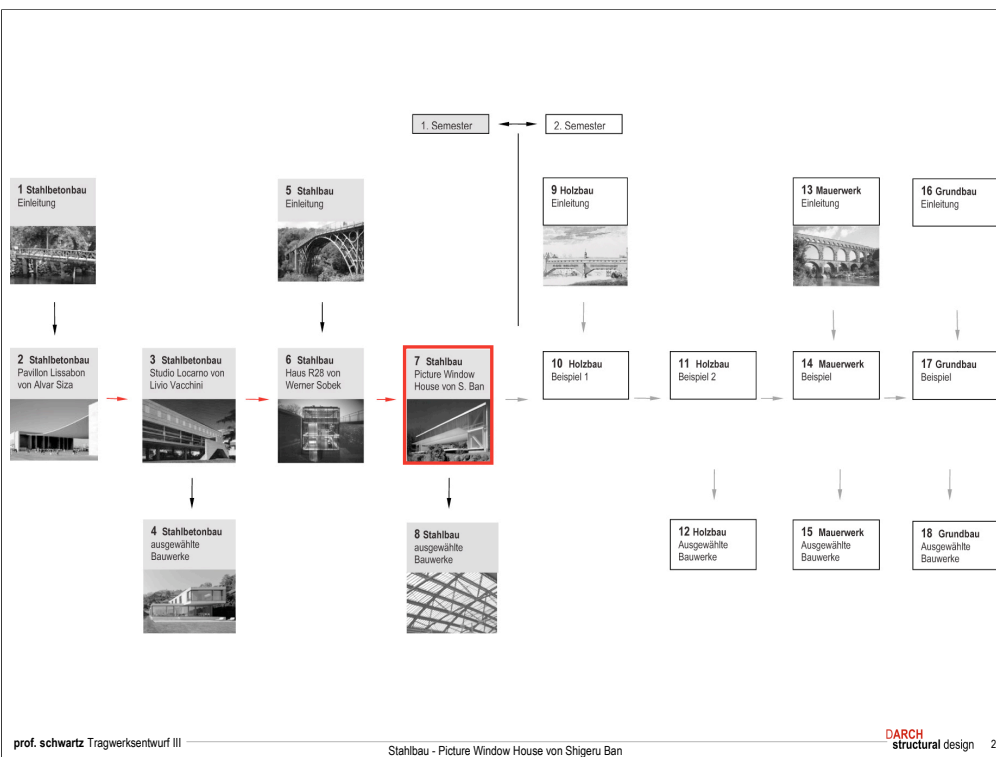


## Tragwerksentwurf III

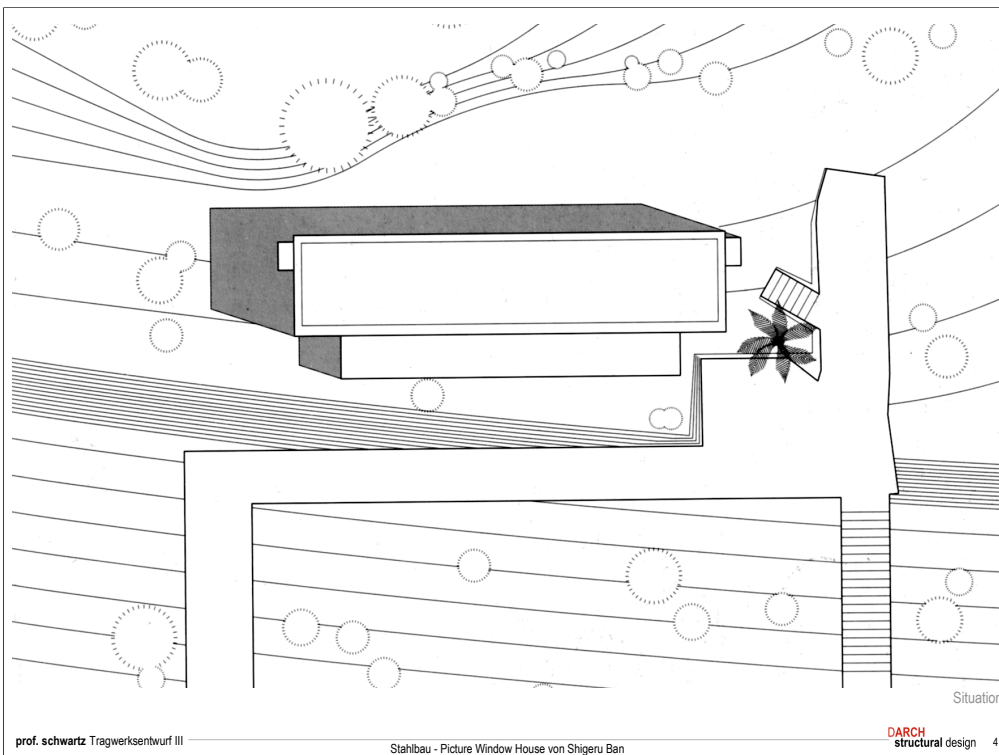
Kurzbeschreibung der Folie:  
Tragwerksentwurf III



Kurzbeschreibung der Folie:  
Inhaltsverzeichnis

## Picture Window House von Shigeru Ban

Kurzbeschreibung der Folie:



Kurzbeschreibung der Folie:

Das Picture Window House steht ca. 90 km von der Stadt Tokio entfernt am Strand der Halbinsel Izu. Das Grundstück in der Nähe des höchstgelegenen Punktes eines Hügels bietet eine wunderbare Sicht auf den Pazifik. Der Architekt Shigeru Ban hat diese Aussicht rahmen wollen und das Haus zum Fenster werden lassen; mit der Konsequenz, dass dem Tragwerk eine zentrale Rolle zukommt, um den Entwurf überhaupt realisierbar zu machen.



Ansicht Süd

prof. schwartz Tragwerksentwurf III

Stahlbau - Picture Window House von Shigeru Ban

DARCH  
structural design 5

#### Kurzbeschreibung der Folie:

Die Interpretation des Ortes bewegte den Architekten zu einem stützenfreien Erdgeschoss; so wird es möglich, die Kontinuität des natürlichen Geländeflusses vom Meer bis zur Hügelspitze zu wahren. Das Haus wurde somit nicht als Brücke gebaut, um ein Hindernis zu überwinden, sondern um selber eine kleine Barriere darzustellen. Wenn alle Schiebefenster geöffnet werden, verschmilzt der Innenraum mit dem Aussenraum. Neben zwei Küchenelementen und einer freistehenden Treppe, die zu den Schlafzimmern und den Bädern im Obergeschoss führt, weist der puristisch anmutende Wohnraum keine weiteren Einrichtungen auf. Die beiden seitlich angeordneten Brückenpfeiler beinhalten nebst dem Eingang weitere Nutzräume und tragen mit ihren Stützen den Brückenträger.



