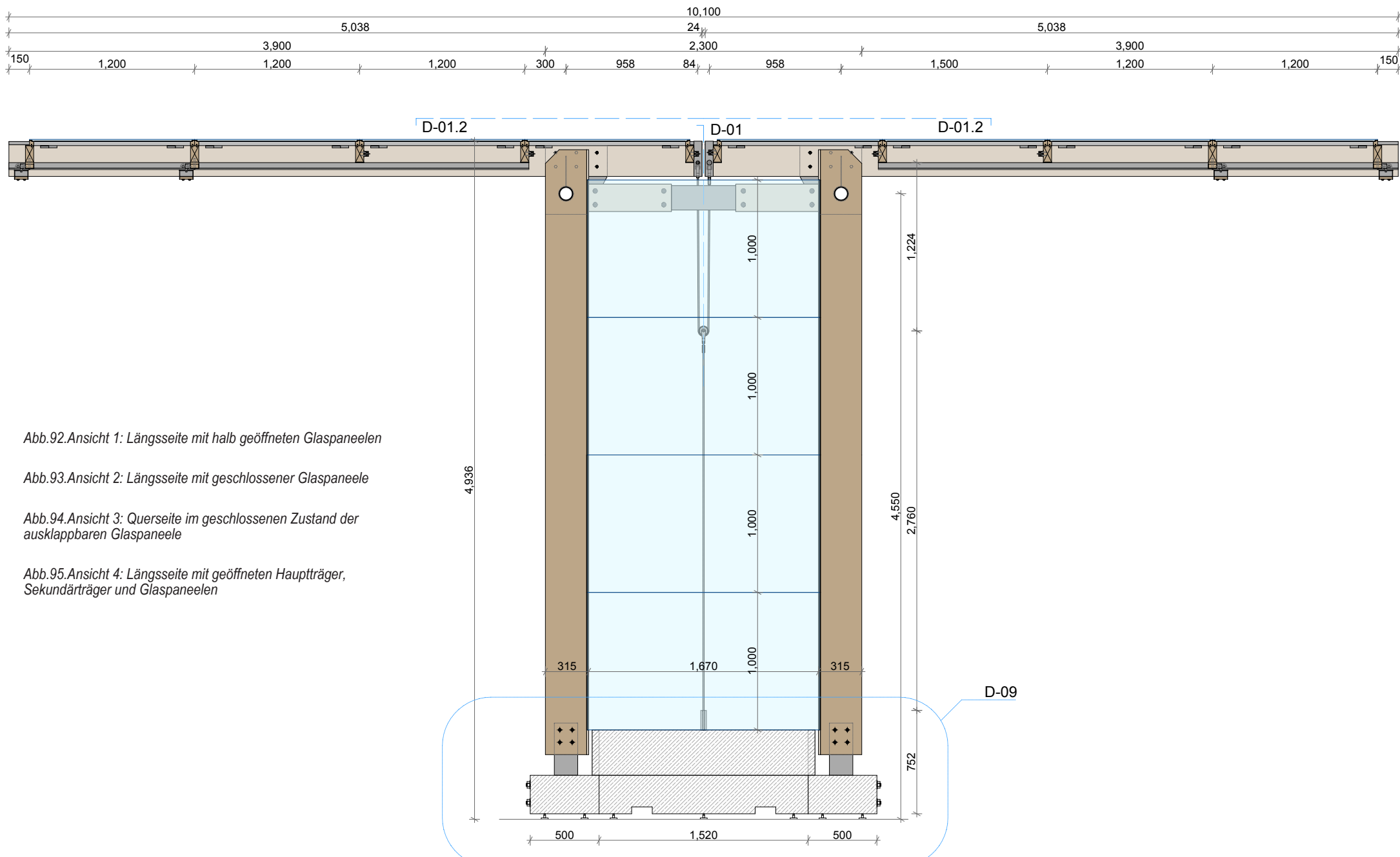


Abb.92.Ansicht 1: Längsseite mit halb geöffneten Glaspaneelen

Abb.93.Ansicht 2: Längsseite mit geschlossener Glaspaneel

Abb.94.Ansicht 3: Querseite im geschlossenen Zustand der ausklappbaren Glaspaneel

Abb.95.Ansicht 4: Längsseite mit geöffneten Hauptträger, Sekundärträger und Glaspaneelen

Ansicht 5

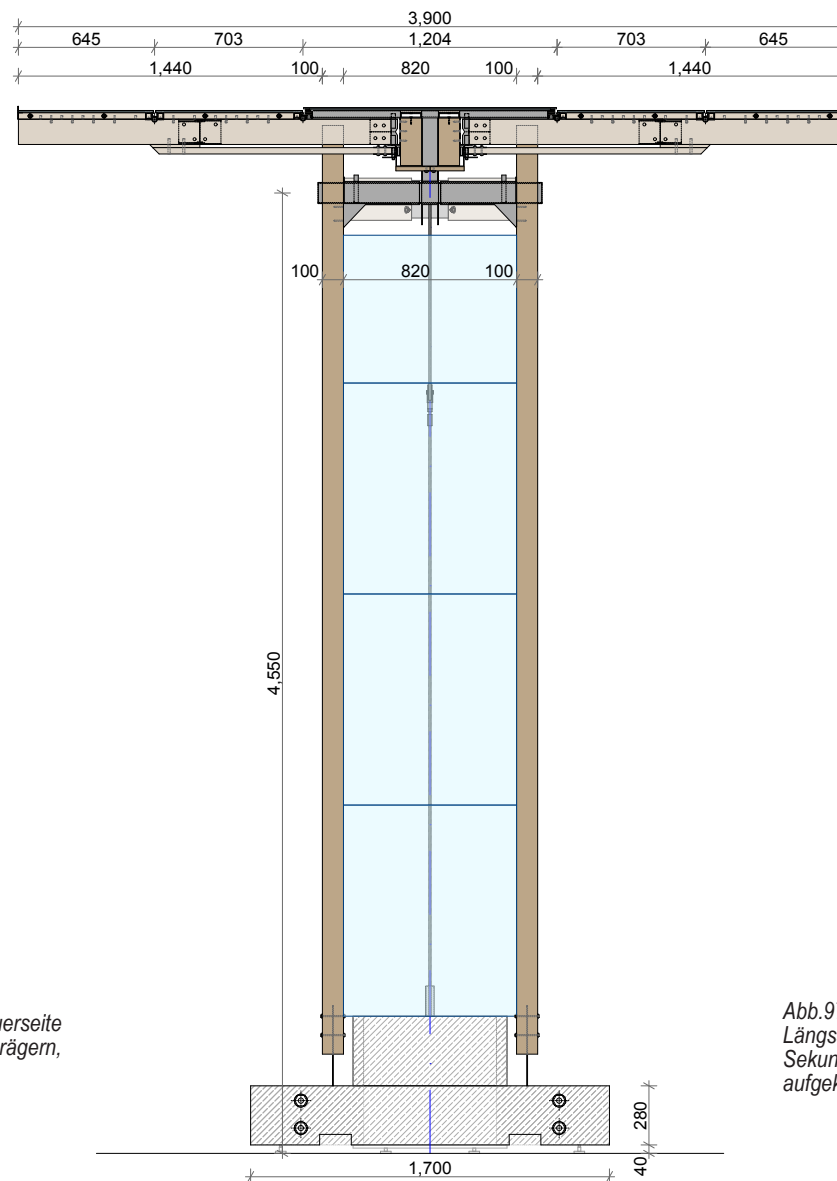


Abb.96.Ansicht 5 : Querseite mit geöffneten Hauptträgern, Sekundärträgern und Glaspaneelen

Ansicht 6

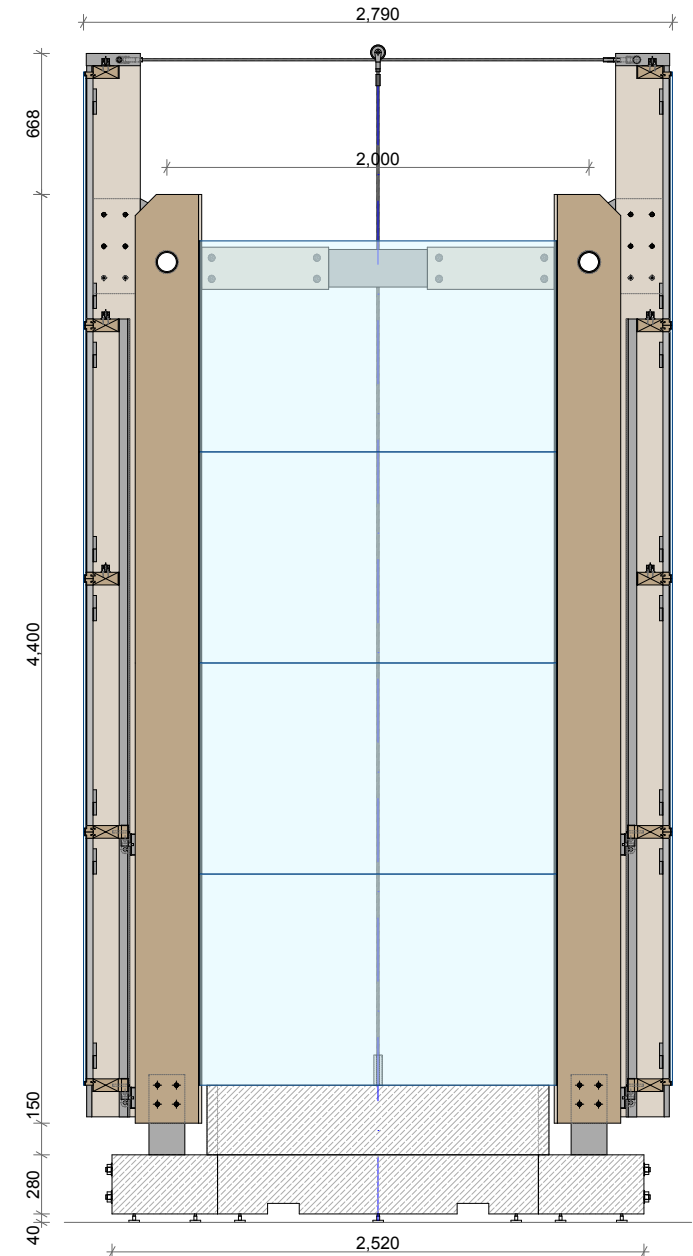
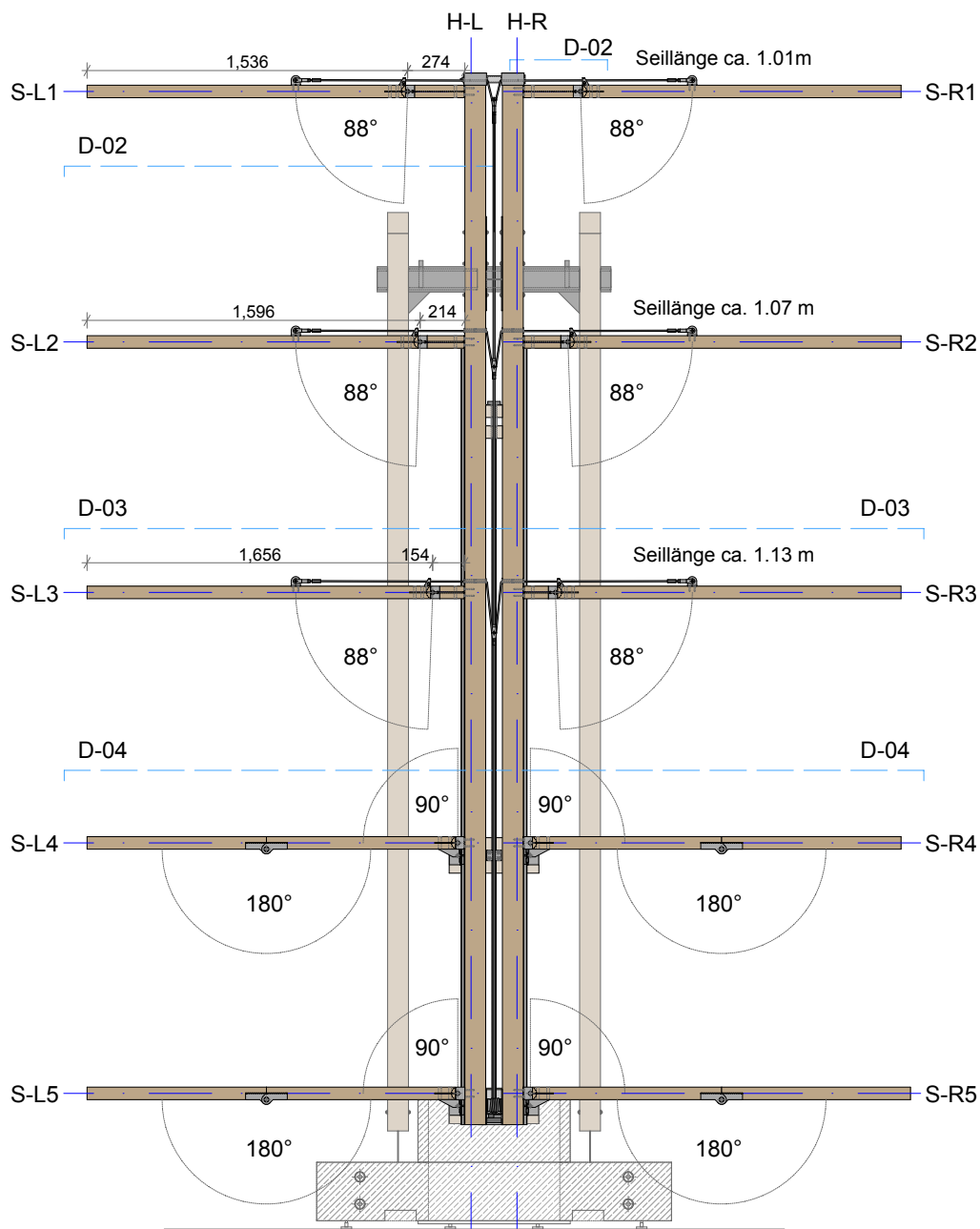


Abb.97.Ansicht 6 : Längsseite mit geöffneten Sekundärträgern und aufgeklappten Glaspaneelen

Ansicht 7



Ansicht 8

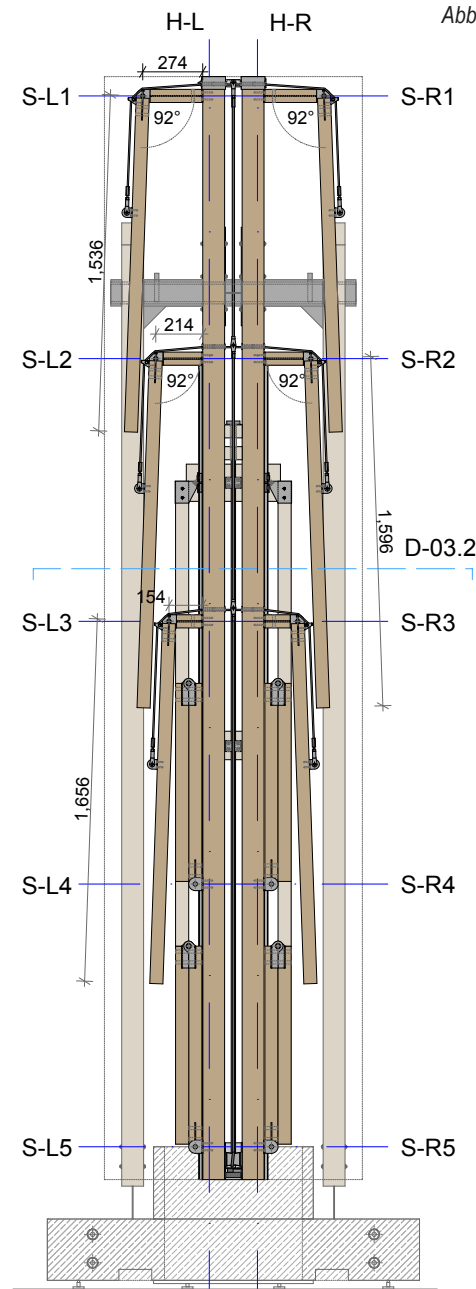


Abb.98.Ansicht 7: Querseite, Sekundärträger im geöffneten Zustand
Abb.99.Ansicht 8: Querseite, Sekundärträger im geschlossenen Zustand

Durch das Ziehen der Spannseile werden die Sekundärträger 1,2 und 3 aufgeklappt, während die Sekundärträger 4 und 5 über eine Kurbelstange betätigt werden.



Distanz der Schiebelemente der Sekundärträger von der geschlossenen bis zur offenen Position ca. 1,893 m

Das Diagramm zeigt den Weg, den die Schiebelemente der Sekundärträger 4 und 5 durchlaufen müssen, damit diese auf- und zuklappen.

- **Detail: Aufklappbare Glaspaneel**



Die Glaspaneel bestehen aus VSG, können aber auch aus Stegplatten ausgeführt werden, die zwar leichter jedoch anfälliger auf Verschmutzung wirken.

