Lehrstuhl für Stahl- und Leichtmetallbau
Universität Fridericiana Karlsruhe
Univ.-Professor Dr.-Ing. Helmut Saal

76131 Karlsruhe
Kaiserstraße 12

DIPLOM-HAUPTPRÜFUNG

Dünnwandige Tragwerke und plastische Bemessung

23. August 2007

Name: .... Grüneintragungen entfernen

Prüfungszeit: 120 min

Aufgabe:	1	2	3
erreichte Punktzahl:			

abgegebene Blätter:	

Aufgabe 1

60 min

Gegeben ist der nachfolgend dargestellte Querschnitt eines kaltgeformten Profils aus S350GD.

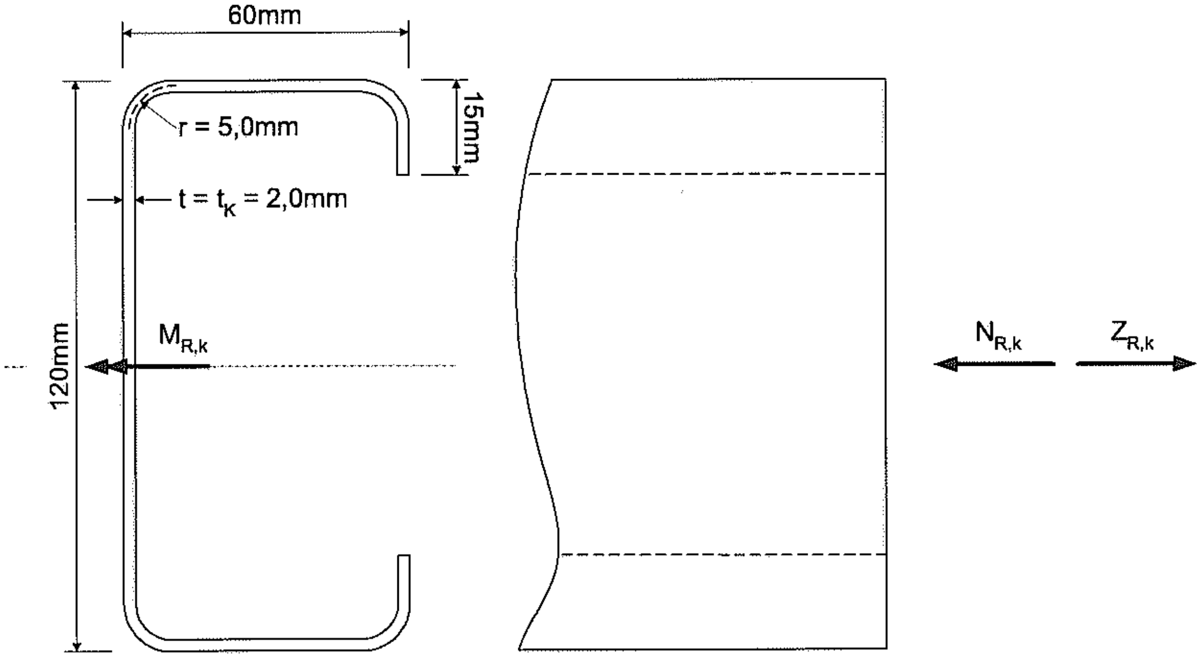


Abbildung 1.1

a) Ermitteln Sie die aufnehmbare Zugnormalkraft $Z_{R,k}$.

b) Ermitteln Sie die aufnehmbare Drucknormalkraft $N_{R,k}$.

c) Ermitteln Sie das aufnehmbare Biegemoment $M_{R,k}$.

