

DIPLOM-HAUPTPRÜFUNG – Neue DPO

Vertieferprüfung

„Stahlbau“

8. April 2003

Dauer: 120 Minuten

Name:

Aufgabe:	1	2	3
Erreichte Punktzahl:			

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

Aufgabe 1

45 min

Der Knoten A der in Abbildung 1.1 dargestellten Rahmenkonstruktion soll als lösbare Verbindung ausgeführt werden. Aufgrund der Länge der Stützen wird ein Montagestoß am Knoten A notwendig. Konstruieren Sie den lösbaren Anschluss des Riegels (IPE400) an die Stütze (HE300A) sowie den Montagestoß in der Stütze maßstäblich in Anlage 1 und vermaßen Sie Ihre Zeichnung ausreichend. Führen Sie die erforderlichen Nachweise für den Knoten A mit den Schnittgrößen aus Abbildung 1.2.

Material: S235JRG2

Hinweis: Die Stützen sind für eine Knicklänge von 4000 mm bereits nachgewiesen.

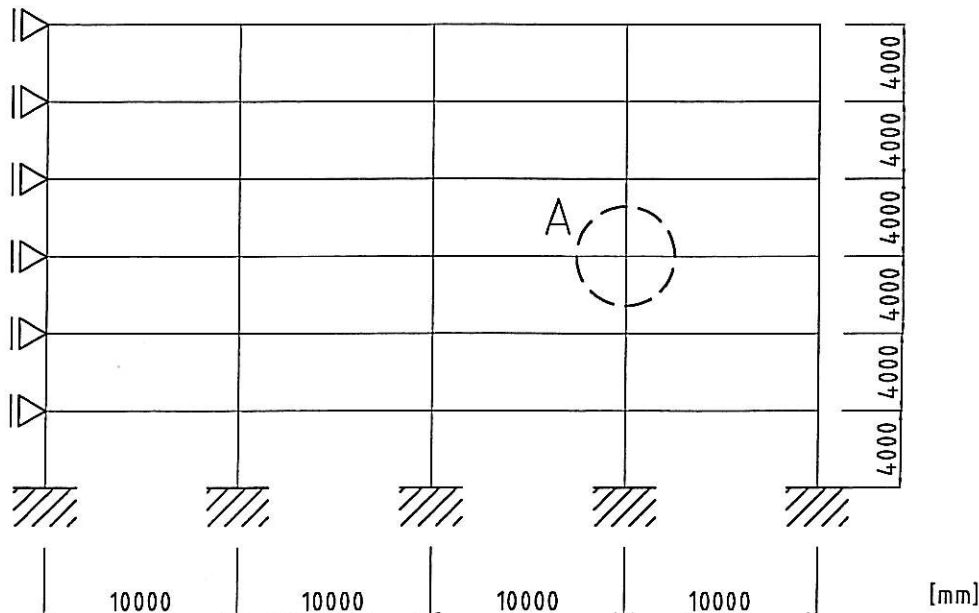


Abbildung 1.1: statisches System der Rahmenkonstruktion

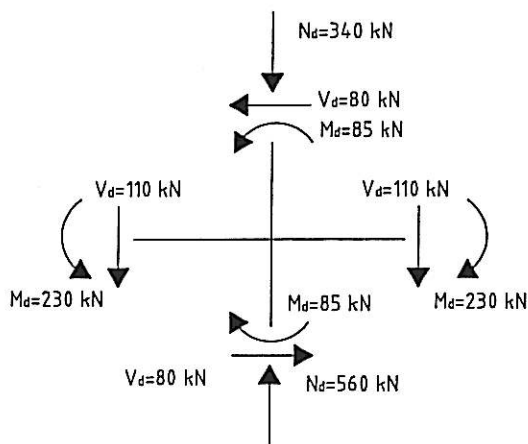
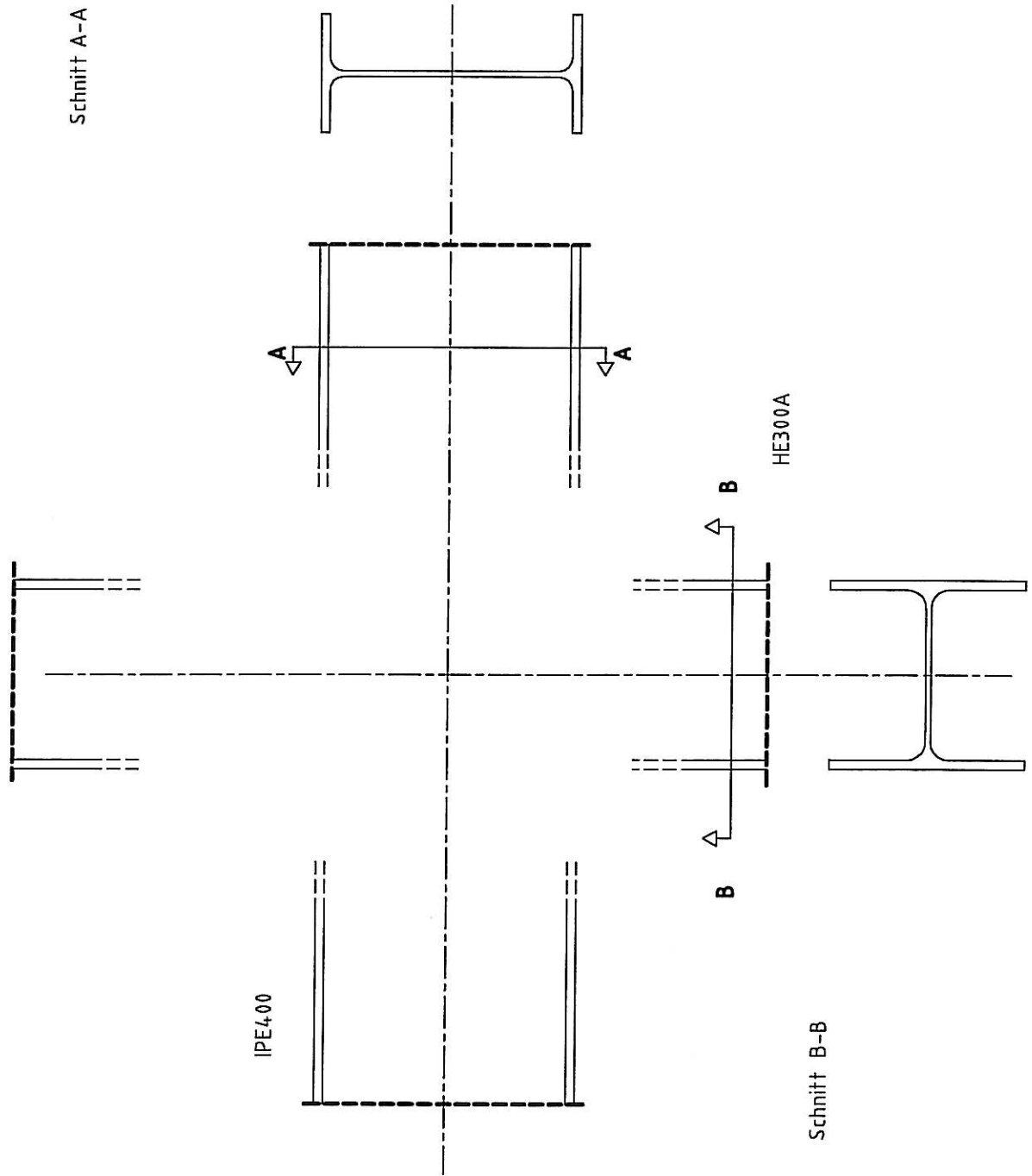


