

Musterlösung

DIPLOM-HAUPTPRÜFUNG – Neue DPO

Vertieferprüfung „Stahlbau“

12. September 2002

Dauer: 120 Minuten

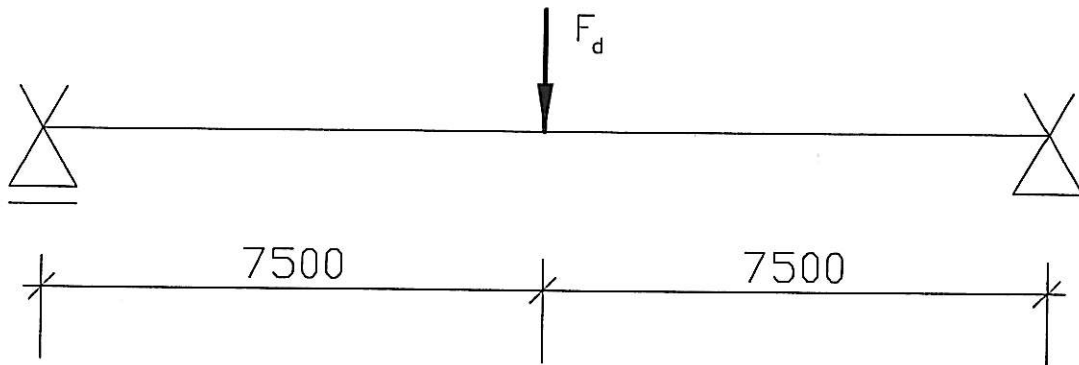
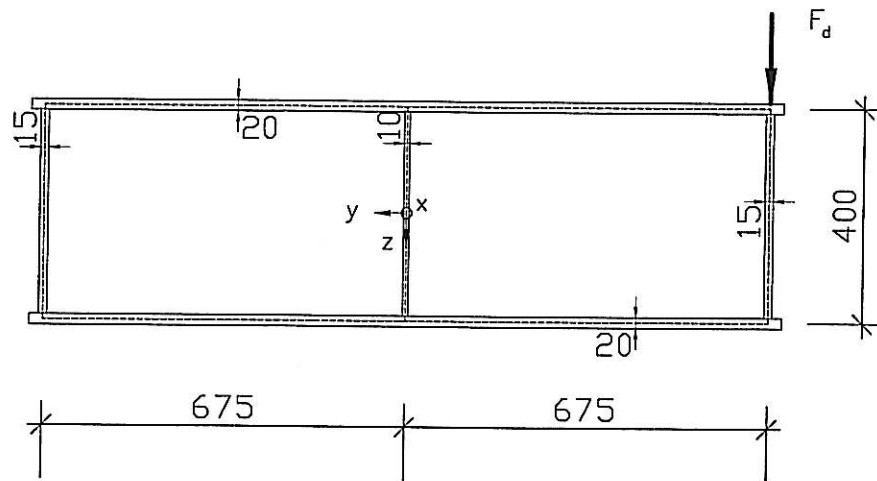
Name:

Aufgabe:	1	2	3	4
Erreichte Punktzahl:				

Abgegebene Blätter:	
---------------------	--

Aufgabe 1**15 min**

Der dargestellte, beidseitig gabelgelagerte Einfeldträger besteht aus einem Hohlkasten-Querschnitt, der durch eine exzentrisch angreifende Kraft F_d beansprucht wird. Bestimmen Sie die maximale Schubspannung τ_{\max} und die maximale Verdrehung ϑ des Hohlkastens. Alle Maße sind in mm angegeben.

Statisches System:**Hohlkasten-Querschnitt:****Angaben:**

Material: S235JRG2

 $F_d = 500 \text{ kN}$ **Hinweis:**

Wölbkrafttorsion braucht nicht berücksichtigt zu werden.

Aufgabe 2

30 min

Abbildung 2.1 zeigt eine Halterung aus S235JRG2 für Fassadenelemente. Die tägliche Wärmeausdehnung der Fassadenelemente erzeugt eine Verformung Δf , durch die eine Ermüdungsbeanspruchung an den gekennzeichneten Stellen in der Halterung auftritt. Für den Betriebsfestigkeitsnachweis sind die pro Jahr zu erwartenden Verformungsschwingbreiten in Tabelle 2.1 und die Dehnungswöhlerlinie in Abbildung 2.2 gegeben. Die Dehnungswöhlerlinie deckt die Kerbwirkung an der maßgebenden Stelle bereits ab. Berechnen Sie mit diesen Angaben die zu erwartende Lebensdauer der Fassadenhalterung (in Jahren) für eine Sicherheit von $\gamma_{Mf} = 1,0$.

