

1. Eingabedaten

1.1. Allgemeine Angaben

Stabilitätsnachweise nach EN 1993-1-1

c/t-Nachweis (Querschnittsklassifizierung)

Biegedrillknicken nach dem Ersatzstabverfahren für N+My, Interaktionsnachweis nur mit Gl. (6.61)

1.2. Materialsicherheit

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

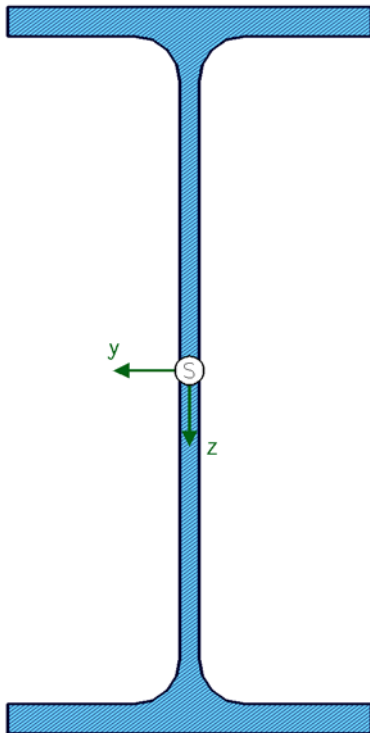
Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen $\gamma_{M1} = 1.10$

1.3. Querschnitt

Material: S355 (St52) ($E = 210000 \text{ N/mm}^2$, $G = 80769 \text{ N/mm}^2$, $f_{y,k} = 355 \text{ N/mm}^2$)

Profil: IPE240

Schnitt Maßstab 1:2.5



1.4. Profilwerte (auf den Schwerpunkt S bezogen)

$I_y = 3890.0 \text{ cm}^4$, $I_z = 284.0 \text{ cm}^4$, $I_{yz} = 3890.0 \text{ cm}^4$, $I_{\eta} = 284.0 \text{ cm}^4$, $\alpha = 0.0^\circ$

$I_{\omega} = 37390.0 \text{ cm}^6$, $I_T = 12.9 \text{ cm}^4$

$W_y = 324.0 \text{ cm}^3$, $W_z = 47.3 \text{ cm}^3$, $W_{pl,y} = 367.0 \text{ cm}^3$, $W_{pl,z} = 74.0 \text{ cm}^3$

$z_{m,y} = 0.0 \text{ mm}$, $z_{m,z} = -0.0 \text{ mm}$, $A = 39.1 \text{ cm}^2$, Querschnitt ist verdrehweich

1.5. Lastangriffspunkt (auf den Mittelpunkt des umgebenden Rechtecks bezogen)

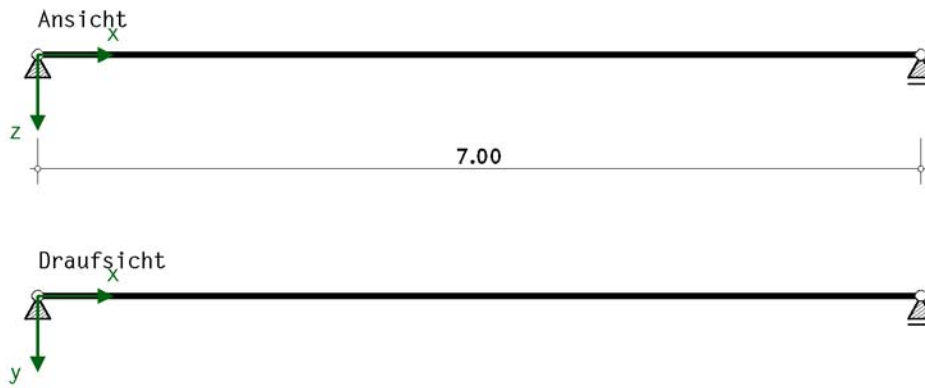
$y_{\text{Last}} = 0.0 \text{ mm}$ (Schwerpunkt)

$z_{\text{Last}} = -120.0 \text{ mm}$ (Profiloberkante)

1.6. Statisches System

Alle Lager als Gabellager, Stablänge 7.000 [m]

Kein Zwischenlager in z-Richtung, kein Zwischenlager in y-Richtung



1.7. Knickbeiwerte

⊥ y-Achse: $\beta_y = 1.000$, ⊥ z-Achse: $\beta_z = 1.000$

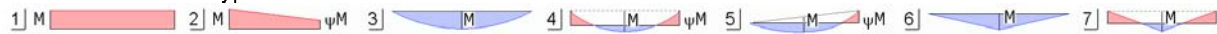
Wölbeinspanngrad $\beta_0 = 1.000$

1.8. Bemessungsschnittgrößen (Lastkombinationen)

Lk	Nd kN	Typ - y -	M _{0y,d} kNm	ψ _y -	k _{c,y} -	ζ _y -
1	230.70	5	183.75	0.708	0.910	1.778
2	100.00	3	50.00	1.000	0.940	1.128

