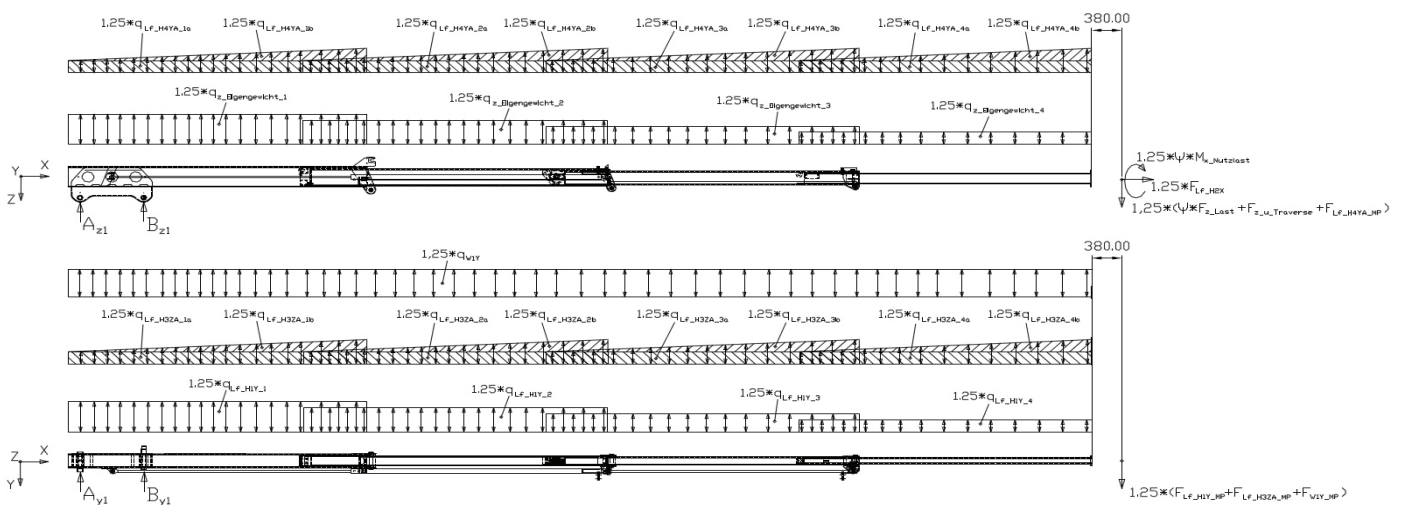


3.1 Lastfallkombination I

Lastfallkombination	Gesamte hängende Last multipliziert mit dem Schwingungsbeiwert ψ	Kraft / Streckenlast aus dem Eigengewicht des Tragwerks	Kraft / Streckenlasten verursacht durch die Bewegungen	Kraft / Streckenlast verursacht durch den Wind	Schrägstellung des Teleskops
Lastfallkombination I	$1,25 \cdot \psi \cdot (F_{z_Last} + M_{x_Nutzlast})$	$1,25 \cdot F_{LFET}$	$1,25 \cdot (\sum F_{LF-H1/2/3/4})$	$1,25 \cdot F_{W1Y}$	0 Grad

"M:\6) Hartmann Nils\Praxismodul\Industrieprojekt\MathCad Berechnung\Bilder>Lastfallkombination I .jpg"



"M:\6) Hartmann Nils\Praxismodul\Industrieprojekt\MathCad Berechnung\Bilder>Lastfallkombination I .jpg"

3.1.1 Statik in Z-Richtung:

3.1.1.1 Momente bei der Lagerstelle A verursacht durch das Eigengewicht des Tragwerks:

Profil 1:

$$F_{q1E} := 1,25 \cdot q_{z_Eigengewicht_1} \cdot l_{1ges} = 3387,5 \text{ N}$$

$$l_{q1} := \left(\frac{l_{1ges}}{2} - l_{1A} \right) = 1,7525 \text{ m}$$

$$M_{A_q1E} := F_{q1E} \cdot l_{q1} = 5936,594 \text{ Nm}$$

Profil 2:

$$F_{q2E} := 1,25 \cdot q_{z_Eigengewicht_2} \cdot l_{2ges} = 2175 \text{ N}$$

$$l_{q2} := \left(\frac{l_{2ges}}{2} - l_{2_eing.} \right) + l_{A1} = 4,7415 \text{ m}$$

$$M_{A_q2E} := F_{q2E} \cdot l_{q2} = 10312,763 \text{ Nm}$$

Profil 3:

$$F_{q3E} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_3} \cdot l_{3ges} = 1750 \text{ N}$$

$$l_{q3} := \left(\frac{l_{3ges}}{2} - l_{3_eing.} \right) + l_{A1} + l_{2_ausg.} = 7.7995 \text{ m}$$

$$M_{A_q3E} := F_{q3E} \cdot l_{q3} = 13649.125 \text{ Nm}$$

Profil 4:

$$F_{q4E} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_4} \cdot l_{4ges} = 1037.5 \text{ N}$$

$$l_{q4} := \left(\frac{l_{4ges}}{2} - l_{4_eing.} \right) + l_{A1} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.} = 10.873 \text{ m}$$

$$M_{A_q4E} := F_{q4E} \cdot l_{q4} = 11280.738 \text{ Nm}$$

U- Traverse:

$$F_{UT_E} := 1.25 \cdot F_{z_u_Traverse} = 1820 \text{ N}$$

$$M_{A_u_Traverse_E} := F_{UT_E} \cdot (l_{Tmax.} + 380 \text{ mm}) = 23822.89 \text{ Nm}$$

Gesamtes Moment und gesamte Kraft verursacht durch das Eigengewicht des Tragwerks beim Lager A:

$$M_{A_E_ges} := M_{A_q1E} + M_{A_q2E} + M_{A_q3E} + M_{A_q4E} + M_{A_u_Traverse_E} = 65002.1 \text{ Nm}$$

$$F_{A_E_ges} := F_{q1E} + F_{q2E} + F_{q3E} + F_{q4E} + F_{UT_E} = 10170 \text{ N}$$

3.1.1.2 Momente bei der Lagerstelle A verursacht durch die Drehung um die Y-Achse (Horizontalbelastung: Lf_H4YA):

Profil 1:

$$F_{Lf_H4YA_1a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_1a} \cdot l_{1ges} = 0.813 \text{ N}$$

$$l_{q1} = 1.7525 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_1a} := F_{Lf_H4YA_1a} \cdot l_{q1} = 1.425 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H4YA_1b} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_1b_max} \cdot \frac{l_{1ges}}{2} = 19.334 \text{ N}$$

$$l_{sq1} := \frac{2}{3} \cdot l_{1ges} - l_{1A} = 2.4 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_1b} := F_{Lf_H4YA_1b} \cdot l_{sq1} = 46.144 \text{ Nm}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_1} := M_{A_Lf_H4YA_1a} + M_{A_Lf_H4YA_1b} = 47.6 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H4YA_1} := F_{Lf_H4YA_1a} + F_{Lf_H4YA_1b} = 20.1 \text{ N}$$

Profil 2:

$$F_{Lf_H4YA_2a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_2a} \cdot l_{2ges} = 19.797 \text{ N}$$

$$l_{q2} = 4.7415 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_2a} := F_{Lf_H4YA_2a} \cdot l_{q2} = 93.867 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H4YA_2b} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_2b_max} \cdot \frac{l_{2ges}}{2} = 12.642 \text{ N}$$

$$l_{sq2} := \frac{2}{3} \cdot l_{2ges} - l_{2_eing.} + l_{A1} = 5.4 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_2b} := F_{Lf_H4YA_2b} \cdot l_{sq2} = 68.108 \text{ Nm}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_2} := M_{A_Lf_H4YA_2a} + M_{A_Lf_H4YA_2b} = 162 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H4YA_2} := F_{Lf_H4YA_2a} + F_{Lf_H4YA_2b} = 32.4 \text{ N}$$

Profil 3:

$$F_{Lf_H4YA_3a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_3a} \cdot l_{3ges} = 31.954 \text{ N}$$

$$l_{q3} = 7.7995 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_3a} := F_{Lf_H4YA_3a} \cdot l_{q3} = 249.226 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H4YA_3b} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_3b_max} \cdot \frac{l_{3ges}}{2} = 10.201 \text{ N}$$

$$l_{sq3} := \frac{2}{3} \cdot l_{3ges} - l_{3_eing.} + l_{2_ausg.} + l_{A1} = 8.4 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_3b} := F_{Lf_H4YA_3b} \cdot l_{sq3} = 86.167 \text{ Nm}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_3} := M_{A_Lf_H4YA_3a} + M_{A_Lf_H4YA_3b} = 335.4 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H4YA_3} := F_{Lf_H4YA_3a} + F_{Lf_H4YA_3b} = 42.2 \text{ N}$$

Profil 4:

$$F_{Lf_H4YA_4a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_4a} \cdot l_{4ges} = 28.842 \text{ N}$$

$$l_{q4} = 10.873 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_4a} := F_{Lf_H4YA_4a} \cdot l_{q4} = 313.599 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H4YA_4b} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_4b_max} \cdot \frac{l_{4ges}}{2} = 5.716 \text{ N}$$

$$l_{sq4} := \frac{2}{3} \cdot l_{4ges} - l_{4_eing.} + l_{3_ausg.} + l_{2_ausg.} + l_{A1} = 11.5 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_4b} := F_{Lf_H4YA_4b} \cdot l_{sq4} = 65.65 \text{ Nm}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_4} := M_{A_Lf_H4YA_4a} + M_{A_Lf_H4YA_4b} = 379.2 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H4YA_4} := F_{Lf_H4YA_4a} + F_{Lf_H4YA_4b} = 34.6 \text{ N}$$

Massenpunkt (U-Traversal und die gesamt hängende Last):

$$F_{Lf_H4YA_MP2} := 1.25 \cdot F_{Lf_H4YA_MP} = 309.828 \text{ N}$$

$$M_{A_Lf_H4YA_MP} := F_{Lf_H4YA_MP2} \cdot (l_{Tmax.} + 380\text{mm}) = 4055.496 \text{ Nm}$$

Gesamtes Moment und gesamte Kraft verursacht durch die Drehung um die Y-Achse beim Lager A:

$$M_{A_Lf_H4YA} := M_{A_Lf_H4YA_1} + M_{A_Lf_H4YA_2} + M_{A_Lf_H4YA_3} + M_{A_Lf_H4YA_4} + M_{A_Lf_H4YA_MP}$$

$$M_{A_Lf_H4YA} = 4979.7 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H4YA} := F_{Lf_H4YA_1} + F_{Lf_H4YA_2} + F_{Lf_H4YA_3} + F_{Lf_H4YA_4} + F_{Lf_H4YA_MP2} = 439.1 \text{ N}$$

3.1.1.3 Lagerkräfte in Z-Richtung

$$\Sigma M_{AZ} = 0$$

$$B_{z1} := \frac{[1.25 \cdot \psi \cdot F_{z_Last} \cdot (l_{Tmax.} + 380\text{mm})] + M_{A_E_ges} + M_{A_Lf_H4YA}}{l_{AB}} = 199127.6 \text{ N}$$

$$\Sigma F_z = 0$$

$$A_{z1} := 1.25 \cdot \psi \cdot F_{z_Last} + F_{A_E_ges} + F_{Lf_H4YA} - B_{z1} = -181694.7 \text{ N}$$