Ansicht Nord

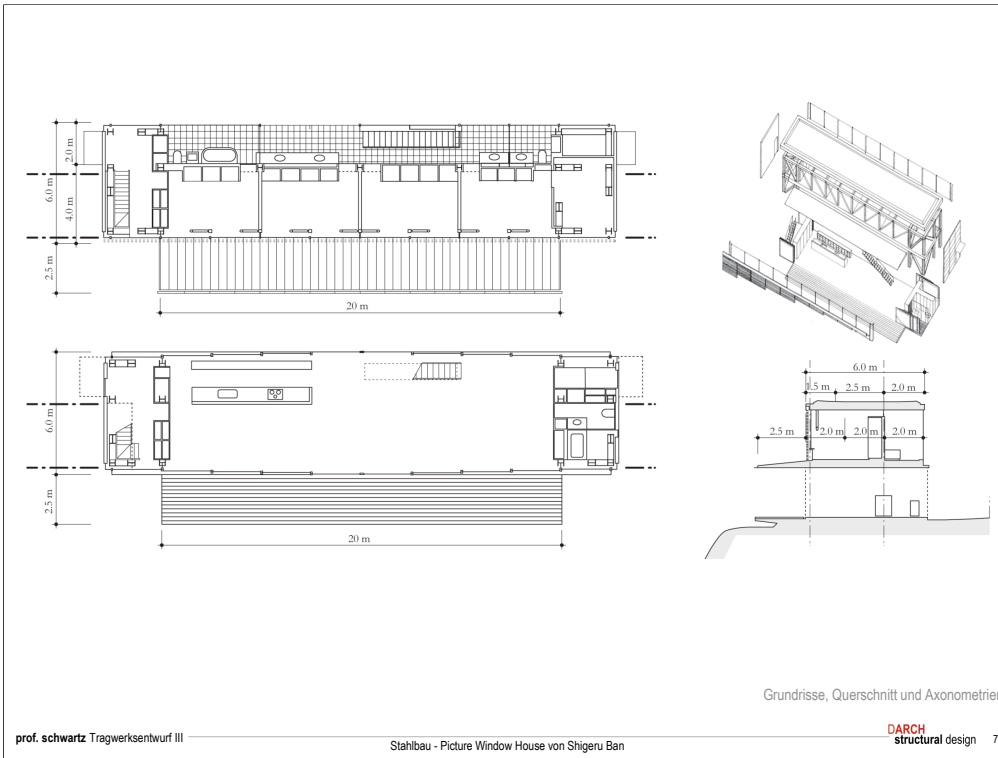
prof. schwartz Tragwerksentwurf III

Stahlbau - Picture Window House von Shigeru Ban

DARCH  
structural design 6

#### Kurzbeschreibung der Folie:

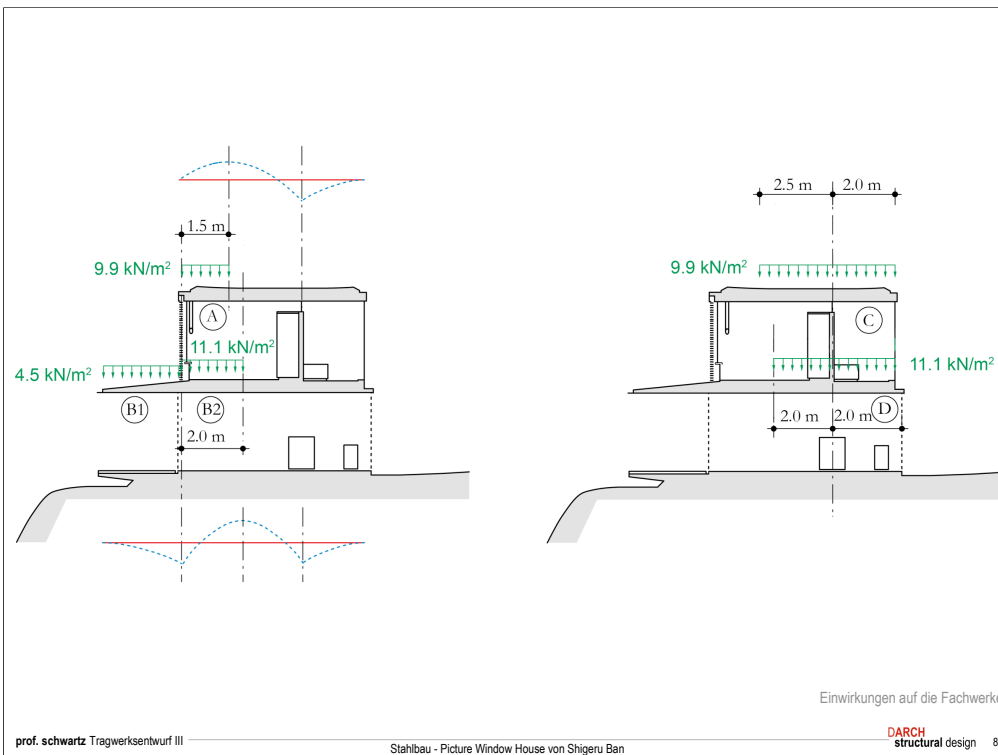
Wie aus den Grundrissen, dem Schnitt und der Axonometrie (nächste Folie) hervorgeht, besteht das Primärtragwerk aus Stahl. Die 20 m weit gespannte Obergeschossbrücke enthält zwei in Längsrichtung verlaufende Fachwerkträger, von denen einer frei sichtbar als gestalterisches Element in der seeseitigen Fassade angeordnet ist. Das zweite Fachwerk ist vollständig verkleidet in der Zwischenebene eingebettet, welche die Zimmer vom Korridor trennt und somit nicht mehr als Tragwerkelement erkennbar. Das Haus hat somit zwei Gesichter: auf der Südseite ist die Konstruktion von zeichnerischer Direktheit, und vermittelt auf eindrückliche Weise die Funktionsweise des Tragwerks mit seinen grossen Kräften. Die atemberaubende Aussicht verleiht jedoch dem Tragwerk eine unerwartete Unaufdringlichkeit. Auf der Nordseite dagegen, wo das Fachwerk vollständig verborgen liegt, deutet nichts mehr darauf hin, wie die Decken halten können. Diese bewusst eingesetzte „Verunklärung“ des Tragwerks trägt wesentlich zum Zauber des Hauses bei. Der Stellenwert der Ingenieurlogik als Formgenerator wird hier relativiert; die Technik wird zwar keineswegs versteckt, genau so wenig wird sie jedoch gefeiert. Vielmehr verbindet sich in diesem Haus die durch die Spannweite gegebene physikalische Notwendigkeit mit der gestalterischen Freiheit. So werden durch die Brückenkonstruktion räumliche Volumen eingeschlossen, die im japanischen Kontext lediglich einen dienenden Charakter haben. Neben dem eigentlichen Wohnraum im Erdgeschoss wird dadurch auch der Korridor im Obergeschoss zu einem gedeckten Aussenraum, vergleichbar der Engawa in einem historischen japanischen Wohnhaus. Im Picture Window House verbindet sich so eine traditionelle Wohntypologie mit modernen Vorstellungen vom Wohnen, mit dem Tragwerk als Grenzsicht.



**Kurzbeschreibung der Folie:**

Beim Picture Window House sind die Decken als Stahl-Beton-Verbundtraglelemente konzipiert. Gewellte trapezförmige Rippenbleche wurden als verlorene Schalung eingesetzt und überbetoniert. Im Bauzustand, d.h. bis zur Aushärtung des Betons, sind die Bleche allein tragend. Sie wirken wie Stahlprofile, die geneigten Stahlflächen bilden die Stege, und die horizontalen Stahlflächen bilden die Flansche. Dank des Verbundes zwischen dem Blech und dem Beton wirkt das Blech im Endzustand als Bewehrung. Die Decken tragen somit in Gebäudequerrichtung wie Stahlbetondecken, wobei die unteren horizontalen Stahlflächen als Bewehrung in Rechnung gestellt werden können. Die Einwirkungen betragen auf dem Bemessungsniveau, für die Decke über dem Erdgeschoss, unter den vereinfachenden Annahmen einer mittleren Stärke der Verbunddecken inklusiv Unterlagsboden von 220 mm und Eigenlasten der abgehängten Gipskartondecken von 0.5 kN/m<sup>2</sup>:

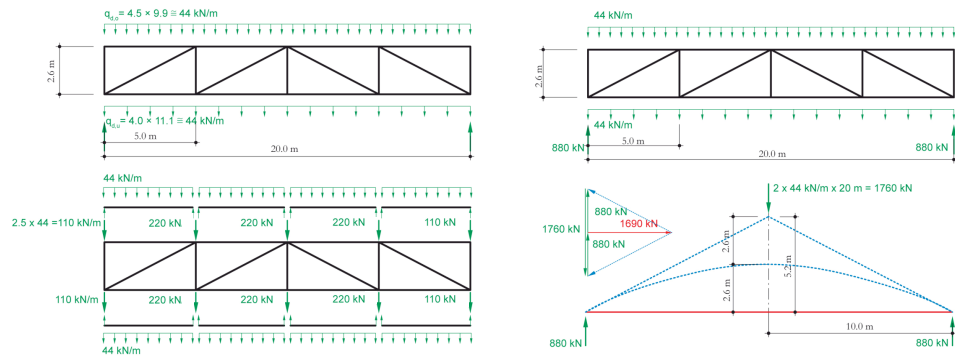
Eigenlasten:  $g_d = 1.35 \cdot (0.22 \cdot 25.0 + 0.5) \cong 8.1 \text{ kN/m}^2$ ; Nutzlasten:  $q_d = 1.5 \cdot 2.0 \cong 3.0 \text{ kN/m}^2$ ; Totale Last:  $q_{d,tot} \cong 11.1 \text{ kN/m}^2$



**Kurzbeschreibung der Folie:**

und für die Decke über dem Obergeschoss unter Schneelasten:  
Eigenlasten:  $g_d = 1.35 \cdot (0.22 \cdot 25.0 + 0.5) \cong 8.1 \text{ kN/m}^2$ ; Nutzlast (Schnee):  $q_d = 1.5 \cdot 1.2 \cong 1.8 \text{ kN/m}^2$ ; Totale Last:  $q_{d,tot} \cong 9.9 \text{ kN/m}^2$   
sowie für das Leichtbau-Vordach mit angenommenen Eigenlasten von 2 kN/m<sup>2</sup> unter Schneelasten:  
Eigenlasten:  $g_d = 1.35 \cdot 2.0 \cong 2.7 \text{ kN/m}^2$ ; Nutzlast (Schnee):  $q_d = 1.5 \cdot 1.2 \cong 1.8 \text{ kN/m}^2$ ; Totale Last:  $q_{d,tot} \cong 4.5 \text{ kN/m}^2$

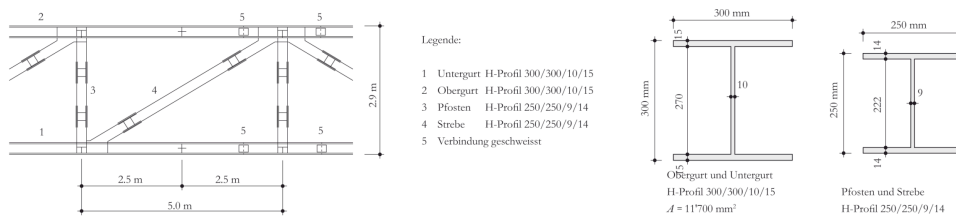
Die Einwirkungen der Fachwerkträger werden gemäss obigen Bild ermittelt. Die sogenannten Lastschiebepunkte der Decken folgen aus den Seil-Bogentragwerken der Decken. Die Lastschiebepunkte befinden sich nämlich an denjenigen Orten, wo der Bogen des Bogenseiltragwerkes eine horizontale Tangente aufweist. Ausgehend von diesen Einwirkungen können die Beanspruchungen der Fachwerkträger ermittelt werden. Ein Teil der Lasten wirken am oberen, und ein weiterer Teil am unteren Rand der Fachwerkträger. Dieser Tatbestand hat vor allem einen Einfluss auf die Grösse der inneren Kräfte in den Pfosten. Im Weiteren müssen die verteilten Lasten auf die Fachwerkknoten konzentriert werden. Dies erfolgt über Biegung der Fachwerkgurte, welche weiter unten genauer untersucht wird.



Links: Ermittlung der Knotenlasten des inneren Fachwerkträgers Rechts: Ermittlung der maximalen Gurtkräfte

**Kurzbeschreibung der Folie:**

In Bild links ist die Beanspruchung des inneren Fachwerkträgers schematisch dargestellt. Dieser Träger weist vier Felder auf und wird lediglich auf einer Auflagerseite mit einer Rahmenecke ergänzt, auf der anderen Auflagerseite ist er dagegen als einfacher Balken aufgelagert. Die einseitige Rahmenecke ist als Bestandteil eines aussteifenden Verbandes zu verstehen, und ihre ihr Einfluss wird, im Gegensatz zum äusseren Fachwerkträger, vereinfachend bei der Untersuchung der Tragwirkung des Fachwerkträgers vernachlässigt. Diese rechnerische Schwächung des Tragwerks, welche zu einer symmetrischen Tragwirkung führt, liegt auf der sicheren Seite, was bedeutet, dass das tatsächliche Tragwerk zusätzliche Reserven aufweist. Im Weiteren werden die inneren Kräfte im Fachwerkträger untersucht. In einem ersten Schritt werden die Zug- und Druckkräfte in den massgebenden Fachwerkelementen untersucht, und anschliessend wird die Analyse unter Berücksichtigung der Biegebeanspruchung der Gurte verfeinert. Im Bild rechts werden die maximalen Gurtkräfte mit Hilfe eines einfachen Bogen-Seiltragwerkes ermittelt. Die maximalen Gurtkräfte betragen in Feldmitte im oberen Druckgurt -1'690 kN und im unteren Zuggurt +1'690 kN. Es resultiert somit bei Verwendung von Stahl S235 eine erforderliche Querschnittsfläche des Zuggurtes  $A_{erf} = Z_d / f_{td} = 1'690 \cdot 10^3 / (235 / 1.05) \approx 7550 \text{ mm}^2$ . Die Gurte des Fachwerkträgers sind als Doppel-T-Profile gemäss nächster Folie mit einer Querschnittsfläche von  $11'700 \text{ mm}^2$  ausgelegt, was zu einer Spannung im Zuggurt von  $1'690 \cdot 10^3 / 11'700 \approx 144 \text{ N/mm}^2$  führt. Es sind somit noch Reserven zur Aufnahme der Biegebeanspruchung vorhanden.



Legende:

- 1 Untergurt H-Profil 300/300/10/15
- 2 Obergurt H-Profil 300/300/10/15
- 3 Pfosten H-Profil 250/250/9/14
- 4 Strebe H-Profil 250/250/9/14
- 5 Verbindung geschweisst

