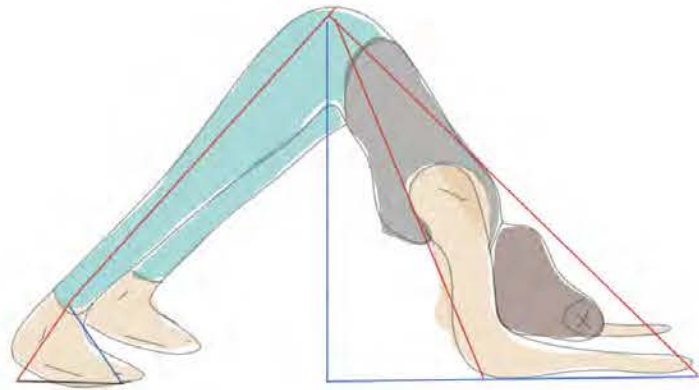




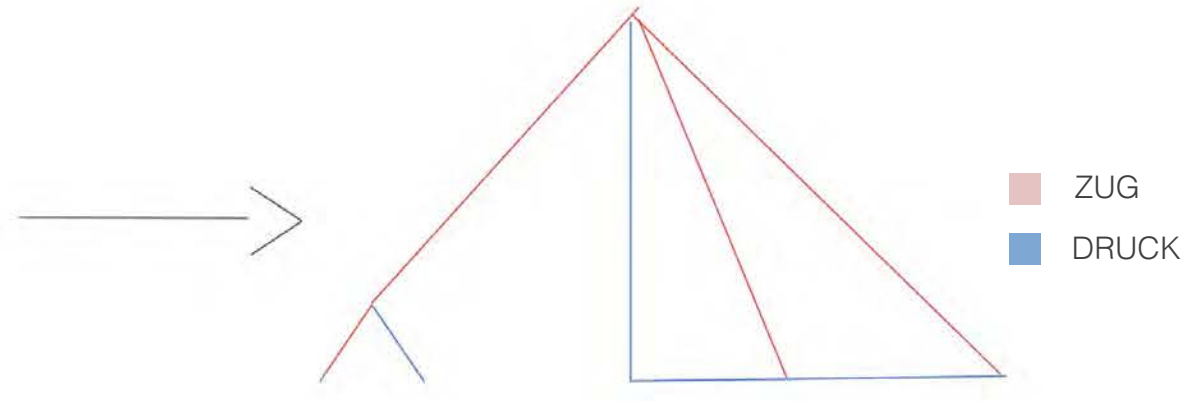
## FORMGIVING



**The Yoga Cube** ist ein Rückzugsort über der Liser. Er soll zur Erholung und Entspannung vom oft hektischen Studierendenalltag dienen. Durch die offene Raumgestaltung ist der Cube vielseitig einsetzbar, von Yoga Stunden bis hin zu Kunstkursen, findet jede/r Studierende einen Ort der Erholung vor.

Zur Inspiration für die Findung des Tragsystems wurde eine Yoga-Pose gewählt, welche auch als der „Delphine“ bekannt ist. Schlanke Hohe Stützen, von welchen sich Stahlseile hinweg strecken, skizzieren schemenhaft die Stellung der Pose. Nahezu schwebend schmiegt sich der kleine Yoga Cube an die Stahlkonstruktion an. Durch die Ausbildung eines Stahlrahmens findet der Kubus seine Form. Großzügige Fensterfronten sowie eine kleine Loggia lassen den Innenraum nahezu mit der herumliegenden Natur verschmelzen.

