

DIPLOM-HAUPTPRÜFUNG

Stahlbau

21. Februar 2005

Name:

Prüfungszeit: 120 min

Aufgabe:	1	2	3	4
Erreichte Punktzahl:				

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

Aufgabe 1

45 min

Für den in Abbildung 1.1 skizzierten Rahmen soll der Anschluss des Riegels an die Stütze im Knoten A mit einer Voute konstruiert und bemessen werden. Der Riegel soll biegesteif und lösbar mit der Stütze verbunden werden. Zeichnen Sie den Anschluss maßstäblich in die Anlage 1.1.

Angaben:

Material: S235JRG2

Stützen: HE280M

Riegel: IPE400

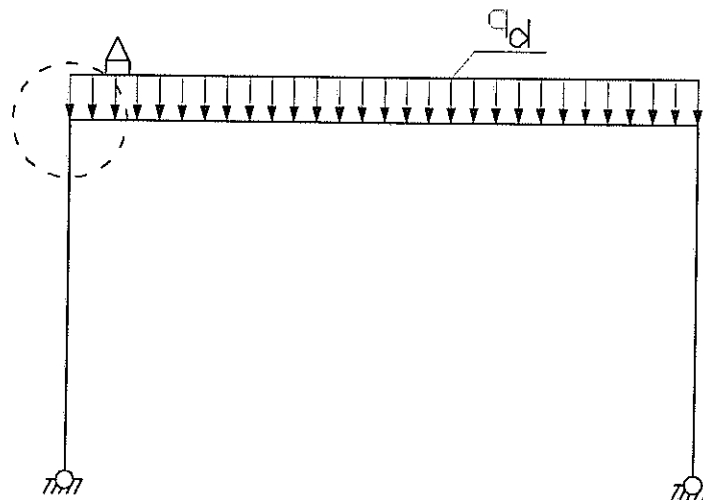
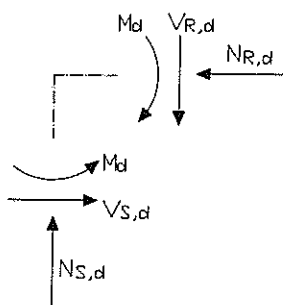


