

1. Eingabedaten

1.1. Allgemeine Angaben

Stabilitätsnachweise im Brandfall nach EN 1993-1-2

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

1.2. Materialsicherheit

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

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

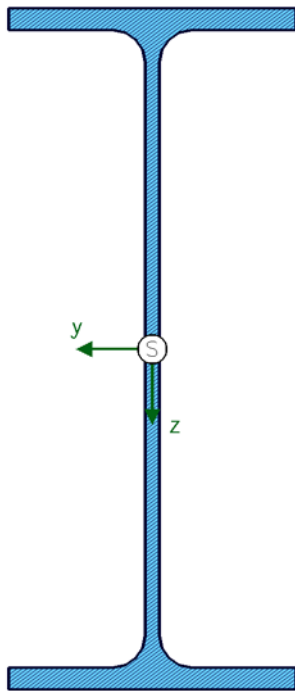
Beanspruchbarkeit von Bauteilen im Brandfall $\gamma_{M,fi} = 1.00$

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: 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)

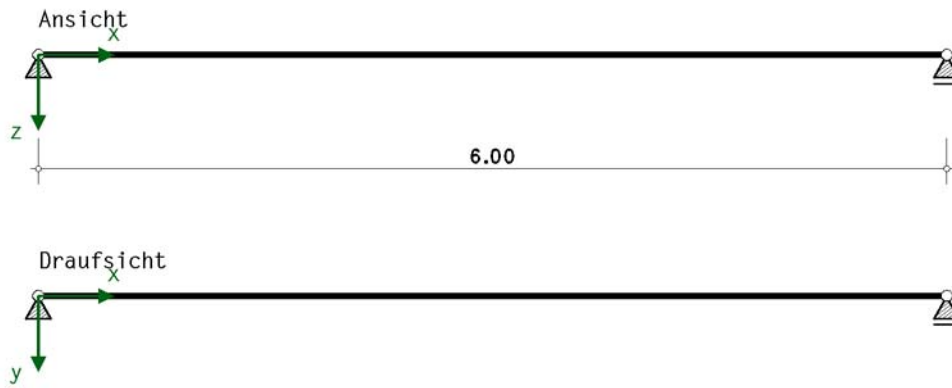
$y_{\text{Last}} = 0.0 \text{ mm}$ (Schwerpunkt)

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

1.6. Statisches System

Alle Lager als Gabellager, Stablänge 6.000 [m]

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



1.7. Knickbeiwerte

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

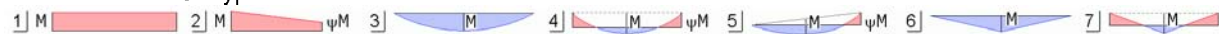
Wölbeinspanngrad $\beta_0 = 1.000$

1.8. Bemessungsschnittgrößen (Lastkombinationen)

Lk	N _d kN	Typ - y -	M _{0y,d} kNm	ψ _y -	k _{c,y} -	ζ _y -
1	136.50	3	71.50	0.000	0.940	1.128

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

Momentenverlaufstypen



1.9. Brandschutznachweis

thermische Beanspruchung mit der Einheitstemperaturkurve, Feuerwiderstandsdauer $t = 12.2$ min

Emissivität der Querschnittsoberfläche von unbehandeltem Stahl

Profil allseitig beflammt

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

brandbeanspruchte Oberfläche des Querschnitts $A_m = 1605.1 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Profilfaktor des ungeschützten Bauteils $A_m/V = 1605.1 / 9882.1 \cdot 10^3 = 162.4 \text{ 1/m}$

brandbeanspruchte innenseitige Oberfläche des umschließenden Kastens $A_b = 1280.0 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Profilfaktor für den umschließenden Kasten $A_b/V = 1280.0 / 9882.1 \cdot 10^3 = 129.5 \text{ 1/m}$

Korrekturfaktor $k_{sh} = (A_b/V) / (A_m/V) = 129.5 / 162.4 = 0.797$, I-Profil: $0.9 \cdot k_{sh} = 0.718$

Querschnittstemperatur nach $t = 12.2$ min: **T_a = 516.4 °C**

Abminderungsfaktoren: $k_{y,fi} = 0.729$, $k_{E,fi} = 0.552$

Materialkennwerte: $f_{y,fi} = 171.4 \text{ N/mm}^2$, $E_{fi} = 116022.5 \text{ N/mm}^2$

3. Nachweise

3.1. Querschnittsklassifizierung

3.1.1. 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	0.850	59.95	59.95	Eins. 1/1	---	---	---	1
2	69.3	14.6	4.75	0.850	59.95	59.95	Eins. 1/1	---	---	---	1
3	378.8	9.4	40.30	0.850	53.95	-26.32	Beids. 3/1	0.582	---	---	1
4	69.3	14.6	4.75	1.171	-32.32	-32.32	-----	---	---	---	---
5	69.3	14.6	4.75	1.171	-32.32	-32.32	-----	---	---	---	---

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

3.2. Biegedrillknicken

3.2.1. Biegeknicken für Normalkraft

$I_p = 35420 \text{ cm}^4$, $I_T = 67 \text{ cm}^4$, $i_p^2 = 35850 \text{ mm}$, $c^2 = 103116 \text{ mm}^2$, $i_m^2 = 35850 \text{ mm}^2$

Biegeknicken um die y-Achse:

$i_y = 184.8 \text{ mm}$, $\beta_z = 1.00$ ($\perp$ z-Achse), $L_{cr,z} = 6.000 \text{ m}$, $\lambda_1 = 81.745$

$\lambda_y = 0.397$, y-Knicklinie 'Brand' $\Rightarrow \alpha_y = 0.65$, $\Phi_y = 0.708$, $\chi_y = 0.773$, **$N_{by,Rd} = 1308.39 \text{ kN}$**

Biegeknicken um die z-Achse:

$i_z = 41.2 \text{ mm}$, $\beta_y = 1.00$ ($\perp$ y-Achse), $L_{cr,y} = 6.000 \text{ m}$, $\lambda_1 = 81.745$

$\lambda_z = 1.780$, z-Knicklinie 'Brand' $\Rightarrow \alpha_z = 0.65$, $\Phi_z = 2.663$, $\chi_z = 0.215$, **$N_{bz,Rd} = 364.66 \text{ kN}$**

3.2.1.1. Ausnutzungen

Lk	N_d kN	U_y -	U_z -
1	136.50	0.104	0.374

3.2.2. Biegedrillknicken für Biegung um die y-Achse

$c^2 = 103116 \text{ mm}^2$, Knicklinie 'Brand' $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0.65$, $N_{cr} = 534.38 \text{ kN}$

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 $\Rightarrow W_{p1,y}$	193.57	1.227	1.000	1.652	0.363	0.363	71.50	105.74	0.676

3.2.3. Interaktion

Lk	Gl.	μ_y -	k_y -	μ_{LT} -	k_{LT} -	U -
1	(4.21a)	-0.091	1.010	---	---	0.352
	(4.21b)	---	---	0.197	0.926	1.000

max U = 1.000 $\leq$ 1 ok

4. Endergebnis

Maximale Ausnutzung **U = 1.000 $\leq$ 1 ok**

Nachweis erbracht

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 $\gamma_{M0} = 1.00$ $\gamma_{M1} = 1.10$ $\gamma_{M2} = 1.25$	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