

Projektaufgabe

Bildungsgang: Bauplanung	Semester: 4
Klasse: IB 4f	Fach: STIB
Lehrperson: Reto Cantamessi	Datum: 25. Januar 2017 (Aufgabe abgegeben)
Kontakt Lehrperson: reto@cantamessi.ch	Lernleistung:
Abgabetermin: 18. Februar 2017	Arbeitsform: <input type="checkbox"/> Einzelarbeit <input checked="" type="checkbox"/> Gruppenarbeit
Abgabeform: schriftlich	Unterschrift Studierende: (nur bei Nichterfüllung)
Aufgabe wird kontrolliert:	<input type="checkbox"/> quantitatives Feedback <input type="checkbox"/> qualitatives Feedback (sehr gut/gut/genügend/ungenügend) <input checked="" type="checkbox"/> Benotung zählt als Note zum Semesterzeugnis
Thema: Vordach aus Stahl	
Hinweise/Beilagen: Alle Berechnungen sind sorgfältig und nachvollziehbar darzustellen	
Lernziele: Anwendung der im Unterricht erarbeiteten Berechnungsverfahren anhand eines konkreten Projektes.	<input type="checkbox"/> K1 Wissen (So wie gelernt wiedergeben) <input type="checkbox"/> K2 Verständnis (Erklären warum..) <input checked="" type="checkbox"/> K3 Anwendung (Situatives Übertragen) <input type="checkbox"/> K4 Analyse (Prinzip/Struktur aufzeigen) <input type="checkbox"/> K5 Synthese (Ergänzen, verbessern, kreativ) <input type="checkbox"/> K6 Beurteilen (Ganzheitliche Bewertung)
<u>Aufgaben:</u> Gegeben ist gemäss Planbeilage ein Vordach aus Stahl. Es ist nun Ihre Aufgabe im Rahmen des Projektunterrichtes eine statische Nachrechnung durchzuführen.	
1.1 Ermitteln Sie das statische System am Hauptträger und berechnen Sie alle Auflagerreaktionen. 1.2 Untersuchen Sie die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sowie am Längsträger (Pfetten) als auch die des Hauptträgers. 1.4 Zeichnen Sie die Momentenlinie des Hauptträgers in einem geeigneten Massstab auf und ermitteln Sie alle relevanten Schnittkraftgrössen. 1.5 Die Aufhängung kann infolge Wind auch auf Druck beansprucht werden. Untersuchen Sie also auch die Aufhängung bezüglich „Knicken“ indem Sie für die Knicklast die Auflagerreaktion einsetzen, welche Sie zuvor ermittelt haben. Für die Knicklänge reduzieren Sie die Länge der Aufhängung um Faktor 0.9	
Name:	Vorname:
Kontrolliert am:	Lernleistung: <input type="checkbox"/> erfüllt <input type="checkbox"/> nicht erfüllt (es gibt keine Zwischenstufe!)
Unterschrift Lehrperson:	<input type="checkbox"/> Nachbesserung bis

Planbeilage und Materialkennwerte

System und Belastung:

Eternit,	$(\gamma_g = 1.35)$	$g_{k,E}$	$= 0.20 \text{ kN/m}^2$
Stahlgewicht (geschätzt)	$(\gamma_s = 1.35)$	$q_{k,S}$	$= 0.20 \text{ kN/m}^2$
Schnee (300 mü.M.)	$(\gamma_s = 1.50)$	q_k	$= 0.70 \text{ kN/m}^2$
S 235, E-Modul 210 kN/mm^2			

Die zulässige Durchbiegung der Längsträger $w_{(zul)}$ wird mit $l/150$ festgelegt.

Die zulässige Durchbiegung der Hauptträger $w_{(zul)}$ wird mit $l/250$ festgelegt.