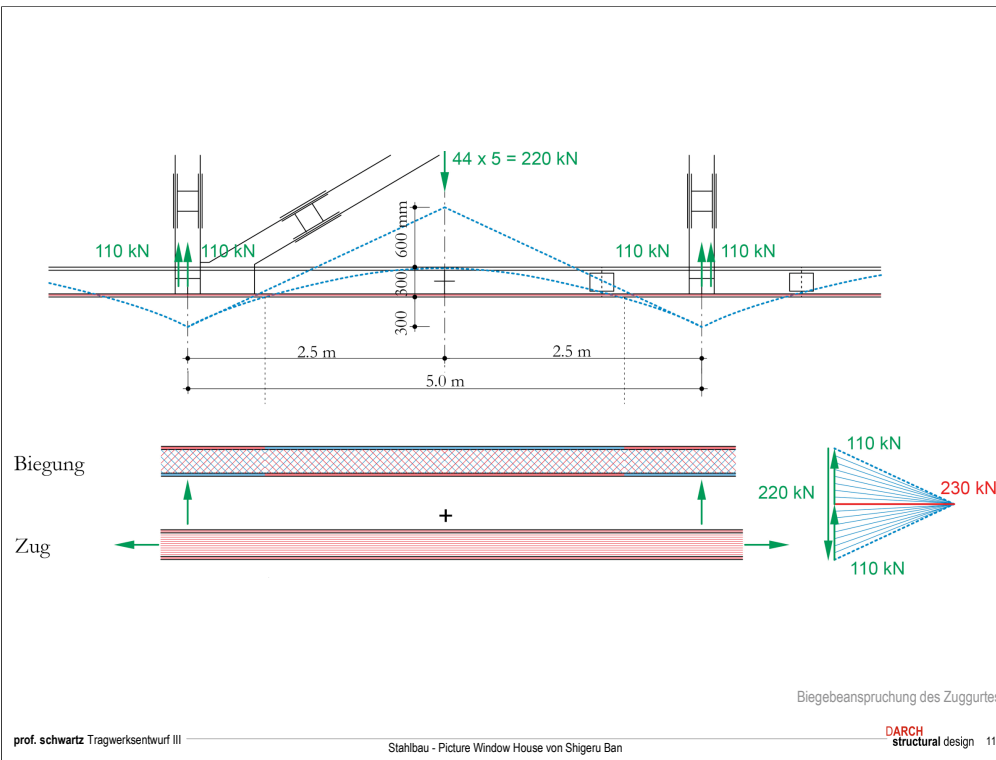
Obergurt und Untergurt  
H-Profil 300/300/10/15  
 $A = 11'700 \text{ mm}^2$

Pfosten und Strebe  
H-Profil 250/250/9/14

Konstruktive Ausbildung des inneren Fachwerks

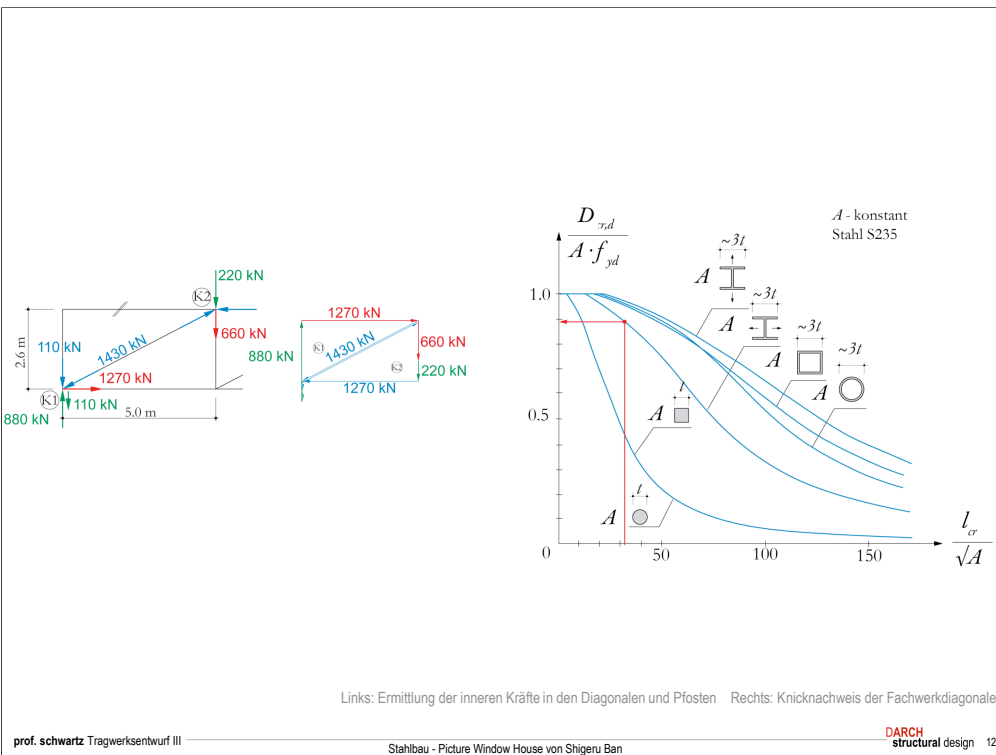
**Kurzbeschreibung der Folie:**

Im Druckgurt ist die gleiche Beanspruchung vorhanden. Grundsätzlich ist zu überprüfen, ob der Druckgurt nicht knickgefährdet ist. Infolge des steifen Verbandes mit der Decke ist ein Ausweichen in horizontaler Richtung vollkommen ausgeschlossen, und ein Ausweichen in vertikaler Richtung wird dank der Versteifung des Gurtes durch die Decken ebenfalls verhindert. Im Weiteren wird die Biegebeanspruchung des Zuggurtes untersucht. Wie aus dem Bild ersichtlich, ist dieser als Gerberträger konzipiert, d.h. die Schraubstösse sind in den gelenkpunkten des Bogen-Seiltragwerkes angeordnet. Auf der nächsten Folie ist das entsprechende Bogen-Seiltragwerk mit zugehörigem Kräfteplan dargestellt.



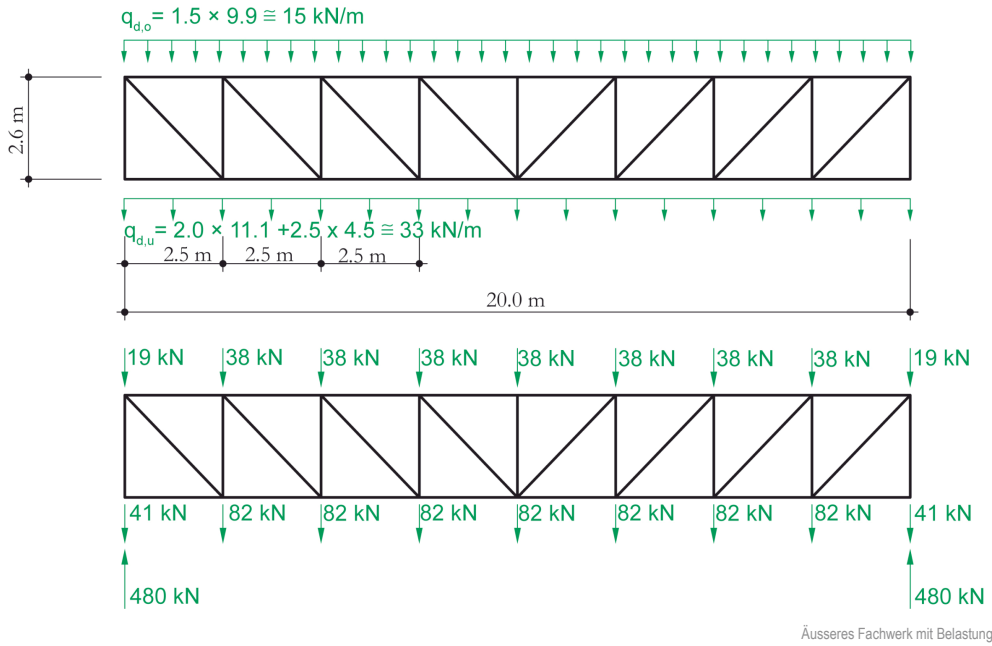
**Kurzbeschreibung der Folie:**

Die maximalen Zugkräfte im Flansch betragen gemäss Kräfteplan 230 kN, was zu einer zusätzlichen Spannung von  $230 \cdot 10^3 / (300 \cdot 15) \approx 51 \text{ N/mm}^2$  in den Flanschen führt. Im Bild ist weiter mit Hilfe von Spannungsfeldern dargestellt, wie die Kräfte im Zuggurt infolge Fachwerkbeanspruchung und infolge Gurtbiegung überlagert werden können. Dort wo die maximale Zugbeanspruchung in den Flanschen infolge Biegung auftritt, d.h. in Feldmitte und bei den drei mittleren Pfosten, ist der Gurtflansch am stärksten beansprucht. Es resultiert an diesen Orten eine Spannung von  $144 + 51 = 195 \text{ N/mm}^2$ , welche nur noch unwesentlich kleiner ist als der Bemessungswert der Fließgrenze  $f_{td} = 235/1.05 = 224 \text{ N/mm}^2$ . In diesem Fall sind die Biegeverformungen der Gurte im Gegensatz zu denjenigen der Stahlträger des Hauses R128 von Werner Sobek weniger kritisch, da die Stahlträger durch die Stahlbetondecken wesentlich aussteift werden. Für den Druckgurt gelten sinngemäss die gleichen Überlegungen.



