

1. Eingabedaten

1.1. Allgemeine Angaben

Stabilitätsnachweise nach EN 1993-1-1

c/t-Nachweis (Querschnittsklassifizierung)

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

1.2. Materialsicherheit

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

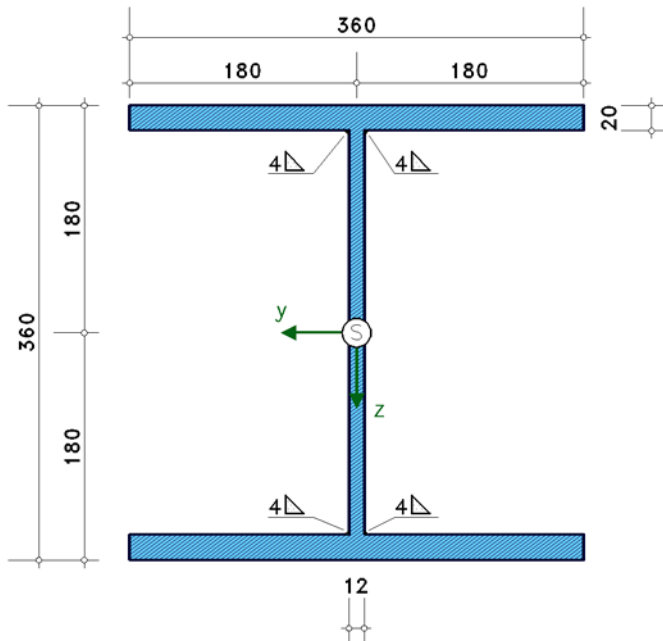
Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen $\gamma_{M1} = 1.10$

1.3. Querschnitt

Material: S275 (St44) ($E = 210000 \text{ N/mm}^2$, $G = 80769 \text{ N/mm}^2$, $f_{y,k} = 275 \text{ N/mm}^2$)

Bezeichnung: Stütze geschweißt

Schnitt Maßstab 1:6.0



1.4. Profilwerte (auf den Schwerpunkt S bezogen)

$I_y = 44940.8 \text{ cm}^4$, $I_z = 15556.6 \text{ cm}^4$, $I_{yz} = 44940.8 \text{ cm}^4$, $I_{\eta} = 15556.6 \text{ cm}^4$, $\alpha = 0.0^\circ$

$I_{\omega} = 4494528.0 \text{ cm}^6$, $I_T = 207.6 \text{ cm}^4$

$W_y = 2496.7 \text{ cm}^3$, $W_z = 864.3 \text{ cm}^3$, $W_{pl,y} = 2794.8 \text{ cm}^3$, $W_{pl,z} = 1296.0 \text{ cm}^3$

$z_{m,y} = 0.0 \text{ mm}$, $z_{m,z} = 0.0 \text{ mm}$, $A = 182.4 \text{ cm}^2$, Querschnitt ist verdrehweich

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

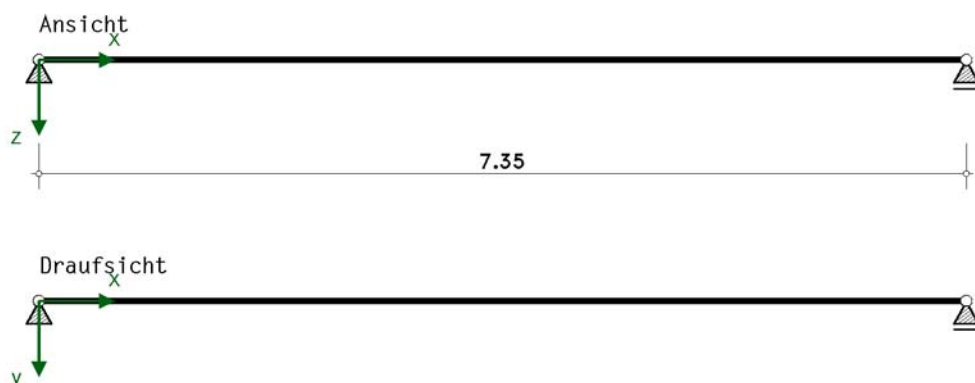
$y_{\text{Last}} = 0.0 \text{ mm}$ (Schwerpunkt)

