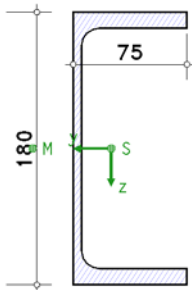


POS. 21: KINDMANN/KRÜGER 2.8.9

Querschnittsnachweis EC 3-1-8 (12.10), NA: Deutschland

1. Eingabeprotokoll

Maßstab 1:5.0



Stahl

Stahlgüte S235

Materialsicherheitsbeiwert

Beanspruchbarkeit von Querschnitten $\gamma_{M0} = 1.00$

Geometrie

Profil UPE180

Tragfähigkeit

elastischer Spannungsnachweis, Berechnung als dünnwandiger Querschnitt

plastischer Spannungsnachweis mit Teilschnittgrößen

zul. Normal-, Schub-, Vergleichsspannung: $\sigma_{x,Rd} = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{Rd} = 135.7 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_{v,Rd} = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Schnittgrößen bezogen auf die Querschnittsachsen

σ -erzeugende Kraftgrößen (N, M) wirken im Schwerpunkt, τ -erzeugende Kraftgrößen (V, T_t) wirken im Schubmittelpunkt

Verwölbungsgrößen (T_ω , B) wirken im Schubmittelpunkt

Lk	$M_{y,Ed}$ kNcm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNcm	$T_{t,Ed}$ kNcm	$T_{\omega,Ed}$ kNcm	B_{Ed} kNcm ²	
1	674.00	13.21	56.00	-105.00	-20.00	-338.00	
2	674.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	My
3	0.00	0.00	56.00	0.00	0.00	0.00	Mz
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-338.00	B
5	0.00	0.00	0.00	-105.00	0.00	0.00	Tt
6	0.00	13.21	0.00	0.00	0.00	0.00	Vz

Hinweise

Beulen wird nicht untersucht.

2. Lk 1

2.1. Querschnittsnachweis

Schnittgrößen: $M_y = 674.00 \text{ kNcm}$, $V_z = 13.21 \text{ kN}$, $M_z = 56.00 \text{ kNcm}$, $T_t = -105.00 \text{ kNcm}$, $T_\omega = -20.00 \text{ kNcm}$, $B = -338.00 \text{ kNcm}^2$

2.1.1. elastischer Spannungsnachweis

elastischer Spannungsnachweis für $M_y = 6.74 \text{ kNm}$, $V_z = 13.21 \text{ kN}$, $M_z = 0.56 \text{ kNm}$, $T_t = -1.05 \text{ kNm}$

$T_\omega = -0.20 \text{ kNm}$, $B = -0.03 \text{ kNm}^2$

elastische Spannungen: $\max |\sigma_x| = 67.15 \text{ N/mm}^2$, $\max \tau = 162.84 \text{ N/mm}^2$, $\max \sigma_v = 287.67 \text{ N/mm}^2$

$\max \sigma_x$ bei $y = 24.7 \text{ mm}$, $z = 90.0 \text{ mm}$: $\sigma_x = 47.94 \text{ N/mm}^2$, $\tau = -72.86 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_v = 135.00 \text{ N/mm}^2$

$\min \sigma_x$ bei $y = 24.7 \text{ mm}$, $z = -90.0 \text{ mm}$: $\sigma_x = -67.15 \text{ N/mm}^2$, $\tau = -152.62 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_v = 272.73 \text{ N/mm}^2$

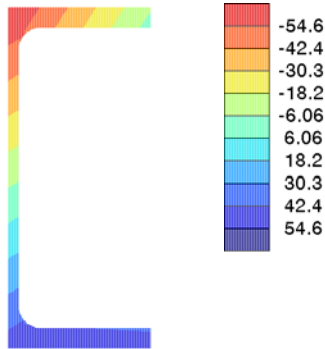
$\max \tau$ bei $y = 15.7 \text{ mm}$, $z = -76.0 \text{ mm}$: $\sigma_x = -56.65 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 162.84 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_v = 287.67 \text{ N/mm}^2$

