Kanton Bern

Gemeinden Sutz-Lattrigen / Ipsach / Mörigen

23.3

aare seeland mobil

Linie Biel – Ins (T)

Sanierung Bahnhof Lattrigen

- **Gleis- und Publikumsanlage km 4.675 – 5.150**
- **Sicherungs- und Fahrleitungsanlage km 2.790 – 5.558**
- **Inkl. Aufhebung Bahnübergang Sonnmatt km 4.686**

Auflageprojekt 2020

Statik
Perrondach

Auftrag Nr. 92-22.27	Auftraggeber:	Projektverfasser:
Datum: 16.07.2020	aare seeland mobil	100 JAHRE SEIT 1914 SCHMID & PLETSCHER BAUINGENIEURE ETH/SIA/USIC
Änderungen:	**Aare Seeland mobil AG** Grubenstrasse 12 **4900 Langenthal** Gesamtprojektleiter: Daniel Nadig Telefon 062 919 19 52 Fax 062 919 19 12 daniel.nadig@asmobil.ch	Schmid & Pletscher AG Bauingenieure ETH/SIA/USIC Hauptstrasse 66, CH-2560 Nidau Postfach 76, Tel. 032 332 20 30 www.schmid-und-pletscher.ch Projektleiter: René Leupi
h:\dat\b_asmbix\2aufproj\berichte\2-tb_ipsach_160201.doc		

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 2

2 Einwirkungen 2

3 Statik Stahlstützen und Querträger 2

3.1 Struktur Axis Model 2
3.2 Belastung 3
3.3 Belastung aus Fahrleitungsmast 4N, 5N und 6N 7
3.4 Aussergewöhnliche Lasten - Anprall 11
3.5 Resultate für Tragsicherheit ELU 12
3.6 Resultate für Gebrauchstauglichkeit ELS 14
3.7 Resultate für Gebrauchstauglichkeit ELS – Masten 19
3.8 Resultate für Aussergewöhnliche Bemessungssituationen - Anprall 20
3.9 Stahlbemessung, Tragsicherheitsnachweise 23
3.10 Nachweis für Stahl Stützen HEA 300 S235 24
3.11 Nachweis für Stahl Träger HEB 240 S235 31

4 Fundamente 37

4.1 Lastfälle 37
4.2 Statik 42

5 Skizzen 52

6 Grundlagen 54

6.1 Gesetzliche Grundlagen 54
6.2 Normen 54
6.3 Reglemente, Weisungen und Merkblätter 54
6.4 Projektspezifische Grundlagen 54

7 Unterschriften 54

1 Einleitung

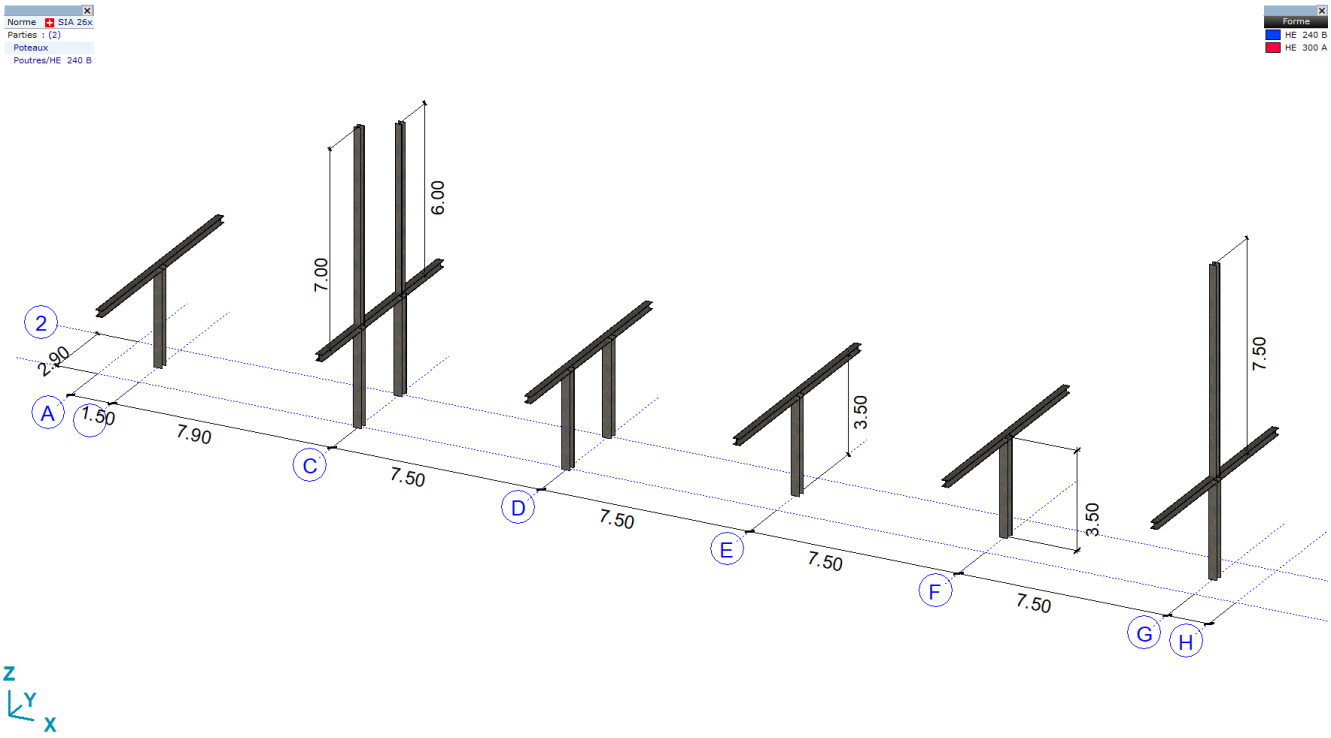
Das Perrondach wurde mit dem Programm Axis VM 13 berechnet.

2 Einwirkungen

Die Einwirkungen sind in der Projektbasis [4] detailliert beschrieben.

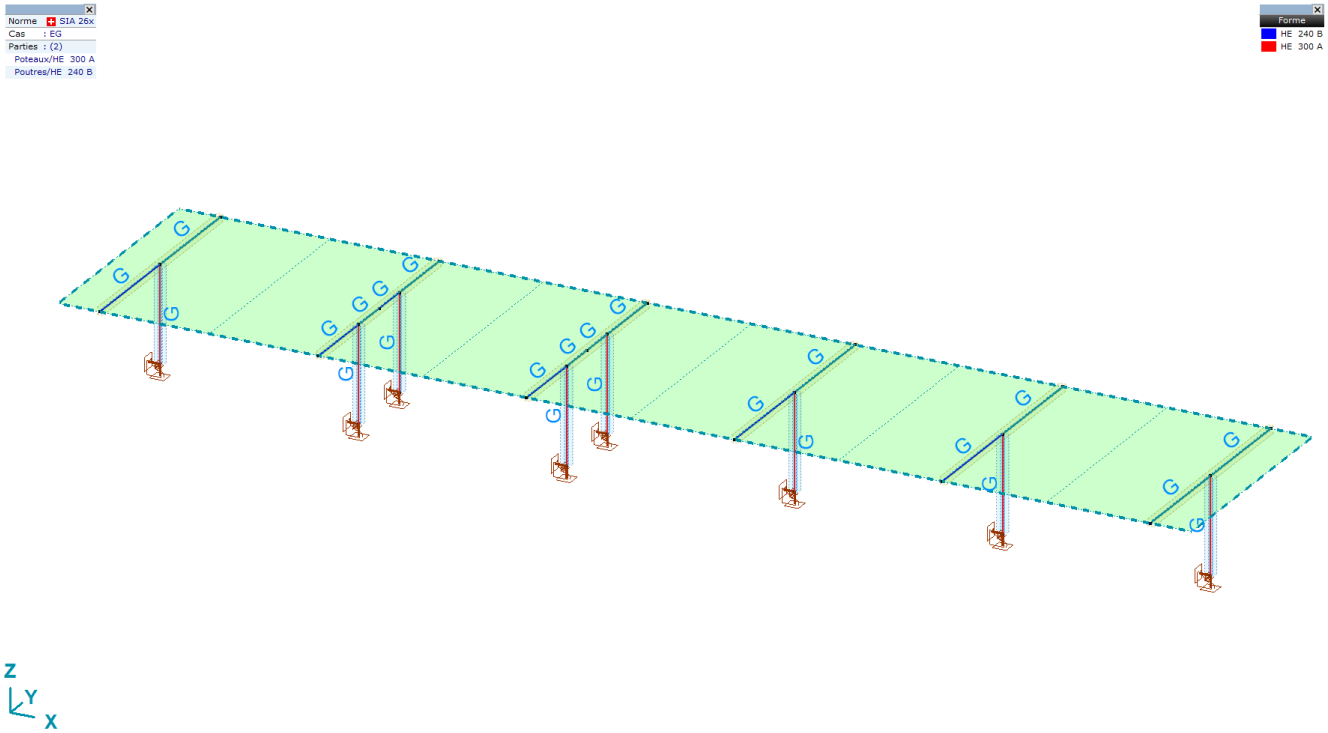
3 Statik Stahlstützen und Querträger

3.1 Struktur Axis Model

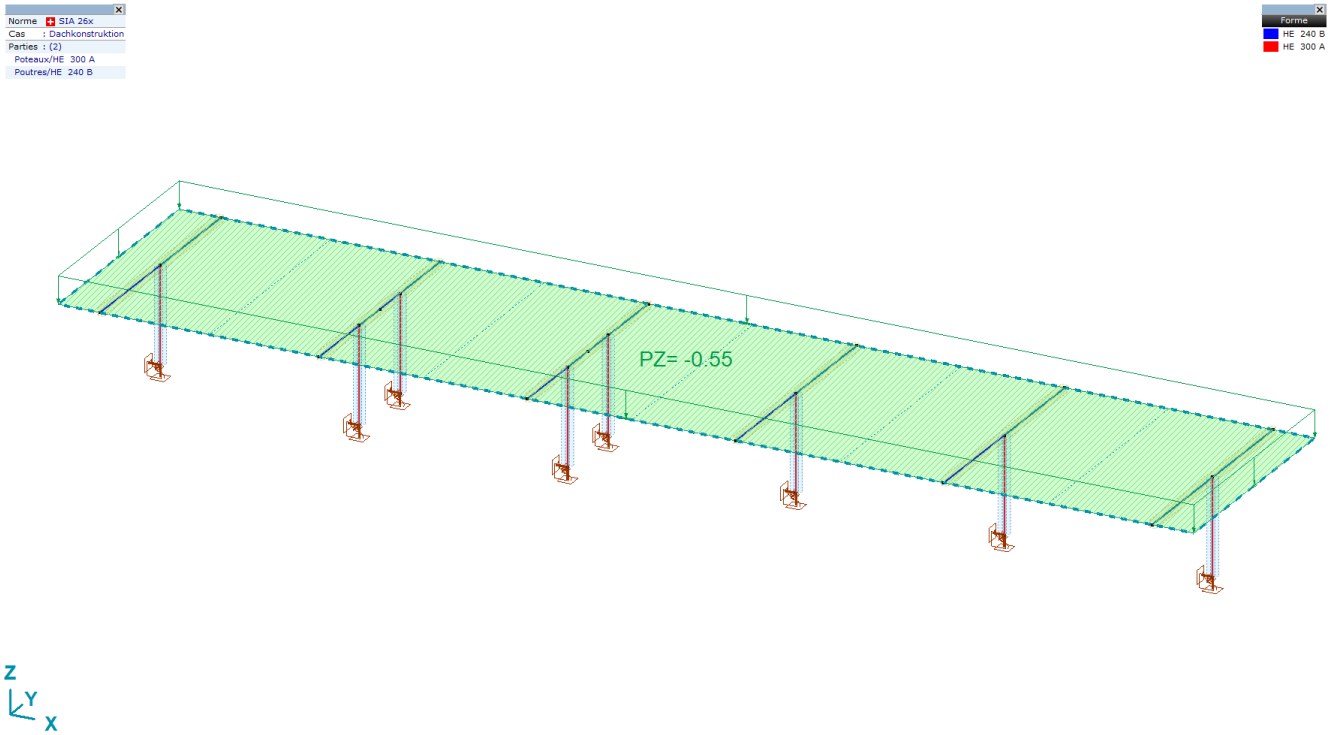


3.2 Belastung

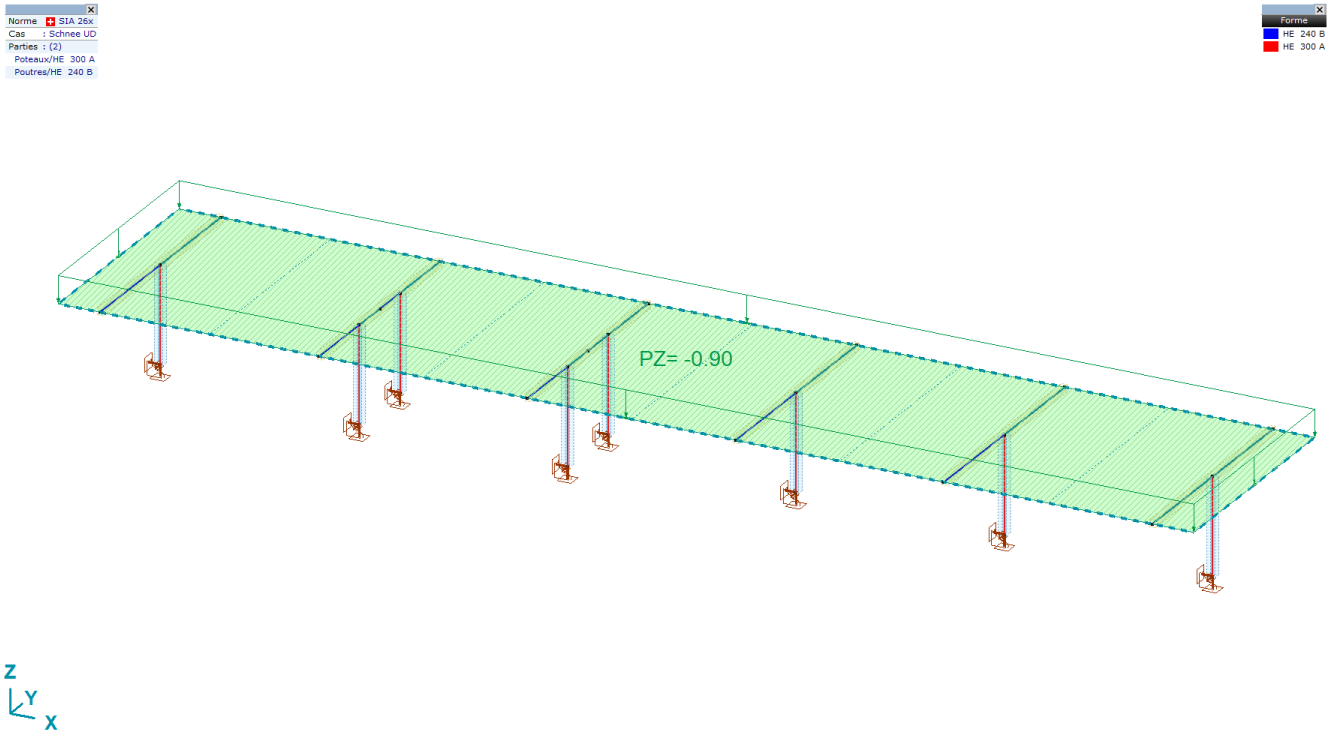
Eigengewicht = Alle Stäbe



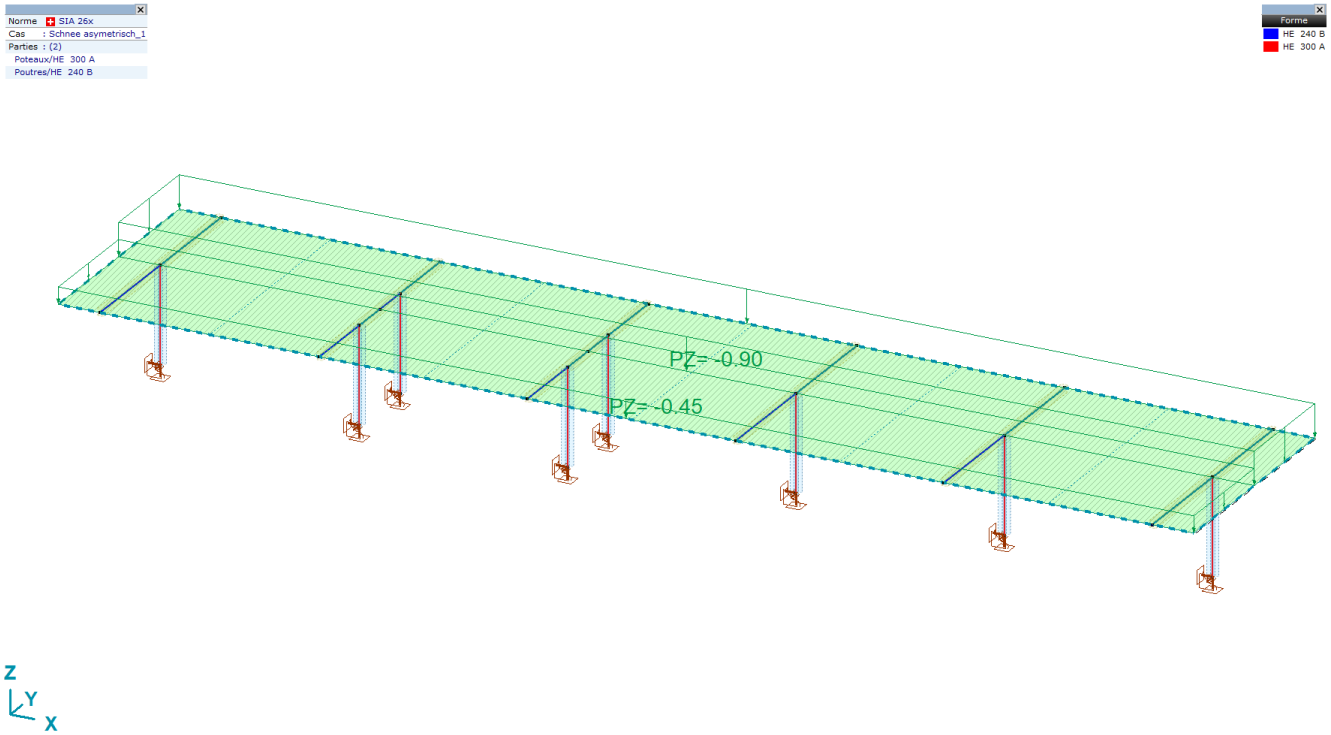
Dachkonstruktion g_k = 0.55 kN/m²



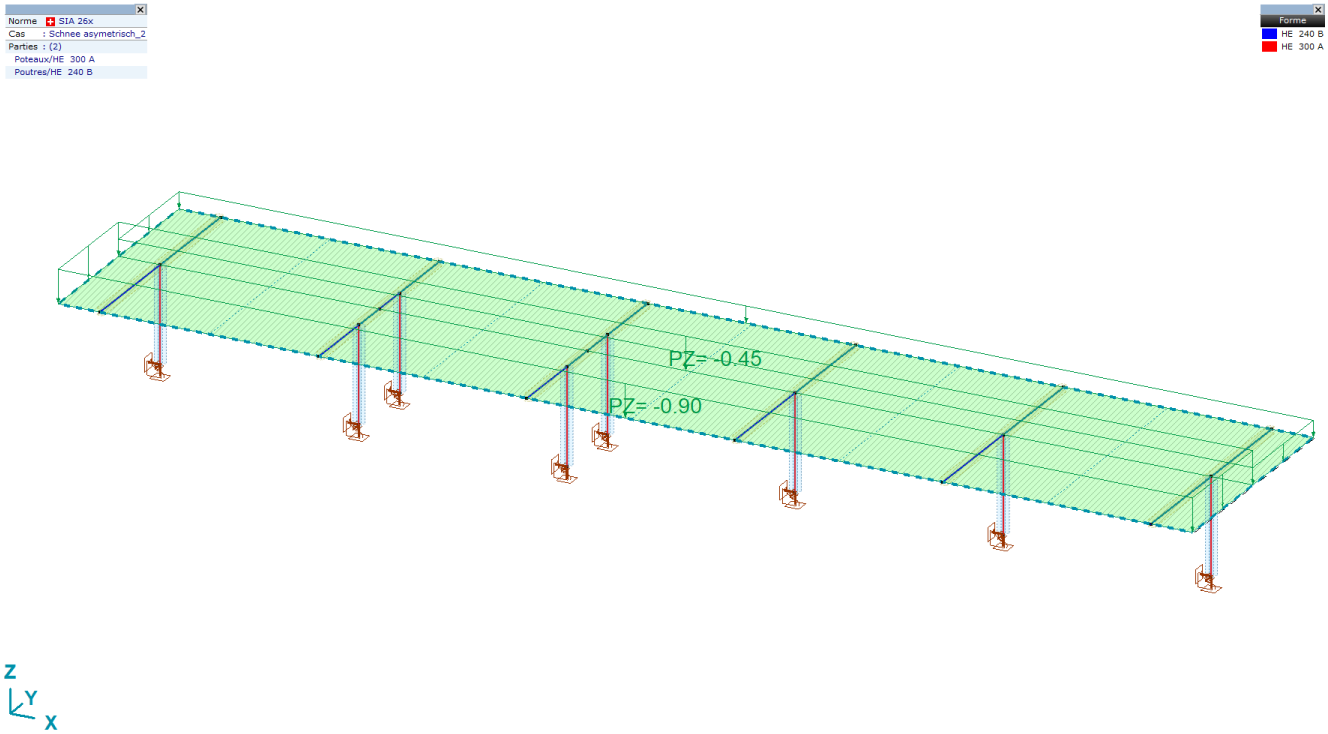
Schneelast $q_k = 0.90$ kN/m²



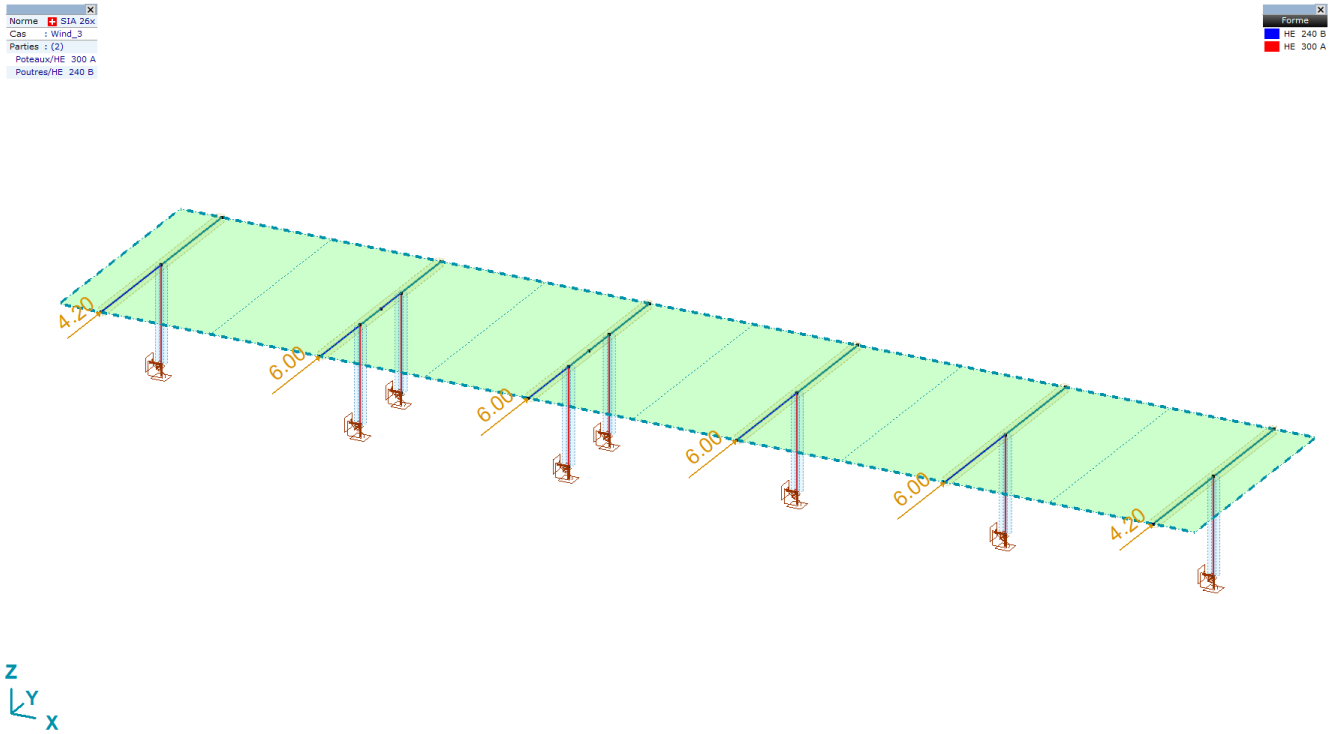
Schneelast asymmetrisch 1 $q_k = 0.90$ kN/m² / q_k=0.45 kN/m²