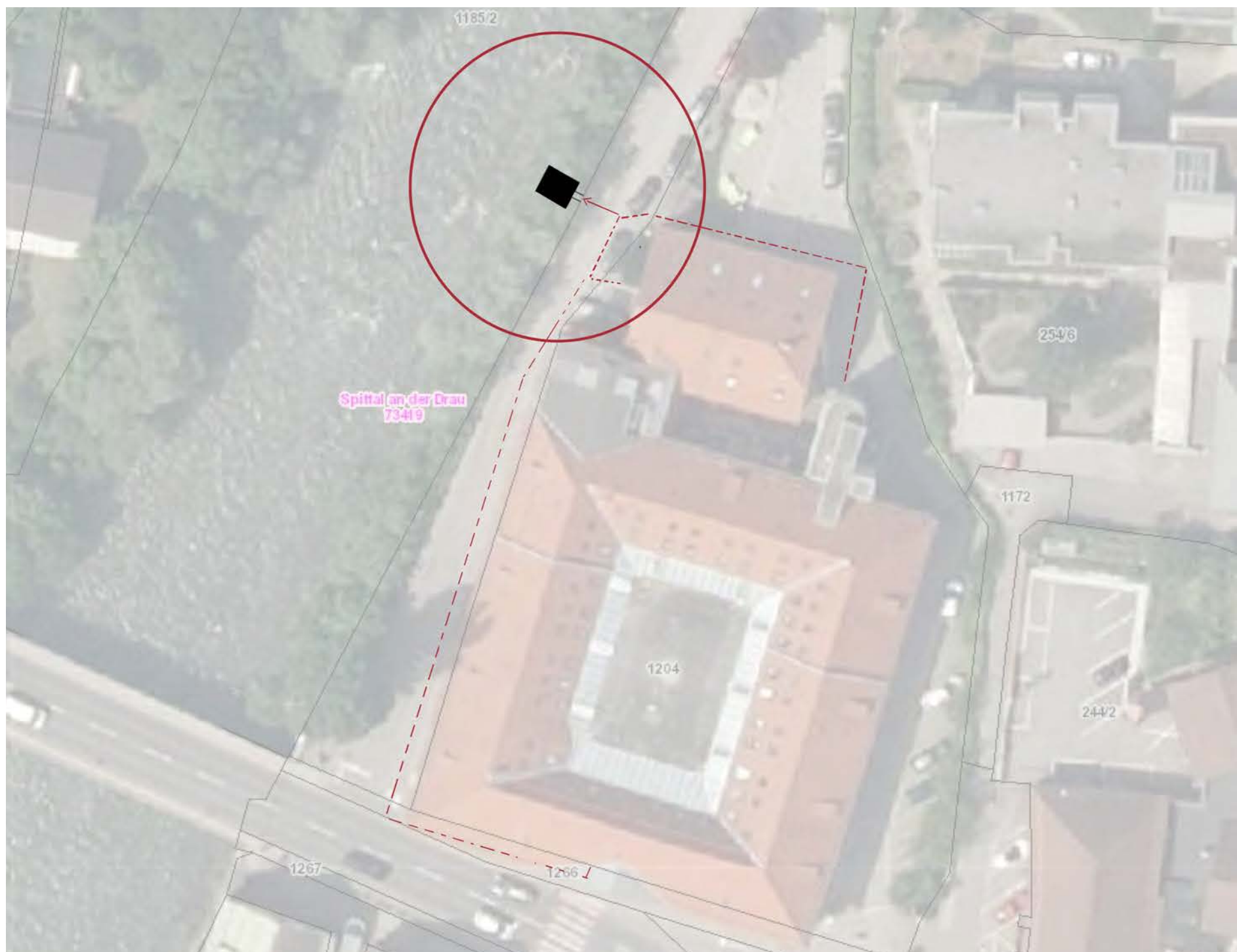
## TRAGSYSTEM

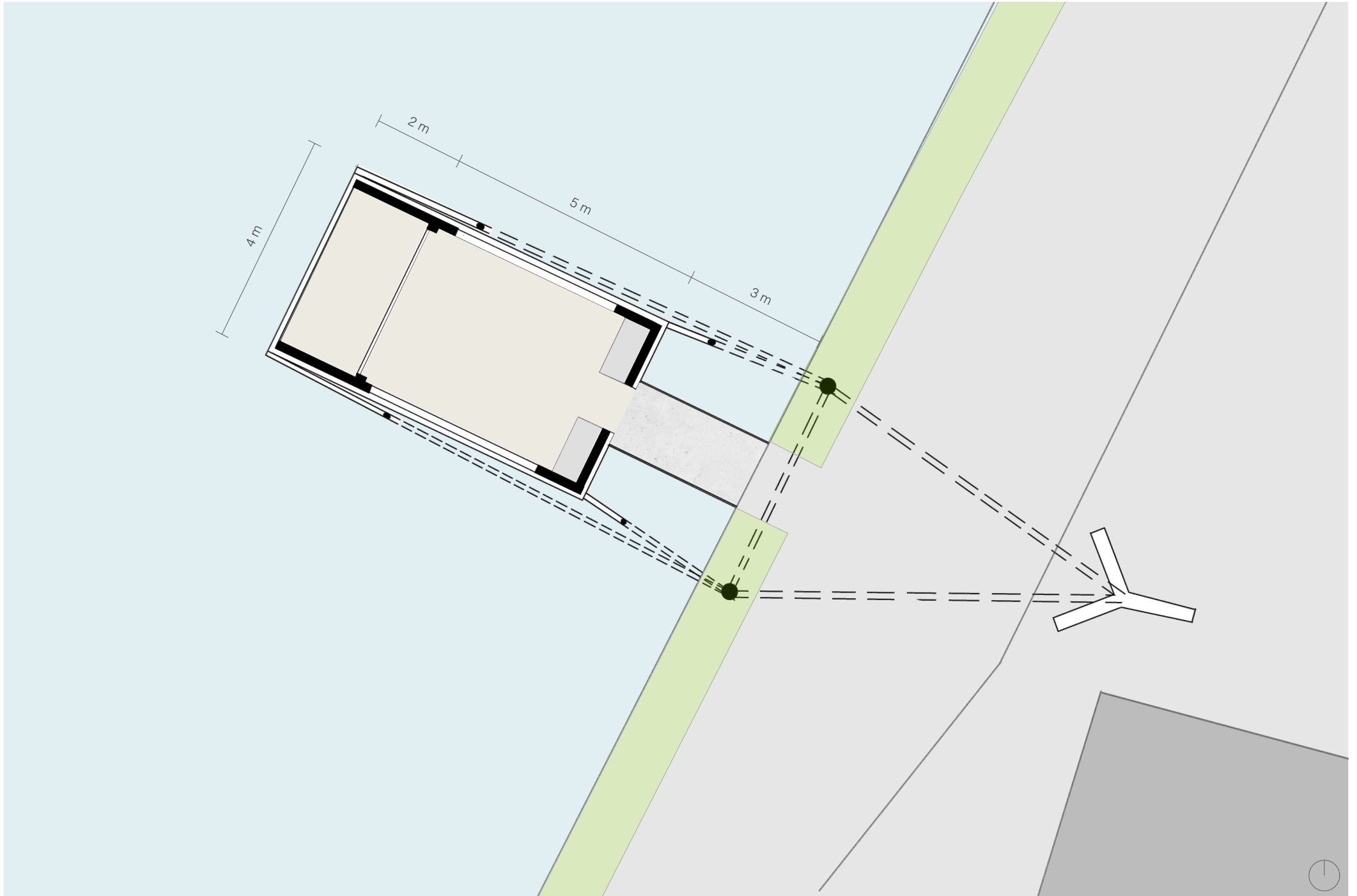


**Das Tragwerk** stellt eine Stahlkonstruktion dar. Dieses wird in Druck- und Zugstäbe aufgeteilt. In der Mitte des Tragwerks befinden sich zwei Stützen (Druckstäbe). Diese sind durch einen Träger biegesteif miteinander verbunden. An der Spitze der Stützen sind 6 Zugseile befestigt die das Gleichgewicht des Tragwerkes sicherstellen. Auf der rechten Seite des Tragwerks schließen die Seile an einem Träger an. Auf diesem befindet sich