

DIPLOM-HAUPTPRÜFUNG

Stahlbau

16. Februar 2004

Name:

Aufgabe:	1	2	3	4	5
Erreichte Punktzahl:					

abgegeb. Blätter:	
-------------------	--

Aufgabe 1

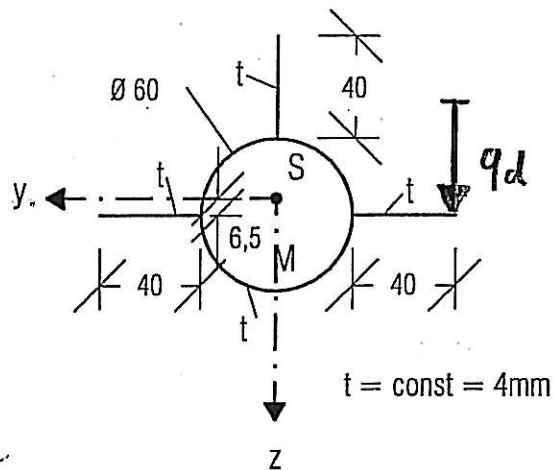
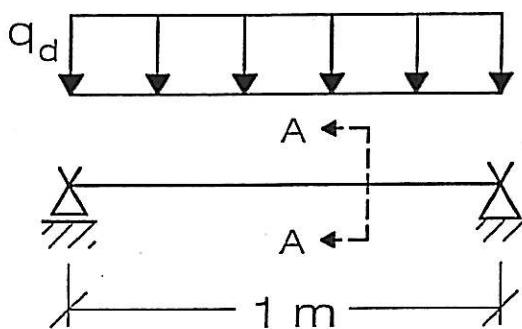
20 min

Gegeben ist der unten dargestellte gabelgelagerte Einfeldträger, der durch eine exzentrisch angreifende Streckenlast q_d belastet wird.

Berechnen Sie die im Träger auftretenden maximalen Schub- und Normalspannungen sowie die maximale Verdrehung des Trägers.

Schnitt A-A: Maße in [mm]

(Mittellinienquerschnitt)



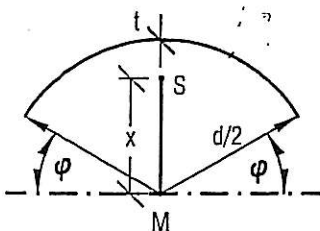
Angaben:

Material: S235JRG2

Flächenträgheitsmoment: $I_y = 69,7 \text{ cm}^4$

Bemessungswert der Streckenlast: $q_d = 12 \text{ kN/m}$

Hinweis:



Lage x des Schwerpunktes S des Kreisbogens:

$$x = \frac{d \cdot \cos \varphi}{\pi - 2 \cdot \varphi}$$

Aufgabe 2

45 min

Bei einer aus Stahl und Glas konstruierten Eingangshalle kommen Stützen mit einem Achsmaß von 6,0 m zum Einsatz (Abbildung 1.1 und 1.2). Konstruieren Sie den biegesteifen Anschluss (Knoten A) der Kragarme an die Stütze maßstäblich in Anlage 1 und vermaßen Sie die Zeichnung ausreichend. Bei der Konstruktion soll beachtet werden, dass auf der Baustelle zuerst die Stützen gestellt und anschließend erst die Kragarme lösbar montiert werden. Beachten Sie zusätzlich, dass die maximalen Abmessungen nicht die Transportmöglichkeiten überschreiten (Abbildung 1.2). Stabilitätsversagen muss nicht nachgewiesen werden.