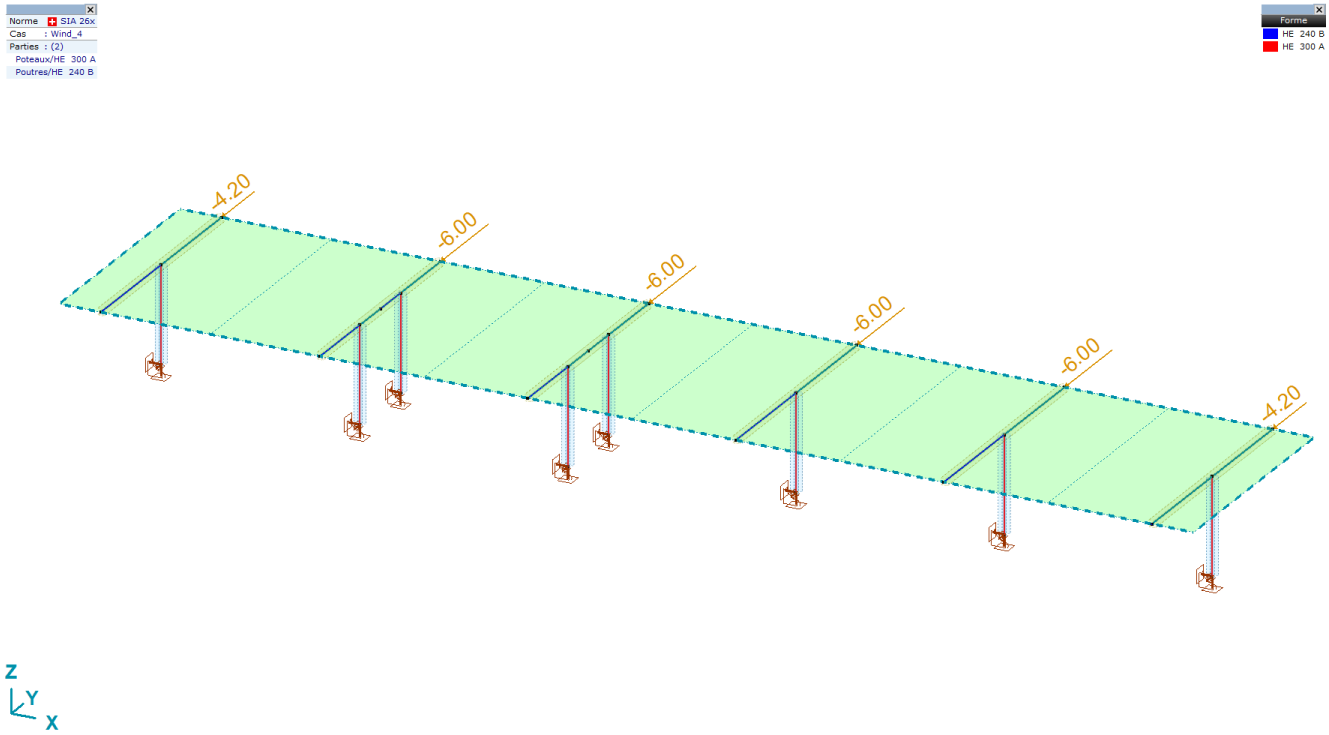
Schneelast asymmetrisch 2 q_k = 0.45 kN/m² / q_k=0.90 kN/m²



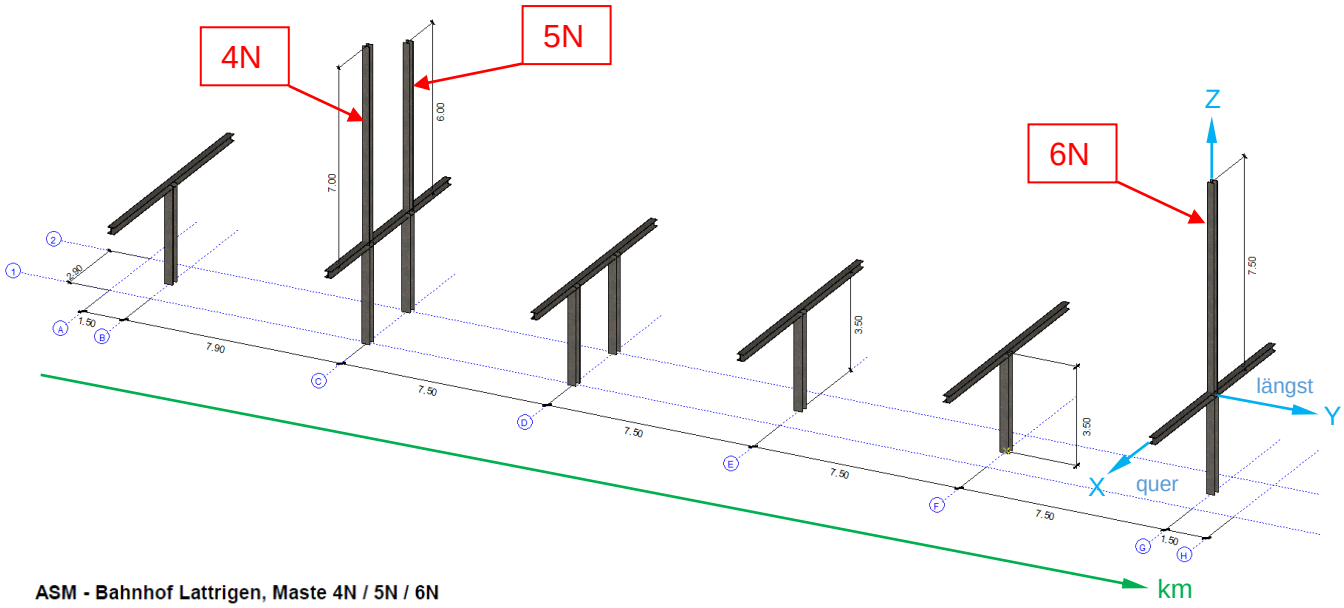
Windlasten: Wind 1



Windlasten: Wind 2



3.3 Belastung aus Fahrleitungsmast 4N, 5N und 6N



ASM - Bahnhof Lattrigen, Maste 4N / 5N / 6N

Fundamentlasten (Stand 28.01.2020 / AES)

Lasten in kN und kNm --> effektive Lasten (exkl. Sicherheitsfaktoren)!

Vorzeichenregel	Lasten				
	vertikal	+	entlastend, abhebend		
	z, vert	-	belastend		
	horizontal, quer	+	QP: --> rechts	(Blickrichtung Kilometrierung)	
	x, qu	-	QP: <-- links	(Blickrichtung Kilometrierung)	
	horizontal, längs	+	mit km		
	y, lä	-	gegen km		

	km	Mast-Nr.	Mast	Joch		Hx,qu kN	My,qu kNm	Hy,lä kN	Mx,lä kNm	Vz kN	HAnk,y,lä kN	VAnk,z kN
1	4.907	**4N**	HEB240 - 7.00m	-	ständig	-8.1	-24.4	-	-	-13.3	-	-
			auf Perrondach		ständig ± W_qu	-11.9/-4.3	-36.4/-11.0	-	-	-13.3	-	-
			(x ~ +3.70 m)		ständig ± W_lä	-8.1	-24.4	±3.2	±11.7	-13.3	-	-
			Achtung: Mast auf Perrondachkonstruktion --> Gesamtverformung Mastspitz quer auf 1% begrenzen --> Steifigkeit Perrondachstütze !!!									
2	4.907	**5N**	HEB240 - 6.00m	-	ständig	-0.4	-9	-	-	-9.7	-	-
			auf Perrondach		ständig ± W_qu	-2.8/+3.6	-20.5/+2.5	-	-	-9.7	-	-
			(x ~ +3.70 m)		ständig ± W_lä	-0.4	-9	±2.8	±8.7	-9.7	-	-
			Achtung: Mast auf Perrondachkonstruktion --> Gesamtverformung Mastspitz quer auf 1% begrenzen --> Steifigkeit Perrondachstütze !!!									
3	4.934	**6N**	HEB240 - 7.50m	-	ständig	-3.4	-4.6	-	-	-19.2	-	-
			auf Perrondach		ständig ± W_qu	-9.7/+2.9	-25.6/-22.2	-	-	-19.2	-	-
			(x ~ +3.70 m)		ständig ± W_lä	-3.4	-4.6	±3.8	±14.6	-19.2	-	-
			Achtung: Mast auf Perrondachkonstruktion --> Gesamtverformung Mastspitz quer auf 1% begrenzen --> Steifigkeit Perrondachstütze !!!									
4	4.934	**6N**	HEB240 - 7.50m	-	ständig	-2.7	-6.9	-	-	-18.5	-	-
		einseitige	auf Perrondach		ständig ± W_qu	-8.2/+2.8	-25.7/-17.7	-	-	-18.5	-	-
		Anordnung	(x ~ +3.70 m)		ständig ± W_lä	-2.7	-6.9	±3.4	±14.6	-18.5	-	-
			Achtung: Mast auf Perrondachkonstruktion --> Gesamtverformung Mastspitz quer auf 1% begrenzen --> Steifigkeit Perrondachstütze !!!									
			Eine einseitige Anordnung Ausleger bringt teils grössere Schnittgrössen (My,qu) am Mastfuss									

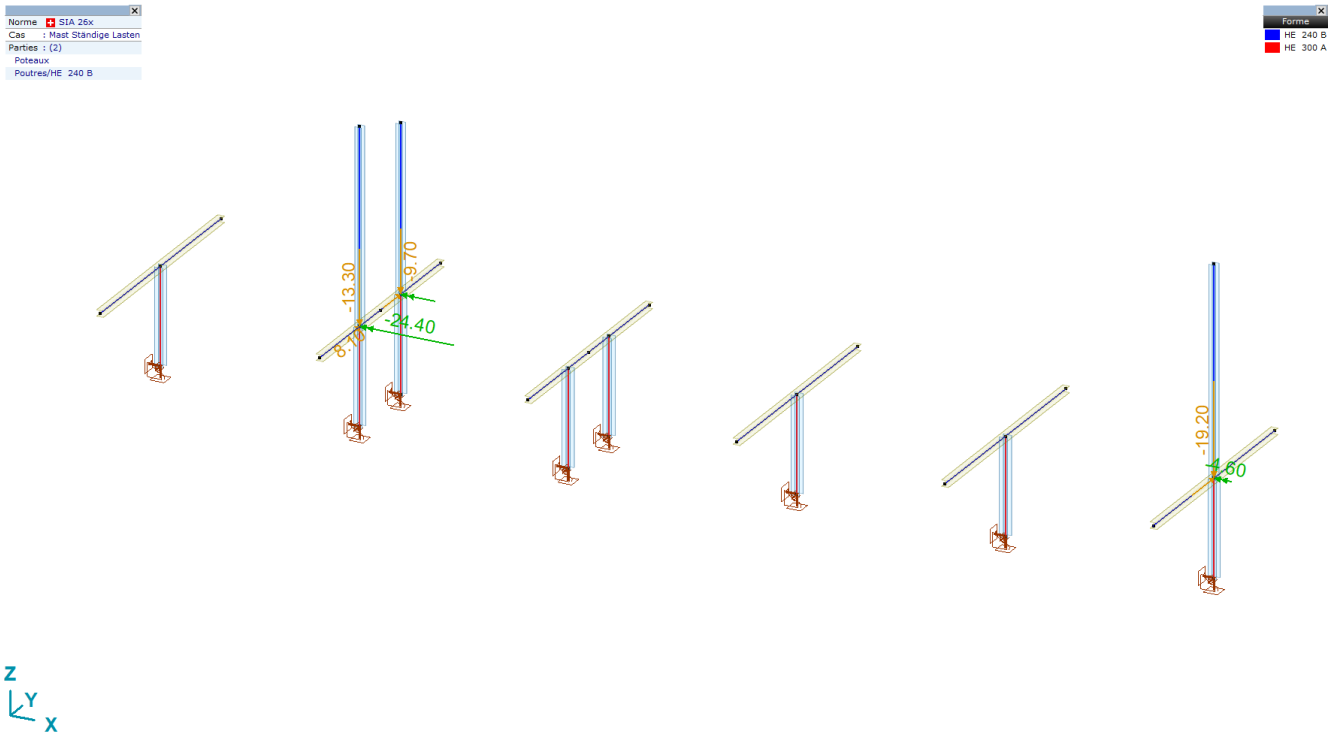
200128_AES_ASM_LATR_FundLastTabelle
03486 - ASM Lattrigen 1/1 28.01.2020

4N	Hx,qu		My,qu		Hy,lä		Mx,lä		Vz
Ständig	**-8.1**		**-24.4**		**-**		**-**		**-13.3**
Ständig +- W_qu	-11.9	-4.3	-36.4	-11	-		-		-13.3
W_qu	**-3.8**	**3.8**	**-12**	**13.4**					**0**
Ständig +- W_lä	-8.1		-24.4		-3.2	3.2	-11.7	11.7	-13.3
W_lä	**0**		**0**		**-3.2**	**3.2**	**-11.7**	**11.7**	**0**

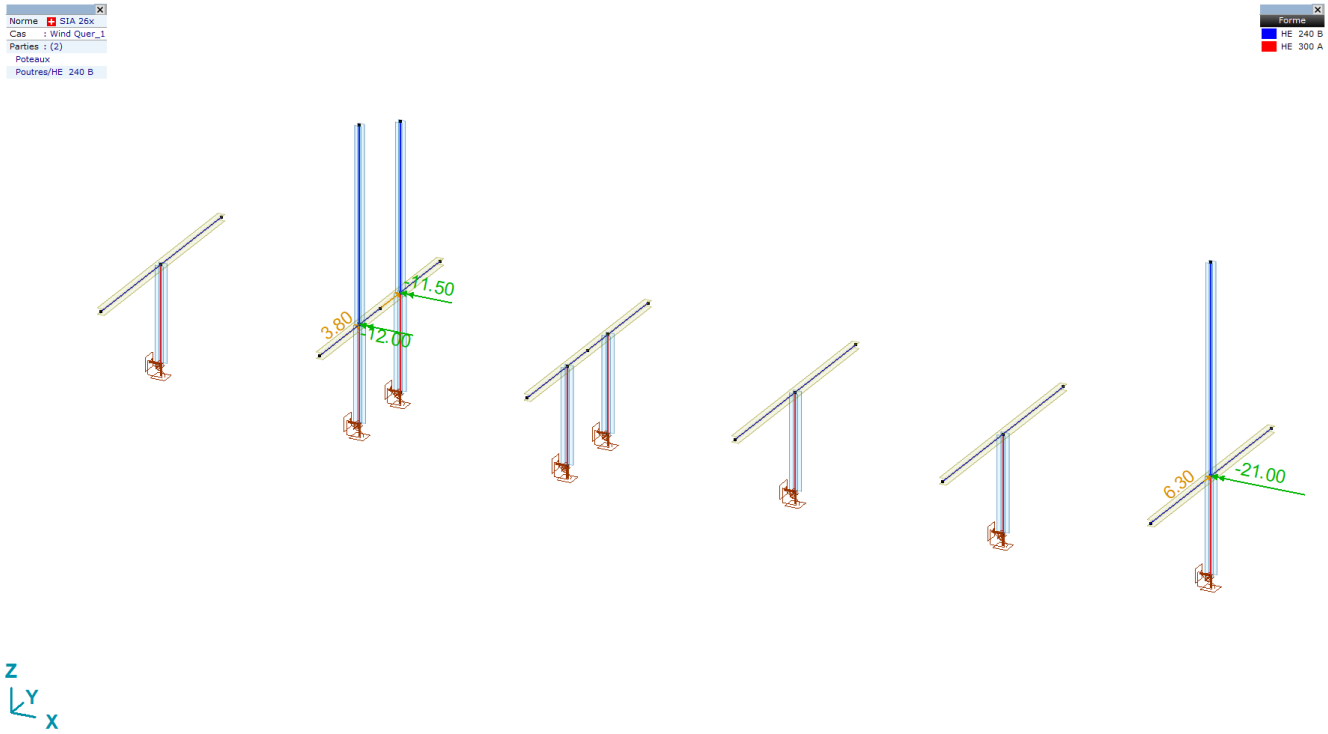
5N	Hx,qu		My,qu		Hy,lä		Mx,lä		Vz
Ständig	**-0.4**		**-9**		**-**		**-**		**-9.7**
Ständig +- W_qu	-2.8	3.6	-20.5	2.5	-		-		-9.7
W_qu	**-2.4**	**4**	**-11.5**	**11.5**					**0**
Ständig +- W_lä	-0.4		-9		-2.8	2.8	-8.7	8.7	-9.7
W_lä	**0**		**0**		**-2.8**	**2.8**	**-8.7**	**8.7**	**0**

6N	Hx,qu		My,qu		Hy,lä		Mx,lä		Vz
Ständig	**-3.4**		**-4.6**		**-**		**-**		**-19.2**
Ständig +- W_qu	-9.7	2.9	-25.6	-22.2	-		-		-19.2
W_qu	**-6.3**	**6.3**	**-21**	**-17.6**					**0**
Ständig +- W_lä	-3.4		-4.6		-3.8	3.8	-14.6	14.6	-19.2
W_lä	**0**		**0**		**-3.8**	**3.8**	**-14.6**	**14.6**	**0**

