

1. Eingabedaten

1.1. Allgemeine Angaben

Stabilitätsnachweise im Brandfall nach EN 1993-1-2

c/t-Nachweis (Querschnittsklassifizierung)

Biegedrillknicken nach dem Ersatzstabverfahren für $N+My+Mz$, Interaktionsnachweis nur mit Gl. (4.21a,c)

1.2. Materialsicherheit

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

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

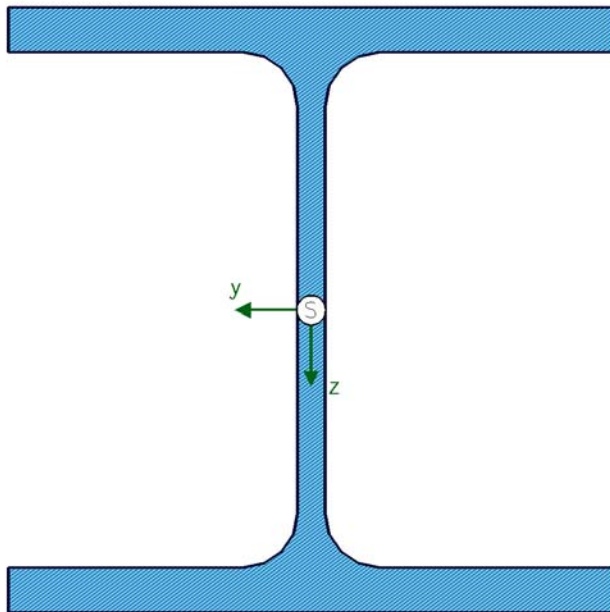
Beanspruchbarkeit von Bauteilen im Brandfall $\gamma_{M,fi} = 1.00$

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: HE200B

Schnitt Maßstab 1:2.5



1.4. Profilwerte (auf den Schwerpunkt S bezogen)

$I_y = 5700.0 \text{ cm}^4$, $I_z = 2000.0 \text{ cm}^4$, $I_{yz} = 5700.0 \text{ cm}^4$, $I_{\eta} = 2000.0 \text{ cm}^4$, $\alpha = 0.0^\circ$

$I_{\omega} = 171100.0 \text{ cm}^6$, $I_T = 59.5 \text{ cm}^4$

$W_y = 570.0 \text{ cm}^3$, $W_z = 200.0 \text{ cm}^3$, $W_{pl,y} = 643.0 \text{ cm}^3$, $W_{pl,z} = 306.0 \text{ cm}^3$

$z_{m,y} = 0.0 \text{ mm}$, $z_{m,z} = 0.0 \text{ mm}$, $A = 78.1 \text{ cm}^2$, Querschnitt ist verdrehweich

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

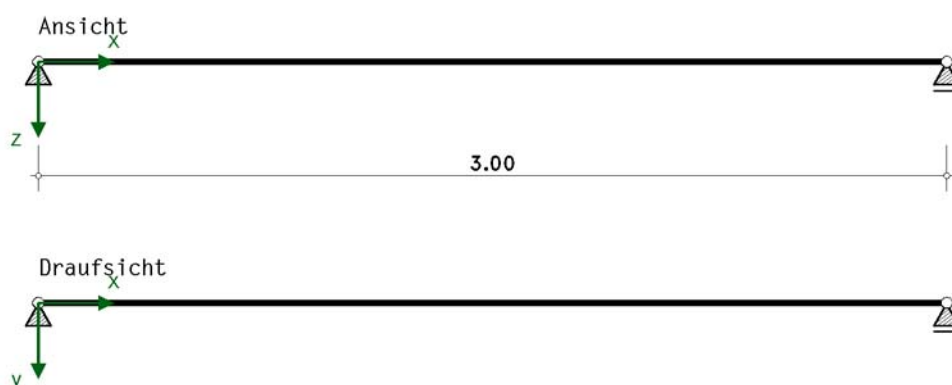
$y_{Last} = 0.0 \text{ mm}$ (Schwerpunkt)

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

1.6. Statisches System

Alle Lager als Gabellager, Stablänge 3.000 [m]