Abbildung 1.1: Statisches System



$$M_d = 310 \text{ kNm}$$

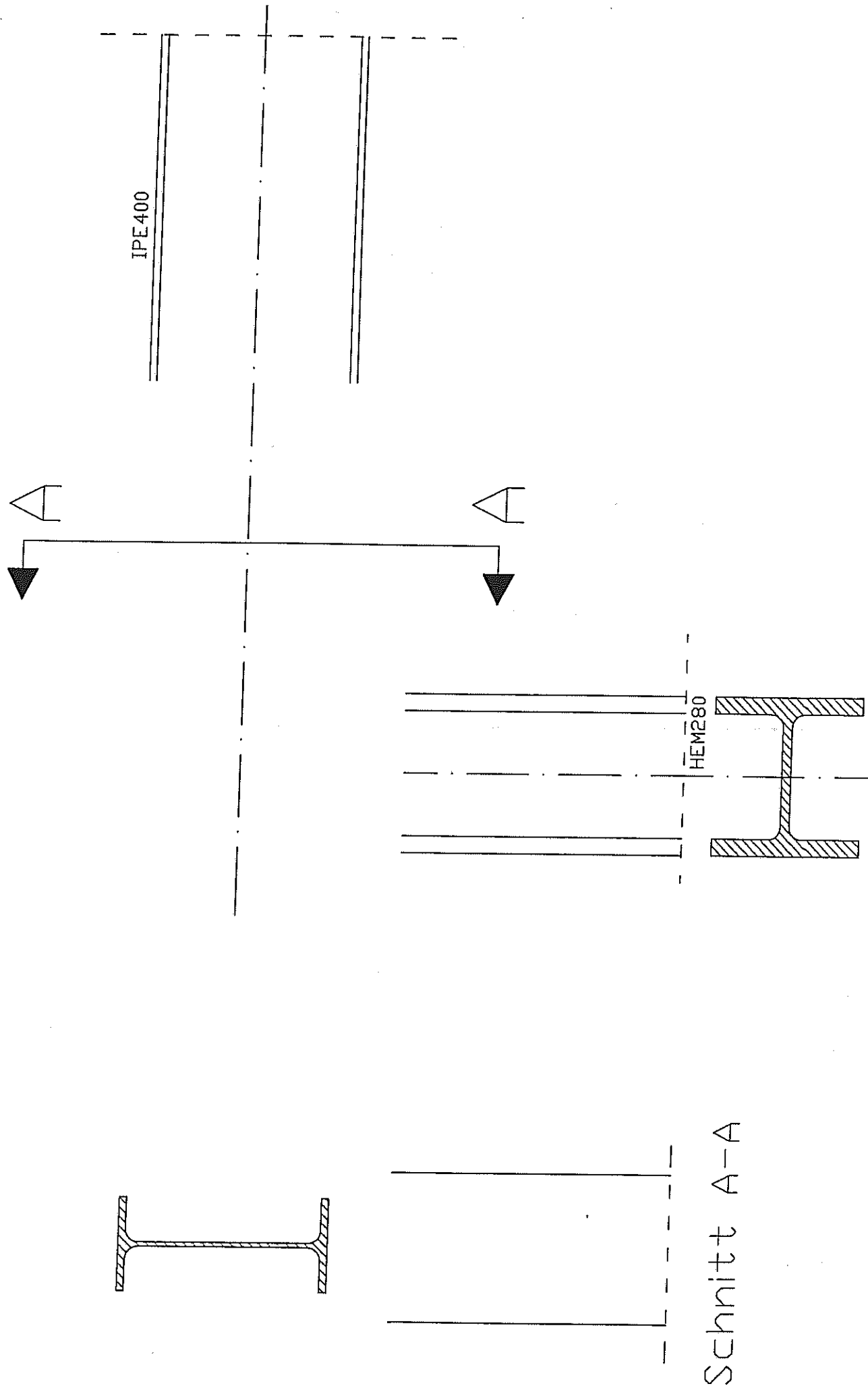
$$V_{R,d} = N_{S,d} = 136 \text{ kN}$$

$$V_{S,d} = N_{R,d} = 50 \text{ kN}$$

$$q_d = 19 \text{ kN/m}$$

Abbildung 1.2: Schnittgrößen im Knoten A

Anlage 1.1 - Maßstab 1:10

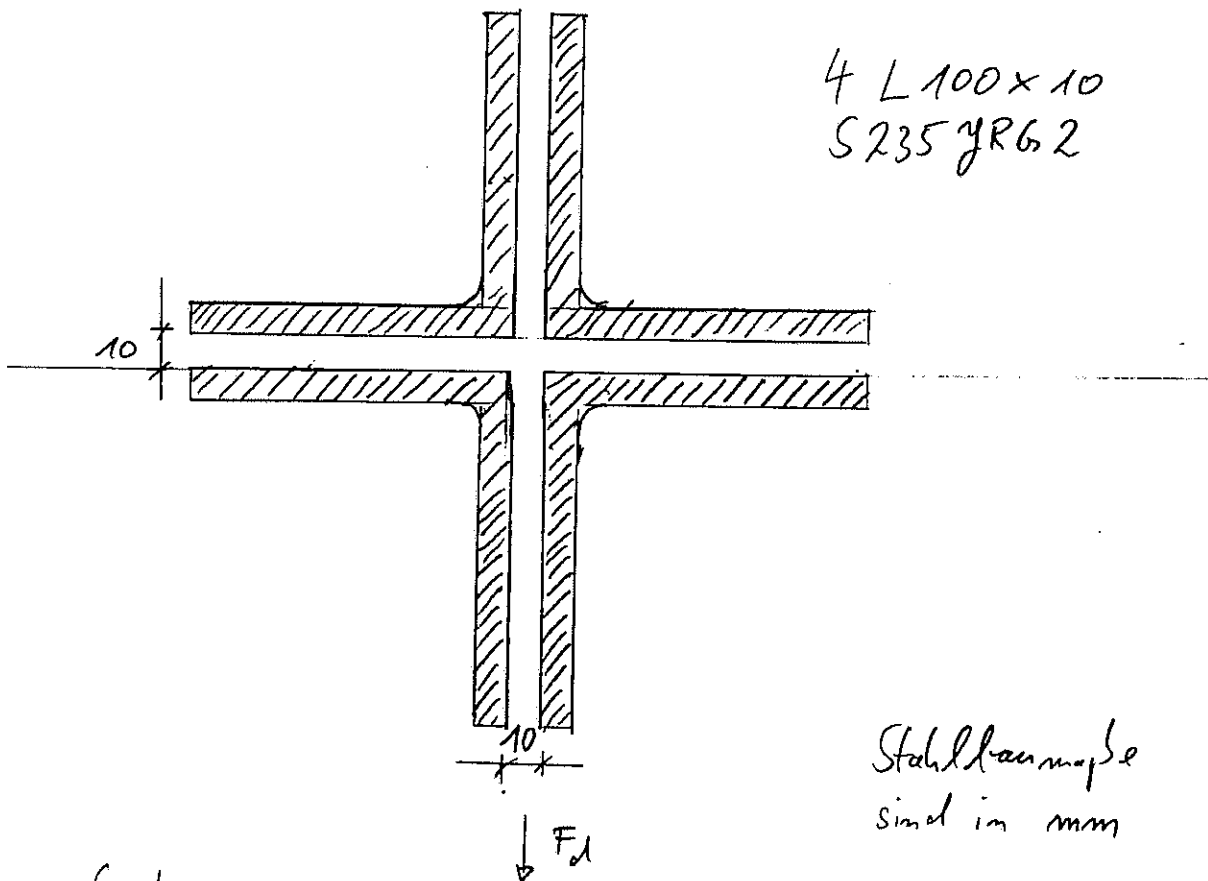


Aufgabe 2

30 min

Ermitteln Sie die maximal mögliche Beanspruchung F_d des dargestellten Rahmenstabes geringer Spreizung. Bemessen Sie die erforderlichen Bindebleche und deren Anschluß an die Winkelprofile. Skizzieren Sie die Anordnung der Bindebleche. Schlagen Sie eine kostengünstige, optisch und konstruktiv gleichwertige Alternative vor und skizzieren und begründen Sie diese.

