

Einführung Lernziel

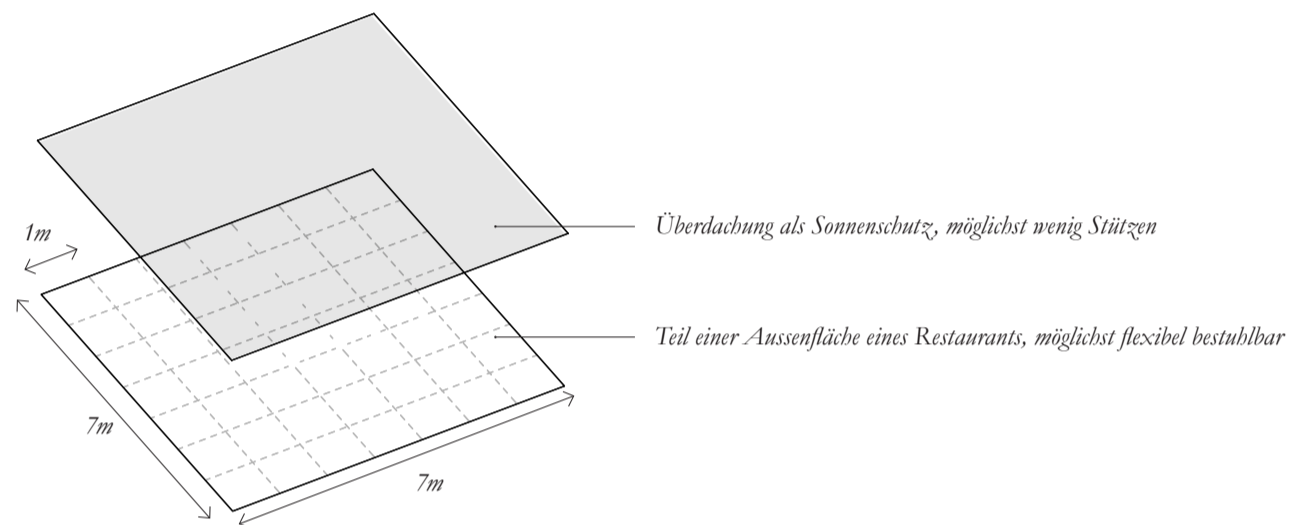
Die Übungen des Tragwerksentwurfs III vertiefen das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Kraft, Form und Material mit Hilfe der grafischen Statik. Diese Übungen veranschaulichen den Entwurfsprozess einer Struktur, bestehend aus den wichtigsten Baumaterialien: Stahl, Stahlbeton, Holz und Mauerwerk. Dabei werden folgende Konstruktionsschritte betrachtet: kurze Diskussion des Konzepts, Berechnung der relevanten Lasten, globales Gleichgewicht, innerer Kräfteverlauf, Variationen von Typologie-Topologie-Geometrie, Konstruktion für vertikale und horizontale Lasten und Materialeigenschaften.

Als direkt weiterführende Information wird folgende Literatur empfohlen:

- Skript zu «Tragwerksentwurf III-IV», Seite 43 - 54: Erläuterungen zum Konstruieren mit Holz
- Skript zu «Tragwerksentwurf III-IV», Seite 167 - 181: Materialanhang zu Holz
- Faustformel, Seite 80 - 84: Erläuterungen zum Werkstoff Holz

Architektonische Randbedingungen

Gegeben ist folgende architektonische Randbedingung: Ein Teil einer Aussenfläche eines Restaurants von 7 x 7 Metern soll mit einer leichten Überdachung ergänzt werden, um den Gästen auch bei zu starker Sonne einen möglichst angenehmen Aufenthalt im Freien zu ermöglichen. Die Konstruktion der Überdachung soll aus Holz gebaut werden. Der überdachte Bereich soll möglichst flexibel bestuhlbar sein. Dementsprechend soll die Überdachung mit möglichst wenigen Stützen erstellt werden.



Grobe Vorbemessung von Kragarmen

Die Tabelle auf Seite 1 des Anhangs «Lasten und Kennwerte» gibt Richtwerte für die Schlankheit von Tragwerken an. In Übung 2 wurde diese bereits auf Balken und Platten aus Stahlbeton angewendet. Nun sollen sie auf als Kragarm ausgebildete Balken angewendet werden.

Im Folgenden sind aus unterschiedlichen Materialien gefertigte Kragarme mit identischen Abmessungen dargestellt. Schätzen Sie jeweils die benötigte Höhe h der Balken ab, um die Überdachung als Kragarm auszubilden und somit auf Stützen verzichten zu können. Dazu müssen Sie die Vorbemessungswerte für Balken aus der Tabelle an den Fall von Kragarmen anpassen.