1. Aufgabe

a) Ausrundungen

Innenradius: 4mm, Lippe b = 14mm

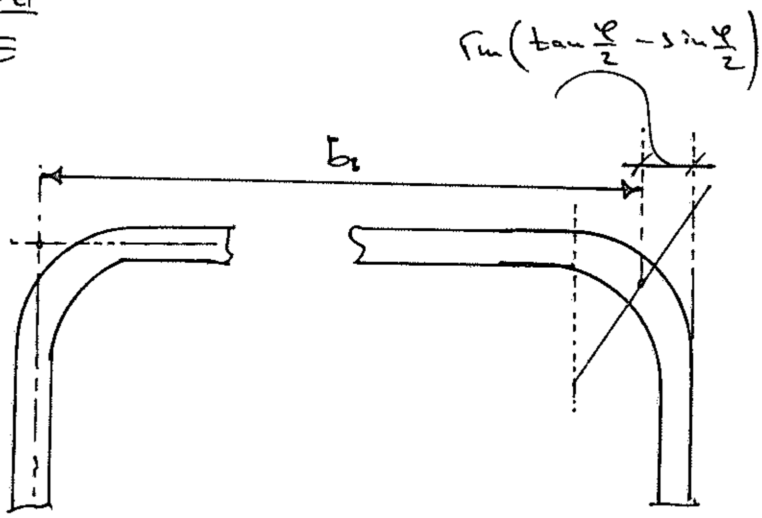
→ Ausrundung muss berücksichtigt werden

Zug $A_g = (118 + 2 \cdot 58 + 2 \cdot 14) \cdot 2mm \cdot 350 \; N/mm^2 \, (1-\delta) = 179 \, kN$

mit $\delta = 0{,}43 \cdot \frac{4{,}4mm}{120 + 260 + 2 \cdot 15}$

Σb_i, nicht Σb_{pi}

b) Druck Gurt $\frac{1{,}052}{\sqrt{k_\sigma}} \cdot \frac{b_p}{t} \sqrt{\frac{\sigma_d}{E}}$



$$\lambda_p = \frac{1.052}{\sqrt{4}} \cdot \frac{57{,}5}{2} \cdot \sqrt{\frac{350}{210000}} = 0{,}618 < 0{,}673$$

→ $\rho = 1$

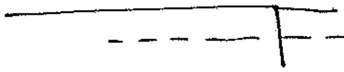
Lippen

$$\frac{c}{b_p} = \frac{13{,}5}{50{,}5} \leq 0{,}35 \quad \rightarrow \quad k_\sigma = 0{,}5$$

$$\lambda_p = \frac{1052}{\sqrt{0{,}5}} \cdot \frac{13{,}5}{2} \cdot \sqrt{\frac{350}{210000}} = 0{,}41 < 0{,}7$$

→ $\rho = 1$

$$A_R = \left(\frac{57,5}{2} + 13,5\right)\cdot 2 = 84,5\ mm^2$$



$z_s = 2,10$

$$J_R = \frac{57,5}{2}\cdot(2,10)^2\cdot 2 + 13,5\left(\frac{17,5}{2} - 2,16\right)^2\cdot 2 + \frac{13,5^3}{12}\cdot 2 =$$
$$= 1247\ mm^4$$

$$C_R = \frac{0,25\cdot E t^3}{(1-\nu^2)\cdot b_{p,gut}\left(b_p + 1,5\, b_{p,sty}\right)} =$$

$$= \frac{0,25\cdot 210000\cdot 2^3}{0,91\cdot 57,5^2\left(57,5 + 1,5\cdot 110\right)} = 0,595$$

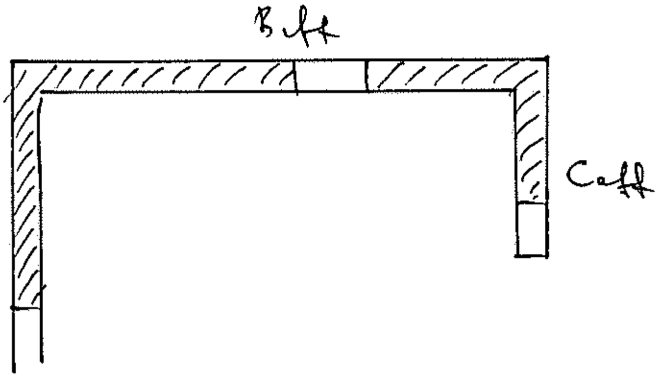
$$\sigma_{cri} = \frac{2\cdot\sqrt{210000\cdot 0,595\cdot 1247}}{84,5} = 295$$