Scharnier zum Befestigen an die mittleren Glaspaneel



Dübel, unterhalb der Leisten

Abb.105. Illustration: Aufklappbares Glaspaneel, offen

Abb.100.Schnitt B-B

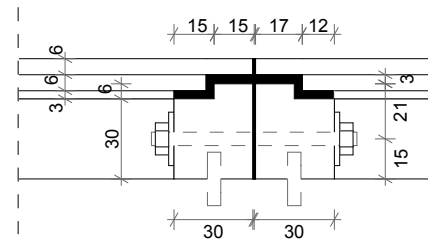


Abb.101.Schnitt C-C

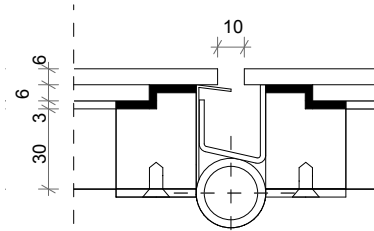


Abb.102.Schnitt D-D

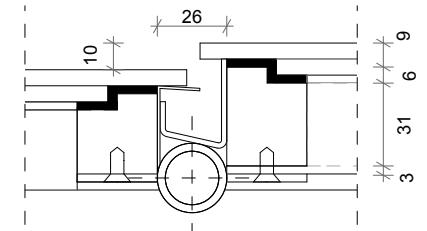


Abb.103.Ansicht A-A

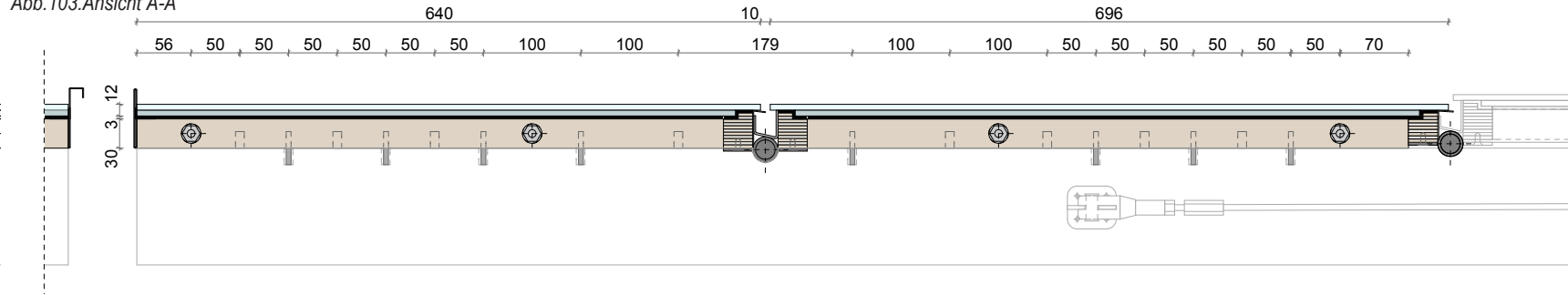


Abb.104.Draufsicht: aufklappbares Glaspaneel

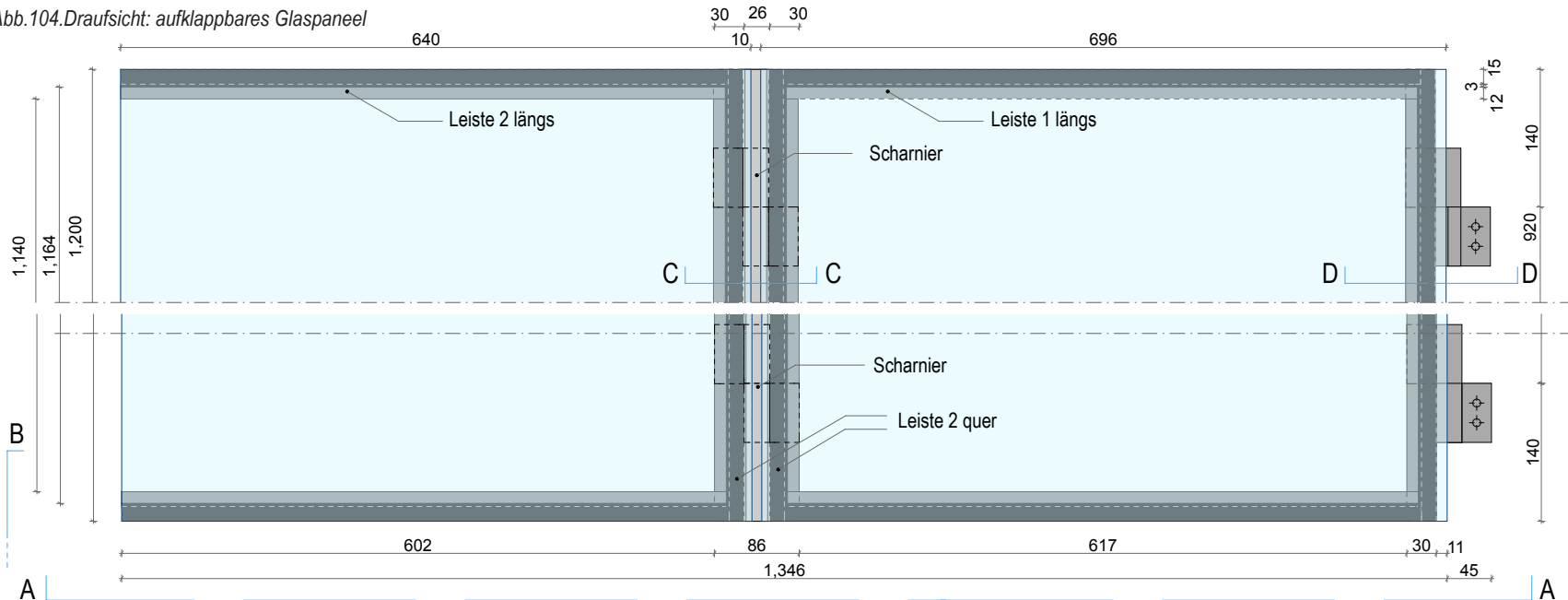
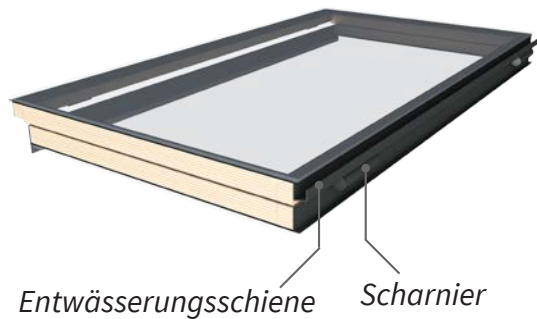




Abb.108. Aufklappbares Glaspaneel, zusammengeklappt



Die Dübel beider Leisten
verzahnen sich

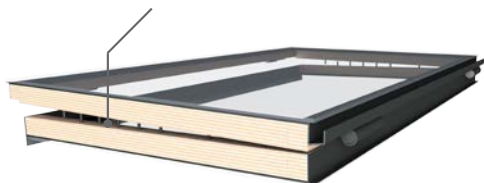
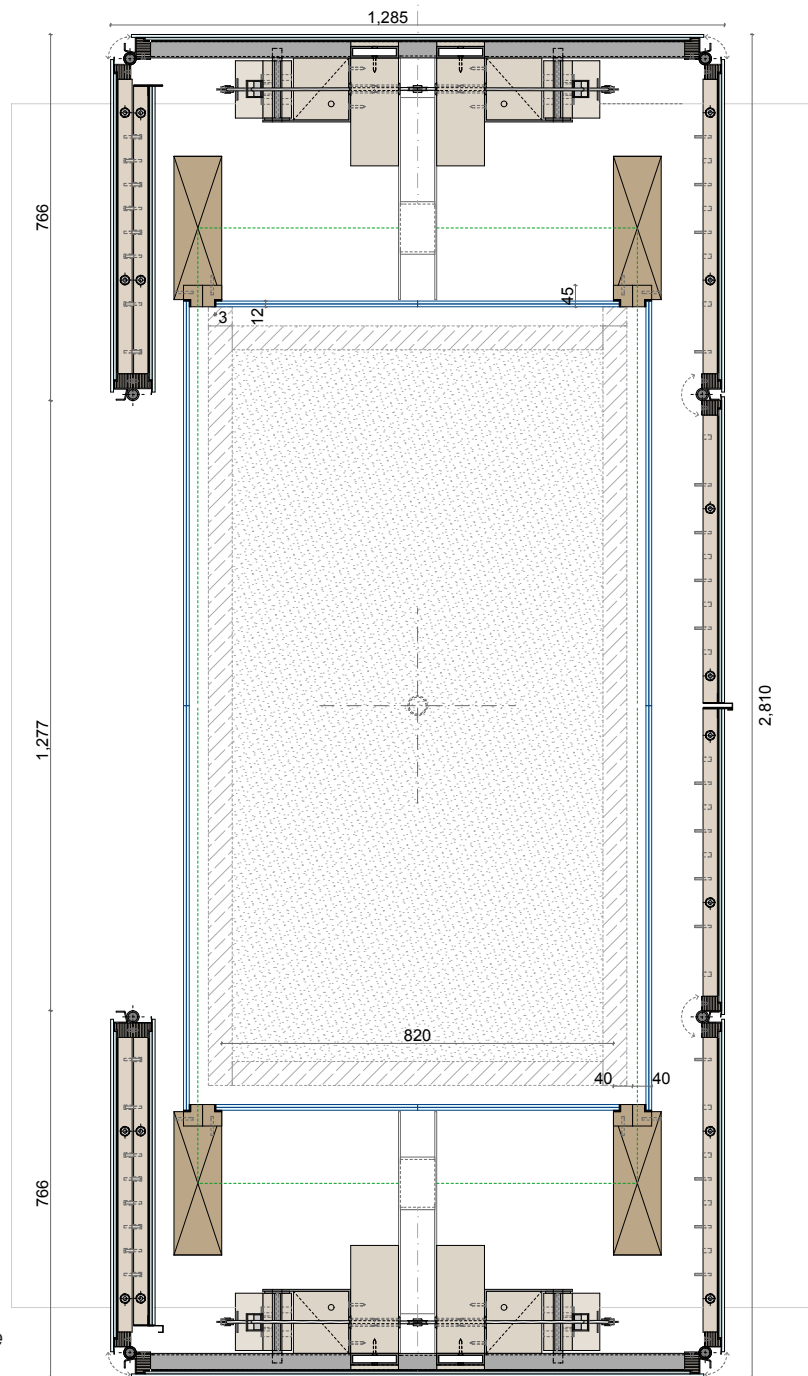


Abb.109. Verzahnung der Leisten bei den aufklappbaren
Verglasungspaneelen

Abb.107. Grundriss: Stütze mit geschlossenen Haupt- und
Sekundärträgern, auf der linken Seite sind die Glaspaneel
zusammen- und auf der rechten, aufgeklappt



- **Detail: Aussteifende Glaspaneel**

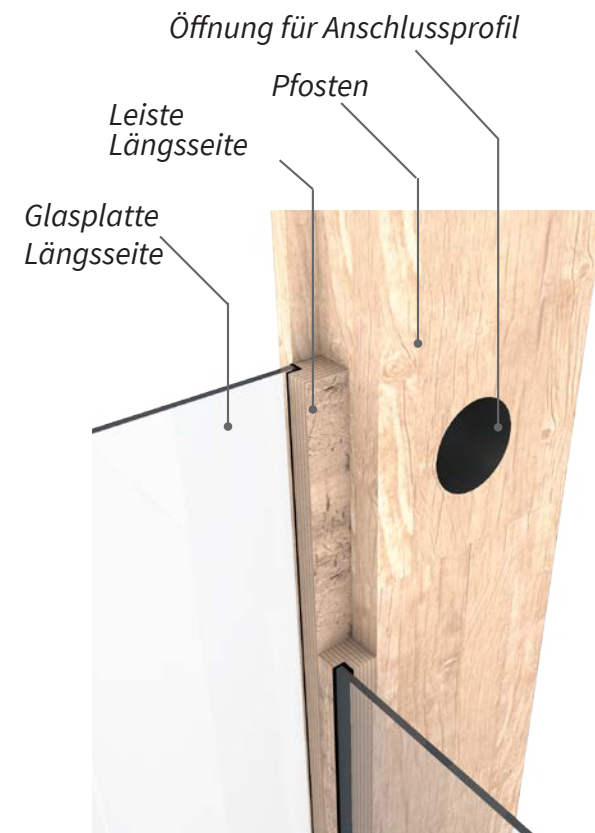
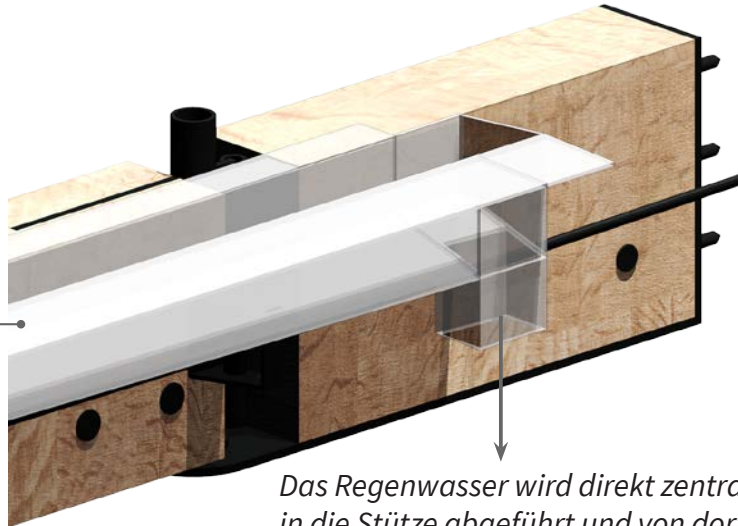


Abb.106. Illustration: Anschluss Pfosten
mit aussteifenden Verglasungspaneelen

- **Detail: Sekundärträger 1**



Abb.112.Illustration Regenrinne an Sekundärträger 1



Die Regenrinne ist am klappbaren Teil des Sekundärträgers (Balken 2) befestigt und ist somit verschließbar.

Das Regenwasser wird direkt zentral in die Stütze abgeführt und von dort aus in die Drainagebehälter, gefüllt mit Kies, abgeleitet.

Abb.111.Querschnitt: Anschlussdetail zweier Regenrinnen

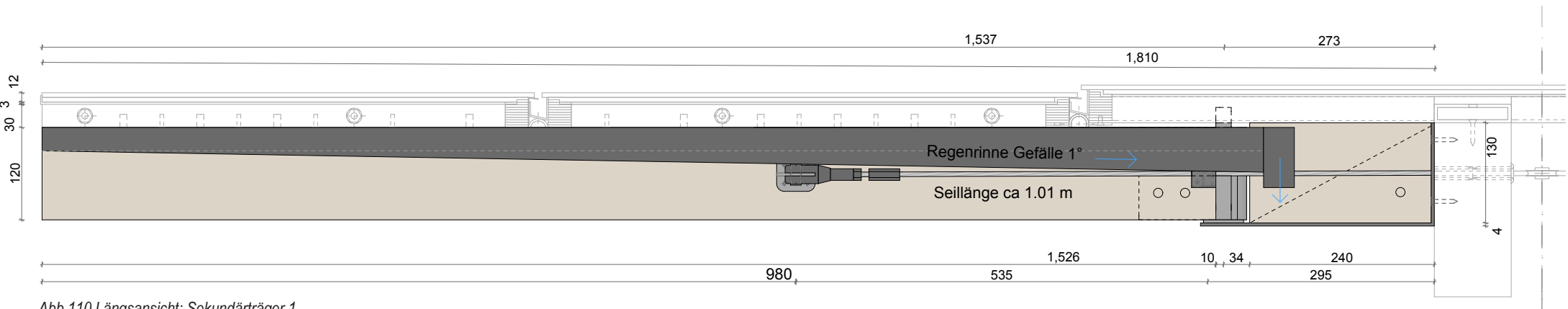
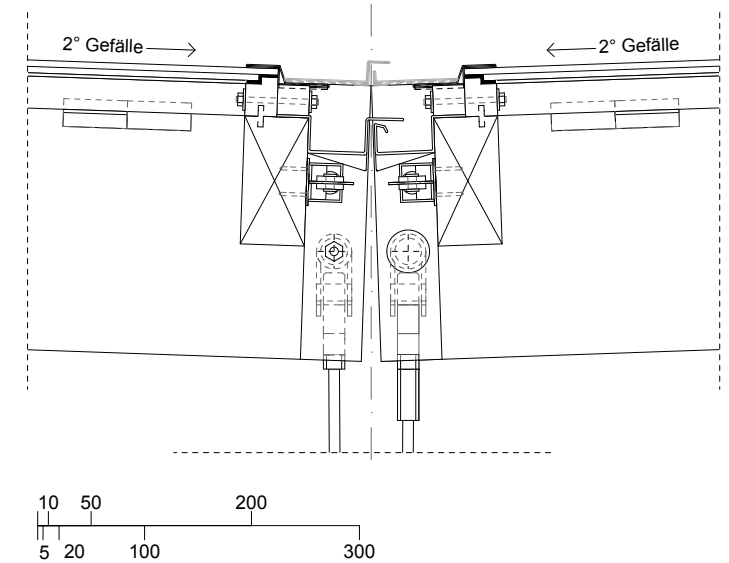


Abb.110.Längsansicht: Sekundärträger 1

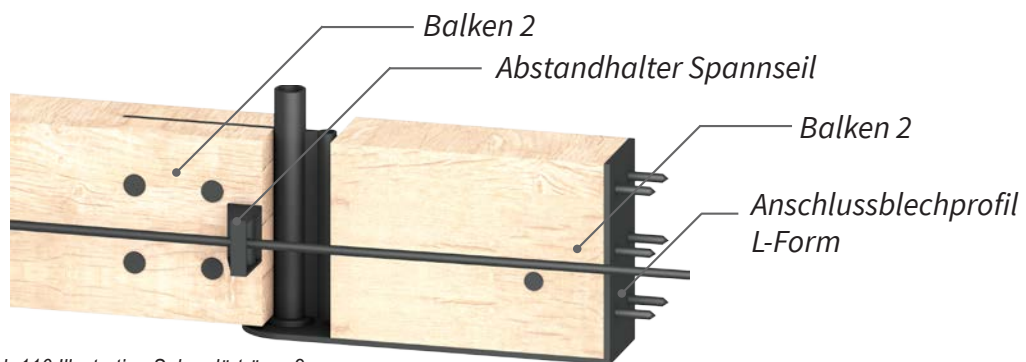


Abb.116.Illustration Sekundärträger 2

Bei dieser Variante der Sekundärträger wird das Auf- und Zuklappen über Spannseile ausgeführt. Dabei wird durch das länger und kürzer werden des Spannseils zwischen den beiden Hauptträgerbalken, die Spannseile der Sekundärträger gezogen.