	Kragarm aus Brettschichtholz	Kragarm aus Stahlbeton	Kragarm aus Stahl
	$l/h = 20/2 = 10$	$l/h = 18/2 = 9$	$l/h = 20/2 = 10$
	$h = 7m/10 = 0.7 m$	$h = 7m/9 = 0.78 m$	$h = 7m/10 = 0.7 m$

Hilfe: Anhang «Lasten und Kennwerte» S.1 →

Idee zum Tragwerksentwurf & Lastenermittlung

Sie entwickeln einen ersten Entwurf für die Überdachung. Bei diesem Tragwerk aus Brettschichtholzträgern ist eine vereinfachte äussere Lasteinwirkung gegeben. Allfällige weitere Einwirkungen können vernachlässigt werden. Berechnen Sie die Kräfte in Flächen 1, 2, 3, 4 (Darstellung Rechts). Die berechneten Kräfte werden als Punktlasten, wie im Bild unten angezeigt, in die Brettschichtholzträger eingeleitet.

Hilfe: Übung TE 3 zu Stahlbeton und Stahl →

$\bar{q}_g = 2 \text{ kN/m}^2$

Schnitt 1

Axonometrie

total load = $(3.5 \text{ m} * 3.5 \text{ m}) * 2 \text{ kN/m}^2 = 24.5 \text{ kN}$

area 1 = 3.25 m^2 . $3.25 \text{ m}^2 * 2 \text{ kN/m}^2 = 6.5 \text{ kN}$

area 2 = 5 m^2 . $5 \text{ m}^2 * 2 \text{ kN/m}^2 = 10 \text{ kN}$

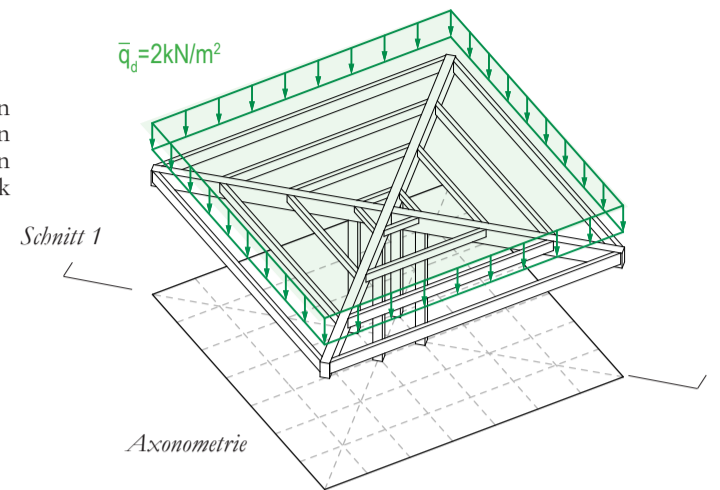
area 3 = 3 m^2 . $3 \text{ m}^2 * 2 \text{ kN/m}^2 = 6 \text{ kN}$

area 4 = 1 m^2 . $1 \text{ m}^2 * 2 \text{ kN/m}^2 = 2 \text{ kN}$

Aufgabe 1 Abtragung der vertikalen Kräfte: Designvariante 1

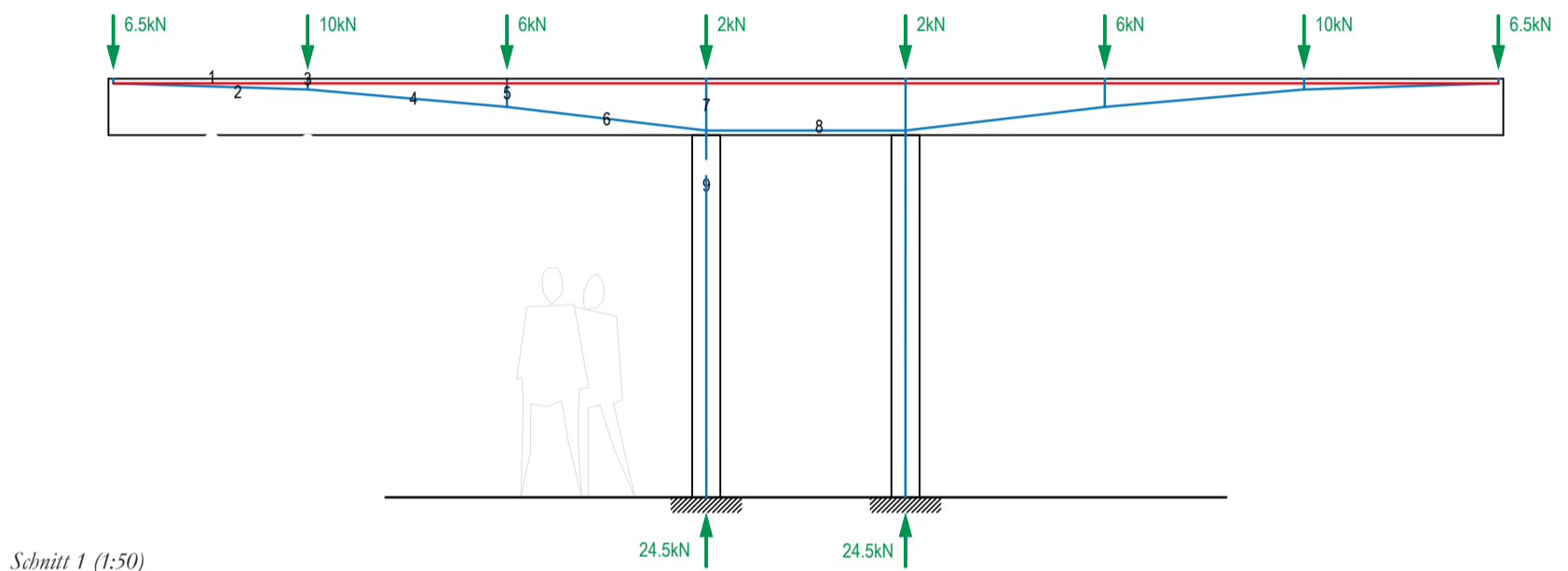
Das Dach ist als Kragarm aus ebenen Brettschichtholzträgern ausgebildet.

