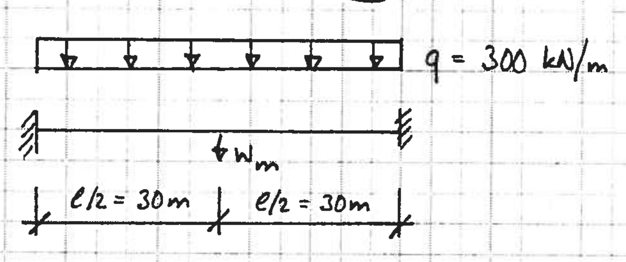
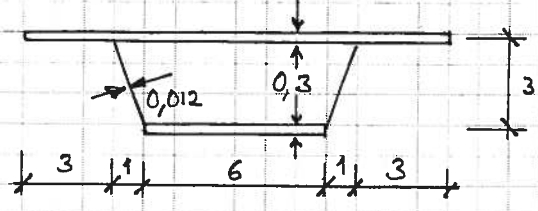
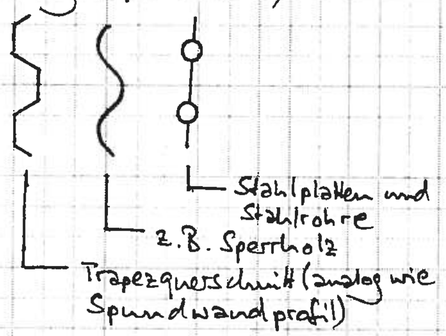
System und Belastung:



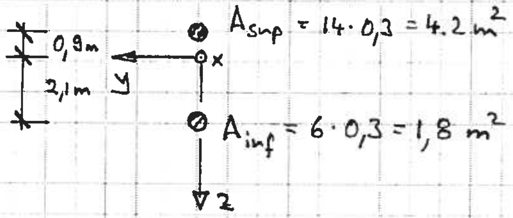
Querschnitt [m]:



Wellstege (Grundriss):



Die beiden Stahlstege sind als Wellstege ausgebildet, die Schubspannungen in der Stegebene, jedoch keine Längszug- und -druckkräfte (Normalspannungen) übertragen und deshalb einerseits weniger beulgefährdet sind als ebene Stege und andererseits gestatten, den Hebelarm der Biegekräfte (Zug und Druck in den Betonflanschplatten) voll auszunutzen (3m).

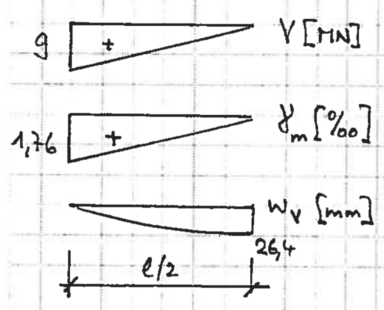


Der Querschnitt kann als reiner Stingerquerschnitt idealisiert werden mit $E_c = 30\ kN/mm^2$.

$$I_y = 4{,}2 \cdot 0{,}9^2 + 1{,}8 \cdot 2{,}1^2 = 11{,}34\ m^4$$

Durchbiegung infolge Biegemomenten:

$$w_m = \frac{q \cdot \ell^4}{384\, E_c I_y} = \frac{0{,}3 \cdot 60^4}{384 \cdot 30 \cdot 11{,}34} = \underline{29{,}8\ mm}$$



Maximale Schiebung $$\gamma_{m,max} = \frac{V_{max}}{h \cdot t \cdot G_a} = \frac{9 \cdot 10^6}{2700 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 78{,}8} = 1{,}762\ ‰$$

$$G_a = \frac{E_a}{2(1+\nu_a)} = \frac{205}{2(1+0{,}3)} = 78{,}8\ kN/mm^2$$

Durchbiegung infolge Querkraft:

$$w_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \gamma_{max} = \frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 1{,}762 = \underline{26{,}4\ mm}$$

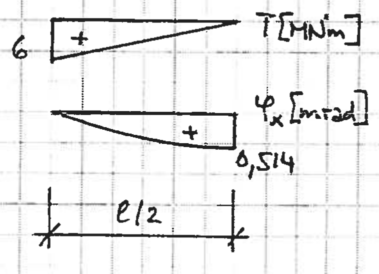
Die totale Durchbiegung von 29,8 + 26,4 = 56,2 mm beträgt 1/1068 der Spannweite ℓ. Der Anteil der Querkraftverformung beträgt 26,4/56,2 = 47% und liegt relativ hoch.