Angaben: Material S235JRG2

$$F_{1,d} = 48 \text{ kN}$$

$$F_{2,d} = 16 \text{ kN}$$

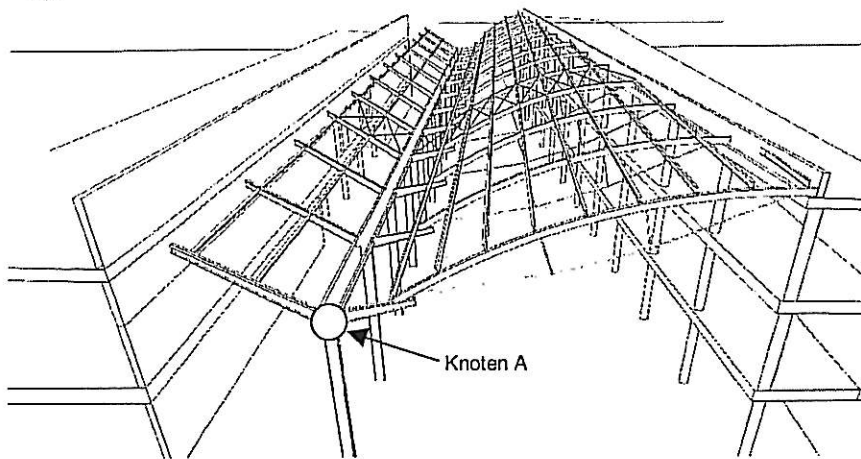


Abbildung 1.1: Eingangshallenkonstruktion

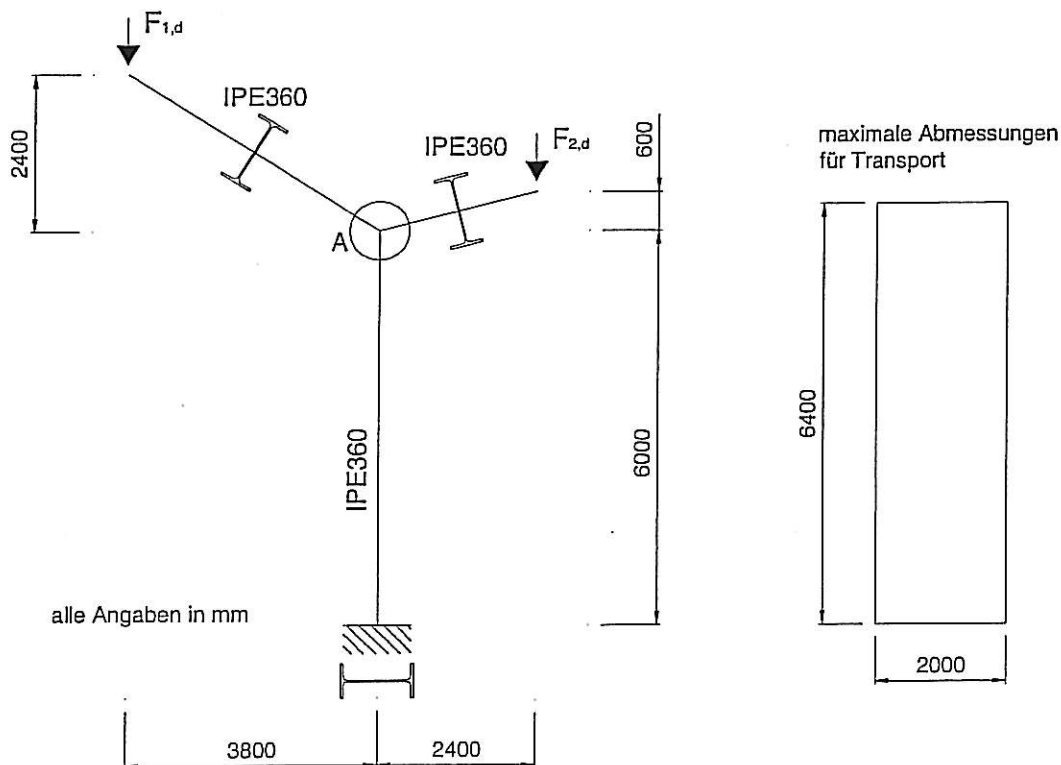
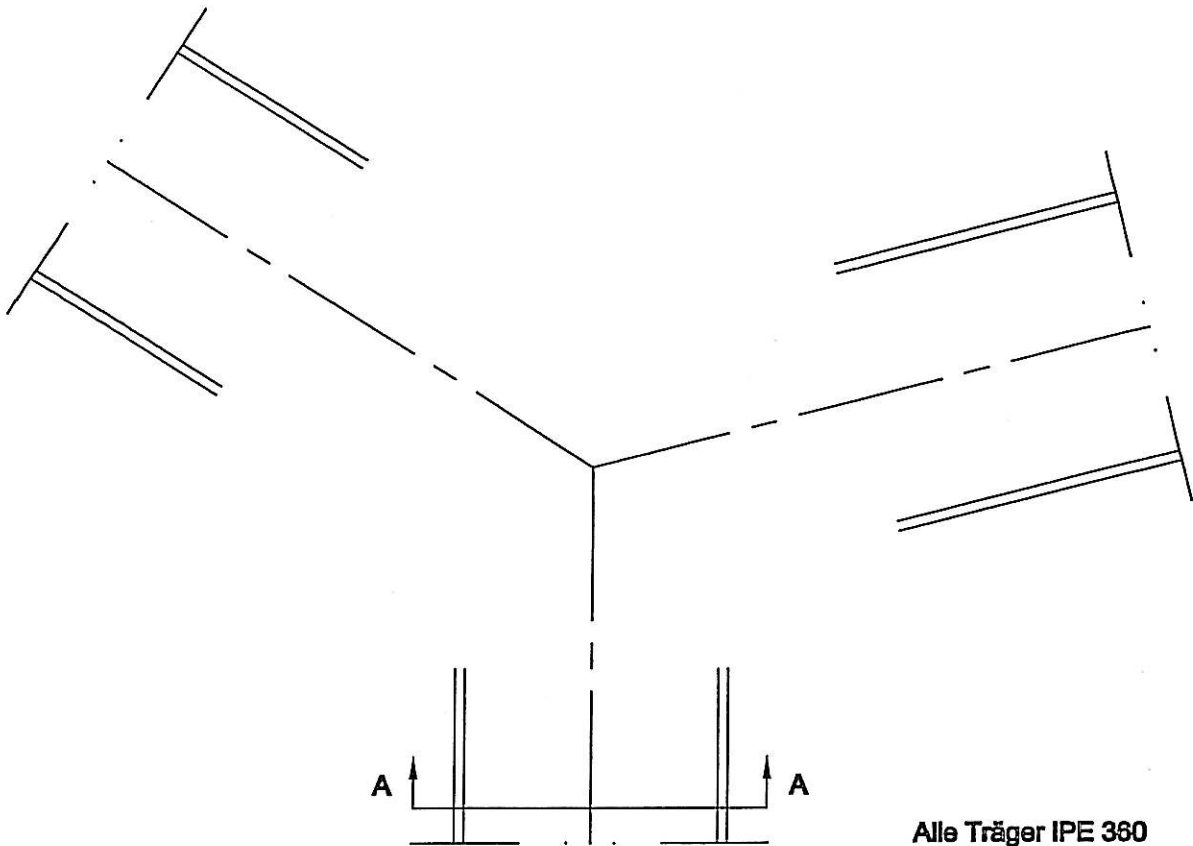


