

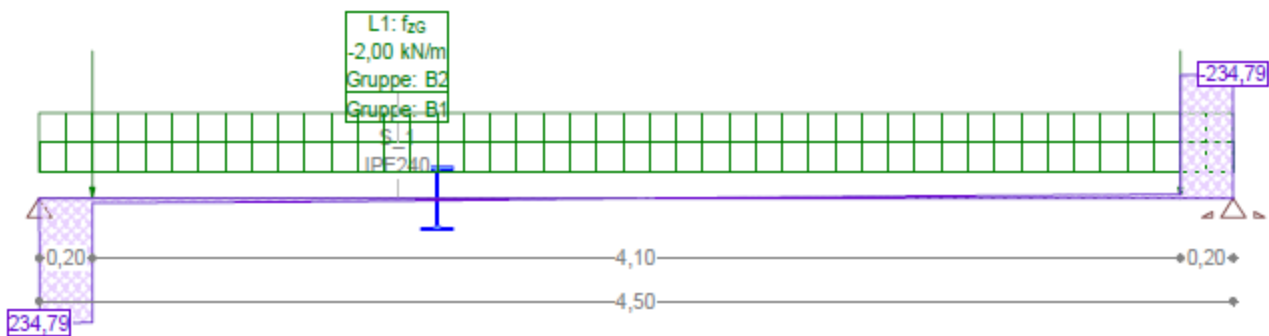
Aufgabe 1:

Gegeben: Das statische System eines Stahlträgers der IPE-Reihe, S235 inklusive Abmessungen.
Die max. Deformation beträgt $l/350$.

Gesucht: Bemessen Sie den IPE Träger bezüglich Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit
mit allen erforderlichen Nachweisen.
Das Eigengewicht des Trägers ist in g_k bereits berücksichtigt!

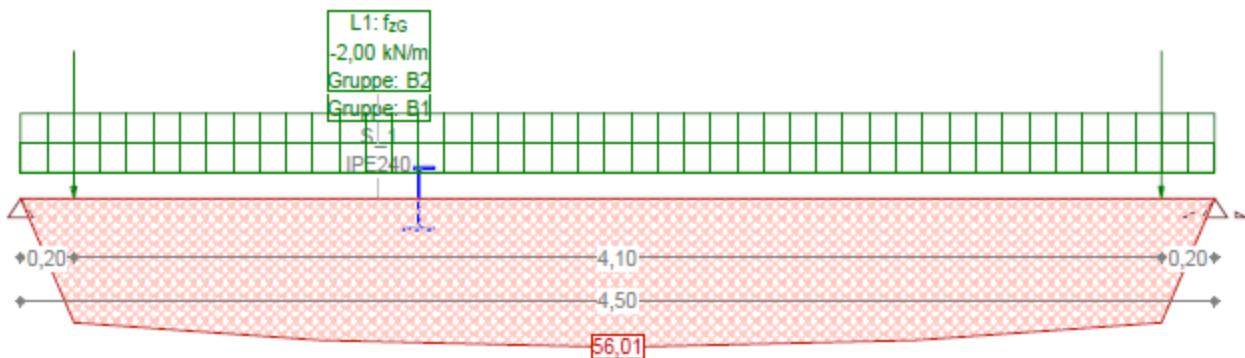
Belastung B1
Belastung B2
Schnittkraft V_z [kN] für: Design

Mstb. 1 :30,0



Belastung B1
Belastung B2
Schnittkraft M_y [kNm] für: Design

Mstb. 1 :30,0



Bemessungswerte der Auswirkungen

Lastberechnung: $g_k = 1.00 \text{ kN/m}$
 $q_k = 2.00 \text{ kN/m}$
 $Q_k = 150 \text{ kN}$

$$\text{Biegemoment : } M_d = \frac{(1.35 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_k) \cdot l^2}{8} + Q_d \cdot 0.2 \text{ m}$$

$$M_d = \frac{(1.35 \cdot 1.00 \text{ kN/m} + 1.5 \cdot 2.00 \text{ kN/m}) \cdot (4.50 \text{ m})^2}{8} + 225 \text{ kN} \cdot 0.2 \text{ m} = 56.01 \text{ kNm}$$

$$\text{Querkraft : } V_d = \frac{(1.35 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_k) \cdot l}{2} + Q_d$$

$$V_d = \frac{(1.35 \cdot 1.00 \text{ kN/m} + 1.5 \cdot 2.00 \text{ kN/m}) \cdot 4.50 \text{ m}}{2} + 1.5 \cdot 150 \text{ kN} = 234.79 \text{ kN}$$