$$\bar{\lambda}_m = \sqrt{\frac{350}{295}} = 1,19$$

$$\kappa_m = \left(\frac{1}{1+1,19^5}\right)^{0,4} = 0,61$$

$b_{eff} = 0,61\cdot\frac{57,5}{2} = 17,7\ mm$

$c_{eff} = 8,2\ mm$



Steg

$$\lambda_p = \frac{1052}{\sqrt{4}} \cdot \frac{110}{2} \sqrt{\frac{350}{210000}} = 1,27$$

$\varrho = 0,65$

$b_{eff} = 77\,mm$

$$N = \left(77\,mm + 2 \cdot \frac{37,5}{2}\,mm + 2 \cdot 17,7\,mm + 2 \cdot 8,2\,mm\right) 2\,mm \cdot 350\,N/mm^2 =$$
$$= 130\,kN$$

c)

$$C_R = \frac{0,25\;E I^3}{(1-\nu^2) \cdot b_p^2 \cdot (b_p + b_{p,sf})} =$$

$$= \frac{0,25 \cdot 210000 \cdot 2^3}{0,91 \cdot 37,5^2\,(37,5 + 110)} = 0,79$$

$\sigma_{cr} = 342$

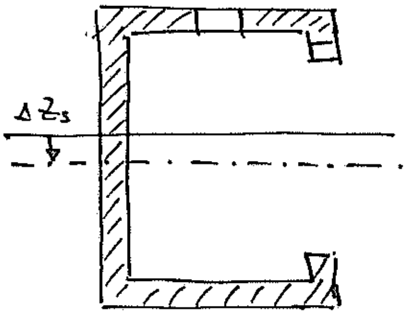
$\lambda = \sqrt{\frac{350}{341}}$ $\qquad k = 0,75$

$b_{eff} = 0,77 \cdot \frac{37,5}{2} = 22,1\,mm$

$c_{eff} = 10,4\,mm$

$$\lambda_p = \frac{1052}{\sqrt{235}} \cdot \frac{118}{2} \sqrt{\frac{350}{210000}} = 0{,}52$$

$$e = 1$$



$$z_s = \frac{118 \cdot \frac{118}{2} + 57{,}5 \cdot 118 + 13{,}5\left(118 - \frac{13{,}5}{2}\right) + 10{,}4 \cdot 10{,}4/2}{118 + 57{,}5 + \frac{57{,}5}{2} + 22 + 10{,}4 + 13{,}5} =$$

$$= \frac{15303}{250} = 61$$

$$\Delta z_s = \left| \frac{118}{2} - 61 \right| = 2\,\mathrm{mm}$$

$$I = \frac{118^3}{12} \cdot 2 + \frac{10{,}4^3 \cdot 2}{12} + \frac{13{,}5 \cdot 2}{12} + 37{,}5 \cdot \left(\frac{118}{2}\right)^2 \cdot 2 +$$

$$+ 118 \cdot 2 \cdot 2^2 + 13{,}5 \cdot 2 \cdot 57^2 + 10{,}4 \cdot 2\left(61 - \frac{10{,}4}{2}\right)^2 +$$

$$+ \frac{57{,}5}{2} \cdot 2 \cdot 61^2 + 22{,}1 \cdot 2 \cdot 61^2 = 1206607$$

$$W = \frac{I}{61} = 19780\,\mathrm{mm}^3 = 19{,}8\,\mathrm{cm}^3$$

$$M = 35{,}0 \cdot W = 692\,\mathrm{kNcm} = 6{,}9\,\mathrm{kNm}$$

Aufgabe 2 — 30 min

Bestimmen Sie für die in Abbildung 2.1 skizzierte, an zwei Seiten eingespannte und an zwei Seiten gelenkig gelagerte Platte aus S460N die Grenzlast F_d nach der Fließlinientheorie.

