

Digitale Ausfertigung

STATISCHE BERECHNUNG

BAUVORHABEN: Neubau Feuerwehrtechnische Zentrale,
Nienburg/Weser (NFZ)
Gewerbering 12
31608 Marklohe
hier: Übungsturm
Nachtrag 6, NT6 – Änderung der
Geometrie

BAUHERR: Landkreis Nienburg/Weser
FD 123 Liegenschaften
Außenstelle Weserstraße 17
31582 Nienburg

AUFSTELLER: CSZ Ingenieurconsult GmbH & Co. KG
Pfungstädter Straße 92
64297 Darmstadt
Telefon: +49 6151 9415-0
Fax: +49 6151 9415-99

vertreten durch:



Niko Kose
Geschäftsführer

In statischer Hinsicht geprüft

Prüf.-Nr.

Datum

KB 25026

06.05.2026

PROF. DR.-ING. MARTIN KLAUS
PRÜFINGENIEUR FÜR BAUSTATIK
Gehägestraße 20D - 30655 Hannover
Tel. (0511) 9 09 56-32 - info@martinklaus.net

STAND: 15. April 2026

Inhaltsverzeichnis

1	Anlass	5
2	Verwendete Unterlagen.....	6
2.1	Planungsunterlagen	6
2.2	Normen, Richtlinien, Literatur	6
2.3	Verwendete Software	6
3	Übungsturm.....	7
3.1	Steigleiter	9
3.1.1	System	9
3.1.2	Lastannahmen	12
3.1.3	Nachweis.....	13
3.2	Treppengeländer.....	17
3.2.1	Lastannahmen	18
3.3	Gitterroste	19
3.4	Treppenwange	22
3.4.1	System	22
3.4.2	Lastannahmen	27
3.4.3	Nachweis.....	29
3.5	Hauptsystem	33
3.5.1	System	33
3.5.2	Lastannahmen	34
3.5.3	Lastfälle.....	39
3.5.4	Ausnutzung	57
3.5.5	Verformungen	62
3.6	Detail	68
3.6.1	A01-1 - Aussteifungsverband.....	68
3.6.2	H01-D1 – Holmleiterverbindungen	70
3.6.3	Normalkraft, Querkraft und Biegemoment für jeden Querschnitt – Balken..	72
3.6.4	Normalkraft, Querkraft und Biegemoment für jeden Querschnitt – Stütze...	79
3.6.5	Anschluss von Riegel zu Stütze	80
3.6.6	Stützen zu Stahlbetonwände.....	81

4	Fundament.....	82
4.1	Grundparameter.....	84
4.2	Lasten	90
4.2.1	Eigengewicht (Sofistik) -Sofi LC 1	90
4.2.2	Eigengewicht (LF1) – Stahlurm – Sofi LC 4	91
4.2.3	Eigengewicht (LF2) – Podest und Balkone – Sofi LC 19.....	92
4.2.4	Eigengewicht (LF3) – Treppenlaufe – Sofi LC 20.....	93
4.2.5	Eigengewicht (LF4) – Geländer + Gewicht U-profil – Sofi LC 21	94
4.2.6	Eigengewicht (LF5) – Standig (Antenne) – Sofi LC 22.....	95
4.2.7	Eigengewicht – Leiter – Sofi LC 14	96
4.2.8	Eigengewicht – Decke – Sofi LC 16	96
4.2.9	Nutzlast (LF6) – Podest und Balkone – Sofi LC 8	98
4.2.10	Nutzlast (LF7) – Treppenlaufe – Sofi LC 9.....	99
4.2.11	Nutzlasten (LF13) – Holmlasten – Balkone – Sofi LC 5	100
4.2.12	Nutzlasten – Leiter – Sofi LC 15.....	101
4.2.13	Nutzlasten – Decke – Sofi LC 17	102
4.2.14	Eis (LF8) – Stahlurm – Sofi LC 6.....	103
4.2.15	Wind X (LF14) – Sofi LC 2	104
4.2.16	Wind X- (LF15) – Sofi LC 3	105
4.2.17	Wind Y (LF16) – Sofi LC 7	106
4.2.18	Wind Y- (LF17) – Sofi LC 18	107
4.2.19	Seilanschlagspunkte – 1 (LF9) – Sofi LC 10	108
4.2.20	Seilanschlagspunkte – 2 (LF10) – Sofi LC 11	109
4.2.21	Seilanschlagspunkte – 3 (LF11) – Sofi LC 12	110
4.2.22	Seilanschlagspunkte – 4 (LF12) – Sofi LC 13	111
4.3	Stabilitätsnachweis.....	112
5	Sofistik-Berechnung	114
5.1	Aktionen	114
5.2	Lasten	114
5.3	Erforderliche Bewehrung.....	115
5.3.1	Obere Hauptbewehrung - 1. Lage.....	116
5.3.2	Untere Hauptbewehrung - 1. Lage	118



5.3.3	Obere Querbewehrung - 2. Lage	120
5.3.4	Untere Querbewehrung - 2. Lage.....	122
5.4	Kritische charakteristische Vertikalverschiebung	124
5.5	Nachweis der Tragfähigkeit - kritischer Bodendruck	126
5.6	Details	128



1 Anlass

Im Zuge des Neubaus der Feuerwehrtechnischen Zentrale wurde die CSZ Ingenieurconsult GmbH & Co. KG, Pfungstädter Str. 92, 64297 Darmstadt (nachfolgend CSZ abgekürzt) von Landkries Nienburg/Weser, Außenstelle Weserstraße 17, 31582 Nienburg beauftragt, die statischen Berechnungen des Übungsturm und deren Gründung zu erstellen.

2 Verwendete Unterlagen

2.1 Planungsunterlagen

agn Niederberghaus & Partner GmbH, Groner Allee 100, 49479 Ibbenbüren

- | | |
|-----|--|
| [1] | NFZ-A01-001-5v00-Übungshaus-Turm, Stand 27.03.2025 |
| [2] | NFZ-A07-005-5v01-Übungsturm_Kalthaus, Stand 16.03.2026 |

2.2 Normen, Richtlinien, Literatur

- | | |
|-----|--|
| [3] | DIN EN 1991 (EC1): Aktionen zu Strukturen |
| [4] | DIN EN 1992 (EC2): Entwurf von Stahlbetonkonstruktion |
| [5] | DIN EN 1993 (EC3): Entwurf von Stahlkonstruktion |
| [6] | DIN EN 1997 (EC7): Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik |
| [7] | DIN 18799-1: Ortsfeste Steigleiteranlagen an baulichen Anlagen |

2.3 Verwendete Software

- | | |
|------|---|
| [8] | FRILO Software GmbH, FRILO R-2025-1/P05 |
| [9] | Dlubal Software GmbH, RFEM 6.13.0011 |
| [10] | Sofistik FEM, Sofistik AG Oberschleißheim, Version 2024 |

3 Übungsturm

Weitreichende Änderungen wurden am ursprünglich im April 2025 erstellten Modell vorgenommen. Aus diesem Grund ersetzt der statische Nachtrag 6 die Statik Übungsturm vom 16.04.2025.

Die überarbeiteten Punkte sind nachfolgend zusammengefasst:

1. Die Mittellager TW-01/02 wurden entfernt; die Länge und Höhe des Treppenabschnitts wurden angepasst.
2. Die Windbeanspruchung wurde überarbeitet.
3. Eine Wand wurde ergänzt; die Windlasten wurden entsprechend erneut angesetzt und angepasst. Mehrere Stäbe/Bauteile wurden verstärkt, um die aktualisierten Anforderungen zu erfüllen.
4. Bestimmte Stäbe/Bauteile wurden umdimensioniert, um vorgegebene Abmessungsbeschränkungen (Bauteilhöhen) einzuhalten.
5. Ein Geländer einschließlich U-Profil wurde ergänzt und an den Balkonen angeordnet.

Die geänderten Bereiche sind nachfolgend markiert und mit den aktualisierten Bauteildetails/ Querschnittsabmessungen kommentiert.

Änderungen:

1. Werkstoffgüte erhöht von HEB 300 S235 auf HEB 300 S355.
2. Querschnitt geändert von HEA 260 S235 auf HEB 260 S355.
3. Querschnitt geändert von HEA 200 S235 auf HEA 240 S235.
4. Querschnitt geändert von HEA 260 S235 auf HEB 200 S355.
5. Querschnitt geändert von HEA 260 S235 auf HEB 220 S355.
6. Querschnitt geändert von HEA 260 S235 auf HEA 260 S355.
7. Werkstoffgüte erhöht von HEB 260 S235 auf HEB 260 S355.
8. Querschnitt geändert von HEA 200 S235 auf HEA 260 S235.

In axonometrischer Richtung

Farben der gerenderten Objekte

Knoten | Anzeigeeigenschaften

Linie | Anzeigeeigenschaften

Stab | Querschnitt

1 - HEB 300

3 - HEA 200

4 - HEA 260

5 - HEB 260

6 - R 24

7 - HEB 200

11 - HEB 260

12 - HEA 240

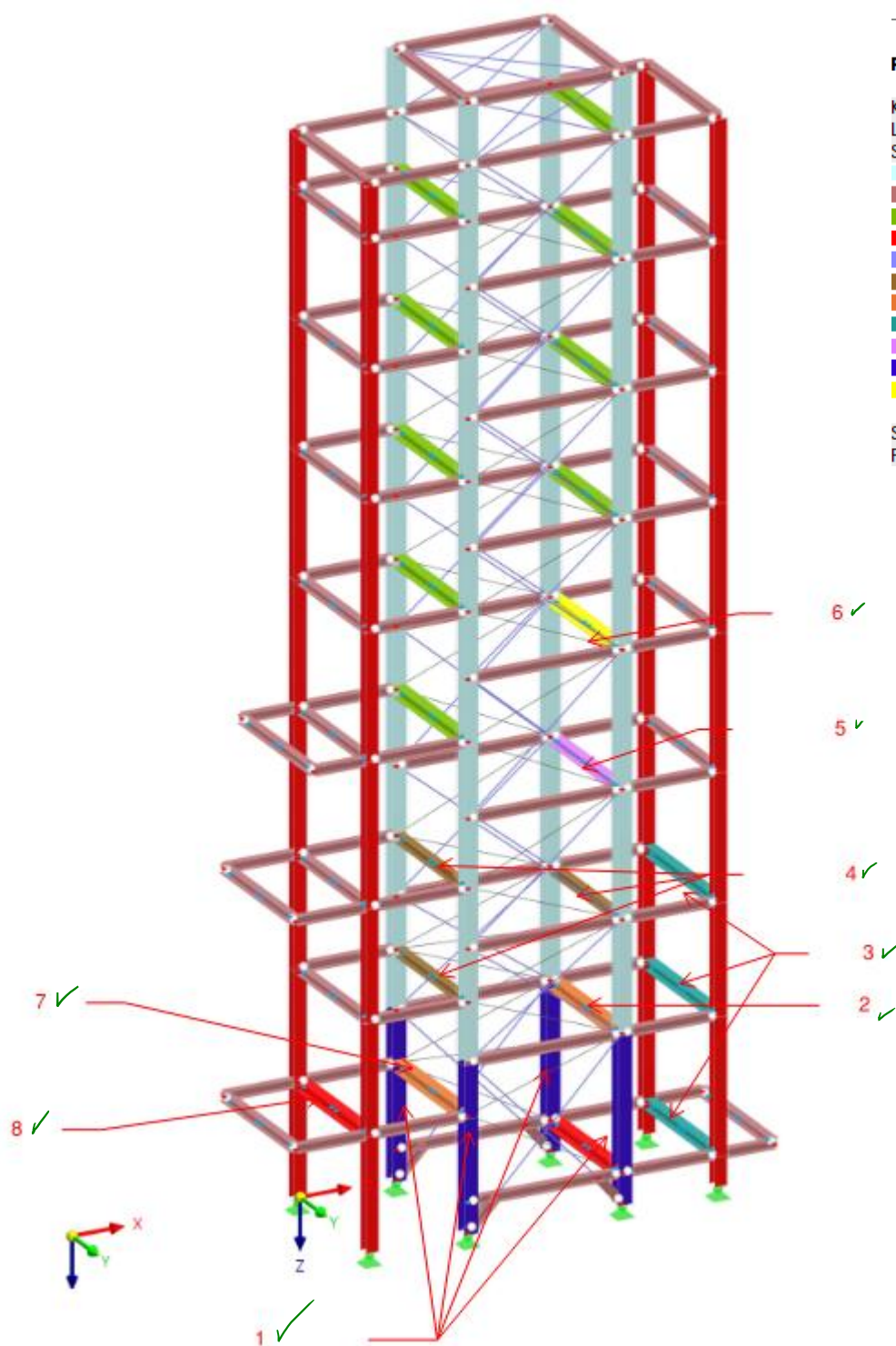
15 - HEB 220

16 - HEB 300

17 - HEA 260

Stabsatz | Anzeigeeigenschaften

Fläche | Material

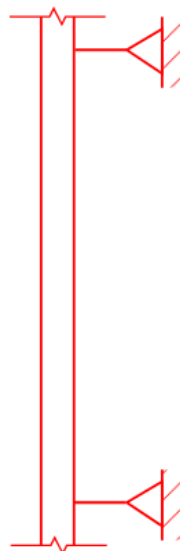
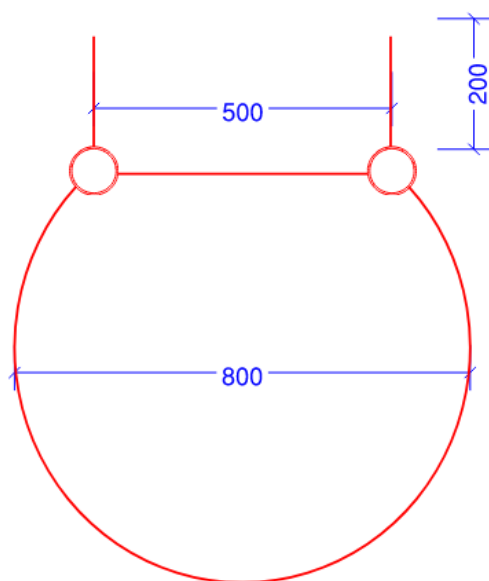


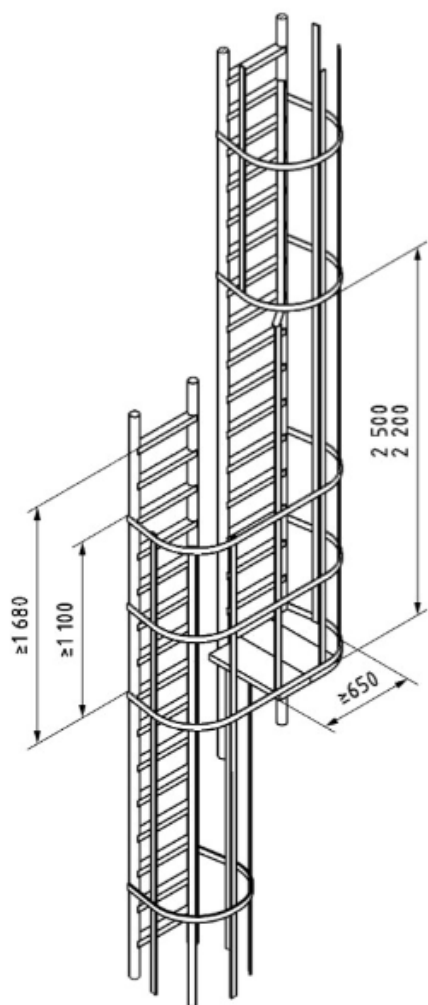
3.1 Steigleiter

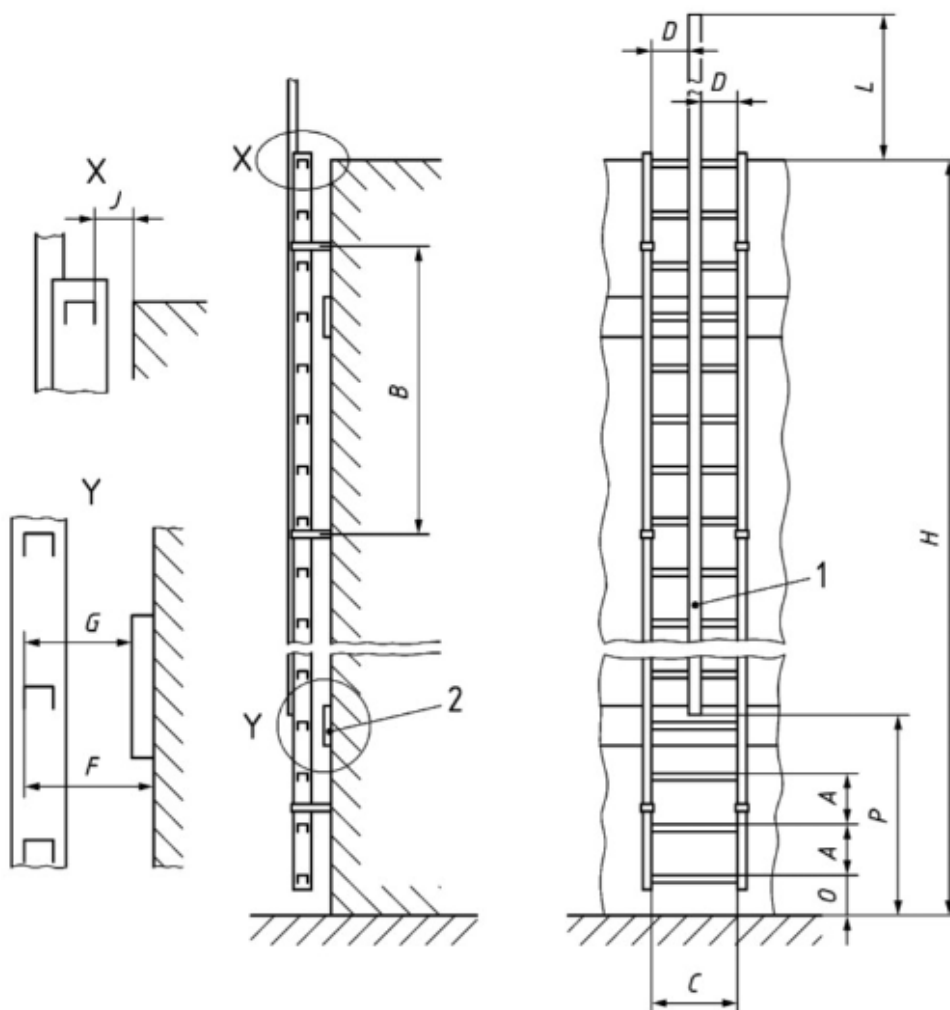
3.1.1 System

Leiteranschlusspunkte: TW-04, TW-06, wie TW-05, TW-08, TW-10 (x4)

Leiterpodest: TW-06 und TW-10







Legende

- 1 Feste Führung des Steigschutzes
- 2 Hindernisse wie Rohre oder Kanäle

Tabelle 1 — Funktionsmaße

Maße in Millimeter

Maße	A	B	C	D	E	F ^a	G ^a	J	K	L	M	N	O	P	T	U ₁	U ₂
min.	225	—	400	150	—	200	150 ^c	—	500	1 100	1 000	2 200	100	—	—	650	650
max.	300	2 000 ^b	600	—	1 500	—	—	75	700	—	—	3 000	400	1 000	300	800	800

^a Gemessen ab Sprossenvorderkante.

^b Größere Abstände sind möglich, wenn die notwendigen Nachweise der Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit erbracht werden.

^c Bei Klapppodesten kann das Maß auf 100 mm reduziert werden.

3.1.2 Lastannahmen

Rückenschutz:

Belastung mit einer Exzentrizität von 0,4 m

$$g_{k,1} = 0,15 \text{ kN/m} \checkmark$$

Leitertreppe:

$$g_{k,2} = 0,25 \text{ kN/m} \checkmark$$

Verkehrslast für eine Person pro Leiterholm:

Belastung mit einer Exzentrizität von 0,3 m

$$Q_{k,1} = 1,50/2 = 0,75 \text{ kN} \checkmark$$

Sonderlast für Rückenschutz (lotrecht):

Belastung mit einer Exzentrizität von 0,8 m

$$F_{k,1} = 1,00/2 = 0,50 \text{ kN} \checkmark$$

Sonderlast für Rückenschutz (horizontal):

Belastung mit einer Exzentrizität von 0,8 m

$$F_{k,2} = 0,50/2 = 0,25 \text{ kN} \checkmark$$

3.1.3 Nachweis

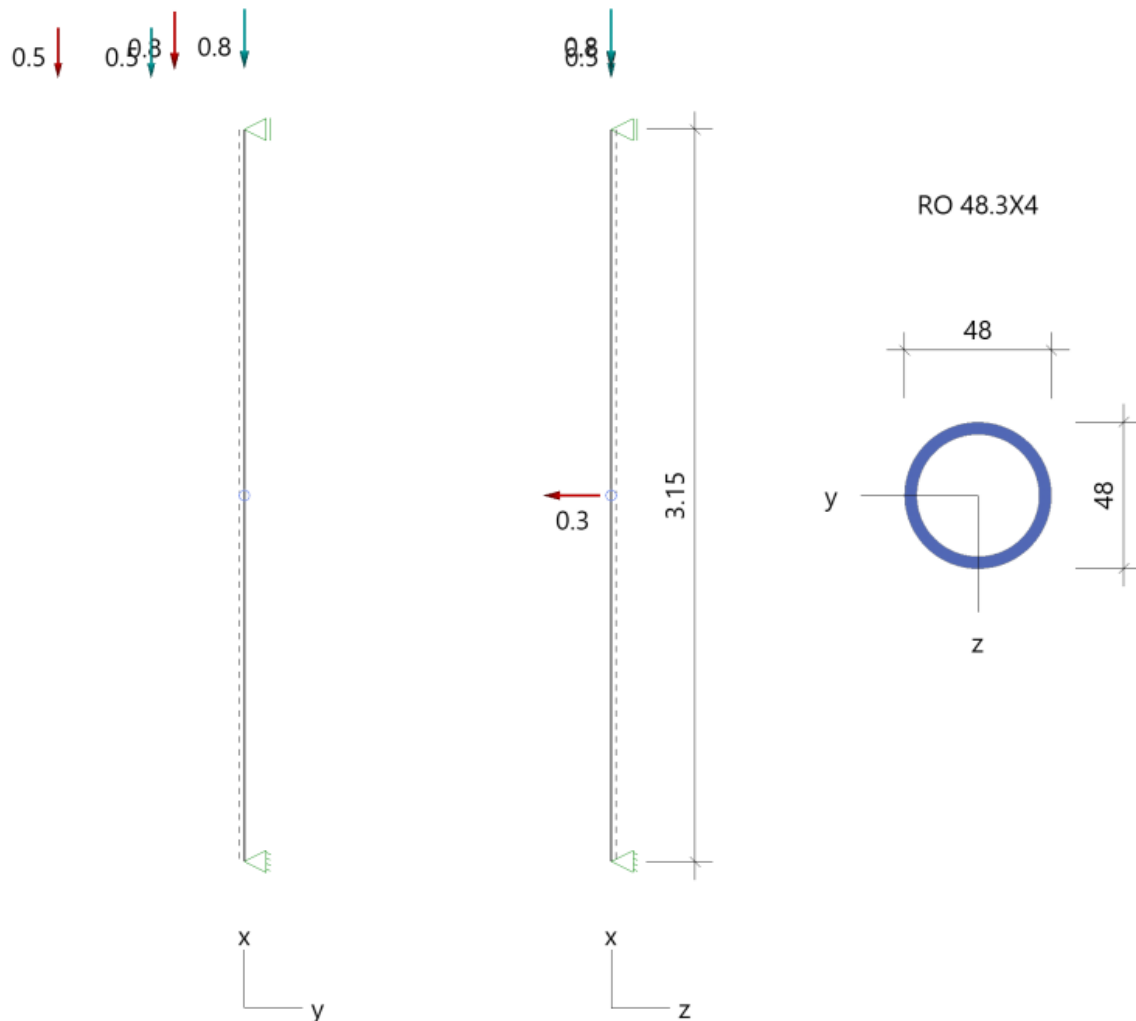
Position: H01

Stahlstütze (x64) STS+ 02/2025 (FRILO R-2025-2)

Grundparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 für Kranlasten	:	0.90
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Querschnittsbemessung	:	plastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	$\delta_{lim} =$	50.0 mm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	$\delta_{lim} =$	$l_{eff}/300$

System Pendelstütze



Stütze: Höhe = 3.15 m Material: S235 Querschnitt: RO 48.3X4(warm)
Seitliche Halterung in y-Richtung : im Abstand $x_0 = 0.00$ m am Schubmittelpunkt

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen ^{*)}			Verdrehungen ^{*)}		
		ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	3.15	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0

^{*)} -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
3	Q	außergewöhnlich/Erdbeben	Kat. C: Versammlungsbereiche	1.00	1.00	0.70	0.70	0.60
15	A	ständig/vorübergehend		1.50	0.00			
		außergewöhnlich/Erdbeben	außergewöhnliche Einwirkungen	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		außergewöhnlich/Erdbeben		1.00	0.00			

Lasten

Lastarten

Art 14 = Kopflast kN 3 = Einzellast bei a kN
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

Standard-Lastfälle und Lasten

Nr	Art	in/um	pi	a [m]	pj	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Ew	Zus
1	14	in x-Richtung	0.5	3.15		-	-400		99	
2	14	in x-Richtung	0.8	3.15		-			99	
3	14	in x-Richtung	0.8	3.15		-	-300		3	
4	14	in x-Richtung	0.5	3.15		-	-800		15	1
5	3	in z-Richtung	-0.3	1.58		0.01		-24	15	1

Ergebnisse

Zusammenfassung

Bemessungssituation	Lfk	Nachweis	η
außergewöhnlich	5	Querschnitt	0,43
außergewöhnlich	5	Stabilität	0,43
charakteristisch	7	Relativverformung	0,89

Tragfähigkeit ständig/vorübergehend

Schnittgrößen - Lfk 1

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-3.1	0.0	0.0	0.2	0.0
3.15	-2.9	0.0	0.0	0.2	-0.6

