

Fachabschlussprüfung 2018

Name / Vorname (alle Blätter anschreiben):	Klasse: IB6f
Bildungsgang: Bauplanung Ingenieurbau	Fach: STIB

Prüfungsverantwortung: Reto Cantamessi	Prüfungsdauer: 120 Minuten
Maximale Punktzahl: 40	Note:
Erreichte Punktzahl:	

Hilfsmittel: Sämtliche Hilfsmittel sind erlaubt. Es werden jedoch nur Resultate bewertet, bei welchen der Lösungsweg / die Herleitung erkennbar ist.

Bearbeitungsvorschriften:

- Jegliche Art der Kommunikation (verbale und visuelle) ist verboten.
- Mobiltelefone und/oder Smartphones sind nicht erlaubt. Derartige Geräte müssen ausgeschaltet vor Prüfungsbeginn am definierten Ort deponiert werden.
- Die Aufgaben sind auf den abgegebenen Lösungsblättern zu lösen.
- Bei Platzmangel nicht die Rückseiten der Aufgabenblätter benutzen. Benutzen Sie bei fehlendem Platz separate Lösungsblätter.
- Die Lösungen müssen mit Kugelschreiber oder Tinte geschrieben werden.
- Resultate ohne Lösungsweg werden nicht bewertet; der Lösungsweg ist Bestandteil der Bewertung.

Prüfungsniveau/Lernziele/Kompetenzstufen:

- K1 Wissen (so wie gelernt wiedergeben)
- K2 Verständnis (erklären warum)
- K3 Anwendung (situitives Übertragen)
- K4 Analyse (Prinzip/Struktur aufzeigen)
- K5 Synthese (ergänzen, verbessern, kreativ)
- K6 Beurteilen (ganzheitliche Bewertung)

Beilagen: 4 Seiten Aufgabenstellungen (Seiten 1 bis 4)
5 Seiten Beilagen zu Aufgabe Nr. 01 bis 04