$\max \sigma_v$ bei $y = 15.7 \text{ mm}$, $z = -76.0 \text{ mm}$: $\sigma_x = -56.65 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 162.84 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_v = 287.67 \text{ N/mm}^2$

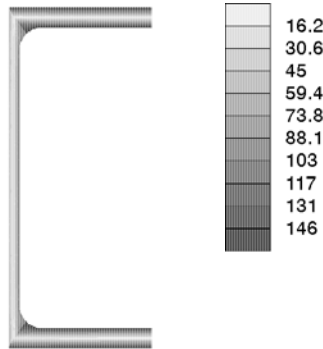
zul. Vergleichsspannung: $\sigma_{v,Rd} = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Nachweis: $\sigma_v = 287.67 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{v,Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_\sigma = 1.224 > 1$ **Fehler !!**

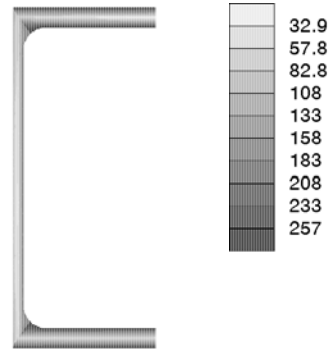
Normalspannungen σ_x [N/mm²]
min $\sigma_x = -68.2$, max $\sigma_x = 49.0$



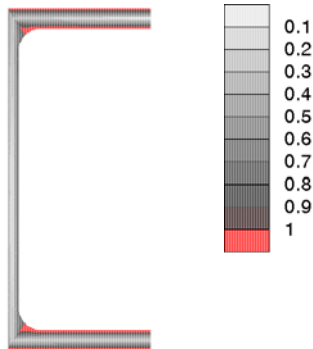
Schubspannungen τ [N/mm²]
max $\tau = 161.9$



Vergleichsspannungen σ_v [N/mm²]
max $\sigma_v = 285.6$



Ausnutzung U_σ
max $U_\sigma = 1.215$



Spannungen, Ausnutzungen

y mm	z mm	σ_x N/mm ²	τ N/mm ²	σ_v N/mm ²	U_σ
0.0	0.0	-68.21	152.18	272.26	1.159 > 1
-9.0	14.0	-53.92	161.90	285.56	1.215 > 1
0.0	180.0	48.97	152.18	268.09	1.141 > 1

y,z: Knotenkoordinaten; σ_x, τ, σ_v : Spannungen; U_σ : Spannungsausnutzung

2.1.2. plastischer Spannungsnachweis

plastischer Spannungsnachweis für $M_y = 6.74$ kNm, $V_z = 13.21$ kN, $M_z = 0.56$ kNm, $T_t = -1.05$ kNm

$T_\omega = -0.20$ kNm, $B = -0.03$ kNm²

zul. Normal-/Schubspannung: $\sigma_{x,Rd} = 235.0$ N/mm², $\tau_{Rd} = 135.7$ N/mm²

Obergurt: Querkraft $V_o = 1.16$ kN, Torsion $T_{po} = -0.46$ kNm, Schubspannung $\tau_o = 118.51$ N/mm² $\Rightarrow U_{\tau,o} = 0.873$
Gurtbiegung $M_{\sigma,o} = -0.71$ kNm, Biegespannung $\sigma_o = 25.97$ N/mm² $\Rightarrow U_{\sigma,o} = 0.227$
Grenznormalkräfte $N_{max,o} = 24.51$ kN, $N_{min,o} = -52.58$ kN