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



1.7. Knickbeiwerte

⊥ y-Achse: $\beta_y = 0.500$, ⊥ z-Achse: $\beta_z = 0.500$

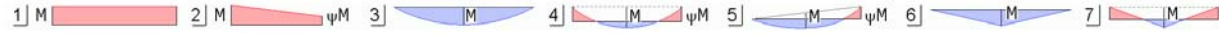
Wölbeinspanngrad $\beta_0 = 1.000$

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	800.00	2	50.00	-1.000	0.602	2.555	2	50.00	-1.000	0.602	2.555

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



1.9. Brandschutznachweis

thermische Beanspruchung mit der Einheitstemperaturkurve, Feuerwiderstandsdauer t = 30.0 min

Profil allseitig beflammt

Wärmedämmschutz durch Putzbekleidung n. EC 3-1-2, Anhang AA:

Wärmeleitfähigkeit $\lambda_p = 0.12 \text{ W/(m·K)}$, spezifische Wärmekapazität $c_p = 1100 \text{ J/(kg·K)}$, Rohdichte $\rho_p = 550 \text{ kg/m}^3$

Dicke des Dämmstoffs $d_p = 5.0 \text{ mm}$

Rohdichte Stahl 7850.0 kg/m^3 , Raumtemperatur 20.0 °C

Brandschutznachweis auf Traglastebene

Anpassungsfaktoren der Biegemomente für eine ungleichmäßige Temperaturverteilung

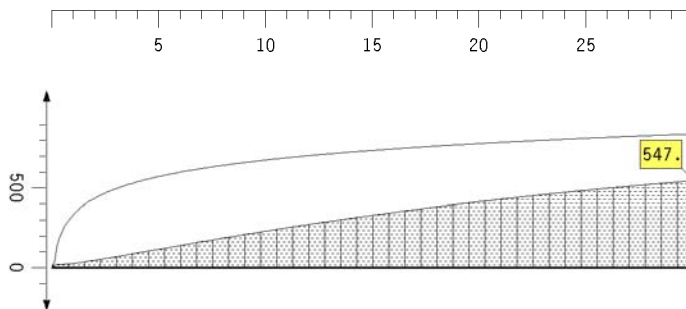
über den Querschnitt $\kappa_1 = 1.00$, entlang des Trägers $\kappa_2 = 1.00$

2. Querschnittstemperatur

innere Abwicklung der brandbeanspruchten profilfolgenden Verkleidung $A_p = 1151.1 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Profilfaktor des geschützten Bauteils $A_p/V = 1151.1 / 7808.1 \cdot 10^3 = 147.4 \text{ 1/m}$

Temperaturentwicklung:



Temperatur in °C
Brandzeit in min
max $T_a = 547.2 \text{ °C}$
max t = 30 min

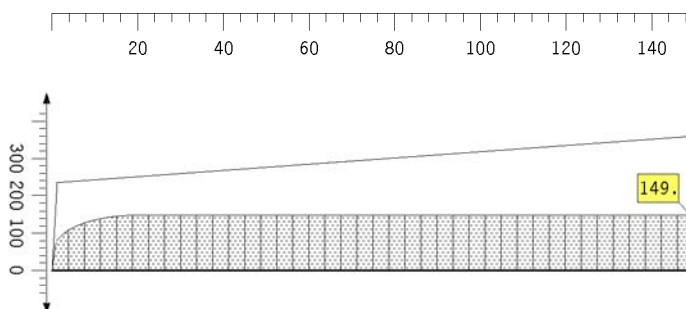
Querschnittstemperatur nach t = 30.0 min: $T_a = 547.2 \text{ °C}$

Abminderungsfaktoren: $k_{y,fi} = 0.634$, $k_{E,fi} = 0.463$

Materialkennwerte: $f_{y,fi} = 148.9 \text{ N/mm}^2$, $E_{fi} = 97242.3 \text{ N/mm}^2$

Grenzdehnungen: $\varepsilon_{y,fi} = 20\text{‰}$, $\varepsilon_{t,fi} = 150\text{‰}$

Spannungsdehnungslinie:



Spannung in N/mm²
Dehnung in ‰
max $f_{y,fi} = 148.9 \text{ N/mm}^2$
max $\varepsilon_{fi} = 150.0\text{‰}$

Brandschutznachweis auf Traglastebene mit dem einfachen Bemessungsverfahren n. EC 3-1-2, 4.2

3. Nachweise

3.1. Querschnittsklassifizierung

3.1.1. 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	77.5	15.0	5.17	0.850	433.57	239.82	Eins. 1/1	---	---	---	1
2	77.5	15.0	5.17	0.850	-66.43	127.32	Eins. 3/1	0.343	---	---	1
3	134.0	9.0	14.89	0.850	161.20	43.66	Beids. 3/1	1.000	---	---	1
4	77.5	15.0	5.17	0.850	271.29	77.54	Eins. 1/1	---	---	---	1
5	77.5	15.0	5.17	0.850	-228.71	-34.96	Eins. 0/0	---	---	---	---

Druckspannungen haben entsprechend EC 3 ein positives Vorzeichen.