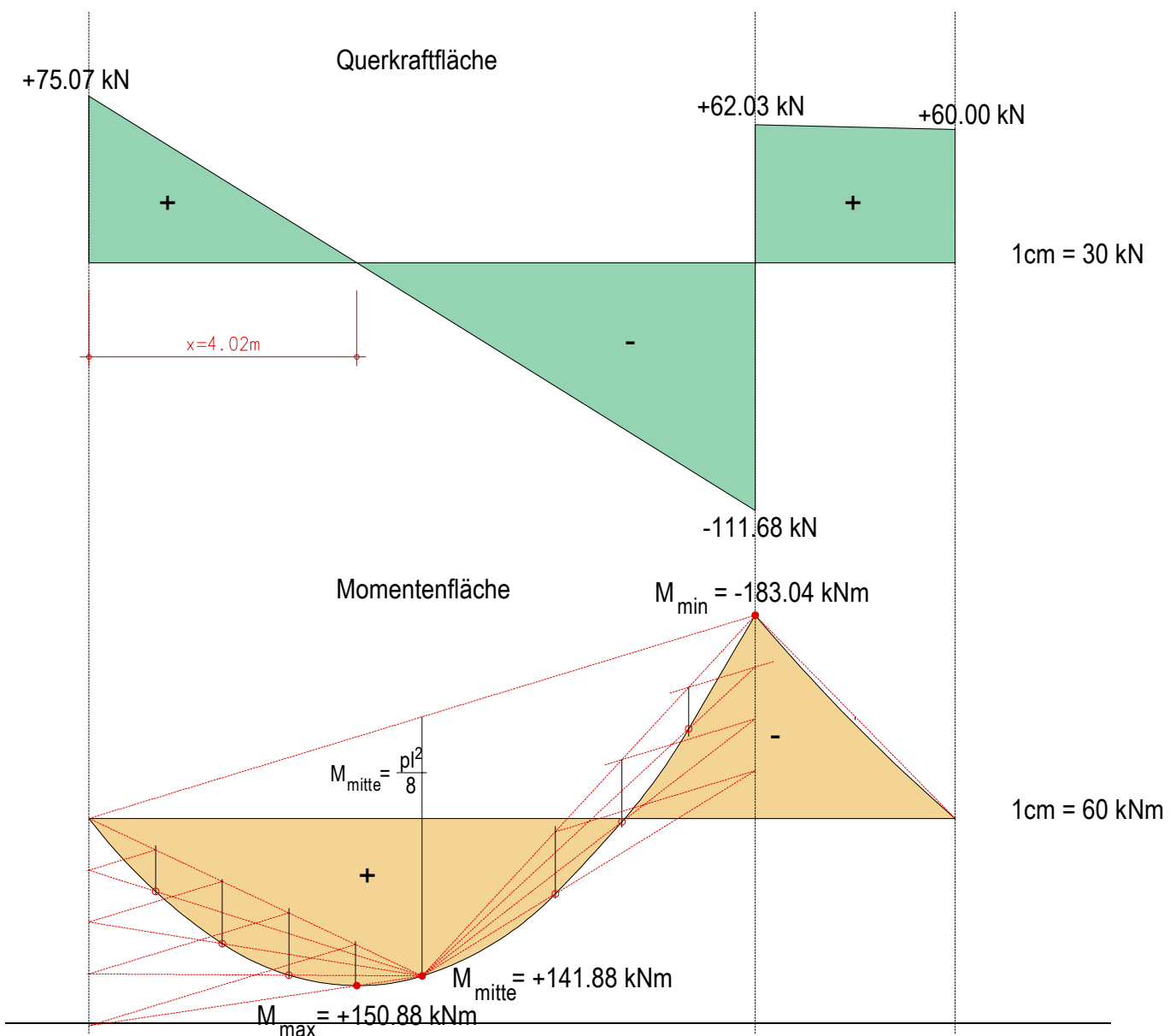
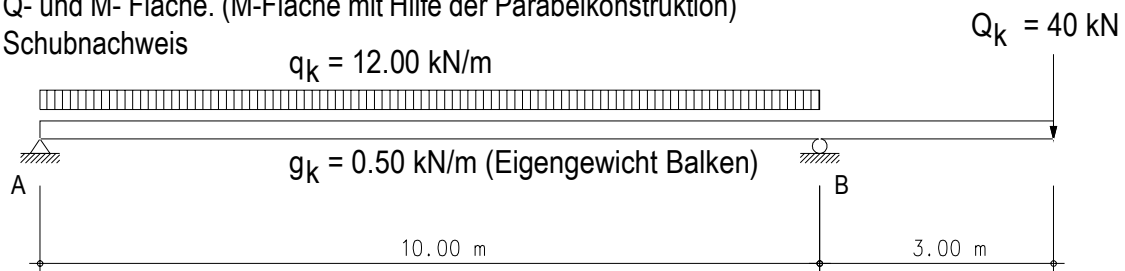
Lösung

Unterschrift korrigierende Lehrperson:

Aufgabe 1 10 Punkte

Für den Holzbalken (GL 24h) mit einer Breite $b=140$ mm gemäss Skizze sind folgende Grössen gesucht:

- Erforderliche Balkenhöhe h für Tragsicherheit (Vollast)
- Q- und M- Fläche. (M-Fläche mit Hilfe der Parabelkonstruktion)
- Schubnachweis



Lastberechnung Holzbalken

Eigengewicht	$g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1.35 \cdot 0.50 \text{ kN/m}$	$= 0.675 \text{ kN/m}$
Nutzlast	$q_d = \gamma_Q \cdot q_k = 1.50 \cdot 12.0 \text{ kN/m}$	$= 18.0 \text{ kN/m}$
	$Q_d = \gamma_Q \cdot Q_k = 1.50 \cdot 40.0 \text{ kN}$	$= 60.0 \text{ kN}$

$$M_{Bd}^- = -0.675 \cdot \frac{(3.0\text{m})^2}{2} - 60\text{kN} \cdot 3.0\text{m} = -183.04\text{kNm}$$

$$A_d = Q_{Ad} - \frac{M_{Bd}^-}{l} = 18.675\text{kN/m} \cdot 5.0\text{m} - \frac{183.04\text{kNm}}{5.0\text{m}} = +75.07\text{kN}$$

$$Q_{Bd, \text{Kragarm}} = 3.0\text{m} \cdot 0.675\text{kN/m} + 60\text{kN} = +62.03\text{kN}$$

$$B_d = +62.03\text{kN} - 75.07\text{kN} + 18.675\text{kN/m} \cdot 10.0\text{m} = 173.71\text{kN}$$

max. Feldmoment

$$x = \frac{A_d}{g_d + q_d} = \frac{+75.07\text{kN}}{0.675 \text{ kN/m} + 18.0 \text{ kN/m}} = 4.02\text{m}$$

$$M_{\text{max}}^+ = +75.07\text{kN} \cdot 4.02\text{m} - 18.675\text{kN/m} \cdot \frac{(4.02\text{m})^2}{2} = +150.88\text{kNm}$$