Untergurt: Querkraft $V_u = -1.16$ kN, Torsion $T_{pu} = -0.46$ kNm, Schubspannung $\tau_u = 118.51$ N/mm² $\Rightarrow U_{\tau,u} = 0.873$
Gurtbiegung $M_{\sigma,u} = 1.27$ kNm, Biegespannung $\sigma_u = 46.38$ N/mm² $\Rightarrow U_{\sigma,u} = 0.405$
Grenznormalkräfte $N_{max,u} = 62.13$ kN, $N_{min,u} = -11.23$ kN

Steg: Querkraft $V_s = 13.21$ kN, Torsion $T_{ps} = -0.14$ kNm, Schubspannung $\tau_s = 62.39$ N/mm² $\Rightarrow U_{\tau,s} = 0.460$
Grenznormalkräfte $N_{max,s} = 182.49$ kN, $N_{min,s} = -182.49$ kN

Hauptbieg.: Moment $M_y = 6.74$ kNm, Grenzmomente $M_{y,max} = 16.96$ kNm, $M_{y,min} = -10.24$ kNm $\Rightarrow U_{My} = 0.249$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): max $U = 0.896 < 1$ ok

3. Lk 2: M_y

3.1. Querschnittsnachweis

Schnittgrößen: $M_y = 674.00$ kNm

3.1.1. elastischer Spannungsnachweis

elastischer Spannungsnachweis für $M_y = 6.74$ kNm

elastische Spannungen: max $|\sigma_x| = 44.93$ N/mm², max $\tau = 0.00$ N/mm², max $\sigma_v = 44.93$ N/mm²

max σ_x bei $y = 24.7$ mm, $z = 90.0$ mm: $\sigma_x = 44.93$ N/mm², $\tau = 0.00$ N/mm², $\sigma_v = 44.93$ N/mm²

min σ_x bei $y = -50.3$ mm, $z = -90.0$ mm: $\sigma_x = -44.93$ N/mm², $\tau = 0.00$ N/mm², $\sigma_v = 44.93$ N/mm²

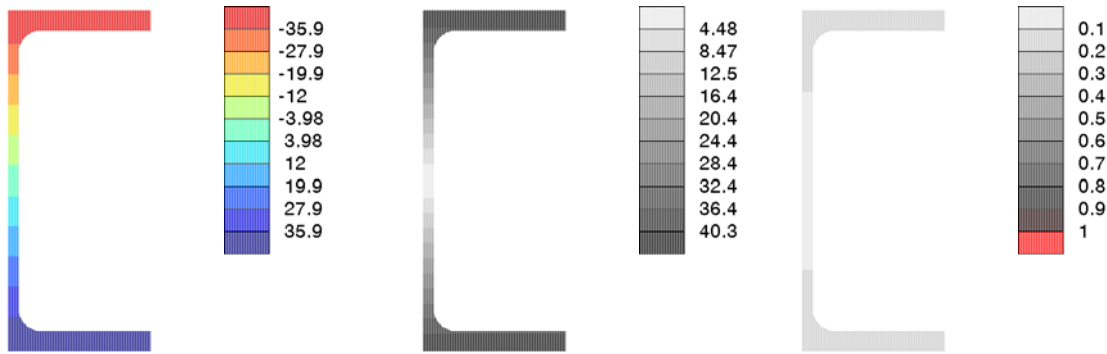
max σ_v bei $y = -50.3$ mm, $z = -90.0$ mm: $\sigma_x = -44.93$ N/mm², $\tau = 0.00$ N/mm², $\sigma_v = 44.93$ N/mm²

zul. Vergleichsspannung: $\sigma_{v,Rd} = 235.0$ N/mm²

Nachweis: $\sigma_v = 44.93$ N/mm² < $\sigma_{v,Rd} = 235.00$ N/mm² $\Rightarrow U_\sigma = 0.191 < 1$ ok

Normalspannungen σ_x [N/mm²]
min $\sigma_x = -44.8$, max $\sigma_x = 44.8$

Vergleichsspannungen σ_v [N/mm²] Ausnutzung U_σ
max $\sigma_v = 44.8$ max $U_\sigma = 0.191$