der Yoga Cube. Zur Sicherstellung der Tragkonstruktion spannen zwei weitere Seile in die entgegengesetzte Richtung (links). Die Verankerung erfolgt über einen Abstützbock.

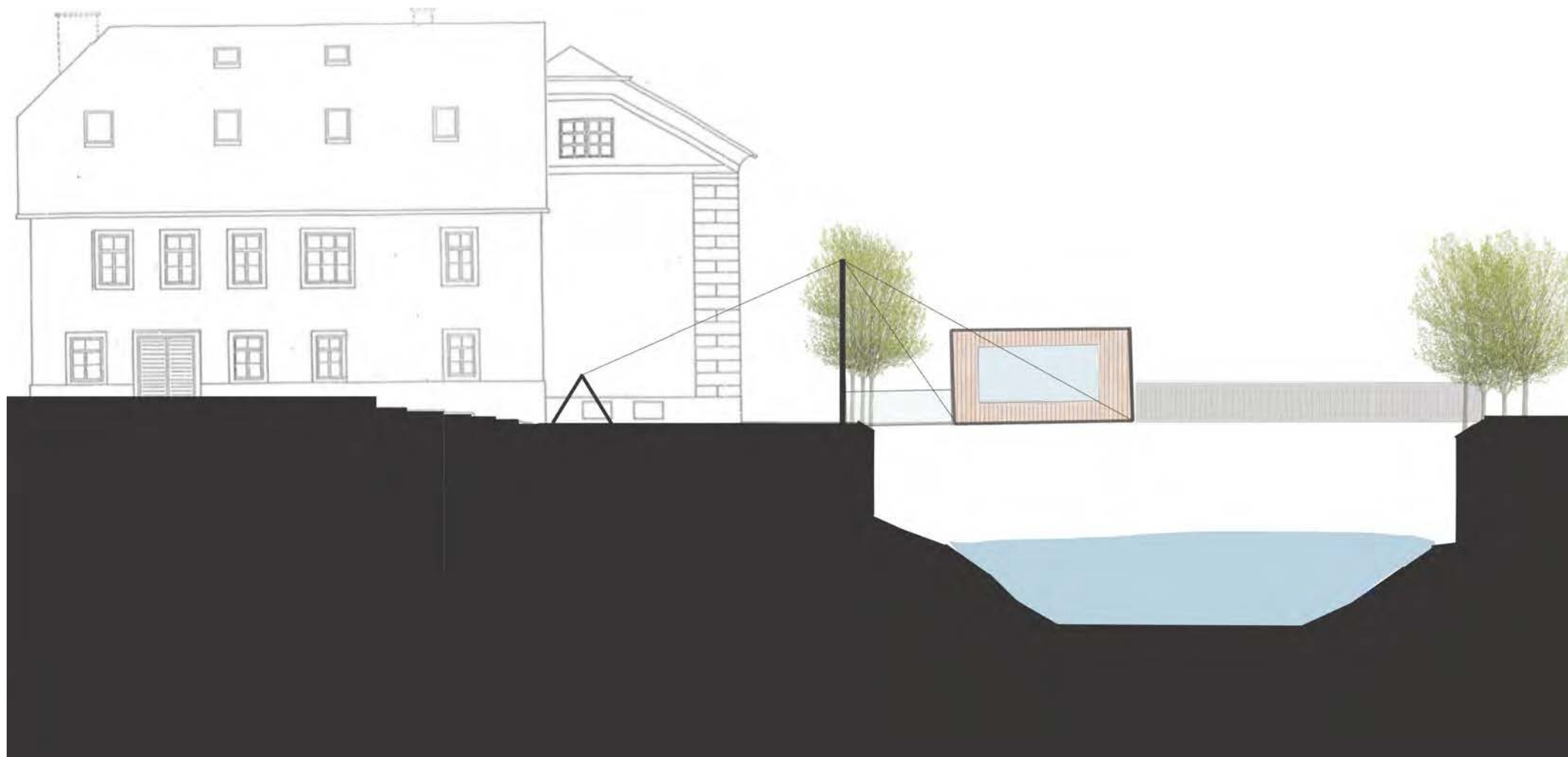
Die Berechnung ergab für die Stütze ein Hohlprofil mit kreisförmigen Querschnitt 193,7 x 6,3 mm. Des Weiteren wurde für den Träger ein IPE 360, S235 gewählt. Für die Zugseile wird ein Rundstahl aus S235JR, 25 mm ermittelt.

Zur Dimensionierung wurde das Eigengewicht der Tragkonstruktion vernachlässigt.