Tragfähigkeitsnachweis

$$W_{\text{erforderlich}} = \frac{M_{d, \text{max}}}{f_{m, d}}$$

$$\frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{M_{d, \text{max}}}{f_{m, d}} \rightarrow h^2 = \frac{6 \cdot M_{d, \text{max}}}{f_{m, d} \cdot b} \rightarrow h = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{d, \text{max}}}{f_{m, d} \cdot b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 183.04 \cdot 10^6 \text{Nmm}}{16.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 140\text{mm}}} = 700.20\text{mm}$$

möglicher Balkenquerschnitt 14/70 cm

$$\text{Lamellenhöhe } 40\text{mm} \rightarrow 18 \text{ Lamellen } W_{\text{vorh}} = \frac{140\text{mm} \cdot (720\text{mm})^2}{6} = 12.096 \cdot 10^6 \text{mm}^3$$

Schubnachweis

$$V_{d, \text{max}} = 111.68\text{kN} \rightarrow \tau_d = \frac{1.5 \cdot V_{d, \text{max}}}{b \cdot h} = \frac{1.5 \cdot 111.68 \cdot 10^3 \text{N}}{140\text{mm} \cdot 720\text{mm}} = 1.66 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < f_{v, d} = 1.80 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

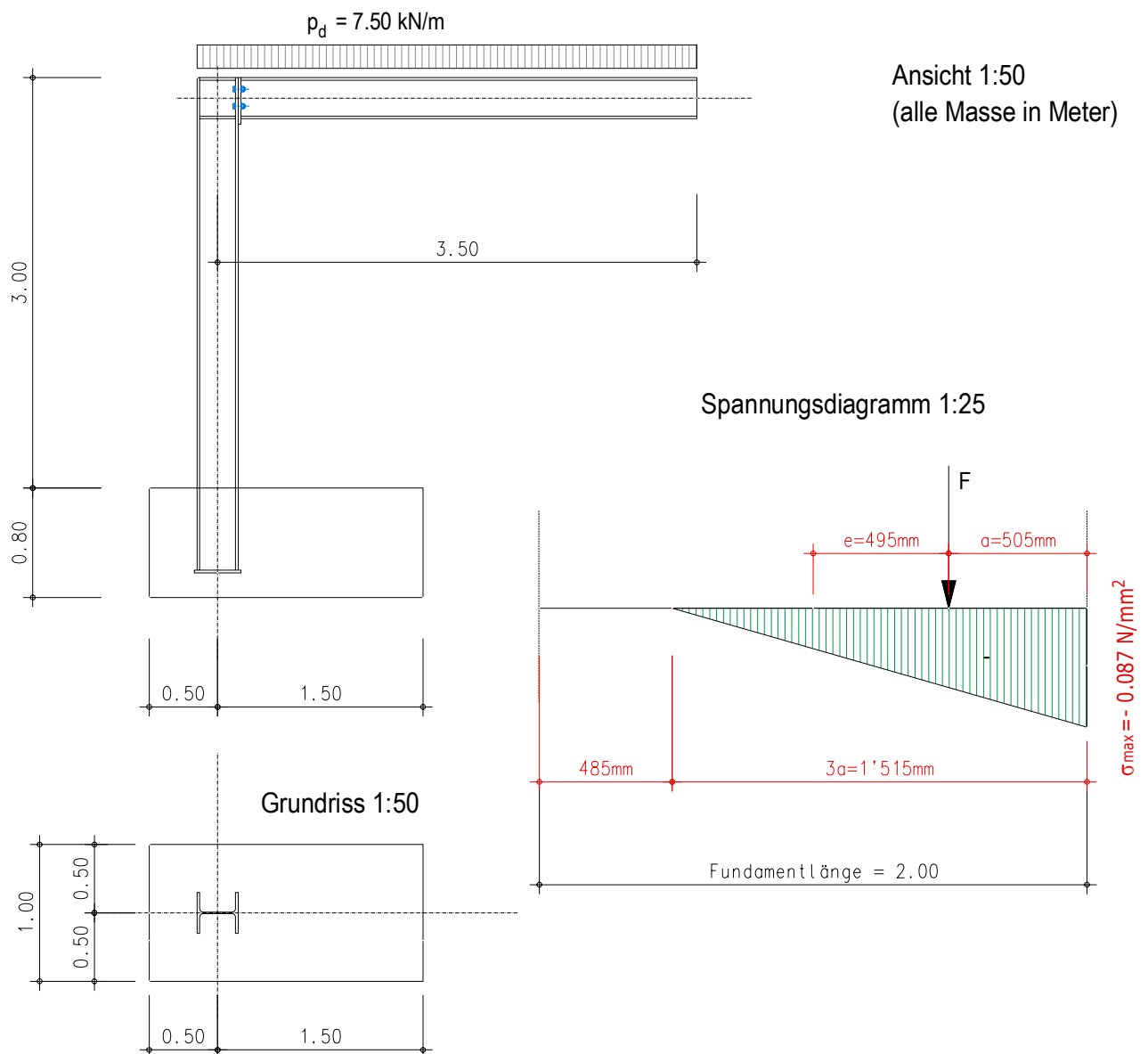
Aufgabe 2 10 Punkte

Für die Signalbrücke einer Hauptverkehrsstrasse gemäss Skizze sind folgende Aufgaben zu lösen:

- Die Kippsicherheit
- Die Bodenpressung
- Spannungsverlauf der Bodenpressung

Dabei sind folgende Spezifikationen zu berücksichtigen:

- Das Eigengewicht der Stahlkonstruktion muss nicht berücksichtigt werden
- Das Betonfundament ist bewehrt.



Fundamenteigengewicht