Tragfähigkeitsnachweis

$$W_{pl,y,erf.} = \frac{M_{d,max} \cdot \gamma_{M1}}{f_y} = \frac{56.01 \cdot 10^6 \cdot 1.05 \text{ Nmm}}{235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 250.3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

aus C5 Seite 26 folgt eine IPE-220

$$\begin{aligned} W_{pl,y} &= 285 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ I_y &= 27.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Schubspannungen

$$\tau_{d,vorh} = \frac{V_d \cdot \gamma_{M1}}{A_v} = \frac{234.79 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 1.05}{1'588 \text{ mm}^2} = 155.25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \tau_y = 135 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{nicht erfüllt!})$$

IPE-240

$$\begin{aligned} W_{pl,y} &= 367 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ I_y &= 38.9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\ A_v &= 1'914 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Schubspannungen

$$\tau_{d,vorh} = \frac{V_d \cdot \gamma_{M1}}{A_v} = \frac{234.79 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 1.05}{1'914 \text{ mm}^2} = 128.80 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \tau_y = 135 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{erfüllt!})$$

Gebrauchstauglichkeit

Lastberechnung : $p_k = g_k + q_k = 1.00 \text{ kN/m} + 2.00 \text{ kN/m} = 3.0 \text{ kN/m}$

$$w_{zul} = \frac{L}{400} = \frac{4'500 \text{ mm}}{350} = 12.86 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{erforderlich} &= \frac{5 \cdot p_k \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot w_{zul}} = \frac{5 \cdot (3.0 \text{ N/mm}) \cdot (4'500 \text{ mm})^4}{384 \cdot (210'000 \text{ N/mm}^2) \cdot 12.86 \text{ mm}} + \\ &+ \frac{1 \cdot Q_k \cdot l}{24 \cdot E \cdot w_{zul}} \cdot (3 \cdot (l^2 - 4 \cdot l^2)) = \frac{1 \cdot 150 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 200 \text{ mm}}{24 \cdot (210'000 \text{ N/mm}^2) \cdot 12.86 \text{ mm}} \cdot (3 \cdot ((4'500 \text{ mm})^2 - 4 \cdot (200 \text{ mm})^2)) \\ &= 5.93 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 + 28.04 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 = 33.97 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \rightarrow \text{massgebend!} \end{aligned}$$

gewählt IPE-240

$$\begin{aligned} W_{pl,y} &= 367 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ I_y &= 38.9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