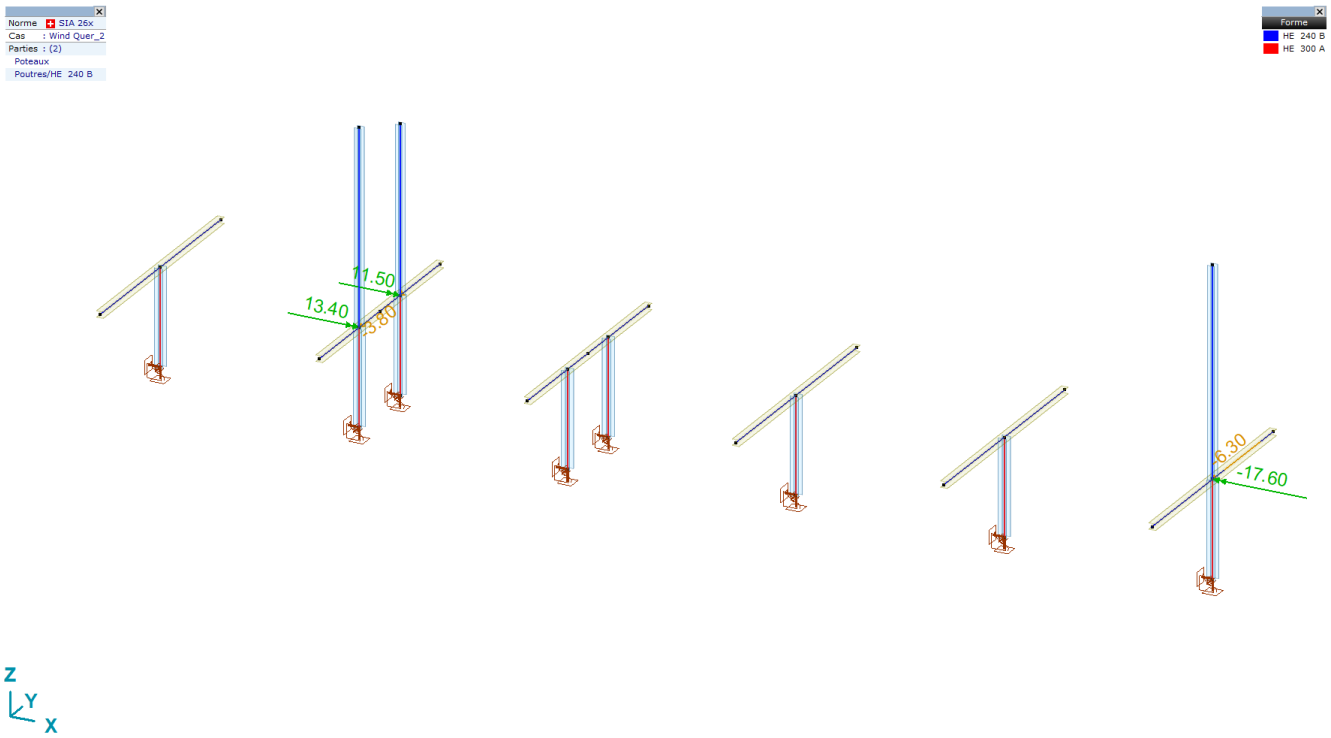
Ständige Lasten von Mast



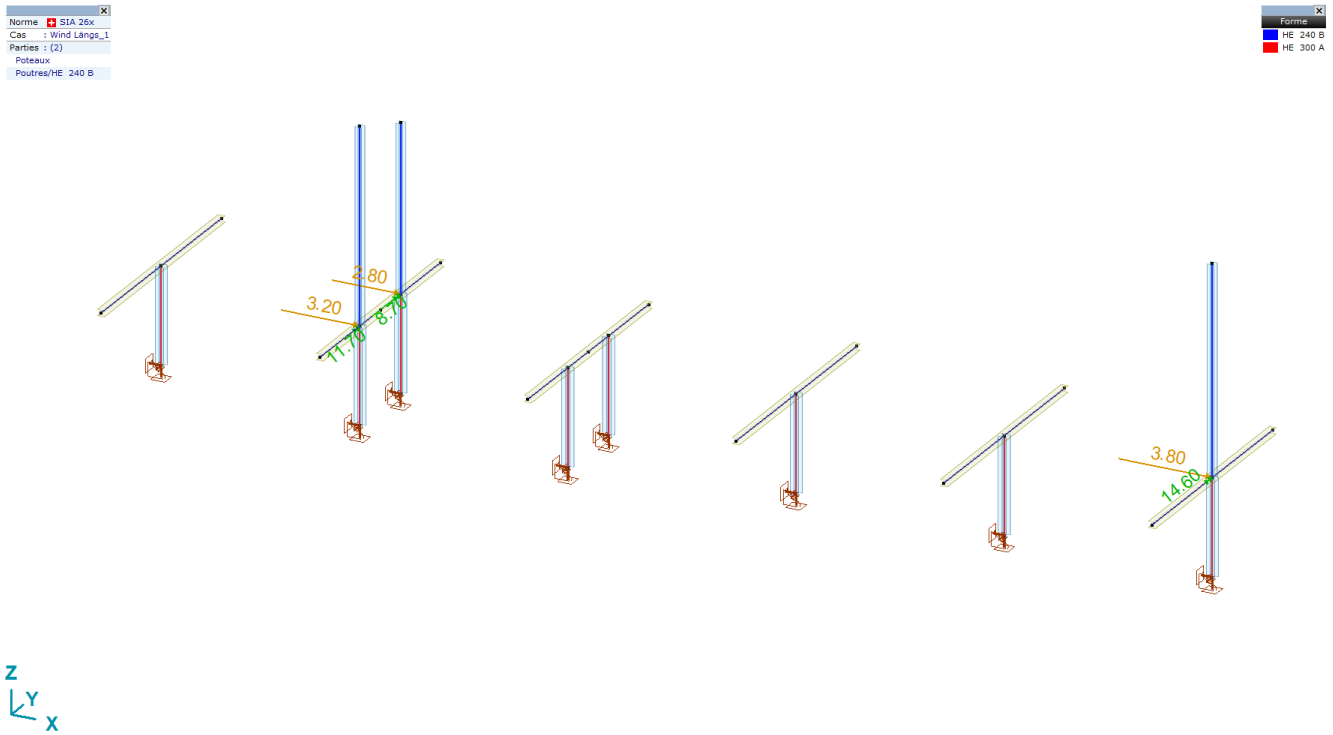
Windlasten aus Fahrleitungsmast



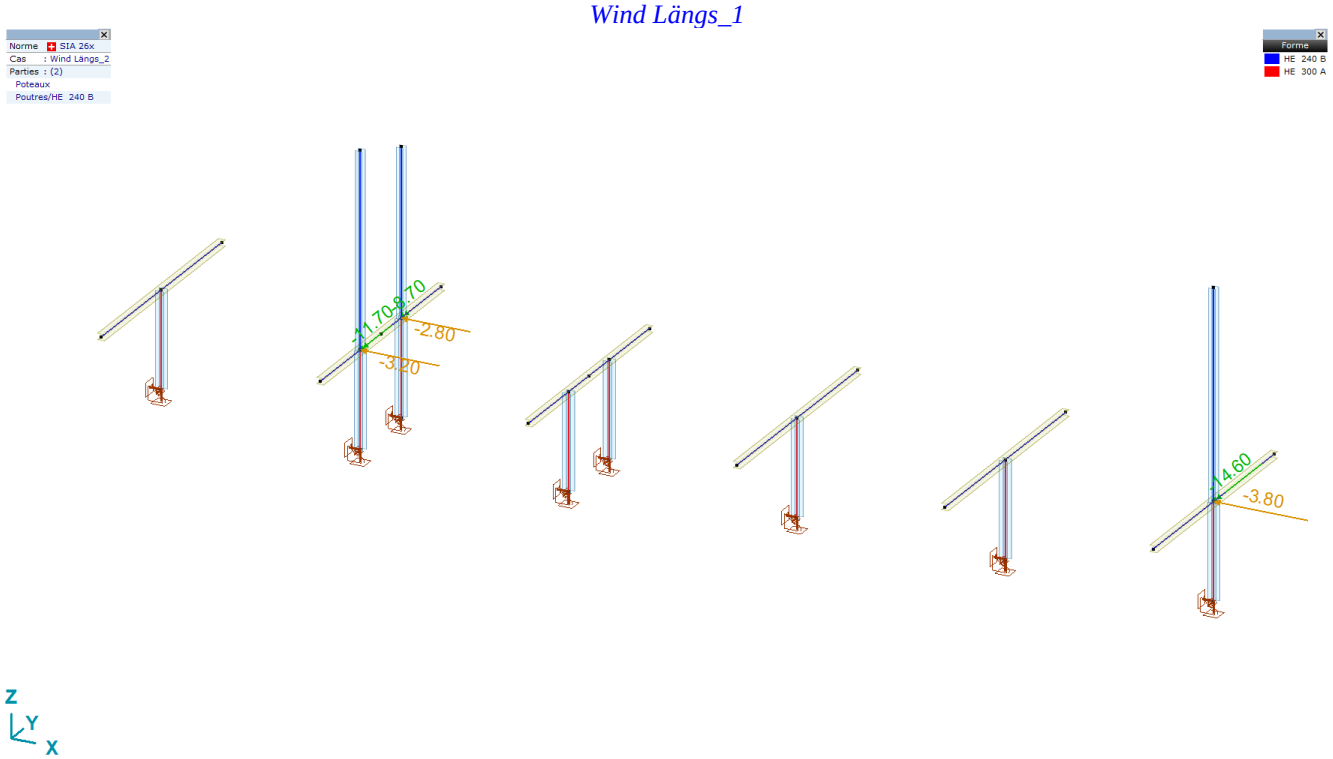
Wind Quer_1



Wind Quer_2



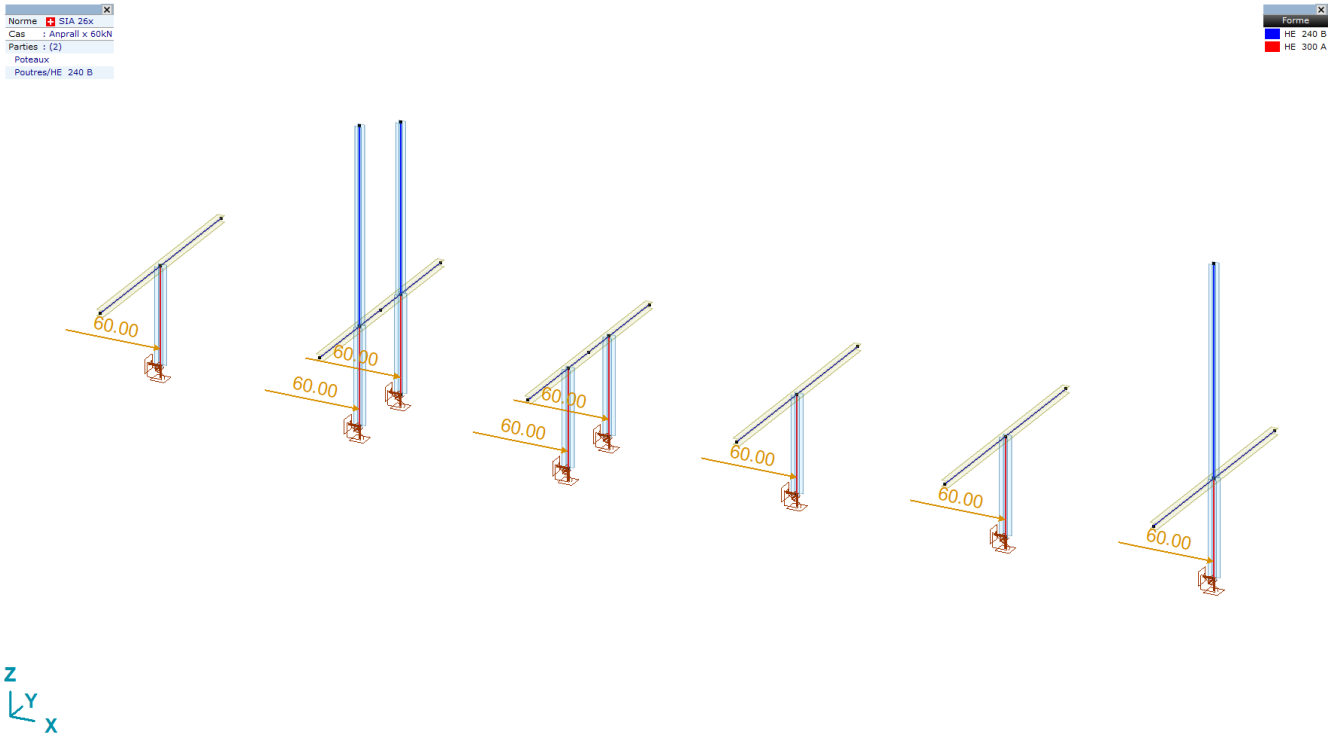
Wind Längs_1



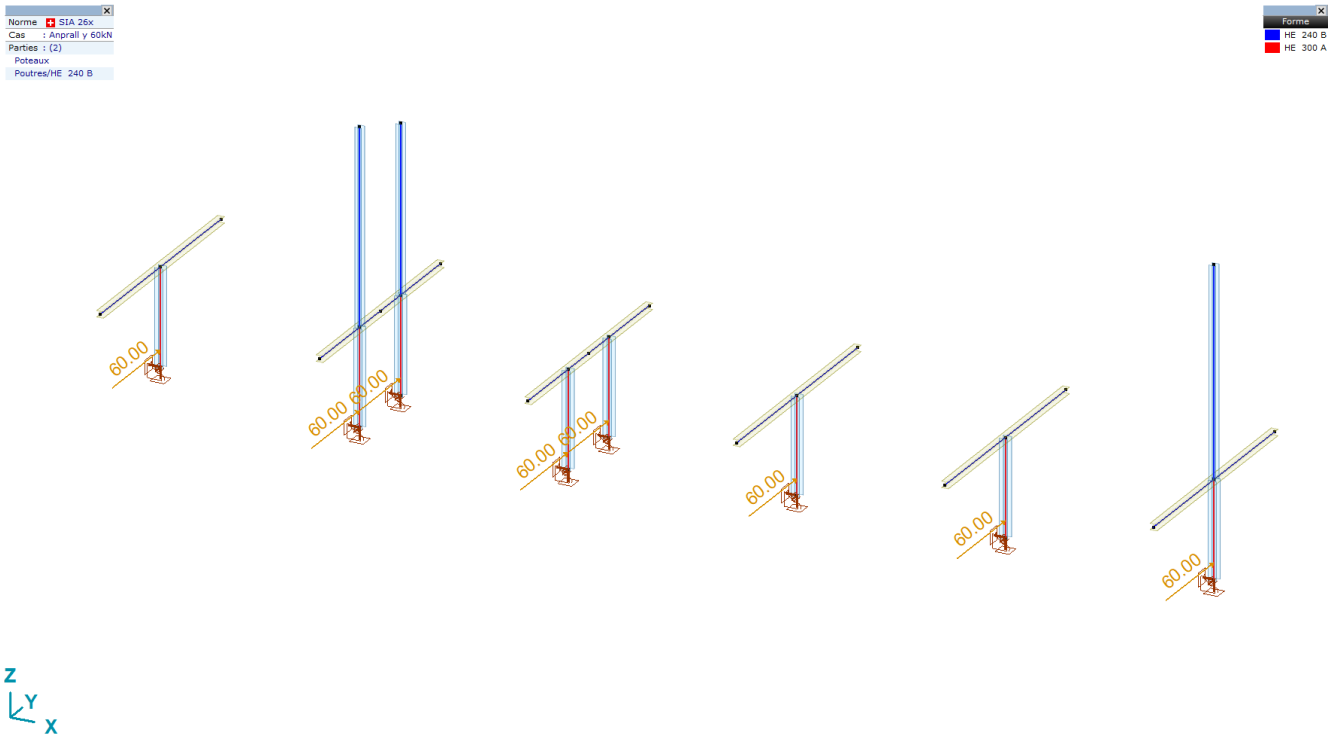
Wind Längs 2

3.4 Aussergewöhnliche Lasten - Anprall

Anprall X Richtung $Q_{gd,x}$ = 60kN auf 0.6m Höhe



Anprall Y Richtung $Q_{gd,y}$ = 60kN auf 0.6m Höhe

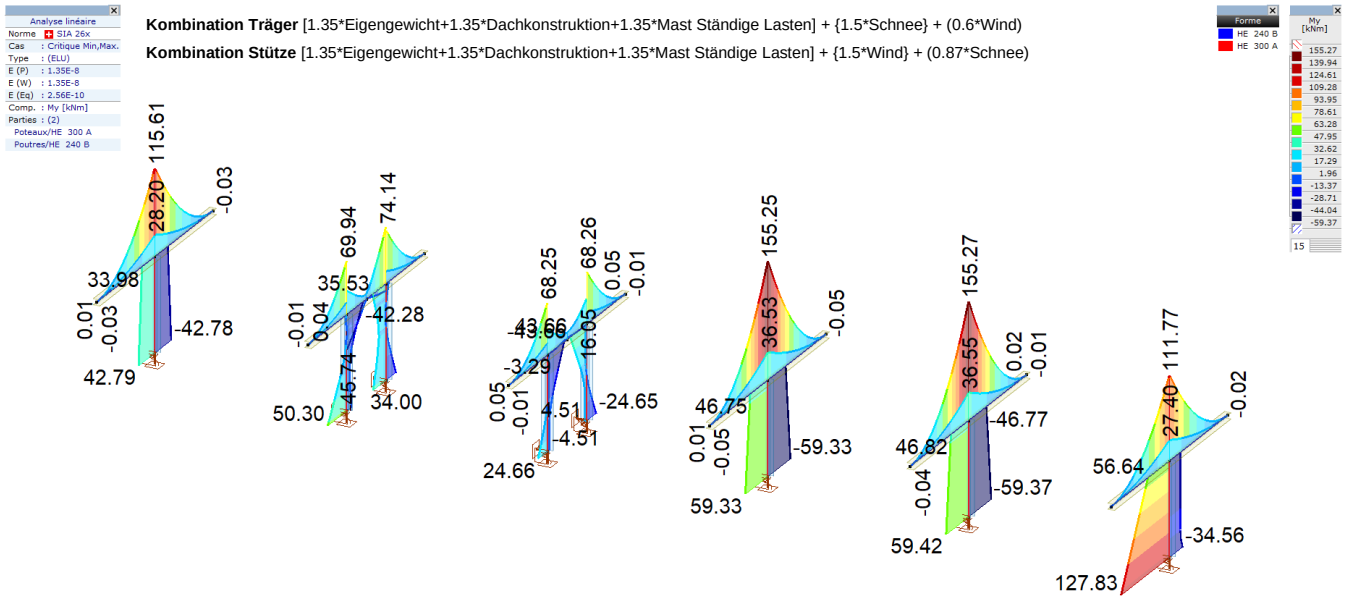


3.5 Resultate für Tragsicherheit ELU

$M_yRd = (W_{ply} * fy) / \gamma_{M1}$

ELU kritische Min, Max Werte M_y [kNm]

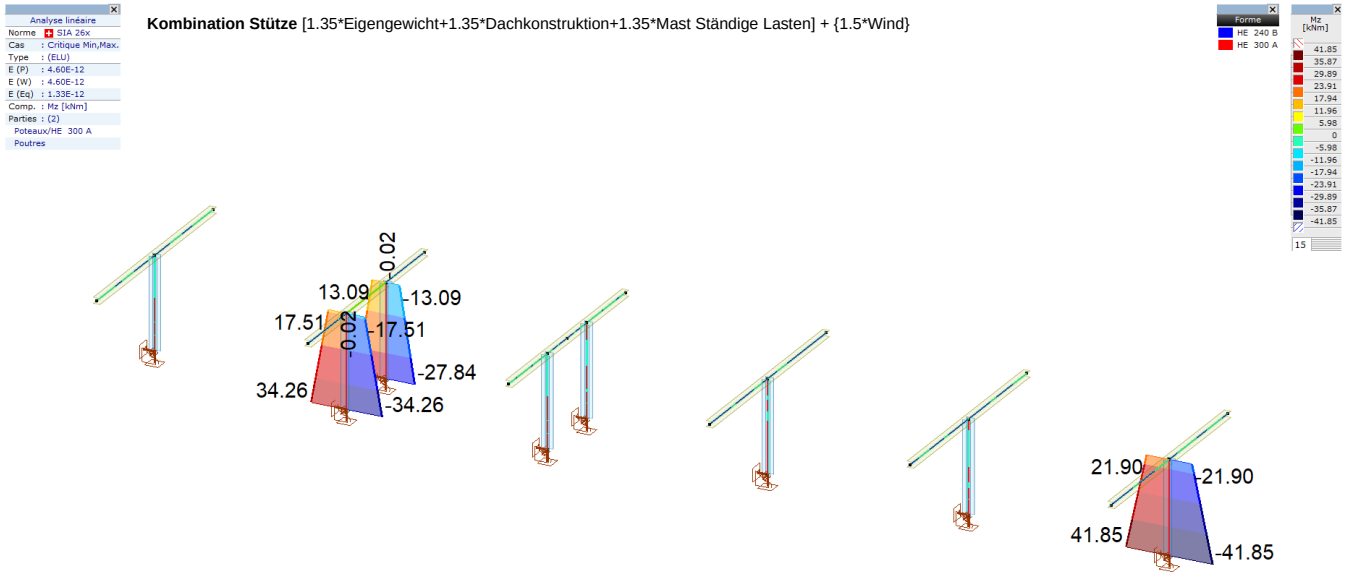
Stütze: M_yRd HEA 300 S235 = 309.6 kNm
Träger: M_yRd HEB 240 S235 = 235.7 kNm



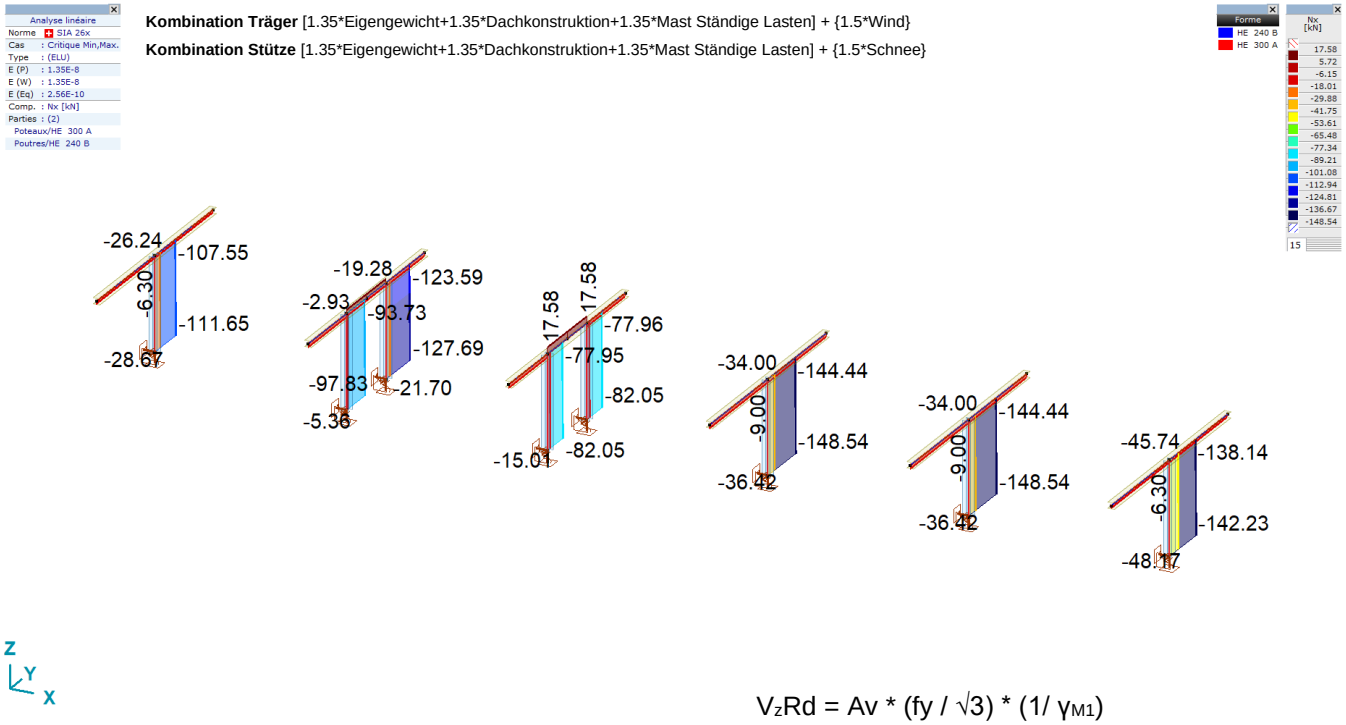
$M_zRd = (W_{plz} * fy) / \gamma_{M1}$

ELU kritische Min, Max Werte M_z [kNm]

Stütze: M_zRd HEA 300 S235 = 143.5 kNm
Träger: M_zRd HEB 240 S235 = 111.6 kNm



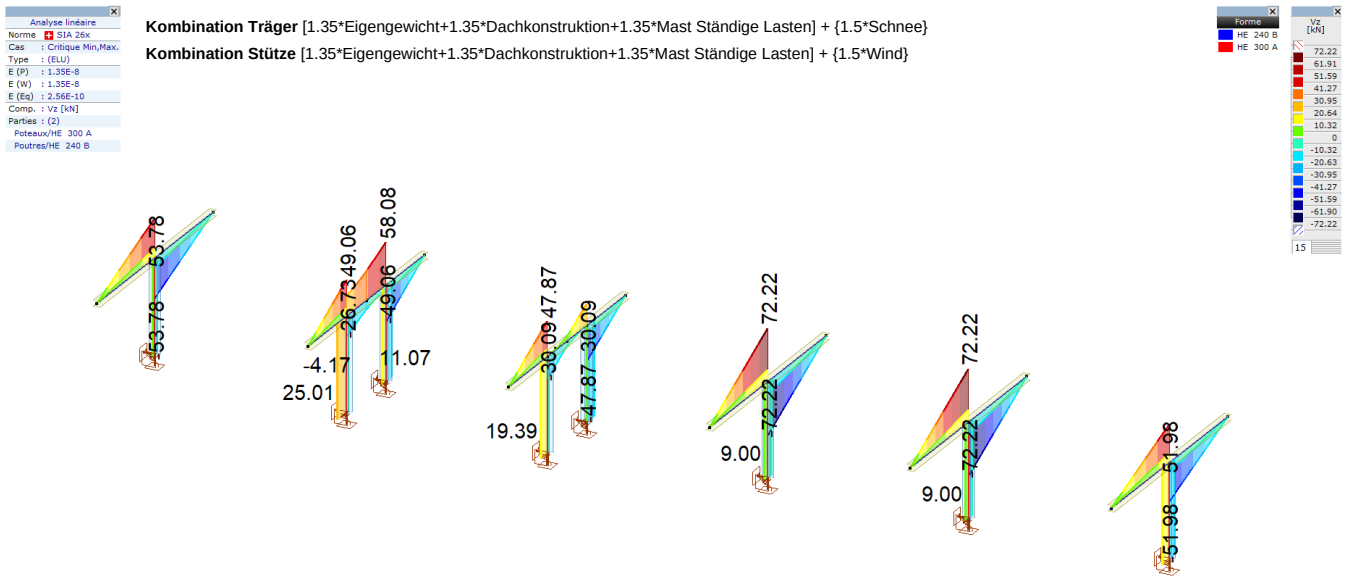
ELU kritische Min, Max Werte N_x [kN] Stütze: $N_{Kz}Rd$ HEA 300 S235 = 1367 kN l_k = 7m ✓



Z
Y
X

$V_zRd = Av * (fy / \sqrt{3}) * (1/ \gamma_{M1})$

ELU kritische Min, Max Werte Vz [kN] Stütze: V_zRd HEA 300 S235 = 482 kN
Träger: V_zRd HEB 240 S235 = 429 kN ✓



Z
Y
X

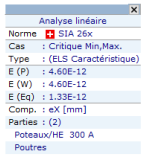
3.6 Resultate für Gebrauchstauglichkeit ELS

ELS Kritische Min, Max Werte Gebrauch **Selten** eX [mm]

$u_{lim} \leq h/500$ = 3500/500=7mm

u_{max} = 10.96mm ≥ u_{lim} = 7mm

Nicht massgebend
Keine Anforderung gemäss Norm



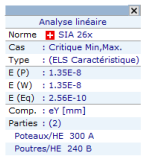
Kombination [Eigengewicht+Dachkonstruktion+Mast Ständige Lasten] + {Wind}

ELS kritische Min, Max Werte Gebrauch **Selten** eY [mm]

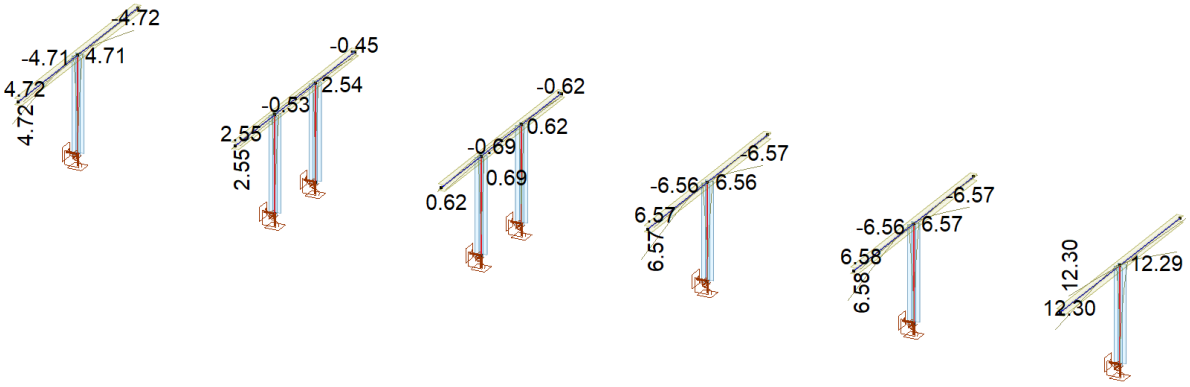
$u_{lim} \leq h/500$ = 3500/500=7mm

u_{max} = 12.30mm ≥ u_{lim} = 7mm

Nicht massgebend
Keine Anforderung gemäss Norm



Kombination [Eigengewicht+Dachkonstruktion+Mast Ständige Lasten] + {Wind} + (0.87*Schnee)