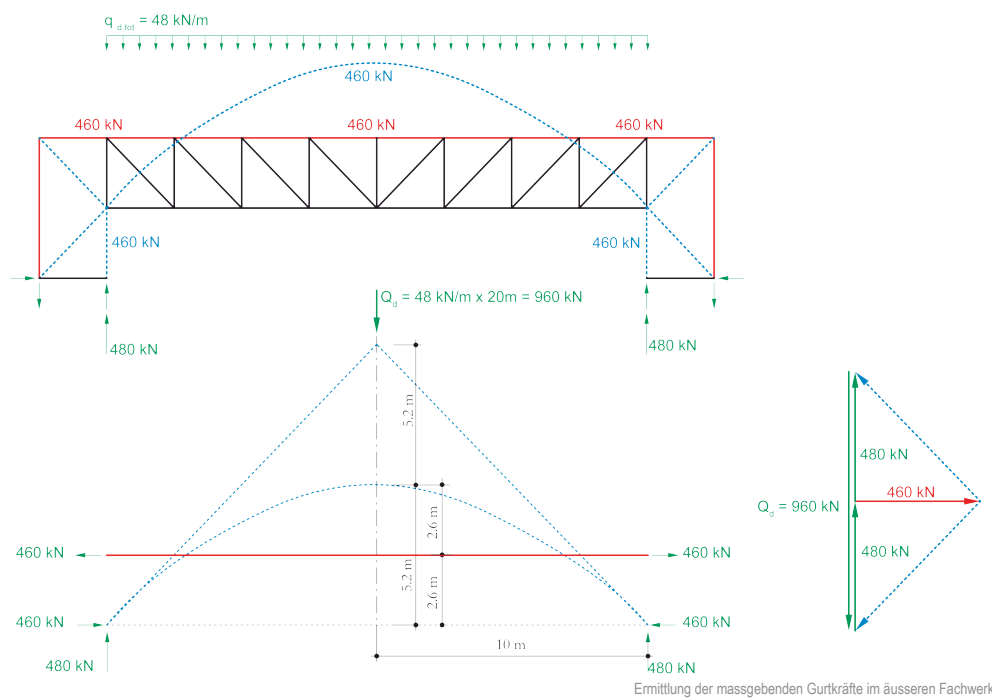
**Kurzbeschreibung der Folie:**

Die Diagonalen des inneren Fachwerkes können einfach mit Hilfe von Gleichgewichtsbetrachtungen in den Auflagerknoten untersucht werden. Im Gegensatz zum äusseren Fachwerk sind die Diagonalen hier, trotz ihrer grösseren Länge so ausgelegt, dass sie auf Druck beansprucht sind. Die Geometrie dieses Fachwerkes ist das Resultat gestalterischer Kriterien. Die tragwerkstechnischen Kriterien unterordnen sich der Anordnung der Türen und dem Ziel, die Fachwerkträger möglichst unsichtbar erscheinen zu lassen.



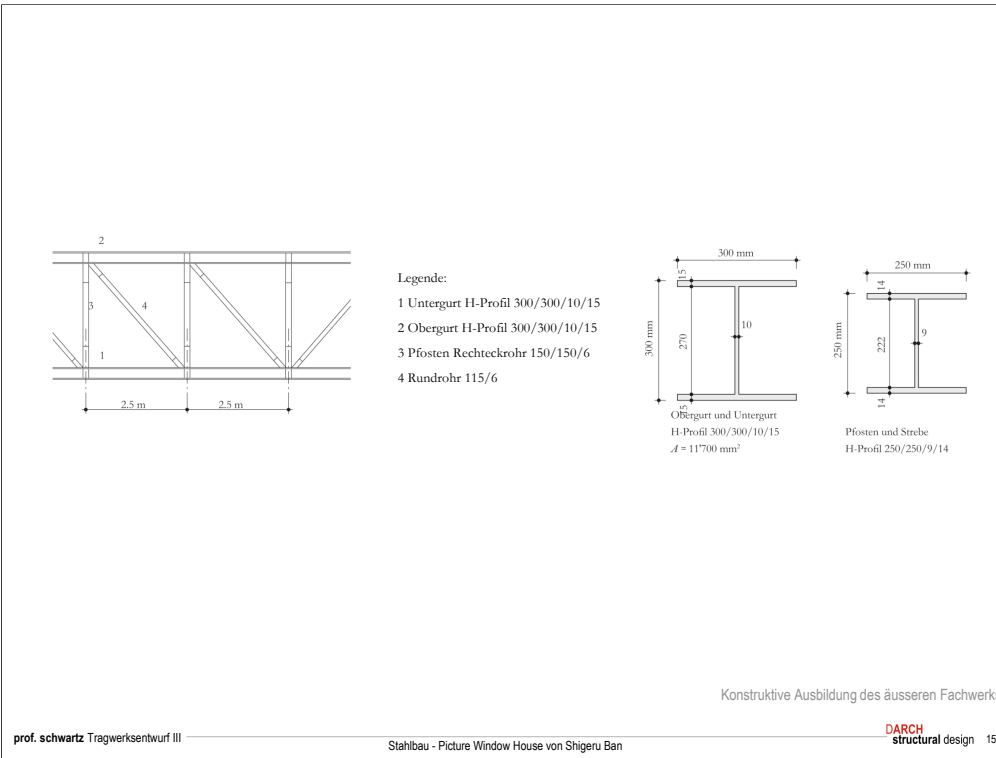
**Kurzbeschreibung der Folie:**

Für den äusseren Fachwerkträger gelten sinngemäss dieselben Überlegungen betreffend Einwirkungen wie für den inneren. Im Bild ist der Fachwerkträger mit seinen äusseren Lasten dargestellt.



