

1. Eingabedaten

1.1. Allgemeine Angaben

Stabilitätsnachweise nach EN 1993-1-1

c/t-Nachweis (Querschnittsklassifizierung)

Spannungsnachweis am Stabende

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

1.2. Materialsicherheit

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

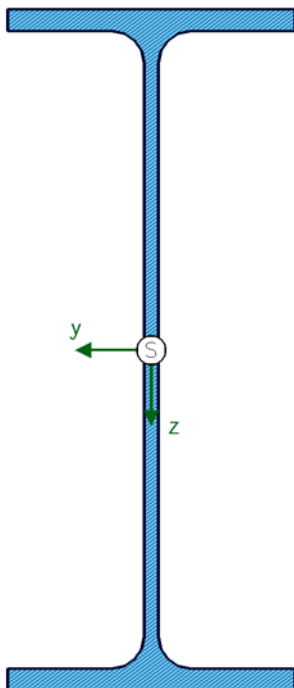
Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen $\gamma_{M1} = 1.10$

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: IPE450

Schnitt Maßstab 1:5.0



1.4. Profilwerte (auf den Schwerpunkt S bezogen)

$I_y = 33740.0 \text{ cm}^4$, $I_z = 1680.0 \text{ cm}^4$, $I_{yz} = 33740.0 \text{ cm}^4$, $I_{\eta} = 1680.0 \text{ cm}^4$, $\alpha = 0.0^\circ$

$I_{\omega} = 791000.0 \text{ cm}^6$, $I_T = 67.1 \text{ cm}^4$

$W_y = 1500.0 \text{ cm}^3$, $W_z = 176.0 \text{ cm}^3$, $W_{pl,y} = 1702.0 \text{ cm}^3$, $W_{pl,z} = 275.0 \text{ cm}^3$

$z_{m,y} = 0.0 \text{ mm}$, $z_{m,z} = 0.0 \text{ mm}$, $A = 98.8 \text{ cm}^2$, Querschnitt ist verdrehweich

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

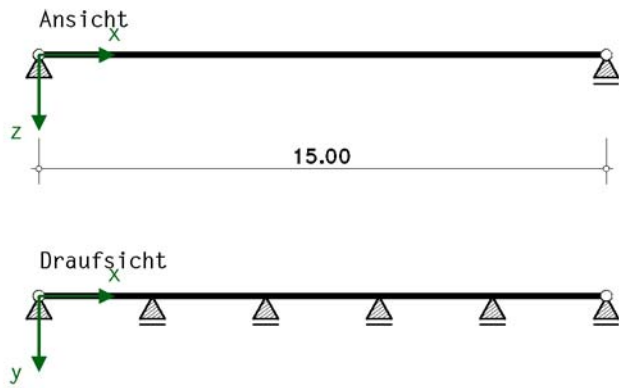
$y_{\text{Last}} = 0.0 \text{ mm}$ (Schwerpunkt)

$z_{\text{Last}} = -225.0 \text{ mm}$ (Profiloberkante)

1.6. Statisches System

Alle Lager als Gabellager, Stablänge 15.000 [m]

Kein Zwischenlager in z-Richtung, 4 Zwischenlager in y-Richtung



1.7. Knickbeiwerte

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

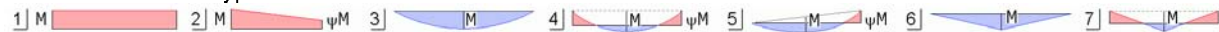
Wölbeinspanngrad $\beta_0 = 1.000$

1.8. Bemessungsschnittgrößen (Lastkombinationen)

Lk	N _d kN	Typ - y -	M _{0y,d} kNm	ψ _y -	k _{c,y} -	ζ _y -	V _{z,d} kN
1	24.00	5	393.80	0.798	0.910	1.993	-230.70

N_d: 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; V_{z,d}: maximale Querkraft am Stabende

Momentenverlaufstypen



1.9. Drehelastische Bettung durch 4 Querträger

Profil IPE180

h = 180.0 mm, t_w = 5.3 mm, b_f = 91.0 mm, t_f = 8.0 mm, r = 9.0 mm

A = 23.95 cm², I_y = 1316.94 cm⁴, I_z = 100.83 cm⁴, I_T = 5.15 cm⁴, y_s = -45.5 mm, z_s = 90.0 mm

E = 210000 N/mm², c = 3.000 m (Abstand), I_y/c = 4389797 mm³, s = 6.000 m (Stützweite)

C_{D,B}: Berechnung nach Lindner, C_{D,C}: Innenfeld

C_{D,B} = 26.620 kNm/m, C_{D,C} = 614.572 kNm/m, C_D = 25.515 kNm/m ⇒ I_T^{*} = 95.91 cm⁴