- **Detail: Sekundärträger 2 und 3**

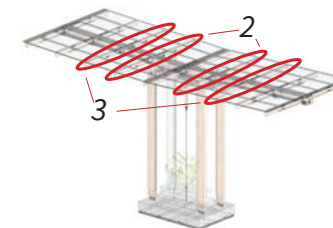


Abb.113.Längsansicht: Sekundärträger 3

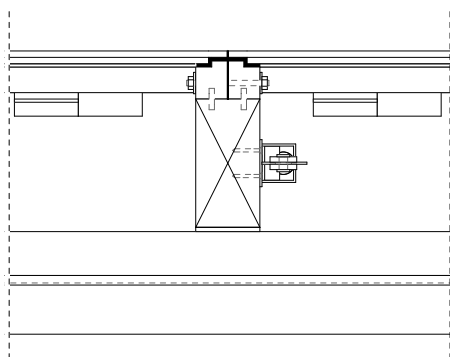
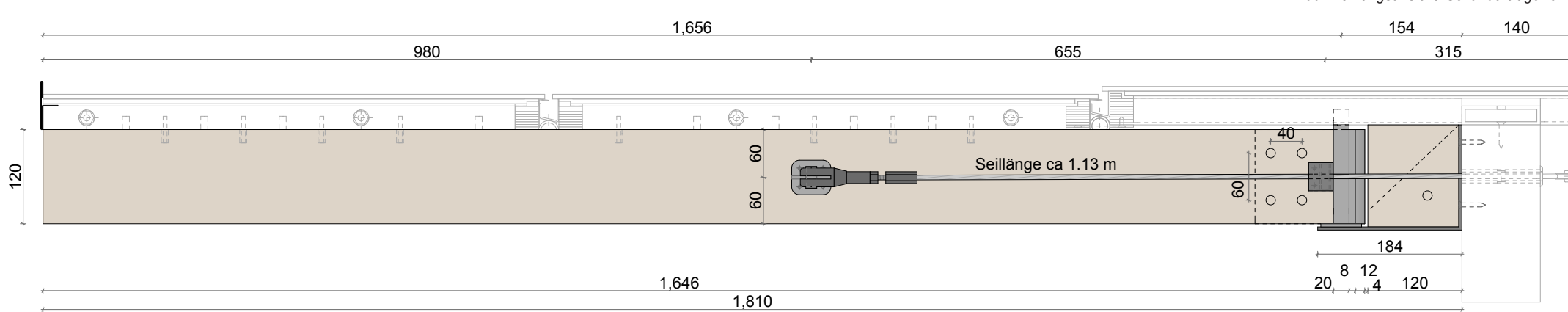


Abb.114.Querschnitt: Sekundärträger 2 u. 3

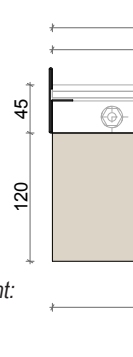
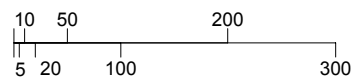
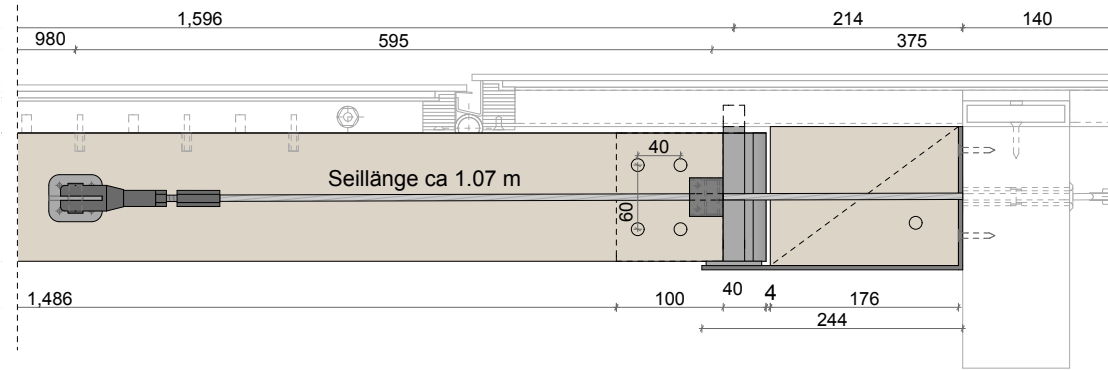


Abb.115.Längsansicht: Sekundärträger 2



- **Detail: Sekundärträger 4 und 5**



Diese Sekundärträger öffnen sich mittels einer Kurbelstange, durch deren Drehen das Schiebeelement verschoben wird und sich der Träger scherenförmig aufklappen lässt.

Abb.117. Queransicht: Sekundärträger 5 am Anschlusspunkt zweier Module

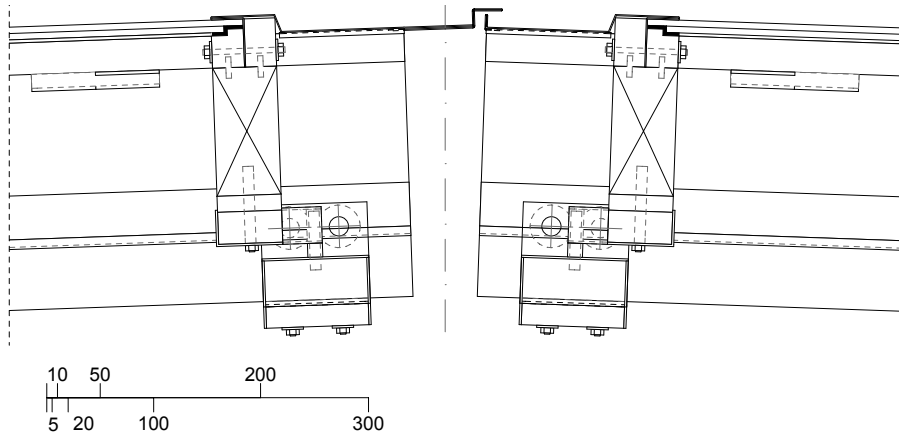


Abb.118. Queransicht: Sekundärträger 4

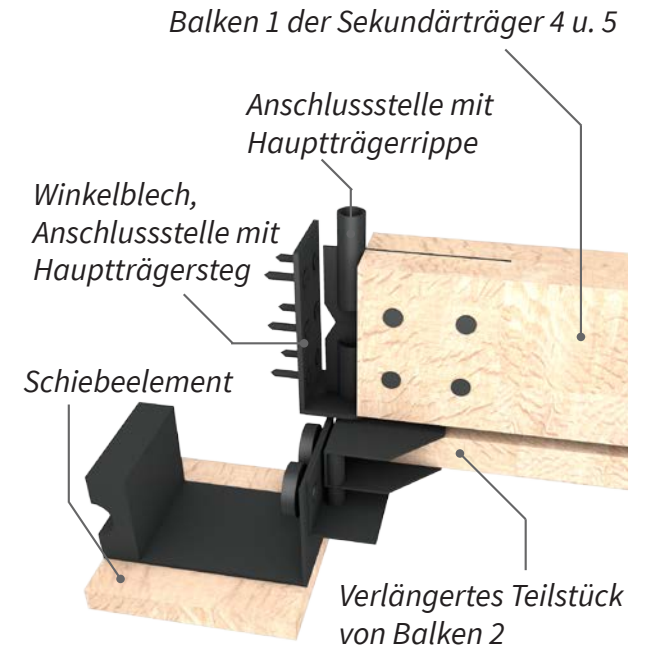
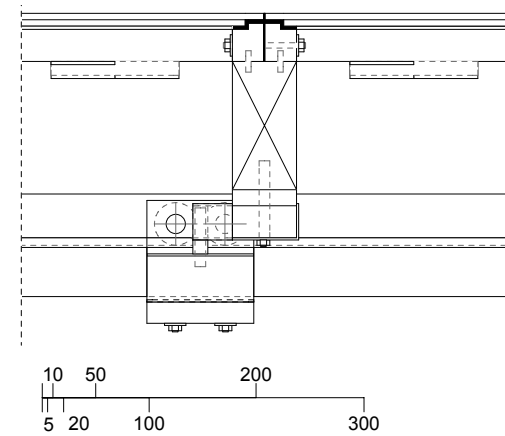
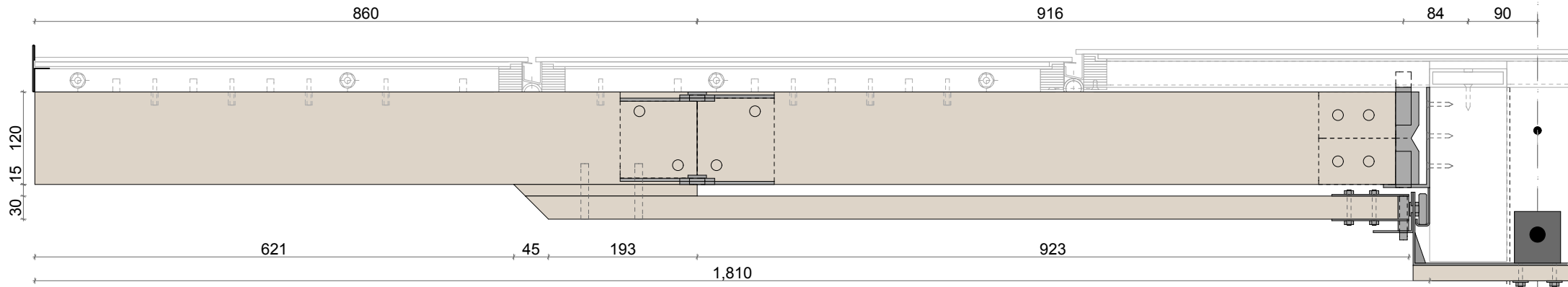


Abb.120. Illustration Sekundärträger 4 u. 5

Abb.119. Längsansicht: Sekundärträger 4 u. 5



- **Detail: Hauptträger mit Verglasungspaneele auf der Rippe**

Abb.121. Anschluss der mittleren Glaspaneelen mit den Hauptträgerrippen

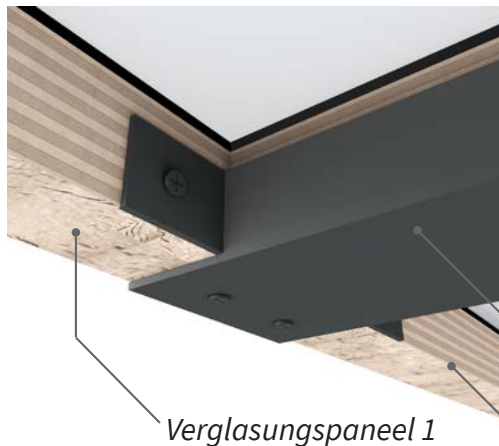


Abb.123. Queransicht: Hauptträger mit mittlere Glaspaneele montiert

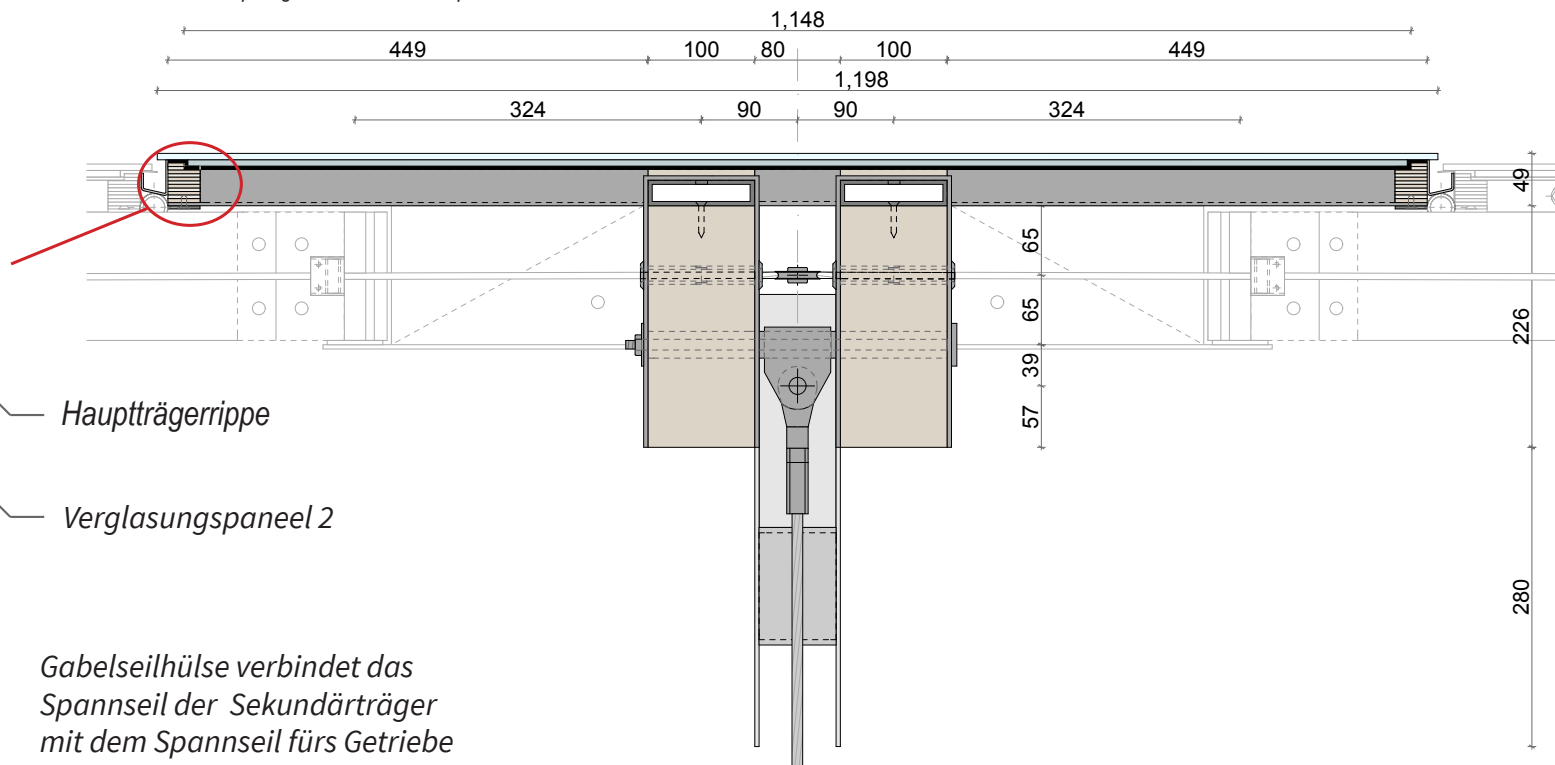
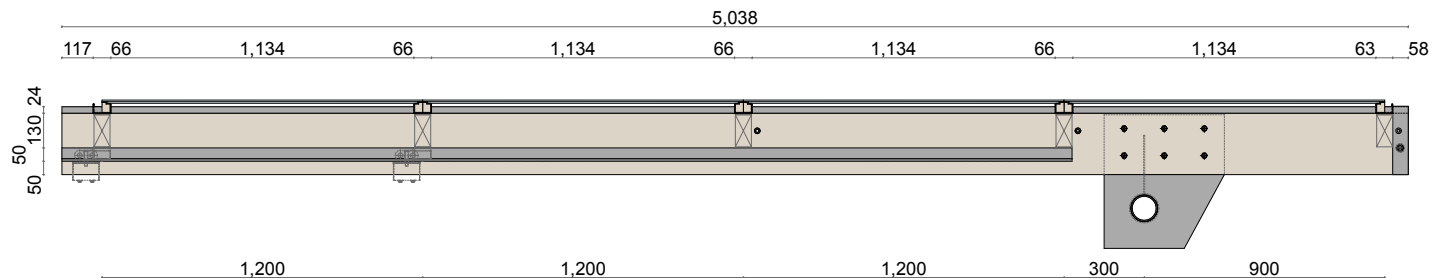


Abb.122. Anschluss Hauptträger mit Abspannseil



Gabelseilhülse verbindet das Spannseil der Sekundärträger mit dem Spannseil fürs Getriebe

Abb.124. Längsansicht: Hauptträger mit mittlere Glaspaneele montiert



Spannseil Sekundärträger 1

- **Detail: Hauptträger mit Verglasungspaneele auf der Rippe**

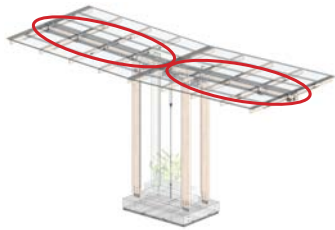
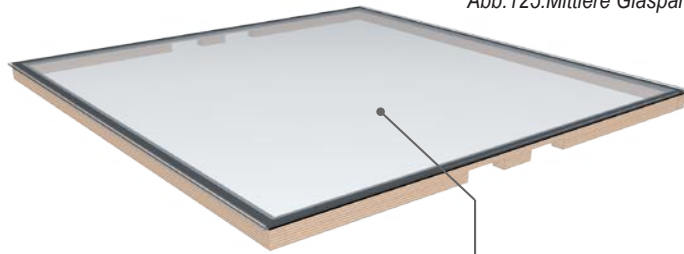


Abb.125.Mittlere Glaspaneele



Die Glaspaneele können mit Folien zum Schutz gegen Blenden oder Überhitzen der überdachten Fläche, als auch zur Energiegewinnung mit Solarzellen ausgestattet werden.