Abbildung 1.2: Schnittgrößen am Knoten A

Anlage 1

Maßstab 1:10



Schnitt A-A

IPE400

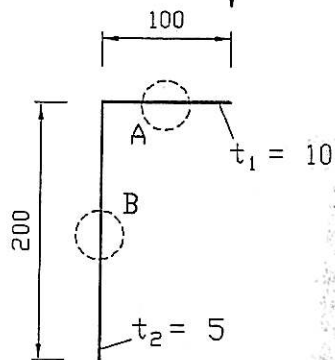
HE300A

Schnitt B-B

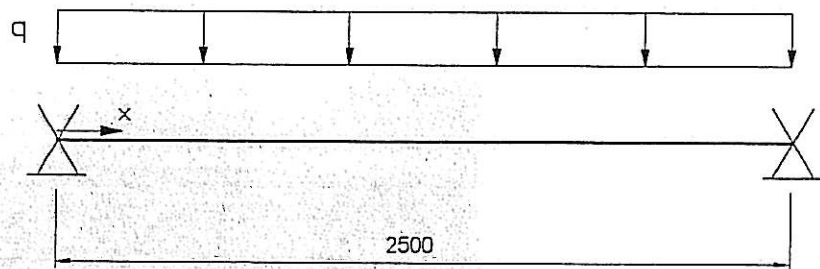
Aufgabe 2

40 min

- 1) Gegeben ist der dargestellte, dünnwandige Träger aus S235JRG2 unter der Streckenlast q . Die Enden des Trägers sind gabelgelagert.

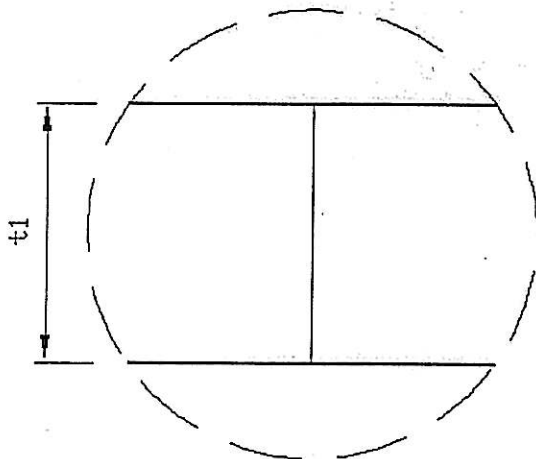
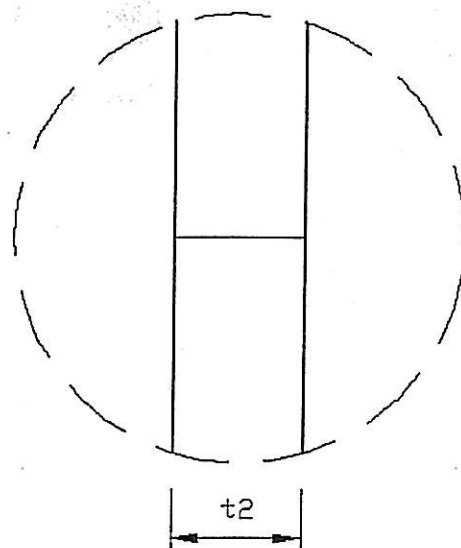
Querschnitt: $q = 1,0 \text{ kN/m}$ 

Statisches System:

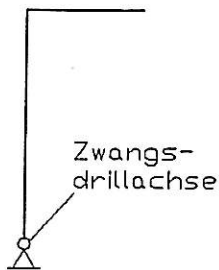


[mm]

- a) Berechnen Sie die maximale Verdrehung $\vartheta_{x,\max}$ des Querschnittes um die Längsachse.
- b) Zeichnen Sie bei $x = 0$ die Verläufe der Torsionsschubspannungen τ_T über die Blechdicken an den Querschnittsstellen A und B mit den maßgebenden Zahlenwerten in die nachfolgenden Skizzen,

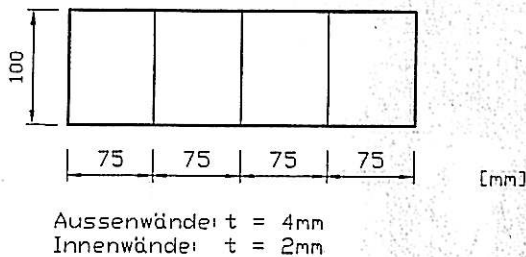
Stelle A:Stelle B:

- 2) Wie ändern sich $\vartheta_{x,\max}$ und die Größen von τ_T qualitativ, wenn die Drillachse wie unten gezeigt erzwungen wird (Antwort mit Begründung, jedoch ohne Berechnung)?