I_T^{*} = I_T + ΔI_T mit I_T = 67.10 cm⁴, ΔI_T = (C_D · c²) / (G · π²) = 28.81 cm⁴, C_D = 25.515 kNm/m, c = 3.000 m

2. Nachweise

2.1. Querschnittsklassifizierung

2.1.1. Lastkombination 1 ⇒ 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	69.3	14.6	4.75	0.814	205.19	205.19	Eins. 1/1	---	---	---	1
2	69.3	14.6	4.75	0.814	205.19	205.19	Eins. 1/1	---	---	---	1
3	378.8	9.4	40.30	0.814	178.84	-173.98	Beids. 3/1	0.509	---	---	1
4	69.3	14.6	4.75	0.814	-200.34	-200.34	-----	---	---	---	---
5	69.3	14.6	4.75	0.814	-200.34	-200.34	-----	---	---	---	---

Druckspannungen haben entsprechend EC 3 ein positives Vorzeichen.

Die Nachweise erfolgen in der vorgegebenen Querschnittsklasse 2: $U_{\sigma,t} = 0.611 < 1$ **ok**

2.2. Spannungsnachweis

Nr	N _{Ed} kN	M _{y,Ed} kNm	V _{z,Ed} kN	σ _x N/mm ²	τ N/mm ²	σ _v N/mm ²	U -
1	-24.00	314.25	-230.70	---	---	---	0.595

max U = 0.595 < 1 **ok**

2.3. Biegedrillknicken

2.3.1. Biegeknicken für Normalkraft

I_p = 35420 cm⁴, I_T = 96 cm⁴, i_p² = 35850 mm, c² = 67105 mm², i_m² = 35850 mm²

Biegeknicken um die y-Achse:

i_y = 184.8 mm, β_z = 1.00 (⊥ z-Achse), L_{cr,z} = 3.000 m, λ₁ = 76.409

λ_y = 1.062, y-Knicklinie a ⇒ α_y = 0.21, Φ_y = 1.155, γ_y = 0.622, N_{by,Rd} = 1983.40 kN

Biegeknicken um die z-Achse:

i_z = 41.2 mm, β_y = 1.00 (⊥ y-Achse), L_{cr,y} = 15.000 m, λ₁ = 76.409

$\lambda_z = 0.952$, z-Knicklinie b $\Rightarrow \alpha_z = 0.34$, $\Phi_z = 1.081$, $\chi_z = 0.628$, **Nb_{z,Rd} = 2001.21 kN**

2.3.1.1. Ausnutzungen

Lk	N _d kN	U _y -	U _z -
1	24.00	0.012	0.012

2.3.2. Biegedrillknicken für Biegung um die y-Achse

$c^2 = 67105 \text{ mm}^2$, Knicklinie c $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0.49$, $N_{cr} = 3868.88 \text{ kN}$

2.3.2.1. 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	835.08	0.851	0.955	0.882	0.732	0.766	314.25	420.87	0.747

2.3.3. Interaktion

Lk	G _I -	C _{my} -	k _{yy} -	C _{mLT} -	k _{zy} -	U -
1	(6.61) (6.62)	0.400 ---	0.404 ---	0.950 0.950	--- 0.998	0.314 0.757

max U = 0.757 < 1 ok

3. Endergebnis

Maximale Ausnutzung **U = 0.757 < 1 ok**

c/t-Ausnutzung **U = 0.611 < 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 $\gamma_{M0} = 1.00$ $\gamma_{M1} = 1.10$ $\gamma_{M2} = 1.25$ außergewöhnliche Situation $\gamma_{M0} = 1.00$ $\gamma_{M1} = 1.00$ $\gamma_{M2} = 1.25$	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustahl Querschnittsversagen Stabilitätsversagen Bruchversagen infolge Zug 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 G _I . (6.75) Korrekturfaktor G _I . (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 $\gamma_{M,f1} = 1.00$	Teilsicherheitsbeiwert für mechanisches Versagen

5. Vorschriften

DIN EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung;

Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Ausgabe Dezember 2010

DIN EN 1990/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1990, Ausgabe Dezember 2010

DIN EN 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -

Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau;

Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010

DIN EN 1993-1-1/A1, Ergänzungen zur DIN EN 1993-1-1, Ausgabe Juli 2014

DIN EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1993-1-1, Ausgabe Dezember 2018

J. Lindner & J.S. Schmidt: Biegedrillknicken von I-Trägern unter Berücksichtigung wirklichkeitsnaher Lasteinleitung, Der Stahlbau Heft 9, 1982