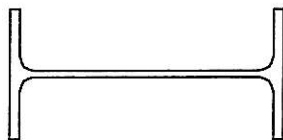
Abbildung 1.2: statisches System der Stütze

Ansicht Knoten A



Alle Träger IPE 360

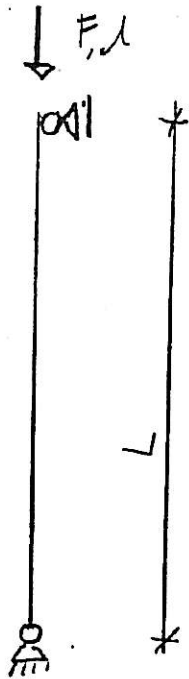
Schnitt A-A



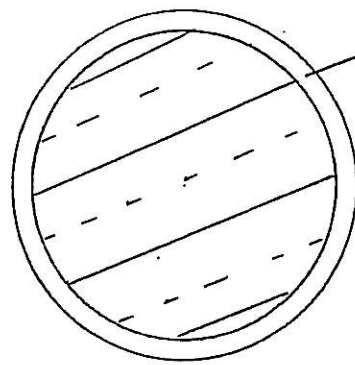
Aufgabe 3

20 min

Für eine Verbundstütze aus einem ausbetonierten Rundhohlprofil (siehe Skizze) ist die rechnerische Traglast N_{Kr} zu bestimmen.



Querschnitt

 $\varnothing 177,8 \times 5$ $I = 1014 \text{ cm}^4$ $A = 24,1 \text{ cm}^2$

Verbstoffe: Hohlprofil
Beton

S460

B35

Länge der Stütze: $L = 4000 \text{ mm}$
 Querschnitt: $\varnothing 177,8 \times 5$ aus S460
 Beton: B35
 $N_{ständig}/N = 0,75$

Aufgabe 4

20 min

Ein Gewindestab aus einem Baustahl ist zwischen zwei Bauteilen axial unverschieblich eingespannt (Bild 1). Er wird mit folgendem wiederkehrenden Temperaturzyklus beansprucht:

280K – 300K – 270K – 290K – 280K

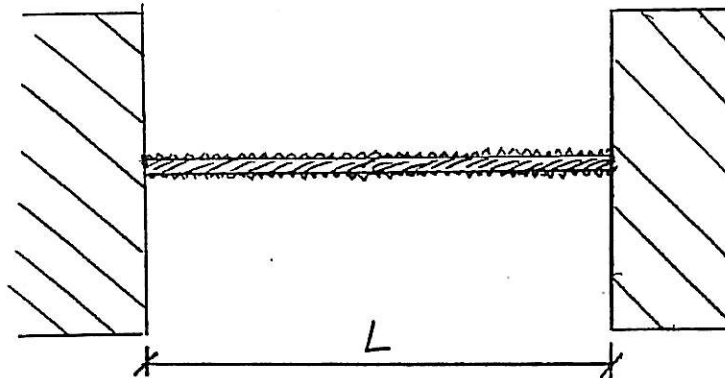


Bild 1

Die Dehnungswöhlerlinie für einen glatten Stab ist im Diagramm in Bild 2 in doppeltlogarithmischer Darstellung angegeben. Der Einfluß des Gewindes kann mit dem Kerbfaktor $\alpha_K = 4$ angenommen werden.