Querschnitt



System:

 $\perp y-y$ $\perp z-z$

identisch

Gleichschenkliger Winkelstahl (gekürzte Reihe) nach DIN 1028 (10.76)
(Abb. siehe Seite 8.119 oben)

Profilmaße		Achsenabstände										Statische Werte										g		
		a	x	r ₁	r ₂	e	w	v ₁	v ₂	A	I _y =W _y	I _x =W _x	t ₁	t ₂	i ₁	i ₂	W _{t1}	W _{t2}	i ₁	i ₂	W _{t1}		W _{t2}	g
20x3	3,5	2	0,60	1,41	0,85	0,70	1,12	0,39	0,28	0,59	0,62	0,74	0,15	0,18	0,37	0,0088								
25x4	3,5	2	0,73	1,77	1,03	0,87	1,43	0,79	0,45	0,75	1,27	0,95	0,31	0,30	0,47	0,0112								
30x3	3,5	2	0,84	2,12	1,18	1,04	1,74	1,41	0,65	0,90	2,24	1,14	0,57	0,48	0,57	0,0136								
35x4	4	5	0,89		1,24	1,05	2,27	1,81	0,86	0,89	2,85	1,12	0,76	0,61	0,58	0,0178								
40x4	5	5	1,00	2,47	1,41	1,24	2,67	2,96	1,18	1,05	4,68	1,33	1,24	0,88	0,68	0,021								
45x4	6	3	1,12	2,83	1,58	1,40	3,08	4,48	1,55	1,21	7,09	1,52	1,86	1,18	0,78	0,0242								
50x5	5	5	1,16		1,64	1,42	3,79	5,43	1,91	1,20	8,64	1,51	2,22	1,35	0,77	0,0297								
55x5	7	3,5	1,23	3,18	1,75	1,57	3,49	6,43	1,97	1,36	10,2	1,71	2,68	1,53	0,88	0,0274								
60x5	5	5	1,28	1,81	1,58	4,3	7,83	2,43	2,93	1,35	12,4	1,70	3,25	1,80	0,87	0,0338								
65x5	5	5	1,40	3,54	1,98	1,76	4,8	10,1	3,05	1,51	17,4	1,90	4,59	2,32	0,96	0,0377								
70x5	6	6	1,45	2,04	1,77	5,69	12,8	6,1	3,50	2,04	1,89	5,24	2,79	0,98	0,0447									
75x7	7	7	1,49	2,11	1,78	6,56	14,6	4,15	1,49	2,11	1,88	6,02	2,85	0,96	0,0515									
80x5	8	4	1,64	4,24	2,32	2,11	5,82	19,4	4,45	1,82	30,7	2,30	8,03	3,46	1,17	0,0547								
85x6	6	6	1,69	2,39	2,11	6,91	22,8	5,29	1,82	2,36	2,29	9,43	3,95	1,17	0,0542									
90x8	8	8	1,77	2,50	2,50	7,19	25,9	6,88	1,80	2,61	2,26	12,1	4,84	1,16	0,0709									
95x7	7	9	1,85	4,60	2,62	2,29	9,7	33,4	7,18	1,96	53,0	2,47	13,8	5,27	1,26	0,0683								
100x7	7	9	1,97	4,95	2,79	2,47	9,4	42,4	8,43	2,12	67,1	2,67	17,6	6,31	1,37	0,0728								
105x9	9	5	2,05	2,90	2,50	11,9	52,6	10,6	2,10	2,10	83,6	2,88	22,0	7,59	1,36	0,0934								
110x7	10	5	2,09	5,30	2,95	3,01	5,15	58,9	11,0	2,26	93,3	2,85	24,4	8,11	1,46	0,0904								
115x8	8	8	2,13	3,01	2,65	11,5	58,9	11,0	2,26	93,3	2,85	24,4	8,11	1,46	0,0904									
120x6	10	5	2,17	5,66	3,20	2,80	9,35	55,8	9,57	2,44	88,5	3,08	23,1	7,54	1,57	0,0734								
125x8	8	8	2,26	3,20	2,82	12,3	72,6	12,6	2,42	115	3,06	29,6	9,25	1,55	0,0966									
130x10	10	10	2,34	3,31	2,85	15,1	87,5	15,5	2,41	139	3,03	35,9	10,9	1,54	0,119									
140x7	11	5,5	2,45	6,36	3,47	3,16	12,2	92,6	14,1	2,75	147	3,46	36,3	11,0	1,77	0,0961								
150x9	9	9	2,54	3,59	3,18	15,5	116	18,0	2,74	184	3,45	47,8	13,3	1,76	0,112									
160x10	12	6	2,74	7,07	3,87	3,52	15,5	175	19,9	3,06	230	3,85	59,9	15,5	1,96	0,122								
170x12	12	12	2,82	3,99	5,54	19,2	147	24,7	3,04	280	3,82	73,3	18,4	1,95	0,151									
180x12	12	12	2,90	4,10	3,57	22,7	207	30,2	3,02	338	3,80	86,2	21,0	1,95	0,178									
190x10	12	6	3,07	7,78	4,34	3,89	22,1	239	30,1	3,36	397	4,23	98,6	22,7	2,16	0,166								
200x10	13	6,5	3,31	8,49	4,69	4,22	23,2	313	36,0	3,67	493	4,63	129	27,5	2,36	0,182								
210x12	16	8	4,12	10,6	5,83	5,29	34,8	737	67,7	4,60	1170	5,80	303	52,0	2,95	0,273								
220x15	15	15	4,25	6,01	5,53	4,3	898	85,3	4,67	3,65	564	4,60	152	31,5	2,35	0,216								
230x12	14	7	3,64	9,19	5,15	4,60	35	638	63,3	4,97	750	5,38	194	37,7	2,34	0,236								
240x13	15	7,5	3,92	9,90	5,54	5,46	35	672	67,0	5,27	800	5,66	207	40,6	2,47	0,247								
250x16	18	9	5,02	12,7	7,11	6,39	55,4	1680	130	5,51	2690	6,96	679	95,5	3,30	0,435								
260x18	18	18	7,22	6,4	6,19	2870	165	5,49	2970	7,78	757	103	3,91	4,86										
280x20	16	18	9	5,52	14,1	7,80	7,09	61,8	2430	162	6,15	3740	7,93	121	3,91	0,485								
300x20	20	20	8,04	17,1	76,4	2850	199	6,11	4560	230	6,15	4280	7,64	1160	4,47	0,589								
320x24	24	24	8,26	17,21	90,1	335	6,06	5280	275	6,06	5280	7,64	1380	4,97	0,90	0,711								