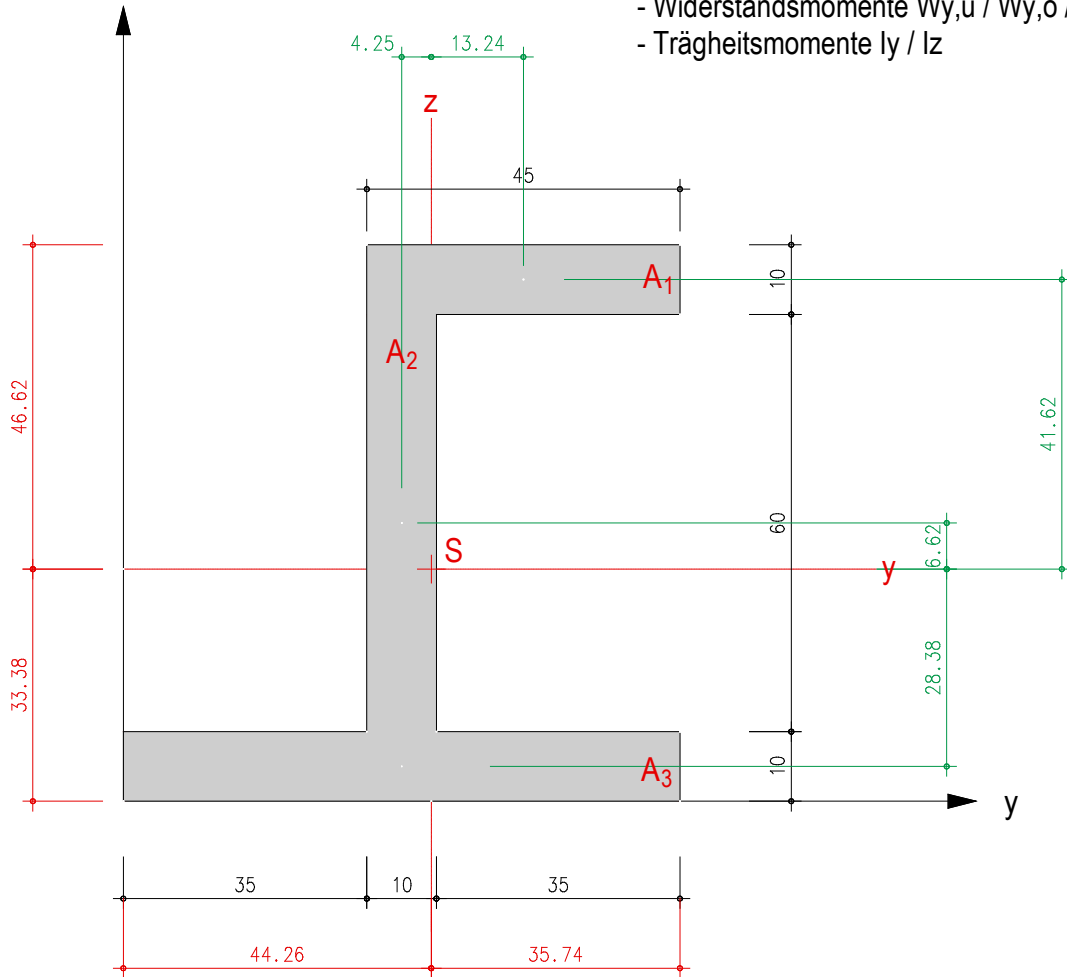
vorhandene Durchbiegung

$$w_{vorh.} = w_{zul} \cdot \frac{I_{erforderlich}}{I_{vorhanden}} = 12.86 \text{ mm} \cdot \frac{33.97 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}{38.9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} = 11.23 \text{ mm} < 12.86 \text{ mm} \rightarrow \text{i.O}$$

Aufgabe 2:

Gegeben: Zusammengesetzter Querschnitt inklusive Abmessungen in mm.

Gesucht: Bestimmen Sie folgende Querschnittswerte: - Schwerpunktkoordinaten y_s / z_s
 - Widerstandsmomente $W_{y,u}$ / $W_{y,o}$ / $W_{z,l}$ / $W_{z,r}$
 - Trägheitsmomente I_y / I_z



Teilflächen	b_i	h_i	A_i	z_i	S_{y_i}	y_i	S_{z_i}
A1	80.0	10.0	800.0	5.0	4 000.0	40.0	32 000.0
A2	10.0	60.0	600.0	40.0	24 000.0	40.0	24 000.0
A3	45.0	10.0	450.0	75.0	33 750.0	57.5	25 875.0
		ΣA_i	1 850.0	Σz_i	61 750.0	Σy_i	81 875.0

$$z_s = \frac{61\,750.0}{1\,850.0} = 33.38 \text{ mm}$$

$$y_s = \frac{81\,875.0}{1\,850.0} = 44.26 \text{ mm}$$

Teilflächen	$\frac{b_i \times h_i^3}{12}$	+	A_i	*	z_{si}^2	=	I_{yi}	mm^4
-------------	-------------------------------	---	-------	---	------------	---	----------	---------------

A1	$\frac{80 \times 10^3}{12}$	+	800	*	28.38	=	651 006	mm^4
----	-----------------------------	---	-----	---	-------	---	---------	---------------

A2	$\frac{10 \times 60^3}{12}$	+	600	*	6.62	=	206 295	mm^4
----	-----------------------------	---	-----	---	------	---	---------	---------------

A3	$\frac{45 \times 10^3}{12}$	+	450	*	41.62	=	783 251	mm^4
----	-----------------------------	---	-----	---	-------	---	---------	---------------

I_y	1 640 552	mm^4
-------	-----------	---------------

Teilflächen	$\frac{h_i \times b_i^3}{12}$	+	A_i	*	y_{si}^2	=	I_{zi}	mm^4
-------------	-------------------------------	---	-------	---	------------	---	----------	---------------

A1	$\frac{10 \times 80^3}{12}$	+	800	*	4.26	=	441 185	mm^4
----	-----------------------------	---	-----	---	------	---	---------	---------------

A2	$\frac{60 \times 10^3}{12}$	+	600	*	4.26	=	15 889	mm^4
----	-----------------------------	---	-----	---	------	---	--------	---------------

A3	$\frac{10 \times 45^3}{12}$	+	450	*	13.24	=	154 821	mm^4
----	-----------------------------	---	-----	---	-------	---	---------	---------------

I_z	611 895	mm^4
-------	---------	---------------

W_{yu}	$\frac{I_y}{z_s}$	=	$\frac{1\ 640\ 552}{33.38}$	=	49 150	mm^3
----------	-------------------	---	-----------------------------	---	--------	---------------

W_{yo}	$\frac{I_y}{h-z_s}$	=	$\frac{1\ 640\ 552}{46.62}$	=	35 189	mm^3	massgebend um die y-Achse !
----------	---------------------	---	-----------------------------	---	--------	---------------	-----------------------------

$W_{z,l}$	$\frac{I_z}{y_s}$	=	$\frac{611\ 895}{44.26}$	=	13 826	mm^3	massgebend um die y-Achse !
-----------	-------------------	---	--------------------------	---	--------	---------------	-----------------------------