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

1.6. Statisches System

Alle Lager als Gabellager, Stablänge 7.350 [m]

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



1.7. Knickbeiwerte

⊥ y-Achse: $\beta_y = 2.000$, ⊥ z-Achse: $\beta_z = 2.000$

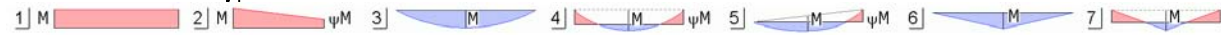
Wölbeinspanngrad $\beta_0 = 1.000$

1.8. Bemessungsschnittgrößen (Lastkombinationen)

Lk	N _d kN	Typ -y-	M _{0y,d} kNm	ψ _y -	k _{c,y} -	ζ _y -	Typ -z-	M _{0z,d} kNm	ψ _z -	k _{c,z} -	ζ _z -
1	434.50	2	215.80	0.351	0.824	1.243	2	0.00	0.000	0.752	1.770
2	309.30	2	258.20	0.206	0.792	1.543	2	0.00	0.000	0.752	1.770
3	453.50	2	102.30	0.773	0.930	0.732	2	45.60	0.000	0.752	1.770
4	341.00	2	73.60	0.799	0.938	0.732	2	76.10	0.000	0.752	1.770
5	434.50	2	-60.10	-0.790	0.628	1.128	2	45.60	0.000	0.752	1.770
6	309.30	2	-168.80	-0.310	0.697	2.599	2	76.10	0.000	0.752	1.770

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

Momentenverlaufstypen



2. Nachweise

2.1. Querschnittsklassifizierung

2.1.1. Lastkombination 1 ⇒ Querschnittsklasse 2

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	168.3	20.0	8.42	0.924	105.45	105.45	Eins. 1/2	---	---	---	2
2	168.3	20.0	8.42	0.924	105.45	105.45	Eins. 1/2	---	---	---	2
3	308.7	12.0	25.72	0.924	103.56	-55.92	Beids. 3/1	0.713	---	---	1
4	168.3	20.0	8.42	0.924	-57.81	-57.81	-----	---	---	---	---
5	168.3	20.0	8.42	0.924	-57.81	-57.81	-----	---	---	---	---

2.1.2. Lastkombination 2 ⇒ Querschnittsklasse 2

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	168.3	20.0	8.42	0.924	114.63	114.63	Eins. 1/2	---	---	---	2
2	168.3	20.0	8.42	0.924	114.63	114.63	Eins. 1/2	---	---	---	2
3	308.7	12.0	25.72	0.924	112.37	-78.45	Beids. 3/1	0.652	---	---	1
4	168.3	20.0	8.42	0.924	-80.71	-80.71	-----	---	---	---	---
5	168.3	20.0	8.42	0.924	-80.71	-80.71	-----	---	---	---	---

2.1.3. Lastkombination 3 ⇒ Querschnittsklasse 2

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	168.3	20.0	8.42	0.924	116.32	65.28	Eins. 1/2	---	---	---	2
2	168.3	20.0	8.42	0.924	10.80	61.85	Eins. 1/2	---	---	---	2
3	308.7	12.0	25.72	0.924	62.66	-12.94	Beids. 3/1	0.723	---	---	1
4	168.3	20.0	8.42	0.924	38.93	-12.12	Eins. 2/1	0.763	---	---	1
5	168.3	20.0	8.42	0.924	-66.60	-13.83	-----	---	---	---	---

2.1.4. Lastkombination 4 ⇒ Querschnittsklasse 2

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	168.3	20.0	8.42	0.924	134.59	49.40	Eins. 1/2	---	---	---	2
2	168.3	20.0	8.42	0.924	-41.52	43.67	Eins. 3/1	0.487	---	---	1
3	308.7	12.0	25.72	0.924	45.89	-8.50	Beids. 3/1	0.667	---	---	1
4	168.3	20.0	8.42	0.924	78.91	-6.28	Eins. 2/1	0.926	---	---	1
5	168.3	20.0	8.42	0.924	-97.20	-9.15	-----	---	---	---	---