Sie entscheiden sich in erster Linie für die Untersuchung eines ebenen Tragwerks aus horizontalen Brettschichtholzträgern. Als äussere Einwirkung werden die vorher bestimmten, resultierenden Punktlasten entlang den diagonalen Trägern angesetzt. Die inneren Kräfte werden anhand von zwei unterschiedlichen Modellen bestimmt. Verwenden Sie die Farben rot für Zug, blau für Druck und grün für die äusseren Kräfte.

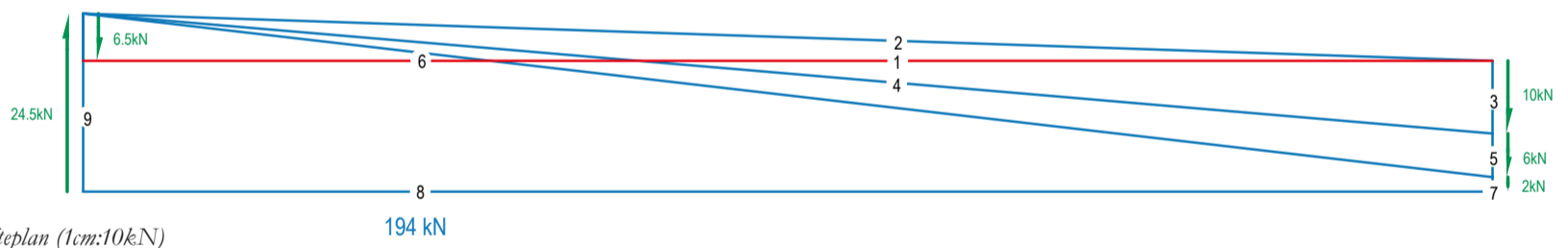


1a Bestimmung der inneren Kräfte mit Hilfe eines Bogen-Seil-Tragwerks

Ermitteln Sie für die unten dargestellten Tragwerkelemente die Grösse der inneren Kräfte und der Auflager mit Hilfe eines Kräfteplans, basierend auf einem Bogen-Seil-Tragwerk. Verwenden Sie die Farben rot für Zug, blau für Druck und grün für die äusseren Kräfte.



Schnitt 1 (1:50)