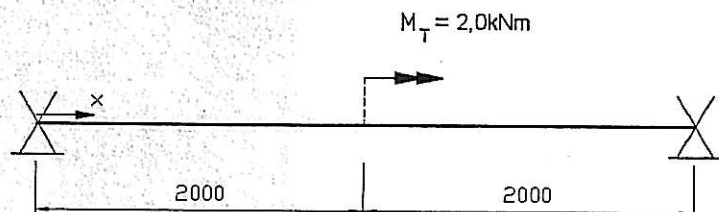


- 3) Gegeben ist der dargestellte, dünnwandige Hohlkastenträger aus AlMgSi1 ($G = 27000 \text{ N/mm}^2$) unter dem Einzeltorsionsmoment M_T . Die Enden des Trägers sind gabelgelagert.

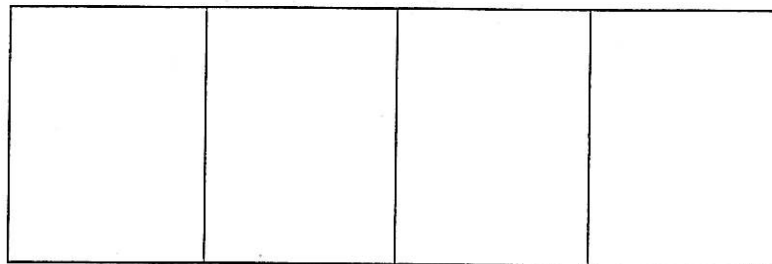
Querschnitt:



Statisches System:



- a) Berechnen Sie die maximale Verdrehung $\vartheta_{x,\max}$ des Querschnittes um die Längsachse.
- b) Zeichnen Sie bei $x = 0$ die Verläufe der Torsionsschubspannungen τ_T über über den Querschnitt mit den maßgebenden Zahlenwerten in die nachfolgende Skizze.



Aufgabe 3

35 min

Der in Abbildung 3.1 dargestellte Kranbahnträger wird folgendermaßen belastet:

- An der Stelle X wirkt ständig eine Last $P=100\text{kN}$.
- Der Kranbahnträger erfährt durch die Wanderlast F an 20 Tagen pro Monat 10 Lastspiele pro Tag.
- Ein Lastspiel besteht immer aus einer kompletten Hin- und Rückfahrt.
- Auf dem Hinweg ist $F=400\text{ kN}$, auf dem Rückweg beträgt $F=700\text{kN}$.

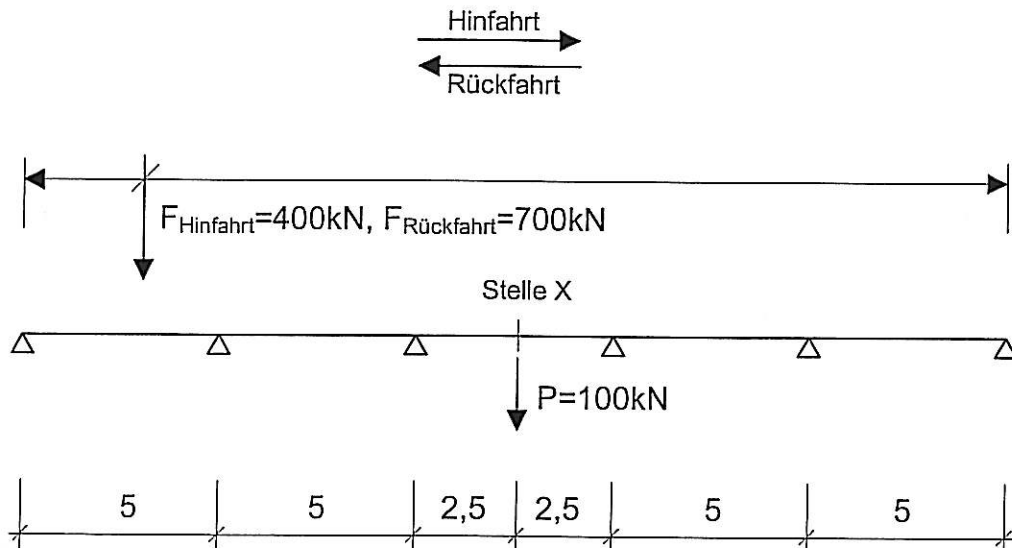


Abbildung 3.1: statisches System und Belastung

Es soll die Lebensdauer dieser Kranbahn unter der angegebenen Belastung ermittelt werden. Dafür dürfen folgende Annahmen getroffen werden:

- Der in Abb. 3.2 dargestellte Querschnitt wird an der Stelle X maßgebend.
- Die Teilsicherheitsbeiwerte für den Nachweis der Ermüdungsfestigkeit betragen 1,0.
- Für die Spannungen am Anschluss des Bleches sollen die Randspannungen des I-Profils verwendet werden.

1. Erstellen Sie für die gegebene Belastung ein Kollektiv.
2. Ermitteln Sie die zu erwartende Lebensdauer der Kranbahn mit diesem Kollektiv.

Nach 10 Jahren Betrieb soll auf den Rückfahrten mehr Material transportiert werden. Dafür stehen zwei Alternativen zur Verfügung:

- Erhöhung der täglichen Lastspielzahl von 10 auf 15.
 - Erhöhung der beförderten Menge auf den Rückfahrten von 700kN auf 1000kN mit gleichbleibender Lastspielzahl.
3. Berechnen Sie die Änderung der Lebensdauer für beide Fälle.