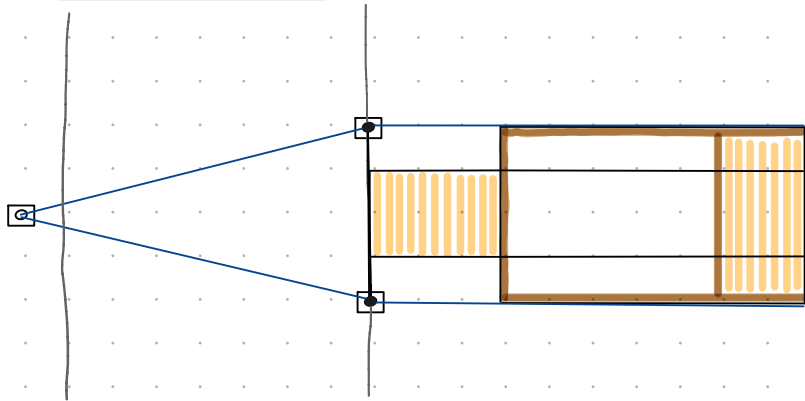




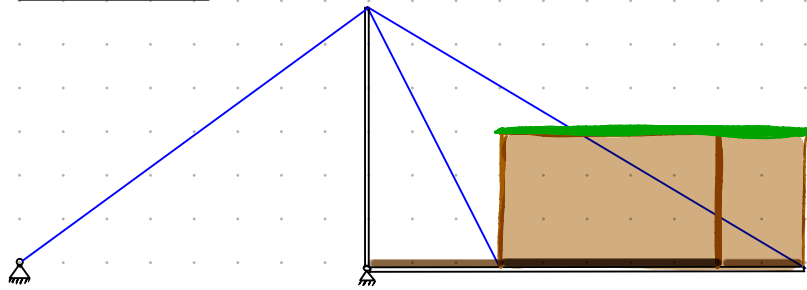




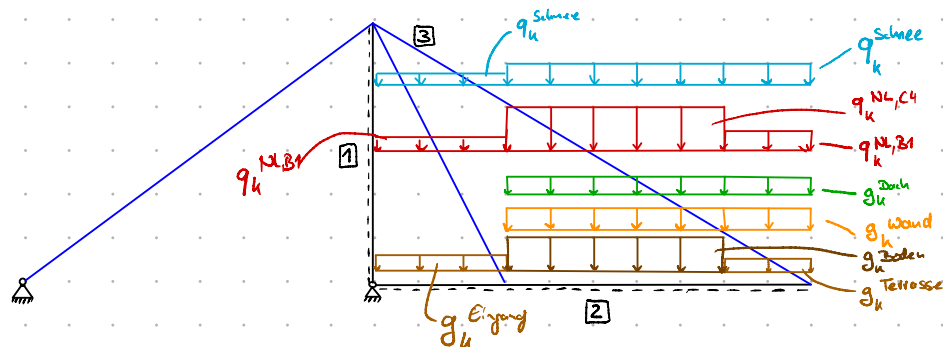
## GRUNDRISS



## ANSICHT



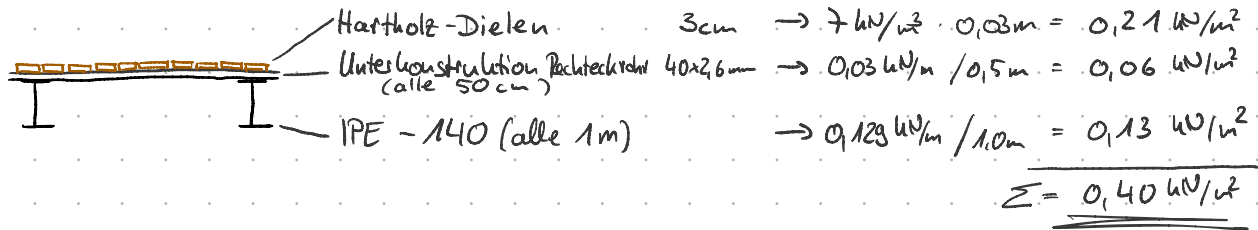
## STATISCHES SYSTEM



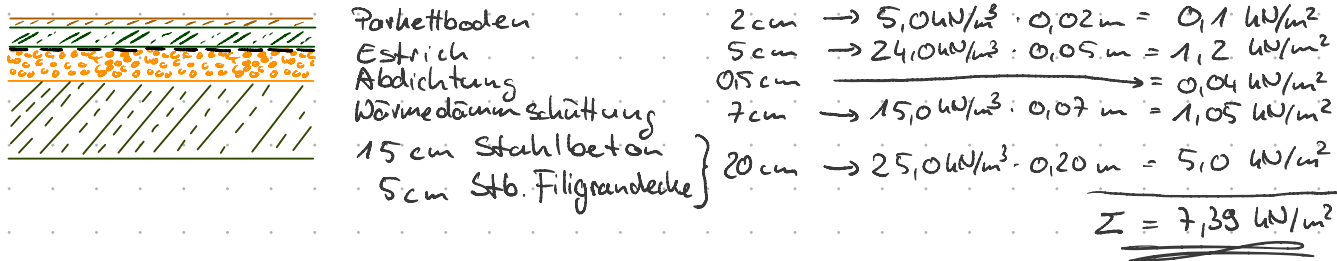
## LEGENDE

- → Auflager
- → Wand
- ||| → Holzterrasse
- → Dachaufbau
- → Bodenaufbau
- → Holzterrasse
- → Stahlseil
- → Stahlträger
- → Stahlstützen