ELS kritische Min, Max Werte Gebrauch **Selten** eZ [mm]

$w_{lim} \leq l/500$ = 8600/500=17.2mm

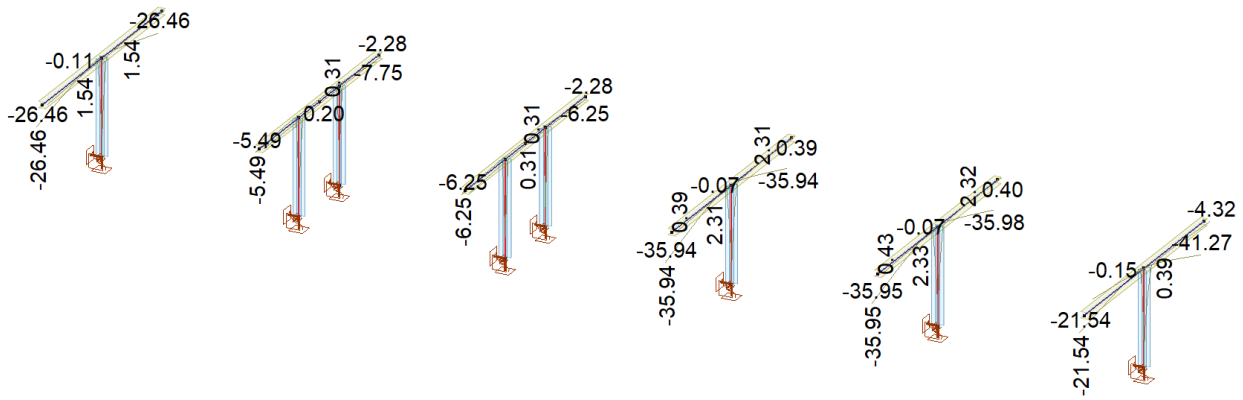
w_{max} = 41.27mm ≥ w_{lim} = 17.2mm

Nicht massgebend
Keine Anforderung gemäss Norm

Analyse linéaire
Norme SIA 26x
Cas : Critique Min,Max.
Type : (ELS Caractéristique)
E (P) : 1.35E-8
E (W) : 1.35E-8
E (Eq) : 2.56E-10
Comp. : eZ [mm]
Parties : (2)
Poteaux/HE 300 A
Poutres/HE 240 B

Kombination [Eigengewicht+Dachkonstruktion+Mast Ständige Lasten] + {Wind} + (0.87*Schnee)

Forme
HE 240 B
HE 300 A



Z
Y
X

ELS Kritische Min, Max Werte Gebrauch **Häufig** eX [mm]

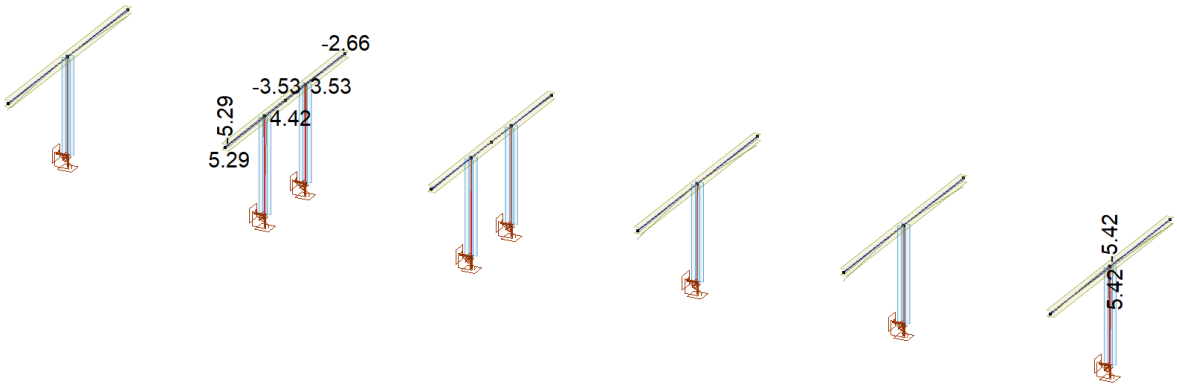
$u_{lim} \leq H/300$ = 3500/300=11.6mm

u_{max} = 5.42mm ≤ u_{lim} = 11.6mm

Analyse linéaire
Norme SIA 26x
Cas : Critique Min,Max.
Type : (ELS Fréquent)
E (P) : 4.60E-12
E (W) : 4.60E-12
E (Eq) : 1.33E-12
Comp. : eX [mm]
Parties : (2)
Poteaux/HE 300 A
Poutres

Kombination [Eigengewicht+Dachkonstruktion+Mast Ständige Lasten] + {0.5*Wind}

Forme
HE 240 B
HE 300 A

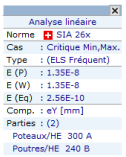


Z
Y
X

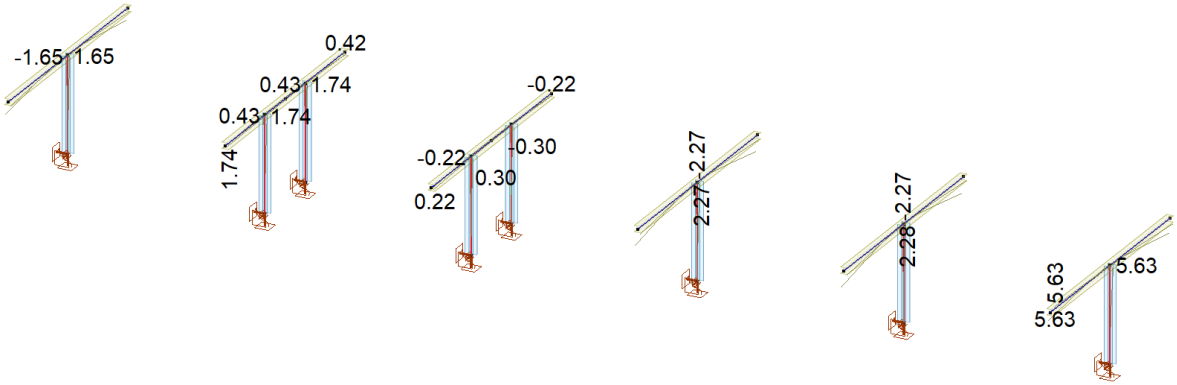
ELS kritische Min, Max Werte Gebrauch **Häufig** eY [mm]

$u_{lim} \leq H/300$ = 3500/300=11.6mm

u_{max} = 5.63mm ≤ u_{lim} = 11.6mm



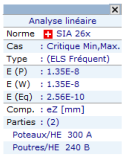
Kombination [Eigengewicht+Dachkonstruktion+Mast Ständige Lasten] + {0.5*Wind}



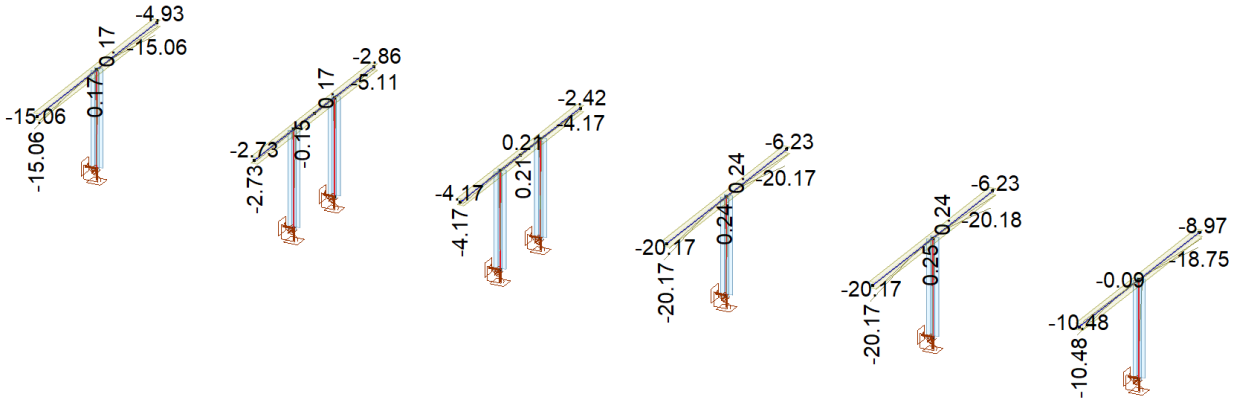
ELS kritische Min, Max Werte Gebrauch **Häufig** eZ [mm]

$w_{lim} \leq l/350$ = 8600/350=24.5mm

w_{max} = 20.18mm ≥ w_{lim} = 24.5mm



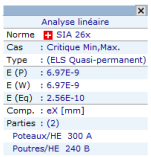
Kombination [Eigengewicht+Dachkonstruktion+Mast Ständige Lasten] + {0.457*Schnee}



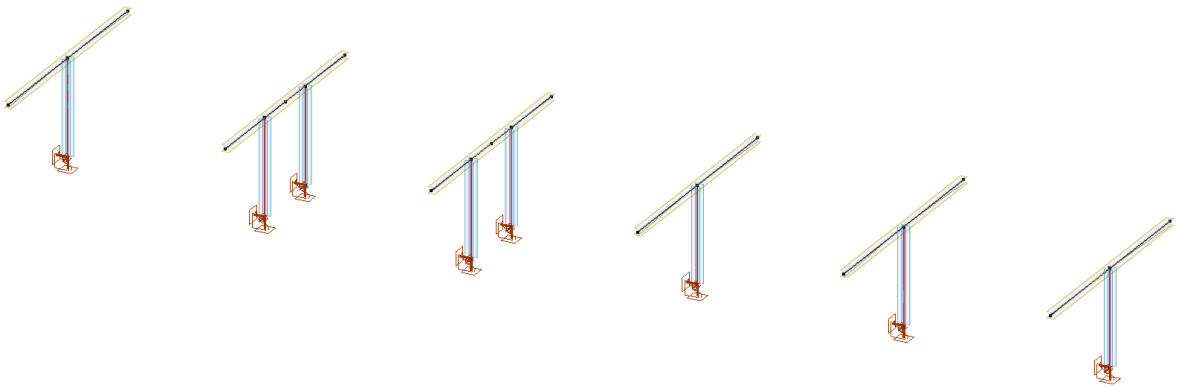
ELS Kritische Min, Max Werte Gebrauch **Q-S** eX [mm]

$u_{lim} \leq h/250$ = 3500/250=14mm

u_{max} = 0.00mm ≤ u_{lim} = 14mm



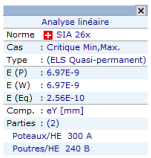
Kombination [Eigengewicht+Dachkonstruktion+Mast Ständige Lasten]



ELS kritische Min, Max Werte Gebrauch **Q-S** eY [mm]

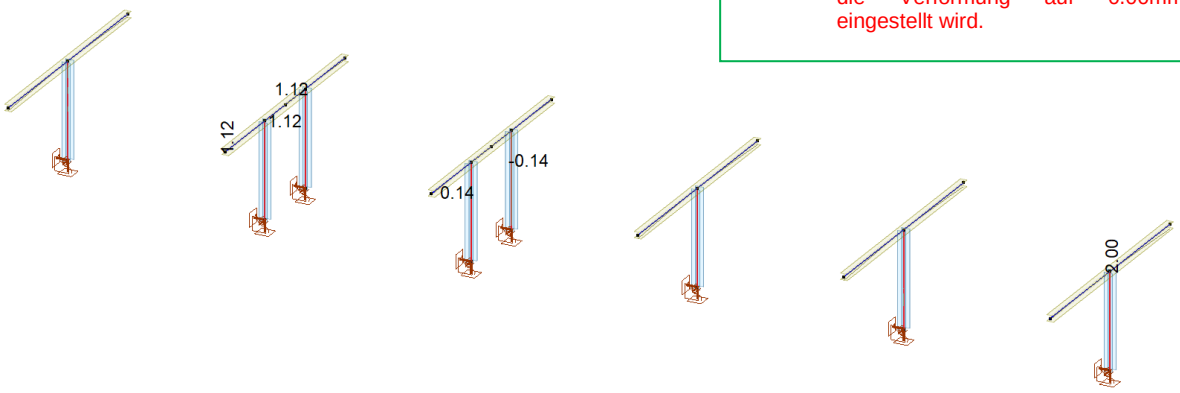
$u_{lim} \leq h/250$ = 3500/250=14mm

u_{max} = 2.00mm ≤ u_{lim} = 14mm



Kombination [Eigengewicht+Dachkonstruktion+Mast Ständige Lasten]

Für diese Verformung :
- ⇨ Ein Anschluss zwischen Mast und Träger mit einstellung haben damit die Verformung auf 0.00mm eingestellt wird.



ELS kritische Min, Max Werte Gebrauch **Q-S** eZ [mm]

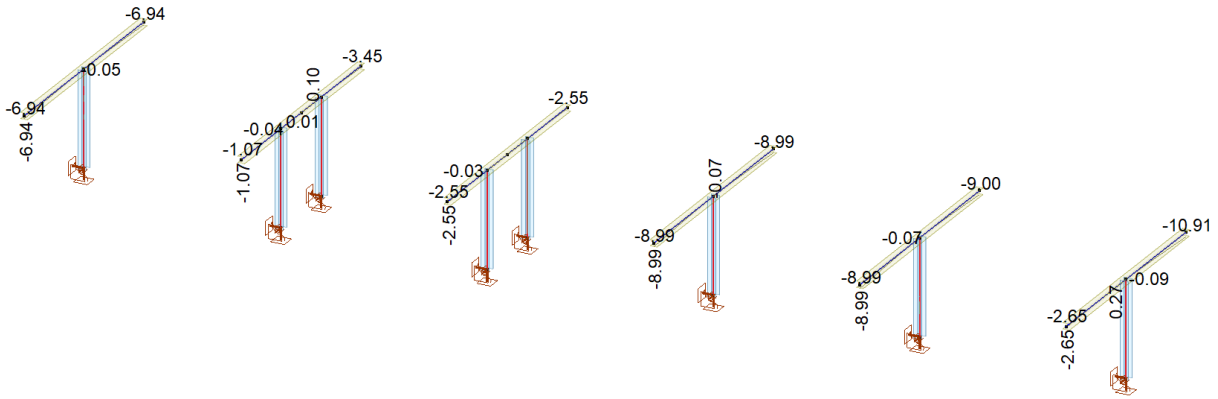
$w_{lim} \leq l/300$ = 8600/300=28.7mm

w_{max} = 10.91mm ≤ w_{lim} = 28.7mm

Analyse linéaire
Norme : SIA 26x
Cas : Critique Min,Max.
Type : (ELS Quasi-permanent)
E (P) : 6.97E-9
E (W) : 6.97E-9
E (Eq) : 2.56E-10
Comp. : eZ [mm]
Parties : (2)
Poteaux/HE 300 A
Poutres/HE 240 B

Forme
HE 240 B
HE 300 A

Kombination [Eigengewicht+Dachkonstruktion+Mast Ständige Lasten]

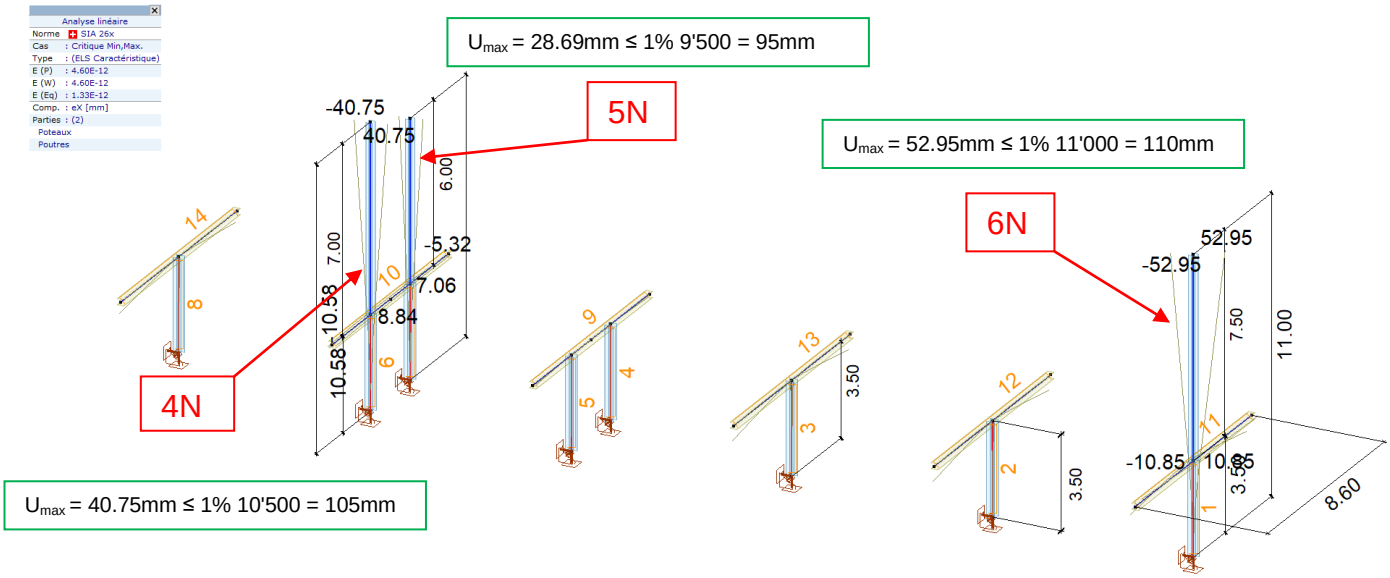


Z
Y
X

3.7 Resultate für Gebrauchstauglichkeit ELS – Masten

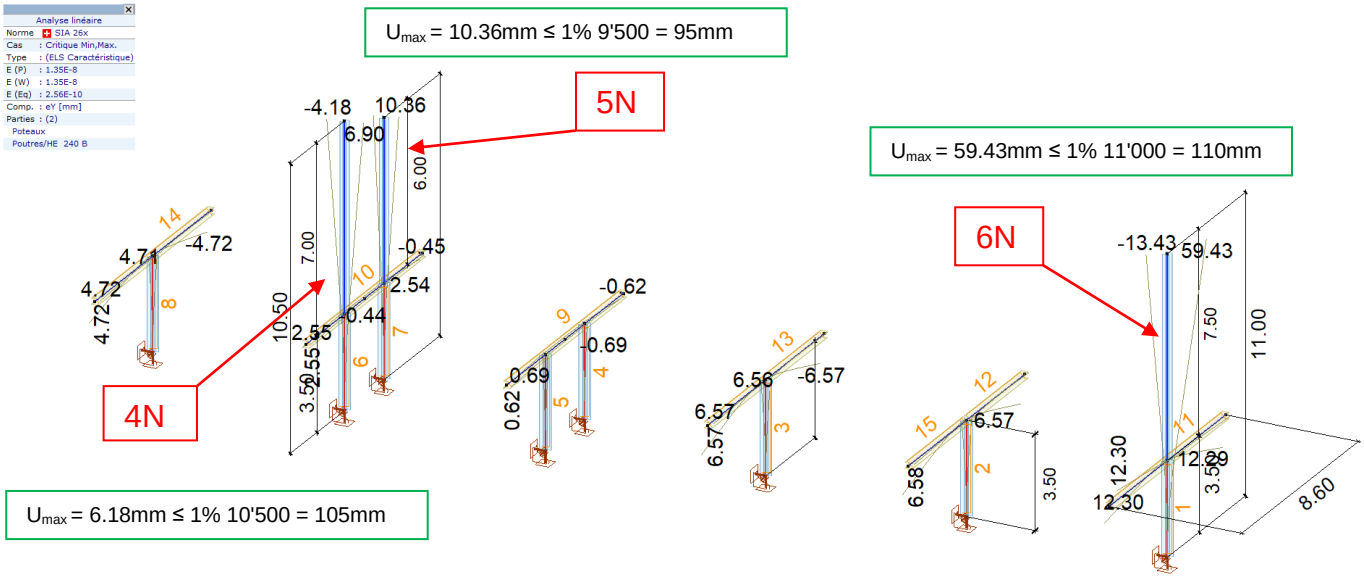
ELS Kritische Min, Max Werte Gebrauch **Selten** eX [mm] $U_{lim} \leq 1\%\ H_{Tot}$ ✓

Kombination [Eigengewicht+Dachkonstruktion+Mast Ständige Lasten] + {Wind}



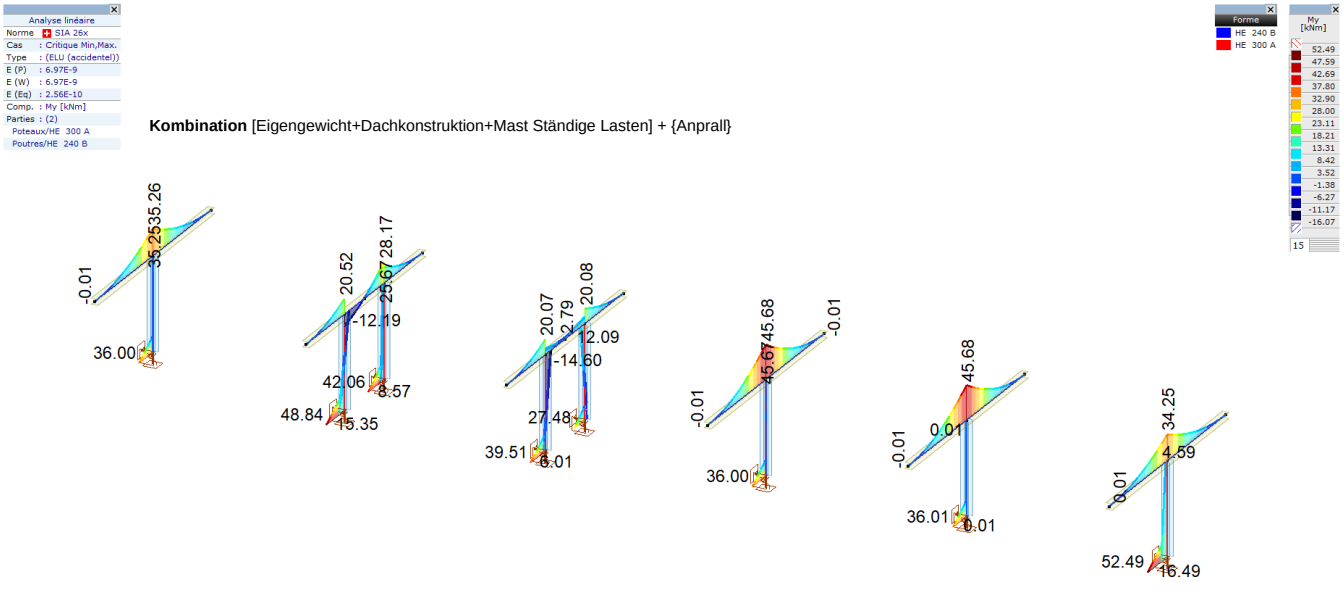
ELS kritische Min, Max Werte Gebrauch **Selten** eY [mm] $U_{lim} \leq 1\%\ H_{tot}$ ✓

Kombination [Eigengewicht+Dachkonstruktion+Mast Ständige Lasten] + {Wind} + (0.87*Schnee)