Spannungen, Ausnutzungen

y mm	z mm	σ_x N/mm ²	σ_v N/mm ²	U_σ
-75.0	0.0	-44.82	44.82	0.191
0.0	0.0	-44.82	44.82	0.191
0.0	180.0	44.82	44.82	0.191

y,z: Knotenkoordinaten; σ_x, σ_v : Spannungen; U_σ : Spannungsausnutzung

3.1.2. plastischer Spannungsnachweis

plastischer Spannungsnachweis für $M_y = 6.74$ kNm

zul. Normal-/Schubspannung: $\sigma_{x,Rd} = 235.0$ N/mm², $\tau_{Rd} = 135.7$ N/mm²

Obergurt: Gurtbiegung $M_{\sigma,O} = -1.19$ kNm, Biegespannung $\sigma_O = 43.44$ N/mm² $\Rightarrow U_{\sigma,O} = 0.185$

Grenznormalkräfte $N_{max,O} = 56.30$ kN, $N_{min,O} = -103.15$ kN

Untergurt: Gurtbiegung $M_{\sigma,U} = 1.19$ kNm, Biegespannung $\sigma_U = 43.44$ N/mm² $\Rightarrow U_{\sigma,U} = 0.185$

Grenznormalkräfte $N_{max,U} = 103.15$ kN, $N_{min,U} = -56.30$ kN

Steg: Grenznormalkräfte $N_{max,S} = 205.51$ kN, $N_{min,S} = -205.51$ kN

Hauptbieg.: Moment $M_y = 6.74$ kNm, Grenzmomente $M_{y,max} = 25.65$ kNm, $M_{y,min} = -17.71$ kNm $\Rightarrow U_{My} = 0.128$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): max $U = 0.185 < 1$ **ok**

4. Lk 3: Mz

4.1. Querschnittsnachweis

Schnittgrößen: $M_z = 56.00$ kNm

4.1.1. elastischer Spannungsnachweis

elastischer Spannungsnachweis für $M_z = 0.56$ kNm

elastische Spannungen: max $|\sigma_x| = 19.56$ N/mm², max $\tau = 0.00$ N/mm², max $\sigma_v = 19.56$ N/mm²

max σ_x bei $y = -50.3$ mm, $z = -84.8$ mm: $\sigma_x = 19.56$ N/mm², $\tau = 0.00$ N/mm², $\sigma_v = 19.56$ N/mm²

min σ_x bei $y = 24.7$ mm, $z = -90.0$ mm: $\sigma_x = -9.61$ N/mm², $\tau = 0.00$ N/mm², $\sigma_v = 9.61$ N/mm²

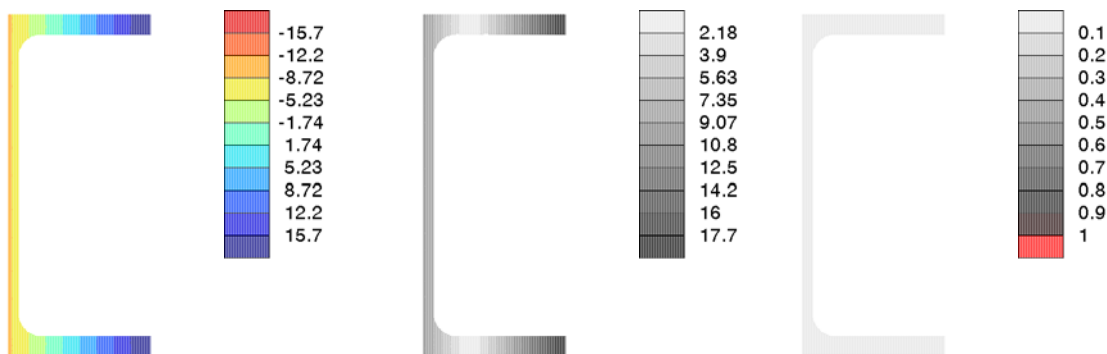
max σ_v bei $y = -50.3$ mm, $z = -84.8$ mm: $\sigma_x = 19.56$ N/mm², $\tau = 0.00$ N/mm², $\sigma_v = 19.56$ N/mm²

zul. Vergleichsspannung: $\sigma_{v,Rd} = 235.0$ N/mm²

Nachweis: $\sigma_v = 19.56$ N/mm² $< \sigma_{v,Rd} = 235.00$ N/mm² $\Rightarrow U_\sigma = 0.083 < 1$ **ok**