Querschnitt

Draufsicht

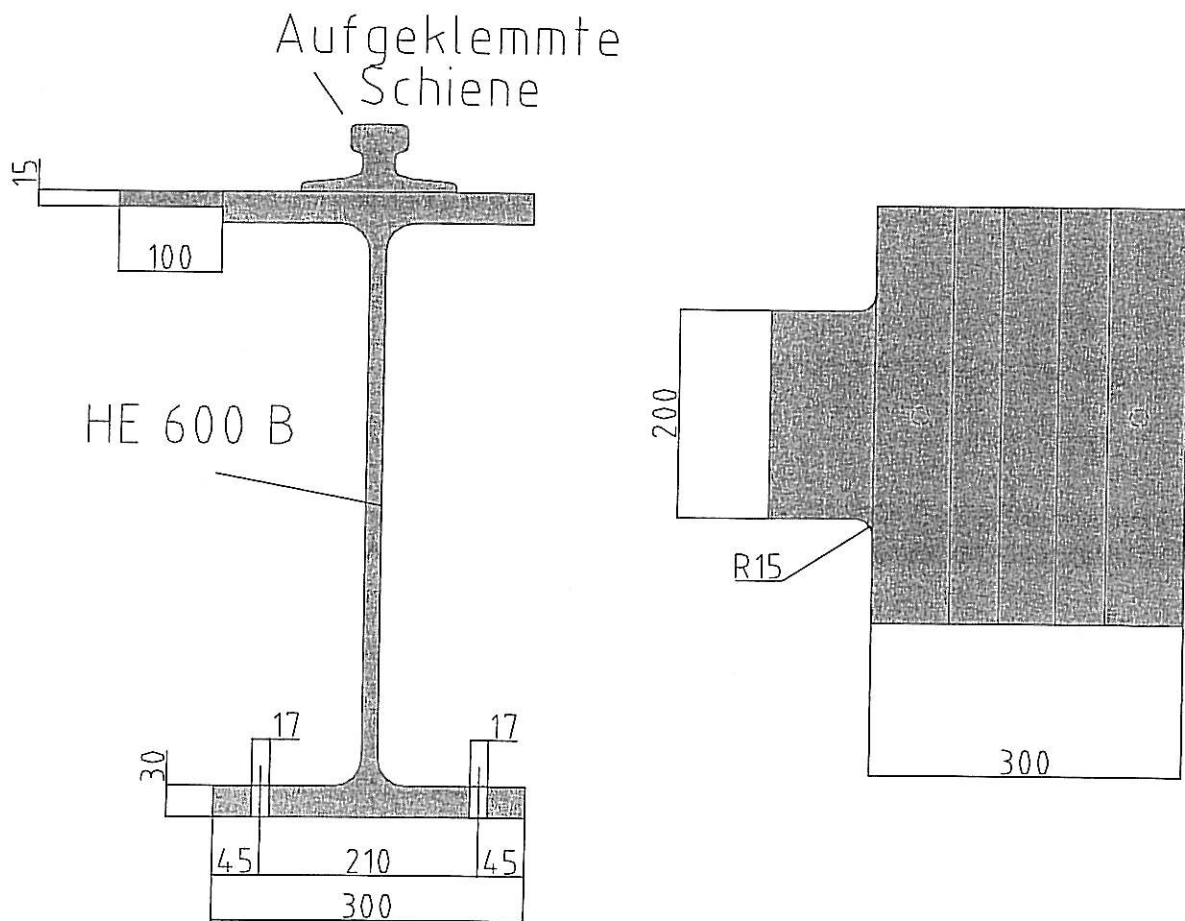
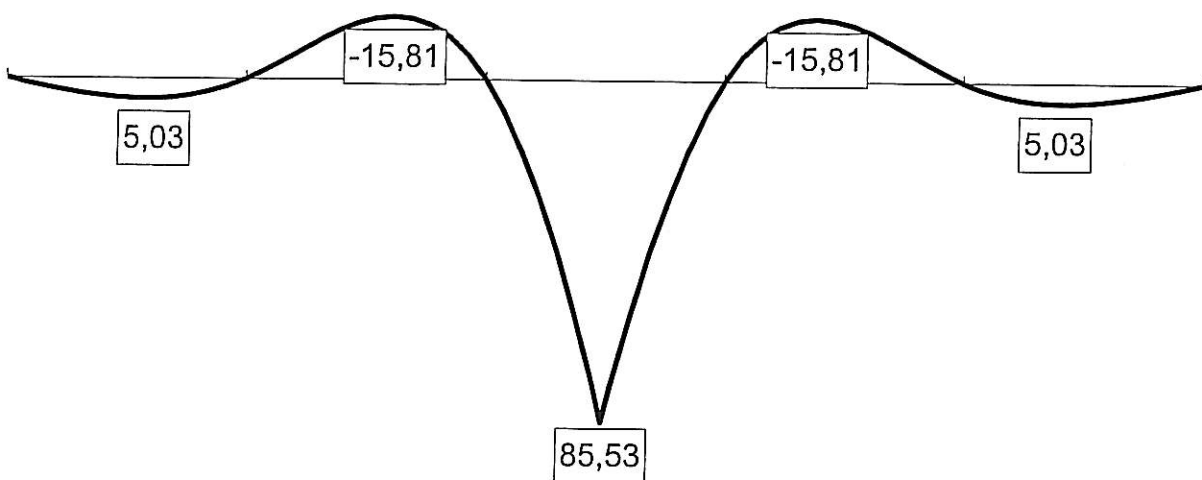


Abbildung 3.2: Querschnittsdetail an der Stelle X



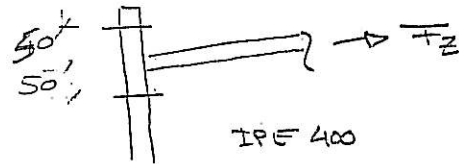
Hilfsmittel: Einflusslinie des Biegemomentes in kNm für das gegebene System an der Stelle X für eine Kraft 100kN

Aufgabe 1

(1) Riegel an Stütze mittels Stirnplatte:

$M_d = 230 \text{ kNm}$

$V_d = 110 \text{ kN}$



IPE 400

• $F_z = \frac{230000}{400 - 13,5} = 595 \text{ kN}$

gewählt: 4 SLV M20 10.9

mit $N_{Rid} = 4 \cdot 178 = 712 \text{ kN} > F_z = 595 \text{ kN}$

• auf der Druckseite wird die Kraft durch Kontakt übertragen

• IPE 400 auf Stirnplatte mit umlaufender Kehlnaht

$a = 7 \text{ mm} > 0,5 t_{FL}$
 $> 0,5 t_{st}$

• 4 Steifen (konstruktiv) mit $t = 15 \text{ mm}$ und umlaufender Kehlnaht $a = 7 \text{ mm}$