Querschnittstragfähigkeit nach Abschnitt 6.2 ff - Lfk 1 $\gamma_{m0} = 1,00$

x [m]	Qkl	η_N	η_{Vz}	η_{My}	η_{Vy}	η_{Mz}	η_{MyMz}	η
0.00	1	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
3.15	1	0.02	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	0.35

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N _{Ed} [kN]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]	GI	η	Lfk
3.15	1	3.1	0.0	0.6	6.62	0.37	1

Tragfähigkeit außergewöhnlich
Schnittgrößen - Lfk 5

x [m]	N _{Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	M _{y,Ed} [kNm]	V _{y,Ed} [kN]	M _{z,Ed} [kNm]
0.00	-2.5	-0.2	0.0	0.2	0.0
1.58	-2.4	-0.2	-0.2	0.2	-0.4
1.58	-2.4	0.2	-0.2	0.2	-0.4
3.15	-2.3	0.2	0.0	0.2	-0.8

Querschnittstragfähigkeit nach Abschnitt 6.2 ff - Lfk 5 $\gamma_{M0} = 1,00$

x [m]	Qkl	η _N	η _{Vz}	η _{My}	η _{Vy}	η _{Mz}	η _{MyMz}	η
0.00	1	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
1.58	1	0.02	0.00	0.13	0.00	0.21	0.06	0.22
3.15	1	0.02	0.00	0.00	0.00	0.41	0.41	0.43

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N _{Ed} [kN]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]	GI	η	Lfk
1.58	1	2.5	0.2	0.8	6.62	0.43	5

Gebrauchstauglichkeit
Verformungsnachweis - Absolutverformung $f_{Cd} = 50.0$ mm

x [m]	f _{x,Ed} [mm]	f _{y,Ed} [mm]	f _{z,Ed} [mm]	f _{res,Ed} [mm]	η	Lfk
1.82	-0.03	9.4	0.0	9.4	0.19	7

Verformungsnachweis - Relativverformung in y $f_{Cd} = l_{eff}/300$

x [m]	l _{eff} [m]	l _{eff,x0} [m]	l _{eff,x1} [m]	f _{y,Ed} [mm]	f _{y,Cd} [mm]	η	Lfk
1.82	3.15	0.00	3.15	9.4	10.5	0.89	7

Auflagerkräfte
Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R _x [kN]	R _z [kN]	M _y [kNm]	R _y [kN]	M _z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-0.1	-	-	-	-
		Lf 1	99	-0.5	-	-	0.1	-
		Lf 2	99	-0.8	-	-	-	-
		Lf 3	3	-0.8	-	-	0.1	-
		Lasten mit Zus 1	15	-0.5	-0.2	-	0.1	-
Kopf	3.15	Lf 1	99	-	-	-	-0.1	-
		Lf 3	3	-	-	-	-0.1	-
		Lasten mit Zus 1	15	-	-0.2	-	-0.1	-

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

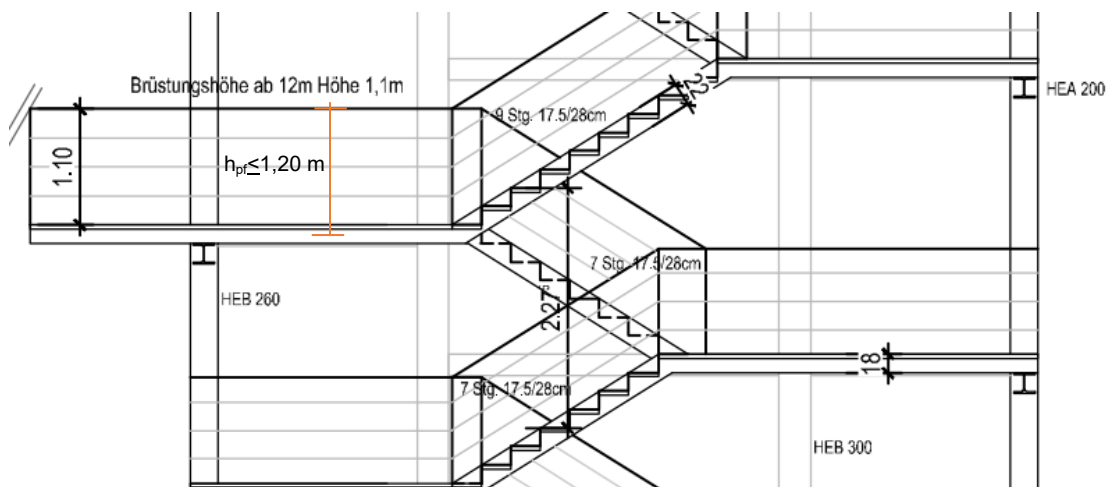
Lager	x [m]	Lk	R _x [kN]	R _z [kN]	M _y [kNm]	R _y [kN]	M _z [kNm]
Kopf	3.15	Lfk 5	-	-0.2	-	-0.2	-
Fuss	0.00	Lfk 1	-3.1	-	-	0.2	-
		Lfk 5	-2.5	-0.2	-	0.2	-

3.2 Treppengeländer

Hinweise zum Treppengeländer

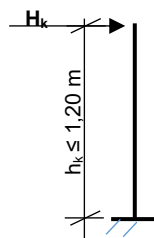
Der Aufsteller der Statik ist dazu angehalten, die Bemessungsschnittgrößen anzugeben.

Auszug Schnittzeichnungen agn architekten vom 27.03.2025 (unmaßstäblich):



Pos. Geländerpfosten zur Absturzsicherung

System mit Belastung:



3.2.1 Lastannahmen

- aus Holmdruck, ($q_k = 1,0 \text{ kN/m}$)

$$H_{k,Holm} = g_k * e * D_{lf} = 1,0 \text{ kN/m} * 1,0 \text{ m} * 1,25 = 1,25 \text{ kN}$$

$$M_{k,Holm} = H_{k,Holm} * h_k = 1,25 \text{ kN} * 1,20 \text{ m} = 1,50 \text{ kNm}$$

- aus Winddruck auf das Geländer (geschlossen)

$$w_k = 0,75 \text{ kN/m}^2 * 1,0 \text{ m} = 0,75 \text{ kN/m}$$

$$H_{k,w} = w_k * h = 0,75 \text{ kN/m} * 1,20 \text{ m} = 0,90 \text{ kN}$$

$$M_{k,w} = -w_k * h^2 / 2 = 0,90 \text{ kN} * (1,20 \text{ m})^2 / 2 \leq 0,65 \text{ kNm}$$

Einwirkungskombinationen (Holmdruck und Wind werden gem. EC1 NCI zu 6.4 überlagert)

$$\text{Lk1: } 1,5 * M_{k,Holm} + 1,5 * p_{si,0} * M_{k,w} = (1,5 * 0,90 \text{ kNm}) + (1,5 * 0,6 * 0,65 \text{ kNm}) = 1,94 \text{ kNm}$$

$$\text{LK2: } 1,5 * M_{k,w} + 1,5 * p_{si,0} * M_{k,Holm} = (1,5 * 0,65 \text{ kNm}) + (1,5 * 0,7 * 0,90 \text{ kNm}) = 1,92 \text{ kNm}$$

Anmerkung:

Die Lastfallkombination LK1 ist für die Bemessung des Geländerpfostens maßgebend und sollte zur finalen Dimensionierung der Anschlüsse verwendet werden.

3.3 Gitterroste

Hinweis zu Rosten:

Die Roste setzen mit einer Maschenweite von $e_1 = 3,33$ cm (Tragstababstand) und $e_2 = 1,11$ cm mit rutschhemmender Eigenschaft (R 11) ein.

In der nachfolgenden Traglasttabellen der Fa. Lichtgitter wird jedoch mit einer Maschenweite von $e_1 = e_2 = 3,33$ cm die Roste bemessen und liegt somit auf der sicheren Seite.

Die Roste werden mit der wahren Maschenweite mittels Excel-Tabelle mit einer Einzellast $Q_k = 2,0$ kN bemessen.

Die maximale Spannweite der Roste beträgt $l_{\max} = 1,20$ m; die Spannrichtung erfolgt stets über die kürzeste Spannrichtung.

Hinweise Stufen:

Nach Angaben des Objektplaners ist die Auftrittsmaß den Treppenstufen 280 mm. Dieses Maß entspricht nicht den standardmäßigen lieferbaren Stufen gem. Herstellerangaben. Im vorliegenden Fall müssen die Stufen mit einer Stufenbreite von 305mm und einer Unterschneidung von 25 mm eingebaut werden

Angaben Stufen und Gitterrost

Normstufen (Auszug Traglasttabelle Fa. Lichtgitter)



Normstufen nach DIN 24531-1 (vorzugsweise einzusetzen)							
Typ	Tragstab	Abmessung	b	c	n	e	kg/Stück
SP 230-34/38-3 Nennmaschenweite ca. 30 x 30 mm	30 x 2 mm	600 x 205 mm	55	70	95	75	3,6
		600 x 240 mm	55	70	120	85	4,2
		600 x 270 mm	55	70	150	85	4,6
		700 x 220 mm	55	70	100	85	4,3
		800 x 220 mm	55	70	100	85	4,8
		800 x 240 mm	55	70	120	85	5,3
		800 x 270 mm	55	70	150	85	5,9
		800 x 305 mm	55	70	180	90	6,5
		1000 x 240 mm	55	70	120	85	6,8
		1000 x 270 mm	55	70	150	85	7,5
		1000 x 305 mm	55	70	180	90	8,3
SP 340-34/38-3 Nennmaschenweite ca. 30 x 30 mm	40 x 3 mm	800 x 240 mm	55	70	120	85	8,0
		800 x 270 mm	55	70	150	85	9,0
		1000 x 240 mm	55	70	120	85	10,0
		1000 x 270 mm	55	70	150	85	11,0
		1200 x 240 mm	55	70	120	85	11,7
		1200 x 270 mm	55	70	150	85	13,2
		1200 x 305 mm	55	70	180	90	14,7

Gitterrost (Auszug Traglasttabelle Fa. Lichtgitter)

Gitterrosttyp	Tragstab	Maschen- teilung	ca. verz. Gewicht kg/qm	*	Stützweite in mm									
					500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
SP 325-34/38-3	25 x 3 mm	34x38 mm	24,5	Fv	45,64	31,69	23,28	17,83	14,09	11,41	9,43	7,92	6,75	5,82
				f	0,16	0,22	0,30	0,40	0,50	0,62	0,75	0,90	1,05	1,22
				Fp	3,92	3,14	2,62	2,24	1,96	1,74	1,57	1,43	1,31	1,21
				f1	0,14	0,20	0,27	0,35	0,44	0,54	0,65	0,77	0,90	1,04
SP 330-34/38-3	30 x 3 mm	34x38 mm	28,5	Fv	65,72	45,64	33,53	25,67	20,28	16,43	13,58	11,41	9,72	8,38
				f	0,13	0,19	0,25	0,33	0,42	0,52	0,63	0,75	0,88	1,02
				Fp	5,61	4,49	3,74	3,21	2,80	2,49	2,24	2,04	1,87	1,73
				f1	0,12	0,17	0,23	0,29	0,37	0,45	0,54	0,64	0,75	0,87
SP 340-34/38-3	40 x 3 mm	34x38 mm	36,5	Fv	116,83	81,13	59,61	45,64	36,06	29,21	24,14	20,28	17,28	14,90
				f	0,10	0,14	0,19	0,25	0,31	0,39	0,47	0,56	0,66	0,76
				Fp	9,81	7,85	6,54	5,60	4,90	4,36	3,92	3,57	3,27	3,02
				f1	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,34	0,41	0,48	0,56	0,65
SP 350-34/38-3	50 x 3 mm	34x38 mm	44,4	Fv	182,54	126,77	93,13	71,31	56,34	45,04	37,72	31,69	27,00	23,28
				f	0,08	0,11	0,15	0,20	0,25	0,31	0,38	0,45	0,53	0,61
				Fp	15,09	12,07	10,06	8,62	7,55	6,71	6,04	5,49	5,03	4,64
				f1	0,07	0,10	0,14	0,18	0,22	0,27	0,33	0,39	0,45	0,52
SP 530-34/38-5	30 x 5 mm	34x38 mm	46,1	Fv	109,53	76,06	55,88	42,78	33,80	27,38	22,63	19,01	16,20	13,97
				f	0,13	0,19	0,25	0,33	0,42	0,52	0,63	0,75	0,88	1,02
				Fp	9,35	7,48	6,23	5,34	4,67	4,15	3,74	3,40	3,12	2,88
				f1	0,12	0,17	0,23	0,29	0,37	0,45	0,54	0,64	0,75	0,87
SP 540-34/38-5	40 x 5 mm	34x38 mm	59,4	Fv	194,71	135,22	99,34	76,06	60,10	48,68	40,23	33,80	28,80	24,84
				f	0,10	0,14	0,19	0,25	0,31	0,39	0,47	0,56	0,66	0,76
				Fp	16,35	13,08	10,90	9,34	8,17	7,27	6,54	5,94	5,45	5,03
				f1	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,34	0,41	0,48	0,56	0,65

Gewählt: Gitterrost mit Tragstäben 50 x 3 mm,
Maschenweiten $e_1 = 3,33$ cm, $e_2 = 1,11$ cm

Bemessung Gitterroste sowie Stufen unter Einzellast

Hinweis: Zur Sicherstellung einer örtlichen Mindesttragfähigkeit von Bauteilen (z.B. Decken oder Roste) ohne ausreichende Querverteilung der Lasten ist ein zusätzlicher Nachweis mit der Einzellast Q_k ohne Überlagerung der Flächenlast q_k zu führen.

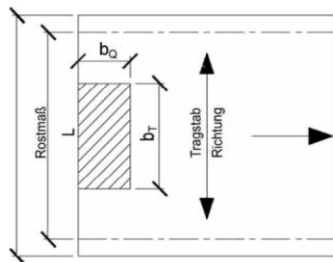
Die Einzellast Q_k ist in ungünstigster Stellung auf dem Bauteil anzusetzen, wobei die Astandsfläche der Einzellast i.d.R. als Quadrat mit einer Seitenlänge von 50 mm angesetzt werden darf.

Belastung	Wartungstreppe	$Q_k =$	2,0 kN
System	Tragstäbe	$h_{ts} =$	5 cm
		$t_{ts} =$	0,3 cm
	Tragstabteilung	$e_1 = t =$	3,33 cm
	Querstabteilung	$e_2 =$	1,11 cm
	Spannweite	$l =$	120 cm
	Aufstandsfläche	$b_T =$	5 cm
		$b_Q =$	5 cm
	Korrekturwert	$\nu =$	1

Tabelle 1- Anzahl der mittragenden Tragstäbe

Tragstabhöhe (mm)	Anzahl „m“ der durch die Lastverteilung der Querstäbe mittragenden Tragstäbe		
	Schweißpressroste Maschenenteilung (ca. 34 x 38)	Pressroste Maschenenteilung (ca. 33 x 33)	Steckroste Maschenenteilung (ca. 33 x 33)
20	2,25	3,33	3,50
25	2,19	3,25	3,38
30	2,13	3,17	3,25
35	2,06	3,08	3,13
40	2,00	3,00	3,00
45	1,94	2,92	2,88
50	1,88	2,83	2,75
55	1,81	2,75	2,63
60	1,75	2,67	2,50
65	1,69	2,58	2,38
70	1,63	2,50	2,25
75	1,56	2,42	2,13
80	1,50	2,33	2,00
85	–	2,25	1,88
90	–	2,17	1,75
95	–	2,08	1,63
100	–	2,00	1,50

Allgemeine Formeln



$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} [cm^3]$$

$$W_{vorh.} = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot n \cdot \nu [cm^3]$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} [cm^4]$$

$$I_{vorh.} = \frac{b \cdot h^3}{12} \cdot n \cdot \nu [cm^4]$$

$$M_k = \frac{F_v \cdot l \cdot L^2}{8 \cdot 10^4} [kNcm] \quad \text{bei verteilter Nutzlast}$$

$$M_k = \frac{F_P \cdot \left(L - \frac{b_T}{2} \right)}{4} [kNcm] \quad \text{bei Einzellast}$$

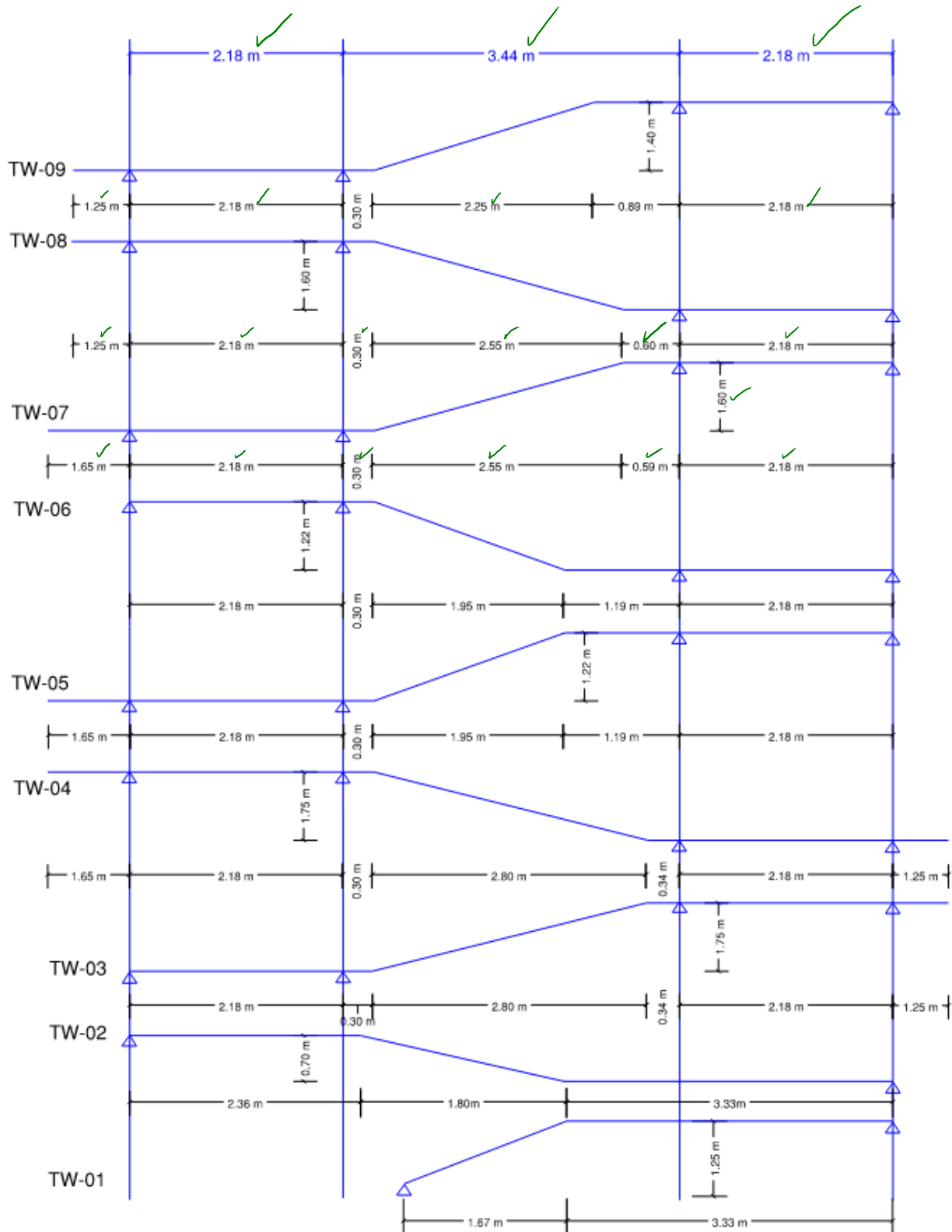
$$M_d = \gamma_Q \cdot M_k [kNcm]$$

Nachweisführung

$M_k =$	58,75 kNcm		
$\gamma =$	1,5		
$M_d =$	88,125 kNcm		
$m =$	2,83 (gem. Tabelle 1)		
$n =$	4,33		
$w_{vorh} =$	5,4 cm ³	n	$= \frac{b_Q}{t} + m$
$\sigma_{d, vorh} =$	16,28		
$\sigma_{zul} =$	21,36		
$\eta =$	0,76	<	1,0
			Nachweis erfüllt

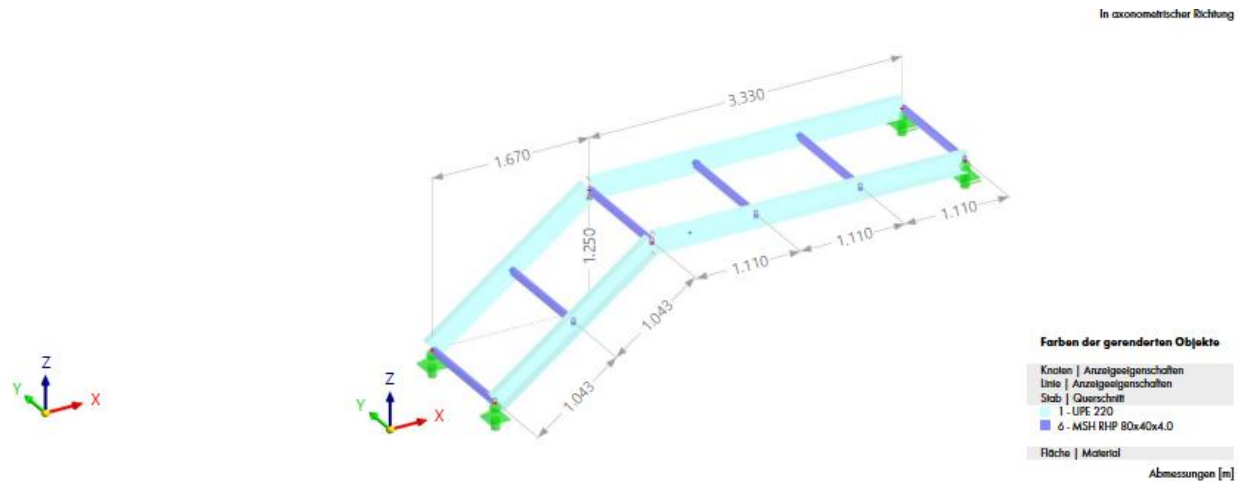
3.4 Treppenwange

3.4.1 System

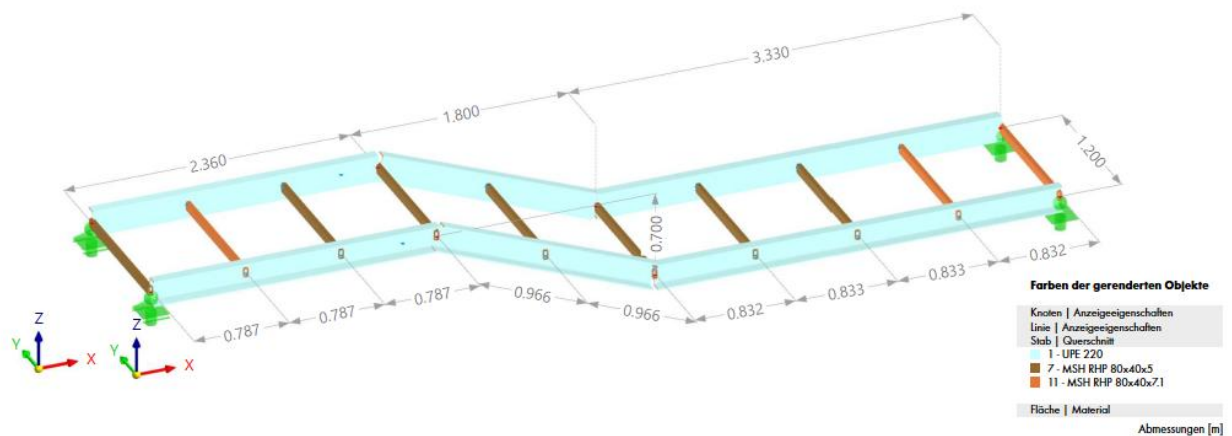


Die Zwischenaufleger TW-01/02 wurden aufgrund der angeforderten Planänderungen im Vergleich zum Vorgängermodell entfernt.