Normalspannungen σ_x [N/mm²]
min $\sigma_x = -9.6$, max $\sigma_x = 19.6$

Vergleichsspannungen σ_v [N/mm²] Ausnutzung U_σ
max $\sigma_v = 19.6$ max $U_\sigma = 0.083$



Spannungen, Ausnutzungen

y mm	z mm	σ_x N/mm ²	σ_v N/mm ²	U_σ
-75.0	0.0	19.61	19.61	0.083
-75.0	5.3	19.61	19.61	0.083
-75.0	10.5	19.61	19.61	0.083
0.0	0.0	-9.62	9.62	0.041

4.1.2. plastischer Spannungsnachweis

plastischer Spannungsnachweis für $M_z = 0.56 \text{ kNm}$

zul. Normal-/Schubspannung: $\sigma_{x,Rd} = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{Rd} = 135.7 \text{ N/mm}^2$

Obergurt: Gurtbiegung $M_{\sigma,o} = 0.28 \text{ kNm}$, Biegespannung $\sigma_o = 10.20 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma,o} = 0.043$
Grenznormalkräfte $N_{\max,o} = 86.23 \text{ kN}$, $N_{\min,o} = -75.28 \text{ kN}$

Untergurt: Gurtbiegung $M_{\sigma,u} = 0.28 \text{ kNm}$, Biegespannung $\sigma_u = 10.20 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma,u} = 0.043$
Grenznormalkräfte $N_{\max,u} = 86.23 \text{ kN}$, $N_{\min,u} = -75.28 \text{ kN}$

Steg: Grenznormalkräfte $N_{\max,s} = 205.51 \text{ kN}$, $N_{\min,s} = -205.51 \text{ kN}$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): $\max U = 0.047 < 1$ **ok**

5. Lk 4: B

5.1. Querschnittsnachweis

Schnittgrößen: $B = -338.00 \text{ kNm}^2$

5.1.1. elastischer Spannungsnachweis

elastischer Spannungsnachweis für $B = -0.03 \text{ kNm}^2$

elastische Spannungen: $\max |\sigma_x| = 17.78 \text{ N/mm}^2$, $\max \tau = 0.00 \text{ N/mm}^2$, $\max \sigma_y = 17.78 \text{ N/mm}^2$

$\max \sigma_x$ bei $y = -50.3 \text{ mm}$, $z = -84.8 \text{ mm}$: $\sigma_x = 17.78 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 0.00 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_y = 17.78 \text{ N/mm}^2$

$\min \sigma_x$ bei $y = -50.3 \text{ mm}$, $z = 84.8 \text{ mm}$: $\sigma_x = -17.78 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 0.00 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_y = 17.78 \text{ N/mm}^2$

$\max \sigma_y$ bei $y = -50.3 \text{ mm}$, $z = 84.8 \text{ mm}$: $\sigma_x = -17.78 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 0.00 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_y = 17.78 \text{ N/mm}^2$

zul. Vergleichsspannung: $\sigma_{v,Rd} = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Nachweis: $\sigma_y = 17.78 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{v,Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_\sigma = 0.076 < 1$ **ok**