## BODENAUFBAU EINGANG & TERRASSE



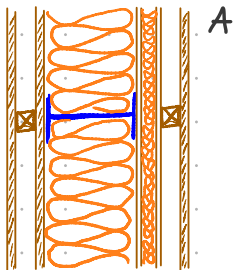
## BODENAUFBAU YOGA-CUBE



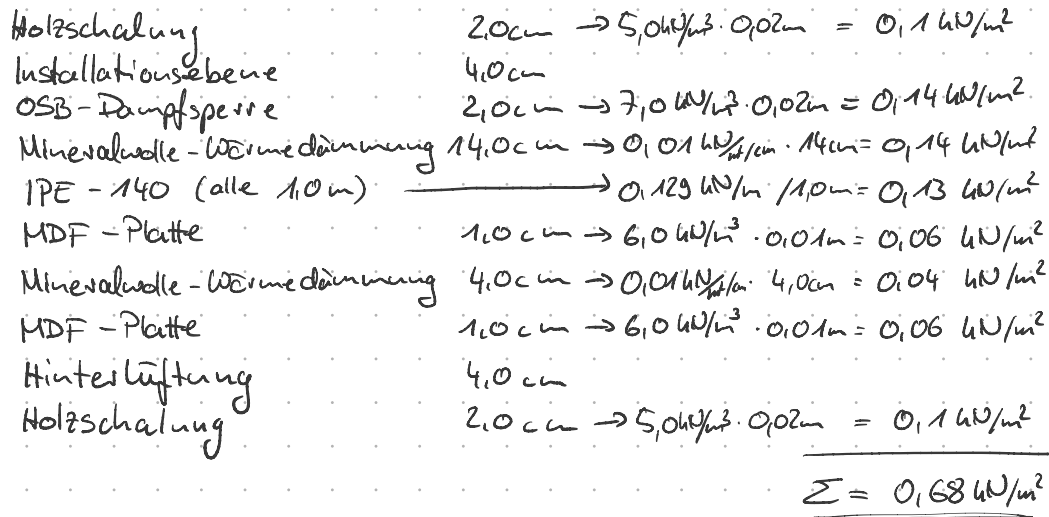
## WANDAUFBAU YOGA-CUBE

Von Innen nach Außen:

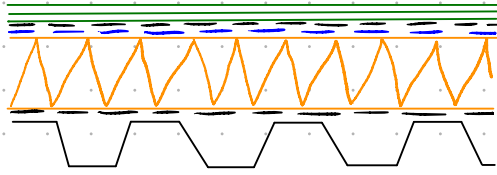
I



A

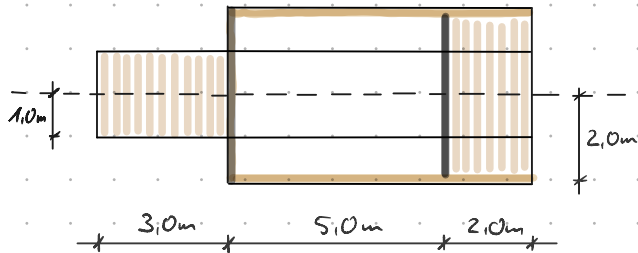


# DACHAUFBAU YOGA-CUBE



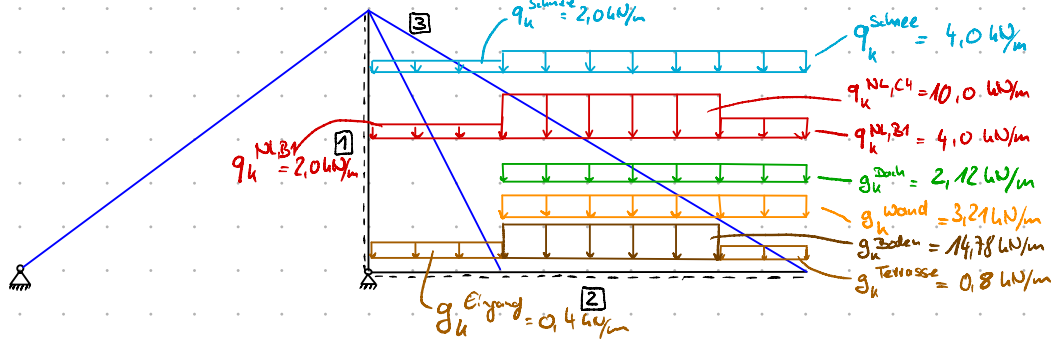
Moss-Sedum-Matte  
Mineralwoolmatte  
Drain- & Filterschicht  
Wurzel Schutzschicht  
Unterlagsbahn  
EPS-Dämmung  
Dampfsperre  
Trapezblech

$$\begin{aligned}
 2,5 \text{ cm} &\rightarrow 25 \text{ kg/m}^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2 \\
 2,0 \text{ cm} &\rightarrow 24 \text{ kg/m}^2 = 0,24 \text{ kN/m}^2 \\
 0,7 \text{ cm} &\rightarrow 5,8 \text{ kg/m}^2 = 0,06 \text{ kN/m}^2 \\
 0,5 \text{ cm} &\rightarrow 0,3 \text{ kg/m}^2 \approx 0,01 \text{ kN/m}^2 \\
 0,5 \text{ cm} &\rightarrow 0,1 \text{ kg/m}^2 = 0,01 \text{ kN/m}^2 \\
 15,0 \text{ cm} &\rightarrow 0,01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2 \cdot \text{cm}} \cdot 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ kN/m}^2 \\
 0,5 \text{ cm} &\rightarrow 0,04 \text{ kN/m}^2 \\
 10,0 \text{ cm} &\rightarrow 30 \text{ kg/m}^2 = 0,30 \text{ kN/m}^2 \\
 \hline
 \Sigma &= 1,06 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$