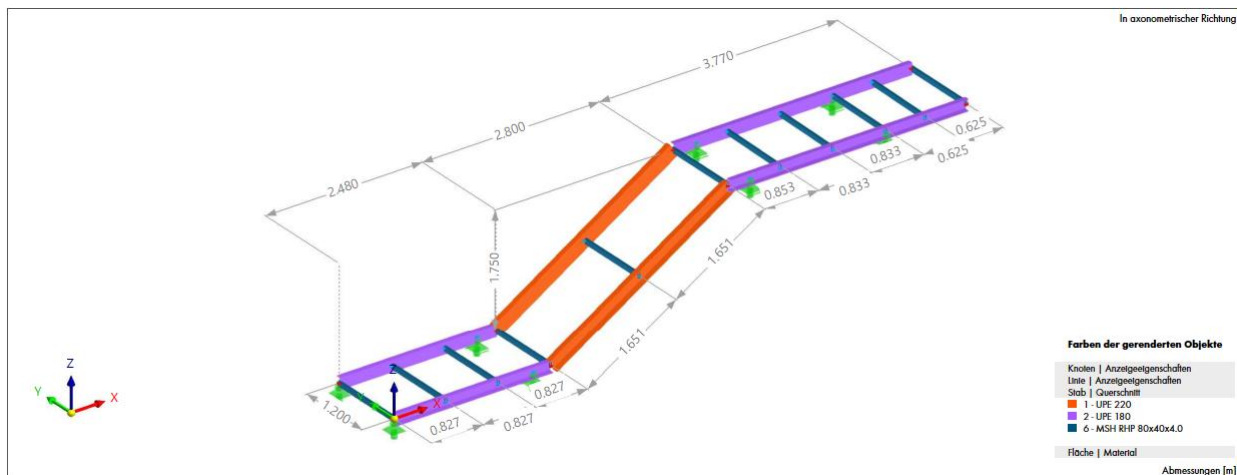
TW-01



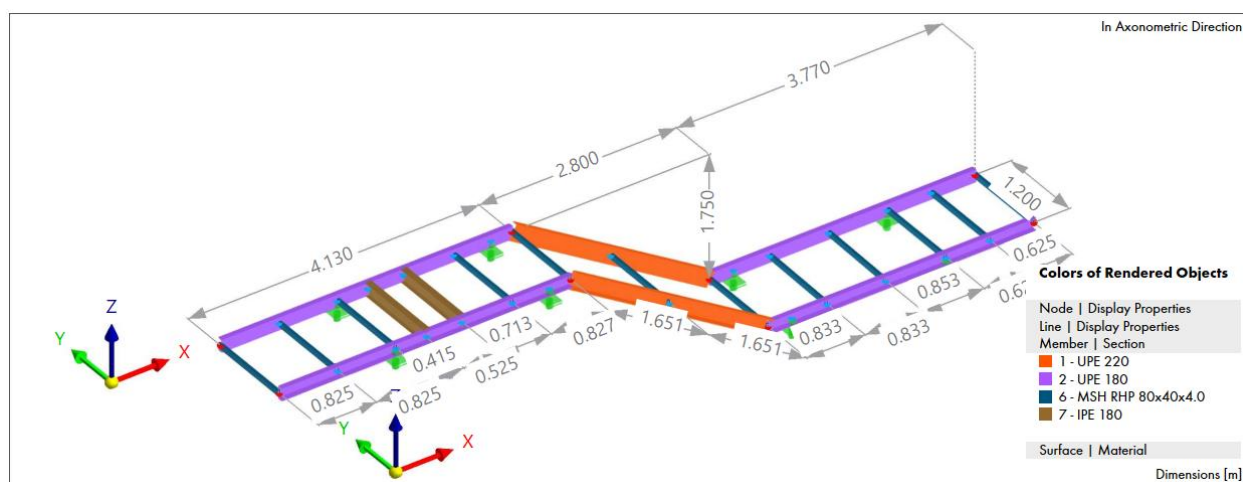
TW-02



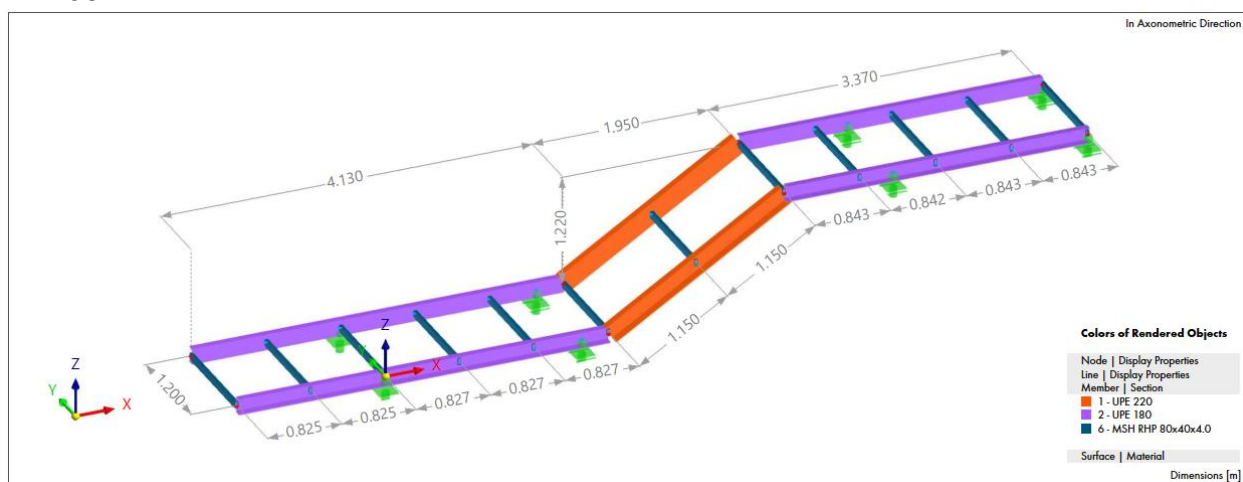
TW-03



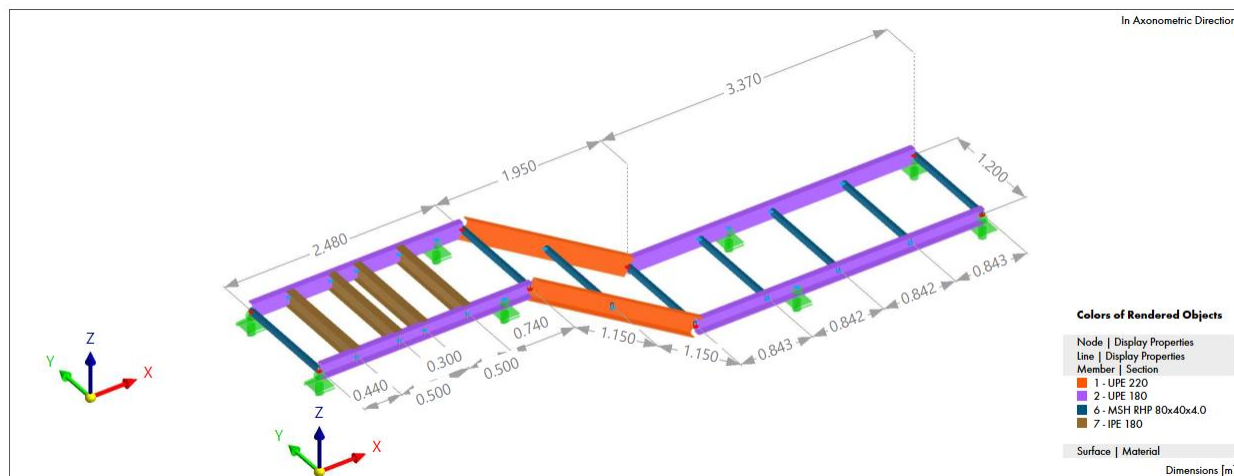
TW-04



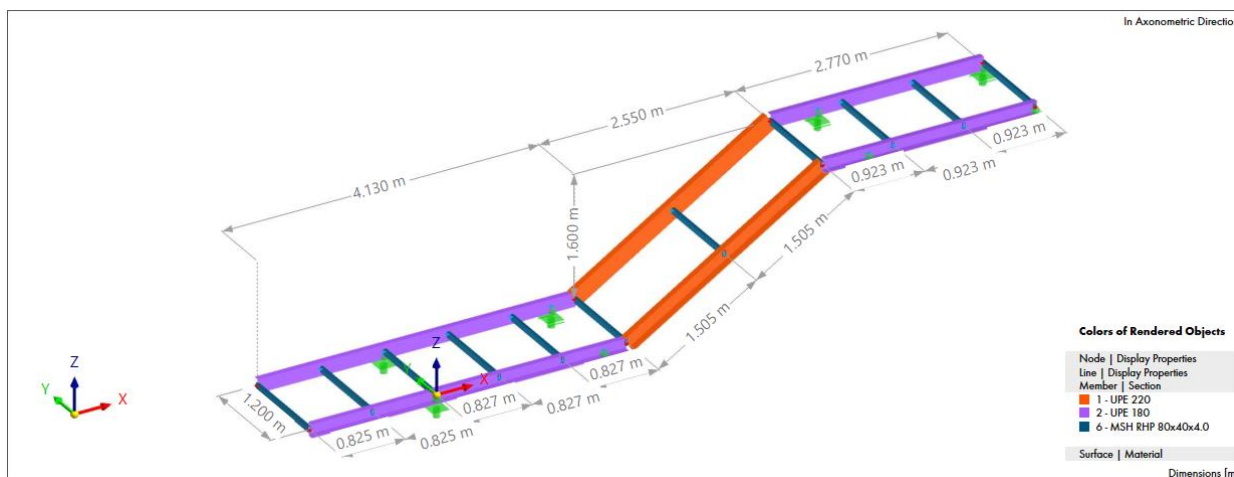
TW-05



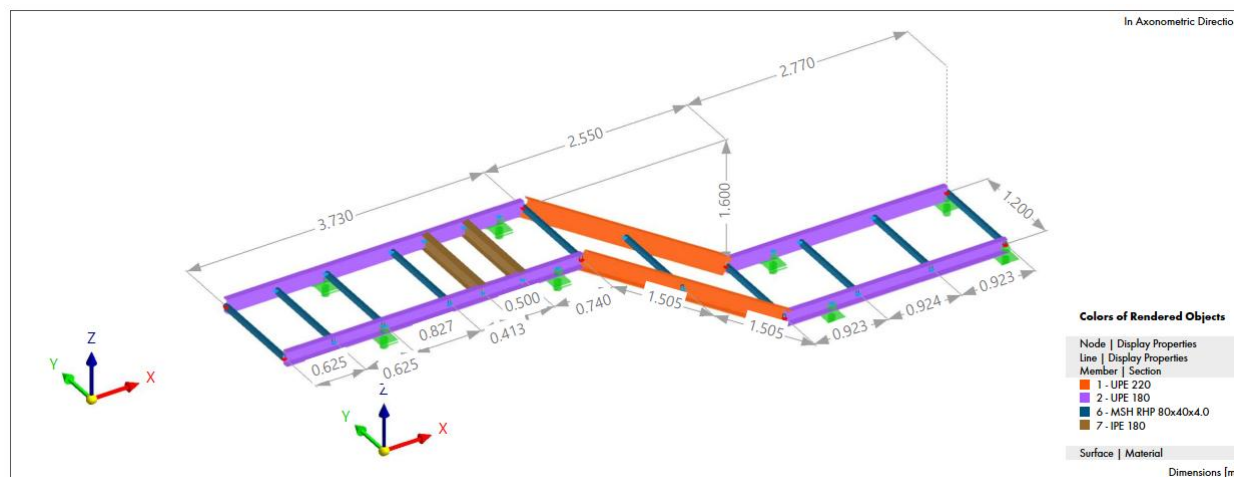
TW-06



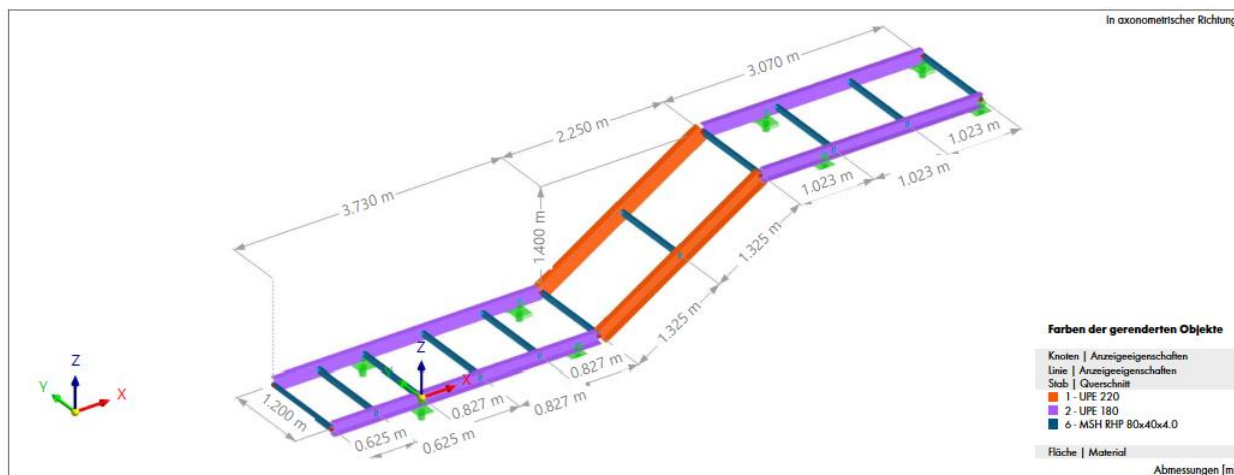
TW-07



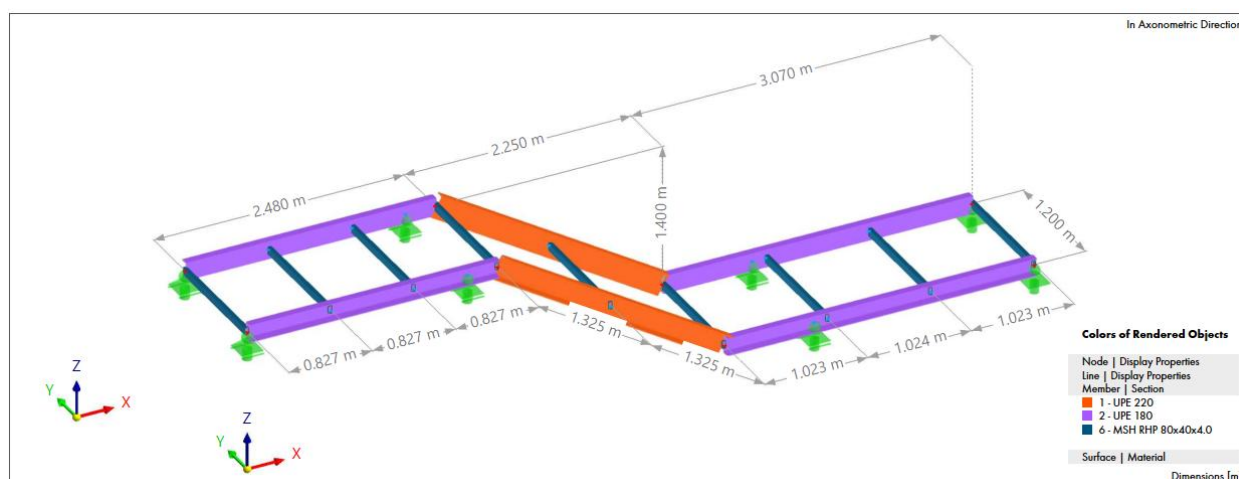
TW-08



TW-09



TW-10



3.4.2 Lastannahmen

Ständige Lasten

- aus Stufen bzw. Belag aus Gitterrosten

$$g_{k,z} = 0,50 \text{ kN/m} \quad \checkmark$$

- aus Treppengeländer

$$g_{k,z} = 0,15 \text{ kN/m} \quad \checkmark$$

Nutzlast

Kat. C

$$q_{k,z} = 5,00 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

Eislast:

(t=10,0 mm)

0,01 m x 9,0 kN/m³

$$s_k \approx 0,10 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$

Holmlasten

nach außen

$$H_{k,Holm} = 1,00 \text{ kN/m}$$

1,0 kN/m x 1,20 m

$$M_{k,Holm} = 1,20 \text{ kNm/m} \quad \checkmark$$

nach innen

$$H_{k,Holm} = 0,50 \text{ kN/m}$$

0,5 kN/m x 1,20 m

$$M_{k,Holm} = 0,60 \text{ kNm/m} \quad \checkmark$$

Windlast

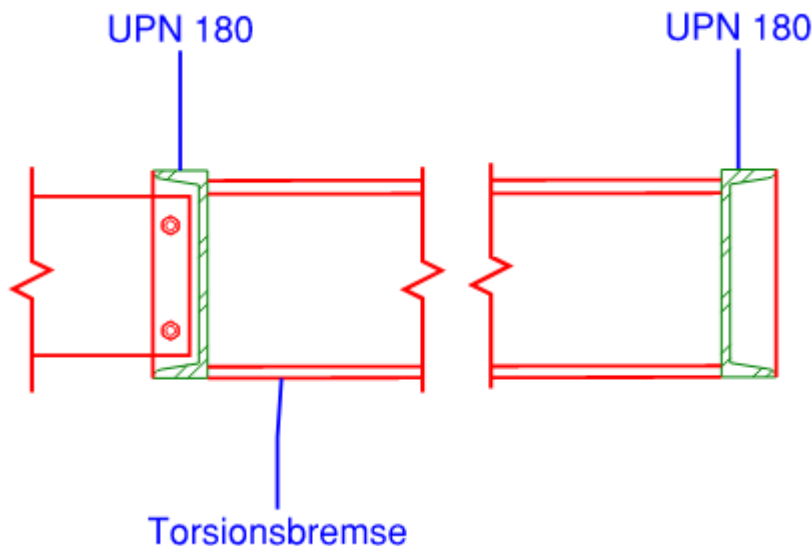
(0,83+0,23) kN/m² x 1,20 m

$$w_k = 1,27 \text{ kN/m} \quad \checkmark$$

0,52 kN/m² x 1,20 m

$$w_k = 0,63 \text{ kN/m} \quad \checkmark$$

Aus Steigleiter



Zusätzliche Exzentrizität

 $e =$

+0,2m

Berücksichtigen Sie eine zusätzliche Exzentrizität von 200 mm, um die Ausdehnung der Holmstützen zu berücksichtigen.

Die Torsion der Treppenwangen wird durch die Torsions-Bremssstange vernachlässigt, die ein Verdrehen verhindert. Es werden nur Querkkräfte auf die Treppenwangen übertragen. ✓

Ständige Lasten:

$$G_k = 0,20 + 0,50 =$$

0,70 kN ✓

Torison aus Exzentrizität:

$$M = 0,70 * (0,4 + 0,2) =$$

0,5 kNm ✓

Verkehrslasten:

$$Q_k =$$

0,8 kN ✓

Torison aus Exzentrizität:

$$M = Q_k * e = 0,80 * (0,3 + 0,2) =$$

0,3 kNm ✓

Sonderlast für Rückenschutz (lotrecht): $F_{k,1} =$
0,50 kN ✓

Torison aus Exzentrizität:

$$M = Q_k * e = 0,50 * (0,8 + 0,2) =$$

0,5 kNm ✓

Sonderlast für Rückenschutz (horiz.):