• Querkraft wird von unteren Schrauben übertragen (Druckbereich)

gewählt: 2 SLV M20 10.9

$V_{a,Rid} = 157 \rightarrow n=2: 2 \cdot 157 \text{ kN} > 110 \text{ kN}$

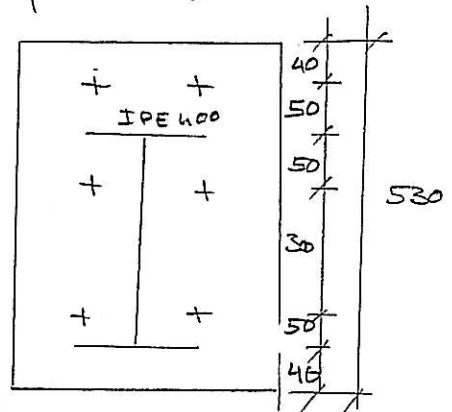
$V_{L,Rid} = 131 \cdot 1,4 \text{ mit } \Delta_L = 3,0; 2 \cdot 183,4 \text{ kN} > 110 \text{ kN}$

$e \geq 130$: siehe Skizze:

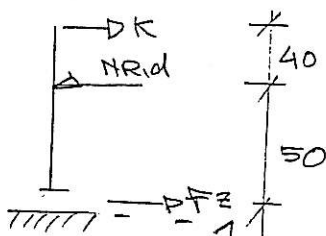
$e_1 \geq 65$

$e_2 \geq 31,5$

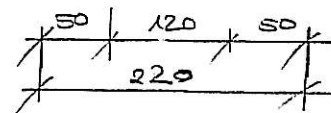
$e_3 \geq 63,0$



• Stirnplatte System



$K = 2 \cdot 178 - \frac{595}{2}$
 $K = 58,5 \text{ kN}$



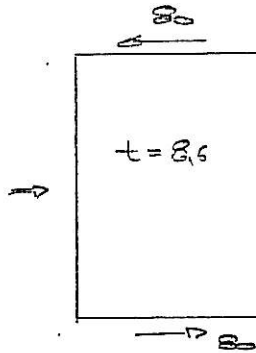
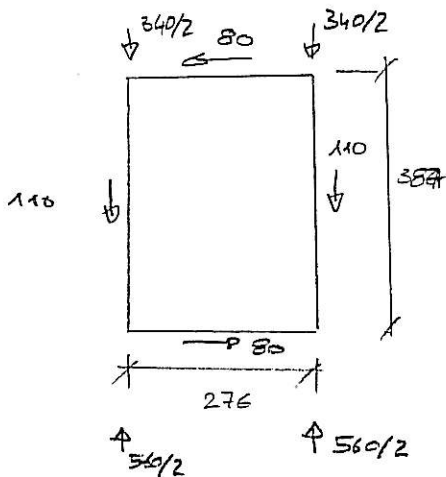
$$M_{pl,d} = \frac{22 \cdot t}{4} \cdot \frac{24}{1,1} \geq M^I = 20178,50 - 58,5 (4,0 + 5,0)$$

$$t \geq \sqrt{\frac{1253,5 \cdot 4 \cdot 1,1}{24 \cdot 22}} = 3,23 \text{ cm}$$

gewählt: $t = 35 \text{ mm}$

Platte: $530 \times 220 \times 35$

• Schubfenster (nur Querkraft & Normalkräfte)



$$\tau = \frac{80 \cdot 2}{0,86 \cdot 27,6 \cdot 2} = 3,3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_{Rd} = 12,6 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

(2) Montage in der Stütze

$$M_d = 35 \text{ kNm}$$

$$V_d = 80 \text{ kN}$$

$$N_d = 340 \text{ kN}$$

bündige Stabplatte:

$$F_z = \frac{85000}{290 - 50 - 142} - \frac{340}{2} = 195 \text{ kN}$$

$$\text{gewählt: } \boxed{2 \text{ SLV M20 10.9}}$$

$$\text{mit } N_{Rd} = 2 \cdot 178 = 356 > 195 \text{ kN}$$

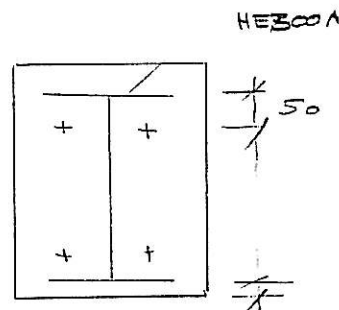
• HEA auf Stabplatte mit umlaufender Kehlnaht

$$a = 7 \text{ mm} > 0,5 t_{FL} > 0,5 t_{St}$$

• Querkraft wird von Schrauben im Druckbereich übertragen
gewählt: $\boxed{2 \text{ SLV M20 10.9}}$

Nachweis ist schonbracht, da in Teil (1) $V_{d, \text{Riegel}} = 110 \text{ kN} > V_{d, \text{Stütze}} = 80 \text{ kN}$

Schraubenschild: Siehe Konstruktion



o Nachweis der Stirrungsweite

$$\begin{aligned} b &= 340 \text{ mm} \\ t &= 30 \text{ mm} \\ L &= 340 \text{ mm} \end{aligned} \quad \left(\begin{array}{l} \text{gesetzt} \end{array} \right)$$

$$M_{2,pl,d} = 24 (34 - 2 \cdot 2,1) \cdot 3^2 / 4$$

$$M_{2,pl,d} = 1609,2 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} & \frac{85000}{290 - 14} - 170 = 137 \text{ kN} \\ & \begin{array}{c} C_1 \\ \vdots \\ C_3 \end{array} \quad \begin{array}{c} 2 \\ \vdots \\ 2 \end{array} \quad \begin{array}{c} \rightarrow \\ \vdots \\ \rightarrow \end{array} \quad \begin{array}{c} 356 \\ \vdots \\ 356 \end{array} \quad \begin{array}{c} 2 \\ \vdots \\ 2 \end{array} \end{aligned}$$