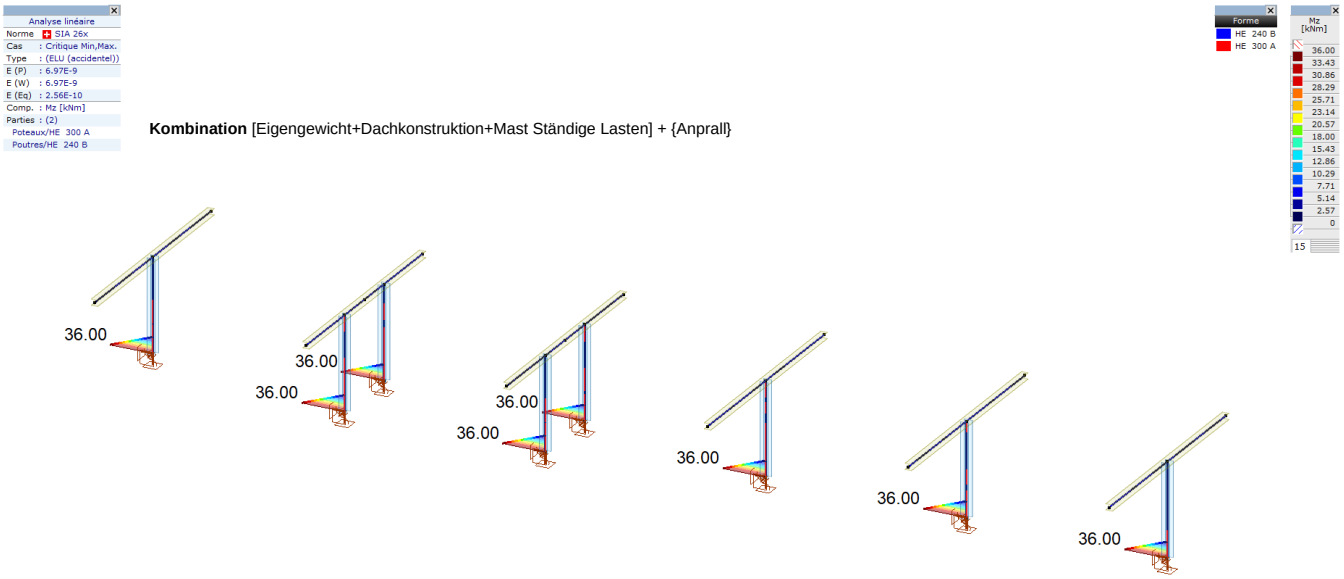
3.8 Resultate für Aussergewöhnliche Bemessungssituationen - Anprall

Kritische Min, Max Werte My [kNm] *Nicht massgebend*

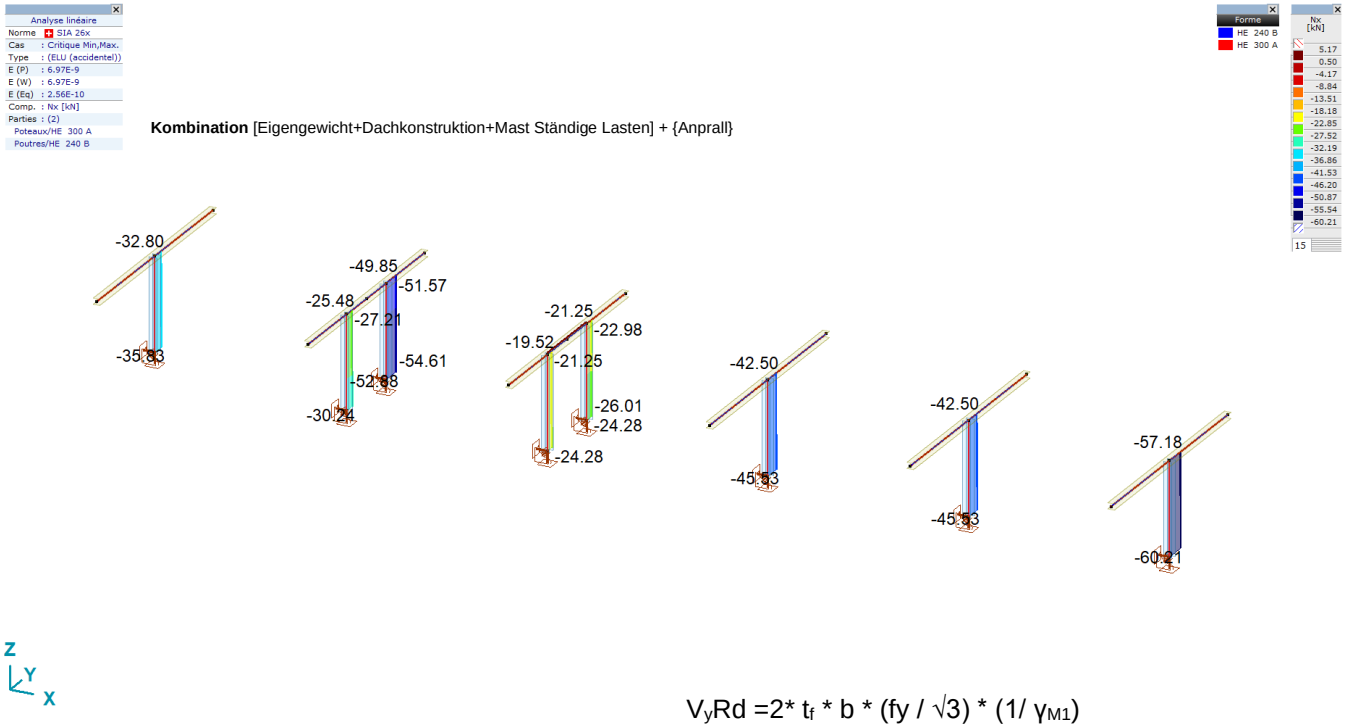


$M_zRd = (W_{plz} * fy) / \gamma_{M1}$

Kritische Min, Max Werte Mz [kNm] Stütze: M_zRd HEA 300 S235 = 143.5 kNm ✓

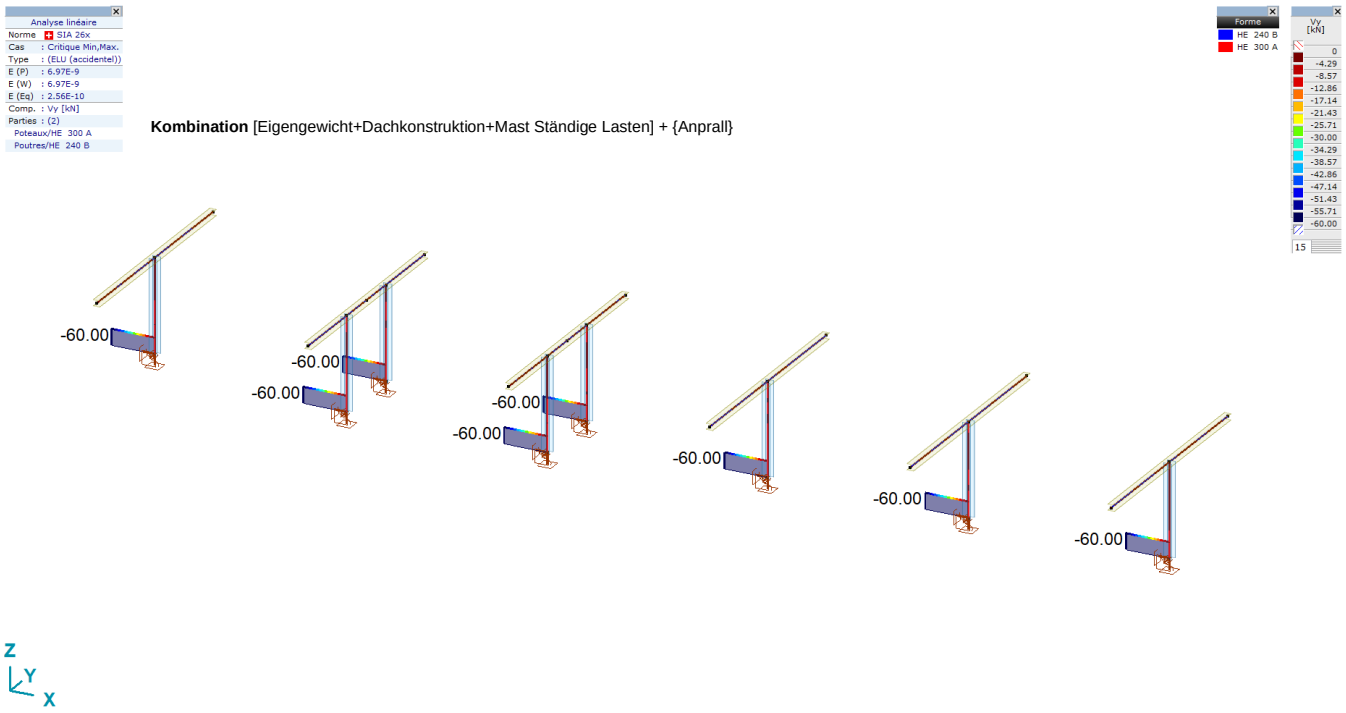


Kritische Min, Max Werte Nx [kN] *Nicht massgebend*



$V_yRd = 2 * t_f * b * (fy / \sqrt{3}) * (1/ \gamma_{M1})$

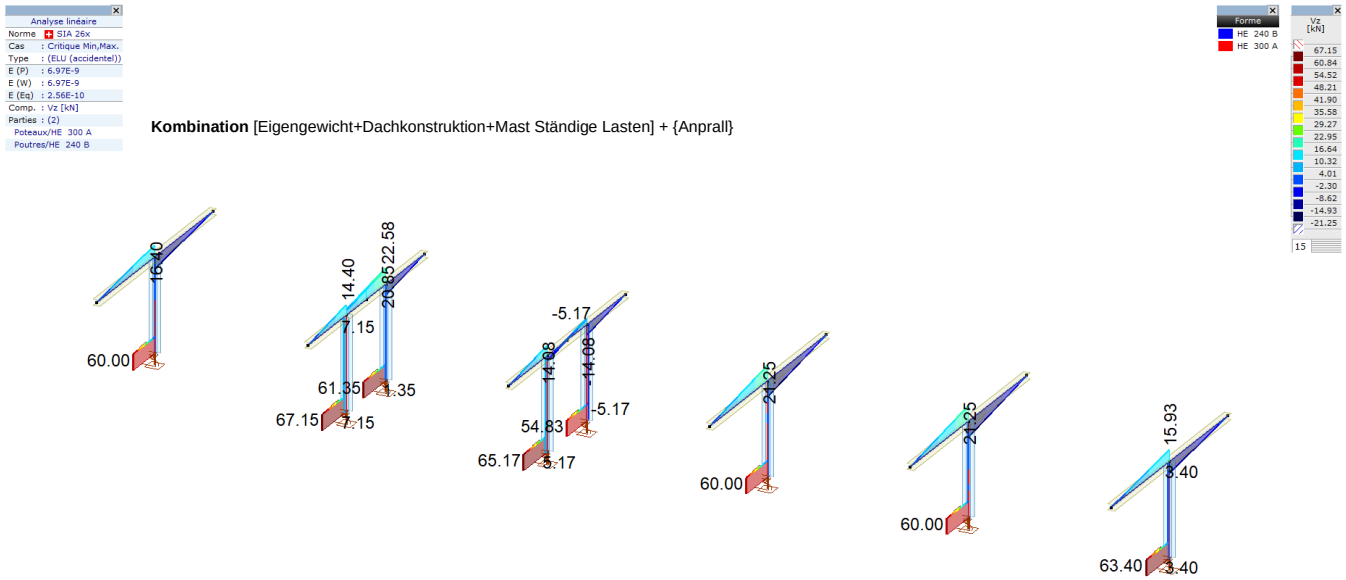
Kritische Min, Max Werte Vy [kN] Stütze: V_yRd HEA 300 S235 = 1085 kN ✓



$V_zRd = Av * (fy / \sqrt{3}) * (1/ \gamma_{M1})$

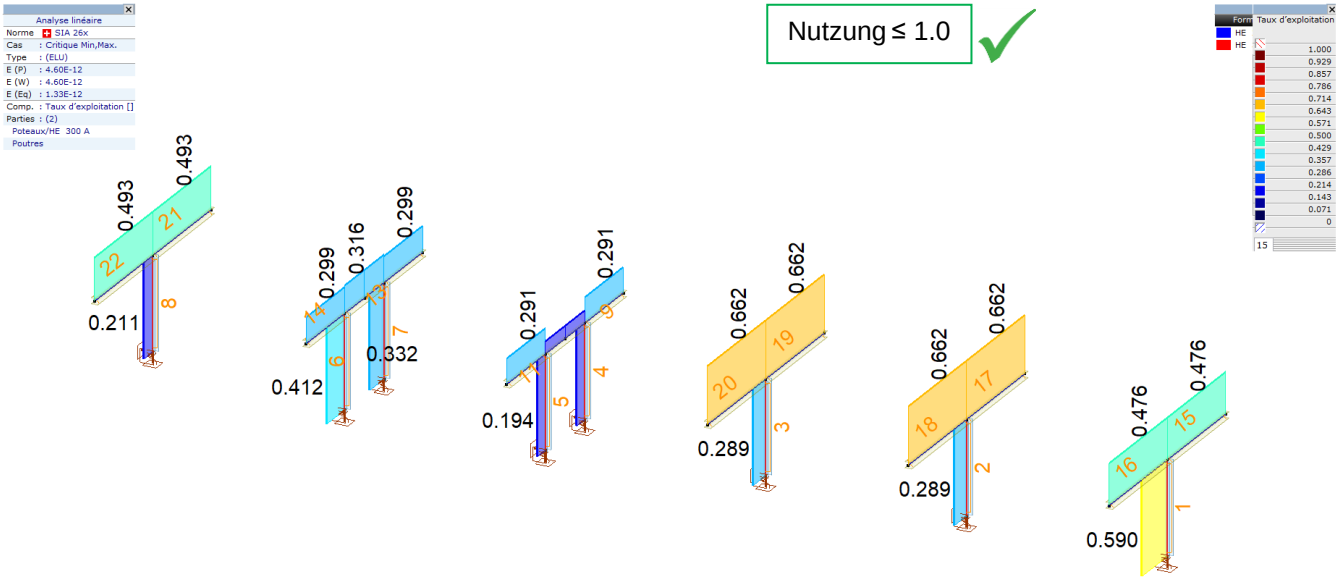
Kritische Min, Max Werte Vz [kN]

Stütze: V_zRd HEA 300 S235 = 482 kN ✓

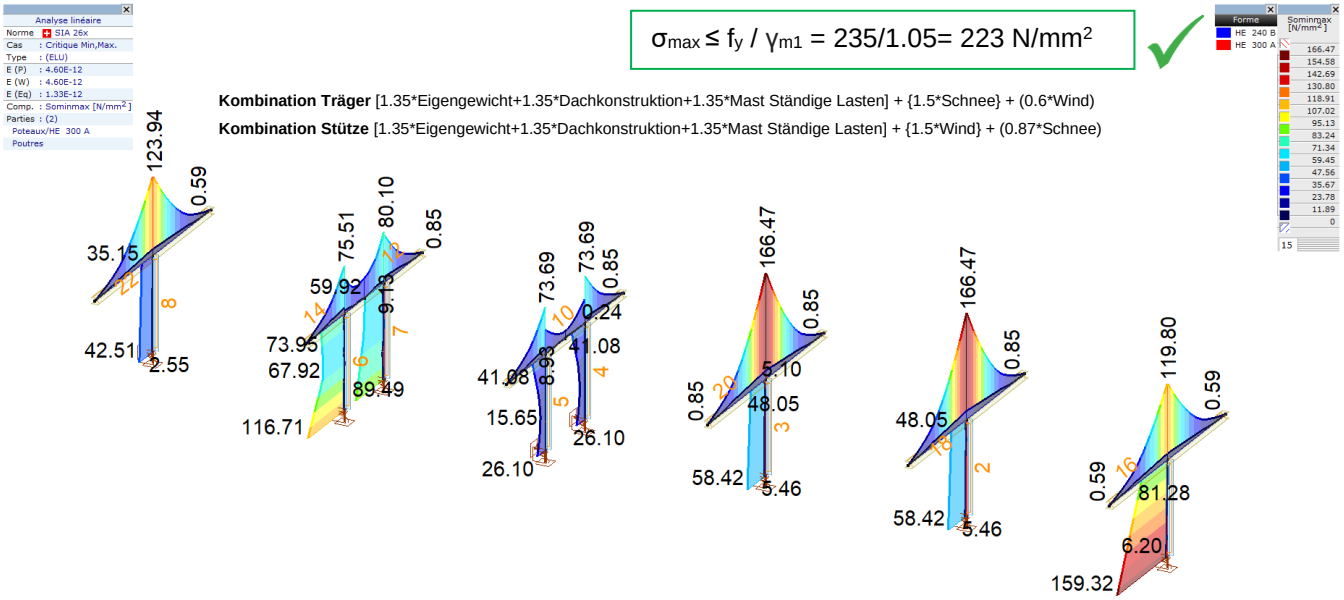


3.9 Stahlbemessung, Tragsicherheitsnachweise

Nutzung der Stahlprofile ELU type 2



Von Mises Vergleichsspannung



3.10 Nachweis für Stahl Stützen HEA 300 S235

STAHLSTAB-NACHWEIS

Bemessungs-Bauteil: **1**

Knoten: **8-16**

Norm: **SIA 26x (Schweiz)**

SN 505263:2013 de, SN EN 1993-1-1, SN EN 1993-1-5

Material: **S 235**

Querschnitt: **HE 300 A**

Lastfall: **Linear,(ULS) Maßgebende**

Koeffizient für seismische Kräfte: **1.0**

1. Normalkraft-Biegung-Schub

SIA 263: 5.1.7, 5.2.7, 5.3.7

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Quer_1} (0.87*Schnee asymetrisch_1)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 350.00 = 350.00$ cm

$N_{Ed_{13}} = -107.78$ kN $V_{z,Ed_{13}} = 20.34$ kN $M_{y,Ed_{13}} = 12789.24$ kNcm $= 127.89$ kNm

$\eta_{NMV_{pl}} = \eta_{MN} = 41.3\,\%$ **erfüllt**

2. Normalkraft-Biegung (Stabilität)

SIA 263: 5.1.9-10, 5.2.6, 5.3.5

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Längs_1} (0.87*Schnee asymetrisch_1)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 350.00 = 350.00$ cm

$\Omega_y = 1\ \Omega_z = 1$

$$k_{N_y} = \left| \frac{\Omega_y}{1 - \left|N_{Ed_{13}}\right| / N_{cr,y}} \right| = \left| \frac{1}{1 - |(-107.78)| / 7726.96} \right| = 1.01$$

$$k_{N_z} = \left| \frac{\Omega_z}{1 - \left|N_{Ed_{13}}\right| / N_{cr,z}} \right| = \left| \frac{1}{1 - |(-107.78)| / 2668.87} \right| = 1.04$$

$$\eta_{MNStab} = \frac{\left|N_{Ed_{13}}\right|}{N_{K,Rd}} + k_{N_y} \cdot \frac{\left|M_{y,Ed_{13}}\right|}{M_{D,Rd}} + k_{N_z} \cdot \frac{\left|M_{z,Ed_{13}}\right|}{M_{Rd,z}} = \frac{|(-107.78)|}{1366.71} + 1.01 \cdot \frac{|6331.74|}{30958.93} + 1.04 \cdot \frac{|4185.00|}{14349.90} = 59.0\,\%$$

(50) **erfüllt**

3. Von Mises Vergleichsspannung

SIA 263: 4.3.5.4

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1**

+1.5*Wind Quer_1} (0.87*Schnee asymetrisch_1)

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 350.00 = 350.00$ cm

$$\sigma_{N,Ed} = \frac{N_{Ed_{13}}}{A_{net}} = \frac{(-107.78)}{112.56} = -0.96 \text{ kN/cm}^2 = -9.58 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{My,b,Ed} = \frac{-M_{y,Ed_{13}}}{I_y} \cdot z_c = \frac{-12789.24}{18267.78} \cdot 14.50 = -10.15 \text{ kN/cm}^2 = -101.51 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Mz,b,Ed} = \frac{M_{z,Ed_{13}}}{I_z} \cdot \frac{b_2}{2} = \frac{0}{6309.64} \cdot \frac{30.00}{2} = 0 \text{ kN/cm}^2 = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{T,xy,b,Ed} = \frac{M_{x,Ed_{13}}}{I_t} \cdot t_{f,2} = \frac{0}{85.32} \cdot 1.40 = 0 \text{ kN/cm}^2 = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{VonMises} = \sqrt{\left((\sigma_{N,Ed} + \sigma_{My,b,Ed} + \sigma_{Mz,b,Ed})^2 + 3 \cdot \tau_{T,xy,b,Ed}^2\right)} = \sqrt{\left(((-0.96) + (-10.15) + 0)^2 + 3 \cdot 0^2\right)} = 11.11 \text{ kN/cm}^2$$

$= 111.09$ N/mm²

$$\eta_{VonMises} = \frac{\sigma_{VonMises}}{\frac{f_y}{\gamma_{M_1}}} = \frac{11.11}{\frac{23.50}{1.05}} = 49.6\ \% \quad (6) \qquad \textbf{erfüllt}$$

4. Querschnittswiderstand für Schub (y):

SIA 263: 5.1.4, 5.2.4, 5.3.4

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Längs_1} (0.87*Schnee UD)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 350.00 = 0$ cm

$A_{V,y} = 2 \cdot b \cdot t_f = 84.00$ cm²

$$V_{Rd,y} = \frac{A_{V,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_1}} = \frac{84.00 \cdot 23.50}{\sqrt{3} \cdot 1.05} = 1085.42 \text{ kN} \quad (41)$$

$$\eta_{V_y} = \frac{\left|V_{y,Ed_1}\right|}{V_{Rd,y}} = \frac{|(-5.70)|}{1085.42} = 0.5\ \% \qquad \textbf{erfüllt}$$

5. Schub- und Beulwiderstand:

SIA 263: 4.5.4

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Quer_1}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 350.00 = 0$ cm

$h_w = h - t_f = 29.00 - 1.40 = 27.60$ cm

$$c_w = \frac{h_w}{t_w} = \frac{27.60}{0.85} = 32.47 \leq \xi_w = \sqrt{\frac{4 \cdot E}{f_y}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 21000.00}{23.50}} = 59.79 \quad 5.1.4\ (42)$$

$$\rightarrow V_{z,Rd,2} = V_{Rd,z} = 482.07 \text{ kN} \quad (13)$$

$$\eta_{V_{z,2}} = \frac{|V_{z,Ed_1}|}{V_{z,Rd,2}} = \frac{|20.34|}{482.07} = 4.2\ \% \qquad \textbf{erfüllt}$$

Teil-Resultate

7. Querschnittswiderstand für Normalkraft:

SIA 263: 5.1.2, 5.2.2, 5.3.2

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion +1.35*EG] {1.5*Schnee UD} (0.6*Wind_1+0.6*Wind Längs_1)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 350.00 = 350.00$ cm

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M_1}} = \frac{112.56 \cdot 23.50}{1.05} = 2519.13 \text{ kN} \quad (38)$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed_{13}}|}{N_{Rd}} = \frac{|(-142.23)|}{2519.13} = 5.6\ \% \qquad \textbf{erfüllt}$$

8. Querschnittswiderstand für Biegung (yy):

SIA 263: 5.1.3, 5.2.3, 5.3.3

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Quer_1} (0.87*Schnee asymetrisch_1)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 350.00 = 0$ cm

$$M_{Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M_1}} = \frac{1383.27 \cdot 23.50}{1.05} = 30958.93 \text{ kNcm} = 309.59 \text{ kNm} \quad (40)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed_1}|}{M_{Rd,y}} = \frac{|5670.24|}{30958.93} = 18.3\ \% \qquad \textbf{erfüllt}$$

9. Querschnittswiderstand für Biegung (zz):

SIA 263: 5.1.3, 5.2.3, 5.3.3

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Längs_1} (0.87*Schnee UD)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 350.00 = 0$ cm

$$M_{Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M_1}} = \frac{641.17 \cdot 23.50}{1.05} = 14349.90 \text{ kNcm} = 143.50 \text{ kNm} \quad (40)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed_1}|}{M_{Rd,z}} = \frac{|2190.00|}{14349.90} = 15.3\,\% \qquad \textbf{erfüllt}$$

10. Querschnittswiderstand für Schub (z):

SIA 263: 5.1.4, 5.2.4, 5.3.4

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Quer_1}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 350.00 = 0$ cm

$$A_{V,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 37.31 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_1}} = \frac{37.31 \cdot 23.50}{\sqrt{3} \cdot 1.05} = 482.07 \text{ kN} \quad (41)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed_1}|}{V_{Rd,z}} = \frac{|20.34|}{482.07} = 4.2\,\% \qquad \textbf{erfüllt}$$

11. Biegung-Schub Interaktion

SIA 263: 5.1.5, 5.2.5, 5.3.6

Grenzwertkombination für N-M-V Festigkeitsinteraktion: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Quer_1} (0.87*Schnee asymetrisch_1)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 350.00 = 350.00$ cm

$V_{Rd,z} = V_{pl,Rd,z} = 482.07$ kN

$V_{z,Ed_{13}} = 20.34 \text{ kN} \leq V_{Rd,z}/2 \rightarrow$ Der Einfluss der Quererkraft auf den Biegewiderstand ist vernachlässigbar.

