

1. Eingabedaten

1.1. Allgemeine Angaben

Stabilitätsnachweise im Brandfall nach EN 1993-1-2

Biegeknicken nach dem Ersatzstabverfahren, Knicken nur in y-Richtung

1.2. Materialsicherheit

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

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

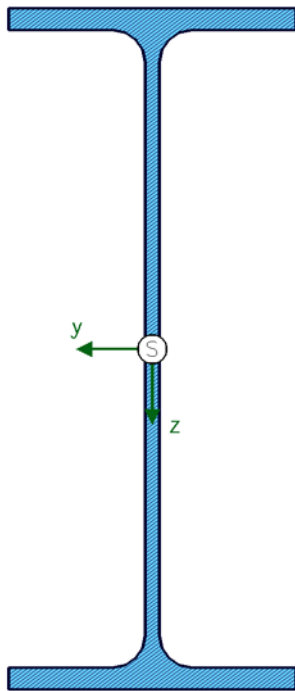
Beanspruchbarkeit von Bauteilen im Brandfall $\gamma_{M,fi} = 1.00$

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)

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

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

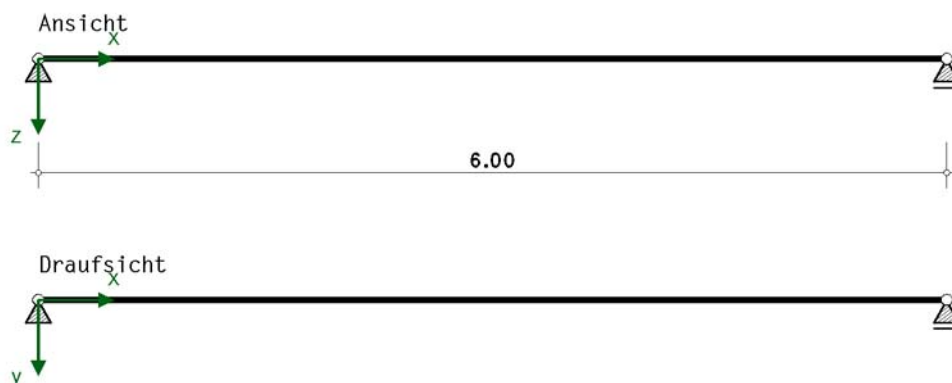
$W_y = 1500.0 \text{ cm}^3$, $W_z = 176.0 \text{ cm}^3$, $W_{pl,y} = 1702.0 \text{ cm}^3$, $W_{pl,z} = 275.0 \text{ cm}^3$

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

1.5. Statisches System

Alle Lager als Gabelager, Stablänge 6.000 [m]

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



1.6. Knickbeiwerte

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

Wölbeinspanngrad $\beta_0 = 1.000$

1.7. Bemessungsschnittgrößen (Lastkombinationen)

Lk	N _d kN
1	136.50

N_d: konstante Normalkraft im Stab

1.8. Brandschutznachweis

thermische Beanspruchung mit der Einheitstemperaturkurve, Feuerwiderstandsdauer $t = 15.0$ 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 $t = 15.0$ min: **$T_a = 598.9 \text{ °C}$**

Abminderungsfaktoren: $k_{y,fi} = 0.473$, $k_{E,fi} = 0.313$

Materialkennwerte: $f_{y,fi} = 111.3 \text{ N/mm}^2$, $E_{fi} = 65770.4 \text{ N/mm}^2$

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	13.82	13.82	E ins. 1/1	---	---	---	1
2	69.3	14.6	4.75	0.850	13.82	13.82	E ins. 1/1	---	---	---	1
3	378.8	9.4	40.30	0.850	13.82	13.82	Beids. 2/0	---	---	---	4
4	69.3	14.6	4.75	0.850	13.82	13.82	E ins. 1/1	---	---	---	1
5	69.3	14.6	4.75	0.850	13.82	13.82	E ins. 1/1	---	---	---	1

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 **vorgegebenen** Querschnittsklasse 1

Beulen der Einzelbleche des Querschnitts ist gesondert zu untersuchen !!

3.2. Biegeknicken und Drillknicken

$\lambda_y = 0.425 < \lambda_T = 1.905 \Rightarrow$ Drillknicken (λ_T) maßgebend

$\lambda_z = 1.905 < \lambda_T = 1.905 \Rightarrow$ Drillknicken (λ_T) maßgebend

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

Biegeknicken um die y-Achse:

$i_y = 184.8 \text{ mm}$, $\beta_z = 1.00$ (⊥ z-Achse), $L_{cr,z} = 6.000 \text{ m}$, $\lambda_1 = 76.386$

$\lambda_y = 1.905$, y-Knicklinie 'Brand' $\Rightarrow \alpha_y = 0.65$, $\Phi_y = 2.933$, $\chi_y = 0.194$, **$N_{by,Rd} = 212.85 \text{ kN}$**

Biegeknicken um die z-Achse:

$i_z = 41.2 \text{ mm}$, $\beta_y = 1.00$ (⊥ y-Achse), $L_{cr,y} = 6.000 \text{ m}$, $\lambda_1 = 76.386$

$\lambda_z = 1.905$, z-Knicklinie 'Brand' $\Rightarrow \alpha_z = 0.65$, $\Phi_z = 2.933$, $\chi_z = 0.194$, **$N_{bz,Rd} = 212.85 \text{ kN}$**

3.2.1. Ausnutzungen

Lk	N _d kN	U _y -	U _z -
1	136.50	0.641	0.641

max U = 0.641 < 1 ok

4. Endergebnis

Maximale Ausnutzung $U = 0.641 < 1$ **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	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
	$\gamma_{M,f1} = 1.00$	