Nd: konstante Normalkraft im Stab; Typ (y): Momentenverlaufstyp je Richtung; M_{0y,d}, ψ_y: Bezugsgrößen des Momentenverlaufs
k_{c,y}, ζ_y: Beiwerte für die Berechnung

Momentenverlaufstypen



1.9. Drehelastische Bettung durch Trapezbleche , t_{nom} = 1.00 mm

Schubfeldsteifigkeit

ideeller Schubmodul $G_s = 10^4 / (K_1 + K_2/L_s) = 8000.0 \text{ kN/m}$

mit $K_1 = 1.200 \text{ m/kN}$, $K_2 = 1.000 \text{ m}^2/\text{kN}$, $L_s = 20.000 \text{ m}$

Schubfeldsteifigkeit $S = G_s \cdot L_s = 160000.0 \text{ kN}$

Schubfeldsteifigkeit je Träger $S_i = S/n = 26666.7 \text{ kN}$ mit $n = 6$

erforderliche Schubfeldsteifigkeit je Träger erf $S_i = (E \cdot I_{\omega} \cdot \pi^2/L^2 + G \cdot I_T + E \cdot I_{z1} \cdot \pi^2/L^2 \cdot h^2/4) \cdot 70/h^2 = 16686.5 \text{ kN}$

mit $h = 240.0 \text{ mm}$, $L = 7.000 \text{ m}$, $I_{\omega} = 37390.00 \text{ cm}^6$, $I_T = 12.90 \text{ cm}^4$, $I_z = 284.00 \text{ cm}^4$

vorh $S_i = 26666.7 \text{ kN} \geq \text{erf } S_i = 16686.5 \text{ kN} \Rightarrow \text{gebundene Drehachse}$

Drehbettung

Freie Eingabe der Profilparameter

$C_{100} = 5.2 \text{ kNm/m}$, $b_{T,\max} = 40 \text{ mm}$ entsprechend EC 3-1-3, Tab. 10.3 Zeile 1

$A = 12.00 \text{ kN/m}$ (Auflast, die zwischen Blech und Träger wirkt), $b_R = 280.0 \text{ mm}$, $b_T = 40.0 \text{ mm}$

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$, $c = 7.000 \text{ m}$ (Knicklänge), $I_{\text{eff}} = 1230000 \text{ mm}^4$, $s = 4.000 \text{ m}$ (Stützweite)

$C_{D,B}$: Berechnung nach DIN 18800, $C_{D,c}$: Endfeld und gleichsinnige Verdrehung der Träger

$k_{ba} = 1.440$, $k_t = 1.372$, $k_{bR} = 0.661$, $k_A = 2.045$, $k_{bT} = 1.000$

$C_{D,A} = 13.884 \text{ kNm/m}$, $C_{D,B} = 53.880 \text{ kNm/m}$, $C_{D,c} = 258.300 \text{ kNm/m}$, $C_D = 10.587 \text{ kNm/m} \Rightarrow I_T^* = 77.97 \text{ cm}^4$

$I_T^* = I_T + \Delta I_T$ mit $I_T = 12.90 \text{ cm}^4$, $\Delta I_T = (C_D \cdot c^2)/(G \cdot \pi^2) = 65.07 \text{ cm}^4$, $C_D = 10.587 \text{ kNm/m}$, $c = 7.000 \text{ m}$

2. Nachweise

2.1. Querschnittsklassifizierung

2.1.1. Lastkombination 1 $\Rightarrow$ Querschnittsklasse 1

Nr	c mm	t mm	c/t -	ε -	σ ₁ N/mm ²	σ ₂ N/mm ²	Tab 5.2	α -	ψ -	k _σ -	Klasse -
1	41.9	9.8	4.28	0.814	443.94	443.94	Eins. 1/1	---	---	---	1
2	41.9	9.8	4.28	0.814	443.94	443.94	Eins. 1/1	---	---	---	1
3	190.4	6.2	30.71	0.814	377.38	-259.38	Beids. 3/1	0.775	---	---	1
4	41.9	9.8	4.28	0.814	-325.93	-325.93	-----	---	---	---	---
5	41.9	9.8	4.28	0.814	-325.93	-325.93	-----	---	---	---	---