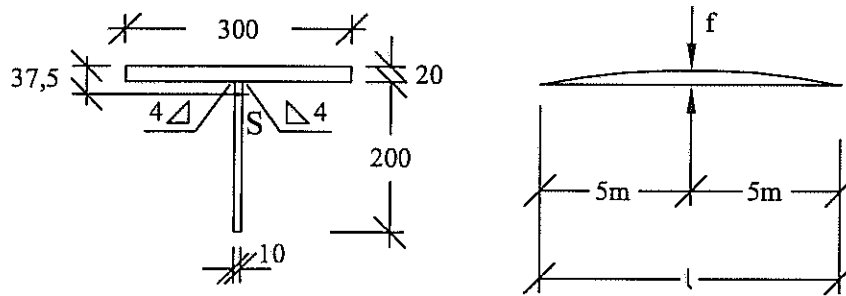
Aufgabe 3

25 min

1. Für einen 10m langen Stahlträger mit dem dargestellten Querschnitt sollen die oberen Grenzen des Schweißverzuges abgeschätzt werden. Für diesen Zweck kann angenommen werden, dass der Träger beim Zusammenbau festgehalten ist und sich anschließend die Verformung infolge der Schweißschrumpfung einstellt.

Wie groß ist die Verkürzung Δl des Trägers in der Schwerlinie?

Wie groß ist der Stich f in der Mitte der Trägerlänge l ?



[mm]

Hilfswerte:

Querschnittsfläche $A = 80 \text{ cm}^2$

Trägheitsmoment $I = 2500 \text{ cm}^4$

Schwerpunktslage $y_s = 3,75 \text{ cm}$

2. Ermitteln Sie die nach DAST-Richtlinie009 (April 2004) erforderliche Stahlgüte für die folgende Situation:

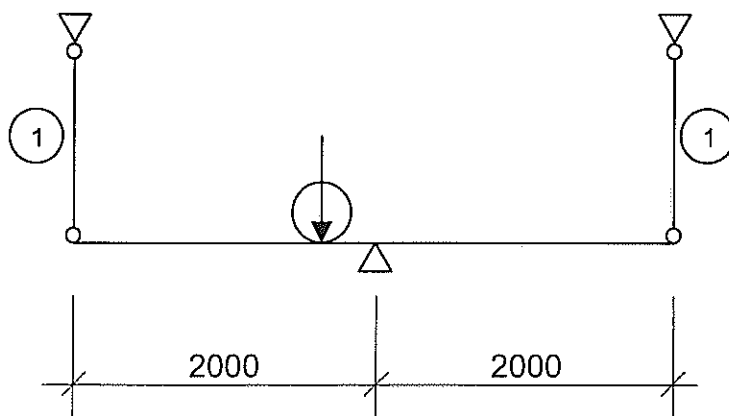
Stahlträger im Freien

50mm dicke Gurtbleche aus der Stahlsorte S355

Ausnutzungsgrad $\sigma_{Ed}/f_y = 0,66$

Aufgabe 4**20 min**

Ein durch eine Einzellast P symbolisierter Wagen (Eigengewicht $G=4\text{kN}$) überfährt einen Zweifeldträger gemäß Abbildung 4.1. Pro Jahr treten 50000 Lastspiele auf, die aus einer beladenen Hinfahrt und einer immer leeren Rückfahrt des Wagens bestehen. Die Endauflagerung des Trägers erfolgt über Gewindestangen M20, die in eine Aufnahmekonstruktion geschraubt sind.

Pos. 1:

Gewindestangen M20

Werkstoff:

S235JO

Abbildung 4.1: Statisches System

Wie groß ist die maximale Fördermenge pro Lastspiel, wenn eine Lebensdauer von 15 Jahren erzielt werden soll?

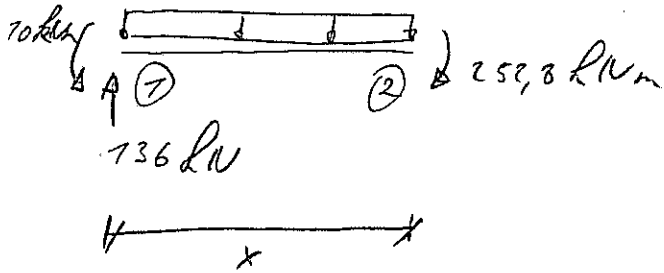
Hinweis:

Es sind keine Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen.