Anschlussstelle mittlere Glaspaneele mit Hauptträgerrippe (vgl. Illustration auf der linken Seite)

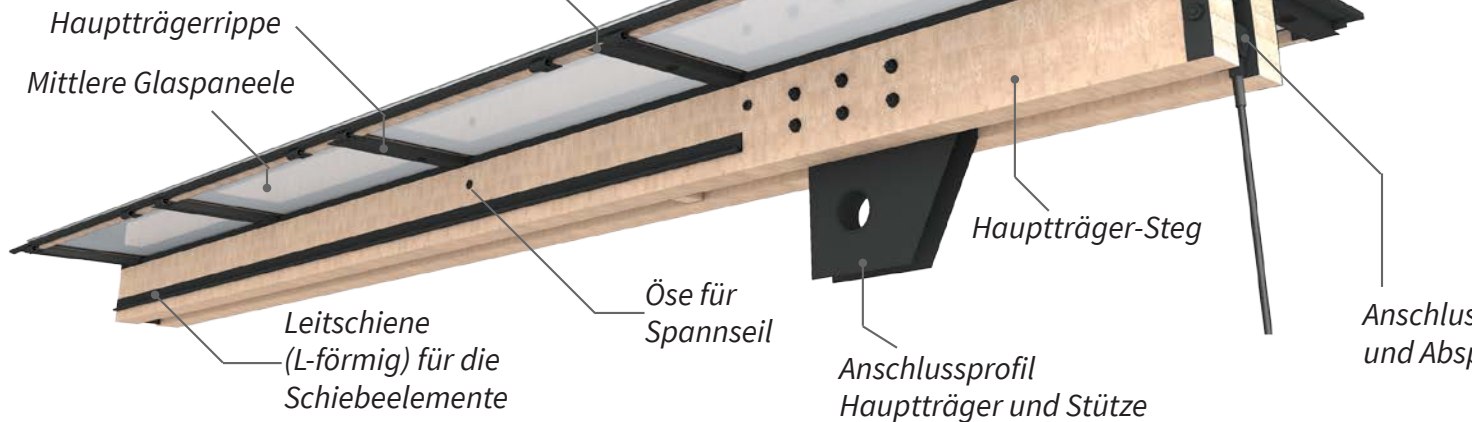


Abb.126.Hauptträger mit den mittig angeordneten Glaspaneelen am Flansch

Abb.128.Längsansicht: Anschluss mittlere Glaspaneele

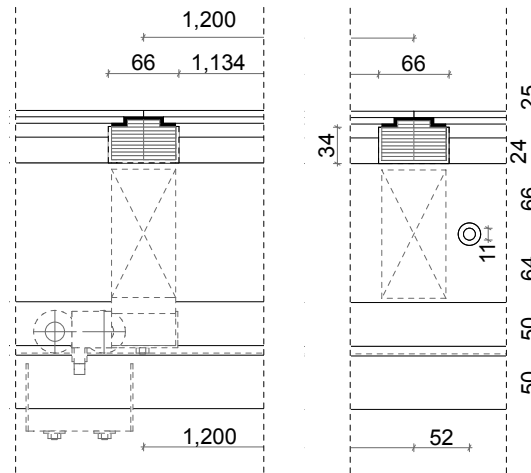
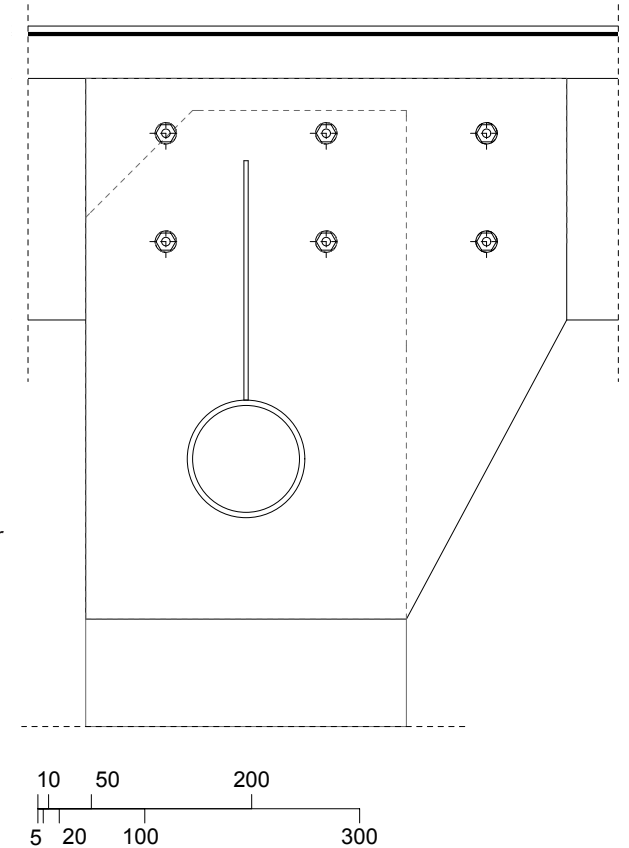


Abb.127.Längsansicht: Anschlussprofil Hauptträger und Stütze



- **Detail: Anschluss Pfosten**

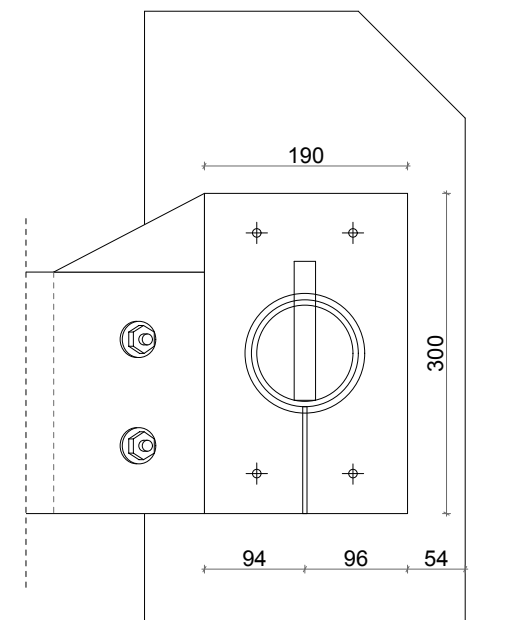
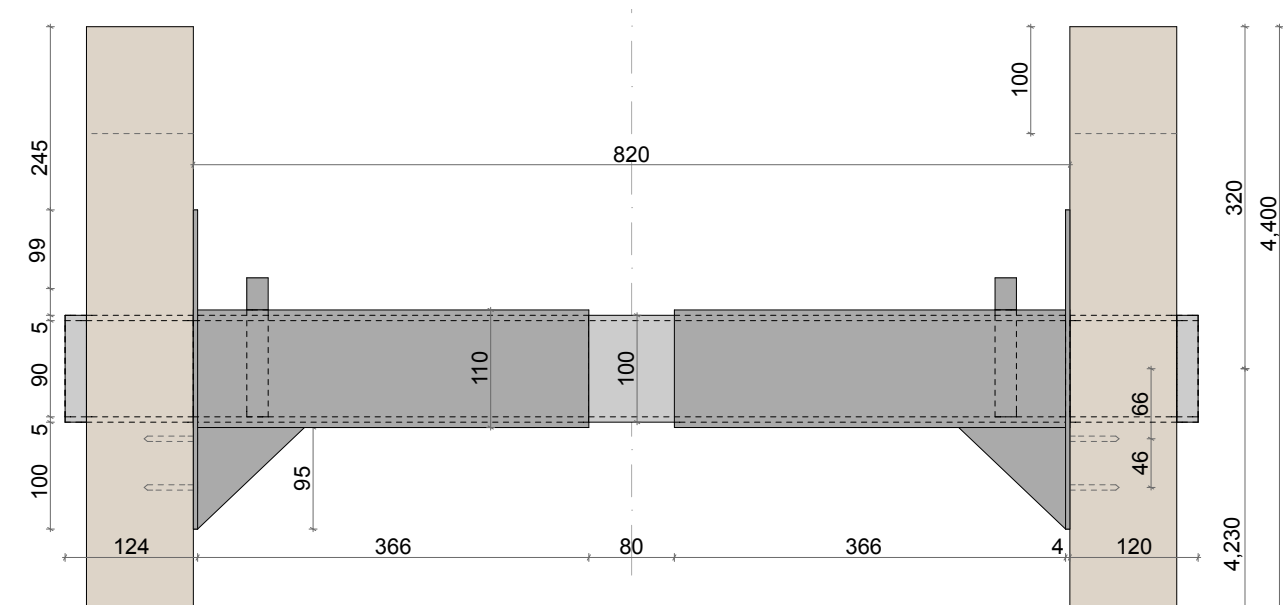


Abb.130.Längsansicht: Pfosten mit Anschlussprofil und Auskreuzungselement

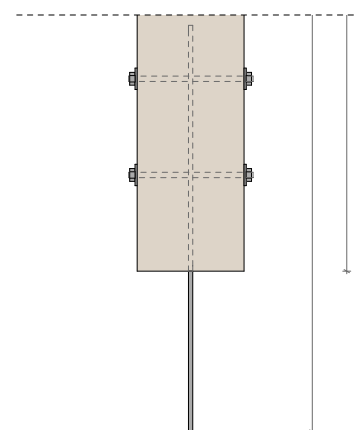
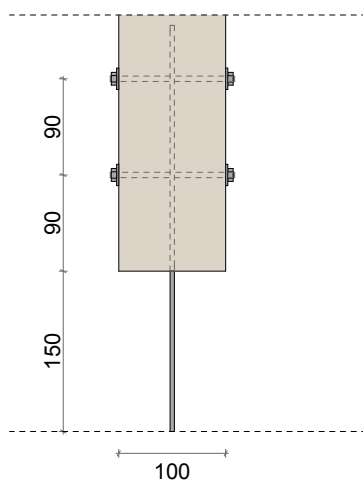


Abb.131.Pfosten mit Anschlussprofil und Pfostenfuß



Abb.129.Anschlussprofil am Pfosten

- **Detail: Aussteifung der Pfosten mittels Auskreuzungselement**

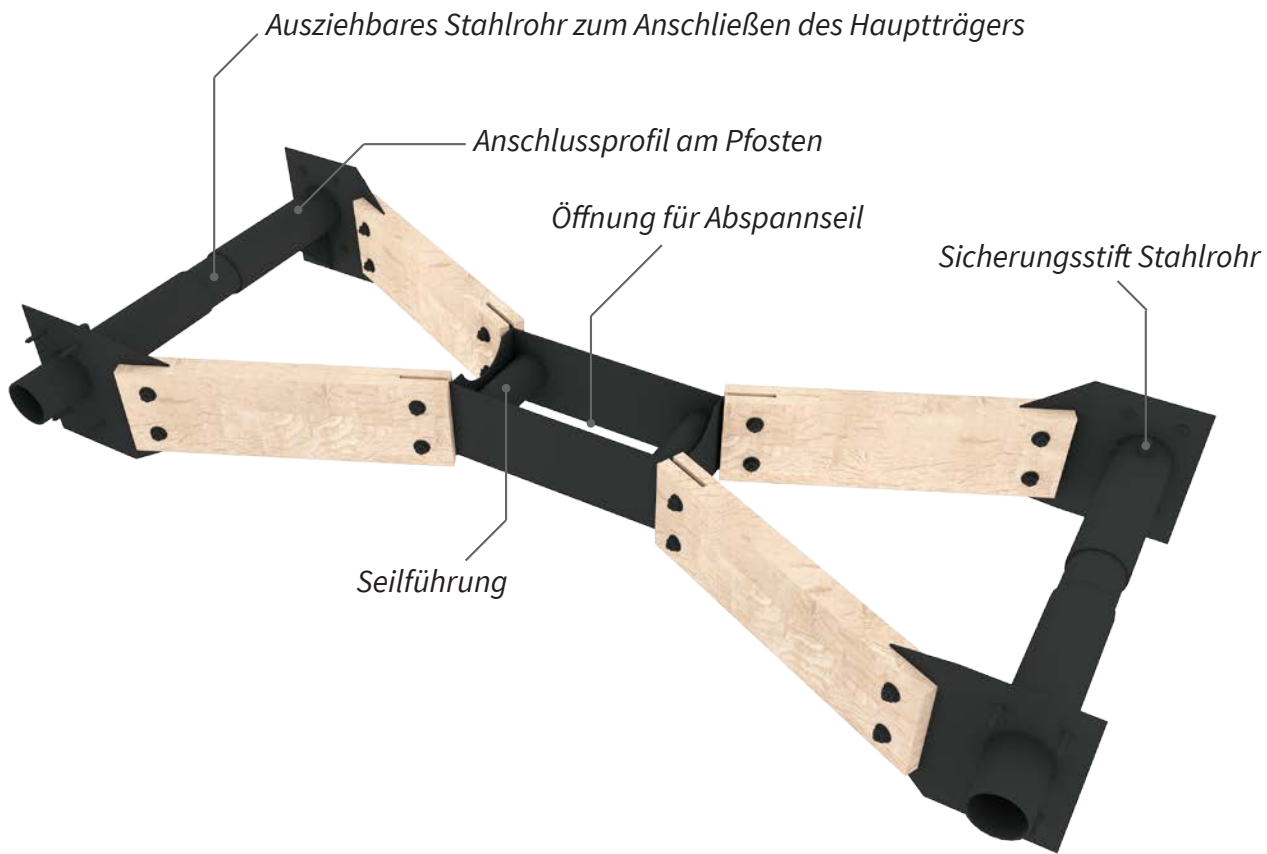
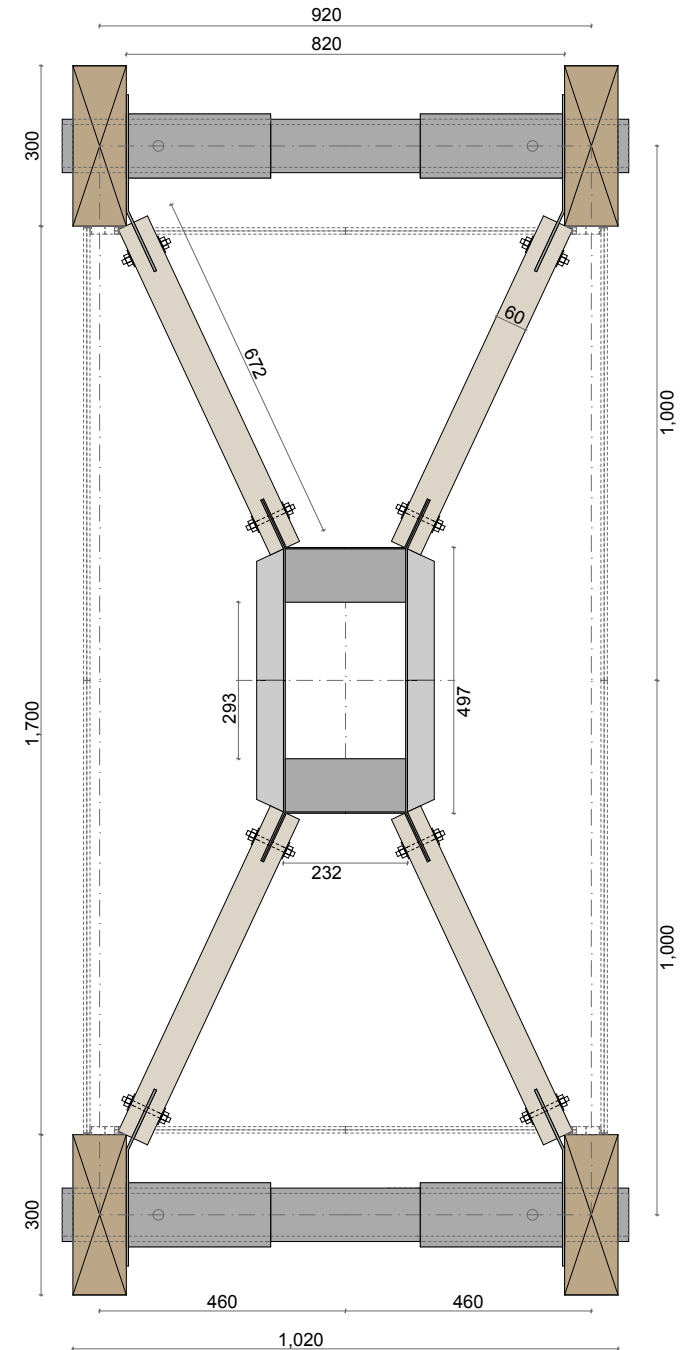


Abb.133.Auskreuzungselement

Abb.132.Grundriss Stütze mit Auskreuzungselement



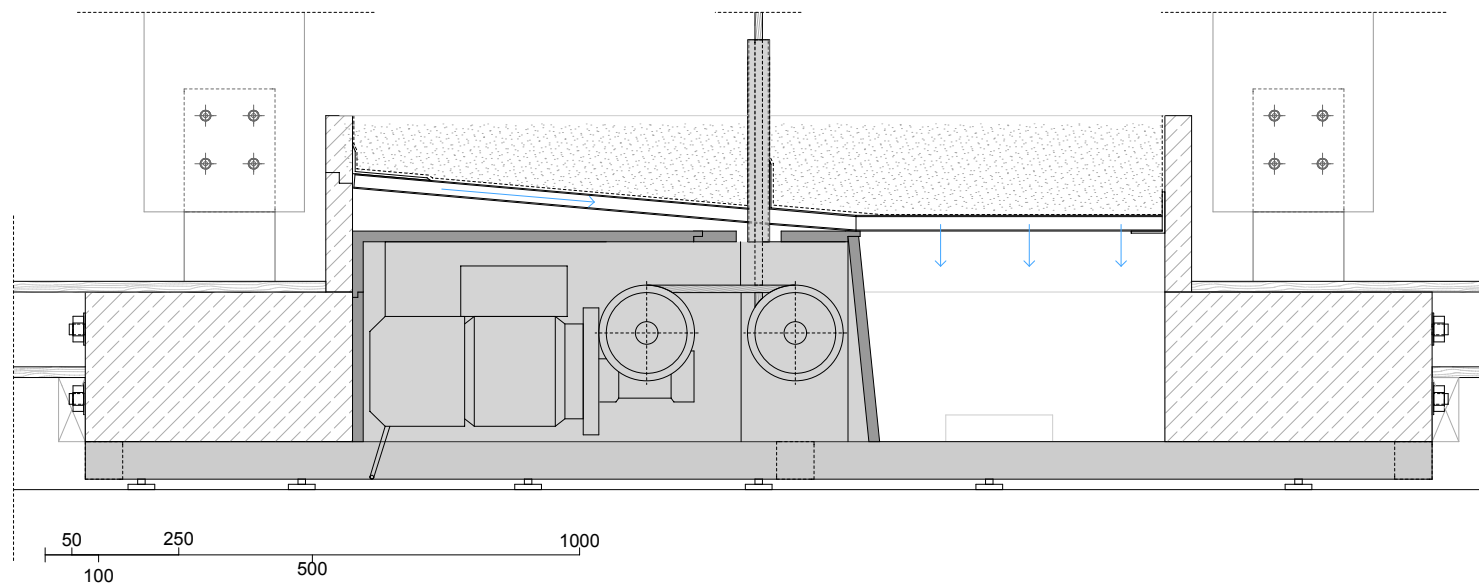


Abb.134.Längsschnitt: Fundament

- **Detail: Fundament**



Kiste gefüllt mit Kies und Bepflanzung, im Inneren befindet sich die Seilwinde. Kann auch zu einer Sitzbank umgestaltet werden