$$F_{\text{Fund.}} = V_{\text{Fund.}} \cdot \gamma_{\text{Beton}} = 1.0 \text{ m} \cdot 2.00 \text{ m} \cdot 0.80 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 40.00 \text{ kN}$$

$$F \text{ in Stütze} = V_{\text{Fund.}} \cdot \gamma_{\text{Beton}} = 3.50 \text{ m} \cdot 7.50 \text{ kN/m} = 26.25 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Total}} = 66.25 \text{ kN}$$

Moment bei Stützeinspannung M_k

$$M_k = 7.50 \text{ kN/m} \cdot \frac{(3.50 \text{ m})^2}{2} = 45.9375 \text{ kNm}$$

Moment in Fundamentmitte (Achtung $M=0$, da keine Exzentrizität!)

$$M_{\text{mitte}} = -0.5 \text{ m} \cdot 26.25 \text{ kN} + 45.9375 \text{ kNm} = +32.8125 \text{ kNm}$$

Exzentrizität

$$e = \frac{M_{\text{mitte}}}{F_{\text{Total}}} = \frac{+32.8125 \text{ kNm}}{66.25 \text{ kN}} = 0.495 \text{ m}$$

$$\text{Kernweite } k = \frac{h}{6} = \frac{2.0 \text{ m}}{6} = 0.333 \text{ m} \quad e > k \Rightarrow \text{grosse Exzentrizität}$$

$$\text{Kippsicherheit } s_k = \frac{M_{\text{st.}}}{M_k} = \frac{-1.50 \text{ m} \cdot 26.25 \text{ kN} - -1.00 \text{ m} \cdot 40.00}{45.9375 \text{ kNm}} = \frac{79.38 \text{ kNm}}{45.94 \text{ kNm}} = 1.73 > 1.5 \text{ i.O.}$$

Bodenspannung

$$a = 1'000 \text{ mm} - 495 \text{ mm} = 505 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{max,min}} = \frac{2 \cdot N}{3 \cdot a \cdot b} = \frac{2 \cdot 66'250 \text{ N}}{3 \cdot 505 \text{ mm} \cdot 1'000 \text{ mm}} = 0.087 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Aufgabe 3 10 Punkte