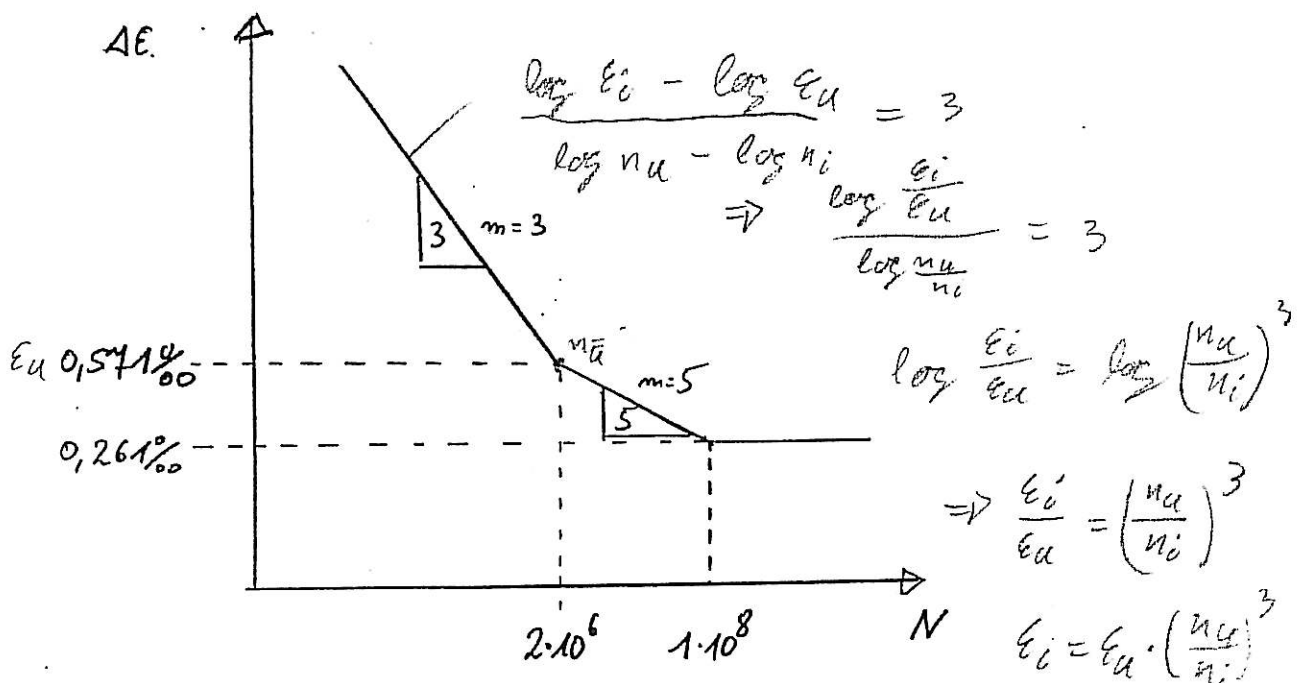


Bild 2

- Wieviele Lastzyklen kann der Gewindestab ertragen?
- Welchen Einfluß hat die Länge L auf die Ermüdungsfestigkeit?
- Welchen Einfluß hat die Querschnittsfläche A des Gewindestabes auf die Ermüdungsfestigkeit?
- um welchen Faktor erhöht sich die Anzahl der ertragbaren Lastwechsel, wenn ein glatter Stab verwendet wird, für den der Kerbfaktor $\alpha_K = 1$ beträgt.

Die Teilsicherheitsbeiwerte betragen $\gamma_F = \gamma_M = 1,0$

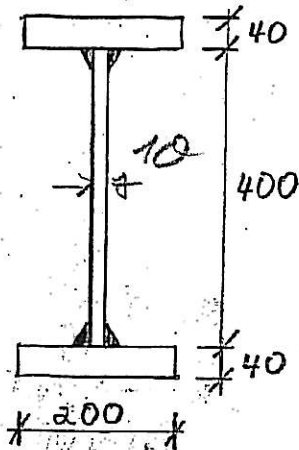
Aufgabe 5

15 min

Für einen aus zwei Gurtblechen und einem Stegblech zusammengesetzten, geschweißten Träger ist die Schweißfolge für die Ausführung der vier einlagig ausgeführten Halskehlnähte anzugeben (Positionierung des aus den Bauteilen durch Heftschiweißung gefügten Trägers, Anweisung zum Schweißablauf = zeitliche Abfolge mit Angabe der Lage des Schweißnahtanfangs und des Schweißnahtendes)

Nach dem Schweißen wird bei dem 15m langen Träger ein Stich von 2,0cm gemessen

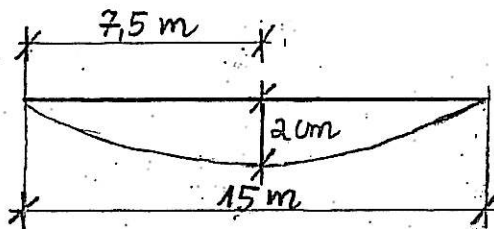
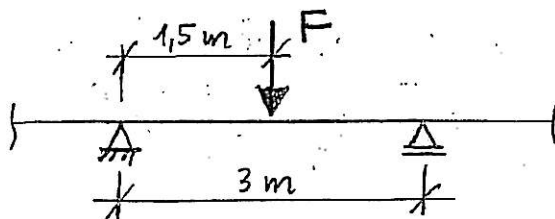
- α) Welche Kraft F ist bei der Richtvorrichtung gemäß der untenstehenden Skizze für das Geraderichten erforderlich, wenn die Streckgrenze des Stahles 290 N/mm^2 beträgt und die Verfestigung ohne Bedeutung ist?
- β) Welche andere Möglichkeit besteht zur Beseitigung des Stiches? Nennen Sie das Verfahren und beschreiben Sie qualitativ wie vorzugehen ist (Art und Ort der Einwirkung)?