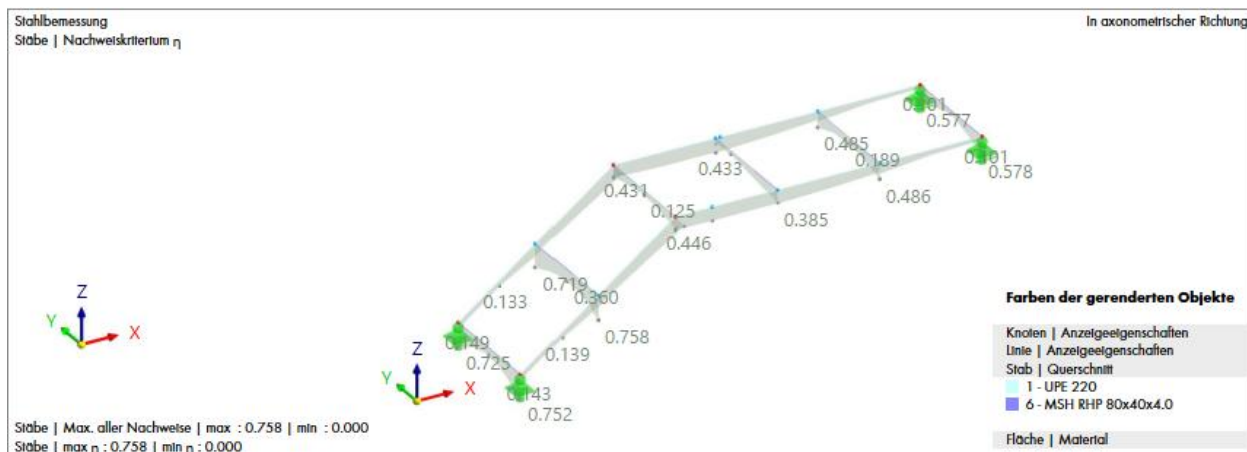
$$F_{k,2} =$$

0,25 kN ✓

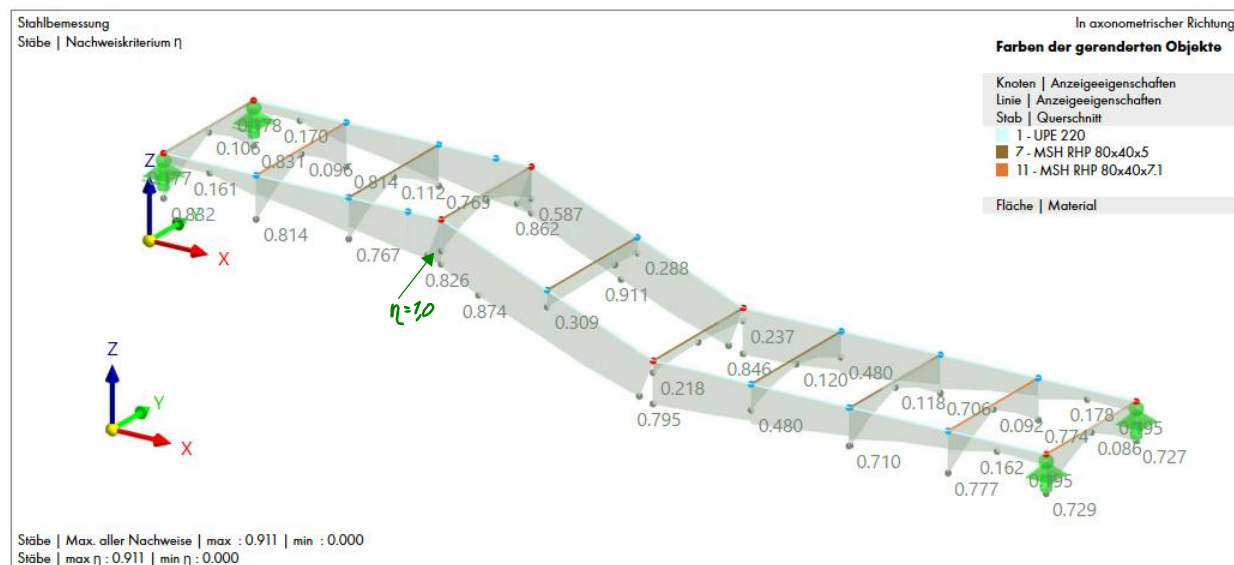
3.4.3 Nachweis

Siehe EDV Ausdruck

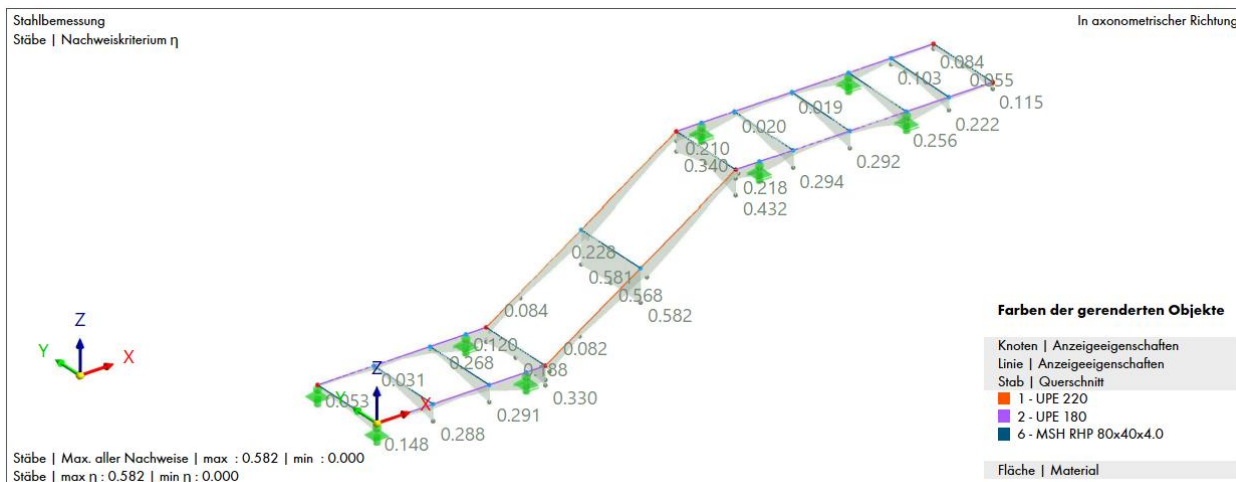
TW-01



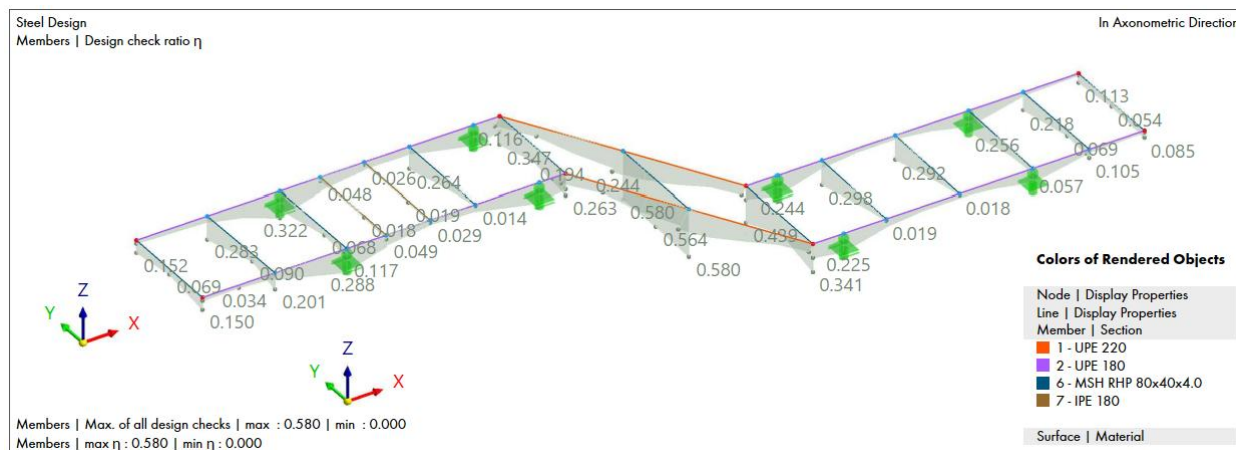
TW-02



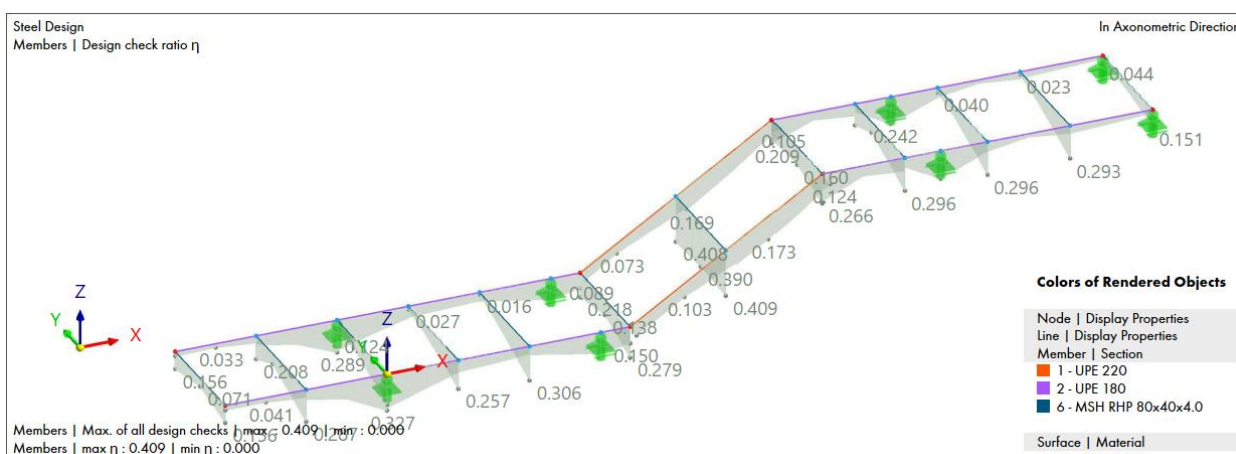
TW-03



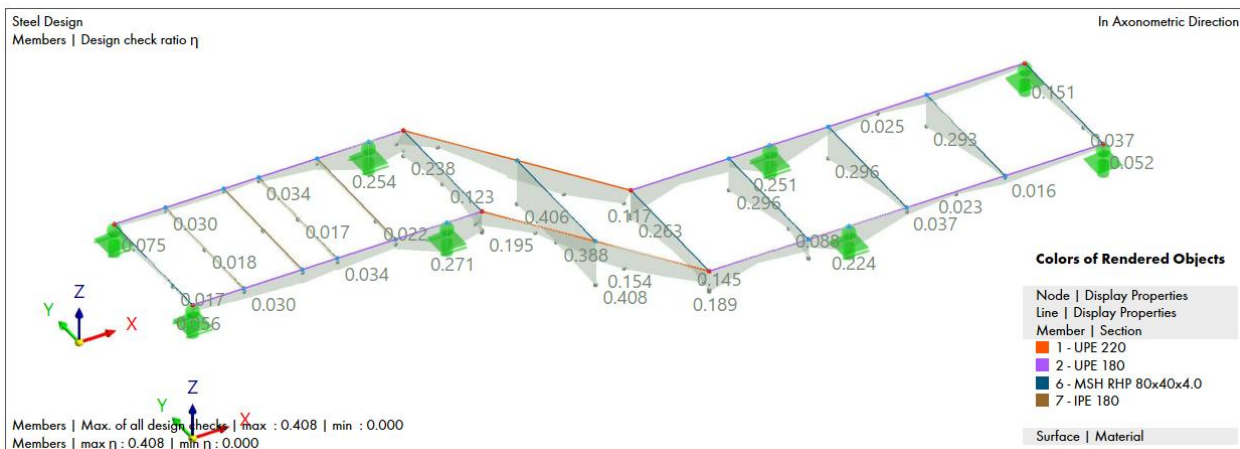
TW-04



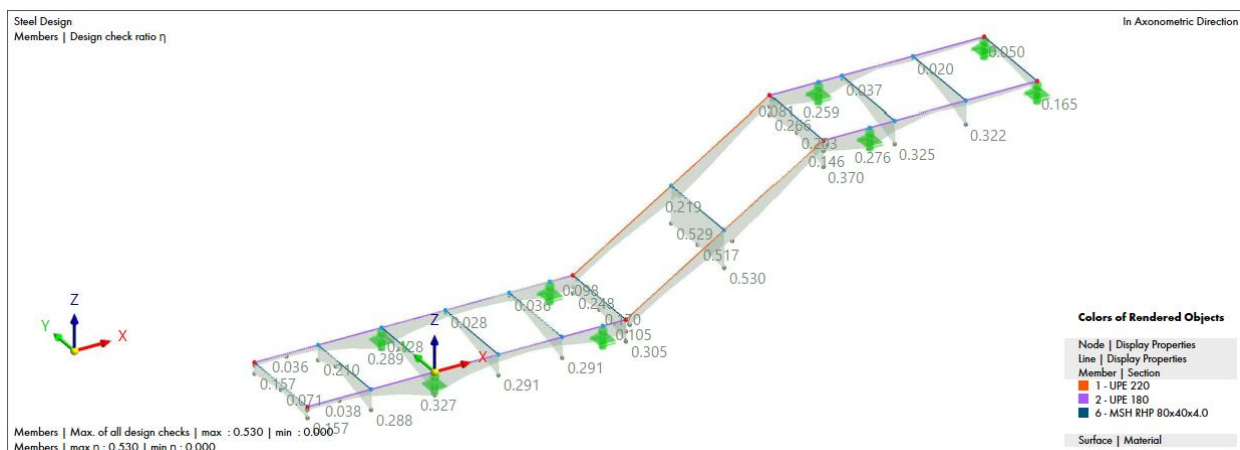
TW-05



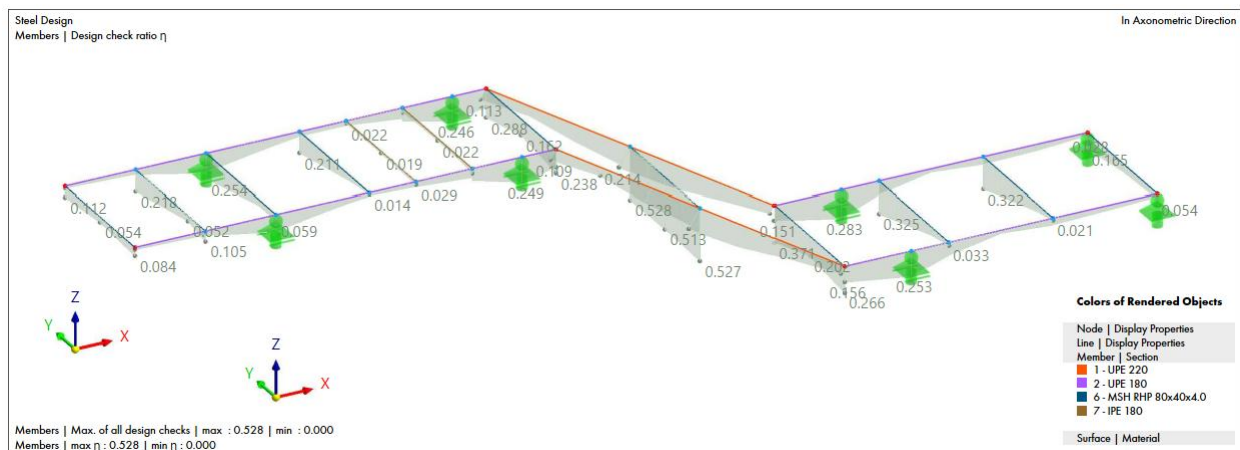
TW-06



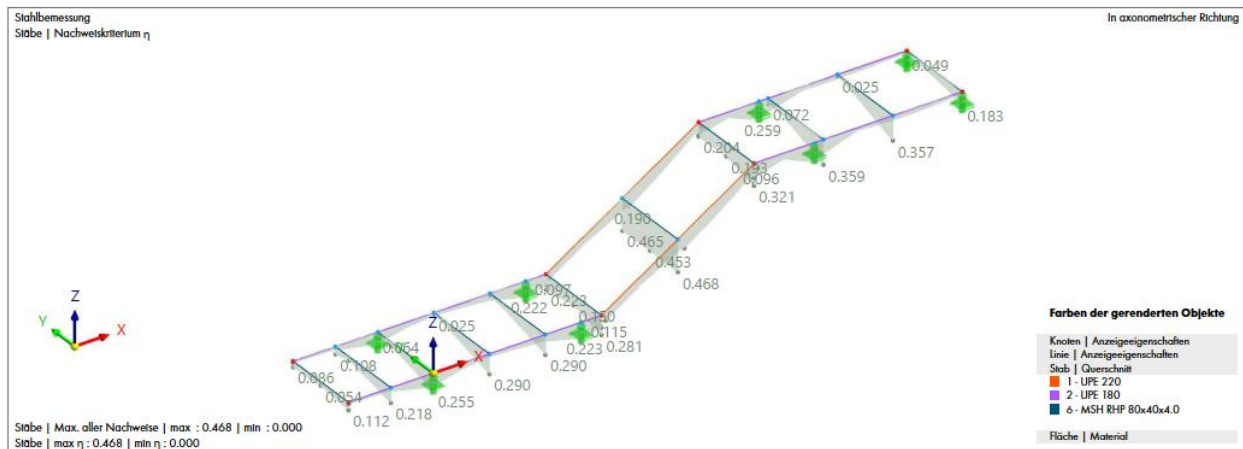
TW-07



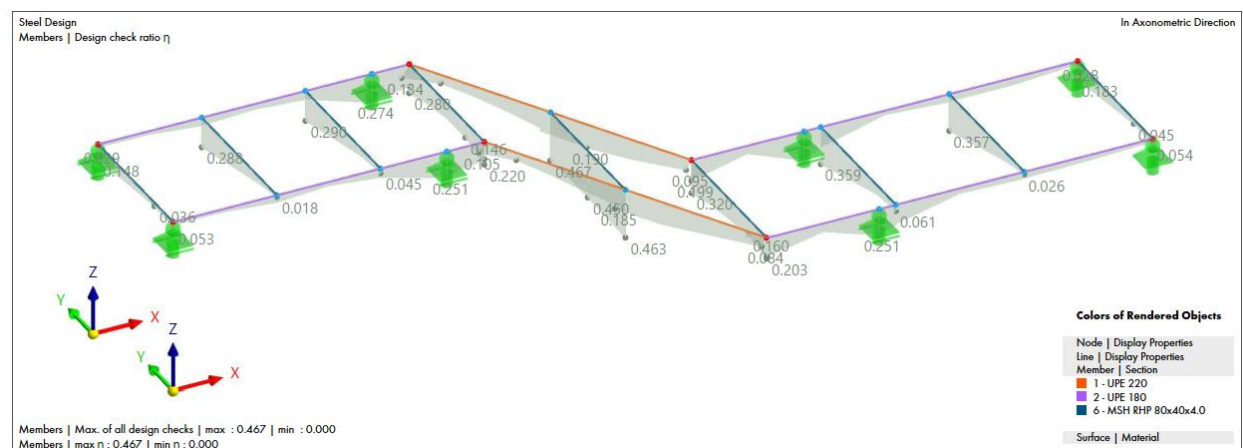
TW-08



TW-09



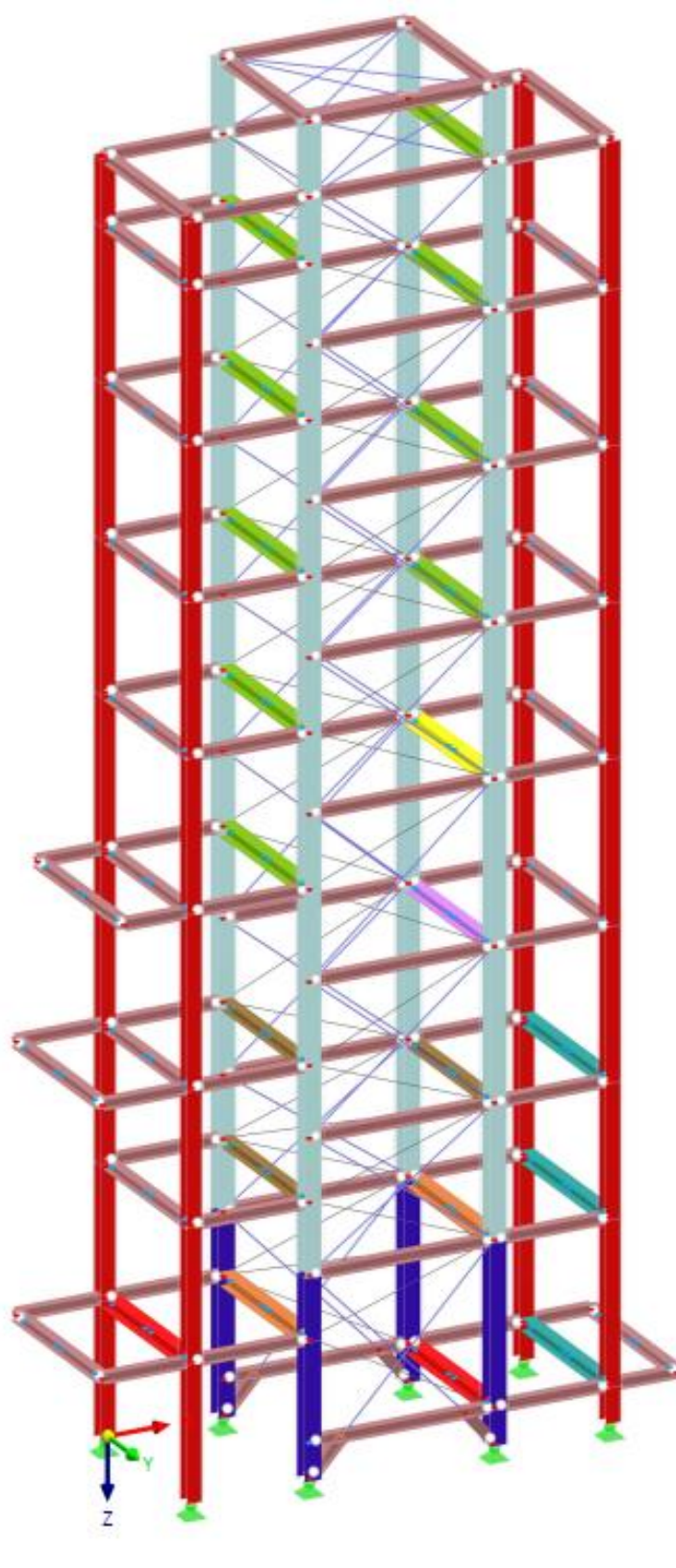
TW-10



3.5 Hauptsystem

3.5.1 System

Stahlgüten nicht angegeben! Es gelten die aus den Änderungen resultierenden Stahlgüten von S.7 . Alle nicht aufgeführten Bauteile sind mindestens in S235 auszuführen!



Farben der gerenderten Objekte

Knoten | Anzeigeeigenschaften

Linie | Anzeigeeigenschaften

Stab | Querschnitt

1 - HEB 300

3 - HEA 200

4 - HEA 260

5 - HEB 260

6 - R 24

7 - HEB 200

11 - HEB 260

12 - HEA 240

15 - HEB 220

16 - HEB 300

17 - HEA 260

Stabsatz | Anzeigeeigenschaften

Fläche | Material

Hinweis:
Prüfseits wurde für den Übungsturm eine unabhängige Vergleichsrechnung durchgeführt.
Zwischenwerte müssen als nicht gesichert angesehen werden!

3.5.2 Lastannahmen

EINWIRKUNGEN

Einw. Nr.	Einstell.	Wert	Aktiv
1	G Ständig		
	Einwirkungskategorie	G Ständig	☒
	Einwirkungstyp	Gleichzeitig	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08	
2	Qw Wind		
	Einwirkungskategorie	Qw Wind	☒
	Einwirkungstyp	Alternativ	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08	
4	Q1c Nutzlasten - Kategorie C: Versammlungsräume		
	Einwirkungskategorie	Q1c Nutzlasten - Kategorie C: Versammlungsräume	☒
	Einwirkungstyp	Gleichzeitig	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08	
5	Qs Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m		
	Einwirkungskategorie	Qs Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m	☒
	Einwirkungstyp	Gleichzeitig	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08	
6	Q1c Nutzlasten - Kategorie C: Versammlungsräume		
	Einwirkungskategorie	Q1c Nutzlasten - Kategorie C: Versammlungsräume	☒
	Einwirkungstyp	Alternativ	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08	

Ständige Lasten:

Eigengewicht

Podest- und Treppenbelag – (Gitterrostebene)

Treppengeländer

Geländer + U-Profil

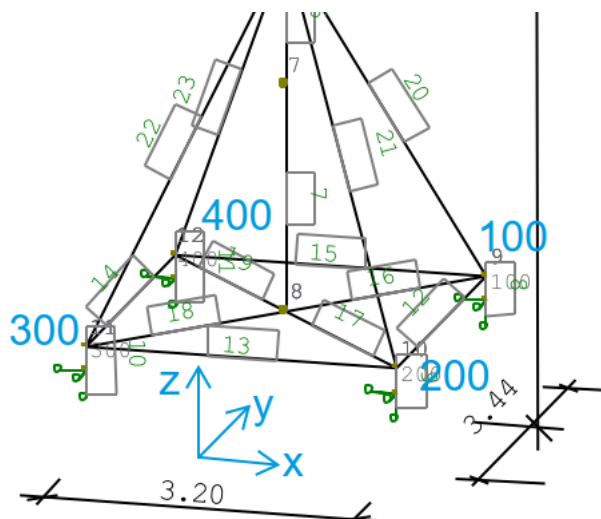
Aus der Software

$$g_k = 0,50 \text{ kN/m}^2 \checkmark$$

$$g_k = 0,15 \text{ kN/m} \checkmark$$

Siehe 3.5.3 RFEM-Lastfall 4 (Seite 44)

Antenne (gemäß statische Berechnung HELLMUTH & von LÜBKEN):



AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 1 : g			
Knoten Nr.	A Fx (kN)	A Fy (kN)	A Fz (kN)	A Mx (kNm)	A My (kNm)	A Mz (kNm)
100	1.192	1.348	-4.609			
200	1.192	-1.348	-4.609			
300	-1.192	-1.348	-4.609			
400	-1.192	1.348	-4.609			
Summe :	0.000	0.000	-18.435			

Nutzlasten:

Treppen / Podest (T2)

$$q_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

Zugkraft (Seilanschlagpunkte)*:

$$F_{k,V} = 25,00 \text{ kN}$$

$$F_{k,H} = 5,00 \text{ kN}$$

*) vorgesehen in den Podestebenen und in vier verschiedenen Lastfälle.

Siehe EDV-Ausdruck!

Treppenbelag, Rutschhemmende Roste (30/11, h = 50 mm):
(Einzellast mit Aufstandsfläche 50 x 50 mm)

$$Q_k = 2,0 \text{ kN}$$

Holmlast Treppengeländer

$$1,0 \text{ kN/m} \times 1,2 \text{ m}$$

$$q_{k,Holm} = 1,0 \text{ kN/m}$$

$$M_{k,Holm} = 1,2 \text{ kNm/m}$$

Eislasten:

Geringvereisungsrisiko → Eisstärke = 10 mm

Eislast = Eisvolumen (m³) x 900 (kg/m³)

$$0,01 \text{ m} \times 900 \text{ kg/m}^3$$

$$s_k \approx 0,10 \text{ kN/m}^2 *$$

*) als Flächenlast im Bereich der Gitterroste.

Für die Ermittlung des Eisvolumens der horizontalen Stäbe wird das Profil HEA 260 zugrunde gelegt. Die entsprechenden Eislasten werden als Linienlast auf sämtlichen horizontalen Stäben der Konstruktion aufgebracht.

$$2 \times 0,26 \text{ m} \times 0,01 \text{ m} \times 900 \text{ kg/m}^3$$

$$s_k \approx 0,05 \text{ kN/m}$$

Windlasten:

Antenne (gemäß statische Berechnung HELLMUTH & von LÜBKEN):

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 2 : wx			
Knoten	A Fx	A Fy	A Fz	A Mx	A My	A Mz
Nr.	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
100	6.502	-1.599	-23.135			
200	6.502	1.599	-23.135			
300	6.502	-1.599	23.135			
400	6.502	1.599	23.135			
Summe :	26.008	0.000	0.000			

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 3 : wy			
Knoten	A Fx	A Fy	A Fz	A Mx	A My	A Mz
Nr.	(kN)	(kN)	(kN)	(kNm)	(kNm)	(kNm)
100	-0.888	6.469	-20.181			
200	0.888	6.469	20.181			
300	-0.888	6.469	20.181			
400	0.888	6.469	-20.181			
Summe :	0.000	25.875	0.000			

Hinweis:

X-Richt. Antenne = Y-Richt. Stahlkonstruktion

Y-Richt. Antenne = X-Richt. Stahlkonstruktion

-Windlasten Stahlkonstruktion:

Annahme: 70 % geschlossene Konstruktion ✓

siehe Folgeseiten.

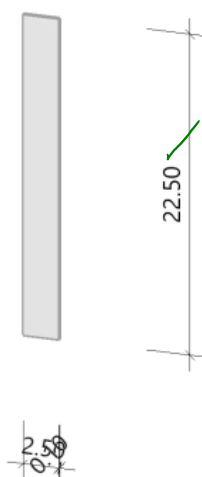
Prüfseits alternativ Vergleichsrechnung mit $c_r = 1,7$ für die Windlasten.

Windlasten für eine zusätzliche Wand

Geometrie Freistehende Wand

Wandhöhe	$h = 22.50$ m
Wandbreite	$b = 0.10$ m
Wandlänge	$l = 2.50$ m
Schenkellänge	$l_1 = 0.00$ m
Völligkeitsgrad	$\phi = 1.00$
Abschattungsfaktor	$\psi_s = 1.00$

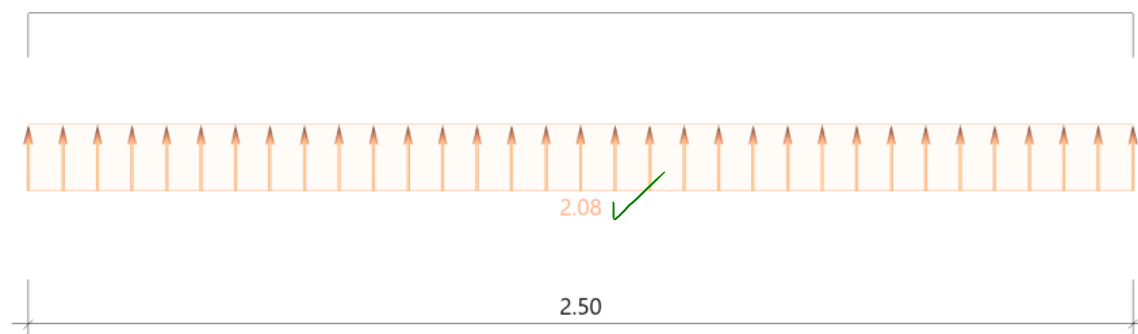
Grafik



Lasten

Basiswindgeschwindigkeit	$v_{b0} = 25.0$ m/s
Basisgeschwindigkeitsdruck	$q_{b0} = 0.39$ kN/m ²
Referenzhöhe	$z_e = 22.50$ m
Geschwindigkeitsstaudruck	$q_{p,0}(h) = 0.90$ kN/m ²

Grafik, Freistehende Wand



Tabelle, Freistehende Wand

Wand $l/h = 0.11$ $l_A = 2.50$ m

Bauteil	Bereich	C_{p+}	C_{p-}	w_+ [kN/m ²]	w_- [kN/m ²]
Wand	A	2.30	0.00	2.08	0.00

Alle Werte sind charakteristische Werte.