- Bemerkung:
- Führen Sie die Nachweise der Längsträger und der Hauptträger getrennt. (Übernehmen Sie beispielsweise keine Auflagerreaktionen vom Längsträger, die auf den Hauptträger einwirken)
Zur Berechnung des Hauptträgers führen Sie also die ursprünglichen Belastungen ein.
 - Bei der Durchbiegungsberechnung ist zu berücksichtigen, dass die Aufhängung sich ebenfalls verschiebt. Wir berücksichtigen diesen Umstand, dass wir bei der Berechnung die vorhandene Durchbiegung mit dem Faktor 1.4 nach oben korrigieren.
 - Ermitteln Sie die Spannungen (Biegung mit Normalkraft) im Hauptträger und stellen Sie diese graphisch dar. (W_{el} aus C5)
 - Beschreiben Sie ihre Vorgehensweise in einem kurzen statischen Bericht und führen Sie alle verwendeten Normen mit entsprechenden Seitenzahlen inklusive Ziffern auf.



Lösung

Längsträger RRW 150 · 150 · 5.0

Bemessungswerte der Auswirkungen

$$\begin{aligned} \text{Lastberechnung: } g_{k,E} &= 0.20 \text{ kN/m}^2 \cdot 2.22 \text{ m} = 0.44 \text{ kN/m} \\ q_{k,St} &= 0.20 \text{ kN/m}^2 \cdot 2.22 \text{ m} = 0.44 \text{ kN/m} \\ q_{k,S} &= 0.70 \text{ kN/m}^2 \cdot 2.22 \text{ m} = 1.55 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biegemoment: } M_d &= \frac{(1.35 \cdot g_{k,E,St} + 1.5 \cdot q_{k,S}) \cdot l^2}{8} \\ M_d &= \frac{(1.35 \cdot 0.88 \text{ kN/m} + 1.5 \cdot 1.50 \text{ kN/m}) \cdot (5.0 \text{ m})^2}{8} = 10.74 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tragfähigkeitsnachweis Längsträger (Pfetten)

Bemessungswert des Biege Widerstandes

aus C5 Seite 61 folgt eine RRW-150/150-5

$$\begin{aligned} W_{pl,y} &= 156 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ I_y &= 10.0 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$M_d \leq M_{R,d} \quad M_d \leq \frac{f_y \cdot W_{pl,y}}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \text{ N/mm}^2 \cdot 156 \cdot 10^3 \text{ mm}^3}{1.05} \hat{=} 34.91 \text{ kNm} \quad \text{i.O.}$$

Gebrauchstauglichkeit

$$\text{Lastberechnung: } p_k = g_{k,E} + q_{k,St} + q_{k,S} = 0.44 \text{ kN/m} + 0.44 \text{ kN/m} + 1.55 \text{ kN/m} = 2.43 \text{ kN/m}$$

$$w_{zul} = \frac{L}{150} = \frac{5'000 \text{ mm}}{150} = 33.33 \text{ mm}$$

$$w_{vorhanden} = \frac{5 \cdot p_k \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_{vor}} = \frac{5 \cdot (2.43 \text{ N/mm}) \cdot (5'000 \text{ mm})^4}{384 \cdot (210'000 \text{ N/mm}^2) \cdot 10 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} = 9.42 \text{ mm} \rightarrow \text{erfüllt}$$

Hauptträger RRW 200 · 200 · 6.3

Bemessungswerte der Auswirkungen

$$\begin{aligned} \text{Lastberechnung:} \quad g_{k,E} &= 0.20 \text{ kN/m}^2 \cdot 5.00 \text{ m} = 1.00 \text{ kN/m} \\ q_{k,St} &= 0.20 \text{ kN/m}^2 \cdot 5.00 \text{ m} = 1.00 \text{ kN/m} \\ q_{k,S} &= 0.70 \text{ kN/m}^2 \cdot 5.00 \text{ m} = 3.50 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{charakteristisch:} \quad p_k &= 1.00 \text{ kN/m} + 1.00 \text{ kN/m} + 3.50 \text{ kN/m} = 5.50 \text{ kN/m} \\ \text{Design:} \quad p_d &= 1.35 \cdot (1.00 \text{ kN/m} + 1.00 \text{ kN/m}) + 1.50 \cdot 3.50 \text{ kN/m} \approx 7.95 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Auflagerreaktionen und Schnittkräfte gem. statischer Berechnung aus CUBUS