Trägerquerschnitt:

Maße in mm

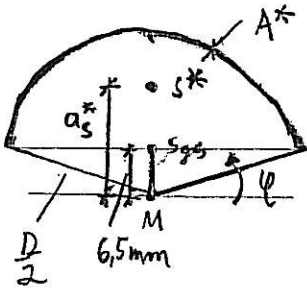
$$R_{eH} = 290 \text{ N/mm}^2$$

Ansicht des infolge Schweißverzugs gekrümmten Trägers mit der Länge $l = 15 \text{ m}$:

Richtvorrichtung:

Lösung Stahlbau; Aufgabe 1• Schub infolge Q

$$Q_{max} = qd \cdot \frac{l}{2} = 12 \cdot \frac{1}{2} = \underline{\underline{6 \text{ kN}}}$$



$$\varphi = \arcsin\left(\frac{0,65 \text{ cm}}{3 \text{ cm}}\right) = 12,51^\circ = 0,21$$

$$180^\circ - 2 \cdot \varphi = 154,98^\circ$$

$$A^* = \frac{154,98^\circ}{2} \cdot \frac{\pi}{180^\circ} \cdot 6 \text{ cm} \cdot 0,4 \text{ cm} = 3,25 \text{ cm}^2$$

$$s_s^* = \frac{6 \text{ cm} \cdot \cos \varphi}{\pi - 2 \cdot 0,218} = 2,16 \text{ cm}$$

$$S_{y,max} = 4 \text{ cm} \cdot 0,4 \text{ cm} \cdot (5 \text{ cm} - 0,65 \text{ cm}) + 3,25 \text{ cm}^2 \cdot (2,16 \text{ cm} - 0,65 \text{ cm}) = 11,87 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{max,Q} = \frac{6 \cdot 11,87}{69,7 \cdot 2 \cdot 0,4} = \underline{\underline{1,28 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}}$$

• Schub infolge Torsion:

$$M_T, \quad \mu_{T,max} = 12 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 0,07 \text{ m} \cdot \frac{1}{2} = 0,42 \text{ kNm}$$

$$A_T = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (6 \text{ cm})^2}{4} = 28,27 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{max,T} = \frac{0,42 \text{ kNm} \cdot 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}}}{2 \cdot 28,27 \text{ cm}^2 \cdot 0,4 \text{ cm}} = \underline{\underline{1,86 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}}$$

$$\tau_{ges,max} = 1,28 + 1,86 = \underline{\underline{3,14 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}}$$

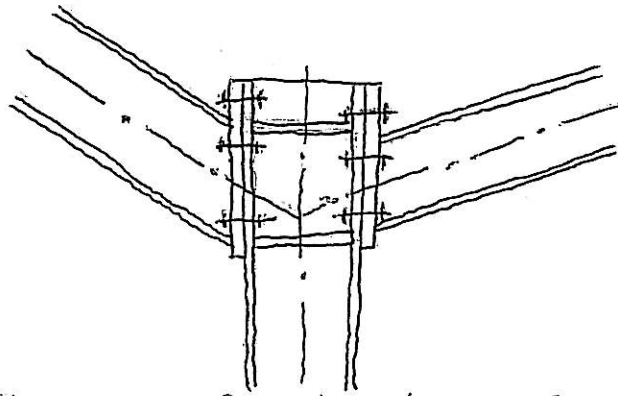
• Verdrehung:

$$I_T \approx I_{Tol/2} = \frac{4 \cdot A_T^2}{\pi \cdot D} \cdot t = \frac{4 \cdot 28,27^2}{\pi \cdot 6} \cdot 0,4 = 67,84 \text{ cm}^4$$

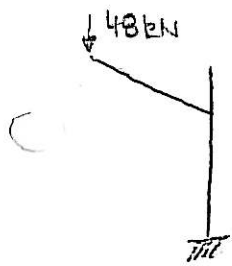
$$\varphi_{max} = \int_0^l \frac{M_T}{G \cdot I_T} = \frac{M_{T,max}}{G \cdot I_T} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \cdot \frac{42 \frac{\text{kNm}}{\text{cm}^2} \cdot 67,84 \text{ cm}^4 \cdot 100 \text{ cm} \cdot \frac{180^\circ}{\pi}}{8 \cdot 100 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \cdot 67,84 \text{ cm}^4} = \underline{\underline{0,11^\circ}}$$

$$\text{• Normalspannung: } \sigma_{max} = \frac{12 \cdot 1^2 \cdot 100}{8 \cdot 192} \cdot (7 - 0,65) = 13,67 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

mögliche Konstruktion:



exemplarisch wird die Bemessung für den linken Ertragarm dargestellt.
Die für den rechten kann analog erfolgen



$$M_d = 48 \cdot 3,8 = 182,4 \text{ m}$$

$$V_d = 48 \text{ kN}$$

Kräftepaar aus Moment: \rightarrow 

$$F_d = \frac{182,4 \cdot 1000}{(360 - 12,7)} \cdot \frac{3,8}{\sqrt{3,8^2 + 2,4^2}} = 444,05 \text{ kN}$$