$V_{Rd,y} = V_{pl,Rd,y} = 1085.42$ kN

$V_{y,Ed_{13}} = 0 \text{ kN} \leq V_{Rd,y}/2 \rightarrow$ Der Einfluss der Quererkraft auf den Biegewiderstand ist vernachlässigbar.

12. Biegung-Normalkraft Interaktion

SIA 263: 5.1.6, 5.2.6, 5.3.5

Grenzwertkombination für N-M-V Festigkeitsinteraktion: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Quer_1} (0.87*Schnee asymetrisch_1)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 350.00 = 350.00$ cm

$$n = \left|\frac{N_{Ed_{13}}}{N_{Rd}}\right| = \left|\frac{(-107.78)}{2519.13}\right| = 4.3\,\%$$

$M_{N,y,Rd} = \min\,(M_{Rd,y} \cdot \max\,(\chi_{MN} \cdot (1 - n/100)\ ;\ 0.01)\ ;\ M_{Rd,y}) =$

$= \min\,(30958.93 \cdot \max\,(1.1453 \cdot (1 - 4.3/100)\ ;\ 0.01)\ ;\ 30958.93) = 30958.93$ kNcm $= 309.59$ kNm (45)

$M_{N,z,Rd} = M_{Rd,z} = 14349.90 = 14349.90$ kNcm $= 143.50$ kNm (47)

$$\eta_{MN,1} = \frac{|M_{y,Ed_{13}}|}{M_{N,y,Rd}} = \frac{|12789.24|}{30958.93} = 41.3\,\%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{|M_{z,Ed_{13}}|}{M_{N,z,Rd}} = \frac{|0|}{14349.90} = 0\,\%$$

$\beta_{MN} = \max\,(5 \cdot n\ ;\ 1.1)\ \max\,(5 \cdot 0.04\ ;\ 1.1) = 1$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed_{13}}}{M_{N,y,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed_{13}}}{M_{N,z,Rd}}\right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{12789.24}{30958.93}\right)^2 + \left(\frac{0}{14349.90}\right)^1 = 17.1\,\% \quad (48)$$

$\eta_{MN} = \max\left(\eta_{MN,1}\ ;\ \eta_{MN,2}\ ;\ \eta_{MN,3}\ ;\ \eta_N\ ;\ \eta_{M_{y,pl}}\ ;\ \eta_{M_{z,pl}}\right) = \max\,(41.3\ ;\ 0\ ;\ 17.1\ ;\ 4.3\ ;\ 41.3\ ;\ 0) = 41.3\,\%$ **erfüllt**

13. Knickwiderstand:

SIA 263: 4.5.1

Grenzwertkombination für N-M-Standsicherheit Interaktion: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Längs_1} (0.87*Schnee asymetrisch_1)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 350.00 = 350.00$ cm

$K_y = 2$

$K_z = 2$

$L_{cr_y} = K_y \cdot L = 2 \cdot 350.00 = 700.00$ cm

$L_{cr_z} = K_z \cdot L = 2 \cdot 350.00 = 700.00$ cm

Knickkurve um die y-Axe: *b* Tabelle 8

$\rightarrow \alpha_y = 0.34$ Abbildung 7

Knickkurve um die z-Axe: *c* Tabelle 8

$\rightarrow \alpha_z = 0.49$ Abbildung 7

$$\lambda_y{}^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{112.56 \cdot 23.50}{7726.96}} = 0.59$$

$$\lambda_z{}^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{112.56 \cdot 23.50}{2668.87}} = 1.00$$

$$\phi_y = \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y{}^* - 0.2) + \lambda_y{}^{*2}}{2} = \frac{1 + 0.34 \cdot (0.59 - 0.2) + 0.59^2}{2} = 0.7366$$

$$\phi_z = \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z{}^* - 0.2) + \lambda_z{}^{*2}}{2} = \frac{1 + 0.49 \cdot (1.00 - 0.2) + 1.00^2}{2} = 1.1905$$

$$\chi_y = \min\left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y{}^{*2}}}\,;\,1\right) = \min\left(\frac{1}{0.7366 + \sqrt{0.7366^2 - 0.59^2}}\,;\,1\right) = 0.8445 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min\left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z{}^{*2}}}\,;\,1\right) = \min\left(\frac{1}{1.1905 + \sqrt{1.1905^2 - 1.00^2}}\,;\,1\right) = 0.5425 \quad (6.49)$$

$$\chi = \min(\chi_y\,;\,\chi_z) = \min(0.8445\,;\,0.5425) = 0.5425 \leq 1.0 \quad (8)$$

$$N_{K,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M_1}} = \frac{0.5425 \cdot 112.56 \cdot 23.50}{1.05} = 1366.71 \text{ kN} \quad (7)$$

$$\eta_{N_K} = \frac{\left|N_{Ed_{13}}\right|}{N_{K,Rd}} = \frac{|(-107.78)|}{1366.71} = 7.9\,\% \qquad \textbf{erfüllt}$$

14. Biegedrillknickwiderstand:

SIA 263: 4.5.2

Grenzwertkombination für N-M-Standsicherheit Interaktion: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Längs_1} (0.87*Schnee asymetrisch_1)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 350.00 = 350.00$ cm

M_{cr} Berechnungsmethode: AutoMcr

M_{cr} = 237806.24 kNcm = 2378.06 kNm

$$\lambda_D = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1383.27 \cdot 23.50}{237806.24}} = 0.37$$

Knickkurve: $b \rightarrow \alpha_D = 0.34$ Tabelle 8

$$\phi_D = \frac{1 + \alpha_D \cdot (\lambda_D - \lambda_{D,0}) + \beta \cdot \lambda_D^2}{2} = \frac{1 + 0.34 \cdot (0.37 - 0.4) + 0.75 \cdot 0.37^2}{2} = 0.55$$

$$\chi_D = \min\left(\frac{1}{\phi_D + \sqrt{\phi_D^2 - \beta \cdot \lambda_D^2}}\,;\,1\right) = \min\left(\frac{1}{0.55 + \sqrt{0.55^2 - 0.75 \cdot 0.37^2}}\,;\,1\right) = 1.00 \quad \text{SN EN 1993-1-1 (6.57)}$$

$$M_{D,Rd} = \frac{\chi_D \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M_1}} = \frac{1.00 \cdot 1383.27 \cdot 23.50}{1.05} = 30958.93 \text{ kNcm} = 309.59 \text{ kNm} \quad (9)$$

$$\eta_{M_D} = \frac{\left|M_{y,Ed_{13}}\right|}{M_{D,Rd}} = \frac{|6331.74|}{30958.93} = 20.5\,\% \qquad \textbf{erfüllt}$$

3.11 Nachweis für Stahl Träger HEB 240 S235

STAHLSTAB-NACHWEIS

Bemessungs-Bauteil: **22**

Knoten: **15-27**

Norm: **SIA 26x (Schweiz)**

SN 505263:2013 de, SN EN 1993-1-1, SN EN 1993-1-5

Material: **S 235**

Querschnitt: **HE 240 B**

Lastfall: **Linear,(ULS) Maßgebende**

Koeffizient für seismische Kräfte: **1.0**

1. Normalkraft-Biegung-Schub

SIA 263: 5.1.7, 5.2.7, 5.3.7

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion +1.35*EG] {1.5*Schnee asymetrisch_2}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 430.00 = 430.00$ cm

$N_{Ed_{11}} = 0$ kN $V_{z,Ed_{11}} = 72.22$ kN $M_{y,Ed_{11}} = 15527.69$ kNcm $= 155.28$ kNm

$\eta_{NMV_{pl}} = \eta_{MN} = 65.9\,\%$ **erfüllt**

2. Normalkraft-Biegung (Stabilität)

SIA 263: 5.1.9-10, 5.2.6, 5.3.5

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion +1.35*EG] {1.5*Schnee UD} (0.6*Wind_1+0.6*Wind Längs_1)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 430.00 = 430.00$ cm

$\Omega_y = 1\ \Omega_z = 1$

$$k_{N_y} = \left| \frac{\Omega_y}{1 - \left|N_{Ed_{11}}\right| / N_{cr,y}} \right| = \left| \frac{1}{1 - |(-3.60)| / 3155.70} \right| = 1.00$$

$$\eta_{MNStab} = \frac{\left|N_{Ed_{11}}\right|}{N_{K,Rd}} + k_{N_y} \cdot \frac{\left|M_{y,Ed_{11}}\right|}{M_{D,Rd}} = \frac{|(-3.60)|}{1586.18} + 1.00 \cdot \frac{|15527.69|}{23570.40} = 66.2\,\% \quad (49)$$ **erfüllt**

3. Von Mises Vergleichsspannung

SIA 263: 4.3.5.4

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion +1.35*EG] {1.5*Schnee asymetrisch_2}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 430.00 = 430.00$ cm

$$\sigma_{N,Ed} = \frac{N_{Ed_{11}}}{A_{net}} = \frac{0}{106.00} = 0 \text{ kN/cm}^2 = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{My,b,Ed} = \frac{-M_{y,Ed_{11}}}{I_y} \cdot z_c = \frac{-15527.69}{11260.91} \cdot 12.00 = -16.55 \text{ kN/cm}^2 = -165.47 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{Mz,b,Ed} = \frac{M_{z,Ed_{11}}}{I_z} \cdot \frac{b_2}{2} = \frac{0}{3922.69} \cdot \frac{24.00}{2} = 0 \text{ kN/cm}^2 = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{T,xy,b,Ed} = \frac{M_{x,Ed_{11}}}{I_t} \cdot t_{f,2} = \frac{0}{105.41} \cdot 1.70 = 0 \text{ kN/cm}^2 = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{VonMises} = \sqrt{\left((\sigma_{N,Ed} + \sigma_{My,b,Ed} + \sigma_{Mz,b,Ed})^2 + 3 \cdot \tau_{T,xy,b,Ed}^2\right)} = \sqrt{\left((0 + (-16.55) + 0)^2 + 3 \cdot 0^2\right)} = 16.55 \text{ kN/cm}^2 =$$

$$= 165.47 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{VonMises} = \frac{\sigma_{VonMises}}{\frac{f_y}{\gamma_{M_1}}} = \frac{16.55}{\frac{23.50}{1.05}} = 73.9\ \% \quad (6) \qquad \textbf{erfüllt}$$

5. Schub- und Beulwiderstand:

SIA 263: 4.5.4

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion +1.35*EG] {1.5*Schnee asymetrisch_2}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 430.00 = 430.00$ cm

$h_w = h - t_f = 24.00 - 1.70 = 22.30$ cm

$$c_w = \frac{h_w}{t_w} = \frac{22.30}{1.00} = 22.3 \leq \xi_w = \sqrt{\frac{4 \cdot E}{f_y}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 21000.00}{23.50}} = 59.79 \quad 5.1.4\ (42)$$

$$\rightarrow V_{z,Rd,2} = V_{Rd,z} = 429.56 \text{ kN} \quad (13)$$

$$\eta_{V_{z,2}} = \frac{\left|V_{z,Ed_{11}}\right|}{V_{z,Rd,2}} = \frac{|72.22|}{429.56} = 16.8\ \% \qquad \textbf{erfüllt}$$

Teil-Resultate

7. Querschnittswiderstand für Normalkraft:

SIA 263: 5.1.2, 5.2.2, 5.3.2

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Längs_1}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 430.00 = 0$ cm

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M_1}} = \frac{106.00 \cdot 23.50}{1.05} = 2372.45 \text{ kN} \quad (38)$$

$$\eta_N = \frac{|N_{Ed_1}|}{N_{Rd}} = \frac{|(-9.00)|}{2372.45} = 0.4\,\% \qquad \textbf{erfüllt}$$

8. Querschnittswiderstand für Biegung (yy):

SIA 263: 5.1.3, 5.2.3, 5.3.3

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion +1.35*EG] {1.5*Schnee asymetrisch_2}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 0.70 \cdot L = 0.70 \cdot 430.00 = 301.00$ cm

$$M_{Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M_1}} = \frac{1053.15 \cdot 23.50}{1.05} = 23570.40 \text{ kNcm} = 235.70 \text{ kNm} \quad (40)$$

$$\eta_{M_{y,pl}} = \frac{|M_{y,Ed_8}|}{M_{Rd,y}} = \frac{|7608.57|}{23570.40} = 32.3\,\% \qquad \textbf{erfüllt}$$

9. Querschnittswiderstand für Biegung (zz):

SIA 263: 5.1.3, 5.2.3, 5.3.3

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion+1.35*EG] {1.5*Wind_1 +1.5*Wind Längs_1}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 0.00 \cdot L = 0.00 \cdot 430.00 = 0$ cm

$$M_{Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M_1}} = \frac{498.42 \cdot 23.50}{1.05} = 11155.08 \text{ kNcm} = 111.55 \text{ kNm} \quad (40)$$

$$\eta_{M_{z,pl}} = \frac{|M_{z,Ed_1}|}{M_{Rd,z}} = \frac{|0|}{11155.08} = 0\,\% \qquad \textbf{erfüllt}$$

10. Querschnittswiderstand für Schub (z):

SIA 263: 5.1.4, 5.2.4, 5.3.4

Grenzwertkombination: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion +1.35*EG] {1.5*Schnee asymetrisch_2}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 0.80 \cdot L = 0.80 \cdot 430.00 = 344.00$ cm

$$A_{V,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 33.24 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rd,z} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M_1}} = \frac{33.24 \cdot 23.50}{\sqrt{3} \cdot 1.05} = 429.56 \text{ kN} \quad (41)$$

$$\eta_{V_z} = \frac{|V_{z,Ed_9}|}{V_{Rd,z}} = \frac{|57.78|}{429.56} = 13.5\ \% \qquad \textbf{erfüllt}$$

11. Biegung-Schub Interaktion

SIA 263: 5.1.5, 5.2.5, 5.3.6

Grenzwertkombination für N-M-V Festigkeitsinteraktion: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion +1.35*EG] {1.5*Schnee asymetrisch_2}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 430.00 = 430.00$ cm

$V_{Rd,z} = V_{pl,Rd,z} = 429.56$ kN

$V_{z,Ed_{11}} = 72.22 \text{ kN} \leq V_{Rd,z}/2 \rightarrow$ Der Einfluss der Quererkraft auf den Biegewiderstand ist vernachlässigbar.

$V_{Rd,y} = V_{pl,Rd,y} = 1054.41$ kN

$V_{y,Ed_{11}} = 0 \text{ kN} \leq V_{Rd,y}/2 \rightarrow$ Der Einfluss der Quererkraft auf den Biegewiderstand ist vernachlässigbar.

12. Biegung-Normalkraft Interaktion

SIA 263: 5.1.6, 5.2.6, 5.3.5

Grenzwertkombination für N-M-V Festigkeitsinteraktion: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion +1.35*EG] {1.5*Schnee asymetrisch_2}**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 430.00 = 430.00$ cm

$$n = \left|\frac{N_{Ed_{11}}}{N_{Rd}}\right| = \left|\frac{0}{2372.45}\right| = 0\ \%$$

$$M_{N_y,Rd} = \min\ (M_{Rd,y} \cdot \max\ (\chi_{MN} \cdot (1 - n/100)\ ;\ 0.01)\ ;\ M_{Rd,y}) =$$

$$= \min\ (23570.40 \cdot \max\ (1.1301 \cdot (1 - 0/100)\ ;\ 0.01)\ ;\ 23570.40) = 23570.40 \text{ kNcm} = 235.70 \text{ kNm} \quad (45)$$

$$M_{N_z,Rd} = M_{Rd,z} = 11155.08 = 11155.08 \text{ kNcm} = 111.55 \text{ kNm} \quad (47)$$

$$\eta_{MN,1} = \frac{|M_{y,Ed_{11}}|}{M_{N_y,Rd}} = \frac{|15527.69|}{23570.40} = 65.9\ \%$$

$$\eta_{MN,2} = \frac{|M_{z,Ed_{11}}|}{M_{N_z,Rd}} = \frac{|0|}{11155.08} = 0\ \%$$

$$\beta_{MN} = 1.1$$

$$\eta_{MN,3} = \left(\frac{M_{y,Ed_{11}}}{M_{N_{y,Rd}}}\right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed_{11}}}{M_{N_{z,Rd}}}\right)^{\beta_{MN}} = \left(\frac{15527.69}{23570.40}\right)^2 + \left(\frac{0}{11155.08}\right)^{1.1} = 43.4\,\% \quad (48)$$

$$\eta_{MN} = \max\left(\eta_{MN,1}\,;\,\eta_{MN,2}\,;\,\eta_{MN,3}\,;\,\eta_N\,;\,\eta_{M_{y,pl}}\,;\,\eta_{M_{z,pl}}\right) = \max\,(65.9\,;\,0\,;\,43.4\,;\,0\,;\,65.9\,;\,0) = 65.9\,\%$$ **erfüllt**

13. Knickwiderstand:

SIA 263: 4.5.1

Grenzwertkombination für N-M-Standsicherheit Interaktion: **[1.35*Mast Ständige Lasten+1.35*Dachkonstruktion +1.35*EG] {1.5*Schnee UD} (0.6*Wind_1+0.6*Wind Längs_1)**

Querschnittsklasse: **1** (Plastische Bemessung)

Massgebender Schnitt: $x = 1.00 \cdot L = 1.00 \cdot 430.00 = 430.00$ cm

$K_y = 2$

$K_z = 0.01$

$L_{cr_y} = K_y \cdot L = 2 \cdot 430.00 = 860.00$ cm

$L_{cr_z} = K_z \cdot L = 0.01 \cdot 430.00 = 4.30$ cm

Knickkurve um die y-Axe: b Tabelle 8

$\rightarrow \alpha_y = 0.34$ Abbildung 7

Knickkurve um die z-Axe: c Tabelle 8

$\rightarrow \alpha_z = 0.49$ Abbildung 7

$$\lambda_y{}^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{106.00 \cdot 23.50}{3155.70}} = 0.89$$

$$\lambda_z{}^* = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{106.00 \cdot 23.50}{43971012.40}} = 0.01$$

$$\phi_y = \frac{1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y{}^* - 0.2) + \lambda_y{}^{*2}}{2} = \frac{1 + 0.34 \cdot (0.89 - 0.2) + 0.89^2}{2} = 1.0117$$

$$\phi_z = \frac{1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z{}^* - 0.2) + \lambda_z{}^{*2}}{2} = \frac{1 + 0.49 \cdot (0.01 - 0.2) + 0.01^2}{2} = 0.4529$$

$$\chi_y = \min\left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y{}^{*2}}}\,;\,1\right) = \min\left(\frac{1}{1.0117 + \sqrt{1.0117^2 - 0.89^2}}\,;\,1\right) = 0.6686 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min\left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z{}^{*2}}}\,;\,1\right) = \min\left(\frac{1}{0.4529 + \sqrt{0.4529^2 - 0.01^2}}\,;\,1\right) = 1 \quad (6.49)$$

$$\chi = \min\,(\chi_y\,;\,\chi_z) = \min\,(0.6686\,;\,1) = 0.6686 \leq 1.0 \quad (8)$$

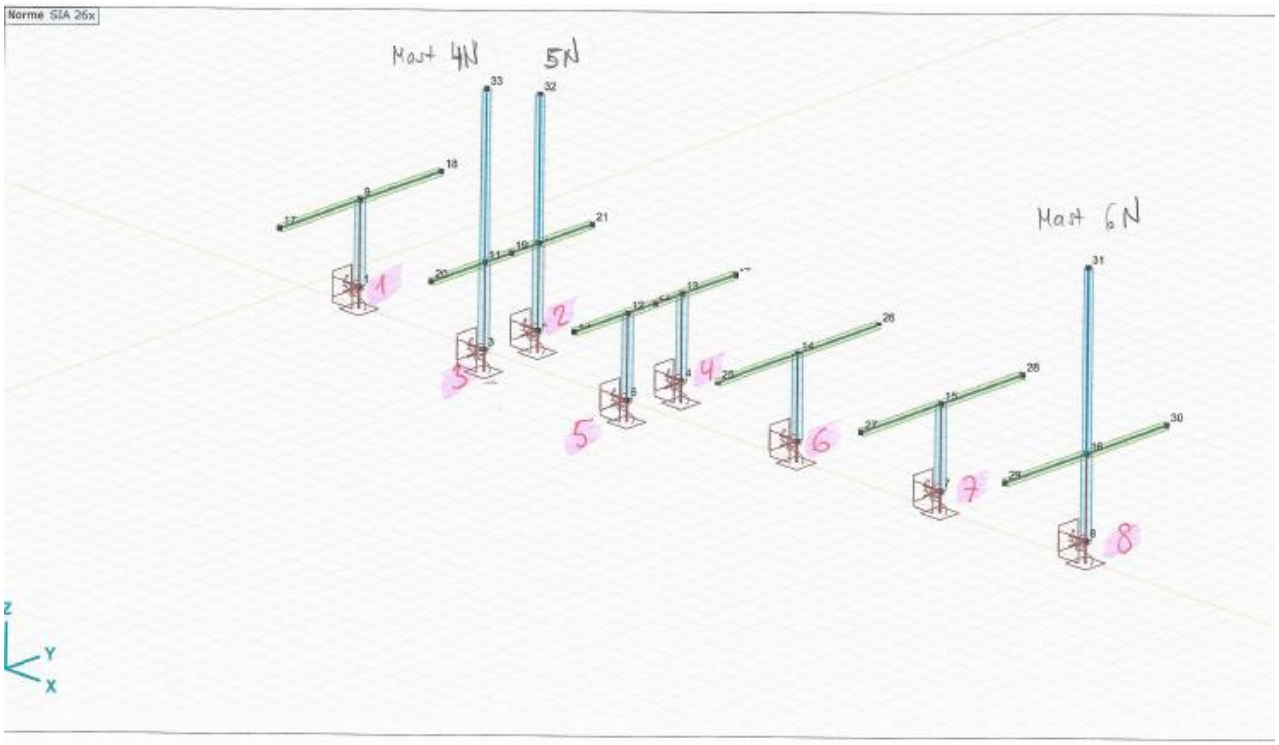
$$N_{K,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M_1}} = \frac{0.6686 \cdot 106.00 \cdot 23.50}{1.05} = 1586.18 \text{ kN} \quad (7)$$

$$\eta_{N_K} = \frac{\left|N_{Ed_{11}}\right|}{N_{K,Rd}} = \frac{|(-3.60)|}{1586.18} = 0.2\ \% \qquad \textbf{erfüllt}$$

Der Biegedrillknickwiderstand ist durch die Holtz Struktur verhindert ✓

4 Fundamente

4.1 Lastfälle



Plan mit Standort Maste und Knotennummern (noed)