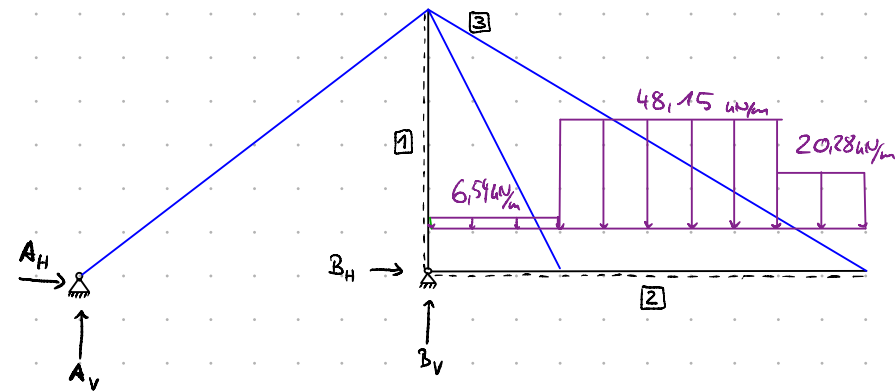
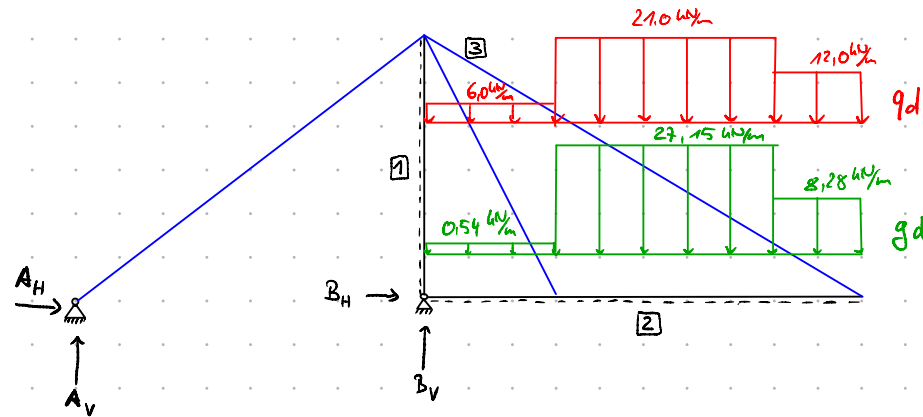
$$\begin{aligned}
 &\underbrace{g_k}_{\text{Eigengewicht}} \left\{ \begin{aligned} &g_k^{\text{Boden, Eingang}} = 0,40 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} = 0,40 \text{ kN/m} \\ &g_k^{\text{Boden, Cube}} = 7,39 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} = 14,78 \text{ kN/m} \\ &g_k^{\text{Boden, Terrasse}} = 0,40 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} = 0,80 \text{ kN/m} \\ &g_k^{\text{Wand}} = (11,0 \text{ m} \cdot 3,0 \text{ m} \cdot 0,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}) / 7,0 \text{ m} = 3,21 \text{ kN/m} \\ &g_k^{\text{Dach}} = 1,06 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} = 2,12 \text{ kN/m} \end{aligned} \right. \\
 &\underbrace{q_k}_{\text{Nutzlast/Verkehrslast}} \left\{ \begin{aligned} &q_k^{\text{NL, Eingang (B1)}} = 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} = 2,0 \text{ kN/m} \\ &q_k^{\text{NL, Terrasse (B1)}} = 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} = 4,0 \text{ kN/m} \\ &q_k^{\text{NL, Cube (C4)}} = 5,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} = 10,0 \text{ kN/m} \end{aligned} \right. \\
 &\underbrace{q_k^s}_{\text{Schneelast}} \left\{ \begin{aligned} &q_k^s^{\text{Schnee, Eingang}} = 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} = 2,0 \text{ kN/m} \\ &q_k^s^{\text{Schnee, Cube + Terrasse}} = 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} = 4,0 \text{ kN/m} \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

## STATISCHES SYSTEM - Schnittgrößen charakteristisch



\*  $1,5 \hat{=}$  Veränderliche Lasten ;  $1,35 \hat{=}$  Ständige Lasten

## STATISCHES SYSTEM - Schnittgrößen design



$$g_d^{\text{Eingang}} = 1,35 \cdot 0,4 \text{ kN/m} = 0,54 \text{ kN/m}$$

$$g_d^{\text{Cube}} = 1,35 \cdot (14,78 \text{ kN/m} + 3,21 \text{ kN/m} + 2,12 \text{ kN/m}) = 27,15 \text{ kN/m}$$

$$g_d^{\text{Terasse}} = 1,35 \cdot (0,8 \text{ kN/m} + 3,21 \text{ kN/m} + 2,12 \text{ kN/m}) = 8,28 \text{ kN/m}$$