Anreißmaße IPE 360 : $w_1 = 90 \text{ mm}$ $d_{L, \max} = 26 \text{ mm}$

Überstehende Stimplattenverbindung mit 4 Schrauben auf Zugseite und 2 Schrauben auf der Druckseite

gewählt: M 20 SLV 10.9 mit $N_{Rd} = 178 \text{ kN}$

$$\rightarrow N_{Rd} = 4 \cdot 178 = 712 \text{ kN}$$

$$\text{Nachweis: } \frac{444,05}{712} = 0,62 \leq 1,0$$

Die Druckkomponente des Momentes wird über Kontakt abgetragen.

Querkraft $V_d = 48 \text{ kN}$ Annahme: nur durch das untere Schraubenpaar
M 16 SLV 10.9

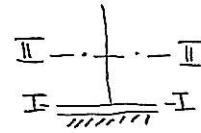
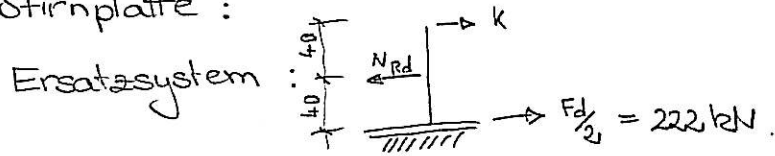
$$V_{Rd} = 2 \cdot 101 = 202 \text{ kN} \geq 48 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 2 \cdot 105 \cdot \frac{12,7}{10} = 266,7 \text{ kN} \geq 48 \text{ kN} \quad c_d \geq 55 \text{ mm}, e \geq 60 \text{ mm}$$

Maximaler Überstand der Stimplatte aus Konstruktion (max Stützeul. = 6,4 m)

$$\rightarrow l_2 = 400 - \left(\frac{360}{2} + l_{p1} \right) \cdot \sin \alpha - \left(\frac{360 - 12,7}{2} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \right) = 80 \text{ mm}$$

• Stirnplatte :



In diesem System kann die Kontaktkraft K zwischen O und dem Maximum, das durch die Schraubenkraft bestimmt wird liegen

$$\Rightarrow 0 \leq K \leq -\frac{F_d}{2} + N_{Rd} \quad , K \text{ kann aber frei gewählt werden}$$

Wahl: $K = 80 \text{ kN} \Rightarrow$ Schraubenkraft $N = 222 + 80 = 302 \text{ kN}$

$$\left. \begin{aligned} M_{II} &= -302 \cdot 4 + 80 \cdot 8 = -568 \text{ kNcm} \\ M_{II} &= 80 \cdot 4 = 320 \text{ kNcm} \end{aligned} \right\} \leq M_{pl} = \frac{b \cdot t^2}{4} \cdot f_{yd}$$

$$t_{II} \geq \sqrt{\frac{568 \cdot 4}{17 \cdot \frac{24}{1,1}}} = 2,47 \text{ cm}$$

$$t \geq \sqrt{\frac{320 \cdot 4}{(17 - 2 \cdot 2,1) \cdot \frac{24}{1,1}}} = 2,14$$

$$\Rightarrow t_{\text{gewählt}} = 2,5 \text{ cm}$$

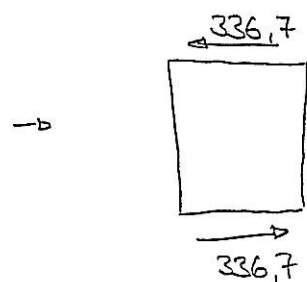
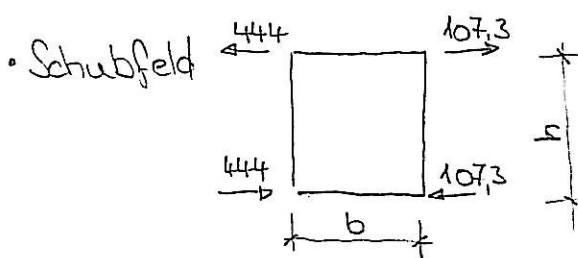
• Schweißnähte : ohne Nachweis der Tragsicherheit gilt folgende Bedingung

$$a_w \geq \left\{ \begin{aligned} \frac{t_F}{2} &= 6,35 \text{ mm} \\ \frac{t_S}{2} &= 4,0 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{gewählt } a_w = 7 \text{ mm}$$