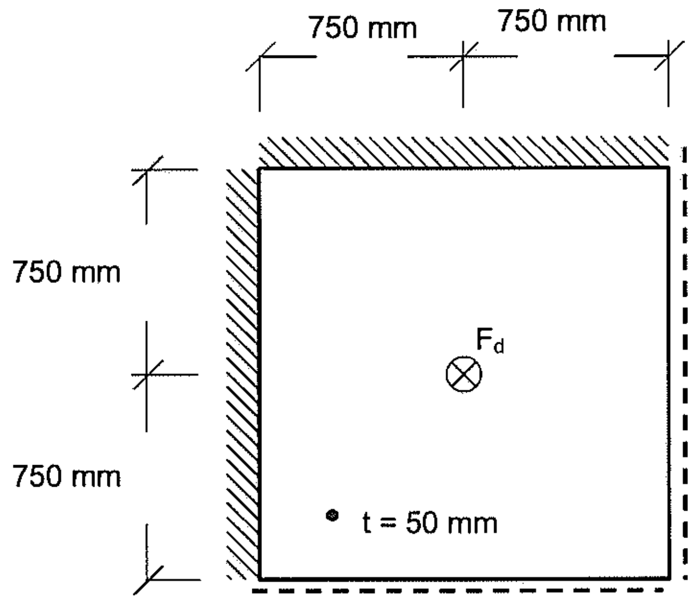
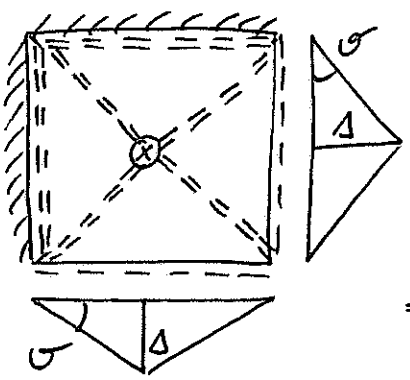


Abbildung 2.1



$\vartheta = \frac{\Delta}{750 mm}$

==== Fließlinie

$A_i = 2 \cdot 1500 \cdot m_{pl} \cdot \vartheta + 2 \cdot 4 \cdot 750 \cdot m_{pl} \cdot \vartheta = 12 \Delta \, m_{pl}$

$A_a = F \cdot \Delta$

$\Rightarrow F_d = 12 \, m_{pl} \quad ; \; m_{pl} = \frac{t^2}{4} \cdot f_{yd} = \frac{5^2}{4} \cdot \frac{43}{1{,}1}$

$F_d = \underline{2930 \, kN}$

Aufgabe 3 30 min

Eine Platte mit den Abmessungen Dicke t = 25 mm, Länge 1725 mm, Höhe 1500 mm aus S355JR ist allseitig gelenkig gelagert und wird durch die Spannung σ_x = 185 N/mm², τ = 65 N/mm² belastet. Das Randspannungsverhältnis ψ beträgt +0,85.

Führen Sie den Beulsicherheitsnachweis für die Platte.