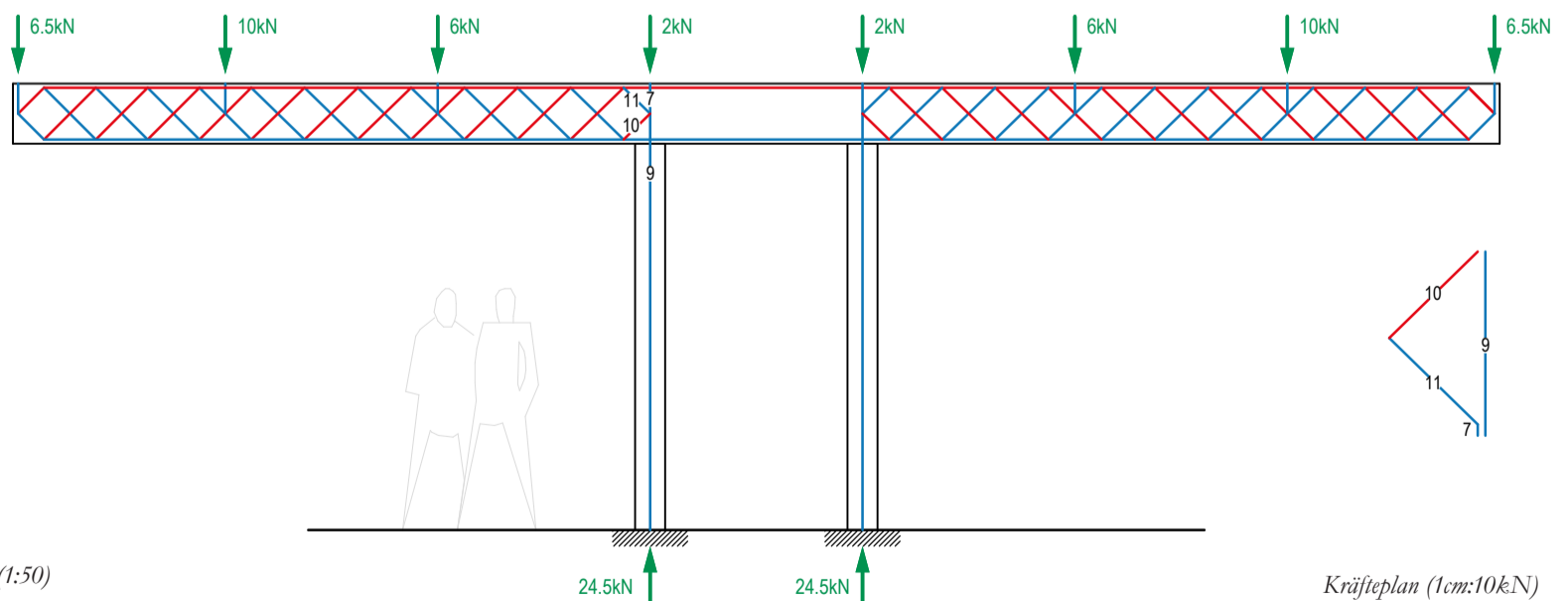


Kräfteplan (1cm:10kN)

1b Bestimmung der inneren Kräfte mit Hilfe eines fachwerkartigen Spannungsfeldes

Hilfe: «Skript TE 2» S.27-38, «Skript TE 3-4» S.46-47

Entwickeln Sie nun einen Kräfteverlauf mithilfe eines fachwerkartigen Spannungsfeldes. Ermitteln Sie dann die Grösse der maximal beanspruchten Diagonalen mit Hilfe eines Kräfteplans. Hinweis: Die grauen Linien im Balken kennzeichnen die Wirkungslinie der dortigen inneren Kräfte.



Schnitt 1 (1:50)

Kräfteplan (1cm:10kN)

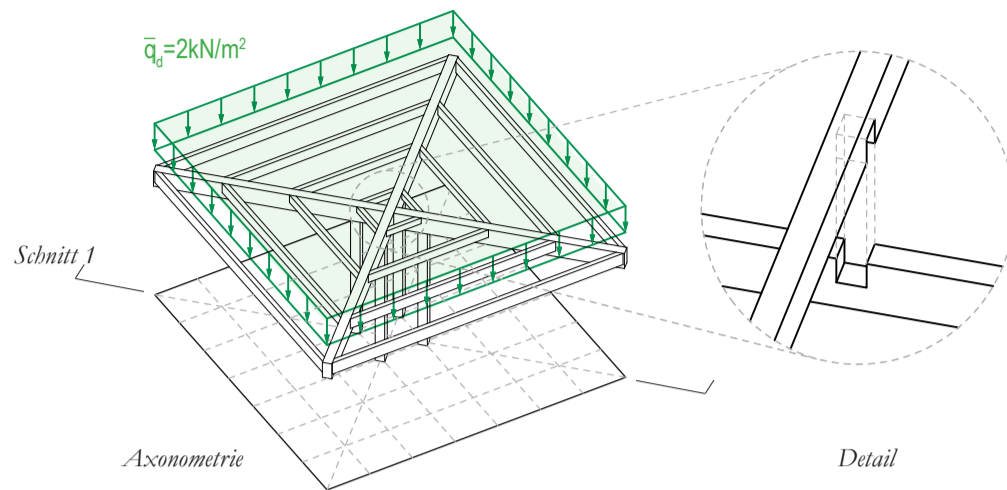
1c Fragen zur Beziehung von Kraft, Form und Material

Hilfe: «Skript TE 3-4» S.47, Anhang «Lasten und Kennwerte» S.5

Untersuchen Sie anhand Ihrer Ergebnisse aus Aufgabe 1b den Tragwiderstand der Diagonalen. Betrachten Sie hierfür die maximal beanspruchten Diagonalen. Hinweis: Der Träger hat einen Querschnitt von 40 x 20cm.

