

1. Eingabedaten

1.1. Allgemeine Angaben

Stabilitätsnachweise nach EN 1993-1-1

c/t-Nachweis (Querschnittsklassifizierung)

Biegedrillknicken nach dem Ersatzstabverfahren für M_y

1.2. Materialicherheit

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

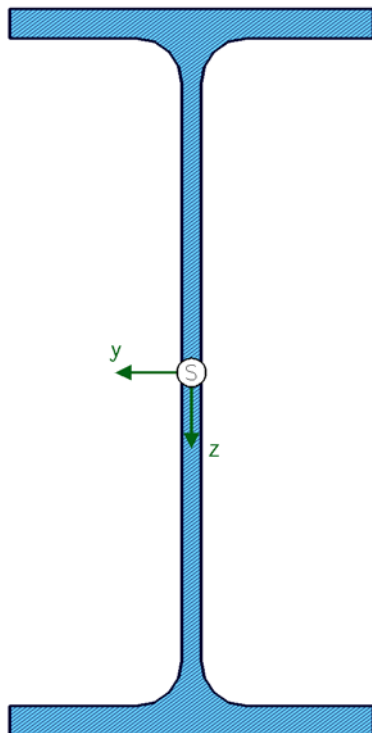
Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen $\gamma_{M1} = 1.10$

1.3. Querschnitt

Material: S235 (St37) ($E = 210000 \text{ N/mm}^2$, $G = 80769 \text{ N/mm}^2$, $f_{y,k} = 235 \text{ N/mm}^2$)

Profil: IPE240

Schnitt Maßstab 1:2.5



1.4. Profilwerte (auf den Schwerpunkt S bezogen)

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

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

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

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

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

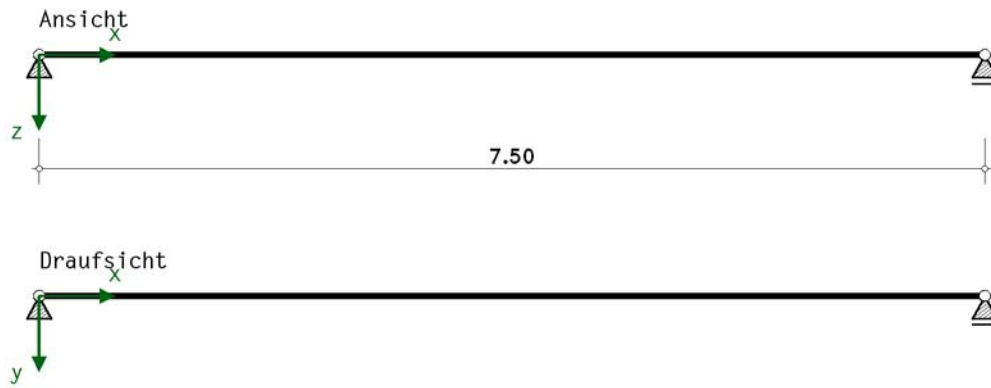
$y_{\text{Last}} = 0.0 \text{ mm}$ (Schwerpunkt)

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

1.6. Statisches System

Alle Lager als Gabellager, Stablänge 7.500 [m]

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



1.7. Knickbeiwerte

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

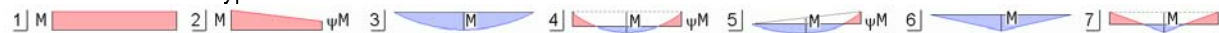
Wölbeinspanngrad $\beta_0 = 1.000$

1.8. Bemessungsschnittgrößen (Lastkombinationen)

Lk	Typ	$M_{0y,d}$ kNm	ψ_y	$k_{c,y}$	ζ_y
1	5	102.00	0.768	0.910	1.859

Typ (y): Momentenverlaufstyp je Richtung; $M_{0y,d}, \psi_y$: Bezugsgrößen des Momentenverlaufs; $k_{c,y}, \zeta_y$: Beiwerte für die Berechnung

Momentenverlaufstypen



1.9. Drehelastische Bettung durch Trapezbleche Hoesch T 35.1, $t_{nom} = 1.00$ mm

Schubfeldsteifigkeit

ideeller Schubmodul $G_S = 10^4 / (K_1 + K_2/L_S) = 24038.5$ kN/m

mit $K_1 = 0.149$ m/kN, $K_2 = 2.670$ m²/kN, $L_S = 10.000$ m

Schubfeldsteifigkeit $S = G_S \cdot L_S \cdot 0.2 = 48076.9$ kN

Schubfeldsteifigkeit je Träger $S_i = S/n = 8012.8$ kN mit $n = 6$

erforderliche Schubfeldsteifigkeit je Träger erf $S_i = (E \cdot I_{\omega} \cdot \pi^2 / L^2 + G \cdot I_T + E \cdot I_{zI} \cdot \pi^2 / L^2 \cdot h^2 / 4) \cdot 70 / h^2 = 16167.8$ kN

mit $h = 240.0$ mm, $L = 7.500$ m, $I_{\omega} = 37390.00$ cm⁶, $I_T = 12.90$ cm⁴, $I_z = 284.00$ cm⁴

vorh $S_i = 8012.8$ kN < erf $S_i = 16167.8$ kN $\Rightarrow$ freie Drehachse

Drehbettung

$C_{100} = 3.1$ kNm/m, $b_{T,max} = 40$ mm entsprechend EC 3-1-3, Tab. 10.3 Zeile 2