Fundamenteigengewicht

$$F_{\text{Fund.}} = V_{\text{Fund.}} \cdot \gamma_{\text{Beton}} = 2.40 \text{ m} \cdot 1.50 \text{ m} \cdot 0.50 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} =$$

$$F_{\text{Fund.}} = 45.00 \text{ kN}$$

resultierende vertikale Kraft

$$N_{\text{St}} = 500.00 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Total}} = 545.00 \text{ kN}$$

stabilisierendes Moment um Drehpunkt D

$$M_{\text{st}} = +545.00 \text{ kN} \cdot 1.20 \text{ m}$$

$$= +654.00 \text{ kNm}$$

kippendes Moment um Drehpunkt D

$$M_{\text{k}} = +80.00 \text{ kN} \cdot 0.50 \text{ m} + 100 \text{ kNm}$$

$$= +140.00 \text{ kNm}$$

$$\text{Kippsicherheit } s_{\text{k}} = \frac{M_{\text{st}}}{M_{\text{k}}} = \frac{+654.00 \text{ kNm}}{+140.00 \text{ kNm}} = 4.67 > 1.5 \text{ i.O.}$$

$$\text{Gleitsicherheit } s_{\text{G}} = \frac{\tan(\varphi) \cdot F_{\text{Total}}}{F_{\text{H}}} = \frac{\tan(31^\circ) \cdot 545.00 \text{ kN}}{80.00 \text{ kN}} = 4.09 > 1.5 \text{ i.O.}$$

Exzentrizität

$$a = \frac{\sum M_{\text{d}}}{F_{\text{Tot}}} = \frac{-M_{\text{st}} + M_{\text{k}}}{F_{\text{Tot}}} = \frac{-654.00 \text{ kNm} + 140.00 \text{ kNm}}{545.00 \text{ kN}} = -0.943 \text{ m}$$

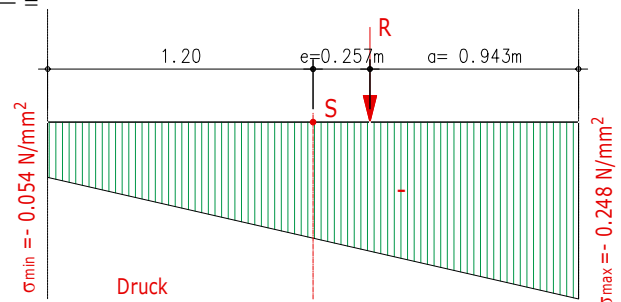
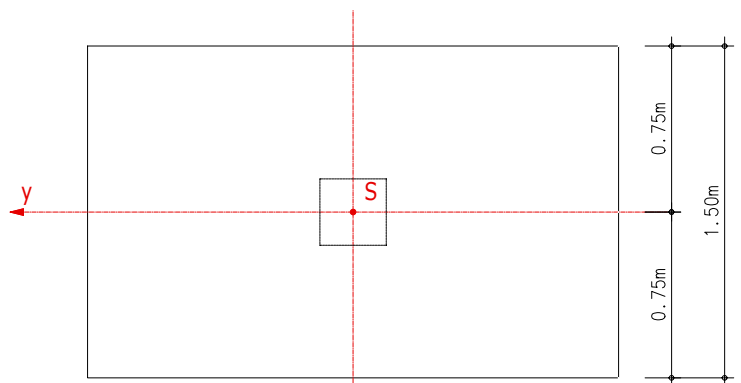
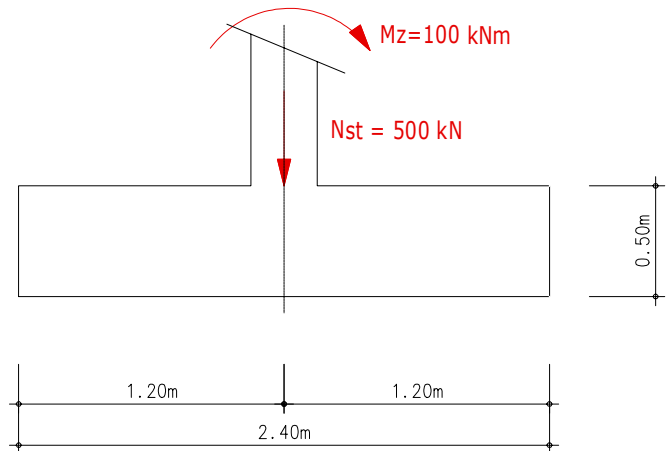
$$e_{\text{Total}} = \frac{h}{2} - a = \frac{2.40 \text{ m}}{2} - (-0.943 \text{ m}) = 0.257 \text{ m} \leftarrow \text{Drehpunkt}$$

$$\text{Kernweite } k = \frac{h}{6} = \frac{2.40 \text{ m}}{6} = 0.400 \text{ m} \quad e < k \Rightarrow \text{kleine Exzentrizität}$$