$$\sigma_{x, \max} = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{I_y} \cdot z = \frac{50 \text{ kN}}{89,5 \text{ cm}^2} + \frac{M_y}{23730} \cdot 20 = 27,8 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

$$q = 79 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow M_{y, \max} = 245,3 \text{ kNm}$$



$$\Sigma M^{\circ} = 245,3 \text{ kNm}$$

$$245,3 = 370 - 736 \cdot x + 79 \cdot x \cdot \frac{x}{2}$$

$$0 = 9,5x^2 - 736x + 64,7$$

$$x_{1/2} = \frac{736 \pm \sqrt{736^2 - 4 \cdot 9,5 \cdot 64,7}}{2 \cdot 9,5}$$

$$x_{1/2} = \frac{736 \pm 726,6}{19}$$

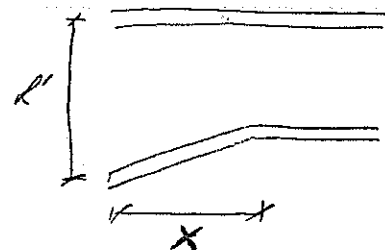
$$x = 0,99$$

Wähle $l' = 0,5 \text{ m}$

$$N_{cl, \max} = \frac{29}{1,1} \cdot 1,35 \cdot 78 = 530 \text{ kN}$$

$$l'_{\min} = \frac{37000}{530} = 58,5 \text{ cm}$$

Wähle $R = R' + t = 65 \text{ cm}$



Verbindung Kopfplatte an Riegel:

$$a_F = 0,5 \cdot t = 0,5 \cdot 13,5 \Rightarrow \text{wähle } a_F = 8 \text{ mm}$$

$$a_S = 0,5 \cdot s = 0,5 \cdot 8,6 \Rightarrow \text{wähle } a_S = 5 \text{ mm}$$

Nachweis Kopfplatte

$$t = 30 \text{ mm} \quad 4 \text{ M17} - 10,9$$

$$M = 370 - 736 \cdot \frac{0,37}{2} + 79 \cdot \frac{0,37^2}{2} = 289,8 \text{ kNm}$$

$$V = 736 - \frac{0,37}{2} \cdot 79 = 733 \text{ kN}$$

$$F_{le} = \frac{289,8 \cdot 100}{65 - 7,35} - \frac{50}{2} = 430,3 \text{ kN}$$

$$c_3 = \frac{5}{2} + 3 = 5,5 \text{ cm}$$

$$c_7 = 6 - 1 - 7,35 \cdot \left(\frac{5}{4} + \frac{3}{2} \right) = 7,9 \text{ cm}$$

$$M_{1,pl,d} = 7,7 \cdot \frac{24}{7,7} \cdot 78 \cdot \frac{7,35^2}{4} = 796,8 \text{ kNm}$$

$$M_{2,pl,d} = 7,7 \cdot \frac{24}{7,7} \cdot \left[(25 - 2 \cdot 2,8) \cdot 3,0^2 \right] / 4 = 7097,6 \text{ kNm}$$

$$E_{6,7} = \frac{5,5}{5,5 + 7,9} \cdot 2 \cdot 339 = 496,5 \text{ kN} > F_{le} \quad \checkmark$$

$$E_{6,7} \cdot c_7 = 943,3 \text{ kNm} < M_{2,pl,d} \quad \checkmark$$

Nachweis Schrauben

$$V_{s,r,d} = 287 \text{ kN}$$

$$N_{r,d} = 339 \text{ kN}$$

$$\text{Abscheren: } \frac{736}{4 \cdot 287} = 0,72 < 0,75$$

$$\text{Zug: } \frac{405,3}{2 \cdot 339} = 0,67 < 1$$

Lochleibung:

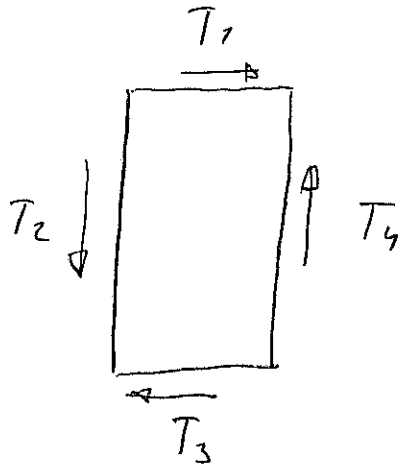
$$\left. \begin{array}{l} e_3 = 70 \text{ mm} > 3,0 \cdot d_e \\ e_1 = 70 \text{ mm} \\ e_2 = 65 \text{ mm} \end{array} \right\} \alpha = 2,55$$

$$V_{l,r,d} = 3,0 \cdot 2,7 \cdot 2,55 \cdot \frac{24}{7,7} = 450 \text{ kN}$$

$$\frac{736}{4 \cdot 450} < 1$$

(3)

Schubfeld:



$$T_1 = T_3 = \frac{370 \cdot 100}{65 - 3,35} - \frac{50}{2} = 462 \text{ kN}$$

$$T_2 = T_4 = \frac{370 \cdot 100}{37 - 3,3} - \frac{136}{2} = 1057 \text{ kN}$$

$$\bar{\tau}_1 = \frac{462}{1,85 \cdot (37 - 3,3)} = 9,0 < \frac{24}{1,1 \cdot \sqrt{3}} = 12,6 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\bar{\tau}_2 = \frac{1057}{1,85 \cdot (65 - 7,35)} = 8,9 < 12,6 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Steifen Stütze: $200 \times 100 \times 15$ umlaufende Kehlnaht $a = 8 \text{ mm}$