3.1.2 Statik in Y-Richtung:

3.1.2.1 Momente bei der Lagerstelle A verursacht durch die Fahrbewegung in Y-Richtung (Horizontalbelastung Lf_H1Y):

Profil 1:

$$F_{Lf_H1Y_1} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_1} \cdot l_{1ges} = 169.375 \text{ N}$$

$$l_{q1} = 1.7525 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H1Y_1} := F_{Lf_H1Y_1} \cdot l_{q1} = 296.83 \text{ Nm}$$

Profil 2:

$$F_{Lf_H1Y_2} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_2} \cdot l_{2ges} = 108.75 \text{ N}$$

$$l_{q2} = 4.7415 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H1Y_2} := F_{Lf_H1Y_2} \cdot l_{q2} = 515.638 \text{ Nm}$$

Profil 3:

$$F_{Lf_H1Y_3} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_3} \cdot l_{3ges} = 87.5 \text{ N}$$

$$l_{q3} = 7.7995 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H1Y_3} := F_{Lf_H1Y_3} \cdot l_{q3} = 682.456 \text{ Nm}$$

Profil 4:

$$F_{Lf_H1Y_4} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_4} \cdot l_{4ges} = 51.875 \text{ N}$$

$$l_{q4} = 10.873 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H1Y_4} := F_{Lf_H1Y_4} \cdot l_{q4} = 564.037 \text{ Nm}$$

Massenpunkt (U-Traverse und die gesamt hängende Last):

$$F_{Lf_H1Y_MP2} := 1.25 \cdot F_{Lf_H1Y_MP} = 313.516 \text{ N}$$

$$M_{A_Lf_H1Y_MP} := F_{Lf_H1Y_MP2} \cdot (l_{Tmax.} + 380\text{mm}) = 4103.763 \text{ Nm}$$

Gesamtes Moment und Kraft verursacht durch das Eigengewicht des Tragwerks beim Lager A:

$$M_{A_Lf_H1Y} := M_{A_Lf_H1Y_1} + M_{A_Lf_H1Y_2} + M_{A_Lf_H1Y_3} + M_{A_Lf_H1Y_4} + M_{A_Lf_H1Y_MP} = 6162.7 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H1Y} := F_{Lf_H1Y_1} + F_{Lf_H1Y_2} + F_{Lf_H1Y_3} + F_{Lf_H1Y_4} + F_{Lf_H1Y_MP2} = 731 \text{ N}$$

3.1.2.2 Momente bei der Lagerstelle A verursacht durch die Drehung um die Z-Achse (Horizontalbelastung Lf_H3ZA):

Profil 1:

$$F_{Lf_H3ZA_1a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_1a} \cdot l_{1ges} = 4.336 \text{ N}$$

$$l_{q1} = 1.7525 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_1a} := F_{Lf_H3ZA_1a} \cdot l_{q1} = 7.599 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H3ZA_1b} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_1b_max} \cdot \frac{l_{1ges}}{2} = 25.779 \text{ N}$$

$$l_{sq1} = 2.4 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_1b} := F_{Lf_H3ZA_1b} \cdot l_{sq1} = 61.526 \text{ Nm}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_1} := M_{A_Lf_H3ZA_1a} + M_{A_Lf_H3ZA_1b} = 69.1 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H3ZA_1} := F_{Lf_H3ZA_1a} + F_{Lf_H3ZA_1b} = 30.1 \text{ N}$$

Profil 2:

$$F_{Lf_H3ZA_2a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_2a} \cdot l_{2ges} = 28.484 \text{ N}$$

$$l_{q2} = 4.7415 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_2a} := F_{Lf_H3ZA_2a} \cdot l_{q2} = 135.056 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H3ZA_2b} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_2b_max} \cdot \frac{l_{2ges}}{2} = 16.856 \text{ N}$$

$$l_{sq2} = 5.4 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_2b} := F_{Lf_H3ZA_2b} \cdot l_{sq2} = 90.81 \text{ Nm}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_2} := M_{A_Lf_H3ZA_2a} + M_{A_Lf_H3ZA_2b} = 225.9 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H3ZA_2} := F_{Lf_H3ZA_2a} + F_{Lf_H3ZA_2b} = 45.3 \text{ N}$$

Profil 3:

$$F_{Lf_H3ZA_3a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_3a} \cdot l_{3ges} = 44.285 \text{ N}$$

$$l_{q3} = 7.7995 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_3a} := F_{Lf_H3ZA_3a} \cdot l_{q3} = 345.405 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H3ZA_3b} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_3b_max} \cdot \frac{l_{3ges}}{2} = 13.601 \text{ N}$$

$$l_{sq3} = 8.4 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_3b} := F_{Lf_H3ZA_3b} \cdot l_{sq3} = 114.89 \text{ Nm}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_3} := M_{A_Lf_H3ZA_3a} + M_{A_Lf_H3ZA_3b} = 460.3 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H3ZA_3} := F_{Lf_H3ZA_3a} + F_{Lf_H3ZA_3b} = 57.9 \text{ N}$$

Profil 4:

$$F_{Lf_H3ZA_4a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_4a} \cdot l_{4ges} = 39.452 \text{ N}$$

$$l_{q4} = 10.873 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_4a} := F_{Lf_H3ZA_4a} \cdot l_{q4} = 428.961 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H3ZA_4b} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_4b_max} \cdot \frac{l_{4ges}}{2} = 7.621 \text{ N}$$

$$l_{sq4} = 11.5 \text{ m}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_4b} := F_{Lf_H3ZA_4b} \cdot l_{sq4} = 87.534 \text{ Nm}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_4} := M_{A_Lf_H3ZA_4a} + M_{A_Lf_H3ZA_4b} = 516.5 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H3ZA_4} := F_{Lf_H3ZA_4a} + F_{Lf_H3ZA_4b} = 47.1 \text{ N}$$

Massenpunkt (U- Traverse und die gesamt hängende Last):

$$F_{Lf_H3ZA_MP2} := 1.25 \cdot F_{Lf_H3ZA_MP} = 420.548 \text{ N}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA_MP} := F_{Lf_H3ZA_MP2} \cdot (l_{Tmax.} + 380\text{mm}) = 5504.762 \text{ Nm}$$

Gesamtes Moment und gesamte Kraft verursacht durch die Drehung um die Z-Achse beim Lager A:

$$M_{A_Lf_H3ZA} := M_{A_Lf_H3ZA_1} + M_{A_Lf_H3ZA_2} + M_{A_Lf_H3ZA_3} + M_{A_Lf_H3ZA_4} + M_{A_Lf_H3ZA_MP}$$

$$M_{A_Lf_H3ZA} = 6776.5 \text{ Nm}$$

$$F_{Lf_H3ZA} := F_{Lf_H3ZA_1} + F_{Lf_H3ZA_2} + F_{Lf_H3ZA_3} + F_{Lf_H3ZA_4} + F_{Lf_H3ZA_MP2} = 601 \text{ N}$$

3.1.2.3 Moment bei der Lagerstelle A verursacht durch den Wind in Y-Richtung (Lastfall: W1Y):

Windbelastung am Tragwerk (Teleskop):

$$l_{W_T} := l_{Tmax.} + l_{1A} = 12.8595 \text{ m}$$

$$F_{W1Y_T} := 1.25 \cdot q_{W1Y} \cdot l_{W_T} = 914.375 \text{ N}$$

$$M_{A_W1Y_T} := F_{W1Y_T} \cdot \left(\frac{l_{W_T}}{2} - l_{1A} \right) = 5742.046 \text{ Nm}$$

Windbelastung an der Last respektive am Massenpunkt:

$$F_{W1Y_MP2} := 1.25 \cdot F_{W1Y_MP} = 558.594 \text{ N}$$

$$M_{A_W1Y_MP} := F_{W1Y_MP2} \cdot (l_{Tmax.} + 380\text{mm}) = 7311.713 \text{ Nm}$$

Gesamtes Moment und Kraft verursacht durch die Drehung um die Z-Achse beim Lager A:

$$M_{A_W1Y} := M_{A_W1Y_T} + M_{A_W1Y_MP} = 13053.8 \text{ Nm}$$

$$F_{W1Y} := F_{W1Y_T} + F_{W1Y_MP2} = 1473 \text{ N}$$

3.1.2.4 Lagerkräfte in die Y-Richtung:

$$\Sigma M_{AY}=0$$

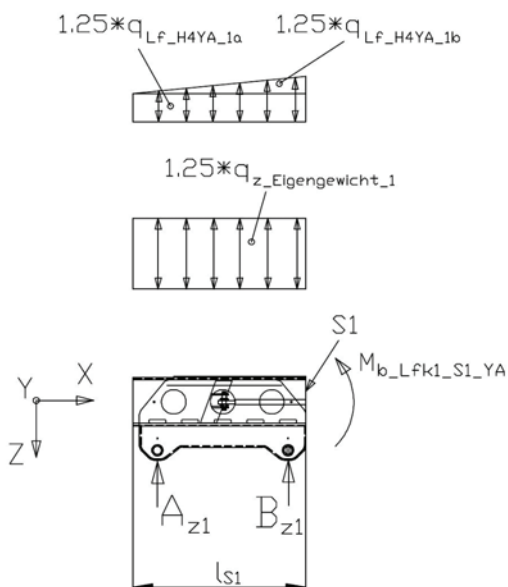
$$B_{y1} := \frac{M_{A_Lf_H1Y} + M_{A_Lf_H3ZA} + M_{A_W1Y}}{l_{AB}} = 32491.3 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y=0$$

$$A_{y1} := F_{Lf_H1Y} + F_{Lf_H3ZA} + F_{W1Y} - B_{y1} = -29686.3 \text{ N}$$

3.1.3 Festigkeitsnachweis:

3.1.3.1 Schnitt an der Position S1:



"M:\6) Hartmann Nils\Praxismodul\Industrieprojekt\MathCad Berechnung\Bilder\Lfk1 S1 XZEbene.jpg"

Lastfall Eigengewicht:

$$F_{S1_q1} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_1} \cdot l_{S1} = 943.693 \text{ N}$$

$$M_{S1_E} := F_{S1_q1} \cdot \frac{l_{S1}}{2} = 500.157 \text{ Nm}$$

Lastfall H4YA (Drehung um die Y-Achse):

$$F_{S1_Lf_H4YA_1a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_1a} \cdot l_{S1} = 0.226 \text{ N}$$

$$M_{S1_H4YA_1a} := F_{S1_Lf_H4YA_1a} \cdot \frac{l_{S1}}{2} = 0.12 \text{ Nm}$$

$$q_{S1_Lf_H4YA_1b_max} := \left[\alpha_{my} \cdot (I_{YAq_1} + I_{S1}) \cdot \left(\frac{M_{1ges.}}{l_{1ges.}} \right) \right] - q_{Lf_H4YA_1a} = 1.047 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S1_Lf_H4YA_1b} := 1.25 \cdot q_{S1_Lf_H4YA_1b_max} \cdot \frac{l_{1ges.}}{2} = 2.49 \text{ N}$$

$$M_{S1_H4YA_1b} := F_{S1_Lf_H4YA_1b} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot l_{S1} \right) = 0.88 \text{ Nm}$$

$$M_{S1_H4YA_1} := M_{S1_H4YA_1a} + M_{S1_H4YA_1b} = 1 \text{ Nm}$$

Lager Az und Bz:

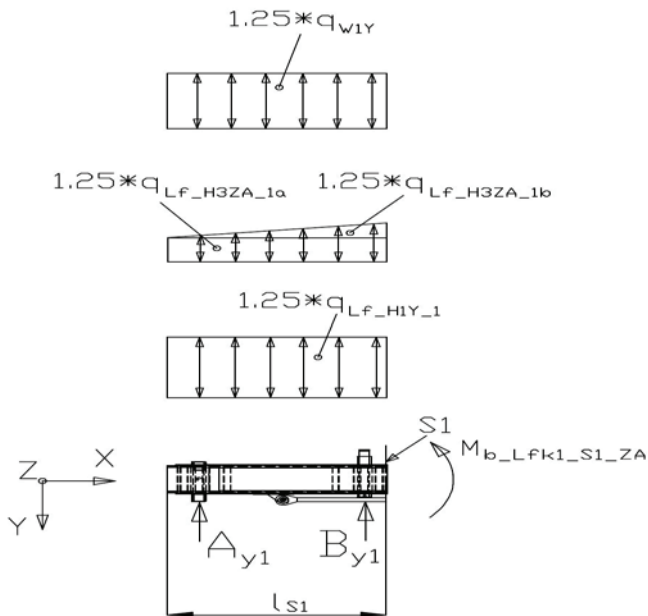
$$M_{S1_Az1} := A_{z1} \cdot (l_{S1} - l_{1A}) = -165342.147 \text{ Nm}$$

$$M_{S1_Bz1} := B_{z1} \cdot (l_{S1} - l_{1A} - l_{AB}) = 21904.037 \text{ Nm}$$

Biegemoment an der Stelle S1:

$$\Sigma M_{S1_YA} = 0$$

$$M_{b_Lfk1_S1_YA} := M_{S1_Az1} + M_{S1_Bz1} - M_{S1_H4YA_1} - M_{S1_E} = -143939.3 \text{ Nm}$$



"M:\6) Hartmann Nils\Praxismodul\Industrieprojekt\MathCad Berechnung\Bilder\Lfk1 S1 XYEbene.jpg"

Lastfall H1Y:

$$F_{S1_Lf_H1Y} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_1} \cdot l_{S1} = 47.185 \text{ N}$$

$$M_{S1_H1Y} := F_{S1_Lf_H1Y} \cdot \frac{l_{S1}}{2} = 25.008 \text{ Nm}$$

Lastfall H3ZA (Drehung um die Z-Achse):

$$F_{S1_Lf_H3ZA_1a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_1a} \cdot l_{S1} = 1.208 \text{ N}$$

$$M_{S1_H3ZA_1a} := F_{S1_Lf_H3ZA_1a} \cdot \frac{l_{S1}}{2} = 0.64 \text{ Nm}$$

$$q_{S1_Lf_H3ZA_1b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{mz} \cdot (l_{ZAq_1} + l_{S1}) \cdot \left(\frac{M_{1ges.}}{l_{1ges.}} \right) \right] - q_{Lf_H3ZA_1a} = 3.02 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S1_Lf_H3ZA_1b} := 1.25 \cdot q_{S1_Lf_H3ZA_1b_max} \cdot \frac{l_{S1}}{2} = 2.001 \text{ N}$$

$$M_{S1_H3ZA_1b} := F_{S1_Lf_H3ZA_1b} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot l_{S1} \right) = 0.707 \text{ Nm}$$

$$M_{S1_H3ZA_1} := M_{S1_H3ZA_1a} + M_{S1_H3ZA_1b} = 1.347 \text{ Nm}$$

Lastfall W1Y (Wind in Y-Richtung):

$$F_{S1_W1Y} := 1.25 \cdot q_{W1Y} \cdot l_{S1} = 75.371 \text{ N}$$

$$M_{S1_W1Y} := F_{S1_W1Y} \cdot \frac{l_{S1}}{2} = 39.947 \text{ Nm}$$

Lager Ay und By:

$$M_{S1_Ay1} := A_{y1} \cdot (l_{S1} - l_{1A}) = -27014.564 \text{ Nm}$$

$$M_{S1_By1} := B_{y1} \cdot (l_{S1} - l_{1A} - l_{AB}) = 3574.041 \text{ Nm}$$

Biegemoment an der Stelle S1:

$$\Sigma M_{S1_ZA} = 0$$

$$M_{b_Lfk1_S1_ZA} := M_{S1_Ay1} + M_{S1_By1} - M_{S1_H3ZA_1} - M_{S1_H1Y} - M_{S1_W1Y} = -23506.8 \text{ Nm}$$

Spannung verursacht durch den Lastfall H2X (Teleskopieren):

$$\sigma_{Zug_Lfk1_S1} := \frac{1.25 \cdot F_{Lf_H2X}}{A_1} = 0.061 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Spannung in Z-Richtung an der Stelle S1:

$$\sigma_{b_Lfk1_S1_Z} := \left| \frac{M_{b_Lfk1_S1_YA}}{W_{y1}} \right| = 272.415 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{Z_Lfk1_S1} := \sigma_{b_Lfk1_S1_Z} + \sigma_{Zug_Lfk1_S1} = 272.476 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Spannung in Y-Richtung an der Stelle S1:

$$\sigma_{Y_Lfk1_S1} := \left| \frac{M_{b_Lfk1_S1_ZA}}{W_{z1}} \right| = 58.38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Schubspannung um die X-Achse an der Stelle S1:

$$\tau_{XA_Lfk1_S1} := \frac{(1.25 \cdot \psi \cdot M_{x_Nutzlast})}{W_{T1}} = 0.14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vergleichsspannung an der Stelle S1 (Hypothese Gestaltänderungsarbeit):

$$\sigma_{v_Lfk1_S1} := \sqrt{\sigma_{Y_Lfk1_S1}^2 + \sigma_{Z_Lfk1_S1}^2 - \sigma_{Y_Lfk1_S1} \cdot \sigma_{Z_Lfk1_S1} + 3 \cdot \tau_{XA_Lfk1_S1}^2} = 248.485 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Zulässige Spannungen gegen Fließen und Bruch:

Sicherheitskoeffizient bezogen auf die Fließgrenze:

$$\nu_{E_Lfk1} := 1.5$$

DIN EN 1808

Sicherheitskoeffizient bezogen auf die Bruchgrenze:

$$\nu_{R_Lfk1} := 4$$

DIN EN 1808

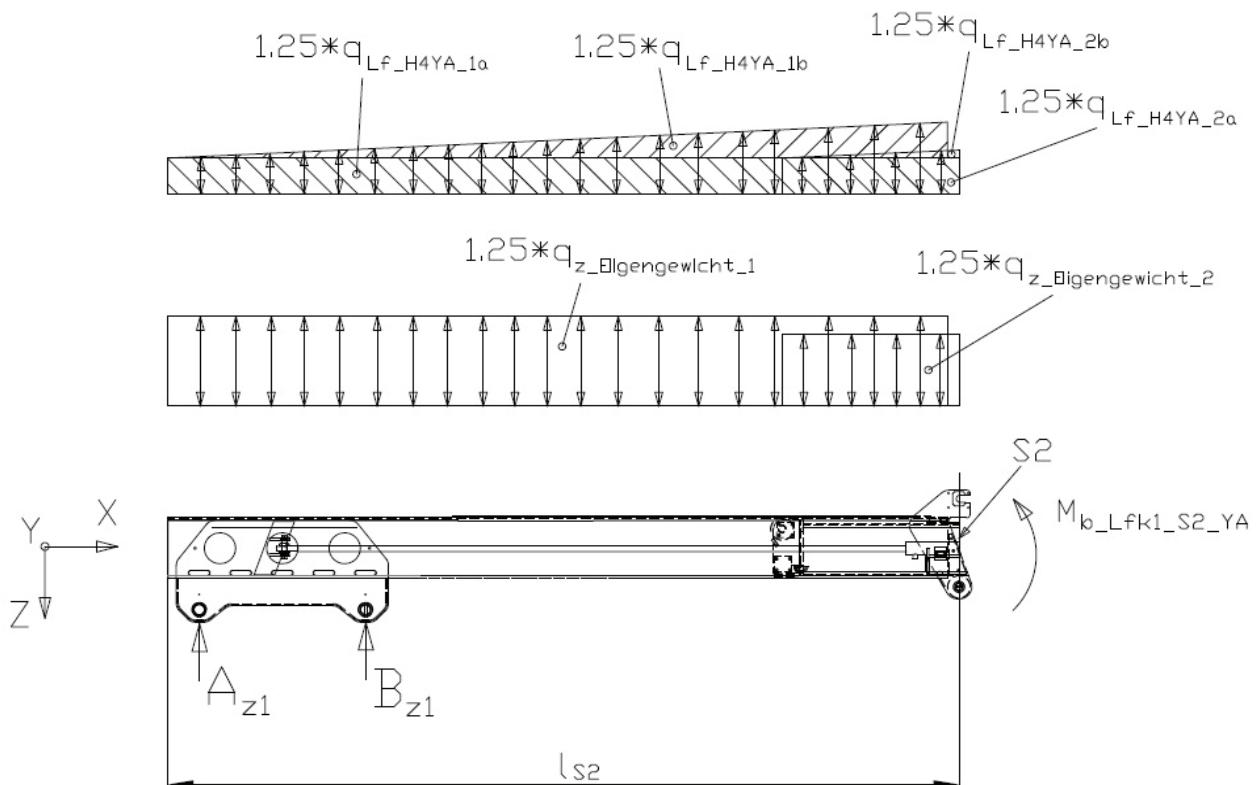
$$\sigma_{aE_Lfk1_S1} := \frac{\sigma_{E1}}{\nu_{E_Lfk1}} = 236.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{aR_Lfk1_S1} := \frac{\sigma_{R1}}{\nu_{R_Lfk1}} = 127.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Vergleich}(\sigma_{aR}, \sigma_v) := \begin{array}{l} \text{ausgabe} \leftarrow \left(\begin{array}{l} \text{"Die zul. Spannung ist grösser als die Vergleichsspannung, somit alles i.O."} \quad \text{if } \sigma_{aR} \geq \sigma_v \\ \text{"Die zul. Spannung ist kleiner als die Vergleichsspannung, --> NICHT i.O."} \quad \text{otherwise} \end{array} \right) \\ \text{ausgabe} \end{array}$$

$$\text{Vergleich}(\sigma_{aR_Lfk1_S1}, \sigma_{v_Lfk1_S1}) = \text{"Die zul. Spannung ist kleiner als die Vergleichsspannung, --> NICHT i.O."}$$

3.1.3.2 Schnitt an der Position S2:



"M:\6) Hartmann Nils\Praxismodul\Industrieprojekt\MathCad Berechnung\Bilder\Lfk1 S2 XZEbene.jpg"