$$\sigma_{\text{min,max}} = -\frac{N_{\text{St}}}{A} \cdot \left(1 \mp \frac{6 \cdot e}{h}\right) =$$

$$\sigma_{\text{min}} = -\frac{545 \cdot 10^3 \text{ N}}{2400 \text{ mm} \cdot 1500 \text{ mm}} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 257 \text{ mm}}{2400 \text{ mm}}\right) = -0.054 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{max}} = -\frac{545 \cdot 10^3 \text{ N}}{2400 \text{ mm} \cdot 1500 \text{ mm}} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 257 \text{ mm}}{2400 \text{ mm}}\right) = -0.248 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Aufgabe 4 10 Punkte

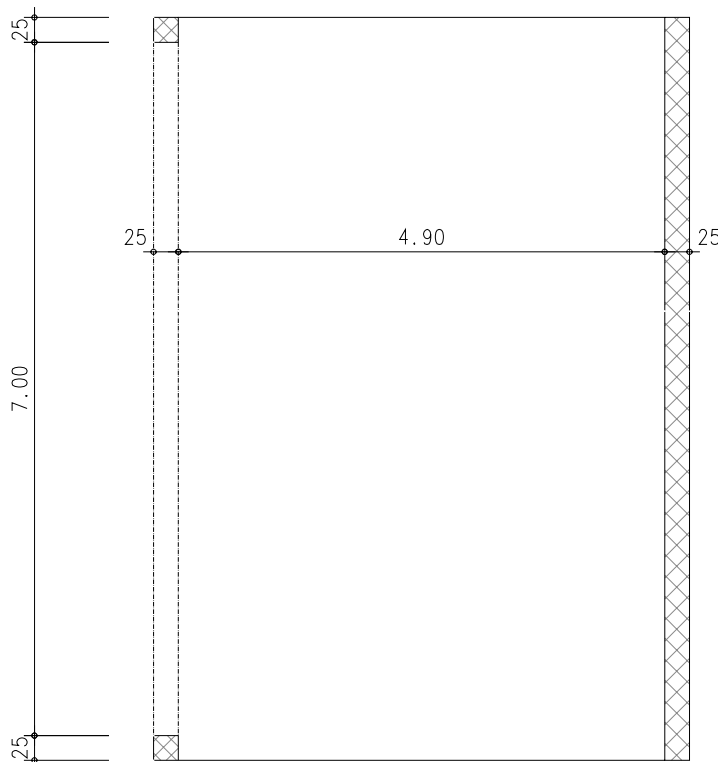
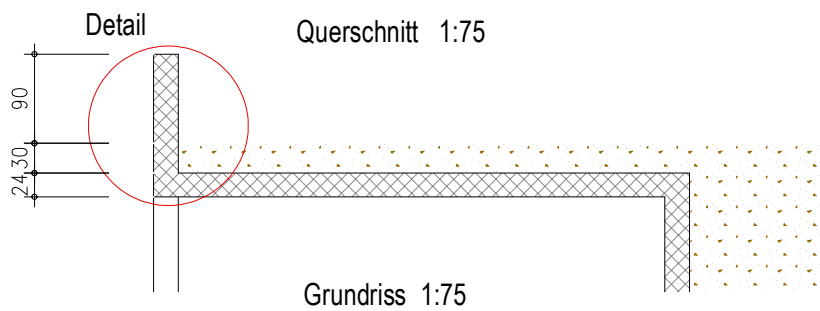
Beton- Überzugsdecke für einen Autounterstand. Neben der Eigenlast ist eine Erdauffüllung von 30 cm und zusätzlich eine Nutzlast von 2.0 kN/m² vorgesehen.