2.1.5. Lastkombination 5 ⇒ Querschnittsklasse 2

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	168.3	20.0	8.42	0.924	53.85	2.80	Eins. 1/2	---	---	---	2
2	168.3	20.0	8.42	0.924	-51.68	-0.63	Eins. 0/0	---	---	---	---
3	308.7	12.0	25.72	0.924	1.61	46.03	Beids. 3/1	0.713	---	---	1
4	168.3	20.0	8.42	0.924	99.32	48.27	Eins. 1/2	---	---	---	2
5	168.3	20.0	8.42	0.924	-6.21	44.84	Eins. 3/1	0.122	---	---	1

2.1.6. Lastkombination 6 $\Rightarrow$ Querschnittsklasse 2

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	168.3	20.0	8.42	0.924	41.16	-44.03	Eins. 2/1	0.483	---	---	1
2	168.3	20.0	8.42	0.924	-134.95	-46.90	-----	---	---	---	---
3	308.7	12.0	25.72	0.924	-45.42	79.33	Beids. 3/1	0.652	---	---	1
4	168.3	20.0	8.42	0.924	168.86	83.67	Eins. 1/2	---	---	---	2
5	168.3	20.0	8.42	0.924	-7.24	77.95	Eins. 3/1	0.085	---	---	1

Druckspannungen haben entsprechend EC 3 ein positives Vorzeichen.

Die Nachweise erfolgen in der kleinstmöglichen Querschnittsklasse 2: $U_{ct} = 0.911 < 1$ **ok**

2.2. Biegedrillknicken

2.2.1. Biegeknicken für Normalkraft

$I_p = 60497 \text{ cm}^4$, $I_T = 208 \text{ cm}^4$, $i_p^2 = 33167 \text{ mm}^2$, $c^2 = 227965 \text{ mm}^2$, $i_m^2 = 33167 \text{ mm}^2$

Biegeknicken um die y-Achse:

$i_y = 157.0 \text{ mm}$, $\beta_z = 2.00$ ($\perp$ z-Achse), $L_{cr,z} = 14.700 \text{ m}$, $\lambda_1 = 86.815$

$\lambda_y = 1.079$, y-Knicklinie $b \Rightarrow \alpha_y = 0.34$, $\Phi_y = 1.231$, $\chi_y = 0.548$, $N_{by,Rd} = 2499.02 \text{ kN}$

Biegeknicken um die z-Achse:

$i_z = 92.4 \text{ mm}$, $\beta_y = 2.00$ ($\perp$ y-Achse), $L_{cr,y} = 14.700 \text{ m}$, $\lambda_1 = 86.815$

$\lambda_z = 1.833$, z-Knicklinie $c \Rightarrow \alpha_z = 0.49$, $\Phi_z = 2.581$, $\chi_z = 0.227$, $N_{bz,Rd} = 1036.91 \text{ kN}$

2.2.1.1. Ausnutzungen

Lk	N_d kN	U_y -	U_z -
1	434.50	0.174	0.419
2	309.30	0.124	0.298
3	453.50	0.181	0.437
4	341.00	0.136	0.329
5	434.50	0.174	0.419
6	309.30	0.124	0.298

2.2.2. Biegedrillknicken für Biegung um die y-Achse

$c^2 = 227965 \text{ mm}^2$, Knicklinie $c \Rightarrow \alpha_{LT} = 0.49$, $N_{cr} = 1492.10 \text{ kN}$

2.2.2.1. Ausnutzungen

Lk	Klasse	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 $\Rightarrow$ Wp1,y	885.53	0.932	0.915	0.956	0.681	0.744	215.80	520.13	0.415
2	2 $\Rightarrow$ Wp1,y	1099.26	0.836	0.896	0.869	0.741	0.827	258.20	577.65	0.447
3	2 $\Rightarrow$ Wp1,y	521.49	1.214	0.977	1.252	0.518	0.530	102.30	370.14	0.276
4	2 $\Rightarrow$ Wp1,y	521.49	1.214	0.980	1.252	0.518	0.528	73.60	369.14	0.199
5	2 $\Rightarrow$ Wp1,y	803.60	0.978	0.826	1.000	0.653	0.790	-60.10	552.14	0.109
6	2 $\Rightarrow$ Wp1,y	1851.57	0.644	0.856	0.716	0.860	1.000	-168.80	698.70	0.242