Versorgungszustand (1) (Schneider BT)

$$Z_{t1} = \frac{4,85}{4,85 + 2,425} \cdot 356 = 237 \text{ kN}$$

$$C_1 = 37/4 + 15 = 2,425 \text{ m}$$

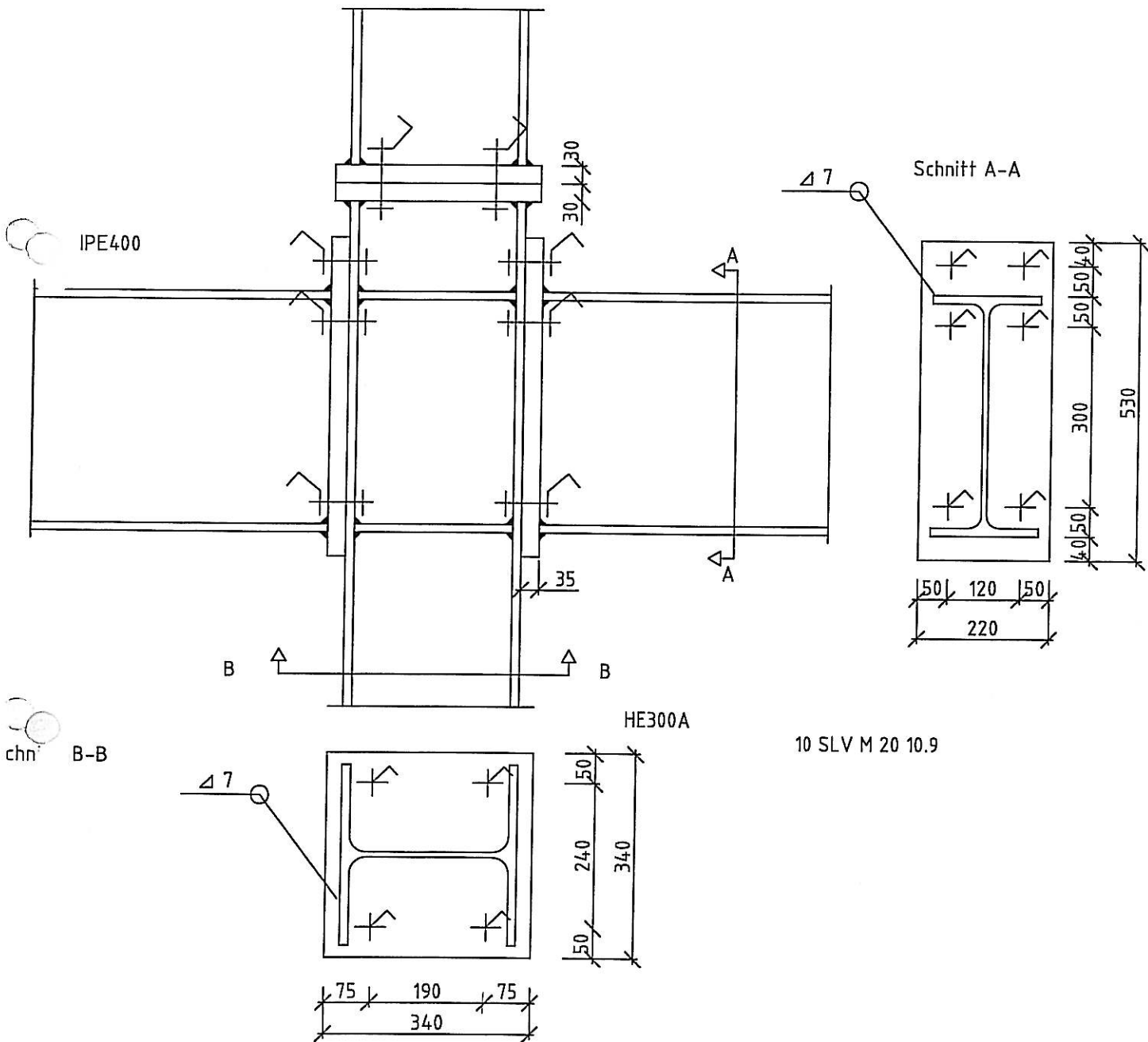
$$C_3 = 37/2 + 30 = 4,85 \text{ m}$$

$$237 \cdot 2,425 = 575 \text{ kNm} < M_{2,pl,d} = 1609 \text{ kNm}$$

$$Z_t = 237 \text{ kN}; \quad M_{y,A} = 237 (290 - 14) = 65,41 \text{ kNm} < M_{d1} = 85 \text{ kNm}$$

Anlage 1

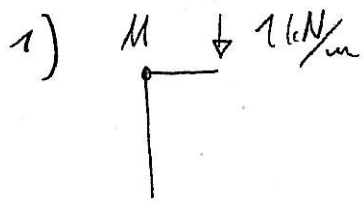
Maßstab 1:10



Aufgabe 2

2-1

7+03



$$\Rightarrow m_t = 1,0 \cdot 0,1 = 0,1 \text{ kN} \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

$$I_t = \frac{1}{3} (10 \cdot 1^3 + 20 \cdot 0,5^3) = 4,17 \text{ cm}^4$$



$$M_T = 0,1 \cdot \frac{2,5}{2} = 0,125 \text{ kNm} \hat{=} 12,5 \text{ kNcm}$$

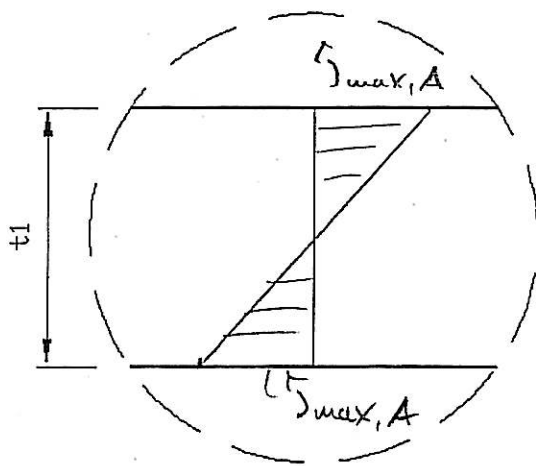
$$\vartheta_{x, \max} = \vartheta_x \left(\frac{L}{2} \right) = \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{12,5}{8 \cdot 100 \cdot 4,17} dx = \frac{1}{2} \frac{12,5}{8 \cdot 100 \cdot 4,17} \cdot 125$$

$$= 0,023 \text{ rad} \hat{=} 1,33^\circ$$

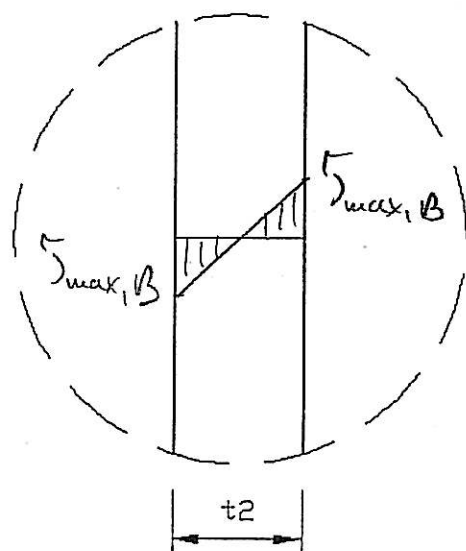
$$\tau_{\max, A} = \frac{12,5}{4,17} \cdot 1,0 = 3,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\max, B} = \text{''} \cdot 0,5 = 1,5 \text{ kN/cm}^2$$

Stelle A:



Stelle B:



2) ϑ_x und M_T werden kleiner, da die Wölbkraft-torsion einen großen Teil der Tragwirkung übernimmt.