Lastfälle Tragsicherheit

	Nœud	C	min. max.	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Rxx [kNm]	Ryy [kNm]
1	1	Rx	mini	0	0	−48.37	0	0
1	1		maxi	0	0	−28.67	0	0
1	1	Ry	mini	0	−6.30	−48.37	22.05	0
1	1		maxi	0	6.30	−28.67	−22.05	0
1	1	Rz	mini	0	0	−111.65	0	0
1	1		maxi	0	6.30	−28.67	−22.05	0
1	1	Rxx	mini	0	2.52	−76.12	−42.83	0
1	1		maxi	0	−2.52	−95.83	42.83	0
1	1	Ryy	mini	0	0	−48.37	0	0
1	1		maxi	0	0	−28.67	0	0
2	2	Rx	mini	−4.21	6.31	−75.80	−20.89	−27.84
2	2		maxi	4.21	5.57	−46.71	−16.18	27.84
2	2	Ry	mini	0	−16.03	−47.62	26.06	0
	2		maxi	0	11.07	−90.22	−34.01	0
2	2	Rz	mini	0	−2.64	−127.67	−13.01	0
2	2		maxi	0	−9.73	−21.71	18.73	0
2	2	Rxx	mini	0	11.07	−90.22	−34.01	0
2	2		maxi	0	−16.03	−47.62	26.06	0
2	2	Ryy	mini	−4.21	6.31	−75.80	−20.89	−27.84
2	2		maxi	4.21	5.57	−46.71	−16.18	27.84
3	3	Rx	mini	−4.79	14.17	−36.41	−30.11	−34.26
3	3		maxi	4.79	10.23	−19.78	−21.67	34.26
3	3	Ry	mini	0	−4.17	−44.79	12.20	0
3	3		maxi	0	25.01	−47.90	−50.30	0
3	3	Rz	mini	0	13.85	−97.81	−18.46	0
3	3		maxi	0	14.77	−5.36	−34.53	0
3	3	Rxx	mini	0	25.01	−47.90	−50.30	0
3	3		maxi	0	−4.17	−44.79	12.20	0
3	3	Ryy	mini	−4.79	14.17	−36.41	−30.11	−34.26
3	3		maxi	4.79	10.23	−19.78	−21.67	34.26
4	4	Rx	mini	0	−6.98	−32.78	8.12	0
4	4		maxi	0	−4.14	−19.43	4.81	0
	4	Ry	mini	0	−19.38	−74.55	24.19	0
4	4		maxi	0	0.35	−23.83	−4.51	0
4	4	Rz	mini	0	−13.13	−82.03	11.73	0
4	4		maxi	0	−8.65	−15.02	14.20	0
4	4	Rxx	mini	0	0.35	−23.83	−4.51	0
4	4		maxi	0	−17.64	−53.61	24.65	0
4	4	Ryy	mini	0	−6.98	−32.78	8.12	0
4	4		maxi	0	−4.14	−19.43	4.81	0
5	5	Rx	mini	0	6.98	−32.78	−8.12	0
5	5		maxi	0	4.14	−19.43	−4.81	0
5	5	Ry	mini	0	−0.35	−23.83	4.51	0
5	5		maxi	0	19.38	−74.55	−24.19	0
5	5	Rz	mini	0	13.13	−82.03	−11.73	0
5	5		maxi	0	8.65	−15.02	−14.20	0
5	5	Rxx	mini	0	17.64	−53.61	−24.65	0
5	5		maxi	0	−0.35	−23.83	4.51	0
5	5	Ryy	mini	0	6.98	−32.78	−8.12	0
5	5		maxi	0	4.14	−19.43	−4.81	0
6	6	Rx	mini	0	0	−61.46	0	0
6	6		maxi	0	0	−36.42	0	0
6	6	Ry	mini	0	−9.00	−61.46	31.50	0
6	6		maxi	0	9.00	−36.42	−31.50	0
6	6	Rz	mini	0	0	−148.54	0	0

	Nœud	C	min. max.	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Rxx [kNm]	Ryy [kNm]
6	6		maxi	0	9.00	−36.42	−31.50	0
6	6	Rxx	mini	0	3.60	−126.77	−59.40	0
6	6		maxi	0	−3.60	−101.73	59.40	0
6	6	Ryy	mini	0	0	−61.46	0	0
6	6		maxi	0	0	−36.42	0	0
7	7	Rx	mini	0	0	−61.46	0	0
7	7		maxi	0	0	−36.42	0	0
7	7	Ry	mini	0	−9.00	−61.46	31.50	0
7	7		maxi	0	9.00	−36.42	−31.50	0
7	7	Rz	mini	0	0	−148.54	0	0
7	7		maxi	0	9.00	−36.42	−31.50	0
7	7	Rxx	mini	0	3.60	−126.77	−59.40	0
7	7		maxi	0	−3.60	−101.73	59.40	0
7	7	Ryy	mini	0	0	−61.46	0	0
7	7		maxi	0	0	−36.42	0	0
8	8	Rx	mini	−5.70	10.89	−81.28	−44.33	−41.85
	8		maxi	5.70	9.02	−48.17	−35.25	41.85
8	8	Ry	mini	0	−13.03	−48.17	15.52	0
8	8		maxi	0	20.34	−81.28	−108.90	0
8	8	Rz	mini	0	4.59	−142.23	−22.27	0
8	8		maxi	0	9.02	−48.17	−35.25	0
8	8	Rxx	mini	0	20.34	−107.78	−127.89	0
8	8		maxi	0	−13.03	−74.67	34.52	0
8	8	Ryy	mini	−5.70	10.89	−81.28	−44.33	−41.85
8	8		maxi	5.70	9.02	−48.17	−35.25	41.85

Lastfälle für aussergewöhnliche Bemessungssituation (Anprall)

	Noeud	C	min. max.	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Rxx [kNm]	Ryy [kNm]
1	1	Rx	mini	−60.00	0	−35.83	0	−36.00
1	1		maxi	60.00	0	−35.83	0	36.00
1	1	Ry	mini	0	−60.00	−35.83	36.00	0
1	1		maxi	0	60.00	−35.83	−36.00	0
1	1	Rz	mini	0	60.00	−35.83	−36.00	0
1	1		maxi	0	60.00	−35.83	−36.00	0
1	1	Rxx	mini	0	60.00	−35.83	−36.00	0
1	1		maxi	0	−60.00	−35.83	36.00	0
1	1	Ryy	mini	−60.00	0	−35.83	0	−36.00
1	1		maxi	60.00	0	−35.83	0	36.00
2	2	Rx	mini	−60.00	1.35	−52.88	−8.57	−36.00
2	2		maxi	60.00	1.35	−52.88	−8.57	36.00
2	2	Ry	mini	0	−58.65	−51.15	24.92	0
	2		maxi	0	61.35	−54.61	−42.07	0
2	2	Rz	mini	0	61.35	−54.61	−42.07	0
2	2		maxi	0	−58.65	−51.15	24.92	0
2	2	Rxx	mini	0	61.35	−54.61	−42.07	0
2	2		maxi	0	−58.65	−51.15	24.92	0
2	2	Ryy	mini	−60.00	1.35	−52.88	−8.57	−36.00
2	2		maxi	60.00	1.35	−52.88	−8.57	36.00
3	3	Rx	mini	−60.00	7.15	−30.24	−15.35	−36.00
3	3		maxi	60.00	7.15	−30.24	−15.35	36.00
3	3	Ry	mini	0	−52.85	−31.97	18.15	0
3	3		maxi	0	67.15	−28.51	−48.84	0
3	3	Rz	mini	0	−52.85	−31.97	18.15	0
3	3		maxi	0	67.15	−28.51	−48.84	0
3	3	Rxx	mini	0	67.15	−28.51	−48.84	0
3	3		maxi	0	−52.85	−31.97	18.15	0
3	3	Ryy	mini	−60.00	7.15	−30.24	−15.35	−36.00
3	3		maxi	60.00	7.15	−30.24	−15.35	36.00
4	4	Rx	mini	−60.00	−5.17	−24.28	6.01	−36.00
4	4		maxi	60.00	−5.17	−24.28	6.01	36.00
	4	Ry	mini	0	−65.17	−22.55	39.51	0
4	4		maxi	0	54.83	−26.01	−27.48	0
4	4	Rz	mini	0	54.83	−26.01	−27.48	0
4	4		maxi	0	−65.17	−22.55	39.51	0
4	4	Rxx	mini	0	54.83	−26.01	−27.48	0
4	4		maxi	0	−65.17	−22.55	39.51	0
4	4	Ryy	mini	−60.00	−5.17	−24.28	6.01	−36.00
4	4		maxi	60.00	−5.17	−24.28	6.01	36.00
5	5	Rx	mini	−60.00	5.17	−24.28	−6.01	−36.00
5	5		maxi	60.00	5.17	−24.28	−6.01	36.00
5	5	Ry	mini	0	−54.83	−26.01	27.48	0
5	5		maxi	0	65.17	−22.55	−39.51	0
5	5	Rz	mini	0	−54.83	−26.01	27.48	0
5	5		maxi	0	65.17	−22.55	−39.51	0
5	5	Rxx	mini	0	65.17	−22.55	−39.51	0
5	5		maxi	0	−54.83	−26.01	27.48	0
5	5	Ryy	mini	−60.00	5.17	−24.28	−6.01	−36.00
5	5		maxi	60.00	5.17	−24.28	−6.01	36.00
6	6	Rx	mini	−60.00	0	−45.53	0	−36.00
6	6		maxi	60.00	0	−45.53	0	36.00
6	6	Ry	mini	0	−60.00	−45.53	36.00	0
6	6		maxi	0	60.00	−45.53	−36.00	0
6	6	Rz	mini	0	60.00	−45.53	−36.00	0

	Nœud	C	min. max.	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Rxx [kNm]	Ryy [kNm]
6	6		maxi	0	60.00	**−45.53**	−36.00	0
6	6	Rxx	mini	0	60.00	−45.53	**−36.00**	0
6	6		maxi	0	−60.00	−45.53	**36.00**	0
6	6	Ryy	mini	−60.00	0	−45.53	0	**−36.00**
6	6		maxi	60.00	0	−45.53	0	**36.00**
7	7	Rx	mini	**−60.00**	0	−45.53	0	−36.00
7	7		maxi	**60.00**	0	−45.53	0	36.00
7	7	Ry	mini	0	**−60.00**	−45.53	36.00	0
7	7		maxi	0	**60.00**	−45.53	−36.00	0
7	7	Rz	mini	0	60.00	**−45.53**	−36.00	0
7	7		maxi	0	60.00	**−45.53**	−36.00	0
7	7	Rxx	mini	0	60.00	−45.53	**−36.00**	0
7	7		maxi	0	−60.00	−45.53	**36.00**	0
7	7	Ryy	mini	−60.00	0	−45.53	0	**−36.00**
7	7		maxi	60.00	0	−45.53	0	**36.00**
8	8	Rx	mini	**−60.00**	3.40	−60.21	−16.50	−36.00
[illegible]	8		maxi	**60.00**	3.40	−60.21	−16.50	36.00
[illegible]	8	Ry	mini	0	**−56.60**	−60.21	19.50	0
8	8		maxi	0	63.40	−60.21	−52.50	0
8	8	Rz	mini	0	63.40	**−60.21**	−52.50	0
[illegible]	8		maxi	0	63.40	**−60.21**	−52.50	0
8	8	Rxx	mini	0	63.40	−60.21	**−52.50**	0
8	8		maxi	0	−56.60	−60.21	**19.50**	0
8	8	Ryy	mini	−60.00	3.40	−60.21	−16.50	**−36.00**
8	8		maxi	60.00	3.40	−60.21	−16.50	**36.00**

Massgebender Lastfall

4.2 Statik

Bhf Lattrigen - Fundament Perrondach 13 Anprall

Programm DC-Fundament *** Copyright 2006-2020 DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: S:\Tiefbau\9X-XX\92-xx\92-00_ASM\92-2X Linie T\92-22 Projekte Linie T \92-22.27_asm_Bahnhof_Lattrigen\04_Statik\Mastfundamente\2020-07-16_Fundament Perrondach 13 Anprall.dbf

Fundament-Berechnung nach SIA 267

Erddruck nach SIA 261

Berechnung nach GZ Typ 2

Fundamenttyp: Einzelfundament

Fundamentabmessungen

Breite b : 2.40 m
Breite quer a : 2.40 m
Unterkante : -1.20 m
Höhe h : 0.60 m
Stütze b x d = : 0.60 x 0.60
Wichte γ : 25.00 kN/m³

Schichtdaten

		Auffüllung	Schicht C	Schicht D
Schichthöhe Δh	[m]	0.60	0.90	98.50
Innere Reibung cal φ'	[°]	34.00	28.00	33.00
Kohäsion c	[kN/m²]	0.00	0.00	0.00
Wichte Boden γ	[kN/m³]	21.00	19.00	20.00
Wichte unter Auftrieb γ	[kN/m³]	10.00	9.00	10.00
Steifemodul E_s	[MN/m²]	100.00	100.00	100.00
zul. Bodenpressung	[kN/m²]			

Einzellasten

Lastfall	Kat.	V [kN]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	x [m]	y [m]	z [m]	γ Grundbau	γ Bemess.	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Eigengew.	G	86.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	-1.20	1.35	1.35			
1	Nutz.A	60.0	0.0	64.0	-53.0	0.0	0.00	0.00	0.20	1.00	1.00	0.70	0.50	0.30

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 1

γ-	G,inf	G,sup	Q	Ea
	0.90	1.10	1.50	1.35

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 2

γ-	G	Q	R	R,h	γ	φ	c	cu	Ea	E0g	Ep	G,inf
	1.35	1.50	1.00	1.00	1.00	1.20	1.50	1.50	1.35	1.35	1.40	0.80

γ - Teilsicherheitsbeiwert für ...
G ständige Lasten
Q veränderliche Lasten
R Partialfaktor Grundbruch
R,h Gleitwiderstand
γ Wichte
φ Reibungsbeiwert tan φ
c Kohäsion c
cu Kohäsion undräniert cu
Ea Aktiver Erddruck
E0g Ruhedruck

Bhf Lattrigen - Fundament Perrondach 13 Anprall

Ep Passiver Erddruck
G,inf günstige ständige Lasten
G,sup ungünstige ständige Lasten
Q ungünstige veränderliche Lasten

Lastfall-Kombinationen für Grundbaunachweise:

Komb.Nr.	Eigengew.	1
1	0.80	0.00
2	0.80	1.00
3	1.35	0.00
4	1.35	1.00

Lastfall-Kombinationen für Bemessung:

Komb.Nr.	Eigengew.	1
1	0.80	0.00
2	0.80	1.00
3	1.35	0.00
4	1.35	1.00

Ergebnisse:

Komb.Nr.	Sohl-normalsp. [kN/m²]	max.Boden pressung [kN/m²]	Gleiten T_d/R_d	Grundbr. N_d/R_d	max. Setzung [mm]	e/d ständig	e/d gesamt	EQU: $E_{d,dst}/E_{d,stb}$	
1	26.8	26.8	0.00	0.03	0.0	0.000	0.000	0.016	
2	83.5	111.3	0.50	0.49	0.7	0.000	0.089	0.440	
3	26.8	26.8	0.00	0.04	0.0	0.000	0.000	0.016	
4	83.5	111.3	0.39	0.25	0.7	0.000	0.089	0.440	

Maßgebend:

Komb.Nr.	Sohl-normalsp. [kN/m²]	max.Boden pressung [kN/m²]	Gleiten T_d/R_d	Grundbr. N_d/R_d	max. Setzung [mm]	e/d ständig	e/d gesamt	EQU: $E_{d,dst}/E_{d,stb}$	
	83.5	111.3	0.50	0.49	0.7	0.000	0.089	-1.249	

Bewehrung:

Komb.Nr.	$A_{s,x}$ unten [cm²]	$A_{s,y}$ unten [cm²]	$A_{s,x}$ oben [cm²]	$A_{s,y}$ oben [cm²]
1	0.0	0.0	0.1	0.1
2	0.7	3.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.6	3.1	0.0	0.0

Maßgebend:

Komb.Nr.	$A_{s,x}$ unten [cm²]	$A_{s,y}$ unten [cm²]	$A_{s,x}$ oben [cm²]	$A_{s,y}$ oben [cm²]
	0.7	3.1	0.1	0.1

Bhf Lattrigen - Fundament Perrondach 13 Anprall

Nachweis gegen Kippen unter Gesamtlasten im GZ Typ 1
Schnittgrößen in der Sohlfuge
Maßgebende Lastfall-Kombination: Nr. 4
Belastung aus Eigengewicht: V_d = 77.8 kN
Belastung aus Erdauflast: V_d = 61.2 kN, $M_{y,d}$ = 0.0 kNm, $M_{x,d}$ = 0.0 kNm
Gesamtlast:
N_d = 199.0 kN, $Q_{x,d}$ = 0.0 kN, $M_{y,d}$ = 0.0 kNm, $Q_{y,d}$ = 64.0 kN, $M_{x,d}$ = -142.6 kNm
Ausmitte: $e_{x,d}$ = 0.00 m, $e_{y,d}$ = 0.72 m

Sohldruckkraft in 2. Kernweite: $(e_x/b)^2 + (e_y/a)^2$ = 0.089 <= 0.111 ***** Nachweis erfüllt *****

Nachweis der max. Bodenpressung
Schnittgrößen in der Sohlfuge
Maßgebende Lastfall-Kombination: Nr. 4
Belastung aus Eigengewicht: V = 86.4 kN
Belastung aus Erdauflast: V = 68.0 kN, M_y = 0.0 kNm, M_x = 0.0 kNm
Gesamtlast:
N = 214.4 kN, Q_x = 0.0 kN, M_y = 0.0 kNm, Q_y = 64.0 kN, M_x = -142.6 kNm

$\sigma_{1\,(-x,-y)}$ = 0.0 kN/m², $\sigma_{2\,(+x,-y)}$ = 0.0 kN/m², $\sigma_{3\,(-x,+y)}$ = 111.3 kN/m², $\sigma_{4\,(+x,+y)}$ = 111.3 kN/m²
Ersatzbreiten: b' = 2.40 m, a' = 1.07 m

Sohlnormalspannung $\sigma_{0r,k}$ = 83.5 kN/m²

Nachweis der Gleitsicherheit im GZ Typ 2
Maßgebende Lastfall-Kombination: Nr. 2, maßgebende Richtung: +y

		Charakteristisch	Bemessungswerte
Belastung T	=	64.0 kN	64.0 kN
Erdwiderstand E_{ph}	=	64.0 kN	45.7 kN
Belastung V	=	214.4 kN	183.6 kN
Reibungswinkel Sohle δ	=	28.00 °	23.90 °
Gleitwiderstand R_t	=	114.0 kN	81.3 kN
Nachweis: T_d / ($R_{t,d}$ + $E_{p,d}$)	=	0.50 < 1.0	

***** Nachweis erfüllt *****

Nachweis der Grundbruchsicherheit im GZ Typ 2

Maßgebende Lastfall-Kombination: Nr. 2, maßgebende Richtung: +y

Belastung		Charakteristisch	Bemessungswerte
Auflast P	=	128.04 kN	114.43 kN
Eigengewicht G	=	86.40 kN	69.12 kN
Gesamtlast V	=	214.44 kN	183.55 kN
Horizontallast H	=	64.00 kN	64.00 kN
Moment M	=	-142.60 kNm	-142.60 kNm
Neigung der Resultierenden tan(δ_G) = H/V	=	0.35	

Abmessungen

Einbindetiefe d	=	1.20 m
Ersatzbreite b'	=	0.85 m
Ersatzbreite quer a'	=	2.40 m

Bhf Lattrigen - Fundament Perrondach 13 Anprall

Ergebnisse

Breite der Grundbruchfigur			=	2.50 m	
Tiefe der Grundbruchfigur			=	0.60 m	
Maßgebende Bodenkennwerte	γ oberhalb Gründungssohle		=	19.17 kN/m³	19.17 kN/m³
	γ unterhalb Gründungssohle		=	19.30 kN/m³	19.30 kN/m³
	Reibungswinkel ϕ		=	30.87°	26.48°
	Kohäsion c		=	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²
Tragfähigkeitsbeiwerte N_c, N_q, N_γ	=	23.04	12.48	10.29	
Lastneigungsbeiwerte i_c, i_q, i_γ	=	0.33	0.38	0.25	
Formbeiwerte s_c, s_q, s_γ	=	1.19	1.18	0.86	
Tiefenbeiwerte d_c, d_q, d_γ	=	1.38	1.29	1.00	

Grundbruchspannung p_d	=	185.24 kN/m²
Bemessungswert Grundbruchwiderstand R_d	=	376.21 kN
Bemessungswert Beanspruchung N_d	=	183.55 kN

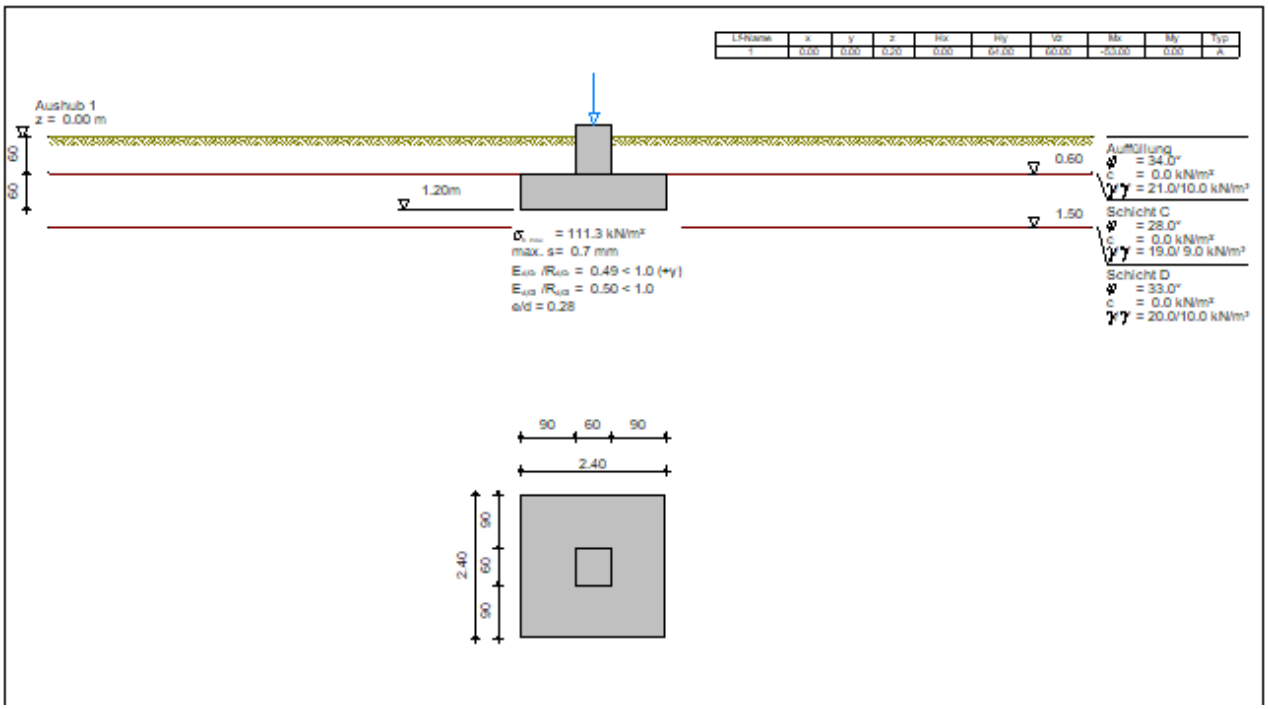
Nachweis: N_d / R_d = 0.49 < 1.0 ***** Nachweis erfüllt *****

Setzungsberechnung (GZG) im GZ Gebrauchstauglichkeit
bezogen auf die Bodenpressungen an den kennzeichnenden Punkten:

Maßgebende Lastfall-Kombination: Nr. 2

Setzung am Eckpunkt (-b/2;-a/2):	-0.1 mm	(Hebung)
Setzung am Eckpunkt (+b/2;-a/2):	0.7 mm	
Setzung am Eckpunkt (-b/2;+a/2):	-0.1 mm	(Hebung)
Setzung am Eckpunkt (+b/2;+a/2):	0.7 mm	

Maximale Setzung: **0.7 mm**
Angesetzte Grenztiefe: 4.50 m


LastName | x | y | z | Hx | Hy | Vz | Mx | My | Typ
1 | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 0.00 | 67.00 | 60.00 | -53.00 | 0.00 | A
Aushub 1
z = 0.00 m
60
60
1.20m
0.60
1.50
σ = 111.3 kN/m²
max. s= 0.7 mm
E/R = 0.49 < 1.0 (+y)
E/R = 0.50 < 1.0
e/d = 0.28
Auffüllung
φ = 34.0°
c = 0.0 kN/m²
γ γ = 21.0/10.0 kN/m³
Schicht C
φ = 28.0°
c = 0.0 kN/m²
γ γ = 19.0/ 9.0 kN/m³
Schicht D
φ = 33.0°
c = 0.0 kN/m²
γ γ = 20.0/10.0 kN/m³
90
60
90
2.40
2.40
90
60
90