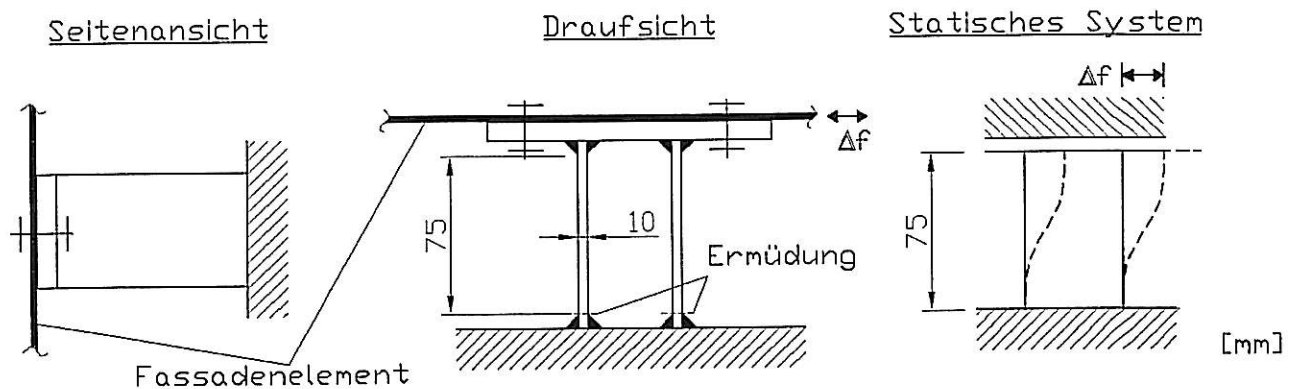


Abbildung 2.1: Fassadenhalterung

Tage	verursachte Verformung Δf [mm]	Häufigkeit N_i pro Jahr
mit starker Sonneneinwirkung	0,500	25
mit mittlerer Sonneneinwirkung	0,250	60
mit schwacher Sonneneinwirkung	0,125	95
ohne nennenswerte Sonneneinwirkung	-	185