$$a \leq 0,7 \cdot 75 = 52,5 \text{ mm}$$

$$a \geq \sqrt{33} - 0,5 = 5,2 \text{ mm}$$

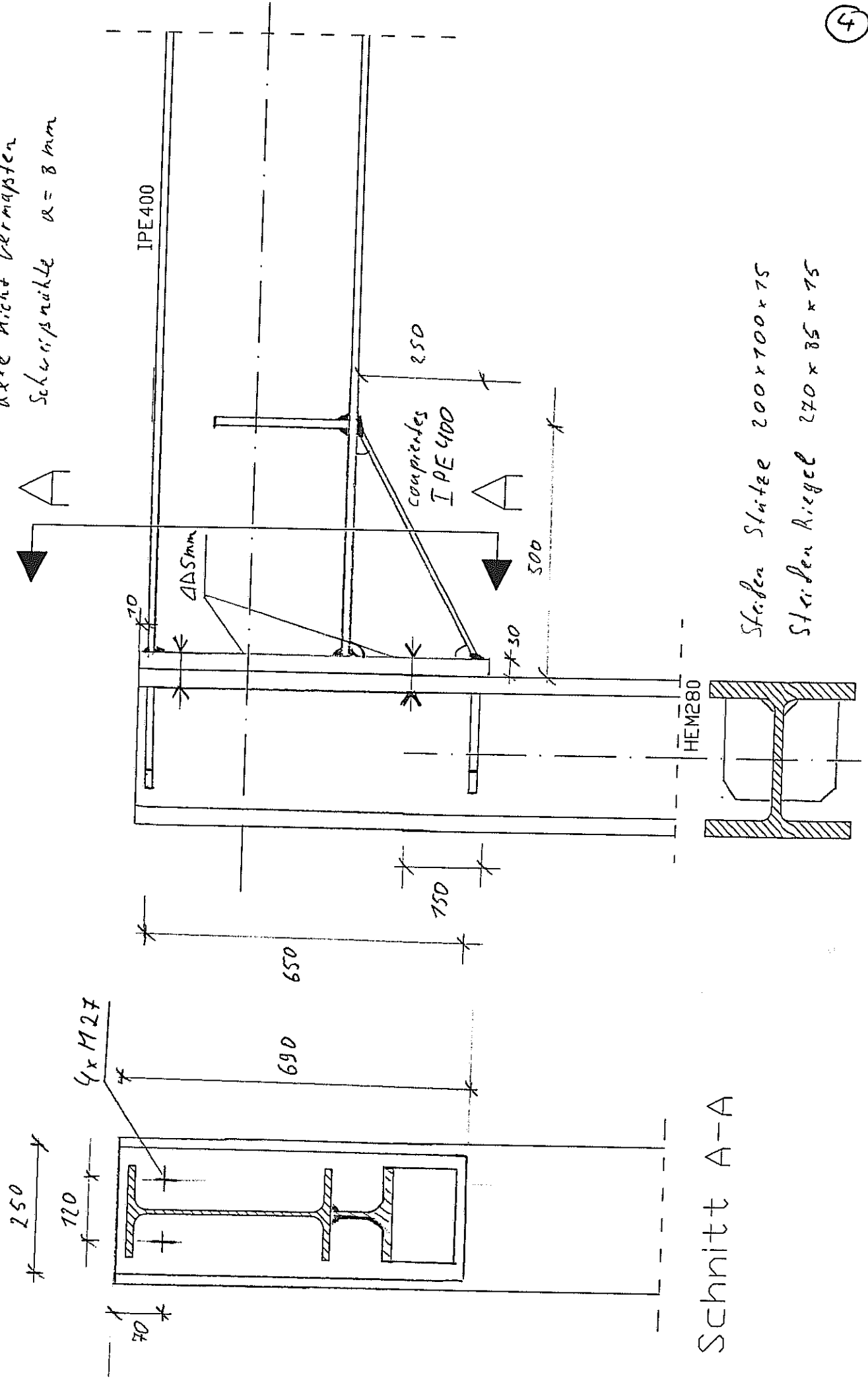
Steifen Riegel: $270 \times 85 \times 15$ umlaufende Kehlnaht $a = 8 \text{ mm}$

$$a \leq 0,7 \cdot 13,5 = 9,5 \text{ mm}$$

$$a \geq \sqrt{15} - 0,5 = 4 \text{ mm}$$

Anlage 1.1 - Maßstab 1:10

alle nicht vermapten
Schweißnähte $a = 8 \text{ mm}$



Stützen Stütze 200x100x75
Stützen Riegel 270x85x75

Gesamtquerschnitt



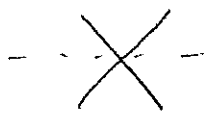
$$I_y = 4 \cdot (144 \text{ cm}^4 + 3,32^2 \cdot 19,2 \text{ cm}^4)$$

$$I_y = 1554 \text{ cm}^4$$

$$A = 4 \cdot 19,2 = 76,8 \text{ cm}^2$$

$$\bar{c} = \sqrt{\frac{1554}{76,8}} = 4,50 \text{ cm}$$

alternativ:



$$I_y = 2 \cdot (280 + 43,3 + 2 \cdot 3,32^2 \cdot 19,2)$$

$$I_y = 1553 \text{ cm}^4 \quad (I_y = I_x)$$

$$A = 76,8 \text{ cm}^2$$

$$\bar{c} = 4,5 \text{ cm}$$

Knicken Gesamtkub $\bar{\lambda} = \frac{400 \text{ cm}}{92,5 \cdot 4,5} = 0,961$