Aussteifende Glaspaneele an der Querseite

Abb.136.Illustration: Fundament

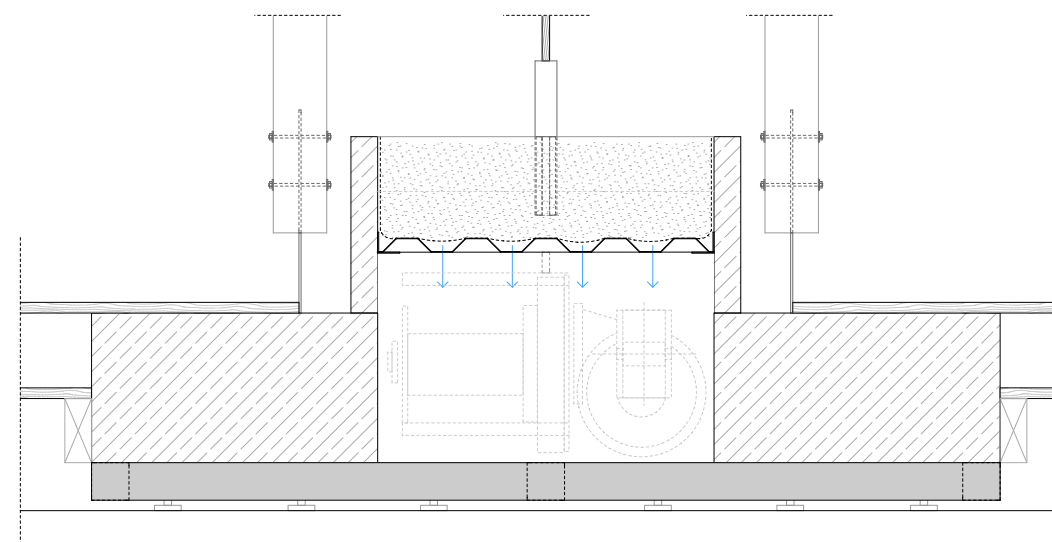


Abb.135.Querschnitt: Fundament

Aussteifende Glaspaneele an der Längsseite

Stützenfuß im Betonkörper eingegossen

Betonelement 1

Schlitz für Hubwagen

Betonelement 2

Rahmen

Verschraubungsstellen beider Betonelemente

■ Tragwerksplanung und Systembeschreibung

- Kräfteverlauf im geöffneten und unbelasteten Zustand

Oberhalb der Haupt- und Sekundärträger wirken Zug-, unterhalb Druckkräfte

Abb. 137. Kräfteverlauf im geöffneten und unbelasteten Zustand

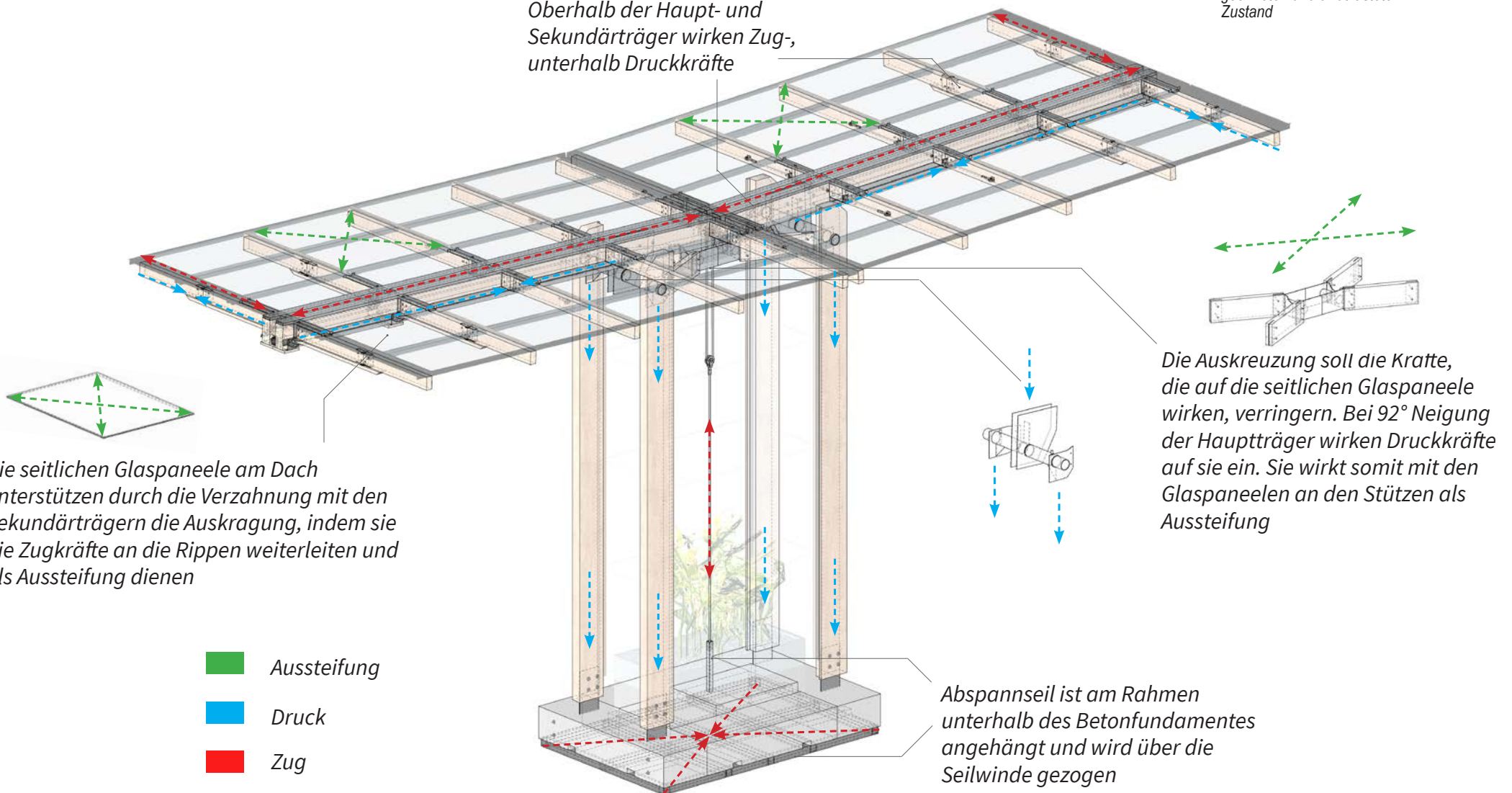


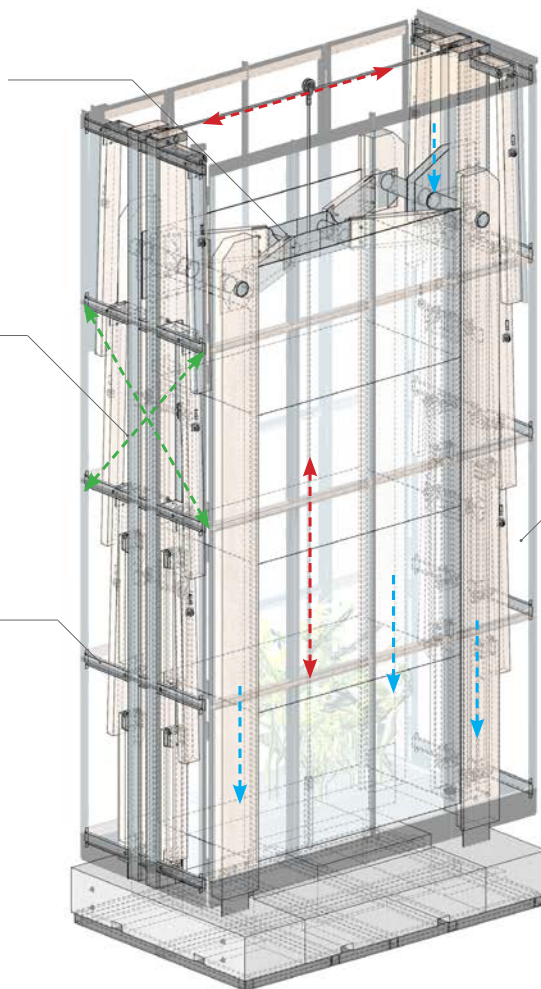
Abb. 138. Kräfteverlauf im geschlossenen, unbelasteten Zustand

Bei 0° Neigung der Hauptträger, wirken Zugkräfte auf die Auskreuzung

Die mittleren Glaspaneele stabilisieren zusätzlich die Rippen

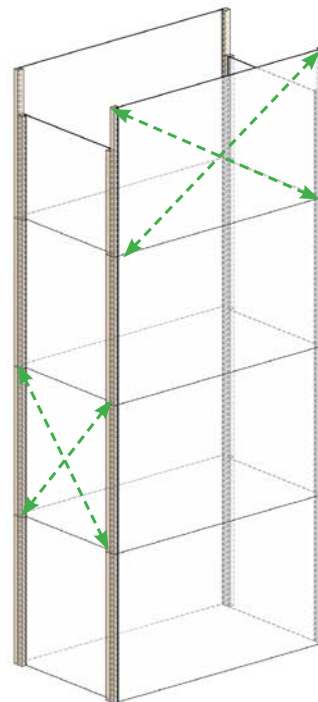
Aluminium Rippe

- Aussteifung
- Druck
- Zug



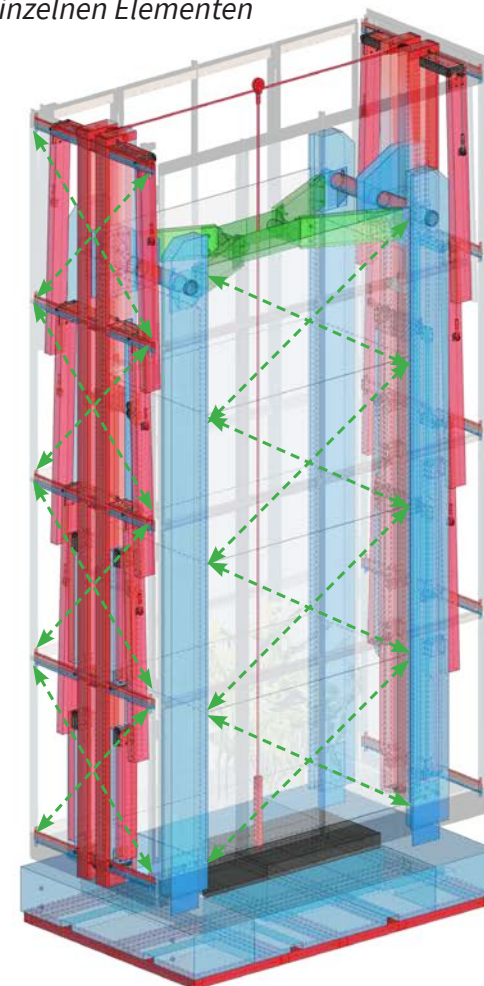
Die seitlichen Glaspaneele wurden in diesem Diagramm vernachlässigt

Aussteifende Glaspaneele zwischen den Stützen



- Kräfteverlauf im geschlossenen, unbelasteten Zustand

Kräfteverlauf in den einzelnen Elementen



- Vordimensionierung

Baustoffwerte für die grobe Vordimensionierung	Länge	Breite / Durchmesser	Höhe / Dicke	Radius innen	Wichte
	[m]	[m]	[m]		[kN/m ³]
Sekundärträger BSH GL28	1.95	0.06	0.12		5.5
Glas Dach	1.95	1.2	0.012		26
Hauptträger BSH GL28 BS 14	5.008	0.1	0.25		4.3
Glas Seitlich an Stütze quer	0.844	1	0.012		26
Glas Seitlich an Stütze längs	1.694	1	0.012		26
Stütze	4.4	0.1	0.3		4.1
Stahlrohrbolzen	1	0.1	0.005	0.045	
Ständige Lasten		Punktueller Last	Charakterist. Last	Teilsicherheitsbeiwert	Bemessungslast
		[kN]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
Sekundärträger (BSH GL28)		0.07722		1	
Glas Dach (VSG)			0.312	1	0.312
Stütze				1	
Veränderliche Lasten			Charakterist. Last	Teilsicherheitsbeiwert (inkl. ψ)	Bemessungslast
			[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
Schneelast			0.50	1	0.50
Windlast			1.00	1	1.00
Konstruktionsangaben	Abstand		Breite	Länge	Länge
	[m]		[m]	[m]	[cm]
Achsabstand zwischen Sekundärträgern =	1.2	Überdachung	3.9	10.02	
Achsabstand zwischen Sekundärträger und Stütze =	0.3	Außenabmessungen =			
Achsabstand Stütze und Spannseil =	1	Knicklänge Stütze		4.4	440
Achsabstand Spannseil und Sekundärträger =	0.1	Lk = L			
Achsabstand zwischen Stützen zweier Module =	2				
Halber Achsabstand zwischen Stützen =	0.46				
Achsabstand zwischen Stützen =	0.92				
Grenznormalspannungen $\sigma_{R,d}$ [kN/cm ²] (BSH GL28 = BS 14) =		Biegung	Druck	Zug	
		1.8	1.7	1.2	
Grenznormalspannungen $\sigma_{R,d}$ [kN/cm ²] (BSH GL 32 = BS 16) =		2	1.9	1.4	
Grenznormalspannung Stahl $\sigma_{R,d}$ [kN/cm ²] S 235 =		23.5			
Sicherheitsbeiwert γ_F =	1.4				

Abb.142.Angaben Vordimensionierung

Abb.140.Querschnitt

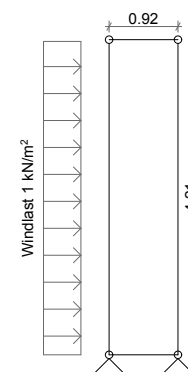


Abb.139.Längsansicht der halben Konstruktion

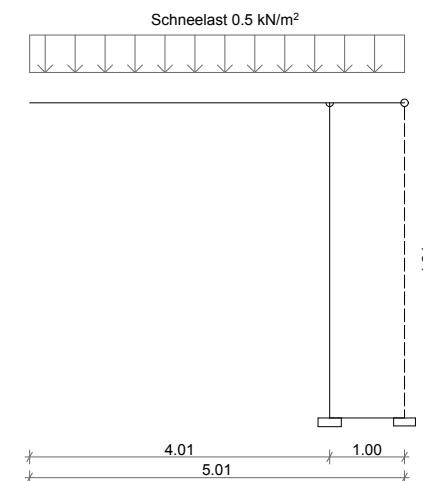
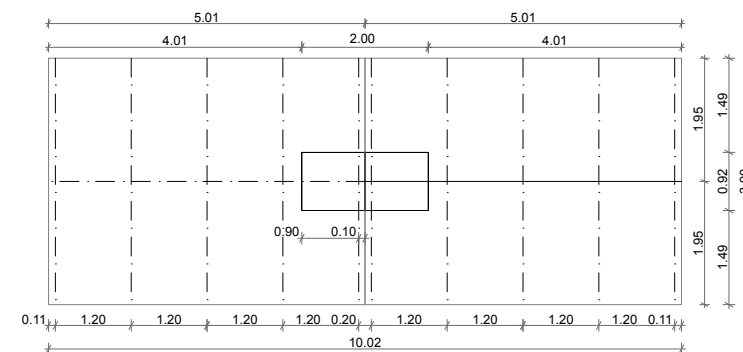


Abb.141.Draufsicht der gesamten Konstruktion



Dimensionierung Sekundärträger	Beschreibung	Formel Beschreibung	Formel	Ergebnis	Zeichnungen
Lineare Lasten die auf Sekundärträger wirken	Schneelast	Abstand zwischen Sekundärträger x Schneelast	$1.2 \times 0.5 =$	0.6	
	Eigengewicht Glas	Breite Glas x Wichte Glas x Dicke Glas =	$1.2 \times 26 \times 0.012 =$	0.3744	
	Gesamt Last q			0.9744	
Auflagekraft Sekundärträger SV	$\Sigma V=0:$	$SV - q \times \text{Länge Sekundärträger} = 0$			
	SV =	$q \times \text{Länge Sekundärträger} =$	$0.8496 \times 1.95 =$	1.90008	
Moment um Sekundärträger Auflager Ms	$\Sigma M=0:$	$Ms + q \times \text{Länge Sekundärträger} \times (\text{Länge Sekundärträger} / 2) = 0$		[kNm] [kNcm]	
	Ms =	$- q \times \text{Länge Sekundärträger} \times (\text{Länge Sekundärträger} / 2) =$		1.852578 185.2578	
Widerstandsmoment	W =	$(Ms / \text{Grenznormalspannungen } \sigma_{R,d}) \times 1/4 =$		129.68046 [cm²]	
	b =	$W \times 6 / h^2$		5.4033525 [cm]	
	h =	$W \times 6 / b$		12 [cm]	
Rechteckquerschnitt BSH GL32					
Gewählt =	b =	aufgerundet	6 [cm]		
	h =	aufgerundet	12 [cm]		

Dimensionierung Hauptträger	Beschreibung	Formel Beschreibung	Formel	Ergebnis	Zeichnungen
Punktuelle Lasten die auf einen Hauptträger wirken	Auflagekraft SV =			1.90008	
	Eigengewicht Sekundärträger =	Höhe x Breite x Länge x Wichte =	$0.1 \times 0.08 \times 1.95 \times 5.5 =$	0.07722	
	Einseitige Last p =			1.9773	
Auflagekraft eines Hauptträgers AV Stütze	$\Sigma M_B = 0$	$- AV \times 1 + p/2 \times 0.1 + p \times 1.3 + p \times 2.5 + p \times 3.7 + p/2 \times 5.01 = 0$		[kN]	
	AV =	$p/2 \times 0.1 + p \times 1.3 + p \times 2.5 + p \times 3.7 + p/2 \times 5.01 =$		19.8817515	
Auflagekraft Hauptträger Spannseil BV	$\Sigma V=0$	$- AV + p/2 + p + p + p + p/2 + BV = 0$		[kN]	
	BV =	$AV - p/2 - p - p - p - p/2 =$		11.9725515	
Moment um Auflager MA	$M_{A=}$	$M_A + p \times 0.3 + p \times 1.5 + p \times 2.7 + p / 2 \times 3.9 = 0$		[kNm] [kNcm]	
	M_A =			12.753585 1275.3585	
Widerstandsmoment BSH GL28 = BS 14				[cm²]	
	W =	$(M_A / \text{Grenznormalspannungen Biegung } \sigma_{R,d}) \times 1,4$	$(22.2 / 1.8) \times 1.4 =$	991.9455	