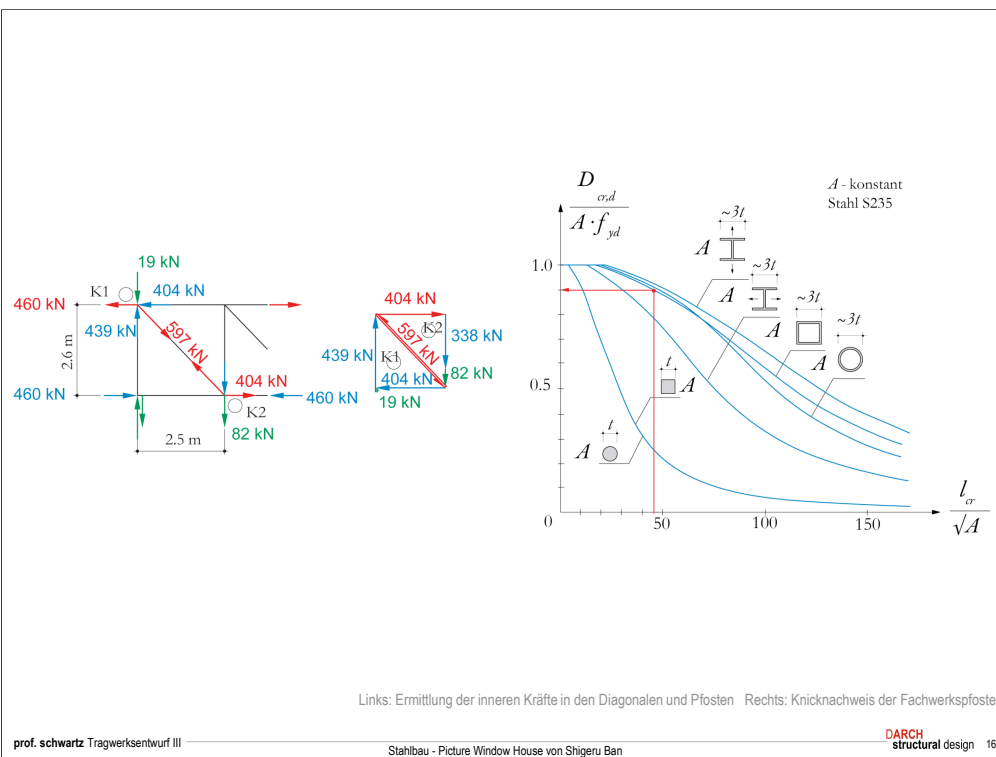
**Kurzbeschreibung der Folie:**

Da der äussere Fachwerkträger an seinen beiden Enden in die aussteifenden Vertikalverbände angrenzt, kann er zusammen mit diesen als Rahmen wirken. Im Bild ist die Tragwirkung mittels eines einfachen Bogen-Seiltragwerks dargestellt, und die inneren Kräfte mit Hilfe des zugehörigen Kräfteplans ermittelt worden.



**Kurzbeschreibung der Folie:**

Im Bild ist eine Konstruktionsskizze des Fachwerkträgers dargestellt, aus welcher hervorgeht, dass aus Gründen des Deckenanschlusses die Gurten aus denselben Profilen bestehen wie beim Innenträger. Sowohl die Gurtkräfte aus der Fachwerktragwirkung (kleinere Lasten, Rahmenwirkung) wie auch diejenigen aus der Biegetragwirkung (halbe Spannweite) sind wesentlich geringer als beim Innenträger und somit nicht massgebend.



**Kurzbeschreibung der Folie:**

Die Kräfte in den Diagonalen und Pfosten können auf die gleiche Weise ermittelt werden wie beim inneren Fachwerk. Im linken Bild ist die Ermittlung dieser Kräfte dargestellt. Die zusätzlichen Gurtkräfte infolge Rahmenwirkung haben keinen Einfluss auf die Kräfte in den Pfosten und Diagonalen und wurden im Cremona-Plan nicht dargestellt. Zur Ermittlung der Gurtkräfte müssen sie jedoch zu denjenigen des Cremona-Planes addiert werden.

Die Zugdiagonale weist eine Spannung von  $597 \cdot 10^3 / 2170 \approx 275 \text{ N/mm}^2$  auf. Daraus folgt, dass diese Tragelemente aus Stahl S355 mit einer Fließgrenze  $f_{yd} = 355 / 1.05 = 338 \text{ N/mm}^2$  ausgebildet sind. In den Pfosten beträgt die Spannung  $338 \cdot 10^3 / 3430 \approx 100 \text{ N/mm}^2$ . Werden diese vereinfachend als an ihren Enden gelenkig angeschlossen angenommen, so beträgt ihre kritische Länge  $l_{cr} = 2600 \text{ mm}$ , was zu einer Schlankheit von  $l_{cr} / \sqrt{A} = 2600 / \sqrt{3430} \approx 44$  führt. Der auf Druck beanspruchte Pfosten kann gemäss dem rechten Bild bis zum Instabilitätsversagen bis zu ca. 90% seines Fließwiderstandes beansprucht werden, was einer Spannung von  $0.9 \cdot 235 / 1.05 \approx 200 \text{ N/mm}^2$  entspricht. Die Pfosten sind demzufolge nur zu etwa 50% ihres effektiven Widerstandes ausgenutzt. Aus diesen Betrachtungen geht klar hervor, dass beim Pfosten nicht tragwerktechnische, sondern gestalterische Kriterien massgebend waren.

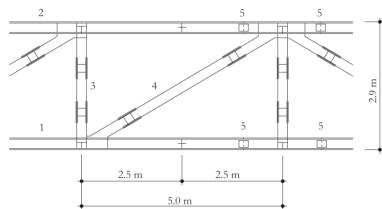




Äusserer Fachwerkträger

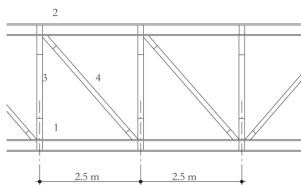
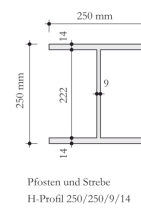
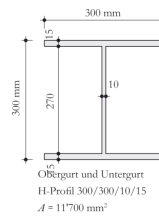
**Kurzbeschreibung der Folie:**

Aus Bild geht eindrücklich hervor, dass einerseits die Schlankheit der 'Stützen' in einem ausgewogenen Verhältnis zu den Diagonalen gewählt wurde, und andererseits darauf geachtet wurde, dass diese Tragelemente nicht zu schlank ausgebildet wurden, um ihre Glaubwürdigkeit als 'Stützen' zu behalten.



Legende:

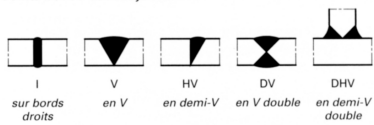
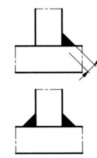
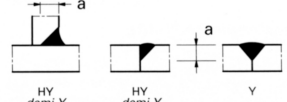
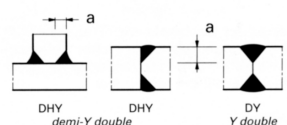
- 1 Untergurt H-Profil 300/300/10/15
- 2 Obergurt H-Profil 300/300/10/15
- 3 Pfosten H-Profil 250/250/9/14
- 4 Strebe H-Profil 250/250/9/14
- 5 Verbindung geschweisst