$$\begin{aligned} A_{V,d} &= F_z = 23.33 \text{ kN} & B_{V,d} &= F_z = 16.42 \text{ kN} \\ A_{H,d} &= F_x = 43.21 \text{ kN} & B_{H,d} &= F_x = 43.21 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max,d} &= \text{Belastung (Design)} = 34.23 \text{ kNm} & M_{\max} &= \text{Belastung(charakt.)} = 23.68 \text{ kNm} \\ N_{\max,d} &= \text{Normalkraft für Knickberechnung} = 46.22 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gebrauchstauglichkeit

$$M_0 = \frac{7.95 \text{ kN/m} \cdot (5.0 \text{ m})^2}{8} = 24.84 \text{ kNm} \quad \rightarrow M_{\max} \approx 1.4 \cdot M_0 \quad ! \quad (\text{Siehe dazu Ergänzung Statik S. 13})$$

Bei der Durchbiegungsberechnung ist zu berücksichtigen, dass die Aufhängung sich ebenfalls verschiebt. Wir berücksichtigen diesen Umstand, dass wir bei der Berechnung der Durchbiegung die vorhandene Durchbiegung mit dem Faktor 1.4 nach oben korrigieren.

$$w_{\text{zul}} = \frac{L}{250} = \frac{5'000 \text{ mm}}{250} = 20.00 \text{ mm}$$

$$w_{\text{vorhanden}} = \frac{M_{\max} \cdot l^2}{9.6 \cdot E \cdot I_{\text{vor}}} = \frac{23.68 \cdot 10 \text{ Nmm} \cdot (5'000 \text{ mm})^2}{9.6 \cdot (210'000 \text{ N/mm}^2) \cdot 30.1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} = 9.76 \text{ mm} \cdot 1.4 = 13.66 \rightarrow \text{erfüllt}$$

Aufhängung RRW 150·150·5.0

Knicknachweis (gelenkig gelagert)

Knicklänge $l_k = 0.9 \cdot l = 0.9 \cdot 5.35\text{m} = 4.80$ (aus Statik CUBUS Seite 16)

Einzellast $N_d = 46.22\text{kN}$ aus statischer Berechnung entspricht der Auflagerreaktion B_d !

Tragfähigkeitsnachweis : Stahlbautabelle C5, Seite 61

Trägheitsradius $i = 59.0$ mm, $A = 2873$ mm²

$$\text{Schlankheit } \lambda_k = \frac{l_k}{i} = \frac{4'800 \text{ mm}}{59.0 \text{ mm}} = 81.36 \leq 150 \text{ I.O.}$$

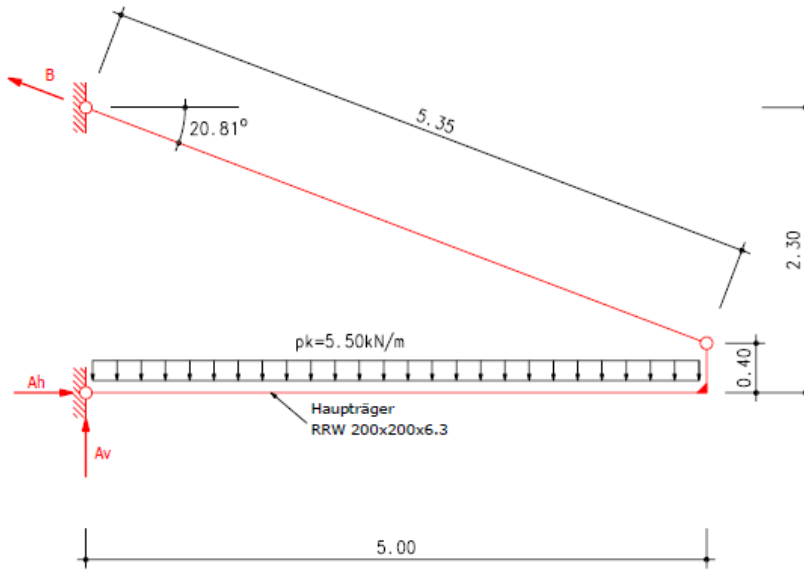
Stahlbautabelle C4 Seite 25, Kurve a $\lambda_k = 82$