Bhf Lattrigen - Fundament Perrondach 13 Anprall

Stahlbetonbemessung nach SIA 262

Materialwerte: Beton C30/37 Bewehrung: B500B
Randabstände Bewehrungsachse:
$d_{oben,\,x}$ = 5.0 cm, $d_{unten,\,x}$ = 5.0 cm, $d_{oben,\,y}$ = 5.0 cm, $d_{unten,\,y}$ = 5.0 cm

Maßgebende Schnittgrößen (Schnitt am Stützenrand)
Sicherheitsbeiwerte
für Lasten: γ_F nach GZ Typ 2
für Widerstände: γ_R = 1.50 (Beton), 1.15 (Stahl)

Bemessungsschnittgrößen
Moment im Querschnitt: max.M_{yd} = 18.73 kNm
aus Kombination Nr. 2: maßgebende Sohlschnittgrößen N_d = 183.6 kN, M_{xd} = -142.6 kNm, M_{yd} = 0.0 kNm
Moment im Querschnitt: min. M_{yd} = 0.00 kNm
aus Kombination Nr. 1: maßgebende Sohlschnittgrößen N_d = 54.4 kN, M_{xd} = 0.0 kNm, M_{yd} = 0.0 kNm
Moment im Querschnitt: max.M_{xd} = 80.51 kNm
aus Kombination Nr. 4: maßgebende Sohlschnittgrößen N_d = 151.9 kN, M_{xd} = -142.6 kNm, M_{yd} = 0.0 kNm
Moment im Querschnitt: min. M_{xd} = 0.00 kNm
aus Kombination Nr. 2: maßgebende Sohlschnittgrößen N_d = 54.4 kN, M_{xd} = 0.0 kNm, M_{yd} = 0.0 kNm

Erforderliche Bewehrung:
erf. $A_{Sx,unten}$ = 0.7 cm²
gewählt: 1 ø 16 mm = 2.0 cm²

Verteilung der unteren Bewehrung in x-Richtung:

Breite [cm]:	240.0
gewählt:	1 ø 16

erf. $A_{Sx,oben}$ = 0.1 cm², **gewählt: 1 ø 16 mm = 2.0 cm²**

Verteilung der oberen Bewehrung in x-Richtung:

Breite [cm]:	240.0
gewählt:	1 ø 16

erf. $A_{Sy,unten}$ = 3.1 cm²
gewählt: 2 ø 16 mm = 4.0 cm²

Verteilung der unteren Bewehrung in y-Richtung:

Breite [cm]:	240.0
gewählt:	2 ø 16

erf. $A_{Sy,oben}$ = 0.1 cm², **gewählt: 1 ø 16 mm = 2.0 cm²**

Verteilung der oberen Bewehrung in y-Richtung:

Breite [cm]:	240.0
gewählt:	1 ø 16

Durchstanznachweis
(maßgebende Lastfall-Kombination Nr. 2)

Beiwert für nichtrotationssymm. Querkraftverteilung ß = 3.57

Abstand des Nachweisschnitts vom Stützenrand = 0.28 m
Umfang des Nachweisschnitts = 4.13 m

Bhf Lattrigen - Fundament Perrondach 13 Anprall

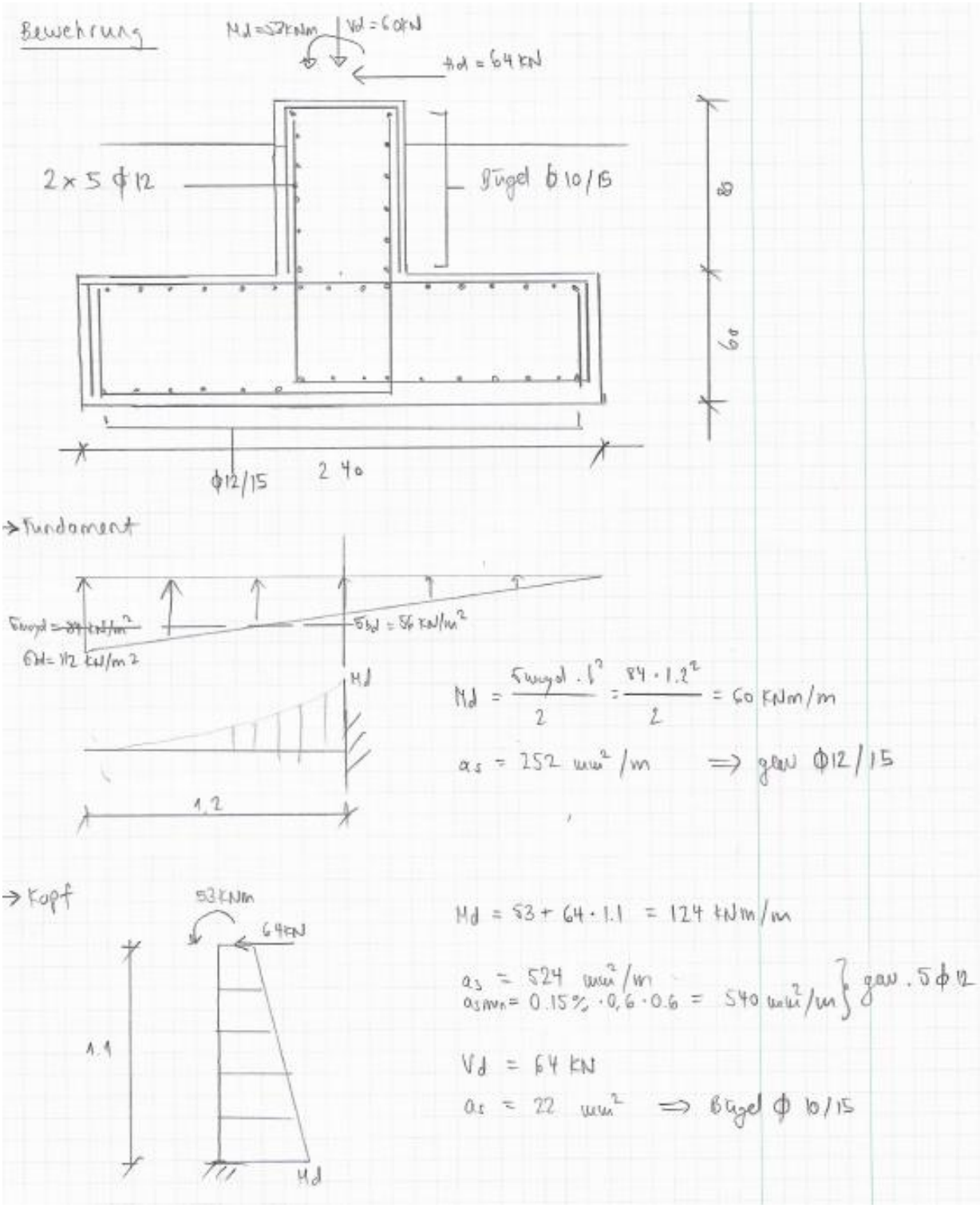
Fläche des Nachweisschnitts	=	1.26 m²
Gesamt-Querkraft V_d	=	60.0 kN
Bemessungswert der Querkraft V_{Ed}	=	213.9 kN
Mittelwert des Biegemoments m_{sd}	=	45.4 kNm/m
Biegewiderstand m_{Rd}	=	0.0 kNm/m
Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,c}$	=	4974.0 kN
max. Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,max}$	=	8704.6 kN

Keine Durchstanzbewehrung erforderlich: $V_{Ed} <= V_{Rd,c}$

Zusammenfassung

Alle Nachweise sind erfüllt.

Bewehrung

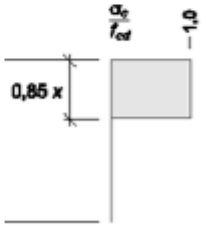

Bewehrung
Md = 53 kNm
Vd = 60 kN
Hd = 64 kN
2 x 5 ϕ 12
Bügel ϕ 10/15
80
60
ϕ12/15
2 40
→ Fundament
σwgd = 84 kN/m²
σd = 56 kN/m²
σd = 112 kN/m²
Md
1,2
Md = σwgd · l² / 2 = 84 · 1.2² / 2 = 60 kNm/m
as = 252 mm²/m ⇒ gew ϕ12/15
→ Kopf
53 kNm
64 kN
1.1
Md
Md = 53 + 64 · 1.1 = 124 kNm/m
as = 524 mm²/m
asmin = 0.15% · 0.6 · 0.6 = 540 mm²/m } gew. 5 ϕ 12
Vd = 64 kN
as = 22 mm² ⇒ Bügel ϕ 10/15

Objekt-Nr.	92-22.27	**Objekt**	Bhf Lattrigen
		Bauteil	Fundamente Perrondach

Betonbemessung nach SIA 262

M_d =	124	kNm	
b =	1000	mm	(Druckzone)
d =	550	mm	(Statische Höhe)
f_{cd} =	20	N/mm^2	(Betondruckfestigkeit, Art. 4.2.1)
f_{sd} =	435	N/mm^2	(Stahlzugfestigkeit, Art. 4.2.2)

x =	***13.4***	***mm***	Z_d =	228	kN
$A_{s,erf}$ =	**524**	**mm^2**	D =	228	kN
Rechteck	50051	2. Lösung der quadratischen Gleichung	M_{rd} =	124	kNm



$A_{s,erf} + A_{s,L}$ =	**597**	**mm^2**	(inkl. Erhöhung infolge Querkraft)

$A_{s,gewählt}$ =

Querkraftsbemessung

V_d =	64	kN	$A_{sw,tot}$ =	45	mm^2	
z =	495	mm	**2-schnittig =**	**22**	**mm^2**	d12/15
α =	45	°	**4-schnittig =**	**11**	**mm^2**	
s =	150	mm				

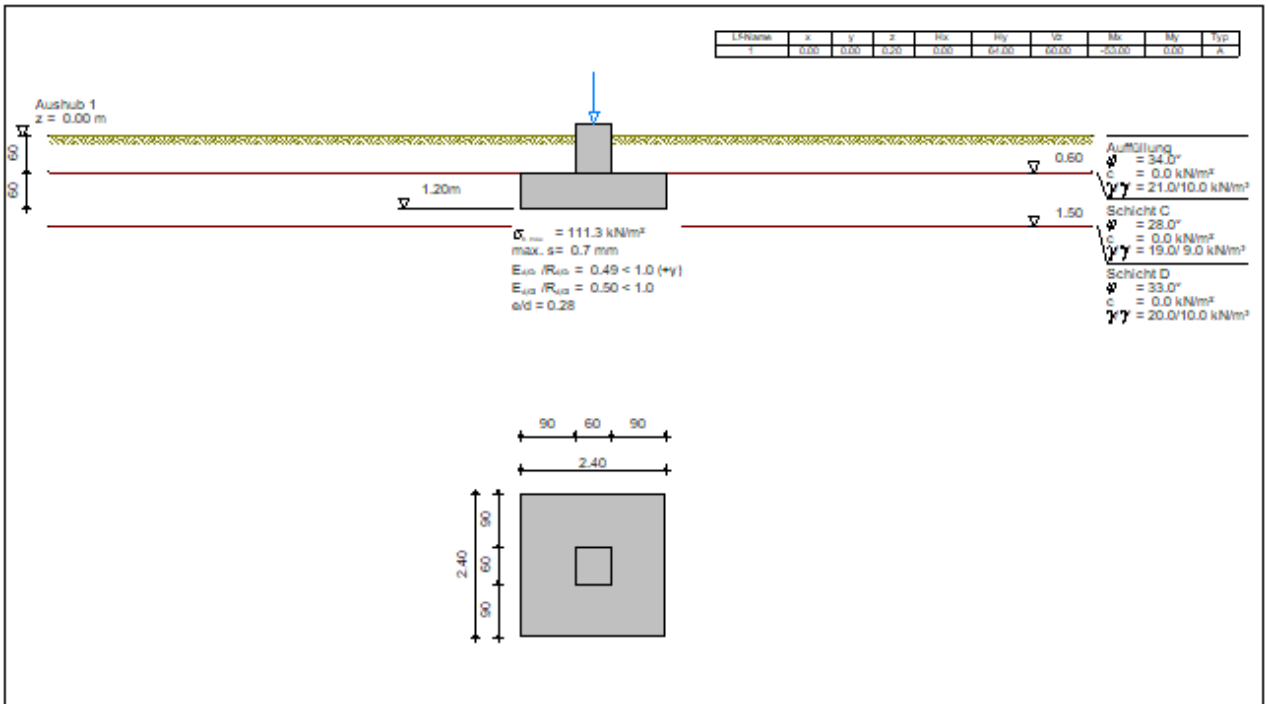
Vergrösserung der Biegebewehrung infolge Querkraft

F_{tVd} =	64	kN
$A_{s,L}$ =	74	mm^2

Kontrolle der Stegbreite

bw =	1000	mm	>	21.5488215	mm
			Nachweis i.O.		

Bodenpressung

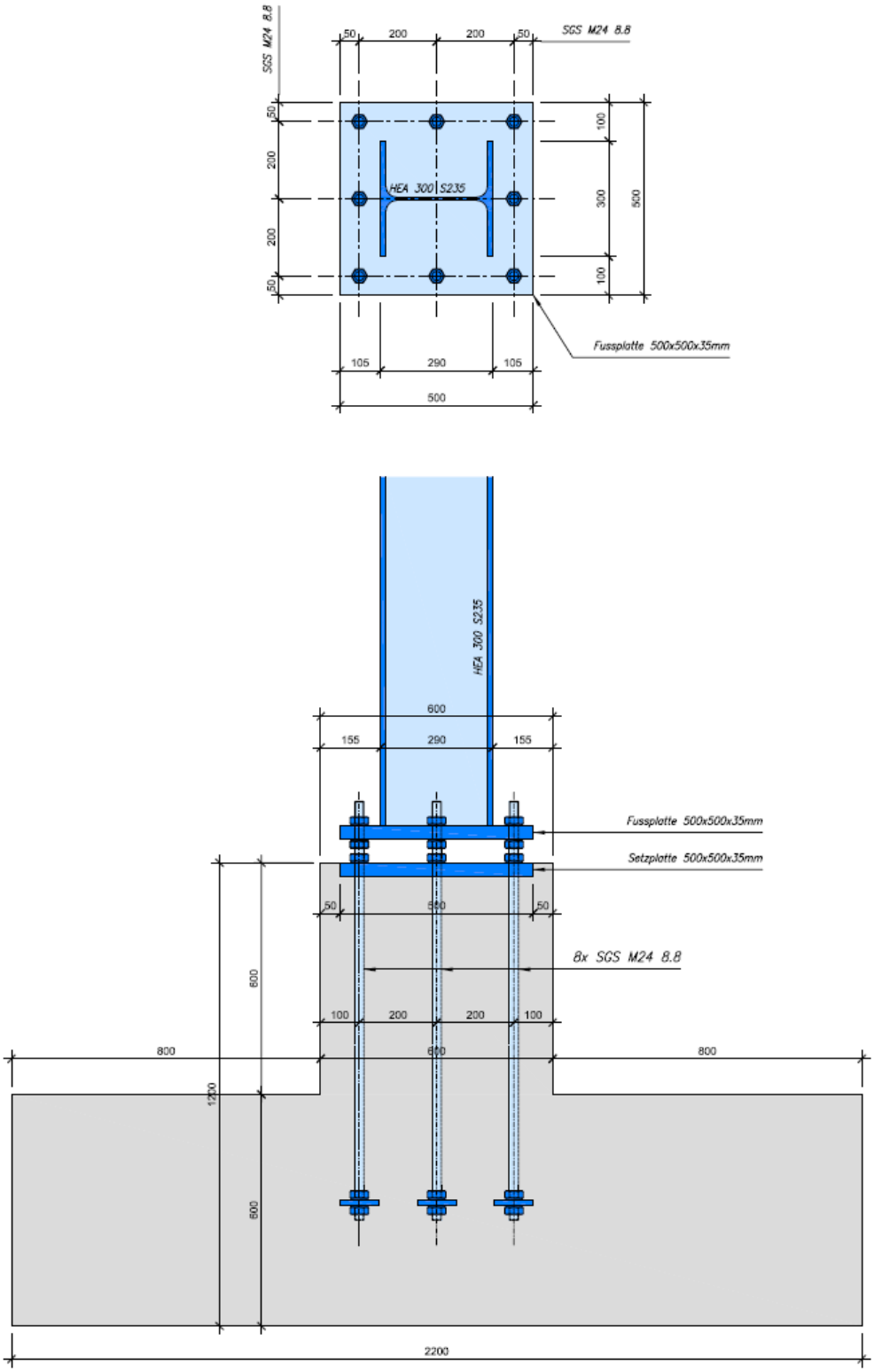


Gemäss Baugrunduntersuchung [13] ist das Fundament in der Schicht C fundiert.
Die zulässige Bodenpressung beträgt gem. Geologe 120 – 180 kN/m2 somit haben wir:

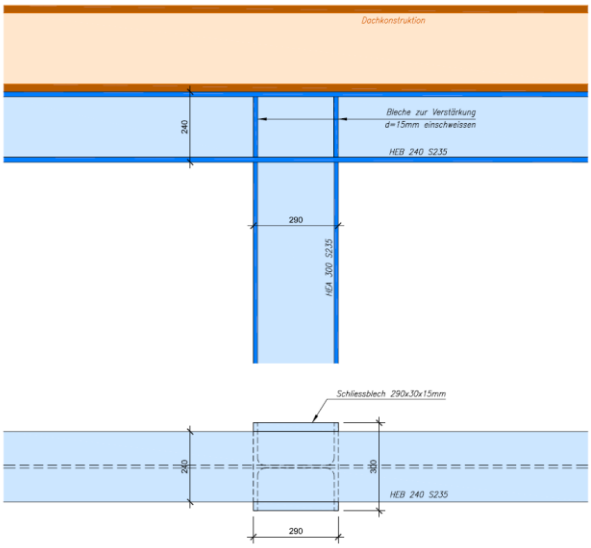
σEd = 112 kN/m2 < 120 kN/m2 = σRd

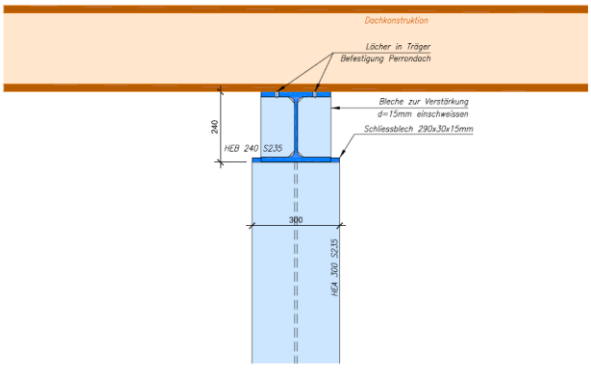
5 Skizzen

Detail Stützenfuss

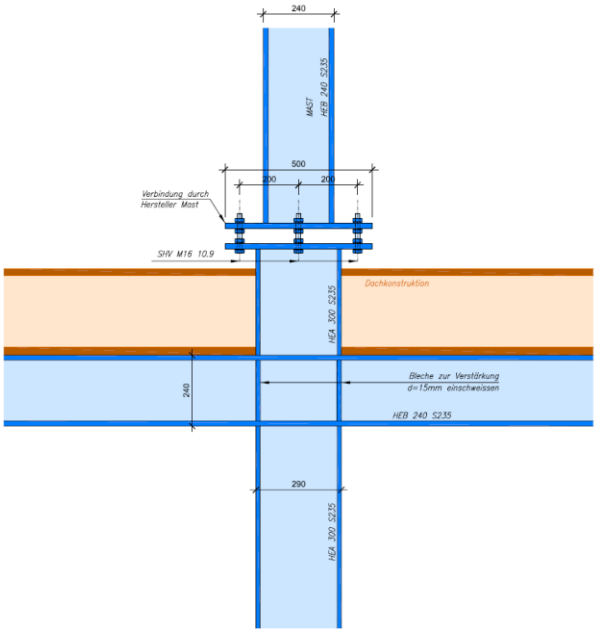


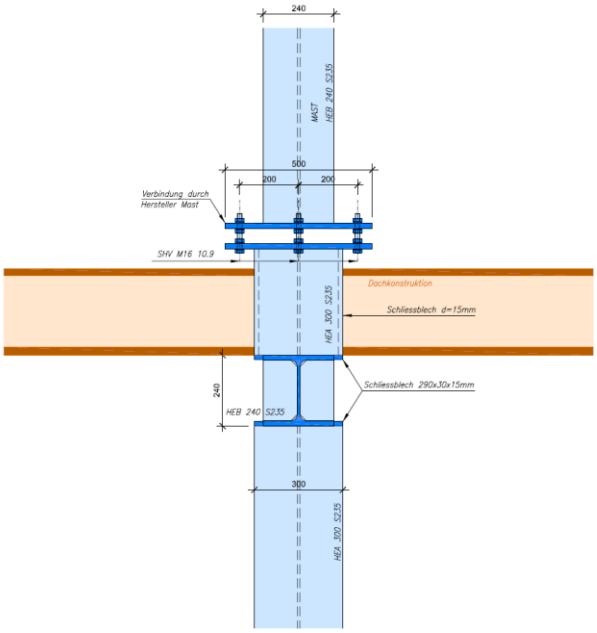
Detail Verbindung





Detail Verbindung mit Mast





Der Fahrleitungsmast wird isoliert auf dem Perrondach montiert, gem. Angaben Lieferant Mast.

6 Grundlagen

6.1 Gesetzliche Grundlagen

[1] AB-EBV Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung in der zum Vertragsabschluss gültigen Fassung
[2] EBG Eisenbahngesetz
[3] Kantonale Richtlinien und Weisungen
[4] Brandschutzrichtlinie Brandschutzabstände Tragwerke Brandabschnitte vom 01.01.2017

6.2 Normen

[5]	SIA 260 (2013)	Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
[6]	SIA 261 (2014)	Einwirkungen auf Tragwerke
[7]	SIA 261/1 (2003)	Ergänzende Festlegungen
[8]	SIA 262 (2013)	Betonbau
[9]	SIA 262/1 (2019)	Ergänzende Festlegungen
[10]	SIA 263 (2013)	Stahlbau
[11]	SIA 263/1 (2013)	Ergänzende Festlegungen
[12]	SIA 265 (2012)	Holzbau
[13]	SIA 265/1 (2018)	Ergänzende Festlegungen
[14]	SIA 267 (2013)	Geotechnik
[15]	SIA 267/1 (2013)	Ergänzende Festlegungen

6.3 Reglemente, Weisungen und Merkblätter

[16] RTE Regelungen

6.4 Projektspezifische Grundlagen

[17] Dossier Vernehmlassung Auflageprojekt 2020
- Plan Situation 1:200, Nr. 05.3, Beilage Nr. 05.3 von EBB, vom Entwurf 27.05.2020
- Plan Querprofile Blatt 1, 1:100, Nr. 08.1, Beilage Nr. 08.1, von EBB, vom Entwurf 11.05.2020
- Plan Querprofile Blatt 2, 1:100, Nr. 08.2, Beilage Nr. 08.2, von EBB, vom Entwurf 11.05.2020
- Plan Normalprofile, 1:50, Nr. 09, Beilage Nr. 09, von EBB, vom Entwurf 11.05.2020

[18] Baugrunduntersuchung, Bericht Nr. 318167-4, Wanner AG, 12.02.2020
[19] Schreiben BAV vom 21.04.2017
[20] Nutzungsvereinbarung
[21] Projektbasis
[22] Fundamentlasten, Furrer + Frey, 28.01.2020

7 Unterschriften

Bauherrschaft	**Aare Seeland mobil AG** Grubenstrasse 12 4900 Langenthal	Langenthal, 16. Juli 2020 Ort, Datum Unterschrift
Ingenieur	**Schmid & Pletscher AG** Ingenieure ETH/SIA/USIC Hauptstrasse 66 2560 Nidau	Nidau, 16. Juli 2020 Ort, Datum Unterschrift