3) Mittelsteg: keine Wirkung

$$\boxed{\phi_1} \quad \boxed{\phi_2} \quad \boxed{\phi_3} = \phi_1$$

$$\text{Zelle ①: } \underbrace{\phi_1 \left(\frac{10}{0,4} + 2 \frac{7,5}{0,4} + \frac{10}{0,2} \right)}_{= 112,5} - \underbrace{\phi_2 \frac{10}{0,2}}_{= 50} \stackrel{!}{=} 2 \cdot 10 \cdot 7,5 = 150 \text{ cm}^2$$

$$\text{Zelle ②: } - \underbrace{\phi_1 \frac{10}{0,2}}_{= 50} + \underbrace{\phi_2 \left(\frac{10}{0,2} + 2 \frac{15}{0,4} + \frac{10}{0,2} \right)}_{= 175} - \underbrace{\phi_1 \frac{10}{0,2}}_{= 50} \stackrel{!}{=} 2 \cdot 10 \cdot 15 = 300 \text{ cm}^2$$

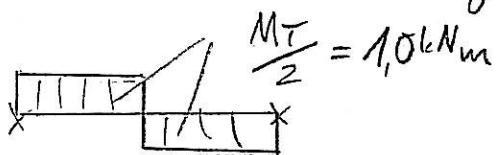
ϕ_1	ϕ_2	$[cm^2]$
+112,5	-50	+150
-100	+175	+300
+1,0	-0,4	+1,3
-1,0	+1,75	+3,0
/	+1,31	+4,3

$$\hookrightarrow \phi_2 = \frac{4,3}{1,31} = 3,31 \text{ cm}^2$$

$$\hookrightarrow -1,0 \phi_1 + 1,75 \cdot 3,31 \text{ cm}^2 = 3,0 \text{ cm}^2 \hookrightarrow \phi_1 = 2,79 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow I_T = 150 \cdot 2,79 + 300 \cdot 3,31 + 150 \cdot 2,79 = 1.830 \text{ cm}^4$$

$$a) \quad \vartheta_{\max} = \vartheta_x \left(\frac{L}{2} \right) = \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{M_T}{G \cdot I_T} dx = \frac{1,0 \cdot 100}{2.700 \cdot 1.830} \cdot 200 =$$



$$= 0,004 \text{ rad}$$

$$\hat{=} 0,23^\circ$$

Aufgabe 3

Fr 03

Die Lochschwächung wird berücksichtigt.

$$A_{HEB} = 270 \text{ cm}^2$$

$$A_L = 2 \cdot 1,7 \cdot 3 = 10,2 \text{ cm}^2$$

$$I_{yHEB} = 171000 \text{ cm}^4$$

$$I_L = 2 \cdot \frac{1,7 \cdot 3^3}{12} = 7,65 \text{ cm}^4$$

$$W_{HEB} = 5700 \text{ cm}^3$$

$$z_{s,L} = 1,5 \text{ cm}$$

$$z_{s,HEB} = 30 \text{ cm}$$

Schwerpunktlage:
$$z_s = \frac{30 \cdot 270 - 1,5 \cdot 10,2}{270 - 10,2} = 28,85 \text{ cm}$$

$$I_y = 171000 - 7,65 + 270 \cdot (30 - 28,85)^2 - 10,2 (28,85 - 1,5)^2 = 163715 \text{ cm}^4$$

$$z_{oben} = 60 - 28,85 = 31,15 \Rightarrow W_{y,netto} = 163715 / 31,15 = 5256 \text{ cm}^3$$

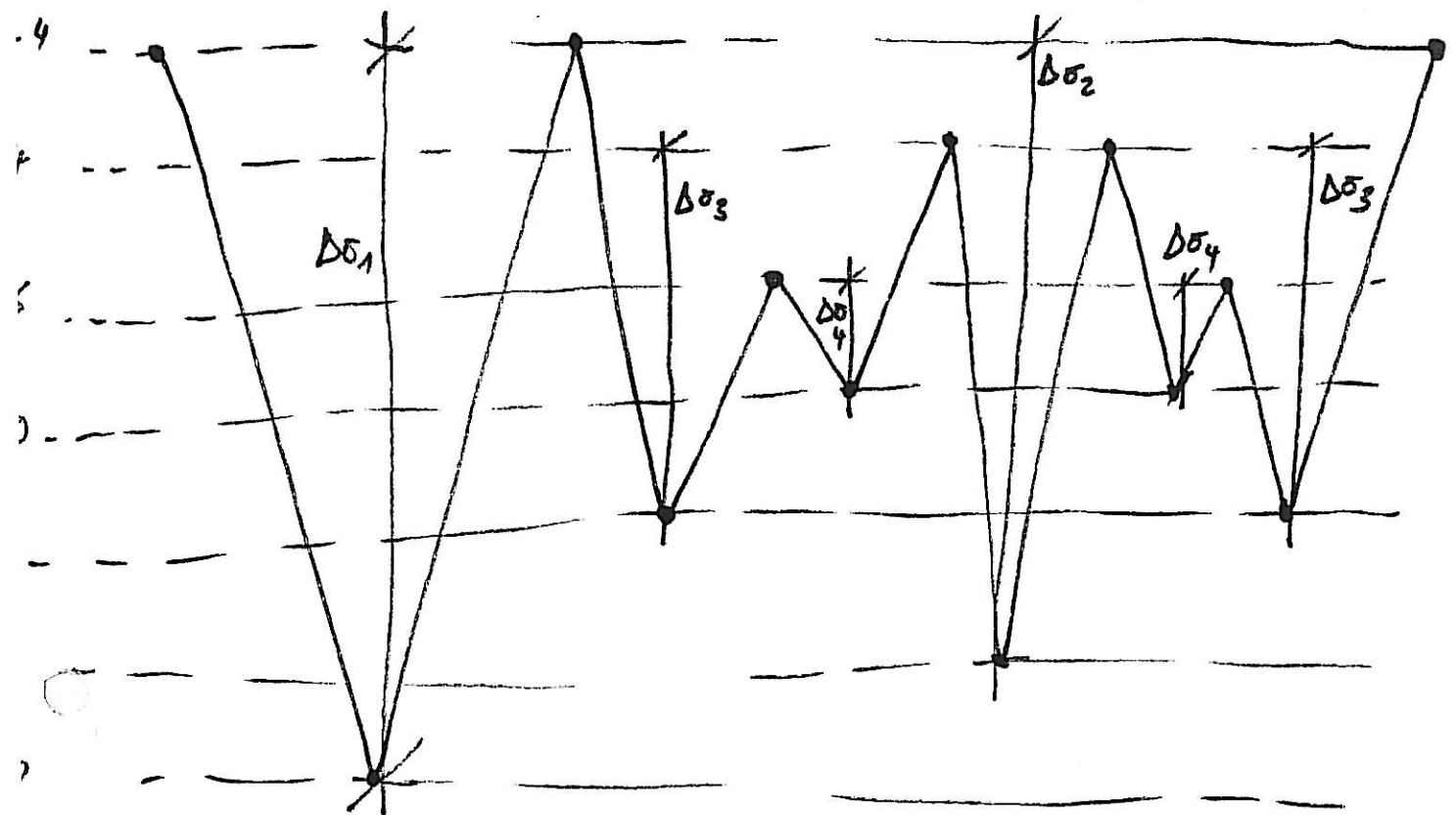
Bedingungen $\begin{cases} M > 0 \rightarrow \text{Zug unten} \rightarrow W_{netto} \\ M < 0 \rightarrow \text{Druck unten} \rightarrow W \end{cases}$