$A = 12.00$ kN/m (Auflast, die zwischen Blech und Träger wirkt), $b_R = 207.0$ mm, $b_T = 40.0$ mm

$E = 210000$ N/mm², $c = 7.500$ m (Knicklänge), $I_{eff} = 203000$ mm⁴, $s = 2.000$ m (Stützweite)

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

$k_{ba} = 1.440$, $k_t = 1.372$, $k_{bR} = 0.894$, $k_A = 2.045$, $k_{bT} = 1.000$

$C_{D,A} = 11.196$ kNm/m, $C_{D,B} = 54.354$ kNm/m, $C_{D,c} = 85.260$ kNm/m, $C_D = 8.372$ kNm/m $\Rightarrow I_T^* = 71.97$ cm⁴

$I_T^* = I_T + \Delta I_T$ mit $I_T = 12.90$ cm⁴, $\Delta I_T = (C_D \cdot c^2) / (G \cdot \pi^2) = 59.07$ cm⁴, $C_D = 8.372$ kNm/m, $c = 7.500$ 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	1.000	231.79	231.79	Eins. 1/1	---	---	---	1
2	41.9	9.8	4.28	1.000	231.79	231.79	Eins. 1/1	---	---	---	1
3	190.4	6.2	30.71	1.000	191.71	-191.71	Beids. 1/1	---	---	---	1
4	41.9	9.8	4.28	1.000	-231.79	-231.79	-----	---	---	---	---
5	41.9	9.8	4.28	1.000	-231.79	-231.79	-----	---	---	---	---

Druckspannungen haben entsprechend EC 3 ein positives Vorzeichen.

Die Nachweise erfolgen in der vorgegebenen Querschnittsklasse 1: $U_{\sigma t} = 0.475 < 1$ ok

2.2. Biegedrillknicken für Biegung um die y-Achse

$c^2 = 568701$ mm², Knicklinie $b \Rightarrow \alpha_{LT} = 0.34$, $N_{cr} = 104.64$ kN

2.2.1. Lastkombination 1

Momentenbeiwerte für Drehbettung und Schubfeldsteifigkeit:

verbessertes Verfahren: $\zeta_{0s} = 1.761$, $\zeta_{os} = 0.230$ für $\beta_w = 1.132$, $\psi = 0.768$

kritisches Moment aus Drehbettung:

$M_{cr,s} = \alpha_{cr} \cdot M_{Ed} = 95.42 \text{ kNm}$ mit $\alpha_{cr} = 1.218$, $M_{Ed} = 78.34 \text{ kNm}$

kritisches Moment aus Schubfeldsteifigkeit:

$M_{cr,S} = \alpha_{cr} \cdot M_{Ed} = 339.11 \text{ kNm}$ mit $\alpha_{cr} = 4.329$, $M_{Ed} = 78.34 \text{ kNm}$

kritisches Moment: $M_{cr} = M_{cr,s} + M_{cr,S} = 434.53 \text{ kNm}$

2.2.2. 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	434.53	0.446	0.966	0.582	0.982	1.000	78.34	78.40	0.999

max U = 0.999 < 1 **ok**

3. Endergebnis

Maximale Ausnutzung U = 0.999 < 1 **ok**

c/t-Ausnutzung U = 0.475 < 1 **ok**

Nachweis erbracht

4. Ausgewählte Bemessungsparameter des nationalen Anhangs

DIN EN 1993-1-1 (EC 3, Hochbau), NA Deutschland

Kapitel	Wert	Bedeutung
6.1(1)	ständige/vorüberg. Situation $\gamma_{M0} = 1.00$ $\gamma_{M1} = 1.10$ $\gamma_{M2} = 1.25$	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustahl Querschnittsversagen Stabilitätsversagen Bruchversagen infolge Zug
	außergewöhnliche Situation $\gamma_{M0} = 1.00$ $\gamma_{M1} = 1.00$ $\gamma_{M2} = 1.25$	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustahl Querschnittsversagen Stabilitätsversagen Bruchversagen infolge Zug
6.3.2.2(2)	Faktor f zur Modifizierung von χ_{LT} ansetzen	Biegedrillknicken Allgemeiner Fall
6.3.2.3(1)	$\lambda_{LT,0} = 0.40$ $\beta = 0.75$	Schlankheitsgrad Gl. (6.75) Korrekturfaktor Gl. (6.75)
6.3.2.3(2)	Beiwert k_c aus Tabelle 6.6	Berechnung des Abminderungsfaktors χ_{LT}

DIN EN 1993-1-2 (EC 3, Brandfall), NA Deutschland

Kapitel	Wert	Bedeutung
2.3(1)	Brandfall $\gamma_{M,fi} = 1.00$	Teilsicherheitsbeiwert für mechanisches Versagen