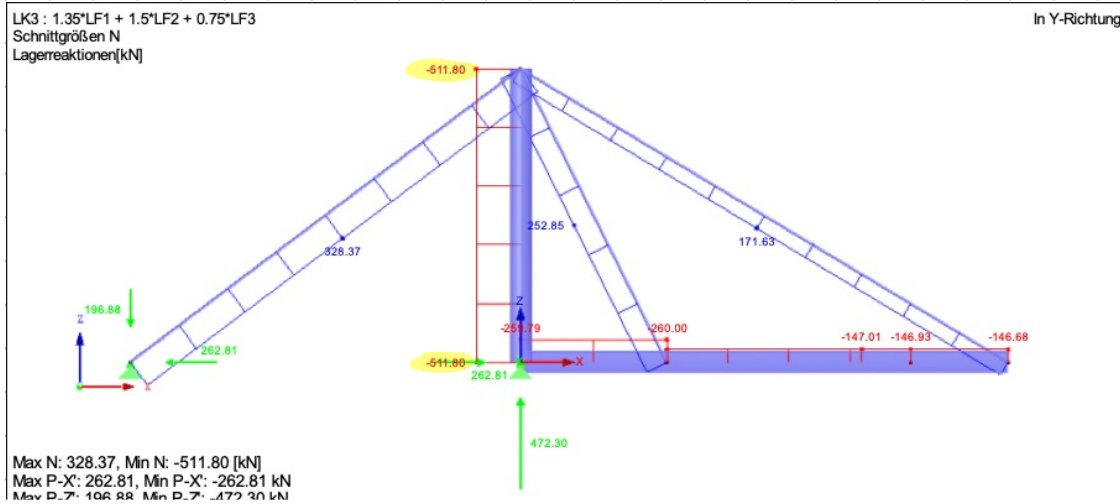
$$q_d^{\text{Eingang}} = 1,5 \cdot (2,0 \text{ kN/m} + 2,0 \text{ kN/m}) = 6,0 \text{ kN/m}$$

$$q_d^{\text{Cube}} = 1,5 \cdot (10,0 \text{ kN/m} + 4,0 \text{ kN/m}) = 21,0 \text{ kN/m}$$

$$q_d^{\text{Terasse}} = 1,5 \cdot (4,0 \text{ kN/m} + 4,0 \text{ kN/m}) = 12,0 \text{ kN/m}$$



# DIMENSIONIERUNG STÜTZE



Erforderliche Querschnitt  
Stütze

Einwirkende Normalkraft

$$erf. A [cm^2] \approx \frac{N_{Ed}}{15}$$

$$N_{Ed} = -511,80 \text{ kN}$$

$$A = \frac{511,80 \text{ kN}}{15} = 34,12 \text{ cm}^2 \quad (\Rightarrow \text{siehe Tabellen})$$

↳ gewähltes Profil: Hohlprofil mit weisförmigem Querschnitt 193,7 x 6,3 mm →  $A_{vorh.} = 37,1 \text{ cm}^2$  (Schneides S. 8.180)

$$I = 1630 \text{ cm}^4$$

$$l = 6,0 \text{ m}$$

$$f_{yk} = 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\gamma_{M1} = 1,0$$

$$N_{Ed} = 511,80 \text{ kN}$$

Druckkraft Stahl

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} = \frac{23,5 \text{ kN/cm}^2}{1,0} = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

Knicklänge

$$s_k = 1,0 \cdot l = 600 \text{ cm}$$



Trägheitsradius

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_{vorh}}} = \sqrt{\frac{1630 \text{ cm}^4}{37,1 \text{ cm}^2}} = 6,63 \text{ cm}$$

Schlankheitsgrad

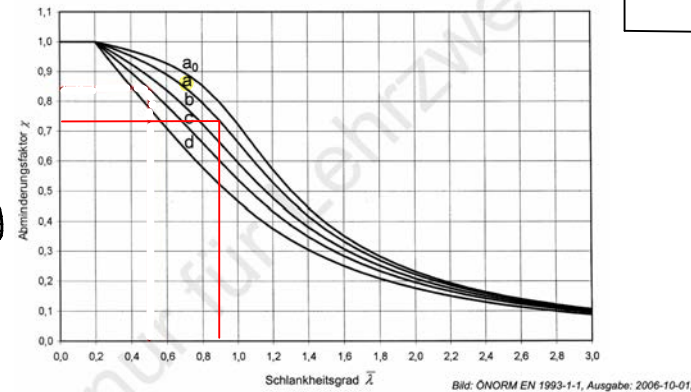
$$\lambda = \frac{s_k}{i} = \frac{600 \text{ cm}}{6,63 \text{ cm}} = 90,6 \rightarrow \chi = 0,73$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{vorh} \cdot f_{yd} = 0,73 \cdot 37,1 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 636,45 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \rightarrow \frac{511,80 \text{ kN}}{636,45 \text{ kN}} = 0,804 \quad \checkmark \text{ Nachweis erfüllt!}$$

$$\text{AUSNUTZUNG} = 80,4\%$$

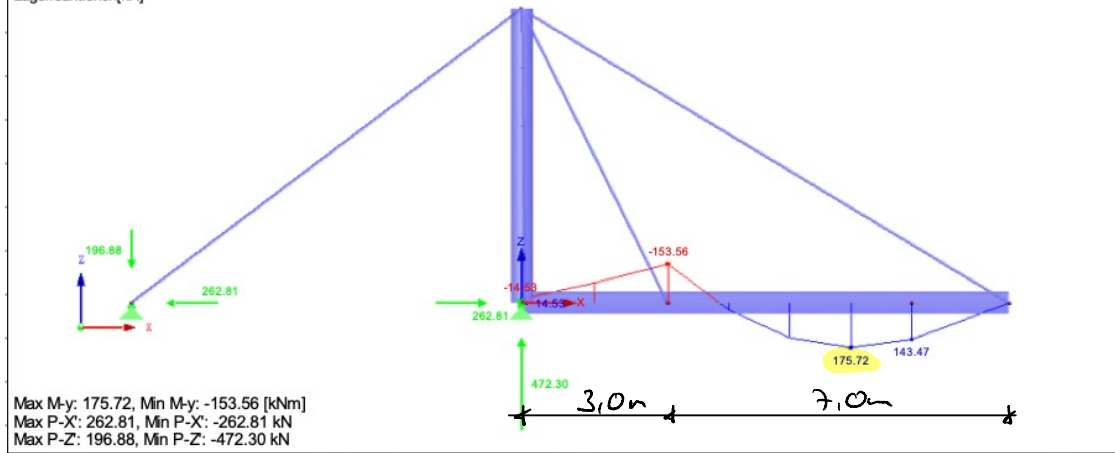
|                        |  |                |      |   |                |
|------------------------|--|----------------|------|---|----------------|
| Hohl-quer-<br>schnitte |  | warmgefertigte | jede | a | a <sub>0</sub> |
|                        |  | kaltgefertigte | jede | c | c              |