Konstruktive Ausbildung des inneren (oben) und äusseren (unten) Fachwerkträgers

**Kurzbeschreibung der Folie:**

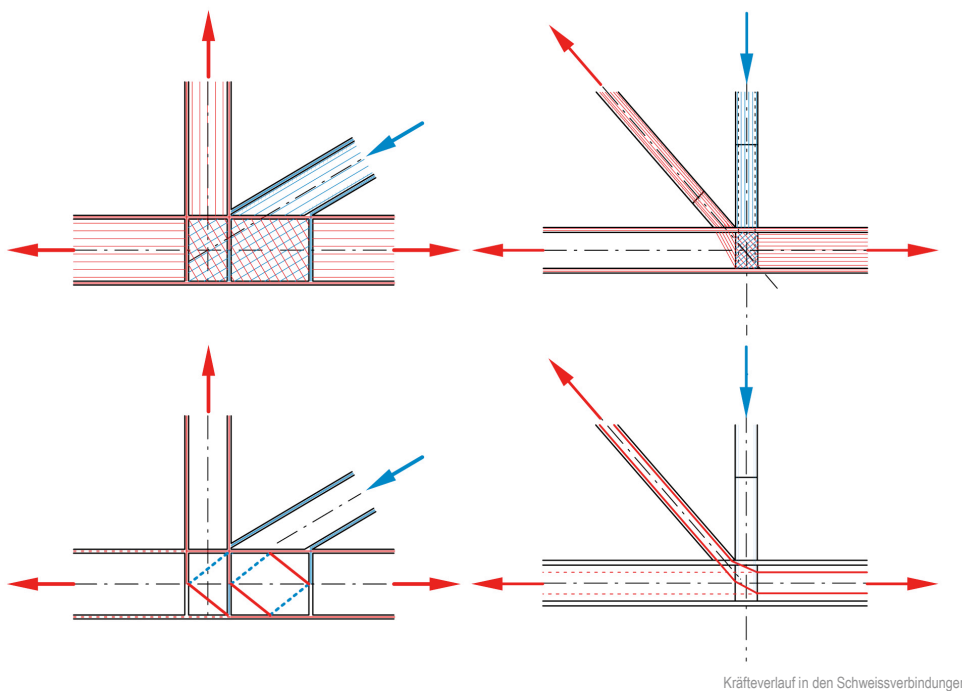
Aus den Konstruktionsskizzen geht hervor, dass die Knoten der Fachwerkträger weitgehend verschweisst sind. Im Folgenden wird das Tragverhalten von Schweissnähten dargestellt. Einleitend ist zu sagen, dass die Festigkeit der modernen Schweissnähte stets grösser ist als diejenige des Materials der zu verbindenden Stahlteile aus konventionellem Baustahl, dem sogenannten Grundmaterial. Das bedeutet, dass Schweissverbindungen, falls sie über den gesamten Profilquerschnitt erfassen, nicht massgebend werden. Ausnahmen können allerdings bei ermüdungsbeanspruchten Verbindungen auftreten. Häufig lohnt sich ein volles Durchschweissen jedoch aus wirtschaftlichen Gründen nicht, weil die zu übertragende Kraft wesentlich kleiner ist als der Tragwiderstand des zu verbindenden Bauteiles. Es sei aber auch hier darauf hingewiesen, dass ein extrem sprödes Bruchverhalten resultiert, wenn die Schweissverbindung schwächer als die zu verbindenden Teile ist, erfolgt doch dann die plastische Verformung nur im Bereich der ohnehin spröderen Schweissnaht.

	Nahtformen (Beispiele und Bezeichnungen) <i>Forme des soudures (exemples et désignations)</i>
Durchgeschweisste Naht <i>Soudure complètement pénétrée</i>	Stumpfstöße und T-Stöße <i>Joints bout à bout et joints en T</i>  I sur bords droits    V en V    HV en demi-V    DV en V double    DHV en demi-V double
Kehlnaht einseitig <i>Soudure d'angle d'un côté</i>	 Nahtdicke a (Wurzelmass) in mm <i>Epaisseur a (dimension de gorge) en mm</i>
Kehlnaht beidseitig <i>Soudure d'angle des deux côtés</i>	
HY- oder Y-Naht <i>Soudure en demi-Y ou en Y</i> ①	 HY demi-Y    HY demi-Y    Y
DHY- oder DY-Naht <i>Soudure en demi-Y double ou en Y double</i> ①	 DHY demi-Y double    DHY    DY Y double

① wird gemäss Norm SIA 263 rechnerisch als Kehlnaht betrachtet, Ausnahme gemäss Ziffer 8.5.1.5  
① *considérée comme cordon d'angle dans les calculs selon SIA 263, exception selon chiffre 8.5.1.5*