Imperfektionslasten

IMPERFEKTIONSFÄLLE

Fall Nr.	Name	Parameter		Einheit
		Symbol	Wert	
1	Allen LKs ohne zugeordnetem Imperfektionsfall zuweisen		☒	

STABSATZIMPERFEKTIONEN

IF3: IMP -x

Lol

Nr.	Stabsätze Nr.	Imperfektionstyp	Kategorien Definitionstyp	Richtung	K.-System	Optionen	Kommentar
1	1-8	Vorverdrehung	EN 1993-1-1	-y	Lokales Koordinatensystem xyz		

STABSATZIMPERFEKTIONEN - PARAMETER

IF3: IMP -x

Lol

Nr.	Stabsätze Nr.	Name	Parameter		Einheit	Optionen
			Symbol	Wert		
1	Vorverdrehung EN 1993-1-1 Lokales Koordinatensystem xyz -y Φ_0 : 1/200.000 h : 24.300 m m : 4 (Stabsätze : 1-8)					
	1-8	Relative Vorverdrehung	Φ_0	1/200.000	--	
		Strukturhöhe	h	24.300	m	
		Anzahl der Stützen in einer Reihe	m	4		
		Abminderungsbeiwert H	α_h	0.667	--	
		Abminderungsbeiwert M	α_m	0.791	--	
		Vorverdrehung	Φ	0.003	--	

STABSATZIMPERFEKTIONEN

IF2: IMP y

Lol

Nr.	Stabsätze Nr.	Imperfektionstyp	Kategorien Definitionstyp	Richtung	K.-System	Optionen	Kommentar
1	1-8	Vorverdrehung	EN 1993-1-1	-z	Lokales Koordinatensystem xyz		

IF3 - IMP -x



STABSATZIMPERFEKTIONEN

IF3: IMP -x

Lol

Nr.	Stabsätze Nr.	Imperfektionstyp	Kategorien Definitionstyp	Richtung	K.-System	Optionen	Kommentar
1	1-8	Vorverdrehung	EN 1993-1-1	-y	Lokales Koordinatensystem xyz		

STABSATZIMPERFEKTIONEN

IF4: IMP x

Lol

Nr.	Stabsätze Nr.	Imperfektionstyp	Kategorien Definitionstyp	Richtung	K.-System	Optionen	Kommentar
1	1-8	Vorverdrehung	EN 1993-1-1	y	Lokales Koordinatensystem xyz		

3.5.3 Lastfälle

LASTFÄLLE

LF Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.	Optionen
1	  Eigengewicht			☒	
	Analysetyp	Statische Analyse			
	Zugehörige Norm	 EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	 Ständig			
	Eigengewicht - Faktor in Richtung X	0,000	--		
	Eigengewicht - Faktor in Richtung Y	0,000	--		
	Eigengewicht - Faktor in Richtung Z	1,000	--		
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
2	  ständig (Gitterrost) - Podest und Balkone			☒	
	Analysetyp	Statische Analyse			
	Zugehörige Norm	 EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	 Ständig			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
3	  ständig (Gitterrost) - Treppenläufe			☒	
	Analysetyp	Statische Analyse			
	Zugehörige Norm	 EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	 Ständig			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
4	  ständig (Geländer+ Gewicht U-Profil)			☒	
	Analysetyp	Statische Analyse			
	Zugehörige Norm	 EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	 Ständig			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
5	  ständig - Antenne			☒	
	Analysetyp	Statische Analyse			
	Zugehörige Norm	 EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	 Ständig			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
6	  Nutzlast - Podest und Balkone			☒	
	Analysetyp	Statische Analyse			
	Zugehörige Norm	 EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	 Nutzlasten - Kategorie C: Versammlungsräume			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
	Nutzlast wird als Ermüdung berücksichtigt	☐			
7	  Nutzlast - Treppenläufe			☒	
	Analysetyp	Statische Analyse			
	Zugehörige Norm	 EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	 Nutzlasten - Kategorie C: Versammlungsräume			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
	Nutzlast wird als Ermüdung berücksichtigt	☐			
8	  Eislast			☒	
	Analysetyp	Statische Analyse			
	Zugehörige Norm	 EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	 Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
9	  Seilanschlagspunkte - 1			☒	
	Analysetyp	Statische Analyse			
	Zugehörige Norm	 EN 1990 DIN 2012-08			

LF Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.	Optionen
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	Nutzlasten - Kategorie C: Versammlungsräume			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
	Nutzlast wird als Ermüdung berücksichtigt	☐			
10	Seilanschlagspunkte - 2				
	Analysetyp	Statische Analyse		☒	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	Nutzlasten - Kategorie C: Versammlungsräume			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
	Nutzlast wird als Ermüdung berücksichtigt	☐			
11	Seilanschlagspunkte - 3				
	Analysetyp	Statische Analyse		☒	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	Nutzlasten - Kategorie C: Versammlungsräume			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
	Nutzlast wird als Ermüdung berücksichtigt	☐			
12	Seilanschlagspunkte - 4				
	Analysetyp	Statische Analyse		☒	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	Nutzlasten - Kategorie C: Versammlungsräume			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
	Nutzlast wird als Ermüdung berücksichtigt	☐			
13	Holmlasten - Bakone				
	Analysetyp	Statische Analyse		☒	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	Nutzlasten - Kategorie C: Versammlungsräume			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
	Nutzlast wird als Ermüdung berücksichtigt	☐			
14	Wind x				
	Analysetyp	Statische Analyse		☒	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	Wind			
	Imperfektionsfall	IF4			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
15	Wind -x				
	Analysetyp	Statische Analyse		☒	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	Wind			
	Imperfektionsfall	IF3			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
16	Wind y				
	Analysetyp	Statische Analyse		☒	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	Wind			
	Imperfektionsfall	IF2			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			
17	Wind -y				
	Analysetyp	Statische Analyse		☒	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08			
	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - I. Ordnung Newton-Raphson			
	Einwirkungskategorie	Wind			
	Imperfektionsfall	IF1			
	Eigengewichtsmodus für geotechnische Analyse	Normal			

1/F2 - ständig (Gitterrost) - Podest und Balkone
Lasten [kN/m]

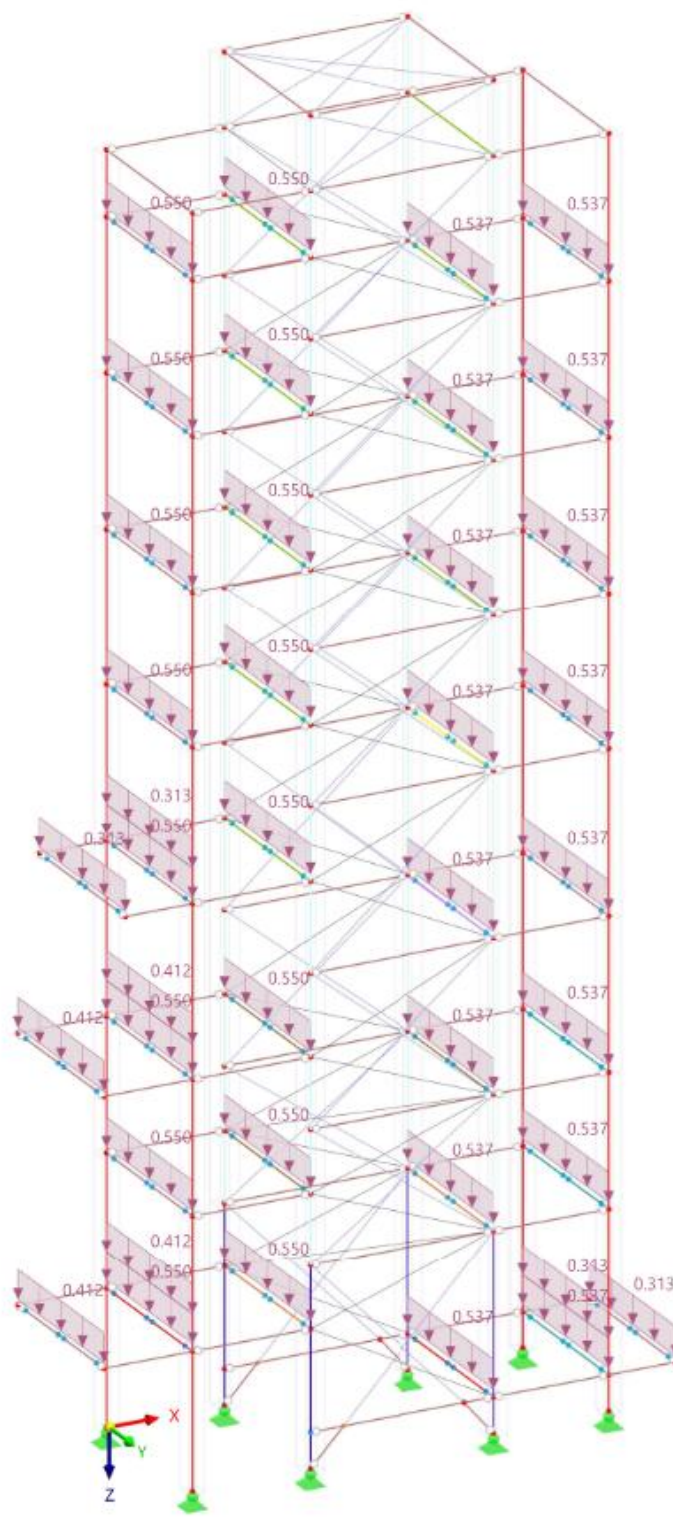
In axonometrischer Richtung

Farben der gerenderten Objekte

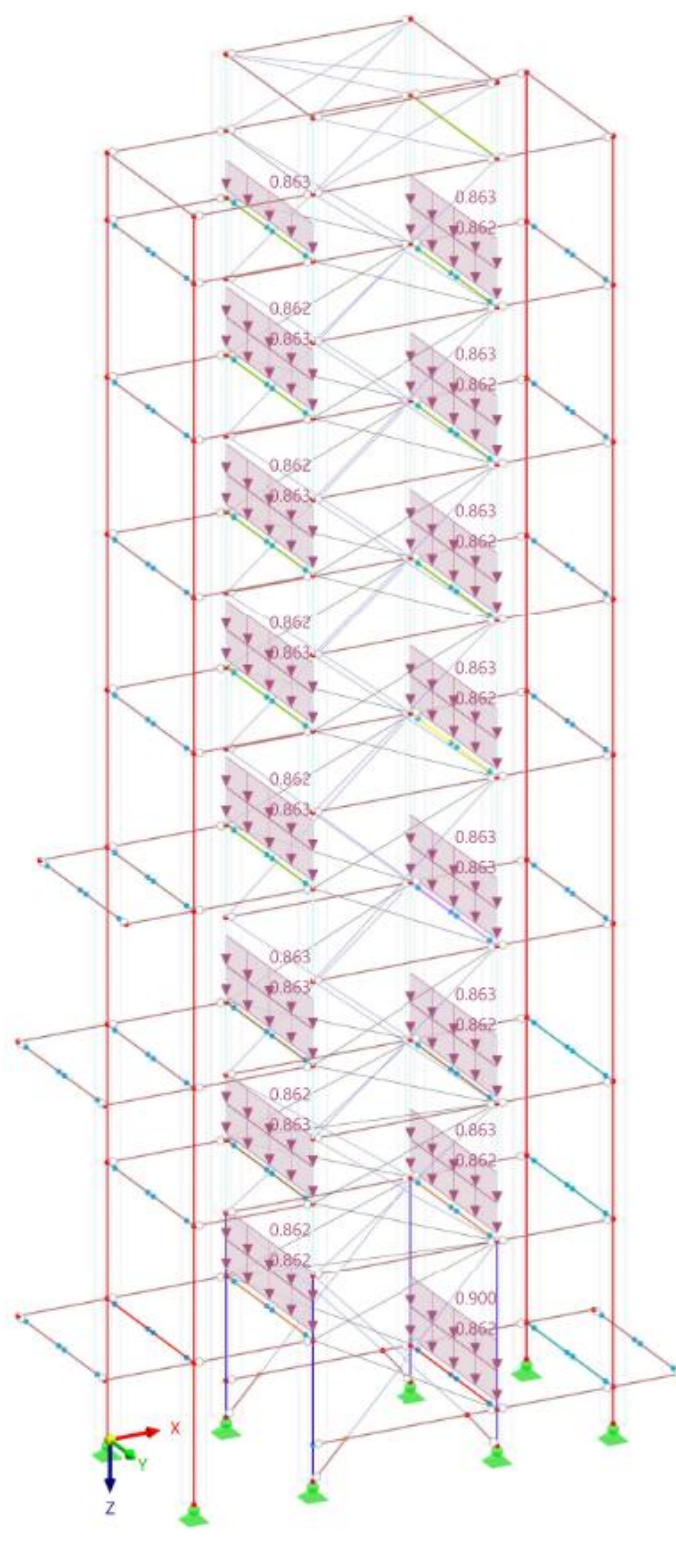
Knoten | Anzeigeeigenschaften
Linie | Anzeigeeigenschaften
Stab | Querschnitt

1	HEB 300
3	HEA 200
4	HEA 260
5	HEB 260
6	R 24
7	HEB 200
11	HEB 260
12	HEA 240
13	HEB 220
16	HEB 300
17	HEA 260

Stabstat | Anzeigeeigenschaften
Fläche | Material



[F3 - ständig [Gitterrost] - Treppenbohle
 Lasten [kN/m]



In axonometrischer Richtung

Farben der gerenderten Objekte

Knoten | Anzeigeeigenschaften

Linie | Anzeigeeigenschaften

Stab | Querschnitt

1 - HEB 300

3 - HEA 200

4 - HEA 260

5 - HEB 260

6 - R 24

7 - HEB 200

11 - HEB 260

12 - HEA 240

15 - HEB 220

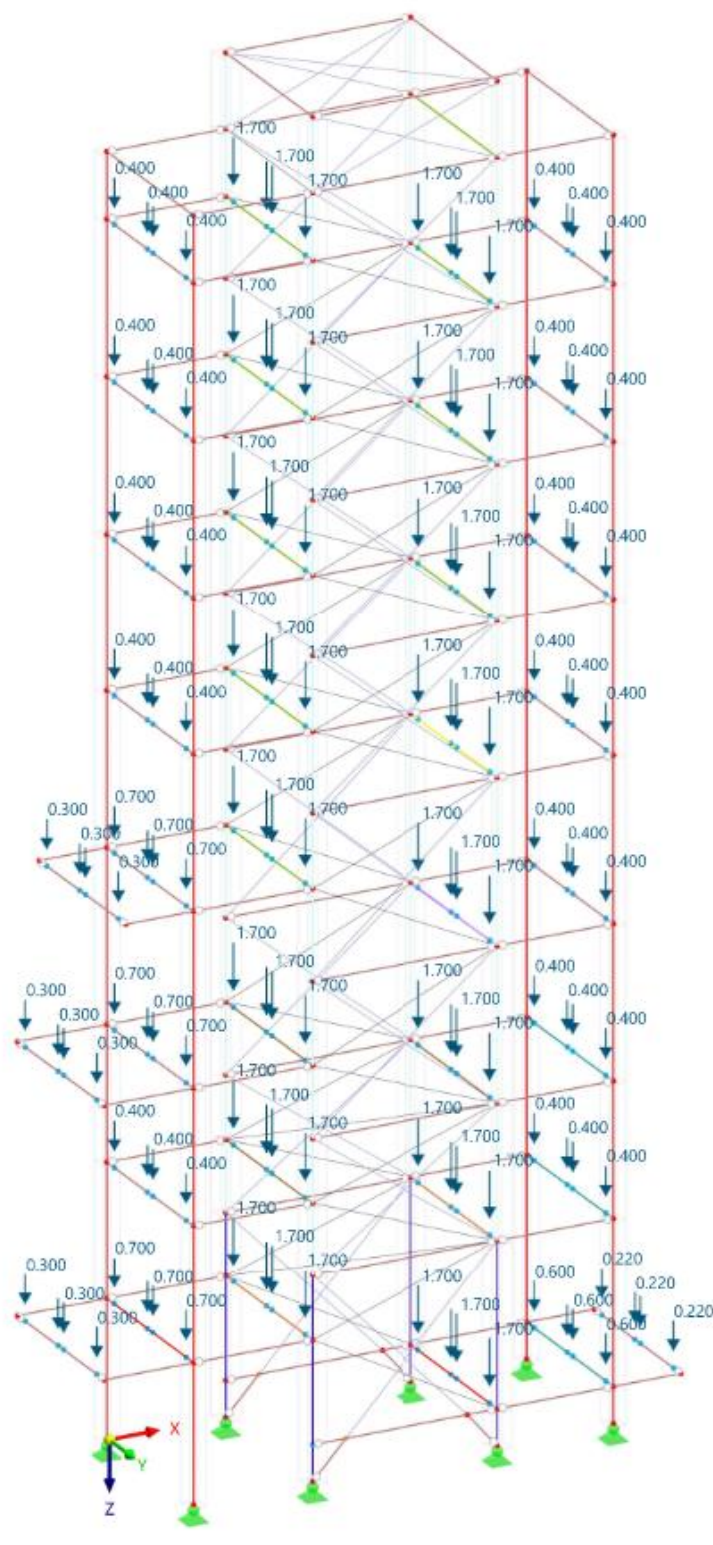
16 - HEB 300

17 - HEA 260

Stabnetz | Anzeigeeigenschaften

Höhe | Material

LF4 - ständig (Geländer+ Gewicht U-Poßl)
 Lasten [kN]



LF5 - ständerg - Antenne
Laufen (kN)

In exzentrischer Richtung

Farben der gerenderten Objekte

Knoten | Anzeigeeigenschaften

Linie | Anzeigeeigenschaften

Stab | Querschnitt

1 - HEB 300

3 - HEA 200

4 - HEA 260

5 - HEB 260

6 - R 24

7 - HEB 200

11 - HEB 260

12 - HEA 240

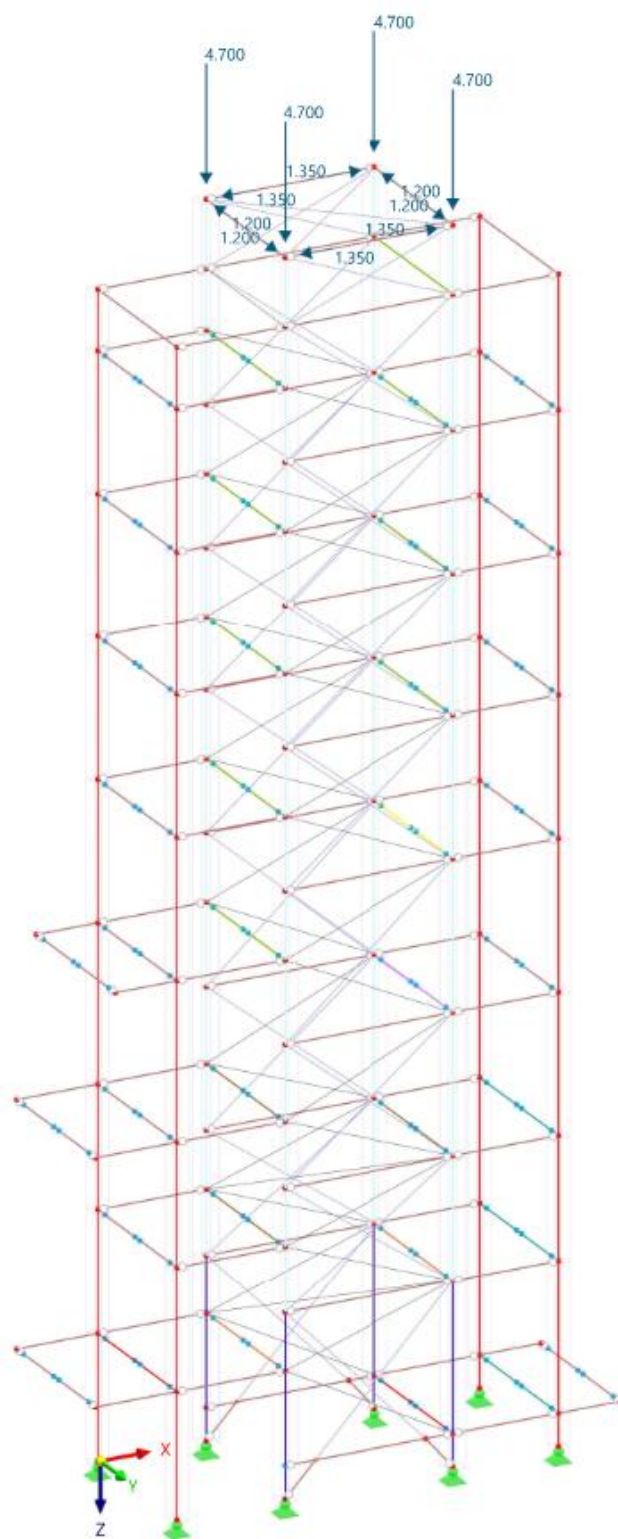
15 - HEB 220

16 - HEB 300

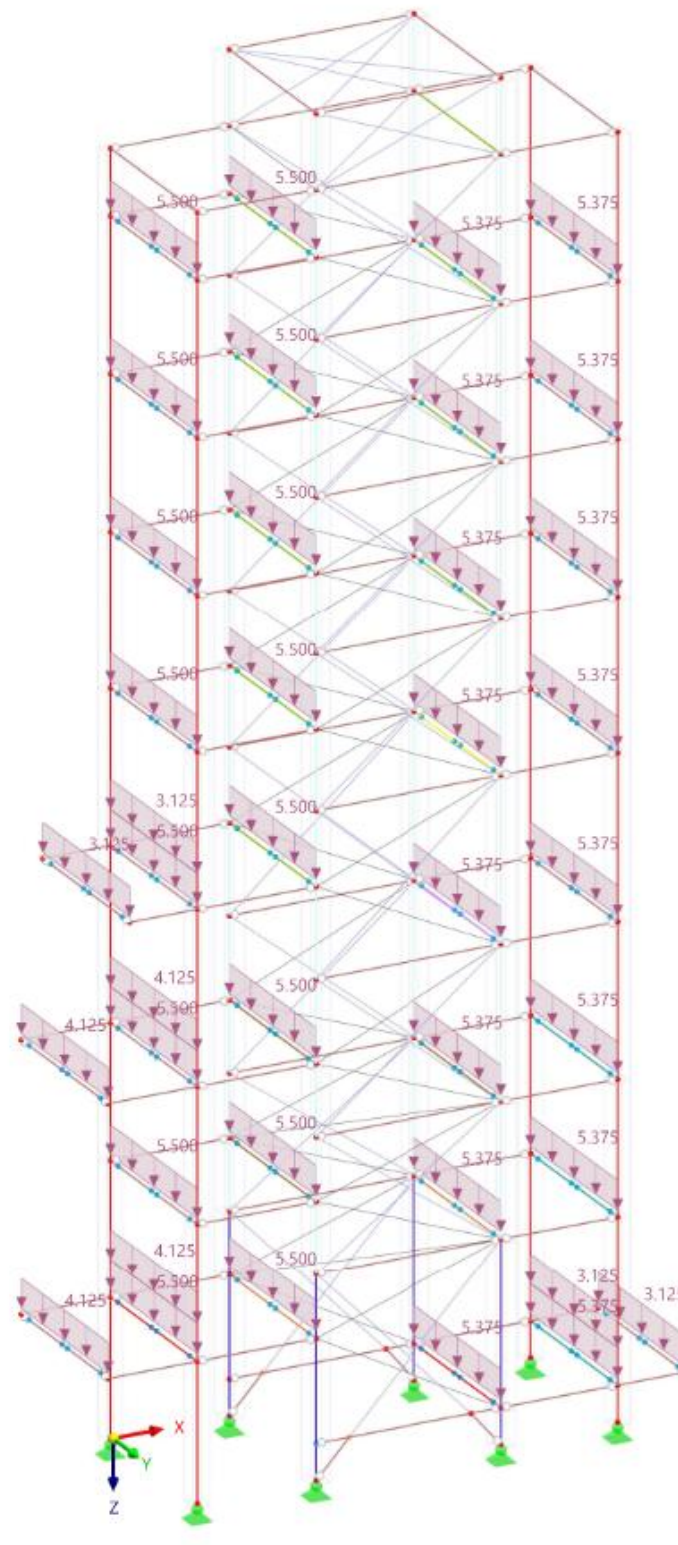
17 - HEA 260

Stabsatz | Anzeigeeigenschaften

Fläche | Material



LF6 - Nutzlast - Podest und Balkone
Lasten [kN/m]



In axonometrischer Richtung

Farben der gerenderten Objekte

Knoten | Anzeigeeigenschaften

Linie | Anzeigeeigenschaften

Stab | Querschnitt

1 - HEB 300

3 - HEA 200

4 - HEA 260

5 - HEB 260

6 - R 24

7 - HEB 200

11 - HEB 260

12 - HEA 240

15 - HEB 220

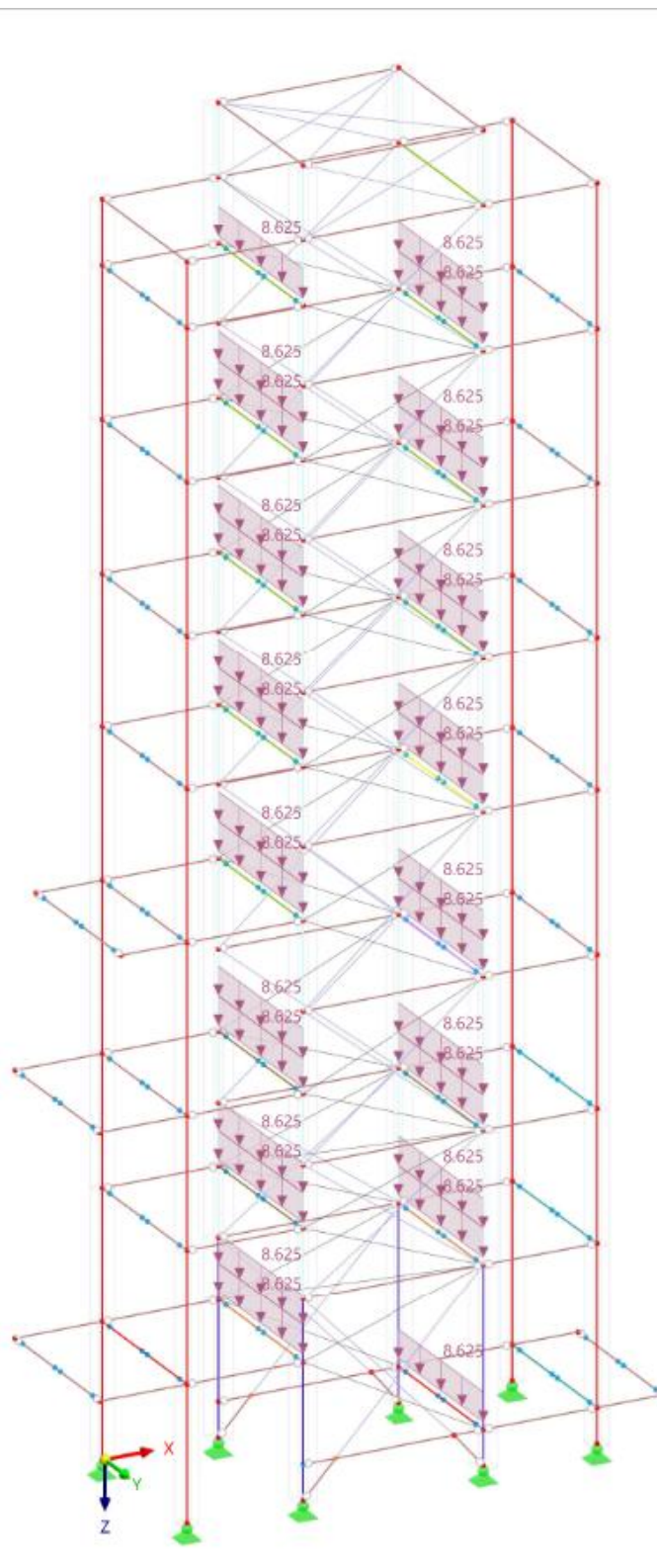
16 - HEB 300

17 - HEA 260

Stabstutz | Anzeigeeigenschaften

Fläche | Material

[F7 - Nutzlast - Treppenläufe
Lasten [kN/m]