Lastfall Eigengewicht:

$$F_{S2_q1} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_1} \cdot l_{1ges} = 3387.5 \text{ N}$$

$$M_{S2_E_1} := F_{S2_q1} \cdot \left(l_{S2} - \frac{l_{1ges}}{2} \right) = 6444.719 \text{ Nm}$$

$$F_{S2_q2} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_2} \cdot [l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.})] = 477.658 \text{ N}$$

$$M_{S2_E_2} := F_{S2_q2} \cdot \frac{[l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.})]}{2} = 203.244 \text{ Nm}$$

$$M_{S2_E} := M_{S2_E_1} + M_{S2_E_2} = 6647.962 \text{ Nm}$$

Lastfall H4YA (Drehung um die Y-Achse):

$$F_{S2_Lf_H4YA_1a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_1a} \cdot l_{1ges} = 0.813 \text{ N}$$

$$M_{S2_H4YA_1a} := F_{S2_Lf_H4YA_1a} \cdot \left(l_{S2} - \frac{l_{1ges}}{2} \right) = 1.547 \text{ Nm}$$

$$q_{S2_Lf_H4YA_1b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{my} \cdot (l_{YAq_1} + l_{1ges}) \cdot \left(\frac{M_{1ges.}}{l_{1ges}} \right) \right] - q_{Lf_H4YA_1a} = 8.13 \frac{N}{m}$$

$$F_{S2_Lf_H4YA_1b} := 1.25 \cdot q_{S2_Lf_H4YA_1b_max} \cdot \frac{l_{1ges}}{2} = 19.334 N$$

$$M_{S2_H4YA_1b} := F_{S2_Lf_H4YA_1b} \cdot \left(l_{S2} - \frac{2}{3} \cdot l_{1ges} \right) = 24.522 Nm$$

$$M_{S2_H4YA_1} := M_{S2_H4YA_1a} + M_{S2_H4YA_1b} = 26.069 Nm$$

$$F_{S2_Lf_H4YA_2a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_2a} \cdot \left[l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.}) \right] = 4.348 N$$

$$M_{S2_H4YA_2a} := F_{S2_Lf_H4YA_2a} \cdot \left[\frac{l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.})}{2} \right] = 1.85 Nm$$

$$q_{S2_Lf_H4YA_2b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{my} \cdot (l_{YAq_1} + l_{S2}) \cdot \left(\frac{M_{2ges.}}{l_{2ges}} \right) \right] - q_{Lf_H4YA_2a} = 1.146 \frac{N}{m}$$

$$F_{S2_Lf_H4YA_2b} := 1.25 \cdot q_{S2_Lf_H4YA_2b_max} \cdot \left[\frac{l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.})}{2} \right] = 0.61 N$$

$$M_{S2_H4YA_2b} := F_{S2_Lf_H4YA_2b} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot \left[l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.}) \right] \right] = 0.173 Nm$$

$$M_{S2_H4YA_2} := M_{S2_H4YA_2a} + M_{S2_H4YA_2b} = 2.023 Nm$$

$$M_{S2_H4YA} := M_{S2_H4YA_1} + M_{S2_H4YA_2} = 28.092 Nm$$

Lager Az und Bz:

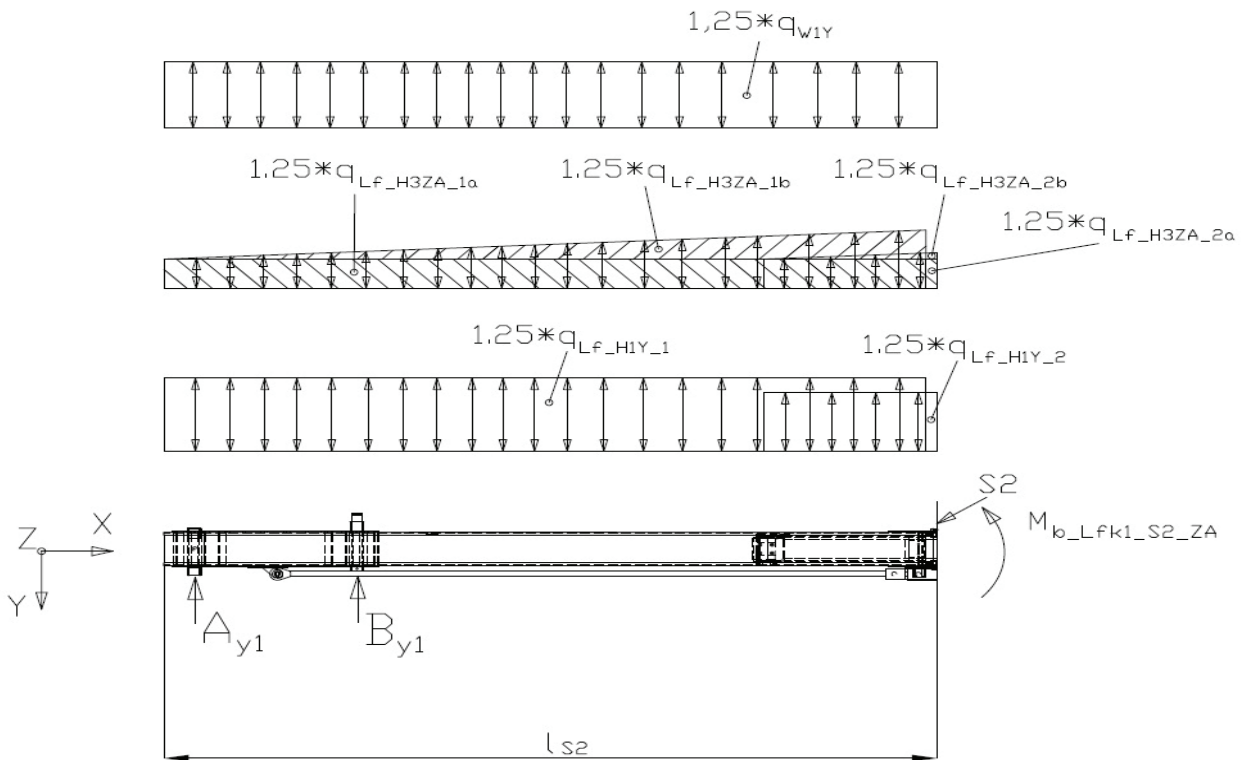
$$M_{S2_Az1} := A_{z1} \cdot (l_{S2} - l_{1A}) = -664094.007 Nm$$

$$M_{S2_Bz1} := B_{z1} \cdot (l_{S2} - l_{1A} - l_{AB}) = 568509.317 Nm$$

Biegemoment an der Stelle S2:

$$\Sigma M_{S2_YA} = 0$$

$$M_{b_Lfk1_S2_YA} := M_{S2_Az1} + M_{S2_Bz1} - M_{S2_H4YA} - M_{S2_E} = -102260.7 Nm$$



"M:\6) Hartmann Nils\Praxismodul\Industrieprojekt\MathCad Berechnung\Bilder\Lfk1 S2 XYEbene.jpg"

Lastfall H1Y:

$$F_{S2_Lf_H1Y_1} := 1,25 \cdot q_{Lf_H1Y_1} \cdot l_{1ges} = 169.375 \text{ N}$$

$$M_{S2_H1Y_1} := F_{S2_Lf_H1Y_1} \cdot \left(l_{S2} - \frac{l_{1ges}}{2} \right) = 322.236 \text{ Nm}$$

$$F_{S2_Lf_H1Y_2} := 1,25 \cdot q_{Lf_H1Y_2} \cdot \left[l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.}) \right] = 23.883 \text{ N}$$

$$M_{S2_H1Y_2} := F_{S2_Lf_H1Y_2} \cdot \frac{\left[l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.}) \right]}{2} = 10.162 \text{ Nm}$$

$$M_{S2_H1Y} := M_{S2_H1Y_1} + M_{S2_H1Y_2} = 332.398 \text{ Nm}$$

Lastfall H3ZA (Drehung um die Z-Achse):

$$F_{S2_Lf_H3ZA_1a} := 1,25 \cdot q_{Lf_H3ZA_1a} \cdot l_{1ges} = 4.336 \text{ N}$$

$$M_{S2_H3ZA_1a} := F_{S2_Lf_H3ZA_1a} \cdot \left(l_{S2} - \frac{l_{1ges}}{2} \right) = 8.249 \text{ Nm}$$

$$q_{S2_Lf_H3ZA_1b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{mz} \cdot (l_{ZAq_1} + l_{1ges}) \cdot \left(\frac{M_{1ges.}}{l_{1ges.}} \right) \right] - q_{Lf_H3ZA_1a} = 10.84 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S2_Lf_H3ZA_1b} := 1.25 \cdot q_{S2_Lf_H3ZA_1b_max} \cdot \frac{l_{1ges}}{2} = 25.779 \text{ N}$$

$$M_{S2_H3ZA_1b} := F_{S2_Lf_H3ZA_1b} \cdot \left(l_{S2} - \frac{2}{3} \cdot l_{1ges} \right) = 32.696 \text{ Nm}$$

$$M_{S2_H3ZA_1} := M_{S2_H3ZA_1a} + M_{S2_H3ZA_1b} = 40.945 \text{ Nm}$$

$$F_{S2_Lf_H3ZA_2a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_2a} \cdot \left[l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.}) \right] = 6.255 \text{ N}$$

$$M_{S2_H3ZA_2a} := F_{S2_Lf_H3ZA_2a} \cdot \left[\frac{l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.})}{2} \right] = 2.662 \text{ Nm}$$

$$q_{S2_Lf_H3ZA_2b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{mz} \cdot (l_{ZAq_1} + l_{S2}) \cdot \left(\frac{M_{2ges.}}{l_{2ges.}} \right) \right] - q_{Lf_H3ZA_2a} = 1.529 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S2_Lf_H3ZA_2b} := 1.25 \cdot q_{S2_Lf_H3ZA_2b_max} \cdot \left[\frac{l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.})}{2} \right] = 0.813 \text{ N}$$

$$M_{S2_H3ZA_2b} := F_{S2_Lf_H3ZA_2b} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot \left[l_{S2} - (l_{1ges} - l_{2_eing.}) \right] \right] = 0.231 \text{ Nm}$$

$$M_{S2_H3ZA_2} := M_{S2_H3ZA_2a} + M_{S2_H3ZA_2b} = 2.892 \text{ Nm}$$

$$M_{S2_H3ZA} := M_{S2_H3ZA_1} + M_{S2_H3ZA_2} = 43.838 \text{ Nm}$$

Lastfall W1Y (Wind in Y-Richtung):

$$F_{S2_W1Y} := 1.25 \cdot q_{W1Y} \cdot l_{S2} = 270.555 \text{ N}$$

$$M_{S2_W1Y} := F_{S2_W1Y} \cdot \frac{l_{S2}}{2} = 514.73 \text{ Nm}$$

Lager Ay und By:

$$M_{S2_Ay1} := A_{y1} \cdot (l_{S2} - l_{1A}) = -108503.552 \text{ Nm}$$

$$M_{S2_By1} := B_{y1} \cdot (l_{S2} - l_{1A} - l_{AB}) = 92762.609 \text{ Nm}$$

Biegemoment an der Stelle S2:

$$\Sigma M_{S2_ZA} = 0$$

$$M_{b_Lfk1_S2_ZA} := M_{S2_Ay1} + M_{S2_By1} - M_{S2_H3ZA} - M_{S2_H1Y} - M_{S2_W1Y} = -16631.9 \text{ Nm}$$

Spannung verursacht durch den Lastfall H2X (Teleskopieren):

$$\sigma_{\text{Zug_Lfk1_S2}} := \frac{1.25 \cdot F_{\text{Lf_H2X}}}{A_2} = 0.075 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Spannung in Z-Richtung an der Stelle S2:

$$\sigma_{\text{b_Lfk1_S2_Z}} := \left| \frac{M_{\text{b_Lfk1_S2_YA}}}{W_{y2}} \right| = 298.592 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{Z_Lfk1_S2}} := \sigma_{\text{b_Lfk1_S2_Z}} + \sigma_{\text{Zug_Lfk1_S2}} = 298.667 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Spannung in Y-Richtung an der Stelle S2:

$$\sigma_{\text{Y_Lfk1_S2}} := \left| \frac{M_{\text{b_Lfk1_S2_ZA}}}{W_{z2}} \right| = 67.92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Schubspannung um die X-Achse an der Stelle S2:

$$\tau_{\text{XA_Lfk1_S2}} := \frac{(1.25 \cdot \psi \cdot M_{\text{x_Nutzlast}})}{W_{T2}} = 0.231 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vergleichsspannung an der Stelle S2 (Hypothese Gestaltänderungsarbeit):

$$\sigma_{\text{v_Lfk1_S2}} := \sqrt{\sigma_{\text{Y_Lfk1_S2}}^2 + \sigma_{\text{Z_Lfk1_S2}}^2 - \sigma_{\text{Y_Lfk1_S2}} \cdot \sigma_{\text{Z_Lfk1_S2}} + 3 \cdot \tau_{\text{XA_Lfk1_S2}}^2} = 271.164 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Zulässige Spannungen gegen Fließen und Bruch:

Sicherheitskoeffizient bezogen auf die Fließgrenze:

$$\nu_{\text{E_Lfk1}} = 1.5$$

DIN EN 1808

Sicherheitskoeffizient bezogen auf die Bruchgrenze:

$$\nu_{\text{R_Lfk1}} = 4$$

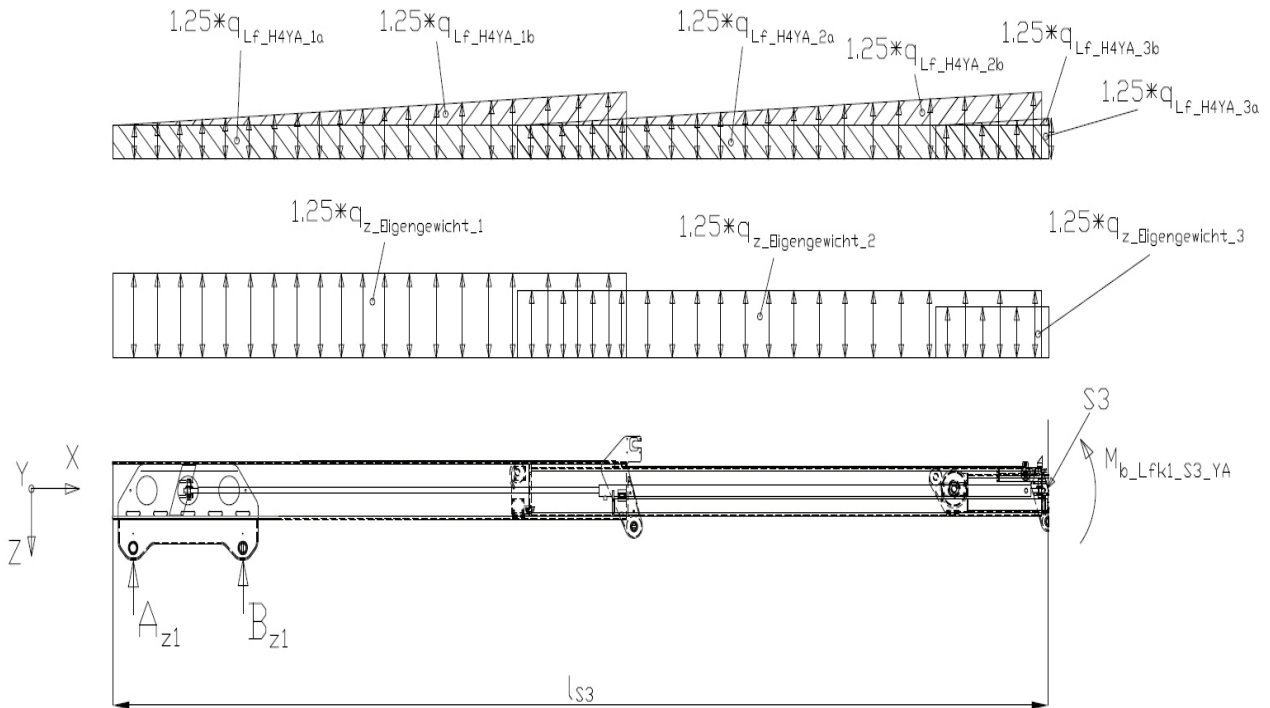
DIN EN 1808

$$\sigma_{\text{aE_Lfk1_S2}} := \frac{\sigma_{\text{E2}}}{\nu_{\text{E_Lfk1}}} = 236.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{aR_Lfk1_S2}} := \frac{\sigma_{\text{R2}}}{\nu_{\text{R_Lfk1}}} = 127.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vergleich($\sigma_{\text{aR_Lfk1_S2}}, \sigma_{\text{v_Lfk1_S2}}$) = "Die zul. Spannung ist kleiner als die Vergleichsspannung, --> NICHT i.O."

3.1.3.3 Schnitt an der Position S3:



"M:\6) Hartmann Nils\Praxismodul\Industrieprojekt\MathCad Berechnung\Bilder\Lfk1 S3 XZEbene.jpg"

Lastfall Eigengewicht:

$$F_{S3_q1} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_1} \cdot l_{1ges} = 3387.5 \text{ N}$$

$$M_{S3_E_1} := F_{S3_q1} \cdot \left(l_{S3} - \frac{l_{1ges}}{2} \right) = 16688.519 \text{ Nm}$$

$$F_{S3_q2} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_2} \cdot l_{2ges} = 2175 \text{ N}$$

$$M_{S3_E_2} := F_{S3_q2} \cdot \left[l_{S3} - \left(\frac{l_{2ges}}{2} - l_{2_eing.} + l_{1ges} \right) \right] = 4214.063 \text{ Nm}$$

$$F_{S3_q3} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_3} \cdot \left[l_{S3} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} - l_{3_eing.}) \right] = 370.4 \text{ N}$$

$$M_{S3_E_3} := F_{S3_q3} \cdot \frac{\left[l_{S3} - [(l_{1ges} + l_{2_ausg.}) - l_{3_eing.}] \right]}{2} = 152.327 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_E} := M_{S3_E_1} + M_{S3_E_2} + M_{S3_E_3} = 21054.908 \text{ Nm}$$

Lastfall H4YA (Drehung um die Y-Achse):

$$F_{S3_Lf_H4YA_1a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_1a} \cdot l_{1ges} = 0.813 \text{ N}$$

$$M_{S3_H4YA_1a} := F_{S3_Lf_H4YA_1a} \cdot \left(l_{S3} - \frac{l_{1ges}}{2} \right) = 4.005 \text{ Nm}$$

$$q_{S3_Lf_H4YA_1b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{my} \cdot (l_{YAq_1} + l_{1ges}) \cdot \left(\frac{M_{1ges.}}{l_{1ges}} \right) \right] - q_{Lf_H4YA_1a} = 8.13 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S3_Lf_H4YA_1b} := 1.25 \cdot q_{S3_Lf_H4YA_1b_max} \cdot \frac{l_{1ges}}{2} = 19.334 \text{ N}$$

$$M_{S3_H4YA_1b} := F_{S3_Lf_H4YA_1b} \cdot \left(l_{S3} - \frac{2}{3} \cdot l_{1ges} \right) = 82.989 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_H4YA_1} := M_{S3_H4YA_1a} + M_{S3_H4YA_1b} = 86.994 \text{ Nm}$$

$$F_{S3_Lf_H4YA_2a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_2a} \cdot l_{2ges} = 19.797 \text{ N}$$

$$M_{S3_H4YA_2a} := F_{S3_Lf_H4YA_2a} \cdot \left[l_{S3} - \left[\frac{l_{2ges}}{2} + (l_{1ges} - l_{2_eing.}) \right] \right] = 38.356 \text{ Nm}$$

$$q_{S3_Lf_H4YA_2b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{my} \cdot [l_{YAq_1} + (l_{1ges} + l_{2_ausg.})] \cdot \left(\frac{M_{2ges.}}{l_{2ges}} \right) \right] - q_{Lf_H4YA_2a} = 5.22 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S3_Lf_H4YA_2b} := 1.25 \cdot q_{S3_Lf_H4YA_2b_max} \cdot \frac{(l_{2ges})}{2} = 12.642 \text{ N}$$

$$M_{S3_H4YA_2b} := F_{S3_Lf_H4YA_2b} \cdot \left[l_{S3} - \left(\frac{2}{3} \cdot l_{2ges} - l_{2_eing.} + l_{1ges} \right) \right] = 16.329 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_H4YA_2} := M_{S3_H4YA_2a} + M_{S3_H4YA_2b} = 54.686 \text{ Nm}$$

$$F_{S3_Lf_H4YA_3a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_3a} \cdot [l_{S3} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} - l_{3_eing.})] = 6.763 \text{ N}$$

$$M_{S3_H4YA_3a} := F_{S3_Lf_H4YA_3a} \cdot \left[\frac{[l_{S3} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} - l_{3_eing.})]}{2} \right] = 2.781 \text{ Nm}$$

$$q_{S3_Lf_H4YA_3b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{my} \cdot (l_{YAq_1} + l_{S3}) \cdot \left(\frac{M_{3ges.}}{l_{3ges}} \right) \right] - q_{Lf_H4YA_3a} = 0.889 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S3_Lf_H4YA_3b} := 1.25 \cdot q_{S3_Lf_H4YA_3b_max} \cdot \frac{[l_{S3} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} - l_{3_eing.})]}{2} = 0.457 \text{ N}$$

$$M_{S3_H4YA_3b} := F_{S3_Lf_H4YA_3b} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot [l_{S3} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} - l_{3_eing.})] \right] = 5.301 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_H4YA_3} := M_{S3_H4YA_3a} + M_{S3_H4YA_3b} = 8.082 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_H4YA} := M_{S3_H4YA_1} + M_{S3_H4YA_2} + M_{S3_H4YA_3} = 149.762 \text{ Nm}$$

Lager Az und Bz:

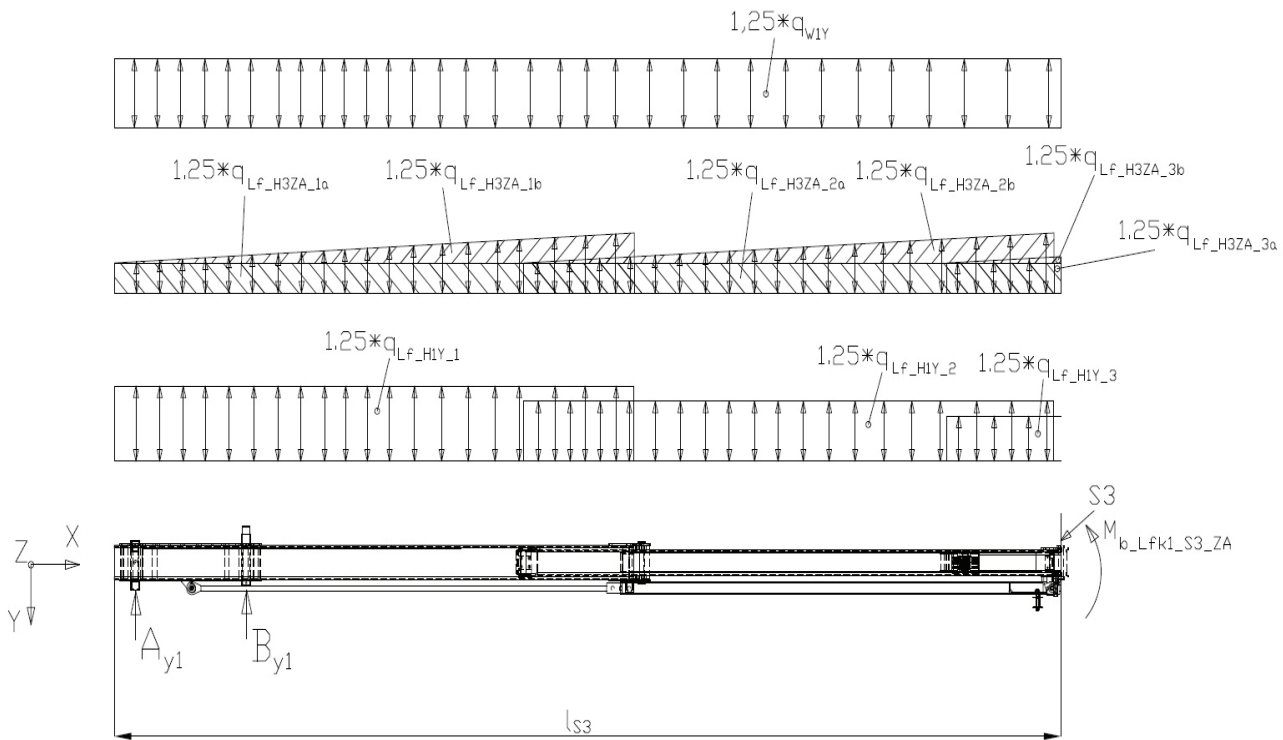
$$M_{S3_Az1} := A_{z1} \cdot (l_{S3} - l_{1A}) = -1213538.679 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_Bz1} := B_{z1} \cdot (l_{S3} - l_{1A} - l_{AB}) = 1170671.199 \text{ Nm}$$