2.1.2. Lastkombination 2 $\Rightarrow$ Querschnittsklasse 1

Nr	c mm	t mm	c/t -	ε -	σ_1 N/mm ²	σ_2 N/mm ²	Tab 5.2	α -	ψ -	k_σ -	Klasse -
1	41.9	9.8	4.28	0.814	173.52	173.52	Eins. 1/1	---	---	---	1
2	41.9	9.8	4.28	0.814	173.52	173.52	Eins. 1/1	---	---	---	1
3	190.4	6.2	30.71	0.814	147.94	-96.79	Beids. 3/1	0.619	---	---	1
4	41.9	9.8	4.28	0.814	-122.37	-122.37	-----	---	---	---	---
5	41.9	9.8	4.28	0.814	-122.37	-122.37	-----	---	---	---	---

Druckspannungen haben entsprechend EC 3 ein positives Vorzeichen.

Die Nachweise erfolgen in der **vorgegebenen** Querschnittsklasse 2: $U_{c/t} = 0.751 < 1$ **ok**

2.2. Biegedrillknicken

2.2.1. Biegeknicken für Normalkraft

2.2.1.1. Ausnutzungen

Lk	N_d kN	U_y -	U_z -
1	0.00	0.000	0.000
2	100.00	0.110	1.009

2.2.2. Biegedrillknicken für Biegung um die y-Achse

2.2.3. Lastkombination 1

erforderliche Drehbettung, um Biegedrillknicken zu vermeiden, erf $C_{9,k} = M_{pl,y,k}^2 / (E \cdot I_z) \cdot K_9 \cdot K_v = 1.138$ kNm/m
mit $M_{pl,y,k} = 130.29$ kNm, $E = 210000.0$ N/mm², $I_z = 284.00$ cm⁴

$K_9 = 0.04$ für Knicklinie b (gebundene Drehachse), $K_v = 1.00$ für Q-Klasse 2 (elastische Berechnung)

$C_D = 10.587$ kNm/m $\geq$ erf $C_{9,k} = 1.138$ kNm/m $\Rightarrow$ Biegedrillknicknachweis nicht erforderlich

2.2.4. Lastkombination 2

erforderliche Drehbettung, um Biegedrillknicken zu vermeiden, erf $C_{9,k} = M_{pl,y,k}^2 / (E \cdot I_z) \cdot K_9 \cdot K_v = 0.000$ kNm/m
mit $M_{pl,y,k} = 130.29$ kNm, $E = 210000.0$ N/mm², $I_z = 284.00$ cm⁴

$K_9 = 0.00$ für Knicklinie b (gebundene Drehachse), $K_v = 1.00$ für Q-Klasse 2 (elastische Berechnung)

erf $C_{9,k} = 0 \Rightarrow$ Biegedrillknicknachweis erforderlich

Momentenbeiwerte für Drehbettung und Schubfeldsteifigkeit:

$\zeta_{09} = 1.128$, $\zeta_{0S} = 1.128$

kritisches Moment aus Drehbettung:

$M_{cr,9} = \alpha_{cr} \cdot M_{Ed} = 91.54$ kNm mit $\alpha_{cr} = 1.831$, $M_{Ed} = 50.00$ kNm

kritisches Moment aus Schubfeldsteifigkeit:

$M_{cr,S} = \alpha_{cr} \cdot M_{Ed} = 7219.58$ kNm mit $\alpha_{cr} = 144.392$, $M_{Ed} = 50.00$ kNm

kritisches Moment: $M_{cr} = M_{cr,9} + M_{cr,S} = 7311.13$ kNm

2.2.4.1. Ausnutzungen

Lk	M_{cr} kNm	λ_{LT} -	f -	Φ_{LT} -	χ_{LT} m	$\chi_{LT,mod}$ m	M_{Ed} kNm	$M_{b,Rd}$ kNm	U -
1	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	7311.13	0.133	0.997	0.461	1.000	1.000	50.00	118.44	0.422

2.2.5. Interaktion

Lk	G_I -	C_{my} -	k_{yy} -	C_{mLT} -	k_{zy} -	U -
1	(6.61)	0.000	0.000	0.000	---	0.000
	(6.62)	---	---	0.000	0.000	0.000
2	(6.61)	0.950	1.025	0.950	---	0.542
	(6.62)	---	---	0.950	0.856	1.371

max U = 1.371 > 1 **nicht ok !!**

3. Endergebnis

Maximale Ausnutzung U = 1.371 > 1 **nicht ok !!**

c/t-Ausnutzung U = 0.751 < 1 **ok**

Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!