Normalspannungen $\sigma_x \text{ [N/mm}^2]$

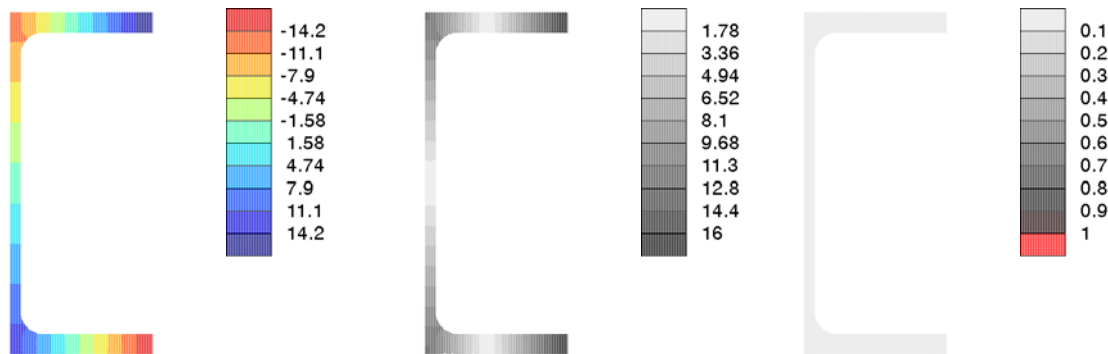
$\min \sigma_x = -17.8$, $\max \sigma_x = 17.8$

Vergleichsspannungen $\sigma_v \text{ [N/mm}^2]$

$\max \sigma_v = 17.8$

Ausnutzung U_σ

$\max U_\sigma = 0.076$



Spannungen, Ausnutzungen

y mm	z mm	σ_x N/mm ²	σ_y N/mm ²	U_σ
-75.0	0.0	17.78	17.78	0.076
-75.0	5.3	17.78	17.78	0.076
-75.0	10.5	17.78	17.78	0.076
-75.0	180.0	-17.78	17.78	0.076

y,z: Knotenkoordinaten; σ_x, σ_y : Spannungen; U_σ : Spannungsausnutzung

5.1.2. plastischer Spannungsnachweis

plastischer Spannungsnachweis für $B = -0.03 \text{ kNm}^2$

zul. Normal-/Schubspannung: $\sigma_{x,Rd} = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{Rd} = 135.7 \text{ N/mm}^2$

Obergurt: Gurtbiegung $M_{\sigma,o} = 0.20 \text{ kNm}$, Biegespannung $\sigma_o = 7.27 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma,o} = 0.031$
Grenznormalkräfte $N_{\max,o} = 84.68 \text{ kN}$, $N_{\min,o} = -76.88 \text{ kN}$

Untergurt: Gurtbiegung $M_{\sigma,u} = -0.20 \text{ kNm}$, Biegespannung $\sigma_u = 7.27 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\sigma,u} = 0.031$
Grenznormalkräfte $N_{\max,u} = 76.88 \text{ kN}$, $N_{\min,u} = -84.68 \text{ kN}$

Steg: Grenznormalkräfte $N_{\max,s} = 205.51 \text{ kN}$, $N_{\min,s} = -205.51 \text{ kN}$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): $\max U = 0.041 < 1$ **ok**

6. Lk 5: Tt

6.1. Querschnittsnachweis

Schnittgrößen: $T_t = -105.00 \text{ kNm}$

6.1.1. elastischer Spannungsnachweis

elastischer Spannungsnachweis für $T_t = -1.05 \text{ kNm}$

elastische Spannungen: $\max |\sigma_x| = 0.00 \text{ N/mm}^2$, $\max \tau = 157.73 \text{ N/mm}^2$, $\max \sigma_v = 273.19 \text{ N/mm}^2$

$\max \sigma_v$ bei $y = -36.4 \text{ mm}$, $z = -79.5 \text{ mm}$: $\sigma_x = 0.00 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 157.73 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_v = 273.19 \text{ N/mm}^2$