Biegemoment an der Stelle S3:

$$\Sigma M_{S3_YA} = 0$$

$$M_{b_Lfk1_S3_YA} := M_{S3_Az1} + M_{S3_Bz1} - M_{S3_H4YA} - M_{S3_E} = -64072.2 \text{ Nm}$$



"M:\6) Hartmann Nils\Praxismodul\Industrieprojekt\MathCad Berechnung\Bilder\Lfk1 S3 XYEbene.jpg"

Lastfall H1Y:

$$F_{S3_Lf_H1Y_1} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_1} \cdot l_{1ges} = 169.375 \text{ N}$$

$$M_{S3_H1Y_1} := F_{S3_Lf_H1Y_1} \cdot \left(l_{S3} - \frac{l_{1ges}}{2} \right) = 834.426 \text{ Nm}$$

$$F_{S3_Lf_H1Y_2} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_2} \cdot l_{2ges} = 108.75 \text{ N}$$

$$M_{S3_H1Y_2} := F_{S3_Lf_H1Y_2} \cdot \left[l_{S3} - \left(\frac{l_{2ges}}{2} - l_{2_eing.} + l_{1ges} \right) \right] = 210.703 \text{ Nm}$$

$$F_{S3_Lf_H1Y_3} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_3} \cdot \left[l_{S3} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} - l_{3_eing.}) \right] = 18.52 \text{ N}$$

$$M_{S3_H1Y_3} := F_{S3_Lf_H1Y_3} \cdot \frac{\left[l_{S3} - \left[(l_{1ges} + l_{2_ausg.}) - l_{3_eing.} \right] \right]}{2} = 7.616 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_H1Y} := M_{S3_H1Y_1} + M_{S3_H1Y_2} + M_{S3_H1Y_3} = 1052.745 \text{ Nm}$$

Lastfall H3ZA (Drehung um die Z-Achse):

$$F_{S3_Lf_H3ZA_1a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_1a} \cdot l_{1ges} = 4.336 \text{ N}$$

$$M_{S3_H3ZA_1a} := F_{S3_Lf_H3ZA_1a} \cdot \left(l_{S3} - \frac{l_{1ges}}{2} \right) = 21.361 \text{ Nm}$$

$$q_{S3_Lf_H3ZA_1b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{mz} \cdot (l_{ZAq_1} + l_{1ges}) \cdot \left(\frac{M_{1ges.}}{l_{1ges}} \right) \right] - q_{Lf_H3ZA_1a} = 10.84 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S3_Lf_H3ZA_1b} := 1.25 \cdot q_{S3_Lf_H3ZA_1b_max} \cdot \frac{l_{1ges}}{2} = 25.779 \text{ N}$$

$$M_{S3_H3ZA_1b} := F_{S3_Lf_H3ZA_1b} \cdot \left(l_{S3} - \frac{2}{3} \cdot l_{1ges} \right) = 110.652 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_H3ZA_1} := M_{S3_H3ZA_1a} + M_{S3_H3ZA_1b} = 132.013 \text{ Nm}$$

$$F_{S3_Lf_H3ZA_2a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_2a} \cdot l_{2ges} = 28.484 \text{ N}$$

$$M_{S3_H3ZA_2a} := F_{S3_Lf_H3ZA_2a} \cdot \left[l_{S3} - \left[\frac{l_{2ges}}{2} + (l_{1ges} - l_{2_eing.}) \right] \right] = 55.187 \text{ Nm}$$

$$q_{S3_Lf_H3ZA_2b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{mz} \cdot (l_{ZAq_1} + l_{1ges} + l_{2_ausg.}) \cdot \left(\frac{M_{2ges.}}{l_{2ges}} \right) \right] - q_{Lf_H3ZA_2a} = 6.96 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S3_Lf_H3ZA_2b} := 1.25 \cdot q_{S3_Lf_H3ZA_2b_max} \cdot \frac{l_{2ges}}{2} = 16.856 \text{ N}$$

$$M_{S3_H3ZA_2b} := F_{S3_Lf_H3ZA_2b} \cdot \left[l_{S3} - \left(\frac{2}{3} \cdot l_{2ges} - l_{2_eing.} + l_{1ges} \right) \right] = 21.773 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_H3ZA_2} := M_{S3_H3ZA_2a} + M_{S3_H3ZA_2b} = 76.96 \text{ Nm}$$

$$F_{S3_Lf_H3ZA_3a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_3a} \cdot \left[l_{S3} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} - l_{3_eing.}) \right] = 9.373 \text{ N}$$

$$M_{S3_H3ZA_3a} := F_{S3_Lf_H3ZA_3a} \cdot \left[\frac{[I_{S3} - (I_{1ges} + I_{2_ausg.} - I_{3_eing.})]}{2} \right] = 3.855 \text{ Nm}$$

$$q_{S3_Lf_H3ZA_3b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{mz} \cdot (I_{ZAq_1} + I_{S3}) \cdot \left(\frac{M_{3ges.}}{I_{3ges.}} \right) \right] - q_{Lf_H3ZA_3a} = 1.185 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S3_Lf_H3ZA_3b} := 1.25 \cdot q_{S3_Lf_H3ZA_3b_max} \cdot \frac{[I_{S3} - (I_{1ges} + I_{2_ausg.} - I_{3_eing.})]}{2} = 0.609 \text{ N}$$

$$M_{S3_H3ZA_3b} := F_{S3_Lf_H3ZA_3b} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot [I_{S3} - (I_{1ges} + I_{2_ausg.} - I_{3_eing.})] \right] = 0.167 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_H3ZA_3} := M_{S3_H3ZA_3a} + M_{S3_H3ZA_3b} = 4.022 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_H3ZA} := M_{S3_H3ZA_1} + M_{S3_H3ZA_2} + M_{S3_H3ZA_3} = 212.995 \text{ Nm}$$

Lastfall W1Y (Wind in Y-Richtung):

$$F_{S3_W1Y} := 1.25 \cdot q_{W1Y} \cdot I_{S3} = 485.576 \text{ N}$$

$$M_{S3_W1Y} := F_{S3_W1Y} \cdot \frac{I_{S3}}{2} = 1658 \text{ Nm}$$

Lager Ay und By:

$$M_{S3_Ay1} := A_{y1} \cdot (I_{S3} - I_{1A}) = -198275.027 \text{ Nm}$$

$$M_{S3_By1} := B_{y1} \cdot (I_{S3} - I_{1A} - I_{AB}) = 191016.244 \text{ Nm}$$

Biegemoment an der Stelle S3:

$$\Sigma M_{S3_ZA} = 0$$

$$M_{b_Lfk1_S3_ZA} := M_{S3_Ay1} + M_{S3_By1} - M_{S3_H3ZA} - M_{S3_H1Y} - M_{S3_W1Y} = -10182.5 \text{ Nm}$$

Spannung verursacht durch den Lastfall H2X (Teleskopieren):

$$\sigma_{Zug_Lfk1_S3} := \frac{1.25 \cdot F_{Lf_H2X}}{A_3} = 0.108 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Spannung in Z-Richtung an der Stelle S3:

$$\sigma_{b_Lfk1_S3_Z} := \left| \frac{M_{b_Lfk1_S3_YA}}{W_{y3}} \right| = 323.597 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{Z_Lfk1_S3} := \sigma_{b_Lfk1_S3_Z} + \sigma_{Zug_Lfk1_S3} = 323.704 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Spannung in Y-Richtung an der Stelle S3:

$$\sigma_{Y_Lfk1_S3} := \left| \frac{M_{b_Lfk1_S3_ZA}}{W_{Z3}} \right| = 68.339 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Schubspannung um die X-Achse an der Stelle S3:

$$\tau_{XA_Lfk1_S3} := \frac{(1.25 \cdot \psi \cdot M_{X_Nutzlast})}{W_{T3}} = 0.373 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vergleichsspannung an der Stelle S3 (Hypothese Gestaltänderungsarbeit):

$$\sigma_{v_Lfk1_S3} := \sqrt{\sigma_{Y_Lfk1_S3}^2 + \sigma_{Z_Lfk1_S3}^2 - \sigma_{Y_Lfk1_S3} \cdot \sigma_{Z_Lfk1_S3} + 3 \cdot \tau_{XA_Lfk1_S3}^2} = 295.522 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Zulässige Spannungen gegen Fließen und Bruch:

Sicherheitskoeffizient bezogen auf die Fließgrenze:

$$\nu_{E_Lfk1} = 1.5 \quad \text{DIN EN 1808}$$

Sicherheitskoeffizient bezogen auf die Bruchgrenze:

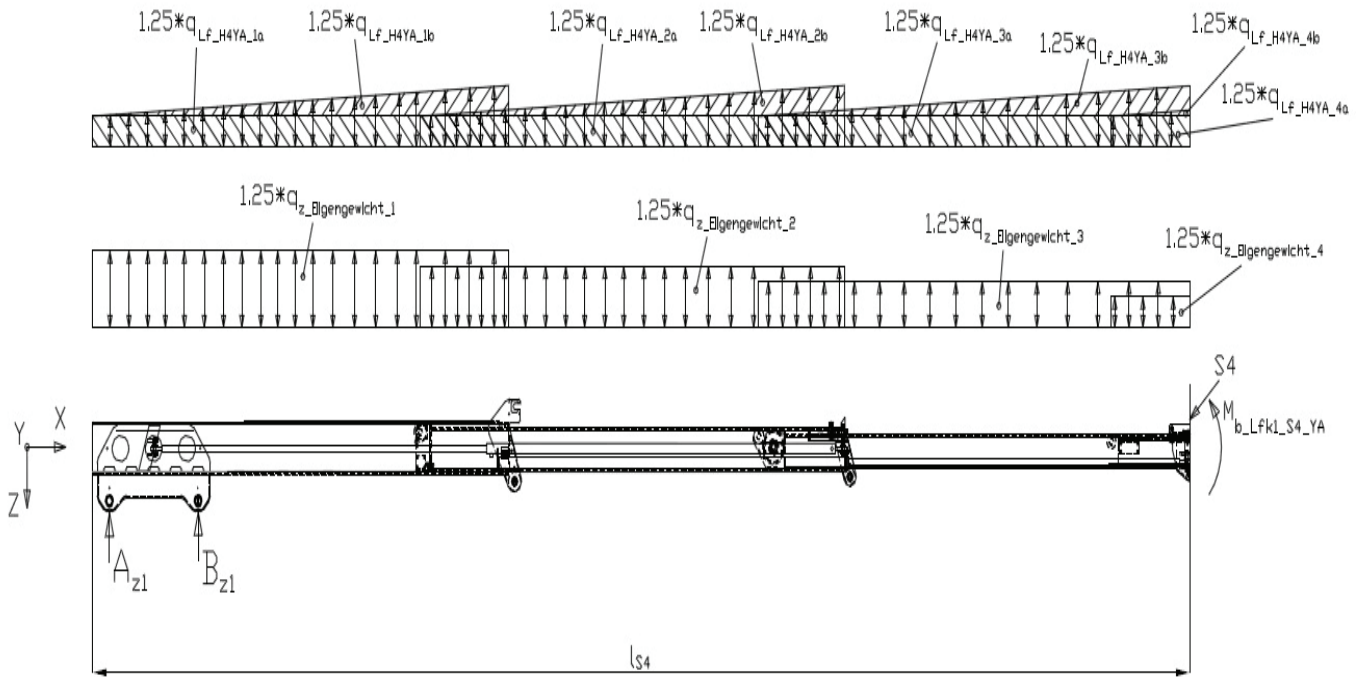
$$\nu_{R_Lfk1} = 4 \quad \text{DIN EN 1808}$$

$$\sigma_{aE_Lfk1_S3} := \frac{\sigma_{E3}}{\nu_{E_Lfk1}} = 236.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{aR_Lfk1_S3} := \frac{\sigma_{R3}}{\nu_{R_Lfk1}} = 127.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vergleich($\sigma_{aR_Lfk1_S3}, \sigma_{v_Lfk1_S3}$) = "Die zul. Spannung ist kleiner als die Vergleichsspannung, --> NICHT i.O."

3.1.3.4 Schnitt an der Position S4:



"M:\6) Hartmann Nils\Praxismodul\Industrieprojekt\MathCad Berechnung\Bilder\Lfk1 S4 XZEbene.jpg"

Lastfall Eigengewicht:

$$F_{S4_q1} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_1} \cdot l_{1ges} = 3387.5 \text{ N}$$

$$M_{S4_E_1} := F_{S4_q1} \cdot \left[l_{S4} - \frac{l_{1ges}}{2} \right] = 27066.125 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_q2} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_2} \cdot l_{2ges} = 2175 \text{ N}$$

$$M_{S4_E_2} := F_{S4_q2} \cdot \left[l_{S4} - \left(\frac{l_{2ges}}{2} - l_{2_eing.} + l_{1ges} \right) \right] = 10877.175 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_q3} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_3} \cdot l_{3ges} = 1750 \text{ N}$$

$$M_{S4_E_3} := F_{S4_q3} \cdot \left[l_{S4} - \left(\frac{l_{3ges}}{2} - l_{3_eing.} + l_{1ges} + l_{2_ausg.} \right) \right] = 3400.25 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_q4} := 1.25 \cdot q_{z_Eigengewicht_4} \cdot \left[l_{S4} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.} - l_{4_eing.}) \right] = 199.421 \text{ N}$$

$$M_{S4_E_4} := F_{S4_q4} \cdot \frac{\left[l_{S4} - \left[(l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.}) - l_{4_eing.} \right] \right]}{2} = 70.396 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_E} := M_{S4_E_1} + M_{S4_E_2} + M_{S4_E_3} + M_{S4_E_4} = 41413.946 \text{ Nm}$$

Lastfall H4YA (Drehung um die Y-Achse):

$$F_{S4_Lf_H4YA_1a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_1a} \cdot l_{1ges} = 0.813 \text{ N}$$

$$M_{S4_H4YA_1a} := F_{S4_Lf_H4YA_1a} \cdot \left[l_{S4} - \frac{l_{1ges}}{2} \right] = 6.496 \text{ Nm}$$

$$q_{S4_Lf_H4YA_1b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{my} \cdot (l_{YAq_1} + l_{1ges}) \cdot \left(\frac{M_{1ges.}}{l_{1ges}} \right) \right] - q_{Lf_H4YA_1a} = 8.13 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S4_Lf_H4YA_1b} := 1.25 \cdot q_{S4_Lf_H4YA_1b_max} \cdot \frac{l_{1ges}}{2} = 19.334 \text{ N}$$

$$M_{S4_H4YA_1b} := F_{S4_Lf_H4YA_1b} \cdot \left(l_{S4} - \frac{2}{3} \cdot l_{1ges} \right) = 142.219 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_H4YA_1} := M_{S4_H4YA_1a} + M_{S4_H4YA_1b} = 148.715 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_Lf_H4YA_2a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_2a} \cdot l_{2ges} = 19.797 \text{ N}$$

$$M_{S4_H4YA_2a} := F_{S4_Lf_H4YA_2a} \cdot \left[l_{S4} - \left[\frac{l_{2ges}}{2} + (l_{1ges} - l_{2_eing.}) \right] \right] = 99.004 \text{ Nm}$$

$$q_{S4_Lf_H4YA_2b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{my} \cdot (l_{YAq_1} + l_{1ges} + l_{2_ausg.}) \cdot \left(\frac{M_{2ges.}}{l_{2ges}} \right) \right] - q_{Lf_H4YA_2a} = 5.22 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S4_Lf_H4YA_2b} := 1.25 \cdot q_{S4_Lf_H4YA_2b_max} \cdot \frac{l_{2ges}}{2} = 12.642 \text{ N}$$

$$M_{S4_H4YA_2b} := F_{S4_Lf_H4YA_2b} \cdot \left[l_{S4} - \left(\frac{2}{3} \cdot l_{2ges} - l_{2_eing.} + l_{1ges} \right) \right] = 55.059 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_H4YA_2} := M_{S4_H4YA_2a} + M_{S4_H4YA_2b} = 154.063 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_Lf_H4YA_3a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_3a} \cdot l_{3ges} = 31.954 \text{ N}$$

$$M_{S4_H4YA_3a} := F_{S4_Lf_H4YA_3a} \cdot \left[l_{S4} - \left[\frac{l_{3ges}}{2} + [l_{1ges} + (l_{2_ausg.} - l_{3_eing.})] \right] \right] = 62.087 \text{ Nm}$$

$$q_{S4_Lf_H4YA_3b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{my} \cdot (l_{YAq_1} + l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.}) \cdot \left(\frac{M_{3ges.}}{l_{3ges}} \right) \right] - q_{Lf_H4YA_3a}$$

$$q_{S4_Lf_H4YA_3b_max} = 4.2 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S4_Lf_H4YA_3b} := 1.25 \cdot q_{S4_Lf_H4YA_3b_max} \cdot \frac{l_{3ges}}{2} = 10.201 \text{ N}$$

$$M_{S4_H4YA_3b} := F_{S4_Lf_H4YA_3b} \cdot \left[l_{S4} - \left[\frac{2}{3} \cdot l_{3ges} + (l_{2_ausg.} - l_{3_eing.}) + l_{1ges} \right] \right] = 13.213 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_H4YA_3} := M_{S4_H4YA_3a} + M_{S4_H4YA_3b} = 75.3 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_Lf_H4YA_4a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H4YA_4a} \cdot \left[l_{S4} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.} - l_{4_eing.}) \right] = 5.544 \text{ N}$$

$$M_{S4_H4YA_4a} := F_{S4_Lf_H4YA_4a} \cdot \left[\frac{l_{S4} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.} - l_{4_eing.})}{2} \right] = 1.957 \text{ Nm}$$

$$q_{S4_Lf_H4YA_4b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{my} \cdot (l_{YAq_1} + l_{S4}) \cdot \left(\frac{M_{4ges.}}{l_{4ges.}} \right) \right] - q_{Lf_H4YA_4a} = 0.479 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S4_Lf_H4YA_4b} := 1.25 \cdot q_{S4_Lf_H4YA_4b_max} \cdot \frac{l_{S4} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.} - l_{4_eing.})}{2} = 0.211 \text{ N}$$

$$M_{S4_H4YA_4b} := F_{S4_Lf_H4YA_4b} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot \left[l_{S4} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.} - l_{4_eing.}) \right] \right] = 0.05 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_H4YA_4} := M_{S4_H4YA_4a} + M_{S4_H4YA_4b} = 2.007 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_H4YA} := M_{S4_H4YA_1} + M_{S4_H4YA_2} + M_{S4_H4YA_3} + M_{S4_H4YA_4} = 380.084 \text{ Nm}$$

Lager Az und Bz:

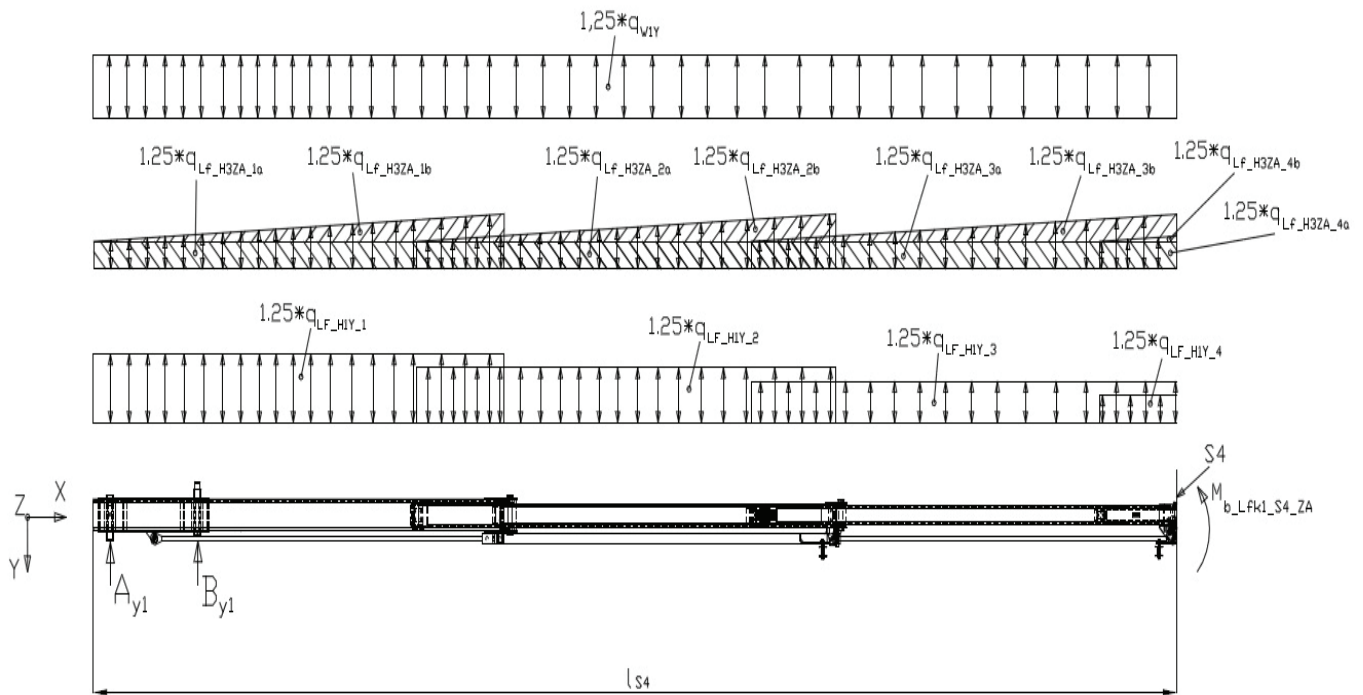
$$M_{S4_Az1} := A_{z1} \cdot (l_{S4} - l_{1A}) = -1770160.291 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_Bz1} := B_{z1} \cdot (l_{S4} - l_{1A} - l_{AB}) = 1780698.622 \text{ Nm}$$