Tabelle 2.1: Zu erwartende Verformungsschwingbreiten Δf pro Jahr

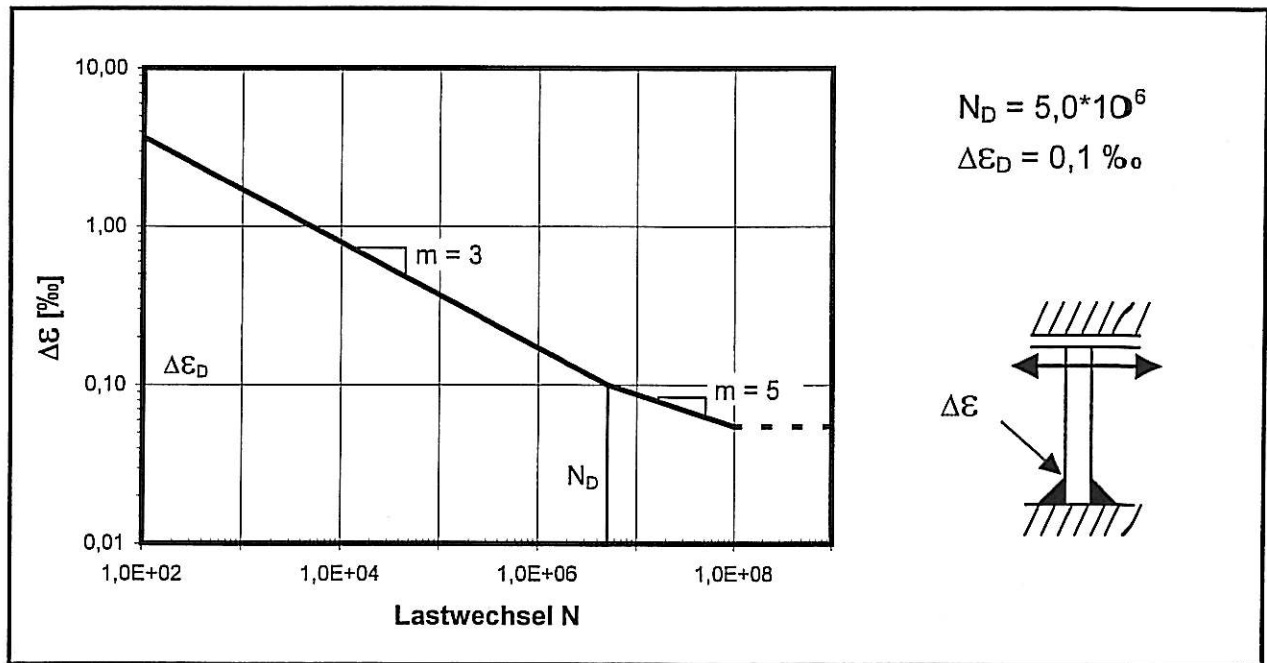
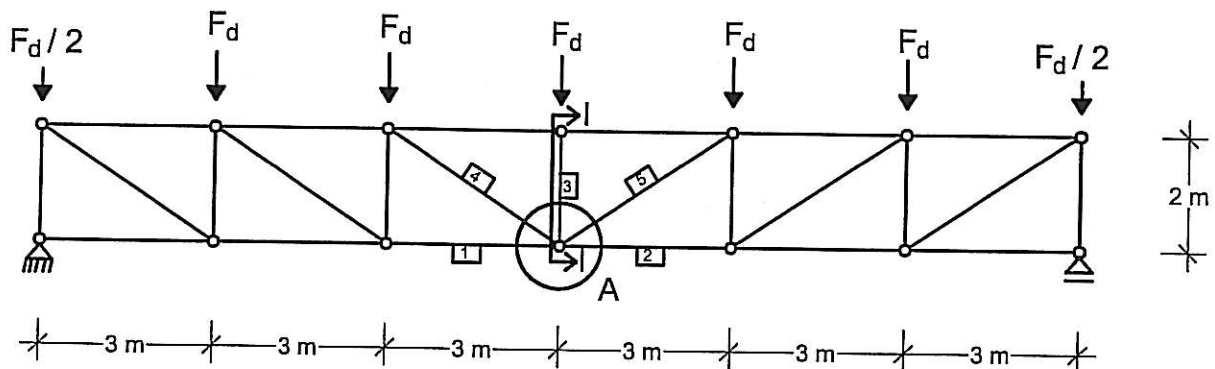


Abbildung 2.2: Dehnungswöhlerlinie für Fassadenhalterung

Aufgabe 3

45 min

Für den unten dargestellten Fachwerkträger ist im Schnitt I-I ein Montagestoß vorgesehen.



Angaben:

Material: S235JRG2

Gurte (Stäbe 1 und 2): HE140A

Pfosten (Stab 3): Quadratisches Hohlprofil 60 x 5

Bemessungswerte der Stabkräfte im Knoten A:

$$S_{1,d} = S_{2,d} = 300 \text{ kN (Zug)}$$

$$S_{3,d} = 50,0 \text{ kN (Druck)}$$

$$S_{4,d} = S_{5,d} = 45,1 \text{ kN (Zug)}$$

- Wählen Sie für die Diagonalen im Knoten A (Stäbe 4 und 5) ein geeignetes Profil.
- Konstruieren und bemessen Sie den Knoten A als lösbare Verbindung. Wählen Sie dazu die Lage der Diagonalen sinnvoll. Verwenden Sie für Ihre maßstäbliche Konstruktionszeichnung die beigefügten Anlagen 3.1 und 3.2.