In axonometrischer Richtung

Farben der gerenderten Objekte

Kanten | Anzeigeeigenschaften

Linie | Anzeigeeigenschaften

Stab | Querschnitt

1 - HEB 300

3 - HEA 200

4 - HEA 260

5 - HEB 260

6 - R 24

7 - HEB 200

11 - HEB 260

12 - HEA 240

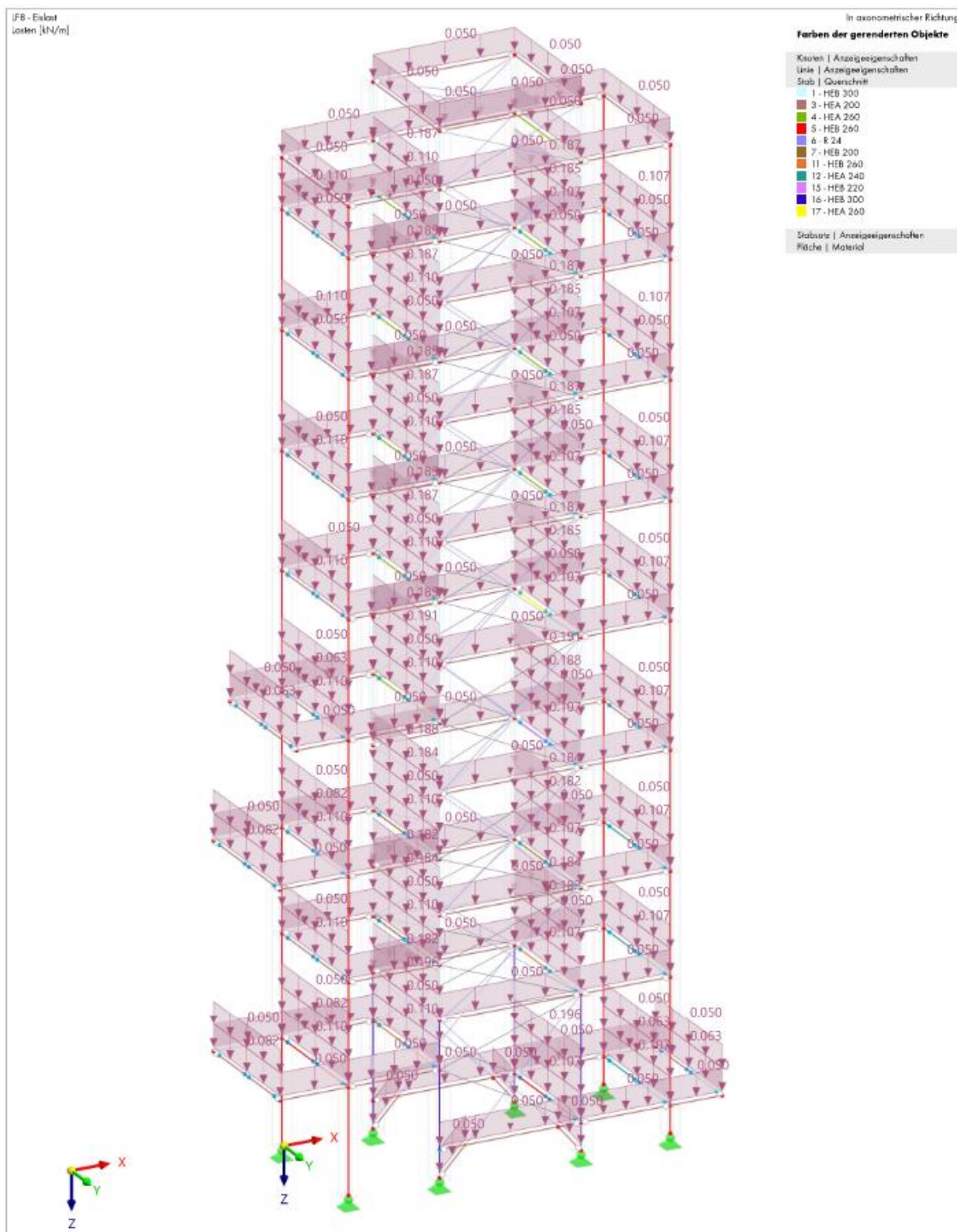
13 - HEB 220

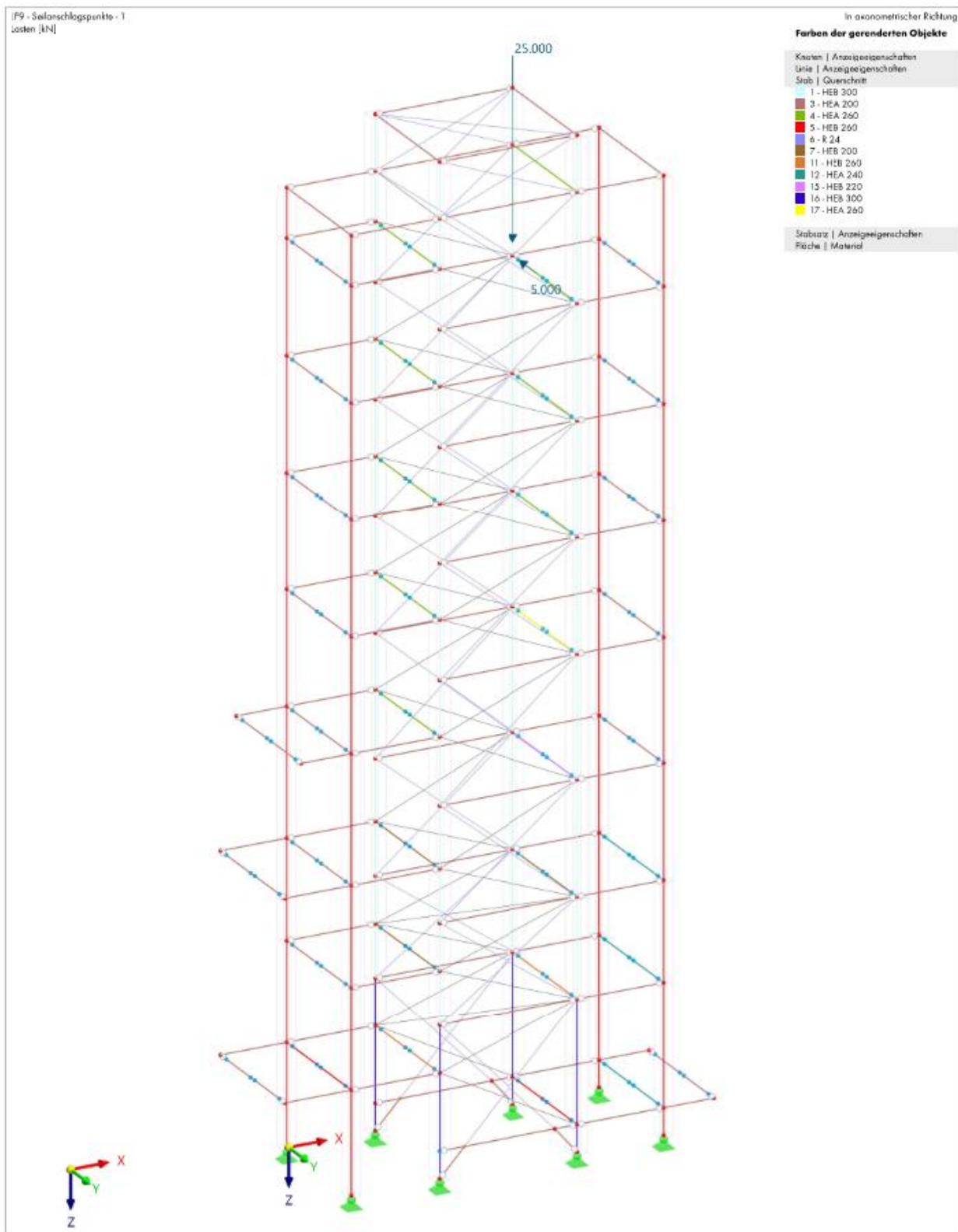
16 - HEB 300

17 - HEA 260

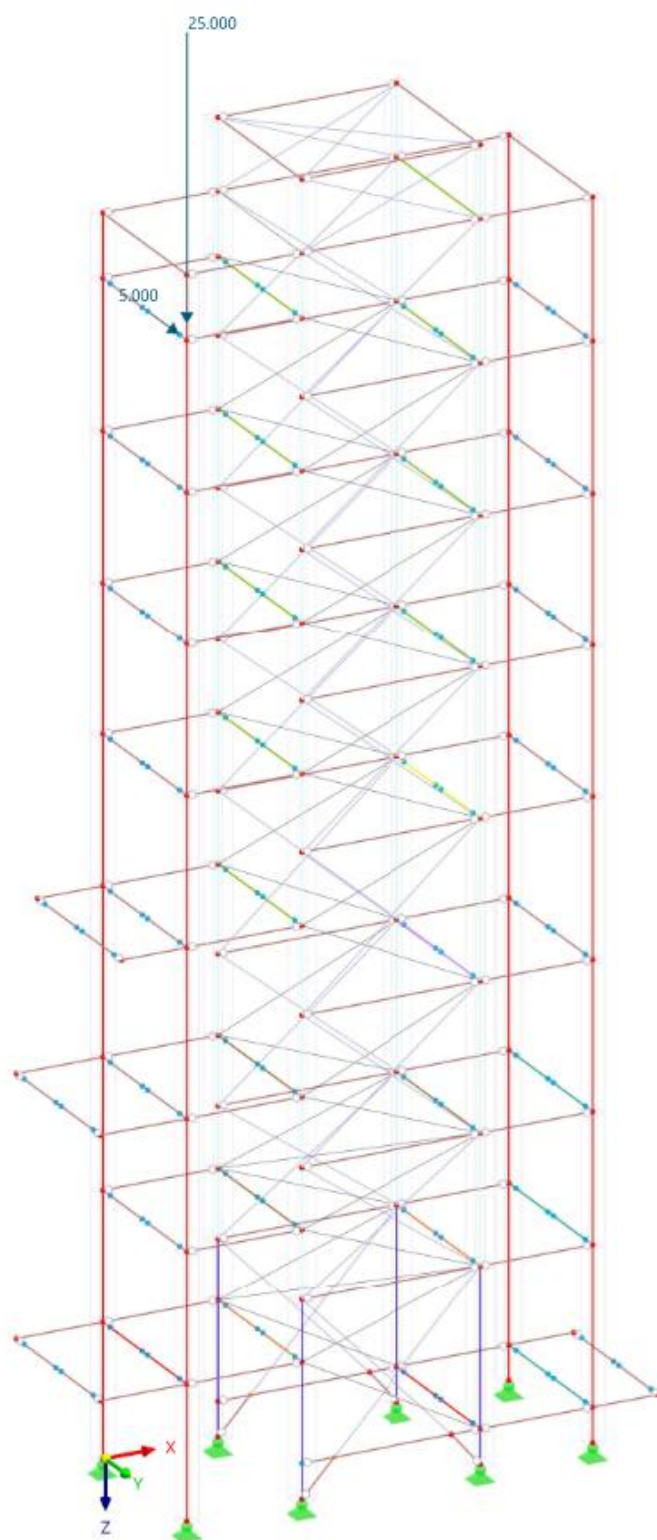
Stabstutz | Anzeigeeigenschaften

Fläche | Material





LF10 - Seilanschlagpunkte - 2
 Lasten [kN]



In axonometrischer Richtung

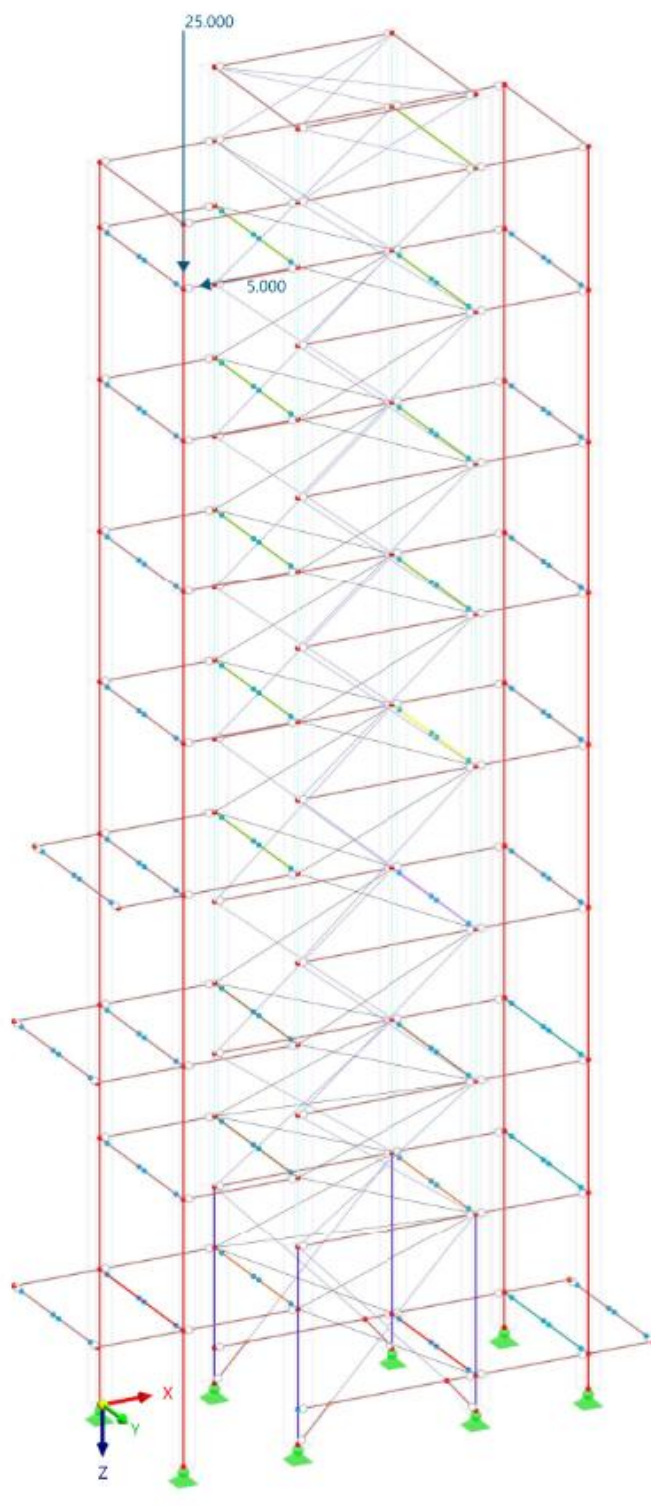
Farben der gerenderten Objekte

Knoten | Anzeigeeigenschaften
 Linie | Anzeigeeigenschaften
 Stab | Querschnitt

1 - HEA 300
 3 - HEA 200
 4 - HEA 260
 5 - HEA 260
 6 - R 24
 7 - HEA 200
 11 - HEA 260
 12 - HEA 240
 15 - HEA 220
 16 - HEA 300
 17 - HEA 260

Stabstz | Anzeigeeigenschaften
 Fläche | Material

IF11 - Seitenschlagpunkte - 3
 Lasten [kN]



In axonometrischer Richtung

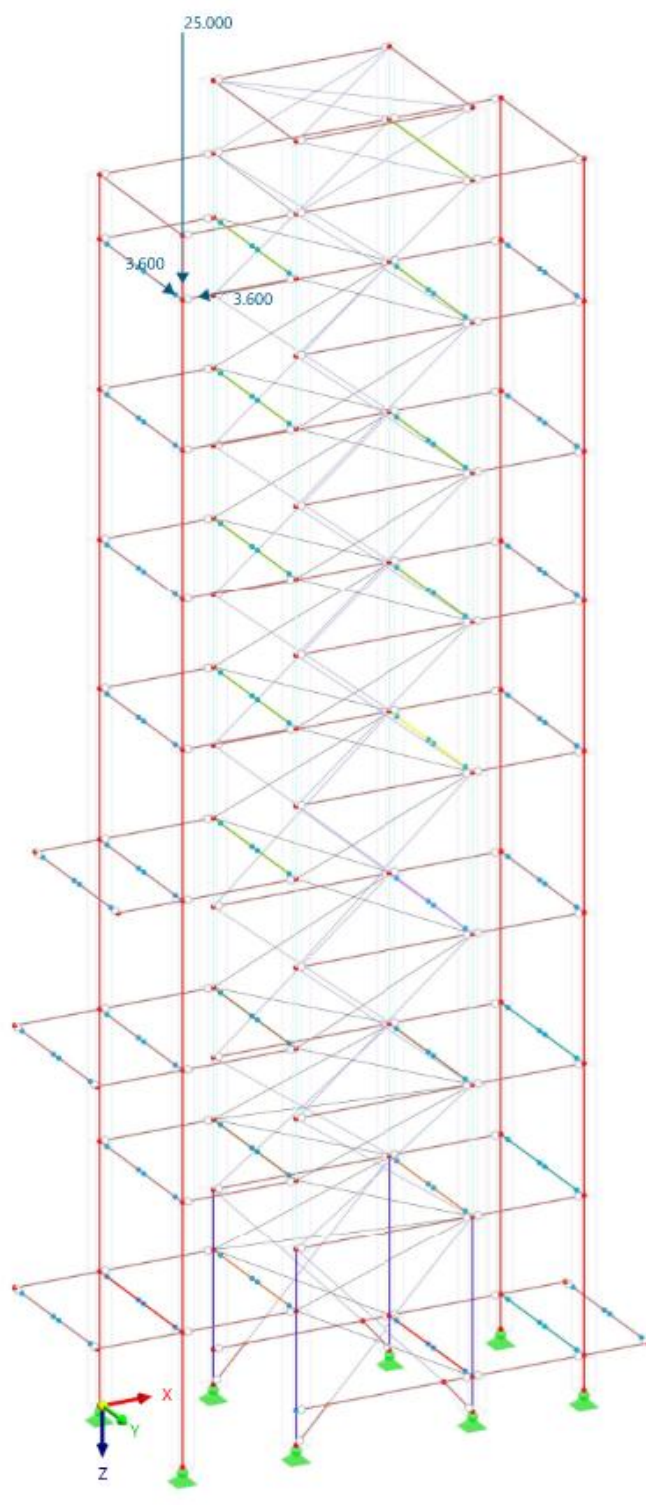
Farben der gerenderten Objekte

Knoten | Anzeigeneigenschaften
 Linie | Anzeigeneigenschaften
 Stab | Querschnitt

- 1 - HEB 300
- 3 - HEA 200
- 4 - HEA 260
- 5 - HEB 260
- 6 - R 24
- 7 - HEB 200
- 11 - HEB 260
- 12 - HEA 240
- 15 - HEB 220
- 16 - HEB 300
- 17 - HEA 260

Stabsatz | Anzeigeneigenschaften
 Fläche | Material

[F12 - Seilanschlagespunkte - 4
Lasten [kN]



In axonometrischer Richtung

Farben der gerenderten Objekte

Knoten | Anzeigeeigenschaften

Linie | Anzeigeeigenschaften

Stab | Querschnitt

1 - HEB 300

3 - HEA 200

4 - HEA 260

5 - HEB 260

6 - R 24

7 - HEB 200

11 - HEB 260

12 - HEA 240

15 - HEB 220

16 - HEB 300

17 - HEA 260

Stabstärke | Anzeigeeigenschaften

Fläche | Material

[F13 - Holmlasten - Balkone
 Lasten [kN/m], [kN/m/m]