Abb.143.Dimensionierung

Dimensionierung Stütze	Beschreibung	Formel Beschreibung	Formel	Ergebnis	Zeichnungen
Rechteckquerschnitt BSH GL28 = BS 14					[cm] Aufgerundet
	b =	$W \times 6 / h^2$		9.5226768 10	
	h =	$W \times 6 / b$		25 25	
Punktuelle Last die auf Stütze wirkt					
	Auflagekraft Hauptträger =	$AV =$		19.8817515	
	Eigengewicht beider Hauptträger =	$Länge \times Breite \times Höhe \times Wichte \times 2 =$	$5.008 \times 0.20 \times 0.25 \times 4.3 \times 2 =$	1.07672	
	Eigengewicht halber Glasscheiben quer an	$(Länge \times Breite \times Dicke \times Wichte / 2) \times 4 \text{ Stück} =$	$(0.844 \times 1 \times 0.012 \times 26 / 2) \times 0.526656 \times 4 =$	0.526656	
	Eigengewicht halber Glasscheiben längs an	$(Länge \times Breite \times Dicke \times Wichte / 2) \times 4 \text{ Stück} =$	$(1.694 \times 1 \times 0.012 \times 26 / 2) \times 0.526656 \times 4 =$	1.057056	
	Gesamtlast g =			22.5421835	
Horizontale Windlast die Seitlich auf Stütze wirkt					
	Windlast an Längsseite w =	$1 \times (\text{Glas Breite längs} / 2) =$	$1 \times 1.694 / 2 =$	0.85	
Auflagekräfte Stütze					
	$\Sigma V=0$	$g - DV = 0$		22.5421835	
	$DV =$	$g =$		22.5421835	
	$\Sigma M_0=0$	$EH \times 4.4 - w \times 4.4 \times 2.2 = 0$		1.86	
	$EH =$	$(w \times 4.4 \times 2.2) / 4.4 =$		1.86	
	$\Sigma H=0$	$DH =$	$-EH + w \times 4.4 =$	1.8634	
Momentbestimmung					
	$\Sigma M_F =$	$M_F - DH \times 2.2 + w \times 2.2 \times 1.1 = 0$		2.04974	
	$M_F =$	$+ DH \times 2.2 - w \times 2.2 \times 1.1 =$		204.974	
Stützenprofil					
	b =			10 [cm]	
	h =			30 [cm]	
Biegeknicknachweis					
BSH GL 32 = BS 16	A =	$b \times h =$		300 [cm²]	
	$W_y =$	$(b \times h^2) / 6 =$		1500 [cm³]	
	$I_y =$	$b \times h^3 / 12 =$		22500 [cm⁴]	
	$I_z =$	$(h \times b^3) / 12 =$		2500 [cm⁴]	
	$i_y =$	$\sqrt{I_y / A} =$		8.660254038 [cm]	
	$i_z =$	$\sqrt{I_z / A} =$		2.886751346 [cm]	
	$\lambda_y =$	$Lk / i_y =$		50.80682369	
	$\lambda_z =$	$Lk / i_z =$		152.4204711	

Abb.144.Dimensionierung

Berechnung k_{cy} und k_{cz}	kleineres $\lambda_y =$	50	kleineres k_c	1.13	
	größeres $\lambda_y =$	60	größeres k_c	1.28	
	kleineres $\lambda_z =$	150	kleineres k_c	6.75	
	größeres $\lambda_z =$	160	größeres k_c	7.68	
	Diverenz k_c klein und groß / 10		Diverenz λ	x Diverenz k_c klein und groß	+ kleineres k_c
	0.15	0.015	0.806823689	0.012102355	1.142102355
	0.93	0.093	2.420471066	0.225103809	6.975103809
	$k_{cy} =$			1.142102355	
	$k_{cz} =$			6.975103809	
	$\sigma_{S,d,Druck} =$	$\sigma_{S,k,Druck} \times \gamma_F = (g / A) \times \gamma_F =$		0.105196856	[kN/cm ²]
$\sigma_{S,d,Biegung} =$	$\sigma_{S,k,Biegung} \times \gamma_F = M / W_y \times \gamma_F =$		0.191309067	[kN/cm ²]	
Knicken um y - Achse	$1 \geq (\sigma_{S,d,Druck} / k_{cy} \times \sigma_{R,d,Druck}) + (\sigma_{S,d,Biegung} / \sigma_{R,d,Biegung}) =$		0.144132471		
			Nachweis Erfüllt		
Knicken um z - Achse	$1 \geq (\sigma_{S,d,Druck} / k_{cz} \times \sigma_{R,d,Druck}) + 0.7 \times (\sigma_{S,d,Biegung} / \sigma_{R,d,Biegung}) =$		0.074895943		
			Nachweis Erfüllt		

Dimensionierung Spannseil	Beschreibung	Formel Beschreibung	Formel	Ergebnis
Zugkraft die auf ein Spannseil wirkt				[kN]
	Spannkraft beider Hauptträgerenden N =	$BV \times 2 =$ $N / A > \sigma_{R,d}$		23.945103
	A =	$N / \sigma_{R,d}$		1.018940553 [cm ²]
	r =			0.569507552 [cm]
	d =			1.139015104 [cm]
Spannseil Gewählt	d =			1.5 [cm]

Abb.145.Dimensionierung

■ Nutzungsmöglichkeiten

In diesem Kapitel sollen einige Eindrücke der Wandlungsfähigkeit und Nutzbarkeit des Metamorphs für verschiedene Bereiche gezeigt werden. Dabei übernimmt das Metamorph die Funktion als Werbefläche, Carport, Überdachung, Belichtung und eye - catcher,



Abb.146.Illustration: Arkadenhof mit 4 Modulen, Konstruktion ist ganz geöffnet

- **Werbefläche:**

Im geschlossenen Zustand (Quader) können die Glaspaneele an allen 4 Seiten mit Werbefolien überzogen und in der Nacht zusätzlich belichtet werden. Dabei sind $2 \times 2,7 \times 4,7$ m und $2 \times 4,7 \times 1$ m Flächen für Plakate hierbei möglich. Bei Bedarf von mehreren Flächen, können die Glaspaneele um 45° geöffnet werden, wobei eine oktogonale Zylinderform entsteht, dass 6 Seiten zum Bespielen freigibt. Für ganz große Straßenplakatierungen, klappen die Glaspaneele um 90° auf und stellen eine maximale Fläche von $4,7 \times 3,9$ m zur Verfügung.



Abb.147.Illustration: Metamorph für Werbezwecke geschlossen



Abb.148.Illustration Metamorph für Werbezwecke halb offen

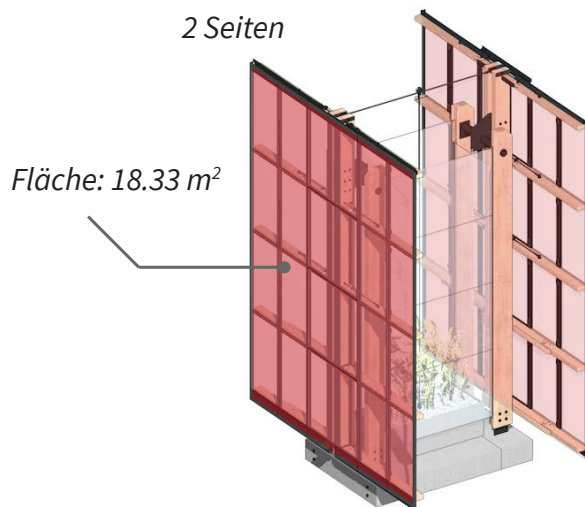


Abb.149.Glaspaneele 90° geöffnet

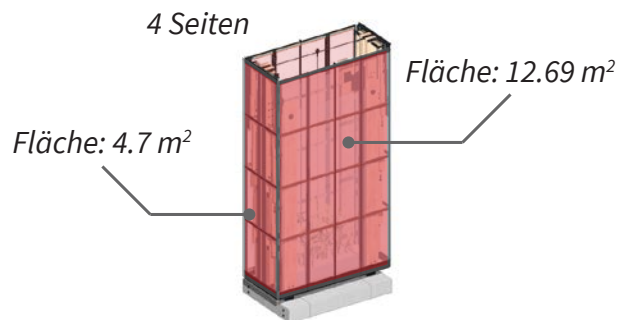


Abb.150.Glaspaneele geschlossen

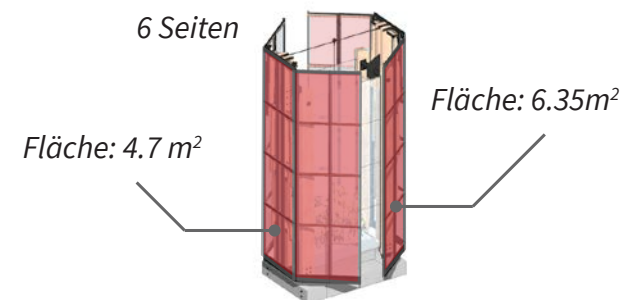


Abb.151.Glaspaneele 45° geöffnet

- **Überdachung:**

Gesamte Nutzfläche bei 4 Modulen beträgt ca. 150 m² und bei 2 Modulen, 75 m². Hierbei können Bodenbeläge mit Installationsebenen angebracht werden. Anstelle der Bepflanzung kann man auch Ausstellungsstücke platzieren. Dabei wird jedoch die Entwässerung nach außen abgeleitet und nicht zentral in die Stütze geführt.

2 Module:
Verwendungszweck unter anderem: Haltestelle, Pavillon, Terrassenüberdachung

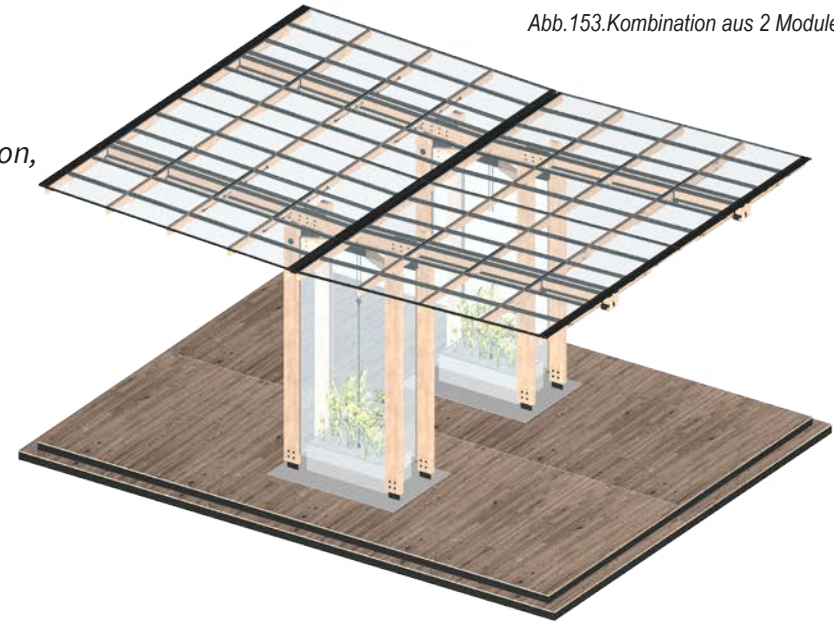


Abb. 153. Kombination aus 2 Modulen

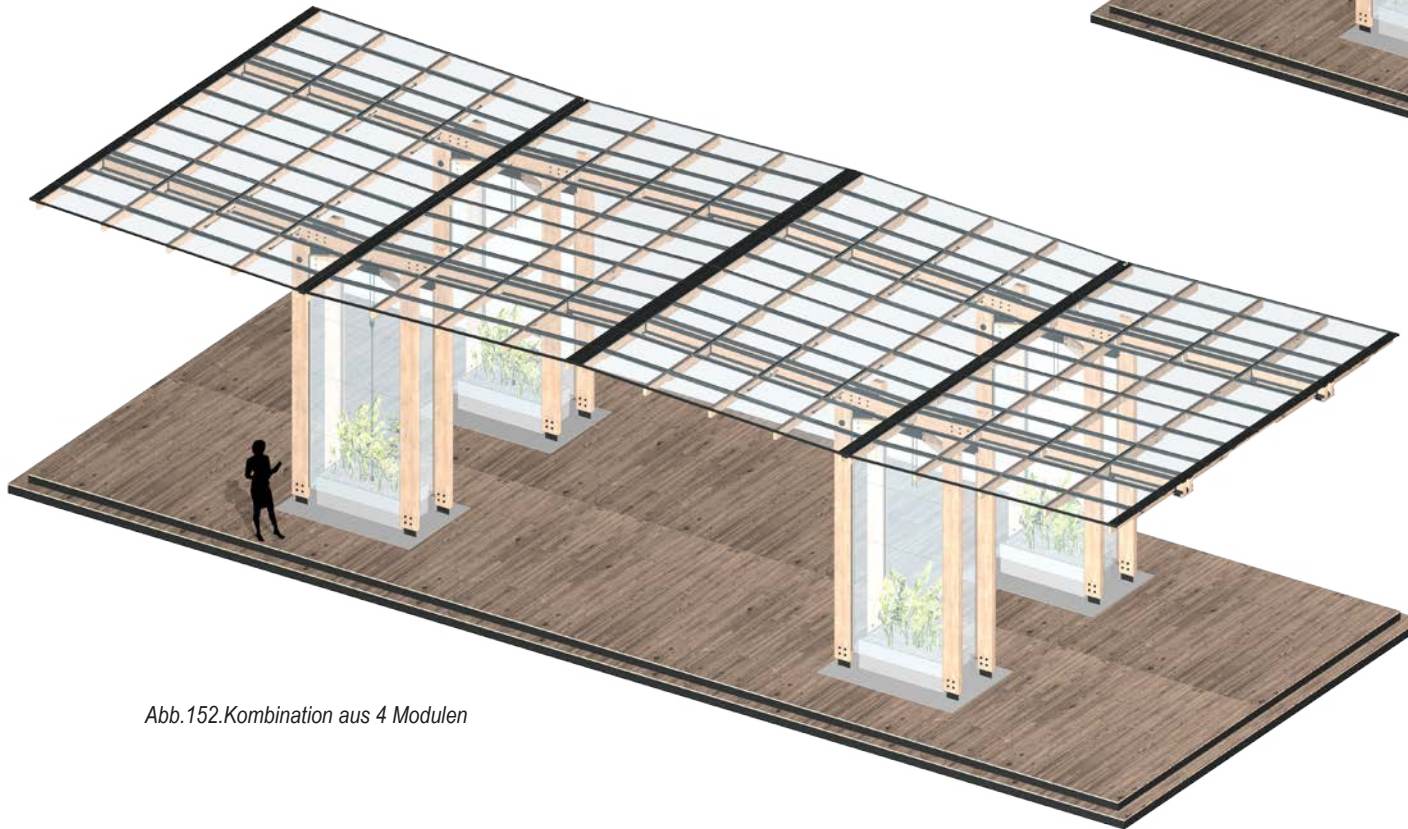


Abb. 152. Kombination aus 4 Modulen

4 Module:
Verwendungszweck unter anderem: Großveranstaltungen, Konzerte, Ausstellungen, Kongresse, Zeremonien



Abb.154. Metamorph bei einer Ausstellung

“Metamorph” Das mobile, entfaltbare Tragwerk aus Holz und Glas

- **Carport:**

Durch das Platzieren zweier Module nebeneinander können zwei Fahrzeuge zwischen den 2.6 m entfernten Fundamenten, untergebracht werden. Die überdachte Nutzungsfläche beträgt dabei 38 m². Beim Anordnen der Module voreinander entsteht ein Abstand von 7.6 m, worin 3 PKW's quer einparken und an den äußerlichen Bereichen jeweils einer abgestellt werden kann.

■ Fläche zum öffnen von Türen

■ Fläche zum Parken

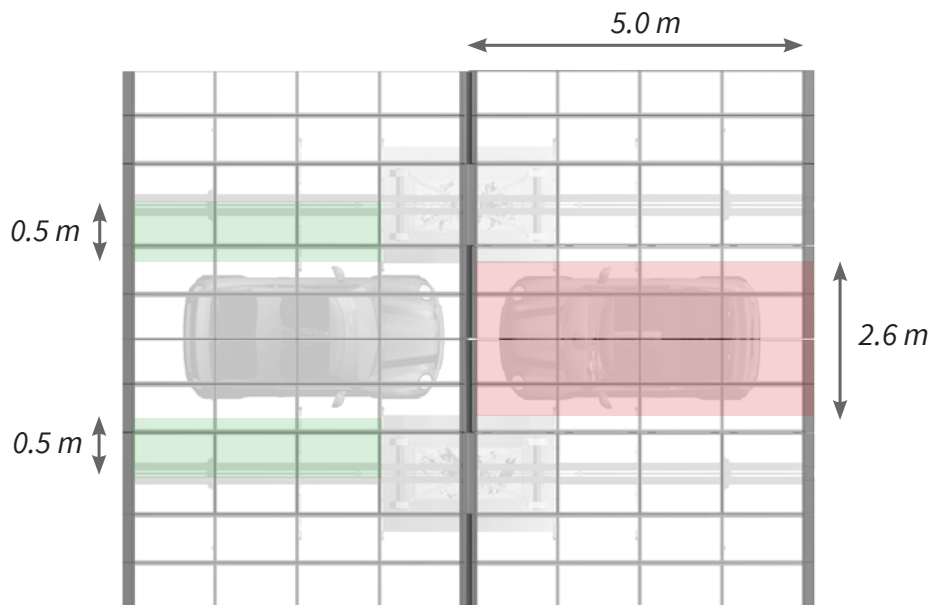


Abb. 155. Illustration: Metamorph als Carport

- **Kombination aus mehreren Modulen für Carports**

4 Module:
Anordnung von Fahrzeugen entlang der
Querseite der Module, Überdachung für
mindestens 5 bis max. 10 PKW's bei einer
Anordnung in zwei Reihen