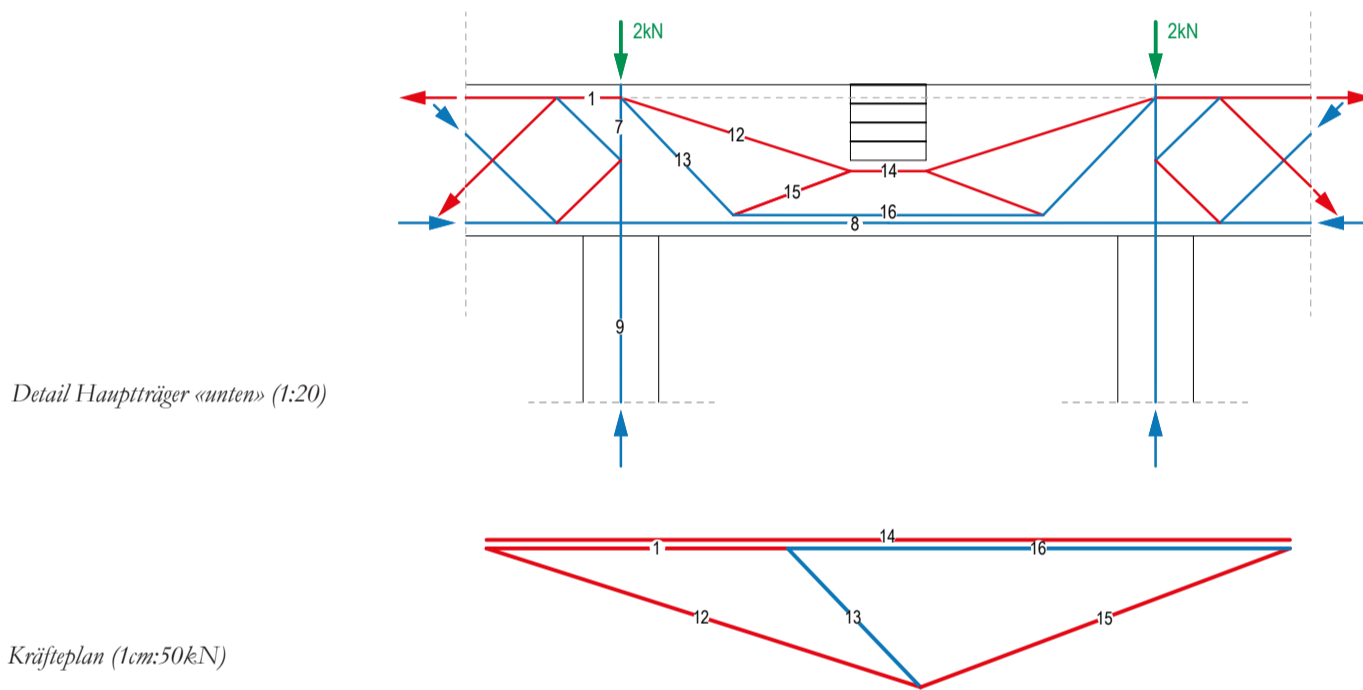
Maximale Diagonalkräfte 16.5kN (10 und 11); Breite Strebe: $200\text{mm} \cdot \sqrt{2} = 283\text{ mm}$; Fläche: $283\text{ mm} \times 200\text{ mm} = 56600\text{ mm}^2$; $\sigma = 16500\text{N} / 56600\text{ mm}^2 = 0.29\text{ N/mm}^2 < 1.8\text{ N/mm}^2$ (Festigkeit Brettschichtholz unter 45 Grad).

Aufgabe 2 Berechnungen zum Detail der sich überkreuzenden diagonalen Brettschichtholzträger



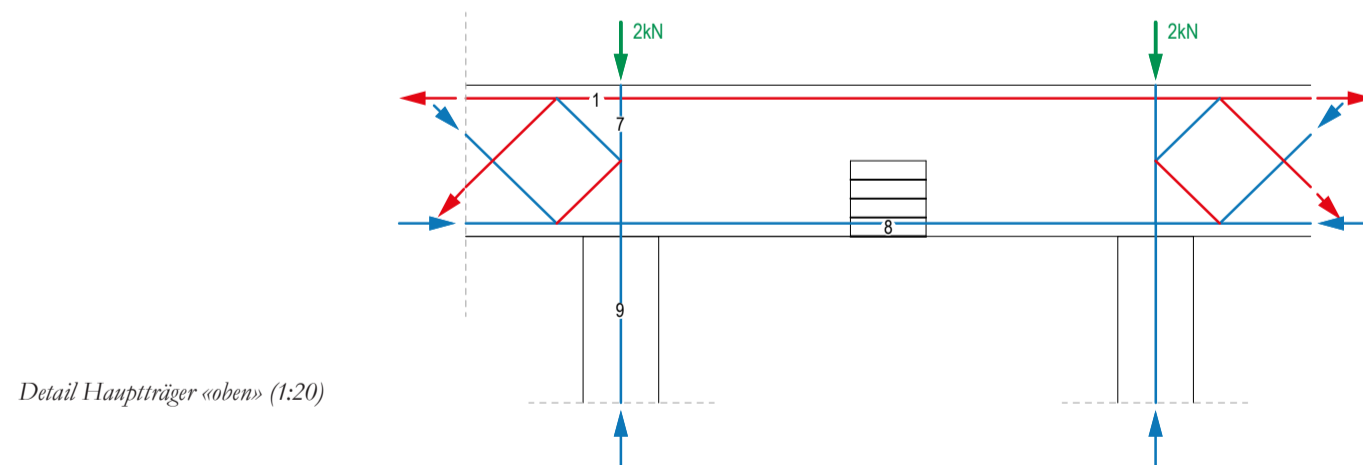
2a Bestimmung der inneren Kräfte im Detail des Hauptträgers «unten»

Entwickeln Sie für das Detail des Hauptträgers «unten» einen möglichen Kräfteverlauf. Bestimmen Sie für die angegebenen Lasten die Grösse der inneren Kräfte mit Hilfe eines Kräfteplans, basierend auf einem Bogen-Seil-Tragwerk aus Aufgabe 1a. Verwenden Sie die Farben rot für Zug, blau für Druck und grün für die äusseren Kräfte. Hinweis: Die grauen Linien im Balken kennzeichnen den Kräfteverlauf aus Aufgabe 1b.