Die Querschnittsklassifizierung im Brandfall erfolgt nach EC 3-1-2, 4.2.2.

Die Nachweise erfolgen in der kleinstmöglichen Querschnittsklasse 1: $U_{ct} = 0.675 < 1$ **ok**

3.2. Biegedrillknicken

3.2.1. Biegeknicken für Normalkraft

$I_p = 7700 \text{ cm}^4$, $I_T = 60 \text{ cm}^4$, $i_p^2 = 9859 \text{ mm}^2$, $c^2 = 4747 \text{ mm}^2$, $i_m^2 = 9859 \text{ mm}^2$

Biegeknicken um die y-Achse:

$i_y = 85.4 \text{ mm}$, $\beta_z = 0.50$ ($\perp$ z-Achse), $L_{cr,z} = 1.500 \text{ m}$, $\lambda_1 = 80.284$

$\lambda_y = 0.219$, y-Knicklinie 'Brand' $\Rightarrow \alpha_y = 0.65$, $\Phi_y = 0.595$, $\chi_y = 0.871$, $N_{by,Rd} = 1012.69 \text{ kN}$

Biegeknicken um die z-Achse:

$i_z = 50.6 \text{ mm}$, $\beta_y = 0.50$ ($\perp$ y-Achse), $L_{cr,y} = 1.500 \text{ m}$, $\lambda_1 = 80.284$

$\lambda_z = 0.369$, z-Knicklinie 'Brand' $\Rightarrow \alpha_z = 0.65$, $\Phi_z = 0.688$, $\chi_z = 0.788$, $N_{bz,Rd} = 916.49 \text{ kN}$

3.2.1.1. Ausnutzungen

Lk	N_d kN	U_y -	U_z -
1	800.00	0.790	0.873

3.2.2. Biegedrillknicken für Biegung um die y-Achse

$c^2 = 4747 \text{ mm}^2$, Knicklinie 'Brand' $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0.65$, $N_{cr} = 8531.05 \text{ kN}$

3.2.2.1. Ausnutzungen

Brandfall: $M_{Ed} = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot M_{Ed}$

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	1 $\Rightarrow W_{p1,y}$	1501.52	0.253	1.000	0.614	0.852	0.852	50.00	81.58	0.613

3.2.3. Biegedrillknicken für Biegung um die z-Achse

$c^2 = 4747 \text{ mm}^2$, Knicklinie 'Brand' $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0.65$, $N_{cr} = 24313.49 \text{ kN}$

3.2.3.1. Ausnutzungen

Brandfall: $M_{Ed} = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot M_{Ed}$

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	1 $\Rightarrow W_{p1,z}$	4279.33	0.103	1.000	0.539	0.937	0.937	50.00	42.67	1.172

3.2.4. Interaktion

Lk	Gl.	μ_y -	k_y -	μ_{LT} -	k_{LT} -	μ_z -	k_z -	U -
1	(4.21a)	0.800	0.368	---	---	0.800	0.302	1.313
	(4.21b)	---	---	-0.012	1.000	0.800	0.302	1.817

max U = 1.817 > 1 **nicht ok !!**

4. Endergebnis

Maximale Ausnutzung U = 1.817 > 1 **nicht ok !!**

c/t-Ausnutzung U = 0.675 < 1 **ok**

Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!

5. 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

Kapitel	Wert	Bedeutung
	$\gamma_{M1} = 1.00$	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 $\gamma_{M,fi} = 1.00$	Teilsicherheitsbeiwert für mechanisches Versagen

6. 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 1991-1-2, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen -

Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2, Ausgabe Dezember 2010

DIN EN 1991-1-2/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1991-1-2, Ausgabe September 2015

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

DIN EN 1993-1-2, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln -

Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1993-1-2, Ausgabe Dezember 2010

DIN EN 1993-1-2/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1993-1-2, Ausgabe Dezember 2010