$$\sigma_{kd} = \chi \cdot f_y / \gamma_{M1} = 168 \text{ N/mm}^2 \quad \rightarrow N_{k,Rd} = \sigma_{kd} \cdot A = (168 \text{ N/mm}^2 \cdot 2873\text{mm}^2) \cdot 10^{-3} = 482.66 \text{ kN}$$

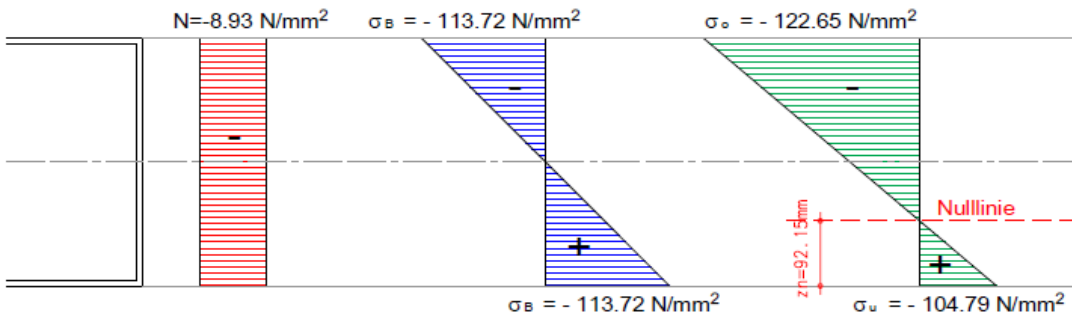
$$N_{k,Rd} = 482.66 \text{ kN} \gg N_d = 46.22 \text{ kN}$$

Die Knickgefahr der Aufhängung infolge Wind ist kein Problem und genügt bei weitem!