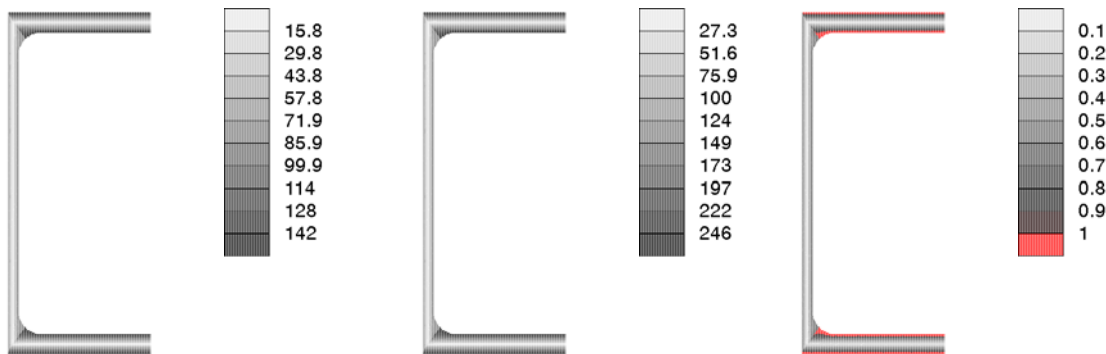
zul. Vergleichsspannung: $\sigma_{v,Rd} = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Nachweis: $\sigma_v = 273.19 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{v,Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_\sigma = 1.163 > 1$ **Fehler !!**

Schubspannungen τ [N/mm²]
max $\tau = 157.7$

Vergleichsspannungen σ_v [N/mm²]
max $\sigma_v = 273.2$

Ausnutzung U_σ
max $U_\sigma = 1.163$



Spannungen, Ausnutzungen

y mm	z mm	τ N/mm ²	σ_v N/mm ²	U_σ
-75.0	0.0	157.73	273.19	1.163 > 1
-75.0	10.5	157.73	273.19	1.163 > 1
0.0	0.0	157.73	273.19	1.163 > 1

y,z: Knotenkoordinaten; τ, σ_v : Spannungen; U_σ : Spannungsausnutzung

6.1.2. plastischer Spannungsnachweis

plastischer Spannungsnachweis für $T_t = -1.05 \text{ kNm}$

zul. Normal-/Schubspannung: $\sigma_{x,Rd} = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{Rd} = 135.7 \text{ N/mm}^2$

Obergurt: Torsion $T_{pO} = -0.46 \text{ kNm}$, Schubspannung $\tau_O = 118.49 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\tau,O} = 0.873$

Grenznormalkräfte $N_{\max,O} = 39.37 \text{ kN}$, $N_{\min,O} = -39.37 \text{ kN}$

Untergurt: Torsion $T_{pU} = -0.46 \text{ kNm}$, Schubspannung $\tau_U = 118.49 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\tau,U} = 0.873$

Grenznormalkräfte $N_{\max,U} = 39.37 \text{ kN}$, $N_{\min,U} = -39.37 \text{ kN}$

Steg: Torsion $T_{pS} = -0.14 \text{ kNm}$, Schubspannung $\tau_S = 58.74 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_{\tau,S} = 0.433$

Grenznormalkräfte $N_{\max,S} = 185.25 \text{ kN}$, $N_{\min,S} = -185.25 \text{ kN}$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): max $U = 0.876 < 1$ **ok**

7. Lk 6: Vz

7.1. Querschnittsnachweis

Schnittgrößen: $V_z = 13.21 \text{ kN}$

7.1.1. elastischer Spannungsnachweis

elastischer Spannungsnachweis für $V_z = 13.21 \text{ kN}$

elastische Spannungen: $\max |\sigma_x| = 0.00 \text{ N/mm}^2$, $\max \tau = 15.37 \text{ N/mm}^2$, $\max \sigma_v = 26.63 \text{ N/mm}^2$