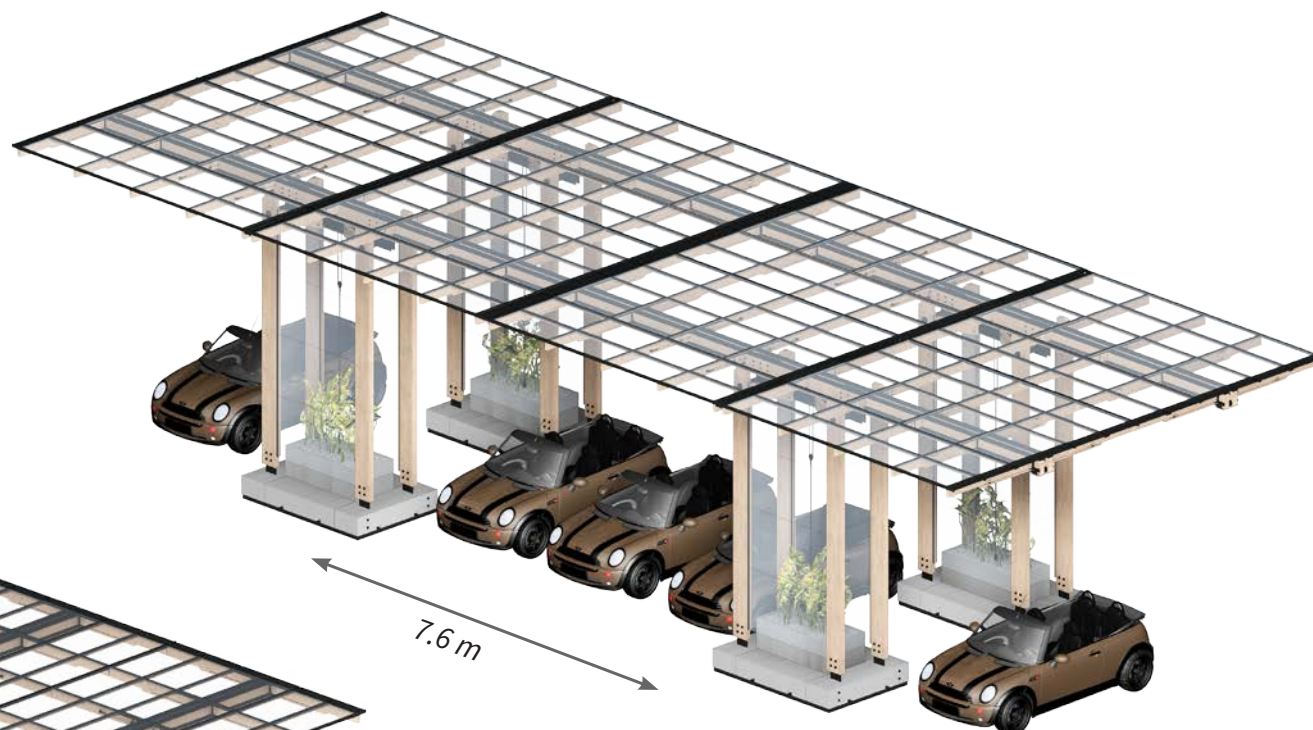


Abb.157.Kombination aus 4 Modulen

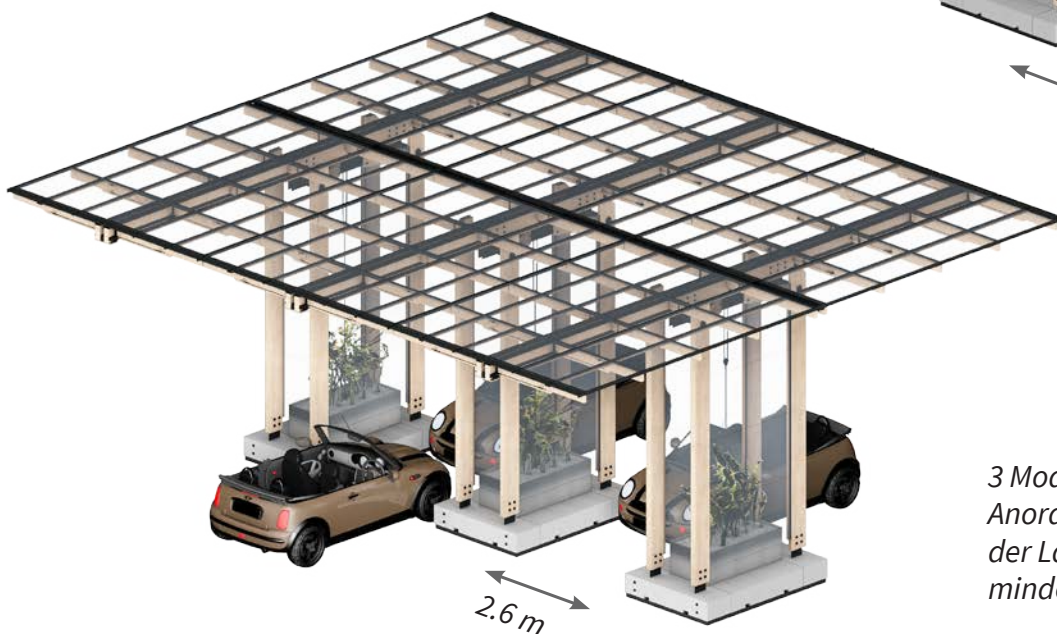


Abb.156.Kombination aus 3 Modulen

3 Module:
Anordnung von Fahrzeugen entlang
der Längsseite. Zwischen den PKW's ist
mindestens 1m Abstand

- **Eyecatcher und Belichtungsskulptur:**

Durch seitliches Anbringen von LED Lampen an den Leisten der Glaspaneel, können die Scheiben aufleuchten und bei Veranstaltungen als Belichtung dienen (vgl. rechtes Bild). Auch gefärbte Glasscheiben können verwendet werden, die ein Farbspiel ermöglichen sobald Sonnenlicht auf sie auftrifft (vgl. unteres Bild).



Abb.158. Illustration im Arkadenhof mit halb offene Glaspaneelen, oktagonale Form



Abb.159. Metamorph für Belichtungszwecke bei Großveranstaltungen

“Metamorph” Das mobile, entfaltbare Tragwerk aus Holz und Glas

■ Ausblick und mögliche Weiterentwicklungen

Carport mit eingeklappten Glaspaneelen an den Seiten. Weiterentwicklung zu einer Kabinenform. Ersetzen der Glaspaneele durch Solarpaneele.



Bushaltestelle mit einem aufgesetzten, kleinen Zusatzelement aus Glas und Holz. Anstelle der bepflanzten Kiste befindet sich eine Sitzbank. Die unteren zwei Aussteifungspaneelle aus Glas müssen dabei an mindestens einer Längsseite entfernt werden damit ein Sitzen erst möglich wird.



Überdachung mit Sitzmöglichkeiten. Weiterentwicklung zu einer kleineren Überdachungsform.



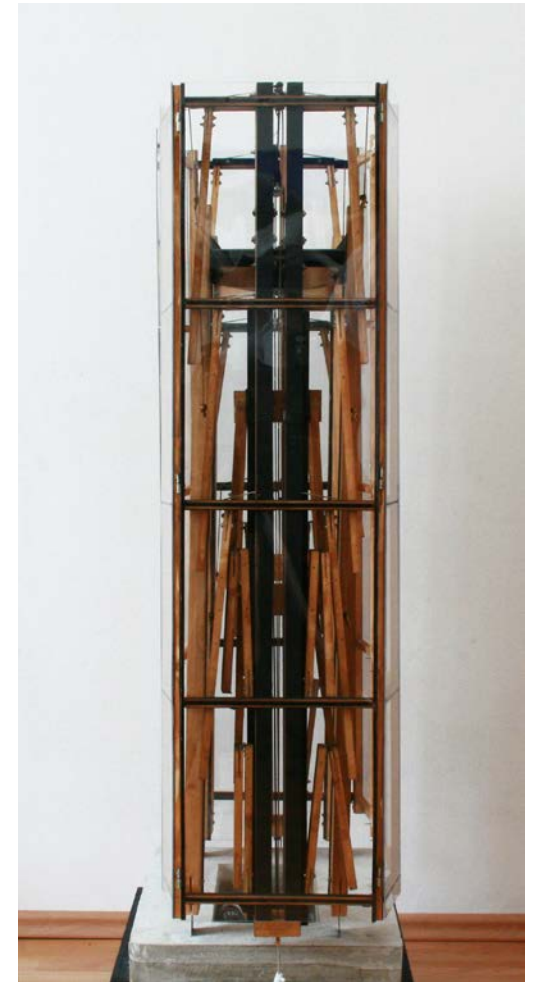
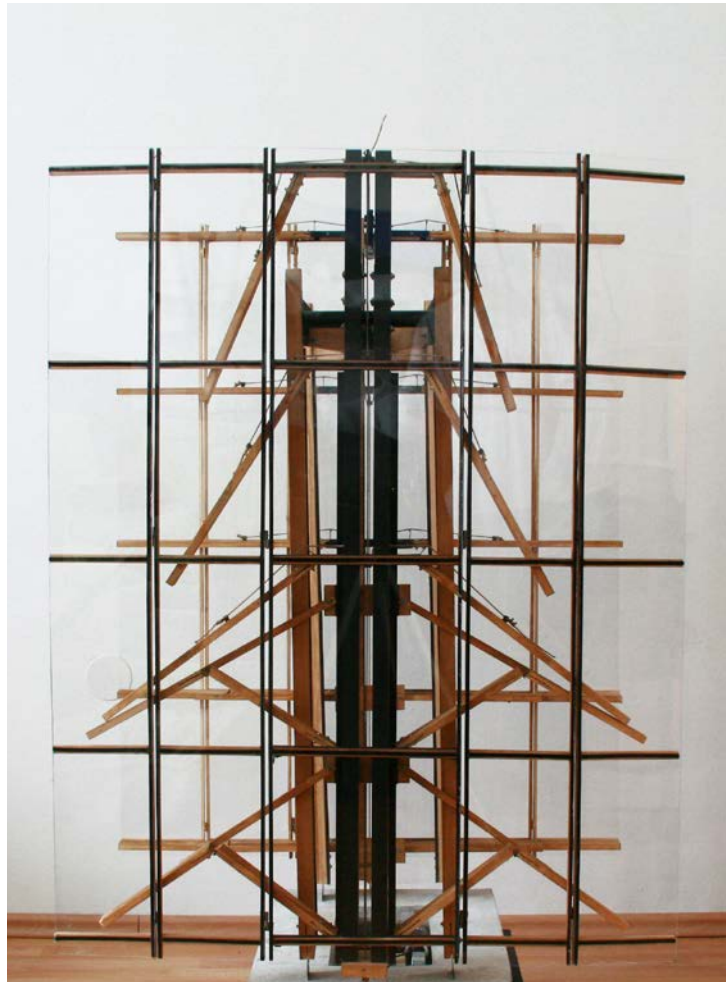
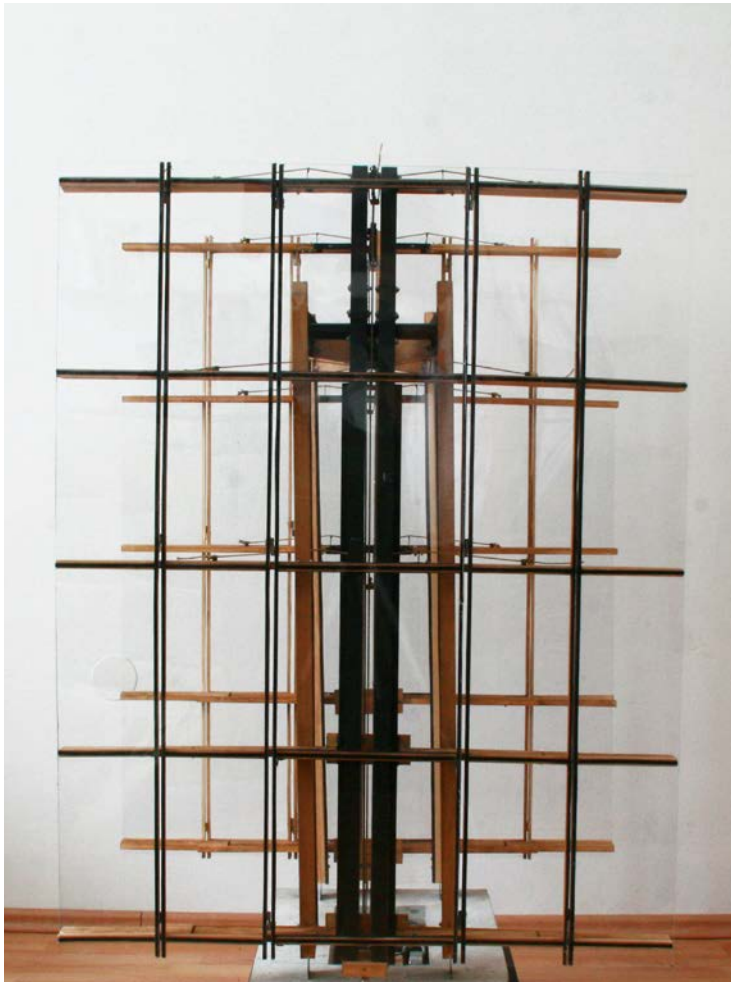
Abb. 160. Ausblick und mögliche Weiterentwicklung

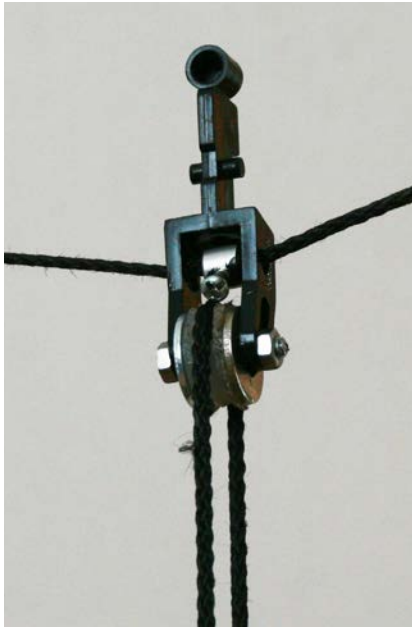
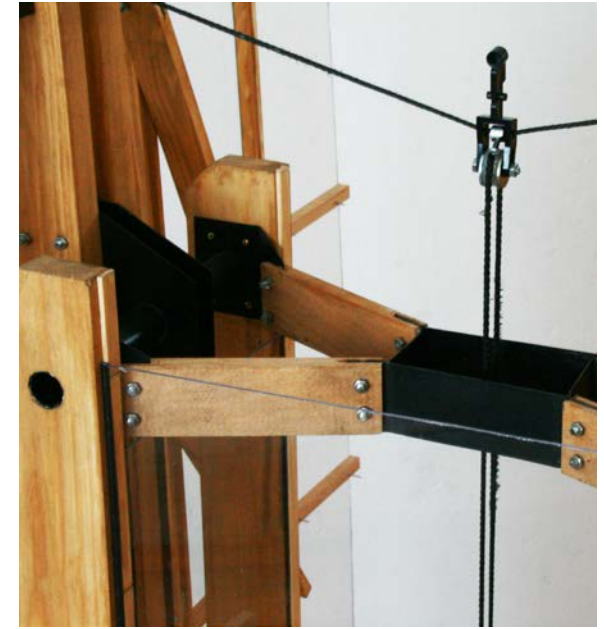
VI. Modellfotos



Abb.161.Fotos Längsrichtung des Modells beim Öffnen und Schließen

Abb.163.Linke Seite: Querrichtung des Modells beim Öffnen und Schließen der Sekundärträger und der faltbaren Glaspaneelen.





VII. Anhang

Literatur und Quellenverzeichnis 78

Abbildungsverzeichnis 82

■ Literatur und Quellenverzeichnis

Literatur

- [1] Minke Gernot (2012); Building with bamboo, design and technology of a sustainable architecture; Verlag: Birkhäuser, Basel
- [2] Gantes Charis J.(2001); Deployable structures, analysis and design; Verlag: WIT Press, Southampton
- [3] Knippers Jan (2010); Atlas Kunststoffe + Membranen, Werkstoffe und Halbzeuge, Formfindung und Konstruktion; Verlag: Inst. f. Internat. Arch.-Dok., München
- [4] Krauss Franz, Führer Wilfried, Neukäter Hans Joachim, Grundlagen der Tragwerklehre; Verlag: Müller, Köln

Internetquellen ^[1]

- [5] Bamboluna Zeltvermietung; Abgerufen unter:
<http://www.bamboluna.de/>
- [6] Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Abgerufen unter:
<http://www.chapiteau.ch/>
- [7] Sperry Tents Hamptons (2014); Abgerufen unter:
<http://www.sperrytentshamptons.com/products/tents/pavilion-tents/pavilion-tent/>
- [8] Sperry Tents Marion (2014); Abgerufen unter:
<http://www.sperrytentsmarion.com/products/tents/pavilion-tents/pavilion-tent>
- [9] MMXI Sperry Fabric Architecture, Inc.; Abgerufen unter:
<http://www.sperryfabricarchitecture.com/products-savannah-tent-series.html>
- [10] ArchDaily (2008-2014); The Eco Tent / The Neenan Company; Abgerufen unter:
<http://www.archdaily.com/151207/the-eco-tent-the-neenan-company/>
- [11] Inhabitat.com (2014); Greenest Event Tent in the World Debuts at EMU Music Festival; Abgerufen unter:
<http://inhabitat.com/greenest-event-tent-in-the-world-debuts-at-emu-music-festival/>

¹ Abgerufen zwischen Februar und April 2014

- [12] Industrial Fabrics Association International (2014); Eco-tent designed for 'green' mountaintop music festival; Abgerufen unter: http://intentsmag.com/articles/1011_nw1_eco_tent.html
- [13] Larcher Maschinenbau GmbH; mobile stage, the show must go on; Abgerufen unter: <http://www.mobilestage.it/>
- [14] Abrisud (2013); Schwimmbadüberdachungen aus Holz; Abgerufen unter: <http://www.abrisud.de/products/schwimmbaduberdachungen-aus-holz-0>
- [15] Haushandwerker GmbH; Abgerufen unter: http://solarcarport-deutschland.de/fileadmin/user_upload/Almaden_Solar_Powered_Carports_Aluminium_und_Holzklein__2_.pdf
- [16] Carportwerk GmbH(2014);Solarcarport Premium; Abgerufen unter: <http://www.solarcarporte.de/>
- [17] mmcité a.s (2014); Abgerufen unter: <http://www.mmcite.com/de/produkte#!uberdachungen-fur-raucher/regio>
- [18] TU Wien, Institut für Architektur und Entwerfen, E 259.2 Abteilung für Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau (2014) <http://www.iti.tuwien.ac.at>
- [19] Technische Universität Wien http://www.tuwien.ac.at/aktuelles/news_detail/article/6629/
- [20] Stahlbeton- und Massivbau, Institut für Tragkonstruktionen, TU Wien (2014) <http://www.betonbau.tuwien.ac.at/forschung/aktuelle-forschungsprojekte/das-brueckenklappverfahren/#c3473>
- [21] proHolz Austria (2014); Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft; Abgerufen unter: <http://www.proholz.at/holzarten/holzarten/>
- [22] J. u. A. Frischeis Gesellschaft m.b.H (2014) <http://www.frischeis.at>
- [23] architonic.com (2014); das unabhängige Nachschlagewerk für Architektur und Design; Abgerufen unter: <http://www.architonic.com/de/pmsht/regio-mmcite/1116577>
- [24] Giulio Barbieri S.r.l. (2014); Special Modular Coverings; Abgerufen unter: <http://en.giuliobarbieri.it/projects>