• Steifen : konstruktiv zur Kraftdurchleitung $t_{\text{steife}} \approx t_F$

$$\Rightarrow \text{gewählt : } t_{\text{steife}} = 15 \text{ mm mit } a_w = 7 \text{ mm}$$

Die Nachweise für den rechten Kragarm erfolgen analog (kleinere Schrauben, dünnere Stirnplatte)



$$b = 36 - 2 \cdot 1,27 = 33,46$$

$$h = \frac{36 - 1,27}{\cos \alpha} = 41,08$$

$$\tau = \frac{336,7}{0,8 \cdot 33,46} = 12,58 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \leq \tau_{Rd} = \frac{24}{1,1} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 12,6 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Aufgabe 3 Stahlbeton

①
Fr 04

Betonquerschnitt

$$\beta_R = 0,7 \cdot 3,5 = 2,45 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$A_B = \frac{\pi}{4} (16,78)^2 = 221 \text{ cm}^2$$

$$I_B = \frac{\pi}{4} \left(\frac{16,78}{2} \right)^4 = 3892 \text{ cm}^4$$

$$N_{pl} = A_a \cdot f_{y,a} + A_b \cdot \beta_R$$

$$= 27,1 \cdot 42 + 221 \cdot 2,45$$

$$= 1138 \text{ kN} + 541 \text{ kN} = 1680 \text{ kN}$$

$$\frac{N_1}{N_{pl}} = \frac{1138}{1680} = 0,67 < 0,9 \quad \checkmark$$

$$(EI)_w = E_a I_a + E_b I_b$$

$$E_b = 500 \beta_{wR} = 500 \cdot 3,5 = 1750 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$(EI)_w = 21000 \cdot 1094 + 1750 \cdot 3892 = 28105000 \text{ kNm}^2$$

$$N_{k,i} = \frac{\overline{f}_t^2}{(400 \text{ cm})^2} \cdot 28105000 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 17346 \text{ N}$$

$$\tilde{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl}}{N_{k,i}}} = \sqrt{\frac{1680}{1734}} = 0,98$$

K+S 2 . beton gefülltes Rohr, Unverschiebliches System

$$\text{gem. } \tilde{\lambda} = \frac{0,8}{1-8} = \frac{0,8}{1-0,64} = 2,42 > 1$$

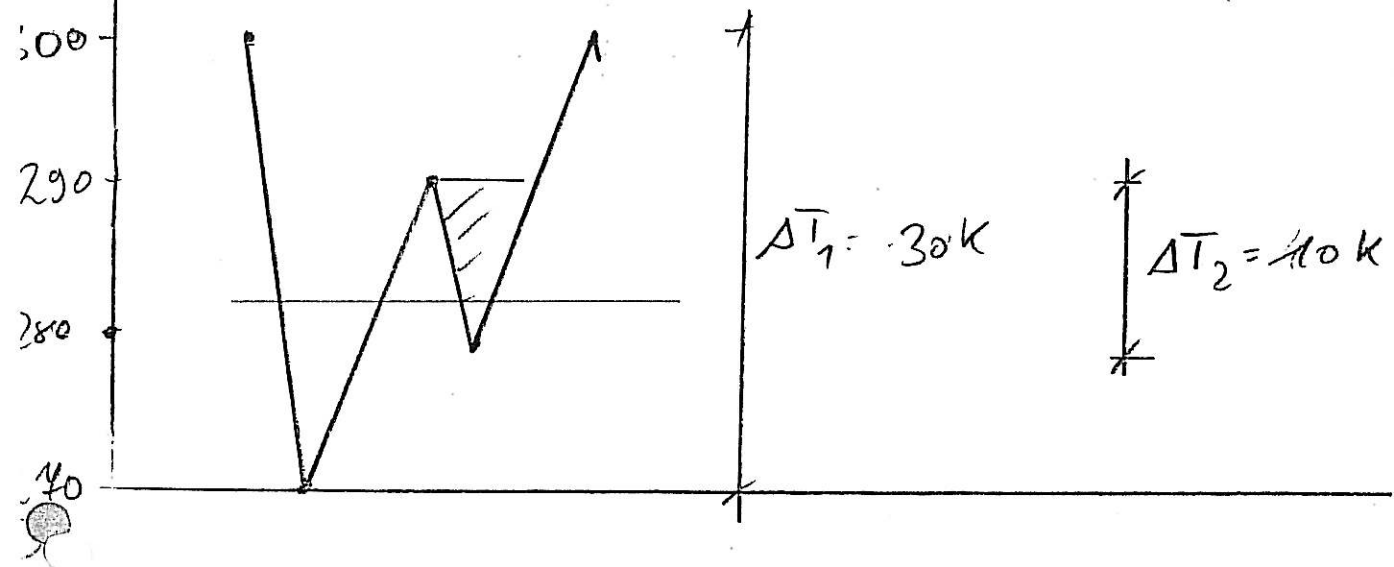
\Rightarrow - kein Knicken und Schwinden zu berücksichtigen

$$\eta = \overset{KSt_{\alpha}}{=} 0,68$$

$$N_{k,r} = \eta \cdot N_{pl} = 0,68 \cdot 1680 = \underline{\underline{11424 \text{ N}}}$$