$\max \tau$ bei $y = 22.0 \text{ mm}$, $z = 0.0 \text{ mm}$: $\sigma_x = 0.00 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 15.37 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_v = 26.63 \text{ N/mm}^2$

$\max \sigma_v$ bei $y = 22.0 \text{ mm}$, $z = 0.0 \text{ mm}$: $\sigma_x = 0.00 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 15.37 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_v = 26.63 \text{ N/mm}^2$

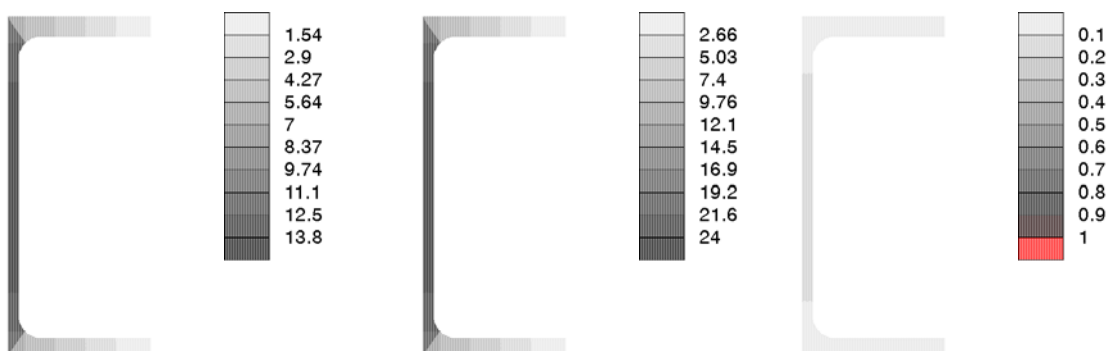
zul. Vergleichsspannung: $\sigma_{v,Rd} = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Nachweis: $\sigma_v = 26.63 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{v,Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_\sigma = 0.113 < 1$ **ok**

Schubspannungen τ [N/mm²]
max $\tau = 15.4$

Vergleichsspannungen σ_v [N/mm²]
max $\sigma_v = 26.6$

Ausnutzung U_σ
max $U_\sigma = 0.113$



Spannungen, Ausnutzungen

y mm	z mm	τ N/mm ²	σ_v N/mm ²	U_σ
0.0	90.0	15.37	26.63	0.113
-5.5	90.0	15.37	26.63	0.113
-2.8	90.0	15.37	26.63	0.113

y,z: Knotenkoordinaten; τ, σ_v : Spannungen; U_σ : Spannungsausnutzung

7.1.2. plastischer Spannungsnachweis

plastischer Spannungsnachweis für $V_z = 13.21$ kN

zul. Normal-/Schubspannung: $\sigma_{x,Rd} = 235.0$ N/mm², $\tau_{Rd} = 135.7$ N/mm²

Obergurt: Querkraft $V_o = 2.34$ kN, Schubspannung $\tau_o = 2.97$ N/mm² $\Rightarrow U_{\tau,o} = 0.022$

Grenznormalkräfte $N_{max,o} = 80.79$ kN, $N_{min,o} = -80.79$ kN

Untergurt: Querkraft $V_u = -2.34$ kN, Schubspannung $\tau_o = 2.97$ N/mm² $\Rightarrow U_{\tau,u} = 0.022$

Grenznormalkräfte $N_{max,u} = 80.79$ kN, $N_{min,u} = -80.79$ kN

Steg: Querkraft $V_s = 13.21$ kN, Schubspannung $\tau_s = 15.11$ N/mm² $\Rightarrow U_{\tau,s} = 0.111$

Grenznormalkräfte $N_{max,s} = 204.23$ kN, $N_{min,s} = -204.23$ kN

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): max $U = 0.111 < 1$ **ok**

8. Endergebnis

Maximale Ausnutzung [Lk 1]: Tragfähigkeit max $U = 1.224 > 1$ **Fehler !!**

Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!