Darstellung verschiedener Schweissverbindungen

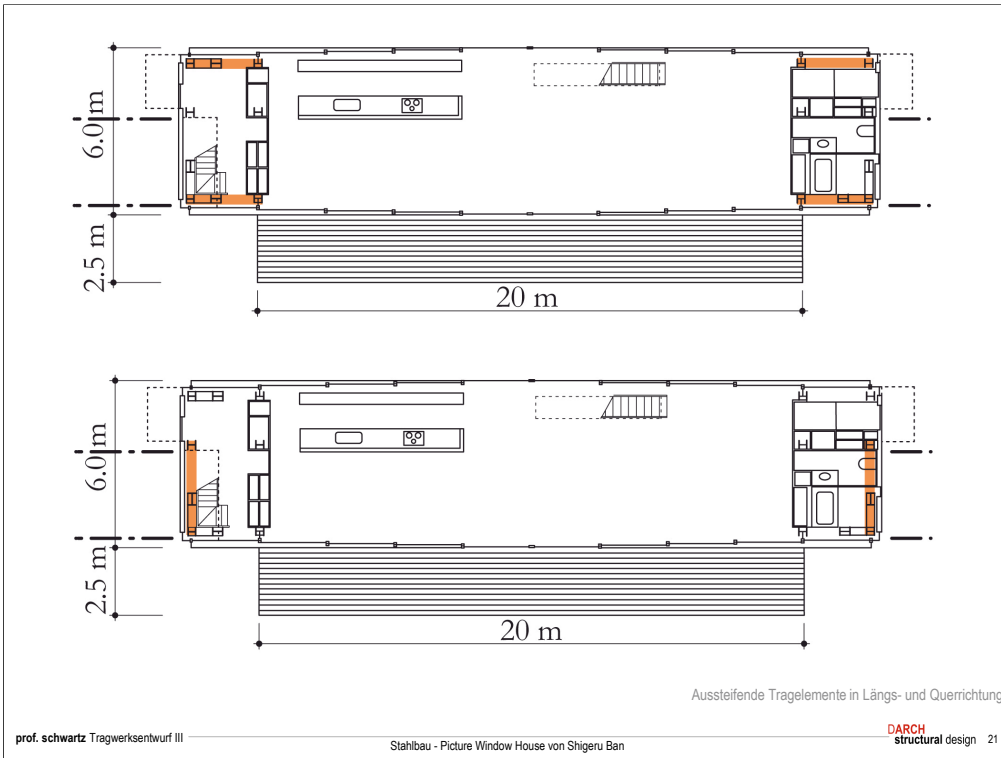
**Kurzbeschreibung der Folie:**



Kräfteverlauf in den Schweissverbindungen

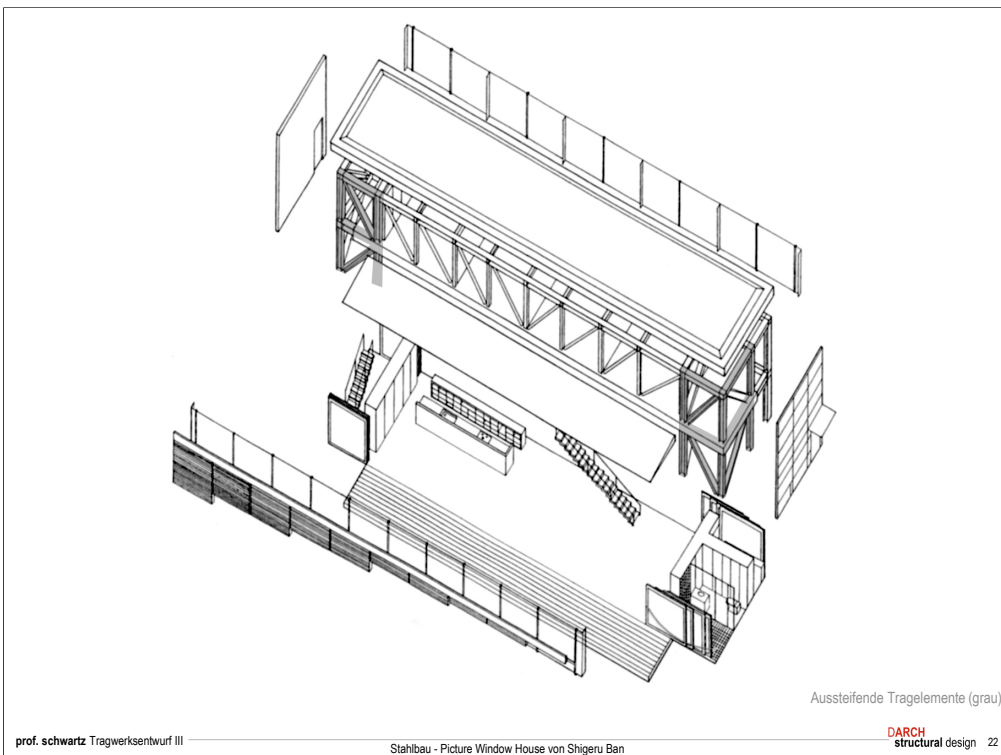
**Kurzbeschreibung der Folie:**

Grundsätzlich wird auch bei Schweissnähten, ähnlich wie bei den Schraubverbindungen, der natürliche Kräfteverlauf nicht unwesentlich gestört. Dies ist insbesondere beim Fügen von Standardprofilen mittels wirtschaftlicher Knotenausbildungen der Fall. Im Bild ist der Kräfteverlauf in den Schweissverbindungen des Innen- und des Aussenfachwerks mit Hilfe von Spannungsfeldern dargestellt. Die eingeschweissten Rippen sind ähnlich wie bei den Schraubverbindungen (vgl. Vorlesung Haus R128 von Werner Sobek) erforderlich, um zu grosse Spannungskonzentrationen zu vermeiden, welche zu lokalen Stabilitätsproblemen wie Beulen und dergleichen führen können. Aus dem Bild ist aber auch ersichtlich, dass die Kraftübertragung in den Schweissnähten sehr komplex ist. Falls keine über die gesamte Blechstärken durchgehenden Schweissnähte angeordnet werden, erfolgt die Bemessung der Schweissnähte über nominelle Nachweise. Ausgehend von der Resultierenden der in der Schweissnaht zu übertragenden Kräfte, werden, unabhängig von deren Richtung, vereinfachend rechnerische Spannungen ermittelt, indem durch normierte Querschnitte der Schweissnaht dividiert wird, und die so ermittelten Spannungen mit Vergleichsspannungen verglichen werden, welche einerseits das Versagen der Schweissnaht, und andererseits das Versagen im Grundmaterial beschreiben. Dieses vereinfachte, semi-empirische Bemessungsverfahren ist auf unzählige Versuche abgestützt und hat sich in der Praxis gut bewährt.

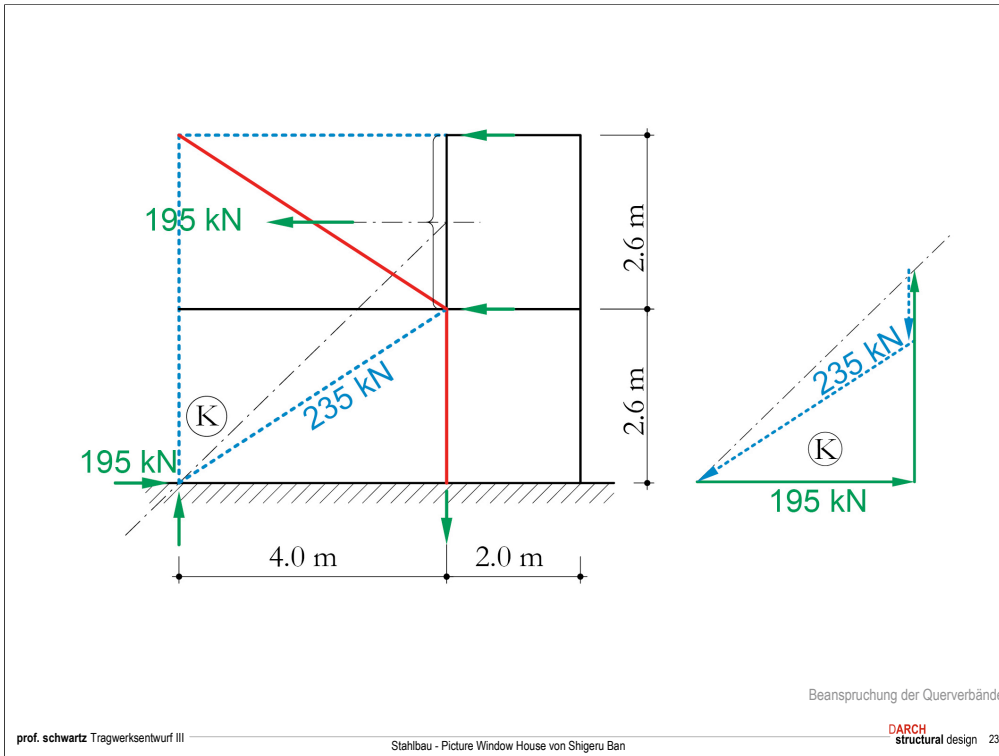


**Kurzbeschreibung der Folie:**

Ähnlich wie das Haus R128 von Werner Sobek in Stuttgart wird auch das Picture Window House mit Hilfe von fachwerkartigen Verbänden unter horizontalen Einwirkungen ausgesteift. Infolge der massiven Decken wird bei diesem Haus die Erdbeneinwirkung massgebend. Die Masse des gesamten Gebäudes wird aus der Analyse der Fachwerkträger abgeleitet. Die Summe der Auflagerkräfte beträgt  $2 \cdot 880 + 2 \cdot 480 = 2720 \text{ kN}$ . Da die Erdbeneinwirkungen als aussergewöhnliche Einwirkungen betrachtet werden, dürfen die Lastbeiwerte  $\gamma_G$  und  $\gamma_Q$  gleich 1.0 gesetzt werden (vgl. Studio Vacchini), das bedeutet, dass der Bemessungswert des Gewichtes des Gebäudes annäherungsweise durch den Mittelwert von  $\gamma_G$  und  $\gamma_Q$ , d.h. ca. durch den Faktor 1.4 dividiert werden dürfen. Es resultiert somit eine resultierende Gebäudelast von ca. 1950 kN. Es ist zu bemerken, dass nach Norm die Nutzlasten ebenfalls reduziert werden dürfen. Auf diese Reduktion wird hier verzichtet, fehlen doch in dieser vereinfachenden Betrachtung noch die Eigenlasten der Stahlstruktur und der Fassade. Unter der Annahme einer Erdbebenbeschleunigung von 20% der Gravitationskraft (Japan!) beträgt somit die rechnerische Erdbebenersatzkraft  $0.2 \cdot 1950 \approx 390 \text{ kN}$ . Auch ist ersichtlich, dass in Gebäudelängsrichtung vier, und in Gebäudequerrichtung zwei aussteifende Verbände vorhanden sind. Wären nur zwei Verbände in Gebäudelängsrichtung in der Ebene des äusseren Fachwerkträgers angeordnet worden, wäre das Tragverhalten infolge der unsymmetrischen Anordnung dieser Verbände sehr ungünstig infolge der Verdrehung des Grundrisses ausgefallen, welche mit Hilfe der beiden in Querrichtung angeordneten Verbänden ähnlich wie beim Haus Sobek hätte ins Gleichgewicht gebracht werden müssen. Infolge der grossen zu erwartenden Erdbeneinwirkungen am Standort des Gebäudes wurde eine quasi-symmetrische Anordnung der Verbände bevorzugt.



**Kurzbeschreibung der Folie:**



**Kurzbeschreibung der Folie:**

Die Erdbeneinwirkung in Gebäudequerrichtung führt somit zu den grössten Beanspruchungen der Verbände. Die Erdbenersatzkräfte, welche als Massenkkräfte vorwiegend an den Decken angreifen, werden über Scheibenbiegung der Decken zu den beiden äusseren Verbänden abgetragen. Diese werden je mit der Hälfte der Erdbenenkraft, d.h. mit 195 kN beansprucht. Im Bild sind die inneren Kräfte in den Verbänden dargestellt. Die in den vertikalen Elementen entstehenden Kräfte müssen denjenigen aus Eigenlasten überlagert werden. Dabei ist zu beachten, dass die Erdbenersatzkraft sowohl nach links als auch nach rechts gerichtet sein kann.