Betonqualität: C 25/30, Expositionsklasse XC 2, normale Anforderungen

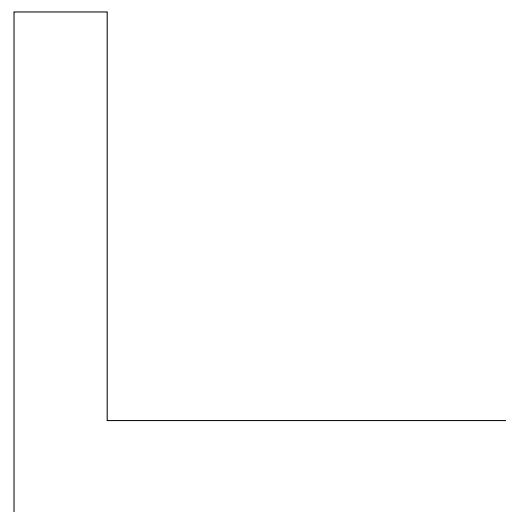
Bewehrung: Stahl B500B, C_{nom} = 35 mm

Erdmaterial: $\gamma_{\text{Erde}} = 21 \text{ kN/m}^3$

- Gesucht:
- Bewehrung der Platte inkl. aller Nachweise und Verteilbewehrung. Die Platte ist in der Wand nicht eingespannt.
 - Bewehrung des Überzuges inkl. aller Nachweise und vollständige Bewehrungsskizze im Querschnitt 1:20.



Detail
Bewehrungsskizze Überzug 1:20



Eigengewicht $g_k = h \cdot \gamma_{\text{Beton}} = 0.24 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 6.00 \text{ kN/m}^2$
 Erdauffüllung $= 0.03 \text{ m} \cdot 21 \text{ kN/m}^3 = 6.30 \text{ kN/m}^2$
 Total $g_k = 12.30 \text{ kN/m}^2$

Nutzlast $q_k = 2.00 \text{ kN/m}^2$

Bemessungswert :

$P_d = \gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k = 1.35 \cdot 12.30 \text{ kN/m}^2 + 1.50 \cdot 2.0 \text{ kN/m}^2 = 19.61 \text{ kN/m}^2$

statische Spannweite:

$l = 4.90 \text{ m} + 0.25 \text{ m} = 5.15 \text{ m}$

$l = 1.05 \cdot 4.90 \text{ m} = 5.15 \text{ m}$

$A_d = B_d = V_d = \frac{P_d \cdot l}{2} = \frac{19.61 \text{ kN/m}^2 \cdot (5.15 \text{ m})}{2} = 50.50 \text{ kN/m}$

Biegemoment : $M_d = \frac{19.61 \text{ kN/m}^2 \cdot (5.15 \text{ m})^2}{8} = 65.01 \text{ kNm}$

Abschätzung der statischen Höhe d:

$d = h - c_{\text{nom}} - \frac{1}{2} \cdot \text{ØLängs} = 240 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 20 \text{ mm} = 195 \text{ mm}$

erforderliche $A_{s,\text{erforderlich}} = \frac{M_d}{0.9 \cdot d \cdot f_{sd}} = \frac{65.01 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{0.9 \cdot 195 \text{ mm} \cdot 435 \text{ N/mm}^2} = 852 \text{ mm}^2$

Wahl einer möglichen Bewehrung:

$\text{Ø } 14 / t = 150 \rightarrow A_{\text{vorh}} = 1'026 \text{ mm}^2$

Berechnung des vorhandenen Bewehrungsgehaltes:

$\rho_{\text{eff}} = \frac{A_{s,\text{vorh}}}{b \cdot d_{\text{eff}}} = \frac{1'026 \text{ mm}^2}{1'000 \text{ mm} \cdot 195 \text{ mm}} \cdot 100\% = 0.53\% \quad 0.15\% \leq 0.53\% \leq 1.6\% \text{ i.O.}$

falls ρ_{max} überschritten wird, ist die statische Höhe d höher zu setzen und ergibt somit eine andere Plattenstärke

Verteilbewehrung

Abschätzung der statischen Höhe d:

$d = h - c_{\text{nom}} - \text{ØLängs} - \text{ØBg} = 240 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - 14 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 10 = 186 \text{ mm}$

erforderliche $A_{s,\text{erforderlich}} = \frac{A_{s,\text{vorh}}}{5} = \frac{1'026 \text{ mm}^2}{5} = 205 \text{ mm}^2$

erforderliche $A_{s,\text{erforderlich}} = 0.15\% \cdot 186 \text{ mm} \cdot 1'000 \text{ mm} = 279 \text{ mm}^2$

Wahl einer möglichen Verteilbewehrung:

$\text{Ø } 10 / t = 250 \rightarrow A_{\text{vorh}} = 314 \text{ mm}^2$

Berechnung des vorhandenen Bewehrungsgehaltes:

$\rho_{\text{eff}} = \frac{A_{s,\text{vorh}}}{b \cdot d_{\text{eff}}} = \frac{314 \text{ mm}^2}{1'000 \text{ mm} \cdot 186 \text{ mm}} \cdot 100\% = 0.17\% \quad 0.15\% \leq 0.17\% \leq 1.6\% \text{ i.O.}$