In axonometrischer Richtung

Farben der gerenderten Objekte

Knoten | Anzeigeneigenschaften

Linie | Anzeigeneigenschaften

Stab | Querschnitt

1 - HEB 300

3 - HEA 200

4 - HEA 260

5 - HEB 260

6 - R 24

7 - HEB 200

11 - HEB 260

12 - HEA 240

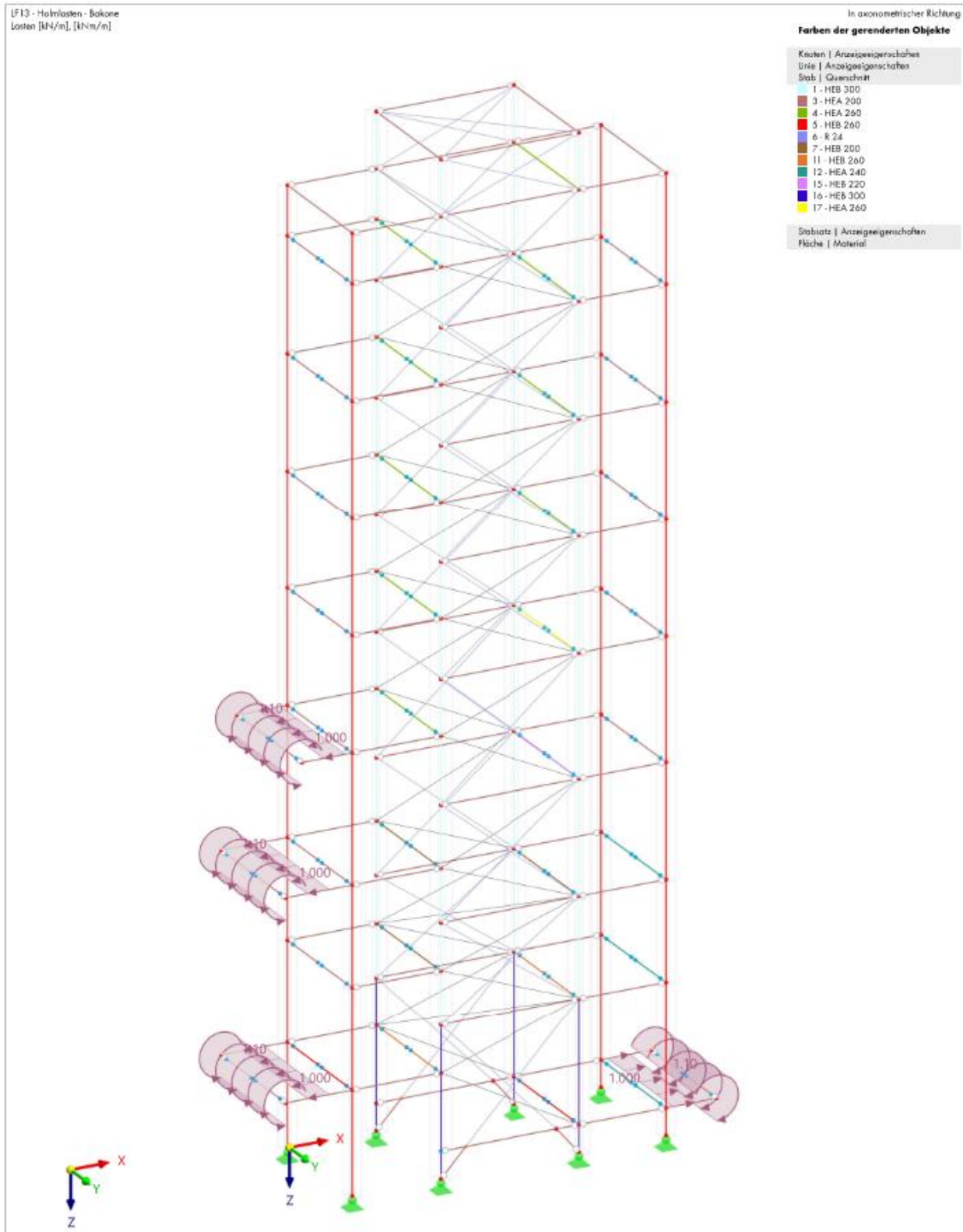
15 - HEB 220

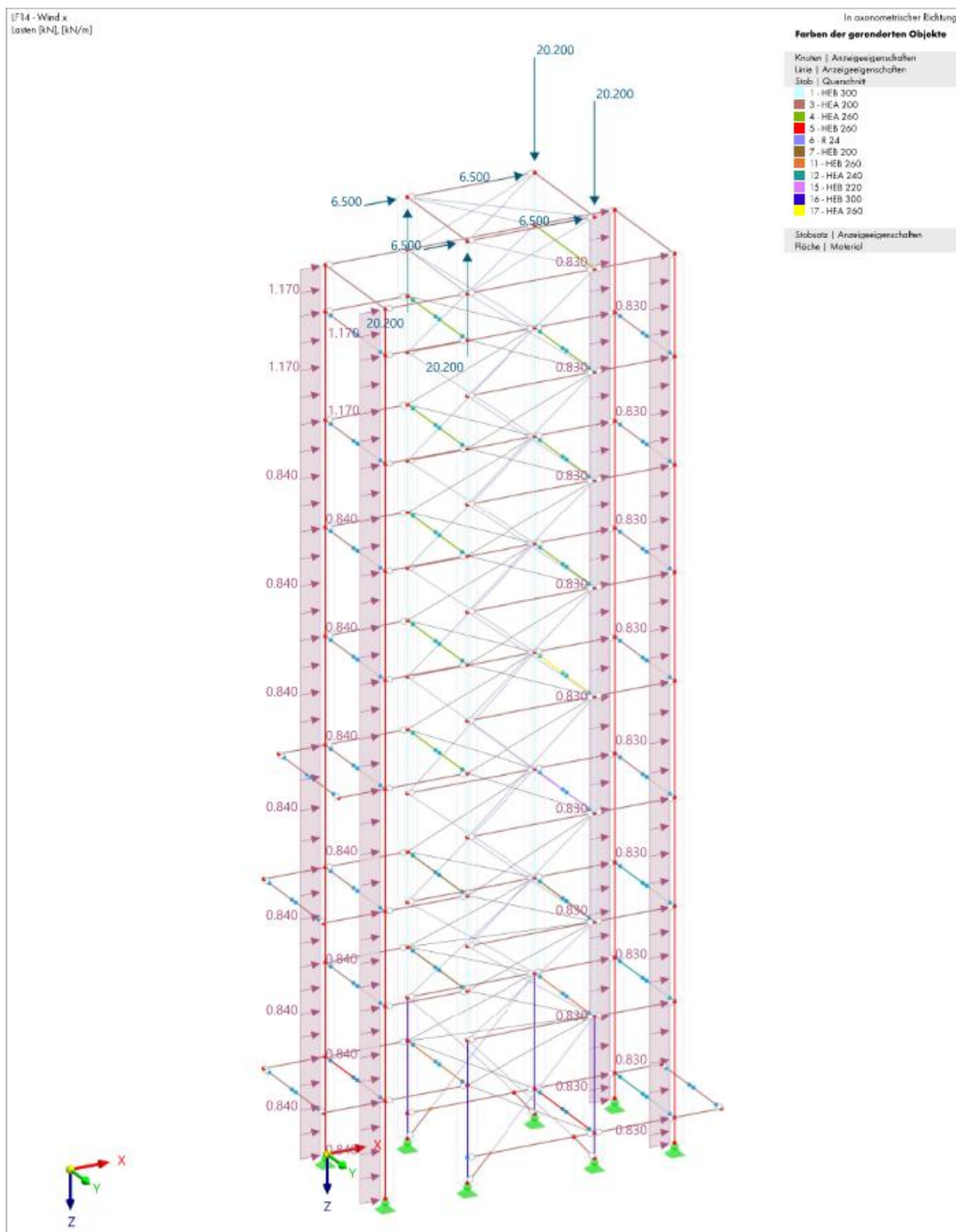
16 - HEB 300

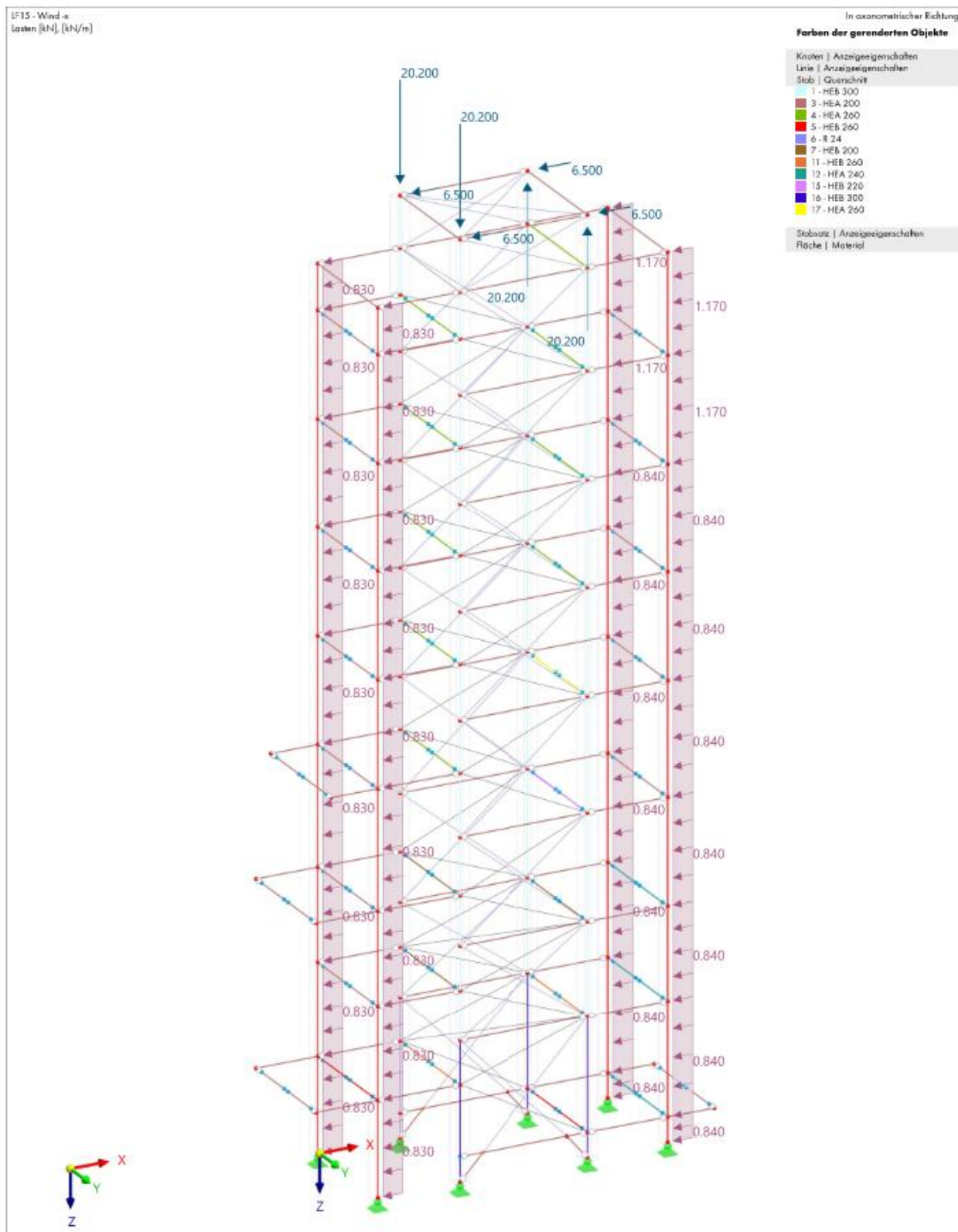
17 - HEA 260

Stabtyp | Anzeigeneigenschaften

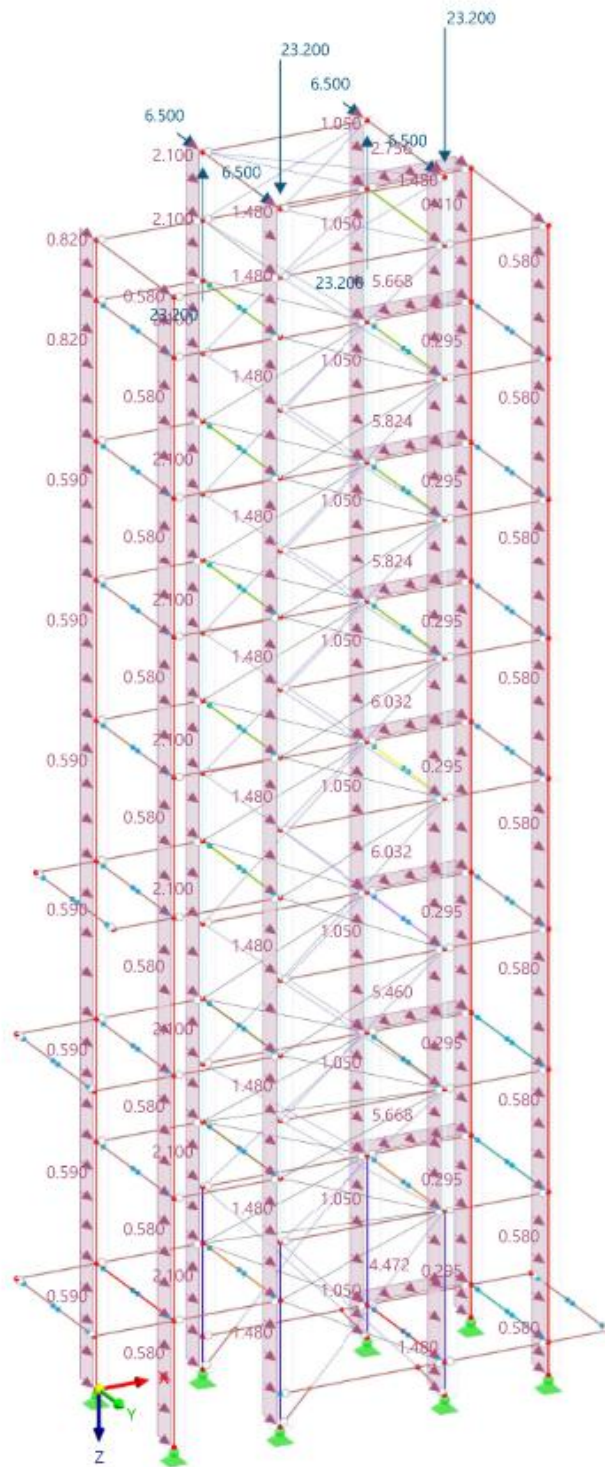
Fläche | Material







[F16 - Wind y
Lasten [kN], [kN/m]



In axonometrischer Richtung
Farben der gerenderten Objekte

Knoten | Anzeigeeigenschaften

Linie | Anzeigeeigenschaften

Stab | Querschnitt

1 - HEB 300

3 - HEA 200

4 - HEA 250

5 - HEB 250

6 - R 24

7 - HEB 200

11 - HEB 250

12 - HEA 240

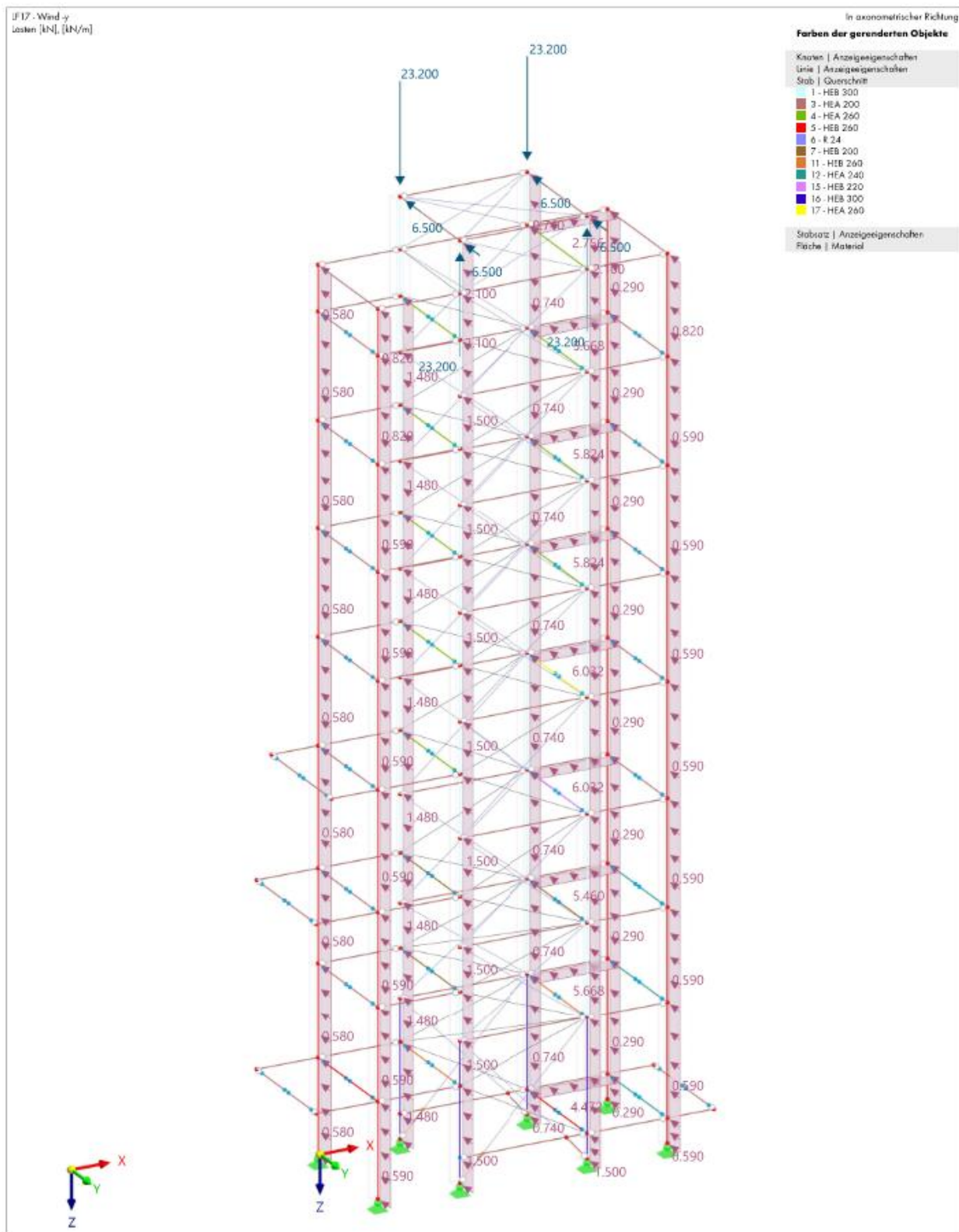
13 - HEB 220

16 - HEB 300

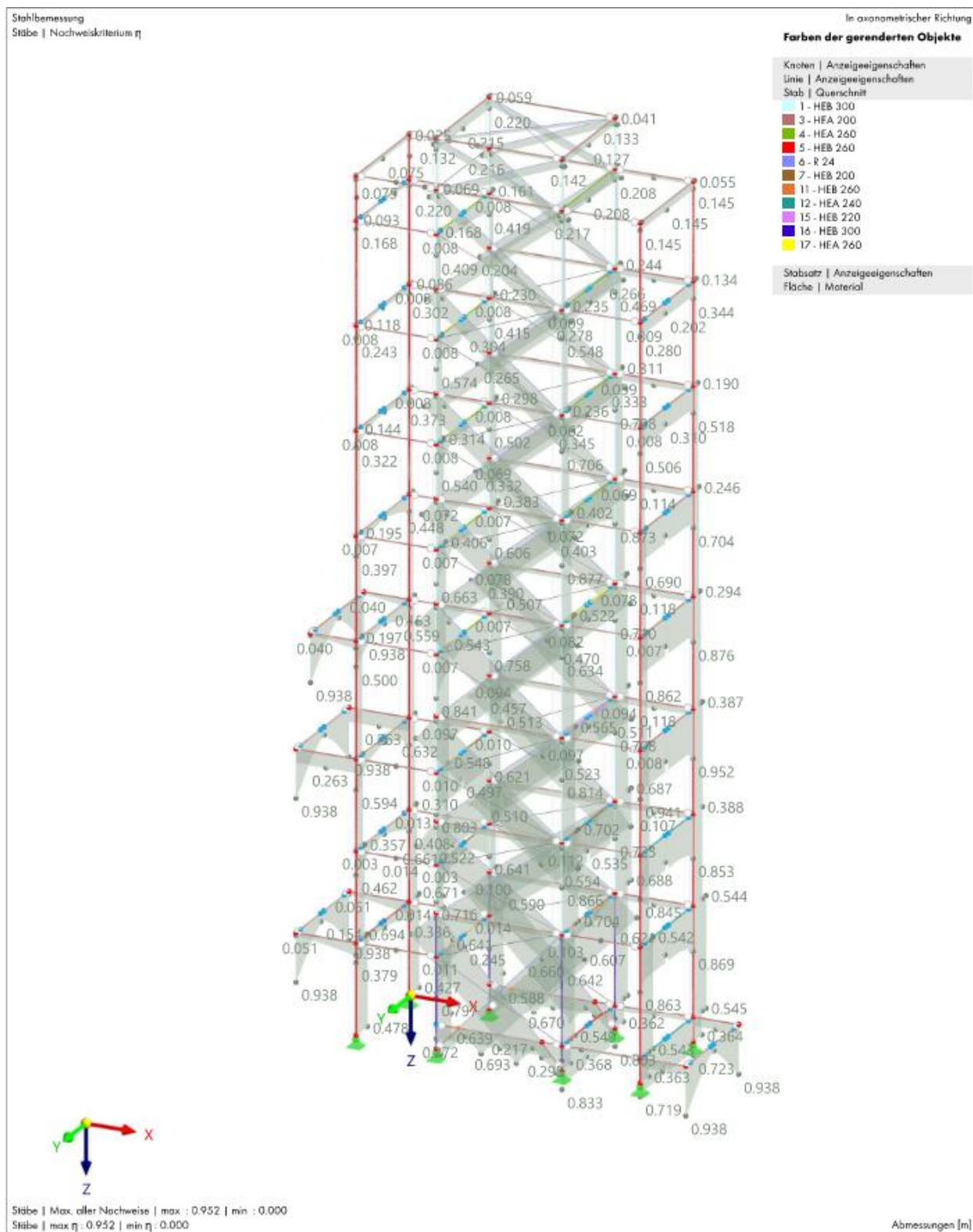
17 - HEA 250

Stütz | Anzeigeeigenschaften

Fläche | Material



3.5.4 Ausnutzung



Quersch. Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Spann.- Punkt Nr.	Bemess.- Situation	Belast. Nr.	Nachweis		Beschreibung	
						Kriterium η [–]	Typ		
1	HEB 300 1 - S235JR								
	273	2.450		BS1	LK259	0.130	✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug nach EN 1993-1-1, 6.2.3
	460	0.000		BS1	LK131	0.279	✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis Druck nach EN 1993-1-1, 6.2.4
	274	0.306		BS1	LK131	0.144	✓	SP3100.02	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
	258	1.012		BS1	LK446	0.004	✓	SP3200.02	Querschnittsnachweis Querkraft in y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
	197	0.000		BS1	LK1	0.000	✓	SP3500.00	Querschnittsnachweis Schubbeulen nach EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5
	274	0.000		BS1	LK131	0.376	✓	SP4100.03	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
	259	0.000		BS1	LK445	0.030	✓	SP5100.03	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
	274	0.000		BS1	LK128	0.203	✓	SP6500.01	Querschnittsnachweis Doppelbiegung, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK138	0.572	✓	SP6500.02	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	260	3.150		BS1	LK1573	0.009	✓	SP6500.03	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	273	0.000		BS1	LK1412	0.034	✓	SP6500.04	Querschnittsnachweis Doppelbiegung und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	197	0.000		BS1	LK1	0.000	✓	ST1100.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse y nach EN 1993-1-1, 6.3.1
	260	0.000		BS1	LK131	0.243	✓	ST1300.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse z nach EN 1993-1-1, 6.3.1
	197	0.000		BS1	LK1	0.000	✓	ST1500.00	Stabilität Drillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST2100.00	Stabilität Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.2.1
	274	0.000		BS1	LK130	0.704	✓	ST3100.00	Stabilität Biegung und Knicken um Hauptachsen nach EN 1993-1-1, 6.3.3
3	HEA 200 1 - S235JR								
	366	0.000		BS1	LK351	0.000	✓	SP0100.00	Querschnittsnachweis Vernachlässigbare Schnittgrößen
	449	0.853		BS1	LK215	0.121	✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug nach EN 1993-1-1, 6.2.3
	363	3.450		BS1	LK103	0.065	✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis Druck nach EN 1993-1-1, 6.2.4
	286	0.000	1	BS1	LK501	0.938	✓	SP2100.00	Querschnittsnachweis Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.6(4)
	80	0.000		BS1	LK157	0.256	✓	SP3100.01	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse und Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.7(9) Plastische Bemessung
		3.150		BS1	LK125	0.251	✓	SP3100.02	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
	282	0.000		BS1	LK447	0.009	✓	SP3200.01	Querschnittsnachweis Querkraft in y-Achse und Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.7(9) Plastische Bemessung
	81	2.150		BS1	LK127	0.018	✓	SP3200.02	Querschnittsnachweis Querkraft in y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
	10	0.000		BS1	LK1	0.000	✓	SP3500.00	Querschnittsnachweis Schubbeulen nach EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5
	80	0.000		BS1	LK157	0.833	✓	SP4100.03	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5

Quersch. Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Spann- Punkt Nr.	Bemess- Situation	Belast. Nr.	Nachweis		Typ	Beschreibung
3	81	1.075 $\frac{1}{2}$	9	BS1	LK127		0.109 ✓	SP5100.03	Plastische Bemessung Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
	80	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK157		0.952 ✓	SP6100.00	Querschnittsnachweis Normal- und Schubspannung nach EN 1993-1-1, 6.2.1(5) Elastische Bemessung
	32	1.075 $\frac{1}{2}$		BS1	LK306		0.103 ✓	SP6500.01	Querschnittsnachweis Doppelbiegung, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	80	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK157		0.833 ✓	SP6500.02	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	447	0.895 $\frac{1}{2}$		BS1	LK474		0.001 ✓	SP6500.03	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	68	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK130		0.291 ✓	SP6500.04	Querschnittsnachweis Doppelbiegung und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	10	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK6		0.000 ✓	ST1100.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse y nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK6		0.000 ✓	ST1300.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse z nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK6		0.000 ✓	ST1500.00	Stabilität Drillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.1
	68	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK479		0.404 ✓	ST2100.00	Stabilität Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.2.1
	80	2.875 $\frac{1}{2}$		BS1	LK52		0.782 ✓	ST3100.00	Stabilität Biegung und Knicken um Hauptachsen nach EN 1993-1-1, 6.3.3
21	0.550 $\frac{1}{4}$	BS1	LK7		Warnung ⚠	WA5001.00	Warnung Torsion wird bei Stabilitätsnachweisen vernachlässigt		
4	HEA 260 1 - S235JR								
	202	1.675 $\frac{1}{2}$	1	BS1	LK1345		0.002 ✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug nach EN 1993-1-1, 6.2.3
	192	3.150 $\frac{1}{2}$		BS1	LK475		0.004 ✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis Druck nach EN 1993-1-1, 6.2.4
	133	3.150 $\frac{1}{2}$		BS1	LK157		0.053 ✓	SP2100.00	Querschnittsnachweis Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.6(4)
	97	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK130		0.388 ✓	SP3100.01	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse und Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.7(9) Plastische Bemessung
		0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK125		0.383 ✓	SP3100.02	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
		0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK1		0.000 ✓	SP3500.00	Querschnittsnachweis Schubbeulen nach EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5
		0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK126		0.841 ✓	SP4100.03	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
	133	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK131		0.877 ✓	SP6100.00	Querschnittsnachweis Normal- und Schubspannung nach EN 1993-1-1, 6.2.1(5) Elastische Bemessung
		0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK131		0.690 ✓	SP6500.02	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
		0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK7		0.000 ✓	ST1100.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse y nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK7		0.000 ✓	ST1300.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse z nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK7		0.000 ✓	ST1500.00	Stabilität Drillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.1
	3.150 $\frac{1}{2}$	BS1		LK677		0.198 ✓	ST2100.00	Stabilität Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.2.1	
	0.275 $\frac{1}{4}$	BS1	LK131		0.607 ✓	ST3100.00	Stabilität Biegung und Knicken um Hauptachsen nach EN 1993-1-1, 6.3.3		
97	0.000 $\frac{1}{2}$	BS1	LK8		Warnung ⚠	WA5001.00	Warnung Torsion wird bei Stabilitätsnachweisen vernachlässigt		
5	HEB 260 1 - S235JR								
	194	1.988 $\frac{1}{4}$	1	BS1	LK1		0.000 ✓	SP0100.00	Querschnittsnachweis Vernachlässigbare Schnittgrößen
	1	0.650 $\frac{1}{2}$		BS1	LK277		0.126 ✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug nach EN 1993-1-1, 6.2.3
	2	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK153		0.207 ✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis Druck nach EN 1993-1-1, 6.2.4
	25	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK131		0.350 ✓	SP3100.02	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
	1	0.650 $\frac{1}{2}$		BS1	LK73		0.021 ✓	SP3200.02	Querschnittsnachweis Querkraft in y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
		0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK1		0.000 ✓	SP3500.00	Querschnittsnachweis Schubbeulen nach EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5
	25	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK131		0.833 ✓	SP4100.03	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
	1	0.650 $\frac{1}{2}$		BS1	LK73		0.120 ✓	SP5100.03	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
	19	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK157		0.145 ✓	SP6500.01	Querschnittsnachweis Doppelbiegung, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	25	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK131		0.833 ✓	SP6500.02	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	8	2.500 $\frac{1}{2}$		BS1	LK809		0.093 ✓	SP6500.03	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	7	2.500 $\frac{1}{2}$		BS1	LK627		0.042 ✓	SP6500.04	Querschnittsnachweis Doppelbiegung und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	1	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK1		0.000 ✓	ST1100.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse y nach EN 1993-1-1, 6.3.1
	19	0.000 $\frac{1}{2}$		BS1	LK153		0.216 ✓	ST1300.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse z nach EN 1993-1-1, 6.3.1
1	0.000 $\frac{1}{2}$	BS1		LK1		0.000 ✓	ST1500.00	Stabilität Drillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.1	
20	0.000 $\frac{1}{2}$	BS1	LK724		0.081 ✓	ST2100.00	Stabilität Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.2.1		
25	0.275 $\frac{1}{4}$	BS1	LK131		0.728 ✓	ST3100.00	Stabilität Biegung und Knicken um Hauptachsen nach EN 1993-1-1, 6.3.3		
6	R 24 2 - S355JR								
	368	0.000 $\frac{1}{2}$	1	BS1	LK505		0.000 ✓	SP0100.00	Querschnittsnachweis Vernachlässigbare Schnittgrößen
	420	4.171 $\frac{1}{2}$		BS1	LK103		0.694 ✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug nach EN 1993-1-1, 6.2.3