2b Bestimmung der inneren Kräfte im Detail des Hauptträgers «oben»

Entwickeln Sie für das Detail des Hauptträgers «oben» einen möglichen Kräfteverlauf. Verwenden Sie die Farben rot für Zug, blau für Druck und grün für die äusseren Kräfte. Hinweis: Die grauen Linien im Balken kennzeichnen den Kräfteverlauf aus Aufgabe 1b.



2c Fragen zur Beziehung von Kraft, Form und Material

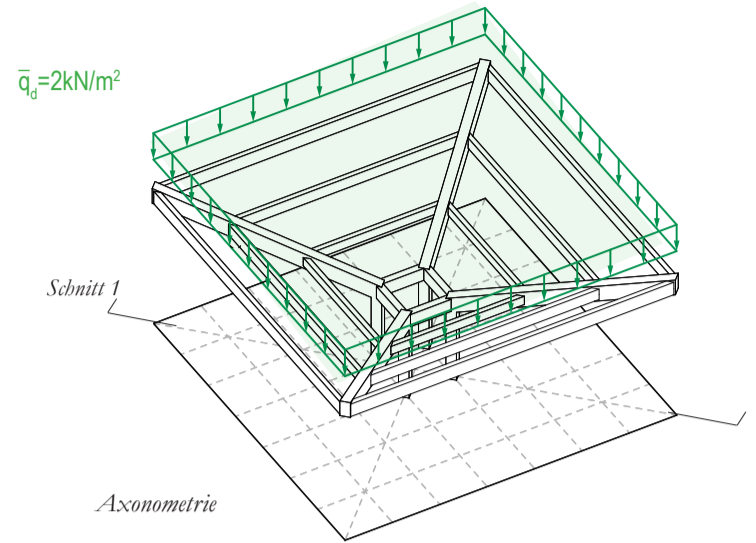
Überprüfen Sie, ob die Druckkraft im Detail Hauptträger «oben» durch den kreuzenden Brettschichtholzträger geleitet werden kann. Achten Sie hierbei auf die beim Holz auftretende Anisotropie. Hinweis: Der Hauptträger weist einen Querschnitt von 40 x 20 cm auf. Wie könnte der Tragwiderstand bei diesem Detail erhöht werden?

Auftretende Druckkraft: 194 kN; Fläche, die Druckkraft auf kreuzenden Brettschichtholzträger drückt: 20cm Höhe x 20cm Breite = 40'000 mm²; Auftretende Spannung: 194'000 / 40'000 = 4.85 N/mm² > 1.9 N/mm² (Drucksenkrecht zur Faser Brettschichtholz) -> Brettschichtholzträger würde versagen; Erhöhung durch z.B.: Parallel zum Druck verlaufende Stahlstifte durch kreuzenden Brettschichtholzträger