Schubnachweis :

$\tau_{c,d} = \frac{V_d}{b \cdot d_{\text{eff}}} = \frac{50.50 \cdot 10^3 \text{ N}}{1'000 \text{ mm} \cdot 195 \text{ mm}} = 0.26 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \tau_{c,d} = 1.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ i.O.} \rightarrow \text{falls } \tau_{c,d} \text{ grösser als } 1.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ Schubbewehrung}$

Oberzug:

$$\text{Eigengewicht } g_k = A \cdot \gamma_{\text{Beton}} = 1.20 \text{ m} \cdot 0.25 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 10.13 \text{ kN/m}$$

$$\text{Belastung aus Deckenplatte } A_d = 50.50 \text{ kN/m}$$

Bemessungswert:

$$p_d = g_d + A_d = 10.13 \text{ kN/m} \cdot 1.35 + 50.50 \text{ kN/m} = 60.63 \text{ kN/m}$$

statische Spannweite:

$$l = 7.00 \text{ m} + 0.25 \text{ m} = 7.25 \text{ m} \quad (\text{massgebend})$$

$$l = 1.05 \cdot 7.00 \text{ m} = 7.35 \text{ m}$$

$$A_d = B_d = V_d = \frac{p_d \cdot l}{2} = \frac{60.63 \text{ kN/m} \cdot (7.25 \text{ m})}{2} = 219.78 \text{ kN}$$

$$\text{Biegemoment: } M_d = \frac{60.6 \text{ kN/m} \cdot (7.22 \text{ m})^2}{8} = 398.36 \text{ kNm}$$

Abschätzung der statischen Höhe d:

$$d = h - c_{\text{nom}} - \varnothing \text{Bg} - \frac{1}{2} \varnothing \text{Längs} = 1'440 \text{ mm} - 35 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 20 \text{ mm} = 1'385 \text{ mm}$$

$$\text{erforderliche } A_{s, \text{erforderlich}} = \frac{M_d}{0.9 \cdot d \cdot f_{sd}} = \frac{398.36 \cdot 10^6 \text{ Nm}}{0.9 \cdot 1'385 \text{ mm} \cdot 435 \text{ N/mm}^2} = 734.7 \text{ mm}^2$$

Wahl einer möglichen Bewehrung:

$$3 \varnothing 20 \rightarrow A_{\text{vorh}} = 942 \text{ mm}^2$$

Kontrolle der Unterzugsbreite

$$2 \cdot C_{\text{nom}} + 2 \cdot \varnothing \text{BG} + 3 \cdot 20 + 2 \cdot 30 = 2 \cdot 35 + 2 \cdot 10 + 60 + 60 = 210 \text{ mm} \rightarrow b_w = 240 \text{ mm} \quad \text{i.O.}$$

Berechnung des vorhandenen Bewehrungsgehaltes:

$$\rho_{\text{eff}} = \frac{A_{s, \text{vorh}}}{b \cdot d_{\text{eff}}} = \frac{942 \text{ mm}^2}{250 \text{ mm} \cdot 1'385 \text{ mm}} \cdot 100\% = 0.27\%$$

$$(0.15\% \leq 0.27\% \leq 1.6\% \quad \text{i.O.})$$

Schub

$$\tau_{c,d} = \frac{219.78 \cdot 10^3 \text{ N}}{250 \text{ mm} \cdot 1'385 \text{ mm}} = 0.63 \text{ N/mm}^2 < 1.00 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{i.O.}$$

$$\text{Bügelabstand: } s_{\text{max}} \leq \frac{d}{2} = \frac{1'385 \text{ mm}}{2} = 693 \text{ mm}$$

$$s_{\text{max}} \leq b_w = 250 \text{ mm}$$

$$s_{\text{max}} \leq 25 \cdot \varnothing \text{Bg} = 25 \cdot 10 = 250 \text{ mm}$$

$$A_{s, \text{min}} = 0.2\% \cdot 250 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm} = 125 \text{ mm}^2$$

$$2 - \text{schnittig} \quad 62.5 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Bg } \varnothing 10 / 250 \text{ mm}$$

$$(A_{s, w} = 2 \cdot 78.5 \text{ mm}^2 = 157 \text{ mm}^2 > 125 \text{ mm}^2)$$