$W_{z,R}$	$\frac{I_z}{h-y_s}$	=	$\frac{611\ 895}{35.74}$	=	17 119	mm^3
-----------	---------------------	---	--------------------------	---	--------	---------------

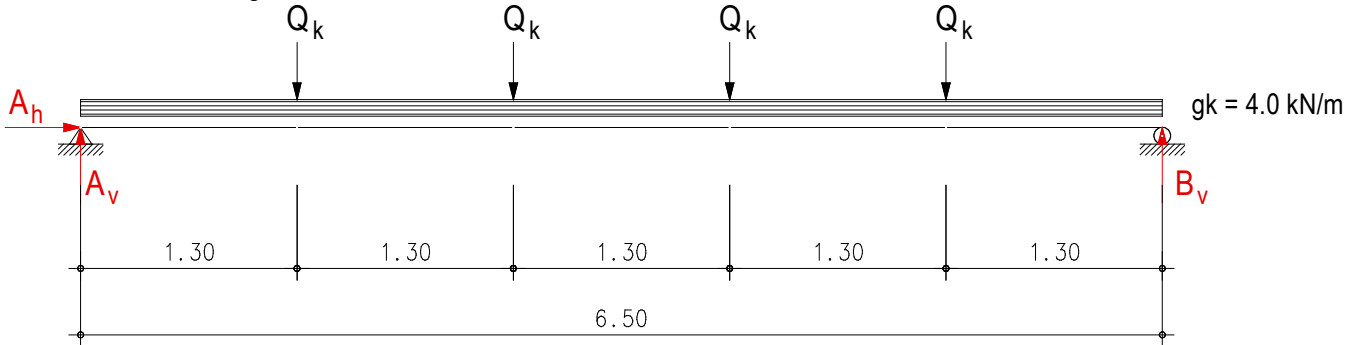
Aufgabe 3:

Gegeben: statisches Modell inklusive Lasten (Abmessungen in Meter)

$$w_{zul} = l/500$$

$Q_k = 50 \text{ kN}$, das Eigengewicht des Stahlträgers ist in g_k bereits berücksichtigt

Gesucht: Stahlträger aus der HEB- Reihe, S235 mit allen Nachweisen



Tragfähigkeitsnachweis :

$$g_d = 1.35 \cdot 4 \text{ kN} = 5.4 \text{ kN/m}$$

$$Q_d = 1.50 \cdot 50 \text{ kN} = 75 \text{ kN}$$

$$V_{d,max} = \frac{5.4 \text{ kN/m}}{2} + 2 \cdot 75 \text{ kN} = 167.55 \text{ kN}$$

$$M_d = \frac{5.4 \text{ kN/m} \cdot (6.50 \text{ m})^2}{8} + 0.6 \cdot 75 \text{ kN} \cdot 6.50 \text{ m} = 321.02 \text{ kNm}$$

$$W_{pl,y,erf.} = \frac{M_{d,max} \cdot \gamma_{M1}}{f_y} = \frac{321.02 \cdot 10^6 \cdot 1.05 \text{ Nmm}}{235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1'434 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

aus C5 Seite 26 folgt ein HEB-280

$$W_{pl,y} = 1'530 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 192.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_v = 4'109 \text{ mm}^2$$

Schubspannungen

$$\tau_{d,vorh} = \frac{V_d \cdot \gamma_{M1}}{A_v} = \frac{167.55 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 1.05}{4'109 \text{ mm}^2} = 42.82 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \tau_y = 135 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{erfüllt!})$$

Gebrauchstauglichkeit

$$w_{zul} = \frac{L}{500} = \frac{6'500 \text{ mm}}{500} = 13.00 \text{ mm}$$

$$I_{erforderlich} = \frac{5 \cdot p_k \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot w_{zul}} = \frac{5 \cdot (4.0 \text{ N/mm}) \cdot (6'500 \text{ mm})^4}{384 \cdot (210'000 \text{ N/mm}^2) \cdot 13.00 \text{ mm}} = 34.06 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$+ \frac{63 \cdot Q_k \cdot l^3}{1000 \cdot E \cdot w_{zul}} = \frac{63 \cdot 50 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot (6'500 \text{ mm})^3}{1000 \cdot (210'000 \text{ N/mm}^2) \cdot 13.00 \text{ mm}} = 316.88 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$= 350.93 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \rightarrow \text{massgebend}$$

gewählt HEB-340

$$W_{pl,y} = 2'410 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 366.6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_v = 5'609 \text{ mm}^2$$

vorhandene Durchbiegung

$$w_{vorh.} = w_{zul} \cdot \frac{I_{erforderlich}}{I_{vorhanden}} = 13 \text{ mm} \cdot \frac{350.93 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}{366.6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} = 12.44 \text{ mm} < 13 \text{ mm} \rightarrow \text{i.O.}$$