2.2.3. Biegedrillknicken für Biegung um die z-Achse

$c^2 = 227965 \text{ mm}^2$, Knicklinie $c \Rightarrow \alpha_{LT} = 0.49$, $N_{cr} = 4310.48 \text{ kN}$

2.2.3.1. Ausnutzungen

Lk	Klasse	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 $\Rightarrow$ Wp1,z	3643.53	0.313	0.935	0.515	1.000	1.000	0.00	324.00	0.000
2	2 $\Rightarrow$ Wp1,z	3643.53	0.313	0.935	0.515	1.000	1.000	0.00	324.00	0.000
3	2 $\Rightarrow$ Wp1,z	3643.53	0.313	0.935	0.515	1.000	1.000	45.60	324.00	0.141
4	2 $\Rightarrow$ Wp1,z	3643.53	0.313	0.935	0.515	1.000	1.000	76.10	324.00	0.235
5	2 $\Rightarrow$ Wp1,z	3643.53	0.313	0.935	0.515	1.000	1.000	45.60	324.00	0.141
6	2 $\Rightarrow$ Wp1,z	3643.53	0.313	0.935	0.515	1.000	1.000	76.10	324.00	0.235

2.2.4. Interaktion

Lk	Gl.	C_{my} -	k_{yy} -	C_{mLT} -	k_{zy} -	C_{mz} -	k_{zz} -	k_{yz} -	U -
1	(6.61)	0.740	0.843	0.740	---	---	---	0.571	0.524
	(6.62)	---	---	0.740	0.915	0.600	0.952	---	0.798
2	(6.61)	0.682	0.750	0.682	---	---	---	0.510	0.459
	(6.62)	---	---	0.682	0.931	0.600	0.851	---	0.714
3	(6.61)	0.909	1.041	0.909	---	---	---	0.580	0.551
	(6.62)	---	---	0.909	0.934	0.600	0.967	---	0.832
4	(6.61)	0.920	1.020	0.920	---	---	---	0.526	0.463
	(6.62)	---	---	0.920	0.951	0.600	0.876	---	0.724
5	(6.61)	0.400	0.456	0.400	---	---	---	0.571	0.304
	(6.62)	---	---	0.400	0.721	0.600	0.952	---	0.631
6	(6.61)	0.476	0.523	0.476	---	---	---	0.510	0.370

Lk	Gl.	C _{my}	k _{yy}	C _{mLT}	k _{zy}	C _{mz}	k _{zz}	k _{yz}	U
	(6.62)	---	---	0.476	0.868	0.600	0.851	---	0.708

max U = 0.832 < 1 **ok**

3. Endergebnis

Maximale Ausnutzung U = 0.832 < 1 **ok**

c/t-Ausnutzung U = 0.911 < 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	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustahl
	$\gamma_{M0} = 1.00$	Querschnittsversagen
	$\gamma_{M1} = 1.10$	Stabilitätsversagen
	$\gamma_{M2} = 1.25$	Bruchversagen infolge Zug
	außergewöhnliche Situation	Teilsicherheitsbeiwerte für Baustahl
	$\gamma_{M0} = 1.00$	Querschnittsversagen
	$\gamma_{M1} = 1.00$	Stabilitätsversagen
	$\gamma_{M2} = 1.25$	Bruchversagen infolge Zug
6.3.2.2(2)	Faktor f zur Modifizierung von χ_{LT} ansetzen	Biegedrillknicken
		Allgemeiner Fall
6.3.2.3(1)	$\lambda_{LT,0} = 0.40$	Schlankheitsgrad Gl. (6.75)
	$\beta = 0.75$	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	Teilsicherheitsbeiwert für mechanisches Versagen
	$\gamma_{M,f1} = 1.00$	