# DIMENSIONIERUNG TRÄGER

LK3: 1.35\*LF1 + 1.5\*LF2 + 0.75\*LF3  
Schnittgrößen M-y  
Lagerreaktionen [kN]

In Y-Richtung



$$\text{Profilhöhe} = l/20$$

$$= 700\text{cm}/20 = 35\text{cm}$$

→ 1. Wahl: PE 360, S235

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$W_y = 903,6 \text{ cm}^3 \quad (\text{Stahlbautabelle IPE 360})$$

$$M_{Ed} = 175,72 \text{ kNm}$$

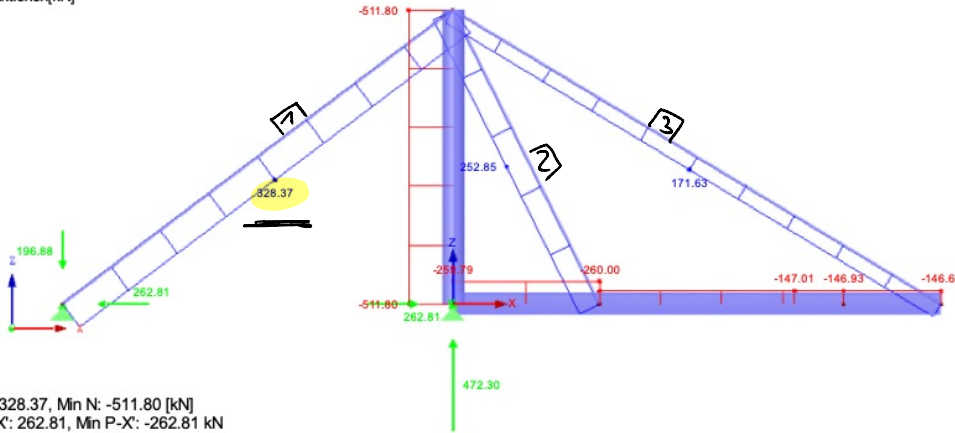
Spannung durch Einwirkung:

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{175,72 \text{ kNm} \cdot 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}}}{903,6 \text{ cm}^3} = 19,45 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \checkmark \text{ Nachweis Erfüllt!}$$

$$\text{AUSNUTZUNG} = \frac{19,45 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{23,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,8277 = \boxed{82,77 \%}$$

# DIMENSIONIERUNG ZUGSEIL / RUNDSTAHL

§ : 1.35\*LF1 + 1.5\*LF2 + 0.75\*LF3  
mittgrößten N  
erreaktionen[kN]



x N: 328.37, Min N: -511.80 [kN]  
x P-X: 262.81, Min P-X: -262.81 kN  
x P-Z: 196.88, Min P-Z: -472.30 kN

In Y-Richtung

Vor dimensionierung:

$$\sigma = \frac{N_{sd}}{A} \leq f_{yd} \rightarrow \text{erf. } A = \frac{N_{sd}}{f_{yd}} (= 23,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2})$$

Max. N in Seil 1  $\rightarrow N_{sd} = 328,37 \text{ kN}$

$$A = \frac{328,37 \text{ kN}}{23,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}} = 13,97 \text{ cm}^2$$

$$A = \pi \cdot r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \rightarrow r = \sqrt{\frac{13,97 \text{ cm}^2}{\pi}} = 2,11 \text{ cm} = 21,1 \text{ mm}$$

$\rightarrow$  gewähltes Profil: Rundstahl S235JR 25mm

$$\hookrightarrow A_{\text{vorh.}} = \pi \cdot (2,5 \text{ cm})^2 = 19,63 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{N_{sd}}{A_{\text{vorh.}}} = \frac{328,37 \text{ kN}}{19,63 \text{ cm}^2} = 16,73 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \leq 23,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \checkmark \text{ Nachweis erfüllt!}$$

AUSNUTZUNG =  $\frac{16,73 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}}{23,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}} = 0,712 = \underline{\underline{71,2\%}}$

> Alternative Berechnung Zugseil:

$$N_{Rd} \sim 0,6 d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{N_{Rd}}{0,6}} = \sqrt{\frac{328,37}{0,6}} = 23,39 \text{ mm} \approx 24 \text{ mm}$$

$$r = 12 \text{ mm}$$

$\Rightarrow$  Seil-Durchmesser:  $\varnothing 24 \text{ mm}$

Grenzzugkraft  $N_{Rd}$  [kN]  
Seilennendurchmesser d [mm]  
Nennfestigkeit  $f_u = 1570 \text{ N/mm}^2$   
Umlenkradius  $R > 30 d$