Biegemoment an der Stelle S4:

$$\Sigma M_{S4_YA} = 0$$

$$M_{b_Lfk1_S4_YA} := M_{S4_Az1} + M_{S4_Bz1} - M_{S4_H4YA} - M_{S4_E} = -31255.7 \text{ Nm}$$



"M:\6) Hartmann Nils\Praxismodul\Industrieprojekt\MathCad Berechnung\Bilder\Lfk1 S4 XYEbene.jpg"

Lastfall H1Y:

$$F_{S4_Lf_H1Y_1} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_1} \cdot l_{1ges} = 169.375 \text{ N}$$

$$M_{S4_H1Y_1} := F_{S4_Lf_H1Y_1} \cdot \left(l_{S4} - \frac{l_{1ges}}{2} \right) = 1353.306 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_Lf_H1Y_2} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_2} \cdot l_{2ges} = 108.75 \text{ N}$$

$$M_{S4_H1Y_2} := F_{S4_Lf_H1Y_2} \cdot \left[l_{S4} - \left(\frac{l_{2ges}}{2} - l_{2_eing.} + l_{1ges} \right) \right] = 543.859 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_Lf_H1Y_3} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_3} \cdot l_{3ges} = 87.5 \text{ N}$$

$$M_{S4_H1Y_3} := F_{S4_Lf_H1Y_3} \cdot \left[l_{S4} - \left(\frac{l_{3ges}}{2} - l_{3_eing.} + l_{1ges} + l_{2_ausg.} \right) \right] = 170.012 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_Lf_H1Y_4} := 1.25 \cdot q_{Lf_H1Y_4} \cdot \left[l_{S4} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.} - l_{4_eing.}) \right] = 9.971 \text{ N}$$

$$M_{S4_H1Y_4} := F_{S4_Lf_H1Y_4} \cdot \frac{\left[l_{S4} - [(l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.}) - l_{4_eing.}] \right]}{2} = 3.52 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_H1Y} := M_{S4_H1Y_1} + M_{S4_H1Y_2} + M_{S4_H1Y_3} + M_{S4_H1Y_4} = 2070.697 \text{ Nm}$$

Lastfall H3ZA (Drehung um die Z-Achse):

$$F_{S4_Lf_H3ZA_1a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_1a} \cdot l_{1ges} = 4.336 \text{ N}$$

$$M_{S4_H3ZA_1a} := F_{S4_Lf_H3ZA_1a} \cdot \left(l_{S4} - \frac{l_{1ges}}{2} \right) = 34.645 \text{ Nm}$$

$$q_{S4_Lf_H3ZA_1b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{mz} \cdot (l_{ZAq_1} + l_{1ges}) \cdot \left(\frac{M_{1ges.}}{l_{1ges}} \right) \right] - q_{Lf_H3ZA_1a} = 10.84 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S4_Lf_H3ZA_1b} := 1.25 \cdot q_{S4_Lf_H3ZA_1b_max} \cdot \frac{l_{1ges}}{2} = 25.779 \text{ N}$$

$$M_{S4_H3ZA_1b} := F_{S4_Lf_H3ZA_1b} \cdot \left(l_{S4} - \frac{2}{3} \cdot l_{1ges} \right) = 189.625 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_H3ZA_1} := M_{S4_H3ZA_1a} + M_{S4_H3ZA_1b} = 224.27 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_Lf_H3ZA_2a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_2a} \cdot l_{2ges} = 28.484 \text{ N}$$

$$M_{S4_H3ZA_2a} := F_{S4_Lf_H3ZA_2a} \cdot \left[l_{S4} - \left[\frac{l_{2ges}}{2} + (l_{1ges} - l_{2_eing.}) \right] \right] = 142.447 \text{ Nm}$$

$$q_{S4_Lf_H3ZA_2b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{mz} \cdot (l_{ZAq_1} + l_{1ges} + l_{2_ausg.}) \cdot \left(\frac{M_{2ges.}}{l_{2ges}} \right) \right] - q_{Lf_H3ZA_2a} = 6.96 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S4_Lf_H3ZA_2b} := 1.25 \cdot q_{S4_Lf_H3ZA_2b_max} \cdot \frac{l_{2ges}}{2} = 16.856 \text{ N}$$

$$M_{S4_H3ZA_2b} := F_{S4_Lf_H3ZA_2b} \cdot \left[l_{S4} - \left(\frac{2}{3} \cdot l_{2ges} - l_{2_eing.} + l_{1ges} \right) \right] = 73.412 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_H3ZA_2} := M_{S4_H3ZA_2a} + M_{S4_H3ZA_2b} = 215.859 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_Lf_H3ZA_3a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_3a} \cdot l_{3ges} = 44.285 \text{ N}$$

$$M_{S4_H3ZA_3a} := F_{S4_Lf_H3ZA_3a} \cdot \left[l_{S4} - \left[\frac{l_{3ges}}{2} + [l_{1ges} + (l_{2_ausg.} - l_{3_eing.})] \right] \right] = 86.047 \text{ Nm}$$

$$q_{S4_Lf_H3ZA_3b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{mz} \cdot (l_{ZAq_1} + l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.}) \cdot \left(\frac{M_{3ges.}}{l_{3ges}} \right) \right] - q_{Lf_H3ZA_3a}$$

$$q_{S4_Lf_H3ZA_3b_max} = 5.6 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S4_Lf_H3ZA_3b} := 1.25 \cdot q_{S4_Lf_H3ZA_3b_max} \cdot \frac{l_{3ges}}{2} = 13.601 \text{ N}$$

$$M_{S4_H3ZA_3b} := F_{S4_Lf_H3ZA_3b} \cdot \left[l_{S4} - \left[\frac{2}{3} \cdot l_{3ges} + (l_{2_ausg.} - l_{3_eing.}) + l_{1ges} \right] \right] = 17.618 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_H3ZA_3} := M_{S4_H3ZA_3a} + M_{S4_H3ZA_3b} = 103.665 \text{ Nm}$$

$$F_{S4_Lf_H3ZA_4a} := 1.25 \cdot q_{Lf_H3ZA_4a} \cdot \left[l_{S4} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.} - l_{4_eing.}) \right] = 7.583 \text{ N}$$

$$M_{S4_H3ZA_4a} := F_{S4_Lf_H3ZA_4a} \cdot \left[\frac{l_{S4} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.} - l_{4_eing.})}{2} \right] = 2.677 \text{ Nm}$$

$$q_{S4_Lf_H3ZA_4b_max} := \left[\psi_{hT} \cdot \alpha_{mz} \cdot (l_{ZAq_1} + l_{S4}) \cdot \left(\frac{M_{4ges.}}{l_{4ges}} \right) \right] - q_{Lf_H3ZA_4a} = 0.638 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$F_{S4_Lf_H3ZA_4b} := 1.25 \cdot q_{S4_Lf_H3ZA_4b_max} \cdot \frac{l_{S4} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.} - l_{4_eing.})}{2} = 0.282 \text{ N}$$

$$M_{S4_H3ZA_4b} := F_{S4_Lf_H3ZA_4b} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot \left[l_{S4} - (l_{1ges} + l_{2_ausg.} + l_{3_ausg.} - l_{4_eing.}) \right] \right] = 0.066 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_H3ZA_4} := M_{S4_H3ZA_4a} + M_{S4_H3ZA_4b} = 2.743 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_H3ZA} := M_{S4_H3ZA_1} + M_{S4_H3ZA_2} + M_{S4_H3ZA_3} + M_{S4_H3ZA_4} = 546.537 \text{ Nm}$$

Lastfall W1Y (Wind in Y-Richtung):

$$F_{S4_W1Y} := 1.25 \cdot q_{W1Y} \cdot l_{S4} = 703.406 \text{ N}$$

$$M_{S4_W1Y} := F_{S4_W1Y} \cdot \frac{l_{S4}}{2} = 3479.224 \text{ Nm}$$

Lager Ay und By:

$$M_{S4_Ay1} := A_{y1} \cdot (l_{S4} - l_{1A}) = -289219.112 \text{ Nm}$$

$$M_{S4_By1} := B_{y1} \cdot (l_{S4} - l_{1A} - l_{AB}) = 290553.284 \text{ Nm}$$

Biegemoment an der Stelle 4:

$$\Sigma M_{S4_ZA} = 0$$

$$M_{b_Lfk1_S4_ZA} := M_{S4_Ay1} + M_{S4_By1} - M_{S4_H3ZA} - M_{S4_H1Y} - M_{S4_W1Y} = -4762.3 \text{ Nm}$$

Spannung verursacht durch den Lastfall H2X (Teleskopieren):

$$\sigma_{\text{Zug_Lfk1_S4}} := \frac{1.25 \cdot F_{\text{Lf_H2X}}}{A_4} = 0.143 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Spannung in Z-Richtung an der Stelle S4:

$$\sigma_{\text{b_Lfk1_S4_Z}} := \left| \frac{M_{\text{b_Lfk1_S4_YA}}}{W_{y4}} \right| = 276.599 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{Z_Lfk1_S4}} := \sigma_{\text{b_Lfk1_S4_Z}} + \sigma_{\text{Zug_Lfk1_S4}} = 276.742 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Spannung in Y-Richtung an der Stelle S4:

$$\sigma_{\text{Y_Lfk1_S4}} := \left| \frac{M_{\text{b_Lfk1_S4_ZA}}}{W_{z4}} \right| = 58.077 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Schubspannung um die X-Achse an der Stelle S4:

$$\tau_{\text{XA_Lfk1_S4}} := \frac{(1.25 \cdot \psi \cdot M_{\text{x_Nutzlast}})}{W_{T4}} = 0.652 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vergleichsspannung an der Stelle S4 (Hypothese Gestaltänderungsarbeit):

$$\sigma_{\text{v_Lfk1_S4}} := \sqrt{\sigma_{\text{Y_Lfk1_S4}}^2 + \sigma_{\text{Z_Lfk1_S4}}^2 - \sigma_{\text{Y_Lfk1_S4}} \cdot \sigma_{\text{Z_Lfk1_S4}} + 3 \cdot \tau_{\text{XA_Lfk1_S4}}^2} = 252.761 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Zulässige Spannungen gegen Fließen und Bruch:

Sicherheitskoeffizient bezogen auf die Fließgrenze:

$$\nu_{\text{E_Lfk1}} = 1.5$$

DIN EN 1808

Sicherheitskoeffizient bezogen auf die Bruchgrenze:

$$\nu_{\text{R_Lfk1}} = 4$$

DIN EN 1808

$$\sigma_{\text{aE_Lfk1_S4}} := \frac{\sigma_{\text{E4}}}{\nu_{\text{E_Lfk1}}} = 236.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{aR_Lfk1_S4}} := \frac{\sigma_{\text{R4}}}{\nu_{\text{R_Lfk1}}} = 127.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Vergleich($\sigma_{\text{aR_Lfk1_S4}}, \sigma_{\text{v_Lfk1_S4}}$) = "Die zul. Spannung ist kleiner als die Vergleichsspannung, --> NICHT i.O."