Spannungen:

l.t. Moment: $85,53 \text{ kNm} \xrightarrow{(+)} \sigma = \frac{8553}{5256} \cdot 10 = 16 \text{ N/mm}^2$

$$\begin{cases} \text{Feld 1,5: } M = 85,53 + 4 \cdot 5,03 = 105,65 \text{ kNm} \xrightarrow{(+)} \sigma = 20 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Feld 2,4: } M = 85,53 - 4 \cdot 15,81 = 22,29 \text{ kNm} \rightarrow \sigma = 4 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Feld 3: } M = 5 \cdot 85,53 = 427,65 \text{ kNm} \rightarrow \sigma = 81 \text{ N/mm}^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{Feld 1,5: } M = 85,53 + 7 \cdot 5,03 = 120,74 \text{ kNm} \rightarrow \sigma = 23 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Feld 2,4: } M = 85,53 - 7 \cdot 15,81 = -25,14 \text{ kNm} \xrightarrow{(-)} \sigma = \frac{-2514}{5700} \cdot 10 = -4 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Feld 3: } M = 8 \cdot 85,53 = 684,24 \text{ kNm} \rightarrow \sigma = 130 \text{ N/mm}^2 \end{cases}$$



$$\Delta\sigma_1 = 134 \text{ N/mm}^2 \quad (1\times)$$

$$\Delta\sigma_2 = 85 \text{ N/mm}^2 \quad (1\times)$$

$$\Delta\sigma_3 = 19 \text{ N/mm}^2 \quad (2\times)$$

$$\Delta\sigma_4 = 4 \text{ N/mm}^2 \quad (2\times)$$

Kerbsgruppe 45 abgemindert

$$\Delta\sigma_D = 45 \cdot \left(\frac{2}{10}\right)^{1/3} = 26 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_E = 26 \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^{1/5} = 17 \text{ N/mm}^2$$

$$N_1 = 10^7 \cdot \left(\frac{26}{134}\right)^3 = 74759$$

$$N_2 = 10^7 \cdot \left(\frac{26}{85}\right)^3 = 288839$$

$$N_3 = 10^8 \cdot \left(\frac{17}{19}\right)^5 = 54755348$$

$$N_4 = \infty$$

$$\frac{1}{\sum N} = \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} + \frac{1}{N_3}$$

$$\sum N = 59260$$

Pro Monat: $20 \cdot 10 = 200$ Lastspiele \Rightarrow Lebensdauer: 296 Monate $\hat{=}$ 24 Jahre + 8 Monate

10 Jahre Betrieb: $n = 10 \cdot 12 \cdot 200 = 24000 \rightarrow$ Schädigung: $\sum \frac{n_i}{N_i} = 0,4$

Erhöhung der Lastspielzahl von 10 auf 15 nach 10 Jahren \Rightarrow 300 Lastspiele / Monat

$$\text{zul } N_{\text{rest}} = \frac{1-0,4}{\left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} + \frac{2}{N_3}\right)} = 35260$$

Restlebensdauer = 118 Monate $\hat{=}$ 9 Jahre + 10 Monate

Erhöhung der Last auf Rückfahrt

Feld 1,5: $M = 135,83 \text{ kNm} \leadsto \sigma = 26 \text{ N/mm}^2$

Feld 2,4: $M = -72,57 \text{ kNm} \leadsto \sigma = -13 \text{ N/mm}^2$

Feld 3: $M = 940,83 \text{ kNm} \leadsto \sigma = 179 \text{ N/mm}^2$

$\Delta \sigma_1 = \frac{192}{102} \text{ N/mm}^2$

$\Delta \sigma_2 = 94 \text{ N/mm}^2$

$\Delta \sigma_3 = 22 \text{ N/mm}^2$

$\Delta \sigma_4$ unverändert

$N_1 = 10^7 \cdot \left(\frac{26}{192}\right)^3 = 25861$

$N_2 = 10^7 \cdot \left(\frac{26}{94}\right)^3 = 218785$

$N_3 = 10^7 \cdot \left(\frac{17}{22}\right)^5 = 26838652$

$$\text{zul } N_{\text{rest}} = \frac{1-0,4}{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} + \frac{2}{N_3}} = 13737 \hat{=} 69 \text{ Monaten} \hat{=} 5 \text{ J. und } 9 \text{ M.}$$