Wegen $\lambda \geq 0,5$ keine durchschlagende

Wirkung durch Umschmierung



$$\Delta \varepsilon = \Delta T \cdot \alpha_T \cdot L_K$$

$$\Delta \varepsilon_1 = 30 \text{ K} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}} \cdot 4 = 1,4 \%$$

$$\Delta \varepsilon_2 = 10 \text{ K} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{K}} \cdot 4 = 0,48 \%$$

$$N_1 = 2 \cdot 10^6 \left(\frac{0,571}{1,4} \right)^3 = 0,816 \cdot 10^6$$

$$N_2 = 2 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{0,571}{0,48} \right)^5 = 4,76 \cdot 10^6$$

Schädigung: $D = \frac{n}{N_1} + \frac{n}{N_2} \leq 1$

$$1 \geq \frac{n}{0,816 \cdot 10^6} + \frac{n}{4,76 \cdot 10^6}$$

$$1 \geq \frac{4,76 \cdot 10^6 n + 0,816 \cdot 10^6 n}{0,816 \cdot 10^6 \cdot 4,76 \cdot 10^6} = 1,435 \cdot 10^{-6} n$$

$$n \leq 694000$$

b) keinen

c) keinen

$$d) \Delta \varepsilon_1 = 0,35 \text{‰}$$

$$\Delta \varepsilon_2 = 0,12 \text{‰} \rightarrow \text{Schwellwert d. Ermüdungsfähigkeit}$$

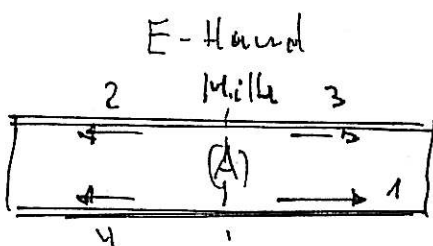
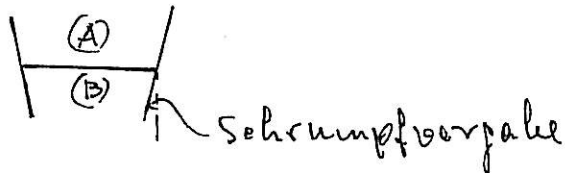
$$N_1 = 2 \cdot 10^6 \left(\frac{0,541}{0,35} \right)^5 = 23,1 \cdot 10^6$$

$$\pi = \frac{23,1 \cdot 10^6}{0,694 \cdot 10^6} = 33,1$$

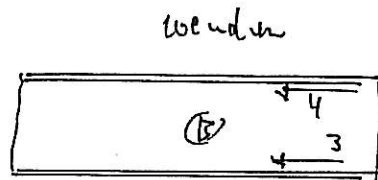
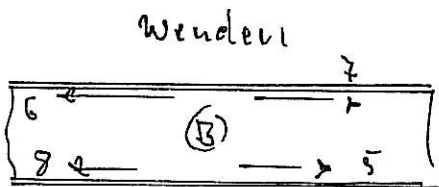
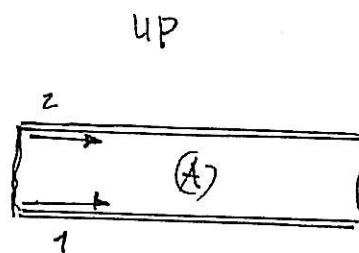
Faktor: 33,1-fach höhere Lebensdauer

5. Aufgabe

Schweißen bei Träger mit horizontal liegendem Steg.
Zuvor beim tiefen Winkelschrumpfung im Querschnitt
beachten.



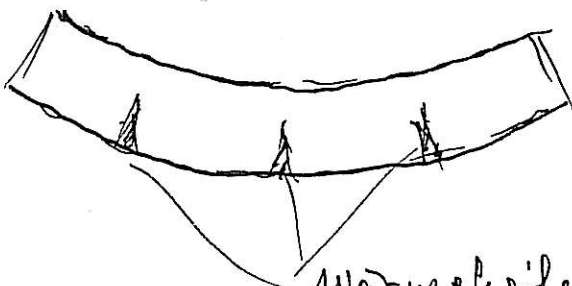
elektronisch



$$a) W_{Pl} = \frac{20.48^2}{4} - \frac{19.40^2}{4} = 3920 \text{ cm}^3 \quad M_{Pl} = 3920 \cdot 29.0$$

$$M_{Pl} = \frac{F \cdot l}{4} \rightarrow F = \frac{4 \cdot 3920 \cdot 29.0}{300} =$$

B) Flammrichten



Wärmekeile (roßputzend)
nur über einen Teil der Querschnittshöhe