- [25] M.A. Systems, Gesellschaft für Eventtechnik mbH (2009-2014); Event-Schirm; Abgerufen unter:
<http://www.masystems.de/mieten/buehne/event-schirm/event-schirm-d-12m-event-ueberdachung.php>
- [26] design carports (2011-2014); Quintus GmbH; Abgerufen unter:
<http://www.design-carport.eu/>
- [27] Stylepark AG (2001 – 2014); Intelligente, lebendige Fassaden; Artikel vom 5. Dezember 2011; Abgerufen unter :
<http://www.stylepark.com/de/architektur/intelligente-lebendige-fassaden/327674>
- [28] Universität Wien; Veranstaltungsmanagement; Abgerufen unter:
<http://event.univie.ac.at/raum-management/raumvergabe-fuer-veranstaltungen/>
- [29] The voodooogirl (2012); Deployable structure; Abgerufen unter:
<http://www.thevoodooogirl.com/portfolio/deployable-structure-output/>
- [30] ximax (2014); Design carports; Abgerufen unter:
<http://www.designcarports.info/>
- [31] CarportHAUS (2014); Abgerufen unter:
<http://www.carporthaus.de/>
- [32] Omicroner Garagen (2014); Abgerufen unter:
<http://www.omicroner-garagen.de/>
- [33] Pool22.Design UG (2004-2014); Autoheim; Abgerufen unter:
<http://pool22.de/autoheim.106.0.html>
- [34] Deavita (2014); Terrassendach aus Aluminium und Holz bietet Sicht- und Windschutz; Abgerufen unter:
<http://deavita.com/gartengestaltung-pflege/patio-bereich/terrassendach-aus-aluminium-holz.html>
- [35] Ritz Exterior Design (2013); Hillarys; Abgerufen unter:
<http://www.ritzexterior.com.au/hillarys>
- [36] ALBIXON a.s (1998-2014); KLASIK SPA; Abgerufen unter:
<http://www.albixon.de/abdeckungen/spa-line/klasik-spa/#basic-information>
- [37] Atelier Sanfte Strukturen; Abgerufen unter:
<http://www.sanftestrukturen.de>

- [38] Gambio.de (2013); Faltgarage Autozelt; Abgerufen unter:
<http://www.tempo.ag/Faltgarage-Auto/Faltgarage-Autozelt--Voll--Schnecke-470-540-610--250-200.html>
- [39] Theo Janson; Strandbeest; Abgerufen unter:
<http://www.strandbeest.com/>
- [40] GEjODOME; Zeltmanufaktur; der Dome aus Holz; Abgerufen unter:
<http://www.gejodome.de/>
- [41] Sprech Group (2010,2013); Abgerufen unter:
<http://www.sprech.com/download/katalog.html>
- [42] MDT SUN PROTECTION SYSTEMS AG (2013); Abgerufen unter:
<http://mdt-tex.com/>
- [43] Empire Events (2013); Abgerufen zwischen Februar und April 2014; Abgerufen unter:
<http://www.empireevents.com.au/products/>
- [44] Frameworks Timber, Timber Framing, Design, General Contractor; Abgerufen unter:
<http://www.frameworkstimber.com/timber-frame-structures-portfolio/kiely-residence/>
- [45] The Official Skyline Tent Company; Abgerufen unter:
<http://www.theskylinetentblog.com/my-blog/sperry-tents-virginia/page/2/>
- [46] Aztec Tents (2009); Abgerufen unter:
<http://aztectent.com/products/timbertrac™-collection>
- [47] Bootskram.com; Abgerufen unter:
http://www.bootskram.com/shop/product_info.php/info/p11866_LIROS-D-Pro-XTR-16-mm-22000-daN.html
- [48] Dolomitenstadt Media KG (2010-14); Abgerufen unter:
<http://www.dolomitenstadt.at/2013/08/26/mobile-lienz-buhne-kommt-mitte-september/>
- [49] Julius Fritsche GmbH; Abgerufen unter:
http://www.fritsche.eu.com/fileadmin/user_upload/Downloads/kataloge/kunststoff/k3__hohlkammerpaneele_stegplatten.pdf
- [50] Mercateo Austria GmbH (1999-2014); Abgerufen unter:
http://www.mercateo.at/p/1720-103314452/336GG_Glastuerscharnier_Vitrine_mit_Feder_Glas_4_6mm_OeW_180_vern_.html

■ **Abbildungs- und Tabellenverzeichnis**

Abb.2.Fotocollage Hauptuni	10
Abb.4.Universität Wien Veranstaltungsmanagement; Grundriss Hauptuni	11
Abb.3.Schematische Kräfte- und Spannungsverlauf im Glas und in den Klebefugen	11
Abb.1.von oben links nach unten rechts: Materialien die verwendet werden und ihre Farben: VSG, Fichte, Stahl, Lärche	12
Abb.5.Teilbarkeit der Module	12
Abb.6.Marcel Kalberer; Montageablauf Schirmzelte	14
Abb.7.Marcel Kalberer; Details Schirmzelte	14
Abb.8.Bamboluna Zeltvermietung; Marcel Kalberer's Großes Festzelt geöffnet	14
Abb.9.Bamboluna Zeltvermietung; Schirm halb geschlossen	14
Abb.10.Bamboluna Zeltvermietung; Marcel Kalberer's Weiße Sonne	15
Abb.11.Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Großes Chapiteau	15
Abb.13. Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Links: Eckkanten Anschlussdetail, Mitte: Aufbau Druckmast, rechts: "Bananen"	15
Abb.12. Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Rahmen	15
Abb.14.Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Bistro von innen	15
Abb.15.Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Großes Chapiteau von außen	16
Abb.16.Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Berner	16
Abb.17.Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Five Finger	16
Abb.18.Chapiteau Zeltvermietung AG (2014); Sushi Tendo Flachdachzelt	16
Abb.19.Sperry Fabric Architecture; Savannah Serie von außen	17
Abb.20.Sperry Fabric Architecture; Details der Savanna Serie	17
Abb.21.Sperry Fabric Architecture; Ansicht von innen	17
Abb.22.Sperry Fabric Architecture; Unten und Oben: Sperry Fabric, Sailcloth Tent	17

Abb.23.Sperry Fabric Architecture; Sailcloth Tent von innen bei Hochzeitsfeiern	18
Abb.24. The Neenan Company; Ben Sheppard's, X Tent	18
Abb.25. The Neenan Company; Aufbau des X Tent's	18
Abb.26.The Neenan Company; Anschlussdetail zweier X Tent's	18
Abb.28.Larcher; Lienz-Buehne, beim Aufklappen	19
Abb.27. Larcher; Lienz Bühne, beim Aufstellen	19
Abb.29.Abrisud (2013); Schwimmbadüberdachung offen	20
Abb.30.Abrisud (2013); Schwimmbadüberdachung halb geschlossen	20
Abb.32.mmcité (2014); regio Bushaltestelle	20
Abb.31.Haushandwerk GmbH; Premium Solarcarport	20
Abb.33.Instituts für Tragkonstruktionen; Ablauf des Brückenklappverfahrens	21
Abb.36.Skizze Variante 0: Ansicht und Axonometrie	24
Abb.35.Skizze Variante1: links: Klappvorgang, rechts: Stütze aus Holz und Glas	24
Abb.34.Skizze Variante 1: links: Klappvorgang, rechts: Axonometrie	24
Abb.40.Skizze Variante 2.1: Klappvorgänge	25
Abb.39.Skizze Variante 2.1: Modulkombinationen	25
Abb.38.Skizze Variante 2.2: Ansichten	25
Abb.37.Skizze Variante 3.1 Falt- und Klappmethoden	25
Abb.42.Skizze Variante 3.1 geöffnet	25
Abb.41.Skizze Variante 3.2: Ansichten	25
Abb.43.Skizze Variante 4: Klapp- und Faltmethoden	26
Abb.44.Skizze Variante 4: Klapp- und Faltmethoden	26
Abb.48.Skizze Variante 5 .1: Axonometrie	27

Abb.46.Skizze Variante 5.2: Ansicht	27
Abb.45.Skizze Variante 5.3: Axonometrie und Klappvorgang	27
Abb.47.Skizze Variante 5.4: Ansichten	27
Abb.49.Skizze Variante 5.5: Ansichten	28
Abb.50.Skizze Variante 5.6: Klappvorgang (oben) und Axonometrie (rechts)	28
Abb.51.Skizze Variante 6: Ansichten	29
Abb.52.Illustration Variante 7	29
Abb.55.Illustration Variante 9	29
Abb.54.Illustration Variante 8	29
Abb.53.Illustration Variante 10	29
Abb.56.Arbeitsmodell Vorentwurf I	31
Abb.57.Arbeitsmodell Vorentwurf 2	31
Abb.58.Arbeitsmodell f Vorentwurf 3	31
Abb.61. Vorentwurf I, Konstruktion im Aufgeklappten Zustand	32
Abb.59.Vorentwurf I, Grundriss Stütze im eingeklappten Zustand	32
Abb.60. Vorentwurf I, Klappvorgang der Sekundärträger bei 45° des Hauptträgers, zweifacher Faltvorgang	32
Abb.62. Vorentwurf I, zusammengeklappt	32
Abb.63.Vorentwurf II, zusammengeklappt	33
Abb.64.Vorentwurf II, Klappvorgang der Sekundärträger, einfacher Faltvorgang	33
Abb.66.Vorentwurf II, aufgeklappt und mit Glaspaneelen verkleidet	33
Abb.65.Vorentwurf II, Grundriss Stütze mit zusammengefalteten Sekundärträger	33
Abb.67.Vorentwurf III, Grundriss Zusammengeklappt	34
Abb.69.Vorentwurf III, Aufgeklappt mit Glaspaneelen	34

Abb.68.Vorentwurf III, Klappvorgang bei 45° Neigung des Hauptträger	34
Abb.70.Vorentwurf III, zusammengeklappt	34
Abb.71.Vorteile und Nachteile der drei Vorentwürfe	35
Abb.73.Hauptuni, Eingangstür Arkadenhof	36
Abb.72. Variante mit Hauptträger zwischen Pfosten, links geschlossen, rechts offen	36
Abb.74.Skizze gebogene Stützen	36
Abb.75.Variante mit 3 Sekundärträgern je Seite, Hauptträger zwischen Pfosten	36
Abb.76.Skizze mit Überlegungen für Montage der Glaspaneele	36
Abb.77.Skizze, Hauptträger versetzt, links mit gebogenen Stützen, rechts gekantet	36
Abb.78.Links: Zeichnung mit ineinandergreifenden Hauptträgern, Rechts Glasaussteifung oben und mit breiteren Pfostenabstand	37
Abb.79. Klappvorgang Sekundärträger wie beim Menschlichen Arm, oben geschlossen, unten offen	37
Abb.80.Arbeitsmodell: Klappvorgang Sekundärträger	38
Abb.81.Illustration der Überdachung im geschlossen Zustand (Blick aus einer Höhe von 1,75 m bei einer Entfernung von ca. 10 m)	40
Abb.82.Illustration der Überdachung im geöffneten Zustand	41
Abb.83.Montageablauf	42
Abb.84.Montageablauf	43
Abb.85.Entfaltungsabläufe	44
Abb.86.Stückliste	46
Abb.87.Stückliste	47
Abb.88.Stückliste	48
Abb.89.Stückliste	49
Abb.90.Draufsicht: Modul verkleidet	51
Abb.91.Draufsicht: Tragstruktur Modul	53

Abb.92.Ansicht 1: Längsseite mit halb geöffneten Glaspaneelen	55
Abb.93.Ansicht 2: Längsseite mit geschlossener Glaspaneel	55
Abb.94.Ansicht 3: Querseite im geschlossenen Zustand der ausklappbaren Glaspaneel	55
Abb.95.Ansicht 4: Längsseite mit geöffneten Hauptträger, Sekundärträger und Glaspaneelen	55
Abb.96.Ansicht 5 : Querseite mit geöffneten Hauptträgern, Sekundärträgern und Glaspaneelen	56
Abb.97.Ansicht 6 : Längsseite mit geöffneten Sekundärträgern und aufgeklappten Glaspaneelen	56
Abb.98.Ansicht 7: Querseite, Sekundärträger im geöffneten Zustand	57
Abb.99.Ansicht 8: Querseite, Sekundärträger im geschlossenen Zustand	57
Abb.105. Illustration: Aufklappbares Glaspaneel, offen	58
Abb.103.Ansicht A-A	58
Abb.104.Draufsicht: aufklappbares Glaspaneel	58
Abb.100.Schnitt B-B	58
Abb.101.Schnitt C-C	58
Abb.102.Schnitt D-D	58
Abb.108.Aufklappbares Glaspaneel, zusammengeklappt	59
Abb.109.Verzahnung der Leisten bei den aufklappbaren Verglasungspaneele	59
Abb.107.Grundriss: Stütze mit geschlossenen Haupt- und Sekundärträgern, auf der linken Seite sind die Glaspaneel zusammen- und auf der rechten, aufgeklappt	59
Abb.106.Illustration: Anschluss Pfosten mit aussteifenden Verglasungspaneele	59
Abb.110.Längsansicht: Sekundärträger 1	60
Abb.112.Illustration Regenrinne an Sekundärträger 1	60
Abb.111.Queransicht: Anschlussdetail zweier Regenrinnen	60
Abb.116.Illustration Sekundärträger 2	61
Abb.114.Queransicht: Sekundärträger 2 u. 3	61

Abb.115.Längsansicht: Sekundärträger 2	61
Abb.113.Längsansicht: Sekundärträger 3	61
Abb.117.Querschnitt: Sekundärträger 5 am Anschlusspunkt zweier Module	62
Abb.118.Querschnitt: Sekundärträger 4	62
Abb.120.Illustration Sekundärträger 4 u. 5	62
Abb.119.Längsansicht: Sekundärträger 4 u. 5	62
Abb.121.Anschluss der mittleren Glaspaneelen mit den Hauptträgerrippen	63
Abb.122.Anschluss Hauptträger mit Abspannseil	63
Abb.123.Querschnitt: Hauptträger mit mittlere Glaspaneele montiert	63
Abb.124.Längsansicht: Hauptträger mit mittlere Glaspaneele montiert	63
Abb.126.Hauptträger mit den mittig angeordneten Glaspaneelen am Flansch	64
Abb.125.Mittlere Glaspaneele	64
Abb.128.Längsansicht: Anschluss mittlere Glaspaneele	64
Abb.127.Längsansicht: Anschlussprofil Hauptträger und Stütze	64
Abb.131.Pfosten mit Anschlussprofil und Pfostenfuß	65
Abb.130.Längsansicht: Pfosten mit Anschlussprofil und Auskreuzungselement	65
Abb.129.Anschlussprofil am Pfosten	65
Abb.133.Auskreuzungselement	66
Abb.132.Grundriss Stütze mit Auskreuzungselement	66
Abb.134.Längsschnitt: Fundament	67
Abb.135.Querschnitt: Fundament	67
Abb.136.Illustration: Fundament	67
Abb.137.Kräfteverlauf im geöffneten und unbelasteten Zustand	68
Abb.138.Kräfteverlauf im geschlossenen, unbelasteten Zustand	69

Abb.142.Angaben Vordimensionierung	70
Abb.140.Queransicht	70
Abb.141.Draufsicht der gesamten Konstruktion	70
Abb.139.Längsansicht der halben Konstruktion	70
Abb.143.Dimensionierung	71
Abb.144.Dimensionierung	72
Abb.145.Dimensionierung	73
Abb.146.Illustration: Arkadenhof mit 4 Modulen, Konstruktion ist ganz geöffnet	74
Abb.149.Glaspaneele 90° geöffnet	75
Abb.147.Illustration: Metamorph für Werbezwecke geschlossen	75
Abb.150.Glaspaneele geschlossen	75
Abb.148.Illustration Metamorph für Werbezwecke halb offen	75
Abb.151.Glaspaneele 45° geöffnet	75
Abb.152.Kombination aus 4 Modulen	76
Abb.153.Kombination aus 2 Modulen	76
Abb.154.Metamorph bei einer Ausstellung	77
Abb.155.Illustration: Metamorph als Carport	78
Abb.156.Kombination aus 3 Modulen	79
Abb.157.Kombination aus 4 Modulen	79
Abb.158.Illustration im Arkadenhof mit halb offene Glaspaneelen, oktagonale Form	80
Abb.159.Metamorph für Belichtungszwecke bei Großveranstaltungen	81
Abb.160.Ausblick und mögliche Weiterentwicklung	82
Abb.161.Fotos Längsrichtung des Modells beim Öffnen und Schließen	83

Abb.163.Linke Seite: Querrichtung des Models beim Öffnen und Schließen der Sekundärträger und der faltbaren Glaspaneelen.

84

Abb.162.Rechte Seite: Modelldetails

84

DANKSAGUNGEN

Mit der vorliegenden Arbeit, geht ein schöner Abschnitt meines Lebens zu Ende. Ich möchte mich an dieser Stelle daher die Zeit für ein paar Worte des Dankes nehmen.

Allen voran möchte ich mich bei Univ. Prof. DDI Wolfgang Winter und bei Dipl.-Ing. Baris Cokcan bedanken, für die beste Betreuung und für die Gelegenheit, meine Arbeit am Institut für Tragwerksplanung und Ingenieurholzbau schreiben zu dürfen. Auch ein Dankeschön an Mag.art. Ass. Prof. Fridolin Welte, der mich motiviert und mit sehr guten Ratschlägen begleitet hat.

Ein ganz großes Dankeschön an meine Familie: Meinen beiden Geschwister Emma und Anita als auch meiner Mutter Hermine die mich mein ganzes Leben lang unterstützt haben und ohne die ich es nicht bis hierher geschafft hätte. Ihnen widme ich diese Arbeit.

Ein weiteres Dankeschön an meine Freundin, Gajane Jengojan, die mir jeden Tag Kraft und Motivation gab und für mich immer da ist.