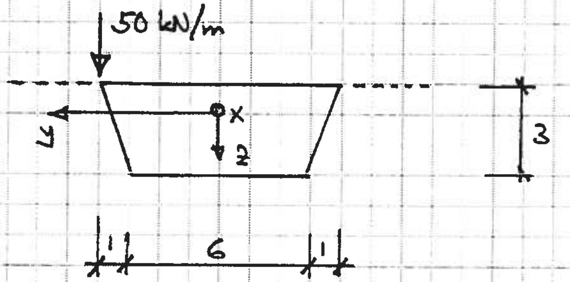
Die Schubspannungen im Steg am Auflager betragen 1,762 · 78,8 = 139 N/mm².

Das Einspannmoment $q\ell^2/12$ = 90 MNm am Auflager verursacht Flanschzug- und -druckkräfte von 90/3 = 30 MN. Der Druckkraft von 30 MN im unteren Flansch entsprechen Betondruckspannungen von 30/1,8 = 16,7 N/mm².

Die obigen Durchbiegungsberechnungen sind baupraktische Näherungen!

Der Träger von S. 2 wird von einer im Abstand von 4 m von der x-z-Ebene wirkenden, gleichmässig verteilten Belastung von 50 kN/m belastet. Die entsprechenden Verformungen infolge Biegung und Querkraft ergeben sich durch Multiplikation der Werte von S. 2 mit dem Faktor $50/300 = 1/6$.
In der Folge werden die Torsionsverformungen (Verdrehung φ_x) ermittelt.





$$A_0 = \frac{1}{2}(8+6)\cdot 3 = 21\ m^2$$

$$T_{max} = 50\cdot 4\cdot 30 = 6000\ kNm$$

$$E_c = 30\ kN/mm^2$$

$$\nu_c = 0,2$$

$$G_c = \frac{30}{2(1+0,2)} = 12,5\ kN/mm^2$$

$$G_a = 78,8\ kN/mm^2 = n\cdot G_c \rightarrow n = 6,3$$

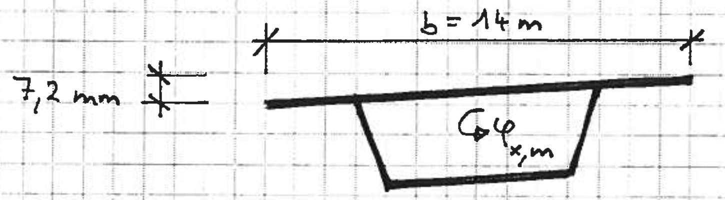
Schubfluss $S_{max} = \dfrac{T_{max}}{2\cdot A_0} = \dfrac{6000}{2\cdot 21} = 143\ kN/m$

Torsionskonstante $K = \dfrac{4\cdot A_0^2}{\sum_i \frac{\ell_i}{n_i t_i}} = \dfrac{4\cdot 21^2}{\underbrace{\frac{8+6}{1\cdot 0,3}}_{\text{Flansche}} + \underbrace{\frac{2\cdot 3}{6,3\cdot 0,012}}_{\text{Stege}}} = 14\ m^4$

Verdrillung $\varphi'_{max} = \dfrac{T_{max}}{G_c\cdot K} = \dfrac{6}{12,5\cdot 14} = 0,034\ mrad/m$

Verdrehung in Feldmitte : $\varphi_{x,m} = \dfrac{1}{2}\cdot\dfrac{\ell}{2}\cdot\varphi'_{max} = \dfrac{1}{2}\cdot 30\cdot 0,034 = \underline{0,514\ mrad}$

Schiefstellung des Querschnitts $\varphi_{x,m}\cdot b = 0,514\cdot 14 = 7,2\ mm$:



Mit der Wertigkeit $n = 6,3$ wird der Schubmodul G_a auf G_c bezogen.