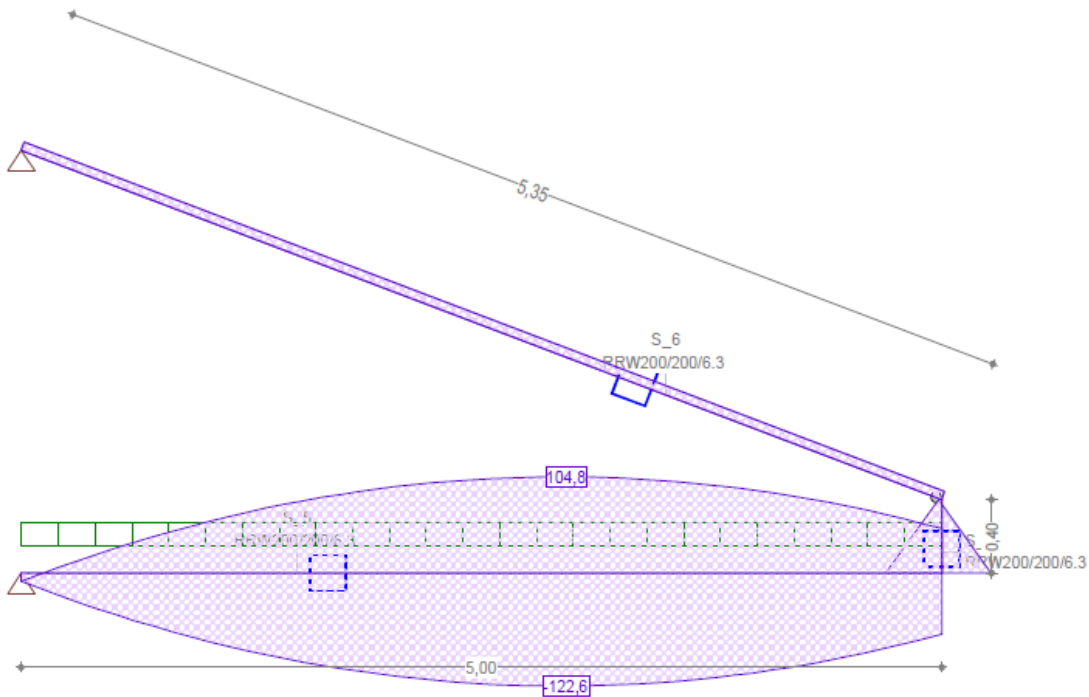
Statisches System



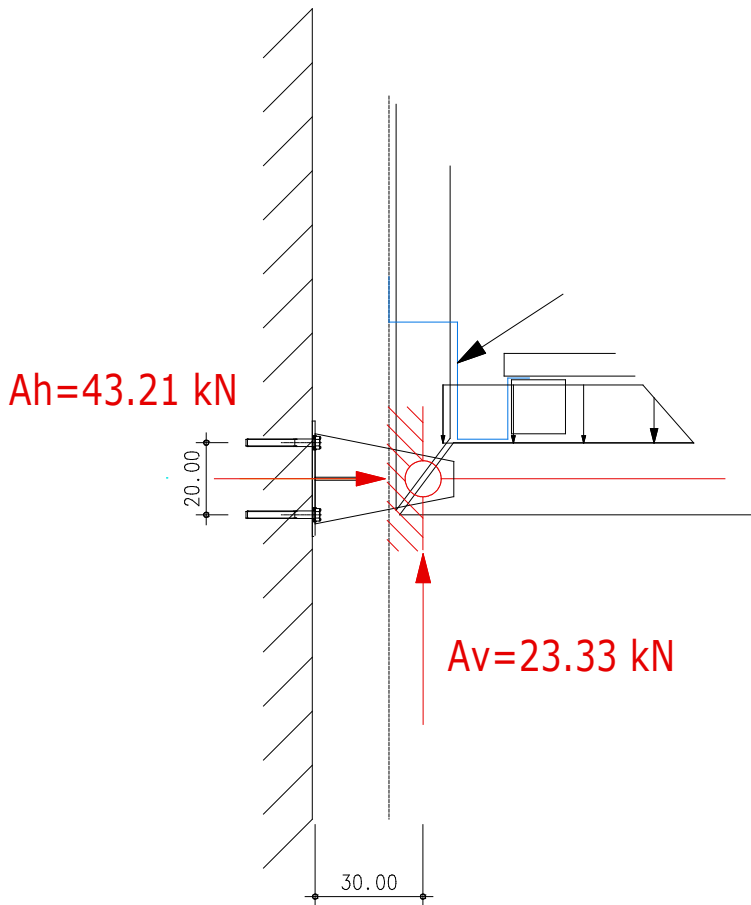
Elastischer Spannungsverlauf des Hauptträgers
mit Schnittkräften auf D-Niveau und elastischem Widerstandsmoment Wel aus Tabelle



Spannung (homogen) in Baustahl, [N/mm²] für: B2



Detail Auflager A 1:20



Aufhängung

Aufzunehmende Kräfte für Schrauben oder Hilti Klebeanker

$$M = 23.33 \text{ kN} \cdot 0.30 \text{ m} = 7.00 \text{ kNm}$$

$$N = 43.21 \text{ kN}$$

$$Z = \frac{N}{2} + \frac{M}{0.2 \text{ m}} = \frac{43.21 \text{ kN}}{2} + \frac{7.00 \text{ kNm}}{0.2 \text{ m}} = +56.61 \text{ kN}$$

$$D = \frac{N}{2} - \frac{M}{0.2 \text{ m}} = \frac{43.21 \text{ kN}}{2} - \frac{7.00 \text{ kNm}}{0.2 \text{ m}} = -13.40 \text{ kN}$$

$$\text{Kraft pro Schraube: } Z_A = \frac{+56.61 \text{ kN}}{3} = 18.90 \text{ kN}$$

→ Hilti Tabellen ca. M 16 6 Schrauben