Hilfe: Anhang «Lasten und Kennwerte» S.5

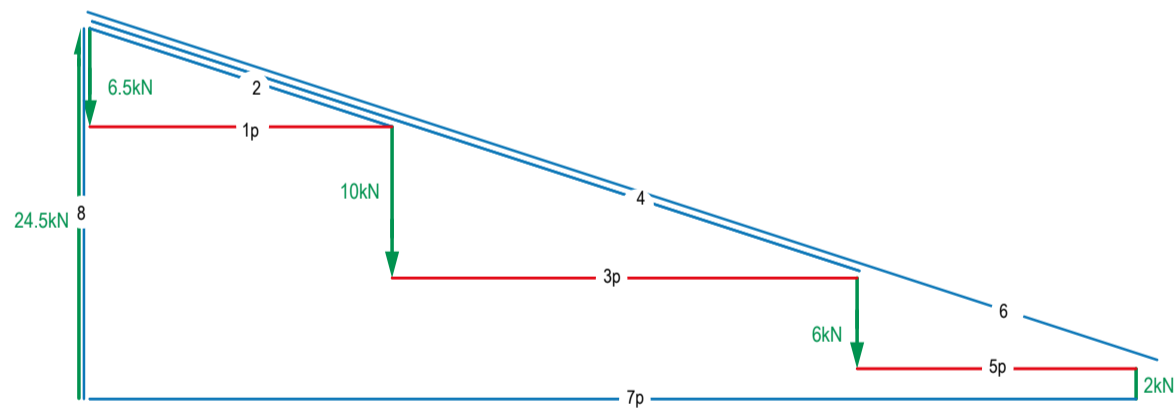
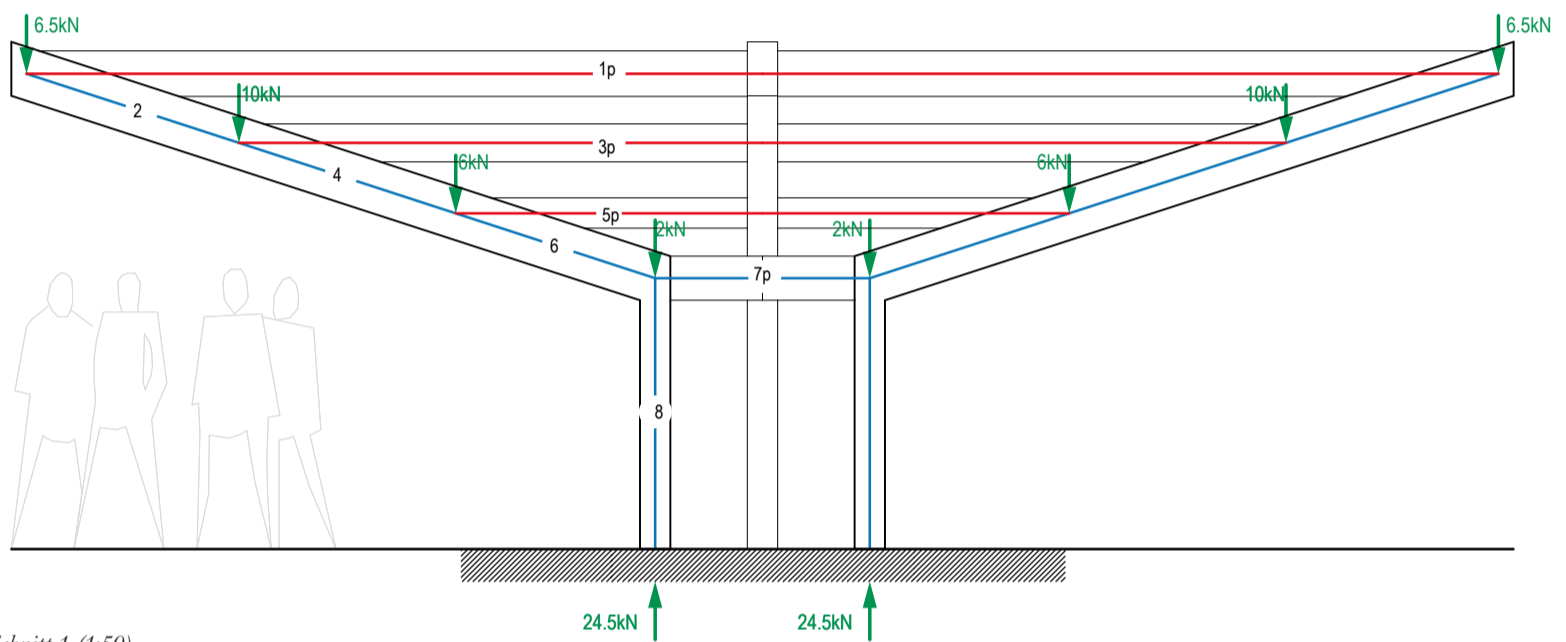
Aufgabe 3 Abtragung der vertikalen Kräfte: Designvariante 2

Das Dach ist als Kragarm aus räumlich angeordneten Brettschichtholzträgern ausgebildet.

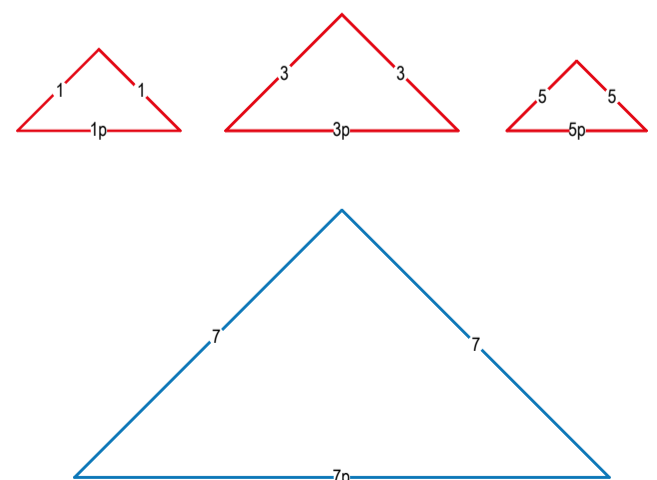
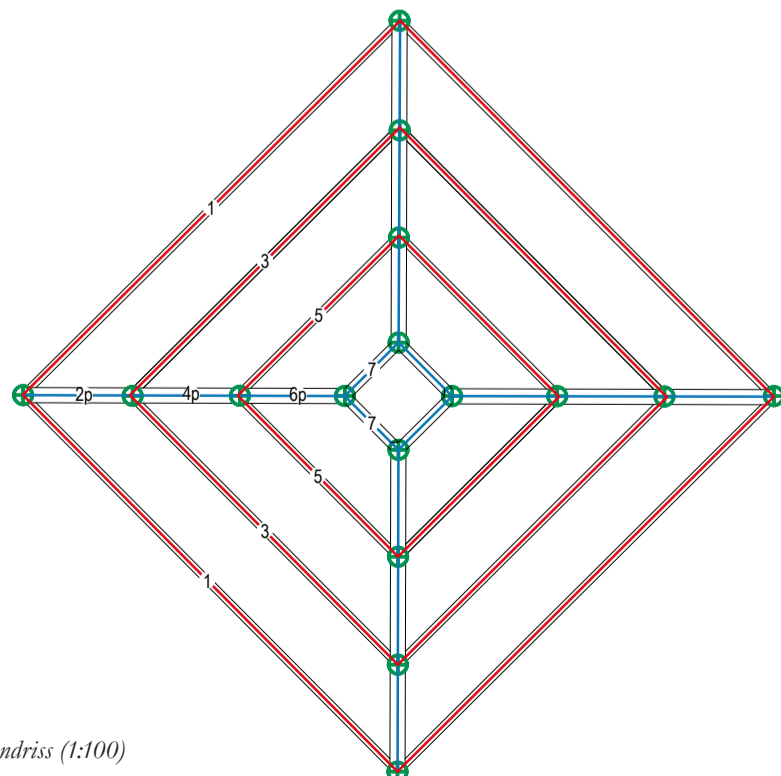