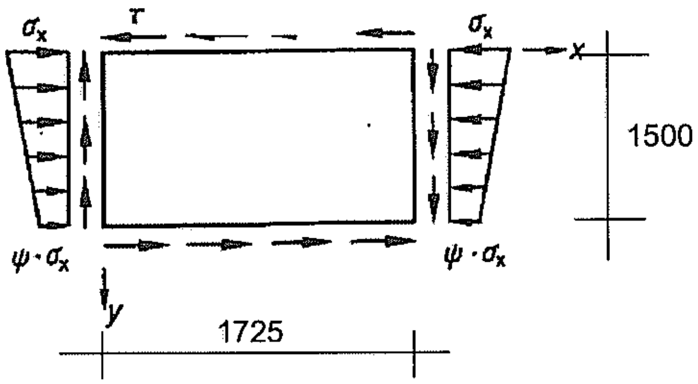
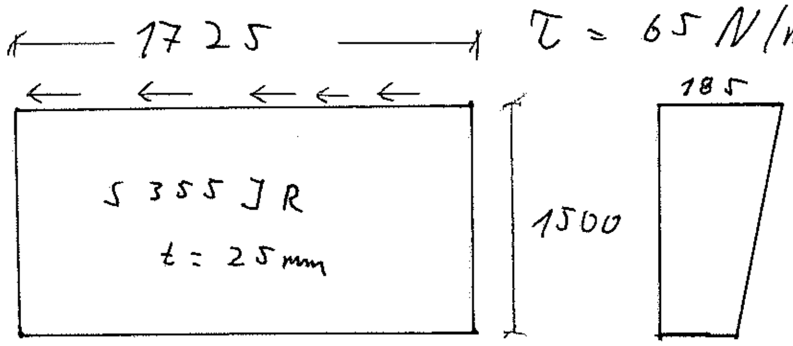


Abbildung 3.1

Aufgabe 3 DTPB He 2007



$\tau = 65\ N/mm^2$

$0{,}85 \cdot 185 = 157{,}25$

$$\alpha = \frac{1725}{1500} = 1{,}15$$

$$\alpha > 1 \qquad k_\sigma = \frac{8{,}4}{\psi + 1{,}1} = 4{,}37 \qquad k_\tau = 5{,}34 + \frac{4{,}0}{1{,}15^2} = 8{,}365$$

$$\sigma_{x,P,R,d} = k_\sigma \cdot f_{y,k} / \gamma_M = 0{,}747 \cdot \frac{360}{1{,}1} = 244{,}5$$

$$\tau_{PR,d} = \kappa_\tau \cdot f_{y,k} / \sqrt{3} \cdot \gamma_M = \frac{1 \cdot 360}{\sqrt{3} \cdot 1{,}1} = 189$$

$$\sigma_e = 189800 \frac{t^2}{b^2} = 52{,}72\ N/mm^2$$

$$\bar{\lambda}_P = \sqrt{\frac{360}{227{,}2}} = 1{,}2587 \quad , \quad c = 1{,}25 - 0{,}12 \cdot 0{,}85 = 1{,}148$$

$$\kappa_x = 1{,}14 \left(\frac{1}{1{,}259} - \frac{0{,}22}{(1{,}259)^2} \right) = 0{,}7474$$

$e_1 = 1{,}372$

$e_2 = 1{,}7474$

$$\tau_{pi} = 8{,}365 \cdot 52{,}72 = 455 \ MPa$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{360}{455 \cdot \sqrt{3}}} = 0{,}6759$$

$$\varkappa_\tau = \frac{0{,}84}{\bar{\lambda}_p} = 1{,}24 < 1 \quad \underline{= 1}$$

$$\frac{\sigma_{pi}}{\sigma_{ki}} = 4{,}37 \cdot 1{,}15^2 \cdot 1 = 5{,}7$$

$$\Lambda = 1{,}26^2 + 0{,}5 = 2{,}09 \begin{Bmatrix} \geq 2 \\ \leq 4 \end{Bmatrix} \checkmark$$

$$\rho = \frac{2{,}09 - 5{,}7}{2{,}09 - 1} = -3{,}31 < 0 \Rightarrow \text{kein Knickstab}$$

$$\left(\frac{185}{0{,}7476 \cdot \frac{360}{1{,}1}} \right)^{1{,}312} + \left(\frac{65}{\frac{360}{1{,}1 \cdot \sqrt{3}}} \right)^{1{,}7474}$$

$$0{,}6932 + 0{,}155 = \underline{0{,}8482 < 1}$$