A

A

QHP 60x5

Anlage 3.1: Knoten A, M 1:2

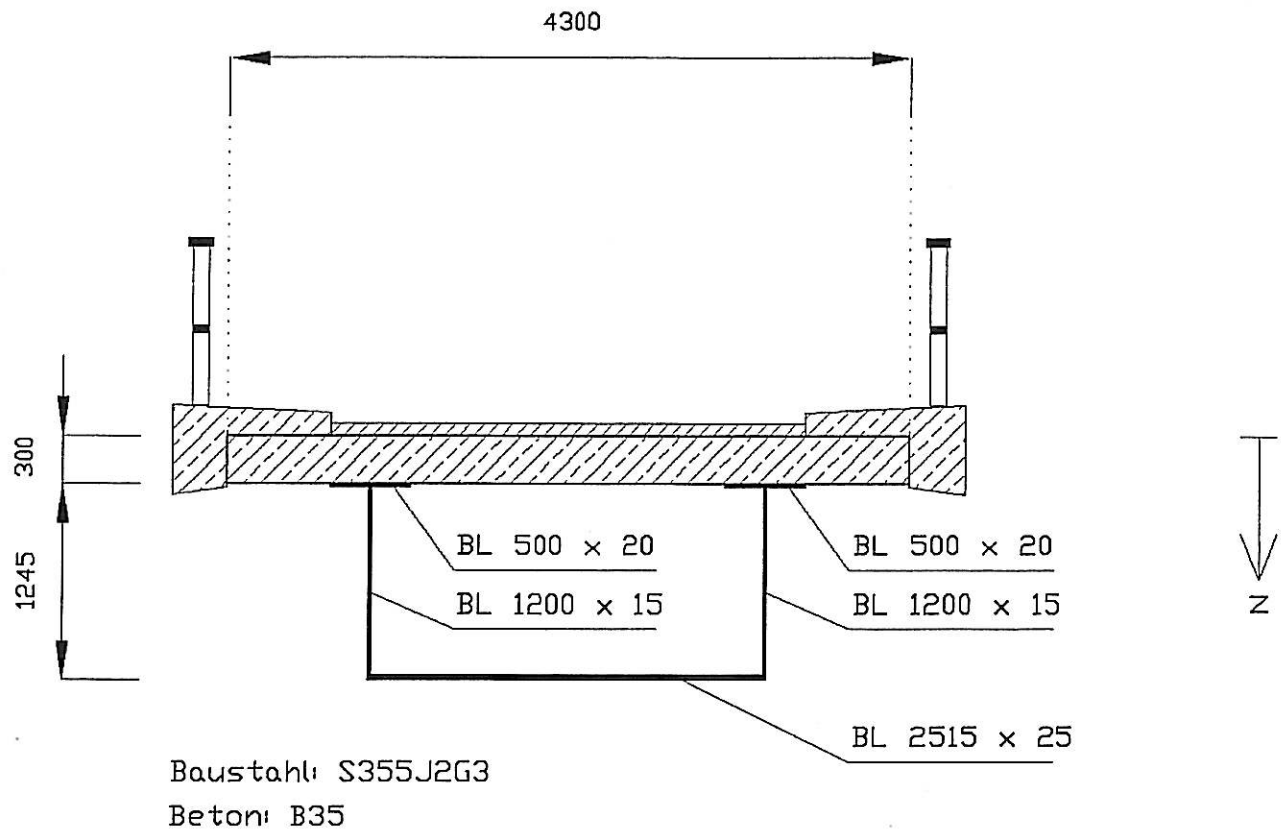
HE140A

Aufgabe 4

45 min

Für einen einspurigen Feldweg über eine Bahnlinie wird eine Stahlverbundbrücke mit folgendem Brückenquerschnitt geplant:

Querschnitt



Maßstab 1: 50

alle Maße in mm

Die Spannweite der einfeldigen Brücke beträgt 35,00 m. Sie wird ohne Betonierhilfstützen in einem Betonierabschnitt betoniert.

Ermitteln Sie für die Belastung aus ständigen Lasten im Endzustand und Verkehr (siehe nächste Seite) die maximale Biegespannung im Untergurt in Feldmitte.

Angaben:

Schnittgrößen in Feldmitte:

Stahleigengewicht: $M_y = 1,58 \text{ MNm}$ Betoneigengewicht: $M_y = 4,95 \text{ MNm}$ Ausbaulasten: $M_y = 3,57 \text{ MNm}$ Verkehr $M_y = 8,17 \text{ MNm}$

Querschnittswerte:

$t = 0:$	$I_{\text{Stahl}} = 2\,953\,000 \text{ cm}^4$	$Z_{\text{S Stahl}} = 1141 \text{ mm}$
	$I_0 = 10\,550\,000 \text{ cm}^4$	$Z_{\text{S } 0} = 510 \text{ mm}$
$t = \infty:$	$I_{\text{Ausbau}} = ?$	$Z_{\text{S Ausbau}} = ?$
	$I_{\text{Schwinden}} = 7\,562\,000 \text{ cm}^4$	$Z_{\text{S Schwinden}} = 755 \text{ mm}$
	$A_{\text{Schwinden}} = 1948 \text{ cm}^2$	