$$\chi_{RSL} C \Rightarrow \chi = 0,565$$

$$N_{R,d} = \max F_d = 0,565 \cdot 21,8 \cdot 76,8 = 946 \text{ kN}$$

Abstand: $a \leq 15 \bar{c} = 15 \cdot 1,95 \text{ cm} = 29,25 \text{ cm}$

gewählt: $a = 27,5 \text{ mm}$

$$T = \frac{V \cdot a}{h_y}$$

$$V = 0,025 \cdot 946 = 23,4 \text{ kN}$$

$$h_y = 2e + t_m = 2 \cdot 3,32 = 6,64 \text{ cm}$$

$$T = \frac{23,4 \text{ kN} \cdot 27,5 \text{ cm}}{6,64 \text{ cm}} = 98,2 \text{ kN}$$

gewähltes Bindeblech

BL $240 \times 50 \times 10 \Rightarrow l_w = 5 \text{ cm}$

$$\text{d.h. } a \geq \frac{T}{2 \cdot l_w \cdot b_{w,R,d}} = \frac{98,2 \text{ kN}}{2 \cdot 5 \text{ cm} \cdot 297 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,94 \text{ cm}$$

gewählt $a = 5 \text{ mm}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{98,2}{2 \cdot 5 \cdot 0,5} = 19,6 \text{ kN/cm}^2$$

$$M = T \cdot y = T \left(\frac{1}{2} t + a \right) = 98,2 \left(\frac{1}{2} \cdot 1 + 0,5 \right) = 98,2 \text{ kNm}$$

$$W_w = \frac{1}{6} \cdot 5^2 \cdot 0,5 \cdot 2 = 4,2 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{M}{W_w} = \frac{98,2}{4,2} = 23,4 \text{ kN/cm}^2$$

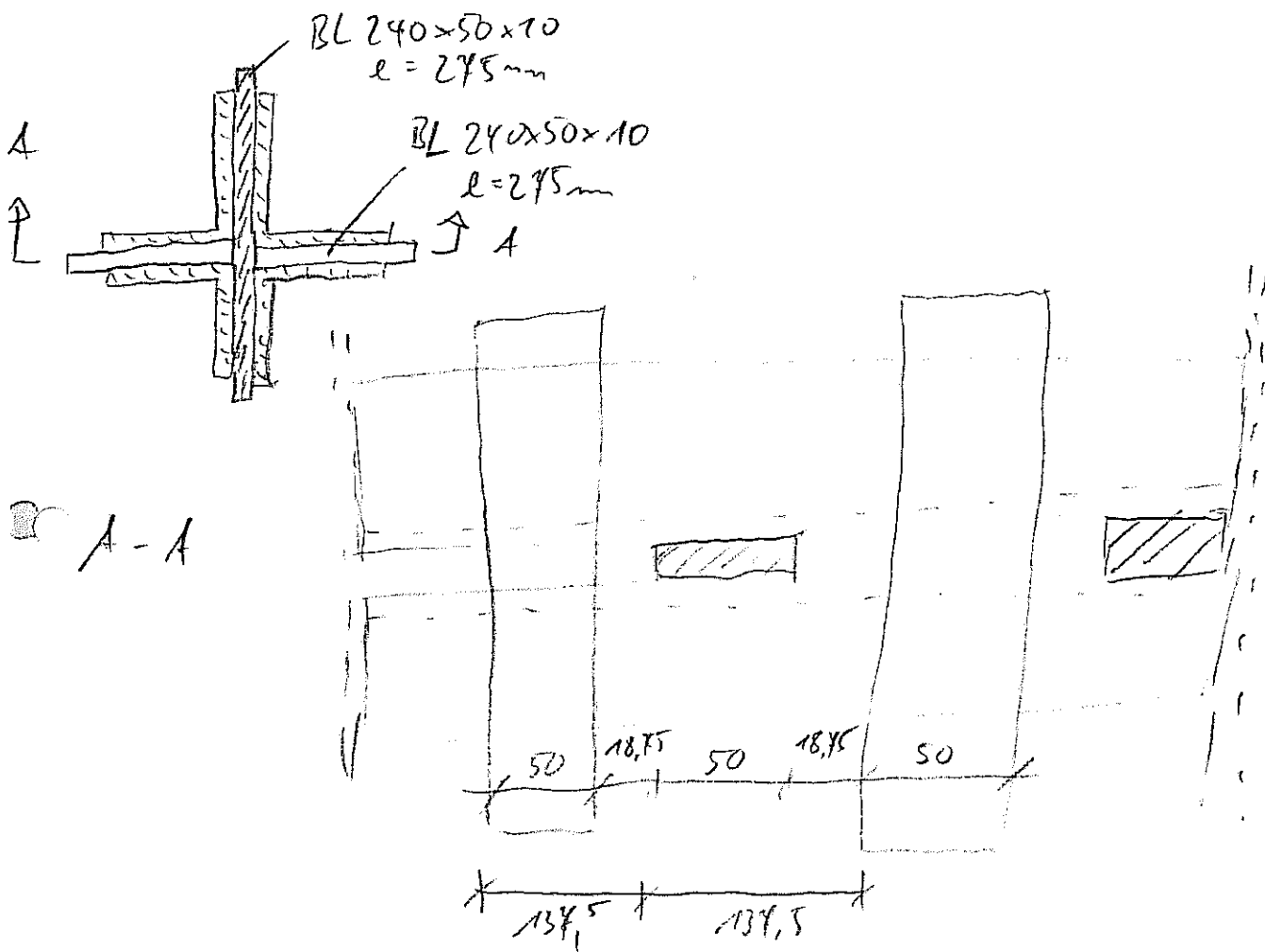
$$\sigma_v = \sqrt{19,6^2 + 23,4^2} = 30,5 \text{ kN/cm}^2 > 20,6 \text{ ✓}$$