3a Bestimmung der inneren Kräfte

Ermitteln Sie für die unten dargestellten Tragwerkselemente die Grösse der inneren Kräfte und der Auflager mit Hilfe eines Kräfteplans basierend auf einem Bogen-Seil-Tragwerk. Verwenden Sie die Farben rot für Zug, blau für Druck und grün für die äusseren Kräfte.

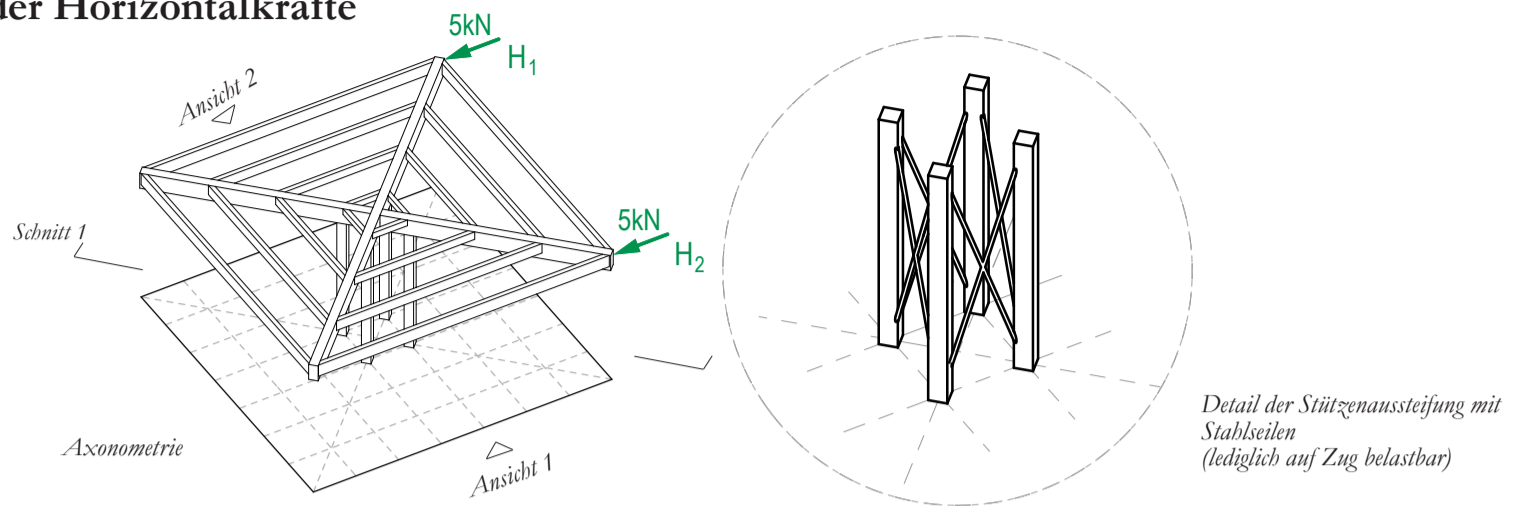


Kräfteplan (1cm:5kN)



Kräfteplan (1cm:10kN)

Aufgabe 4 Abtragung der Horizontalkräfte



4a Bestimmung der inneren Kräfte infolge horizontaler Einwirkung

Betrachten Sie nun den Kräfteverlauf infolge horizontaler Beanspruchung. Das Dach wird einer symmetrischen, horizontalen Windlast von 5kN ausgesetzt (Darstellung links). Untersuchen Sie die Abtragung dieser Horizontalkraft vom Dach bis in das Fundament. Entwickeln Sie dazu einen möglichen Verlauf der inneren Kräfte in der Decke sowie in den einzelnen lastabtragenden Bauteilen und ermitteln Sie mit Hilfe des Kräfteplans die Werte aller Auflagerkräfte. Da die Struktur unter einer unsymmetrischen Beanspruchung versagen würde, wird ein verändertes Aussteifungsmuster für das Dach vorgeschlagen (Darstellung Rechts). Untersuchen Sie die Abtragung dieser Horizontalkraft vom Dach bis in das Fundament.