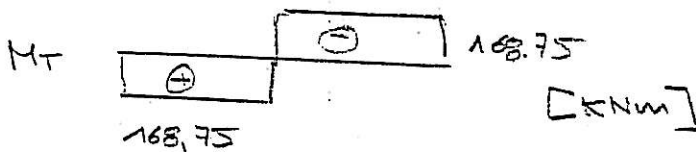
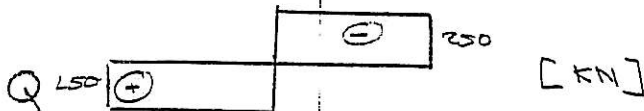
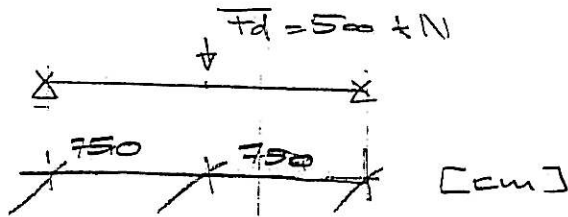
Kriechbeiwerte:

Ausbaulast: $\varphi_{\infty} = 1,35$ $\Psi_A = \Psi_I = 1,1$ Schwinden: $\varphi_{\infty} = 3,20$ $\Psi_A = \Psi_I = 0,55$

Schwindbeiwerte:

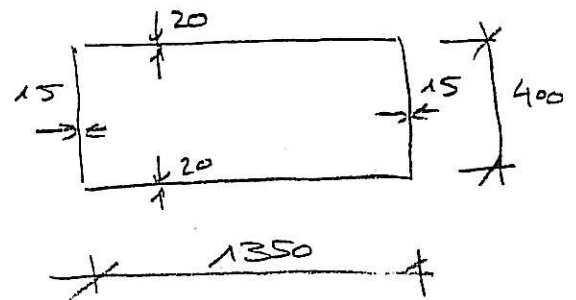
 $\varepsilon_{\text{S}\infty} = -25,6 \cdot 10^{-5}$

1. Aufgabe



Da der Querschnitt

symmetrisch ist,
heben sich T_1 und T_2
im Mittelsieg auf
Betrachteter Querschnitt



$$M_T = 16875 \text{ KNcm}$$

$$T_{\max} = \frac{M_T}{2 \cdot A_T \cdot t_{\min}}$$

$$\text{mit } A_T = 1350 \cdot 40 = 5400 \text{ cm}^2$$

$$t_{\min} = 15 \text{ mm}$$

$$T_{\max} = \frac{16875}{2 \cdot 5400 \cdot 15} = 1,04 \text{ KN/cm}^2$$

maximale Verdrehung in Feldmitte:

$$\vartheta_{\max} = \int_0^{L/2} \frac{M_T}{G I_T} \cdot dx$$

$$\text{mit } I_T = \frac{4 \cdot A_T^2}{\oint \frac{ds}{t}} = \frac{4 \cdot 5400^2}{2 \cdot \left(\frac{40}{15} + \frac{1350}{2} \right)} = 619327 \text{ cm}^4$$

$$\vartheta_{\max} = \frac{16875}{8100 \cdot 619327} \cdot 750 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$$

$$Q = 250 \text{ KN}$$

$$T_{\max} = \frac{Q}{A_{\text{Steg}}} \cdot 1,5$$

$$\text{mit } A_{\text{Steg}} = 15 \cdot (40 - 2) = 57 \text{ cm}^2$$

$$T_{\max} = \frac{250}{57} \cdot 1,5 = 6,57 \text{ KN/cm}^2$$

$$T_{\max} = 1,04 + 6,57 = 7,61 \text{ KN/cm}^2$$

• Beziehung $\Delta f - \Delta \varepsilon$:

Schneider-Bautabellen

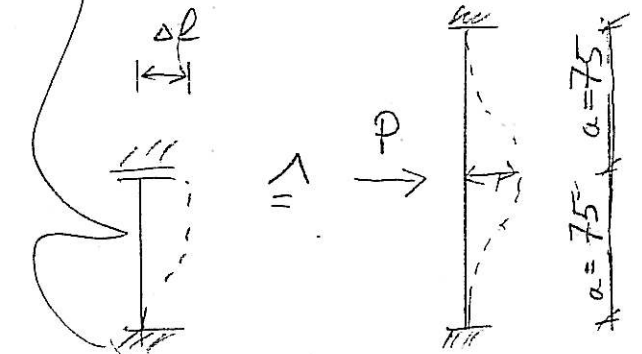
$$f = \frac{P \cdot a^6}{3EI \cdot (2a)^3} = P \frac{a^3}{24 \cdot EI}$$

$$\Rightarrow P = f \frac{24 \cdot EI}{a^3}$$

$$M_z = P \frac{2a^4}{(2a)^3} = \frac{1}{4} P \cdot a = \frac{24 \cdot EI \cdot a}{4 \cdot a^3} \cdot f = \frac{6EI}{a^2} \cdot f$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{1}{E} \cdot \frac{M \cdot t}{I \cdot 2} = \frac{6EI \cdot t}{2EI \cdot a^2} \cdot f = \frac{3t}{a^2} \cdot f \quad (10)$$

davon (3) für's System



• Kollektiv:

Δf	$\Delta \varepsilon [\text{‰}]$	zul $N = 5 \cdot 10^6 \left(\frac{0,1 \text{‰}}{\Delta \varepsilon} \right)^{m=3}$		$Q_i = \frac{N_i}{\text{zul } N}$
0,500	2,67 (2)	263 (2)	$< N_D \rightarrow m=3$	0,035 (2)
0,250	1,33 (2)	2.125 (2)	$< N_D \rightarrow \parallel$	0,028 (2)
0,125	0,67 (2)	16.624 (2)	$< N_D \rightarrow \parallel$	0,006 (2)

$$\Sigma Q_i = 0,129$$

• Lebensdauer ist $\frac{1}{0,129} = \underline{\underline{7,8 \text{ Jahre}}} \quad (5)$

Lösung:

3.1-

• Zug diagonale:

$$Z_d = 45,07 \text{ kN}$$

gewählt: Winkelprofil

$$A_{\text{erf}} \approx \frac{45,07 \cdot 1,1}{0,8 \cdot 24} = 2,58 \text{ cm}^2$$

• gewählt:

$$\boxed{L \ 45 \times 30 \times 4}$$

$$A_{\text{vorh}} = 2,87 \text{ cm}^2$$

• Anschluss Diagonale:

- Knotenblech: $t > 4 \text{ mm} = t_L$

- Anschlußmaß: $d_L \leq 13 \text{ mm}$

$$W_1 = 25 \text{ mm}; \rightarrow e_2 = 45 - 20 = 20 \text{ mm}$$

gewählt:

$$\boxed{2 \times M12 \ 10.9}$$

$$a_L = 2,5 \Rightarrow$$

$$e_1 \geq 2,5 \cdot d_L = 32,5 \text{ mm}$$

$$e \geq 3,0 \cdot d_L = 39 \text{ mm}$$

$$V_{e,R,d} = 2 \cdot 4 \text{ mm} \cdot 6,47 \frac{\text{kN}}{\text{mm}} = 51,76 \text{ kN} > 45,07 \text{ kN} = Z_d$$

$$V_{a,R,d} = 2 \cdot 56,5 \text{ kN} = 113 \text{ kN} > 45,07 \text{ kN}$$

- Schweißnähte:

Knotenblech - Hohlprofil:

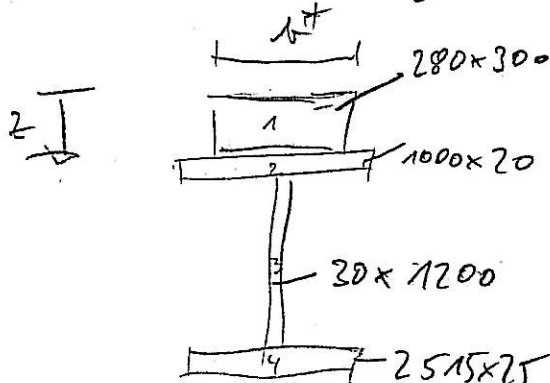
gewählt: $a = 4 \text{ mm}$

$$l_{\text{erf}} \geq \frac{Z_d \cdot \sin \alpha}{2 \cdot a \cdot \sigma_{w,R,d}} = \frac{45,07 \cdot \sin 33,69}{2 \cdot 0,4 \cdot 20,7} = 1,51 \text{ cm} \quad \checkmark \text{ OK}$$