$$\rightarrow a \approx 0,5 \cdot \frac{30,5}{20,6} = 0,74 \text{ cm}$$

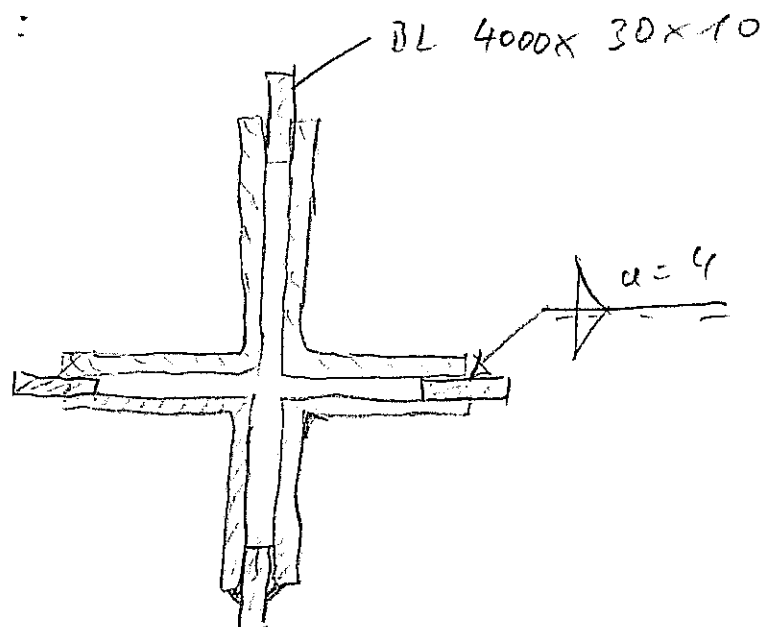
gewählt: $a = 8 \text{ mm}$

Skizze:

Aufgabe 2/3

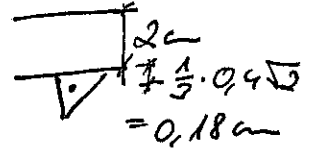


Verbesserung:



Begründung: Weniger Bauteile, durchgezogene Nähte
⇒ kürzere Montagezeit

F205



$65 - 16 = 49 < 50$ d.h. die nächsthöhere Stahlgüte ist erforderlich \rightarrow S355K2 oder
S355M oder
S355N

Aufgabe 4:

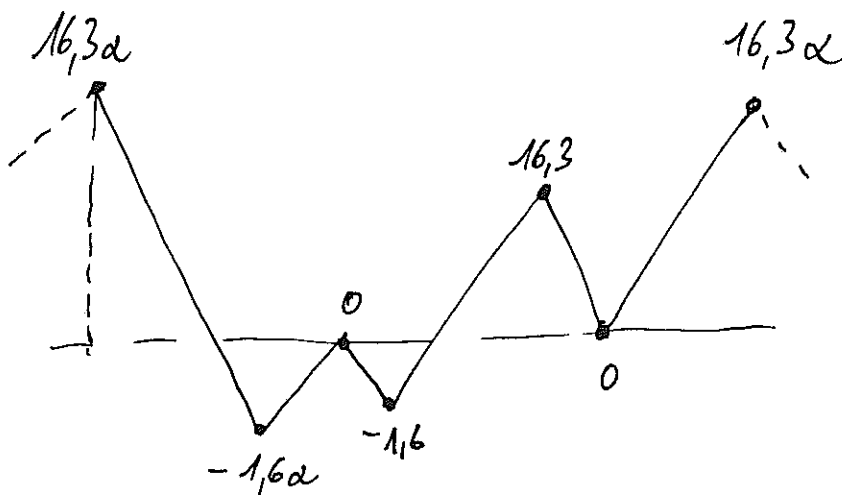
Fr 05

Gewinde auf Zug KG 36* \rightarrow
$$\begin{cases} N_D = 10^7 \\ \Delta\sigma_D = 23 \text{ N/mm}^2 \\ \Delta\sigma_L = 15 \text{ N/mm}^2 \end{cases}$$

$A_{Sp} = 2,45 \text{ cm}^2 \rightarrow \Delta\sigma_{\odot} = \frac{4 \cdot 10}{2,45} = 16,3 \text{ N/mm}^2$

Aus EL Auflager 2-Feldträger: $\sigma_{\max} = 16,3 \text{ N/mm}^2$; $\sigma_{\min} = -1,6 \text{ N/mm}^2$

Kollektiv mit $\alpha = \frac{g+p}{g}$



$$\Delta\sigma_1 = 17,9\alpha$$

$$\Delta\sigma_2 = 16,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_3 = 1,6 \text{ N/mm}^2$$

$\rightarrow N_1 = 10^7 \cdot \left(\frac{23}{17,9\alpha} \right)^3 = \frac{1}{\alpha^3} \cdot 21\,214\,090$

$$N_2 = 10^7 \cdot \left(\frac{23}{16,3} \right)^5 = 55\,937\,256$$

$$N_{\text{ges}} = 15 \cdot 50000 = 750\,000$$

$$\rightarrow \frac{750\,000}{55\,937\,256} + \alpha^3 \cdot \frac{750\,000}{21\,214\,090} \leq 1 \Leftrightarrow \alpha \leq 3$$

\rightarrow Fördermenge = 8 lN