1) Fehlende Querschnittswerte berechnen:

1. Ausbaen . 2. Ausbaen

$$b_m : \frac{l}{3} = \frac{35}{3} = 11,66 \gg \frac{4,3}{2} \Rightarrow b = b_m$$



$$b^* = \frac{b}{m_L}$$

$$m_L = \frac{210000}{34000} \cdot (1 + 1,35 \cdot 1,1)$$

$$m_L = \frac{E_s}{E_R} \cdot (1 + \varphi \cdot \varphi)$$

$$m_L = 15,35$$

$$b^* = \frac{4300}{15,35} = 280$$

i	t_i	A_i	$A_i \cdot z_i$
1	15 cm	840 cm ²	12600 cm ³
2	31 cm	200 cm ²	6200 cm ³
3	92 cm	360 cm ²	33120 cm ³
4	153,25 cm	625 cm ²	96356 cm ³
	Σ	2029 cm ²	148276 cm ³

$$z_{\text{Ausbeam}} = \frac{\sum A_i z_i}{\sum A_i} = \frac{148276}{2029} = 73,1 \text{ cm}$$

i	z_i	$(z_i - 73,1 \text{ cm})^2$	A_i	$A_i (z_i - 73,1)^2$	I_i
1	15 cm	3376 cm ²	840 cm ²	2835512	63000
2	31 cm	1472 cm ²	200 cm ²	354482	66,7
3	92 cm	357	360 cm ²	128595	432000
4	153,25	6384	629 cm ²	4040710	327
Σ				7359302	495394
				7854654	

$$I_{\text{Ausbeam}} = 7850000 \text{ cm}^4$$

$$z_{\text{Ausbeam}} = 73,1 \text{ cm}$$

2). Schwinden

$$N_{\text{Schr}} = \epsilon_{\text{Schr}} \cdot \frac{\bar{E}_B}{1 + \rho \psi} \cdot A_{\text{Beton}}$$

$$N_{\text{Schr}} = -25,6 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{34000 \text{ MN/m}^2}{1 + 3,2 \cdot 0,55} \cdot 4,3 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} = 4,07 \text{ MN}$$

$$M_{\text{Schr}} = N_{\text{Schr}} \cdot e = 4,07 \text{ MN} \cdot \left(0,75 \text{ m} - \frac{0,3}{2} \text{ m} \right) = 2,46 \text{ MNm}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{= 0,605 \text{ m}}$

Spannungsrechnung

$$UK_{UG} : z = 154,5 \text{ cm}$$

1) auf Stahl:

Stahleigenmoment + Betonieren

$$M_y = 1,58 + 4,95 = 6,53 \text{ MNm}$$

$$\sigma_1 = \frac{M_y}{I} \cdot z = \frac{6,53 \text{ MNm}}{2953000 \text{ cm}^4} \cdot (154,5 \text{ cm} - 114,1 \text{ cm}) \cdot 10$$

$$\sigma_1 = 89,3 \text{ N/mm}^2$$

2) auf Verbund t & Anstr 1 Anstr

$$\sigma_2 = \frac{3,57 \text{ MNm}}{7850000 \text{ cm}^4} \cdot (154,5 \text{ cm} - 43,1 \text{ cm}) \cdot 10^6$$

$$\sigma_2 = 37,0 \text{ N/mm}^2$$

3) auf Verbund, Verkehr

$$\sigma_3 = \frac{8,17 \text{ MNm}}{10550000 \text{ cm}^4} \cdot (154,5 \text{ cm} - 51 \text{ cm}) \cdot 10^6$$

$$\sigma_3 = 80,2 \text{ N/mm}^2$$

4) Schwinde

$$\sigma_4 = -\frac{N}{A} + \frac{M}{I} \cdot z$$

$$= \frac{-4,04 \text{ MN}}{1948 \text{ cm}^2} \cdot 10^3 + \frac{2,46 \text{ MNm}}{7562000 \text{ cm}^4} \cdot (154,5 - 75,5) \text{ cm} \cdot 10^6$$

$$\sigma_4 = 4,81 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{uk-vG} = \sum_{i=1}^4 \sigma_i = 89,3 + 37,0 + 80,2 - 4,81 = 211 \text{ N/mm}^2$$