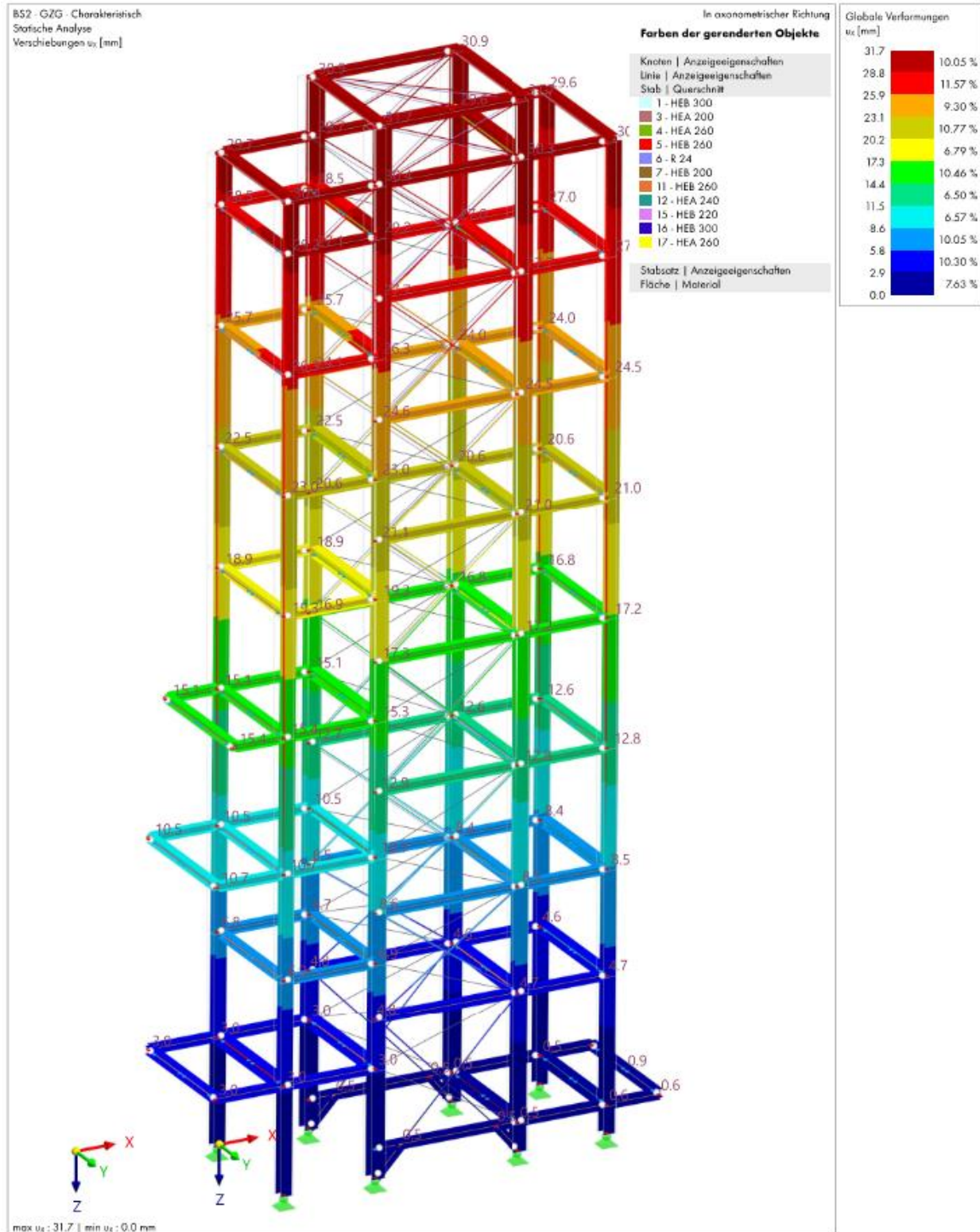
Quersch. Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Spann.- Punkt Nr.	Bemess.- Situation	Belast. Nr.	Nachweis		Typ	Beschreibung
						Kriterium η [–]			
7	I HEB 200 2 - S355JR								
	61	1.675		BS1	LK321	0.001	✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug nach EN 1993-1-1, 6.2.3
		0.000		BS1	LK131	0.002	✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis Druck nach EN 1993-1-1, 6.2.4
	73	3.150	1	BS1	LK157	0.020	✓	SP2100.00	Querschnittsnachweis Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.6(4)
	61	0.000		BS1	LK131	0.280	✓	SP3100.01	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse und Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.7(9) Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK130	0.278	✓	SP3100.02	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
	47	0.000		BS1	LK1	0.000	✓	SP3500.00	Querschnittsnachweis Schubbeulen nach EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5
	61	0.000		BS1	LK131	0.743	✓	SP4100.03	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
		0.000	13	BS1	LK131	0.866	✓	SP6100.00	Querschnittsnachweis Normal- und Schubspannung nach EN 1993-1-1, 6.2.1(5) Elastische Bemessung
		0.000		BS1	LK131	0.743	✓	SP6500.02	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1100.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse y nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1300.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse z nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1500.00	Stabilität Drillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		3.150		BS1	LK497	0.581	✓	ST2100.00	Stabilität Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.2.1
		0.275		BS1	LK131	0.747	✓	ST3100.00	Stabilität Biegung und Knicken um Hauptachsen nach EN 1993-1-1, 6.3.3
	47	0.000		BS1	LK153		Warnung	WA5001.00	Warnung Torsion wird bei Stabilitätsnachweisen vernachlässigt
11	I HEB 260 2 - S355JR								
	26	1.675		BS1	LK501	0.003	✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug nach EN 1993-1-1, 6.2.3
		0.000		BS1	LK126	0.317	✓	SP3100.02	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK1	0.000	✓	SP3500.00	Querschnittsnachweis Schubbeulen nach EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5
		0.000		BS1	LK126	0.730	✓	SP4100.03	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK131	0.001	✓	SP5100.03	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK131	0.525	✓	SP6500.01	Querschnittsnachweis Doppelbiegung, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK126	0.730	✓	SP6500.02	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	36	3.150		BS1	LK677	0.104	✓	ST2100.00	Stabilität Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.2.1
	26	0.000		BS1	LK131	0.797	✓	ST3100.00	Stabilität Biegung und Knicken um Hauptachsen nach EN 1993-1-1, 6.3.3
12	I HEA 240 1 - S235JR								
	33	1.475		BS1	LK157	0.003	✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug nach EN 1993-1-1, 6.2.3
	9	0.000		BS1	LK471	0.005	✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis Druck nach EN 1993-1-1, 6.2.4
	56	0.000	1	BS1	LK157	0.027	✓	SP2100.00	Querschnittsnachweis Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.6(4)
	33	0.000		BS1	LK157	0.270	✓	SP3100.01	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse und Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.7(9) Plastische Bemessung
	9	3.150		BS1	LK157	0.275	✓	SP3100.02	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK1	0.000	✓	SP3500.00	Querschnittsnachweis Schubbeulen nach EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5
	33	0.000		BS1	LK153	0.746	✓	SP4100.03	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK157	0.001	✓	SP5100.03	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
		0.000	9	BS1	LK157	0.869	✓	SP6100.00	Querschnittsnachweis Normal- und Schubspannung nach EN 1993-1-1, 6.2.1(5) Elastische Bemessung
		0.000		BS1	LK157	0.558	✓	SP6500.01	Querschnittsnachweis Doppelbiegung, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK153	0.746	✓	SP6500.02	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	9	0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1100.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse y nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1300.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse z nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1500.00	Stabilität Drillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.1
	33	0.000		BS1	LK693	0.056	✓	ST2100.00	Stabilität Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.2.1
		0.000		BS1	LK157	0.822	✓	ST3100.00	Stabilität Biegung und Knicken um Hauptachsen nach EN 1993-1-1, 6.3.3
		0.000		BS1	LK31		Warnung	WA5001.00	Warnung Torsion wird bei Stabilitätsnachweisen vernachlässigt
15	I HEB 220 2 - S355JR								
	85	1.675		BS1	LK321	0.001	✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug nach EN 1993-1-1, 6.2.3
		0.000		BS1	LK129	0.001	✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis Druck nach EN 1993-1-1, 6.2.4
		3.150	1	BS1	LK157	0.028	✓	SP2100.00	Querschnittsnachweis Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.6(4)
		0.000		BS1	LK131	0.287	✓	SP3100.01	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse und Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.7(9) Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK126	0.284	✓	SP3100.02	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2)

Quersch. Nr.	Stab Nr.	Stelle x [m]	Spann.- Punkt Nr.	Bemess.- Situation	Belast. Nr.	Nachweis		Beschreibung	
						Kriterium η [-]	Typ		
15	85	0.000		BS1	LK1	0.000	✓	SP3500.00	Plastische Bemessung Querschnittsnachweis Schubbeulen nach EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5
		0.000		BS1	LK131	0.688	✓	SP4100.03	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
		0.000	13	BS1	LK131	0.814	✓	SP6100.00	Querschnittsnachweis Normal- und Schubspannung nach EN 1993-1-1, 6.2.1(5) Elastische Bemessung
		0.000		BS1	LK131	0.688	✓	SP6500.02	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1100.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse y nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1300.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse z nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1500.00	Stabilität Drillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		3.150		BS1	LK677	0.153	✓	ST2100.00	Stabilität Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.2.1
		0.275		BS1	LK131	0.669	✓	ST3100.00	Stabilität Biegung und Knicken um Hauptachsen nach EN 1993-1-1, 6.3.3
		0.000		BS1	LK8	Warnung ⚠		WA5001.00	Warnung Torsion wird bei Stabilitätsnachweisen vernachlässigt
16	HEB 300 2 - S355JR								
	3	0.650		BS1	LK259	0.135	✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug nach EN 1993-1-1, 6.2.3
	4	0.000		BS1	LK126	0.247	✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis Druck nach EN 1993-1-1, 6.2.4
		0.000		BS1	LK131	0.114	✓	SP3100.02	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
	271	0.000		BS1	LK103	0.014	✓	SP3200.02	Querschnittsnachweis Querkraft in y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
	3	0.000		BS1	LK1	0.000	✓	SP3500.00	Querschnittsnachweis Schubbeulen nach EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5
	271	2.500		BS1	LK126	0.315	✓	SP4100.03	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
		0.650		BS1	LK103	0.067	✓	SP5100.03	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.5 Plastische Bemessung
		2.500		BS1	LK126	0.129	✓	SP6500.01	Querschnittsnachweis Doppelbiegung, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
		2.500		BS1	LK131	0.506	✓	SP6500.02	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
		0.650		BS1	LK105	0.060	✓	SP6500.03	Querschnittsnachweis Biegung um z-Achse, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	275	0.000		BS1	LK563	0.044	✓	SP6500.04	Querschnittsnachweis Doppelbiegung und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.1, 6.2.10 Plastische Bemessung
	3	0.000		BS1	LK1	0.000	✓	ST1100.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse y nach EN 1993-1-1, 6.3.1
	271	0.650		BS1	LK131	0.288	✓	ST1300.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse z nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.650		BS1	LK131	0.284	✓	ST1500.00	Stabilität Drillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.1
	4	0.325	1/2	BS1	LK8	0.000	✓	ST2100.00	Stabilität Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.2.1
	271	0.650		BS1	LK131	0.641	✓	ST3100.00	Stabilität Biegung und Knicken um Hauptachsen nach EN 1993-1-1, 6.3.3
17	HEA 260 2 - S355JR								
	109	1.675		BS1	LK157	0.002	✓	SP1100.00	Querschnittsnachweis Zug nach EN 1993-1-1, 6.2.3
		0.000		BS1	LK317	0.001	✓	SP1200.00	Querschnittsnachweis Druck nach EN 1993-1-1, 6.2.4
		1.675		BS1	LK1445	0.111	✓	SP3100.02	Querschnittsnachweis Querkraft in z-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.6(2) Plastische Bemessung
		3.150	11	BS1	LK157	0.458	✓	SP3400.01	Querschnittsnachweis Schub und Torsion nach EN 1993-1-1, 6.2.6(4), 6.2.7(5) Elastische Bemessung
		0.000	11	BS1	LK126	0.440	✓	SP3400.02	Querschnittsnachweis Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.6(4) Elastische Bemessung
		0.000		BS1	LK1	0.000	✓	SP3500.00	Querschnittsnachweis Schubbeulen nach EN 1993-1-5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.5
		0.000	1	BS1	LK131	0.634	✓	SP4200.03	Querschnittsnachweis Biegung um y-Achse nach EN 1993-1-1, 6.2.9.2 oder 6.2.9.3 Elastische Bemessung
		3.150	9	BS1	LK157	0.710	✓	SP6100.00	Querschnittsnachweis Normal- und Schubspannung nach EN 1993-1-1, 6.2.1(5) Elastische Bemessung
		3.150	1	BS1	LK157	0.622	✓	SP6200.00	Querschnittsnachweis Biegung, Normalkraft und Schub nach EN 1993-1-1, 6.2.9.2, 6.2.9.3 oder 6.2.10 Elastische Bemessung
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1100.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse y nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1300.00	Stabilität Biegeknicken um Hauptachse z nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		0.000		BS1	LK7	0.000	✓	ST1500.00	Stabilität Drillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.1
		3.150		BS1	LK677	0.149	✓	ST2100.00	Stabilität Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.2.1
		0.000		BS1	LK147	0.617	✓	ST3100.00	Stabilität Biegung und Knicken um Hauptachsen nach EN 1993-1-1, 6.3.3
0.000		BS1	LK8	Warnung ⚠		WA5001.00	Warnung Torsion wird bei Stabilitätsnachweisen vernachlässigt		

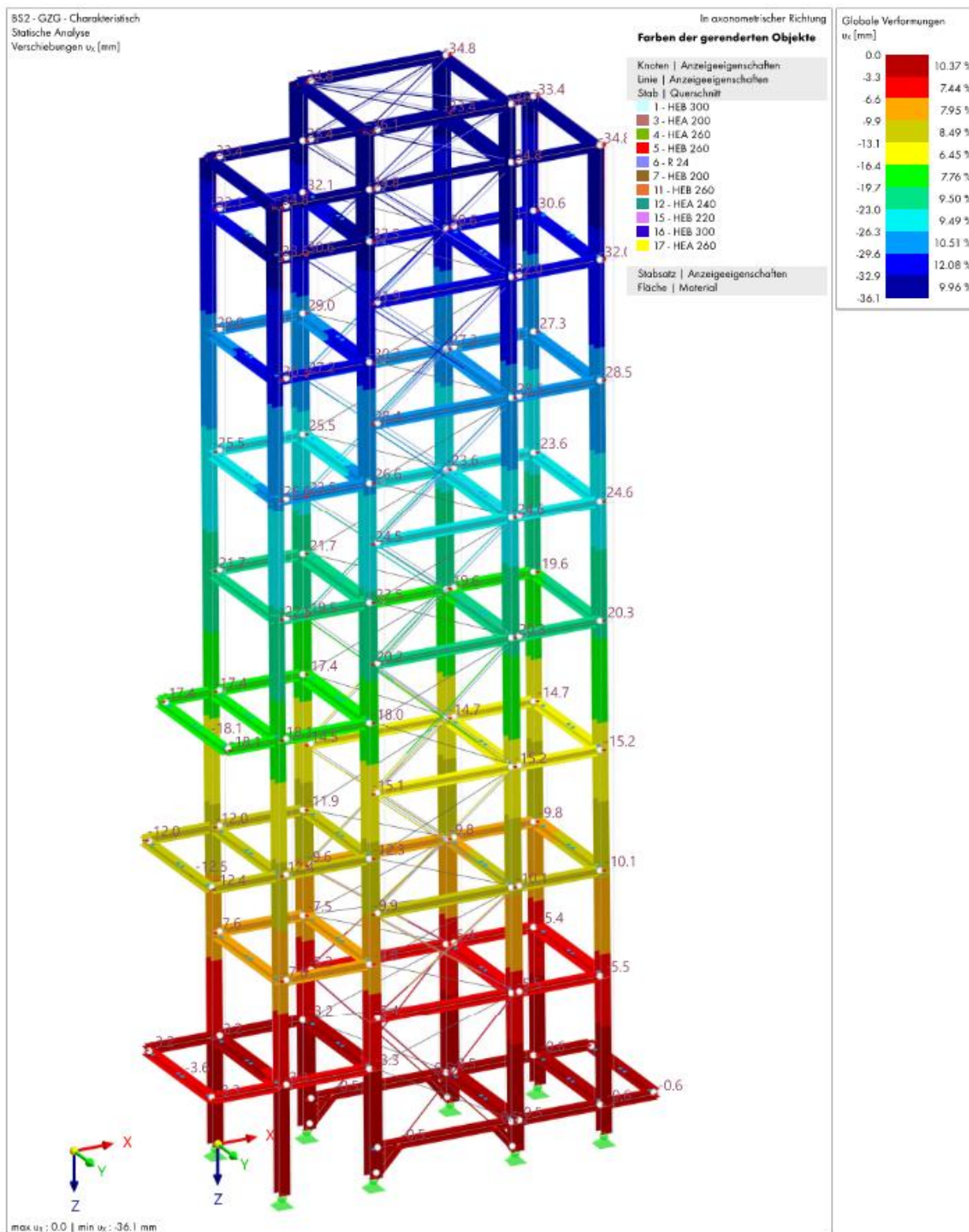
3.5.5 Verformungen

Charakteristische Verformungen

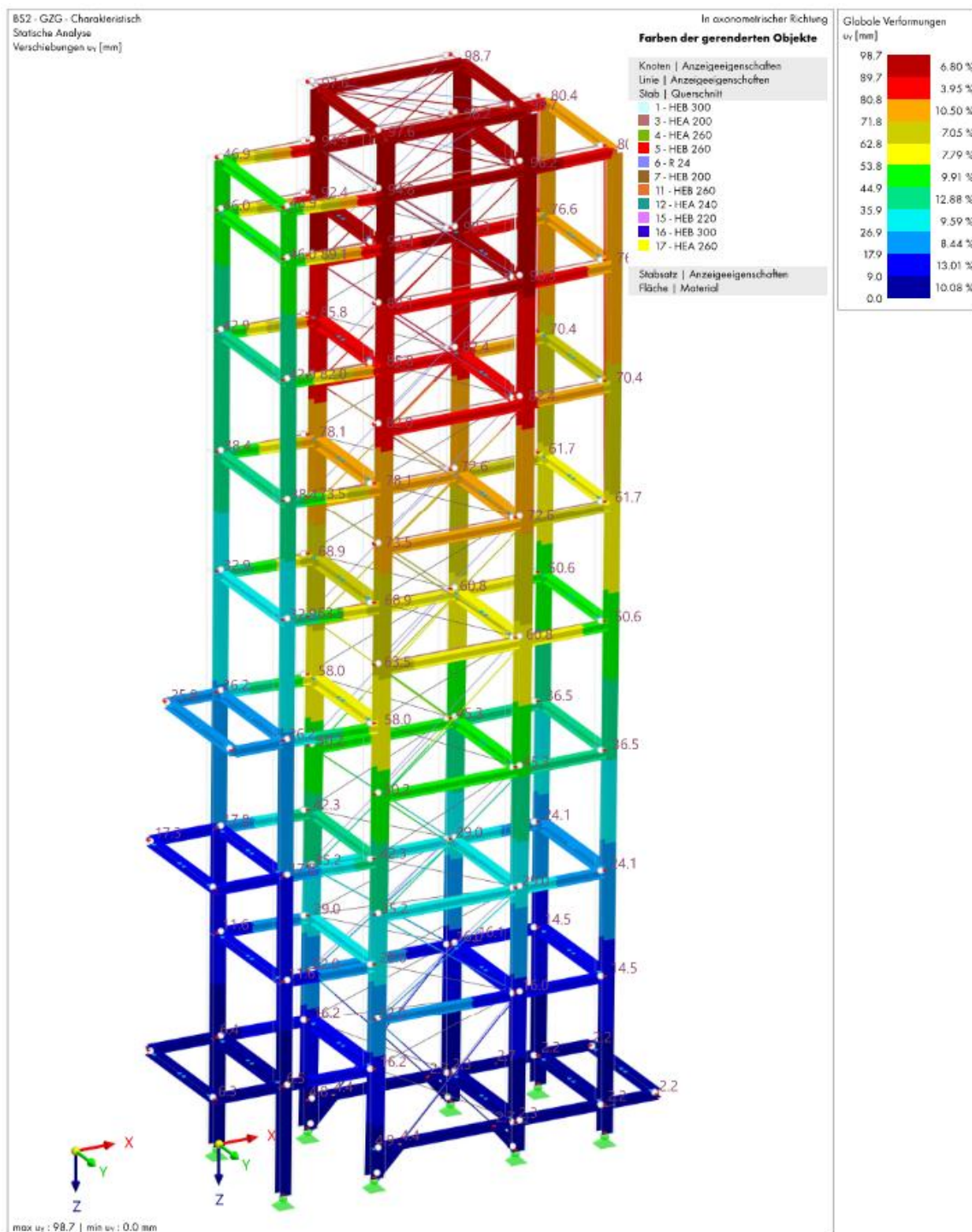
Maximale x-Richtung



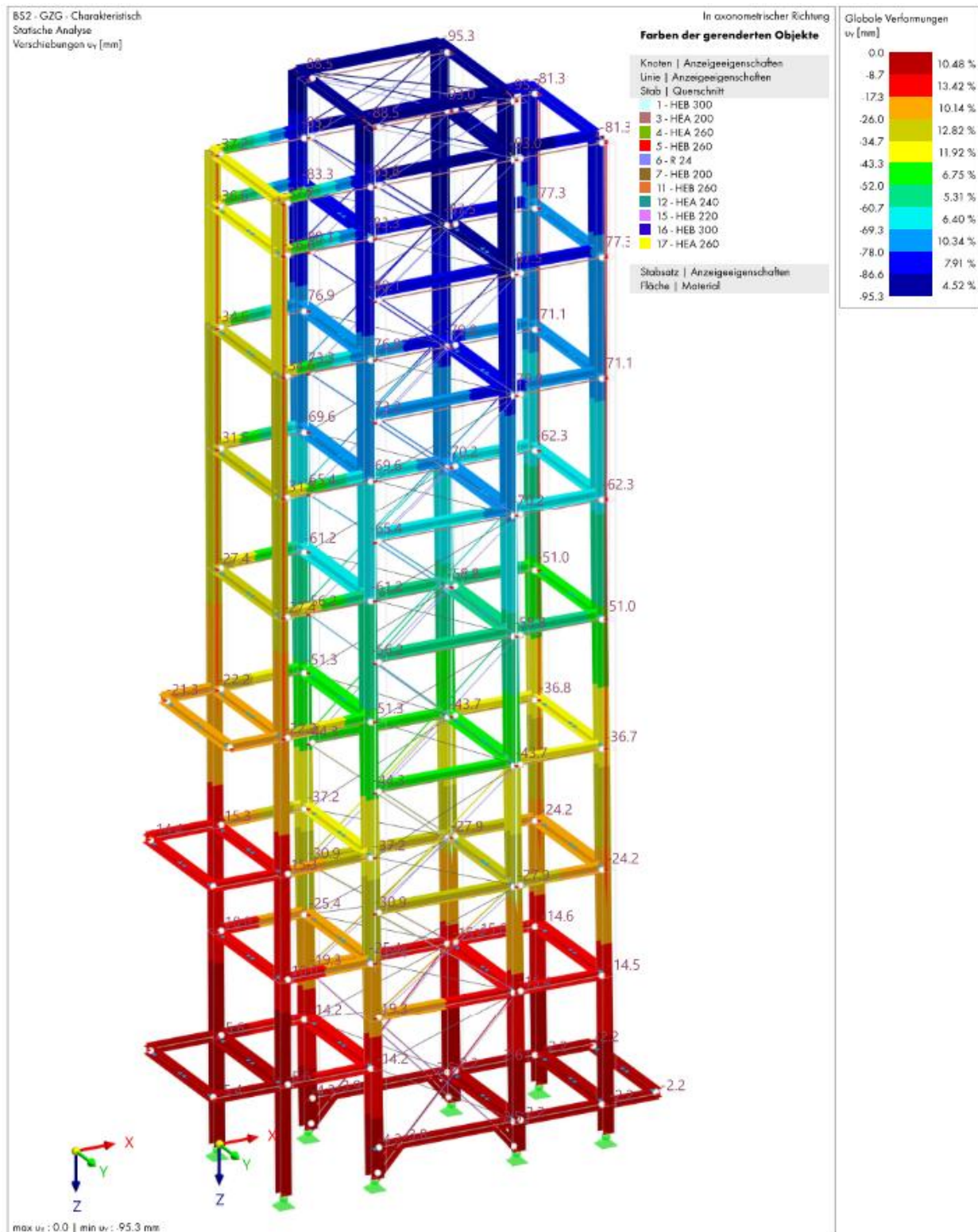
Minimale x-Richtung



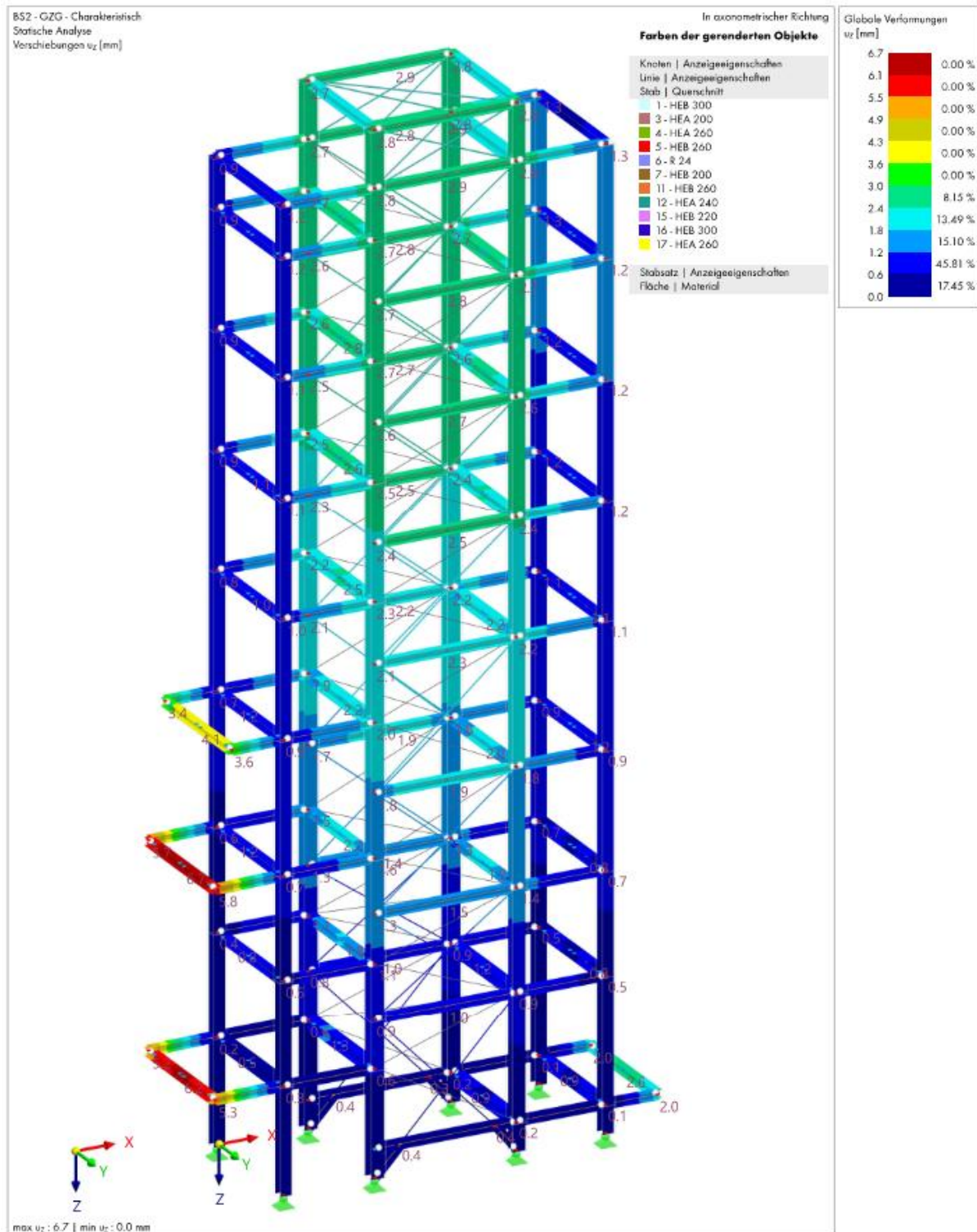
Maximale y-Richtung



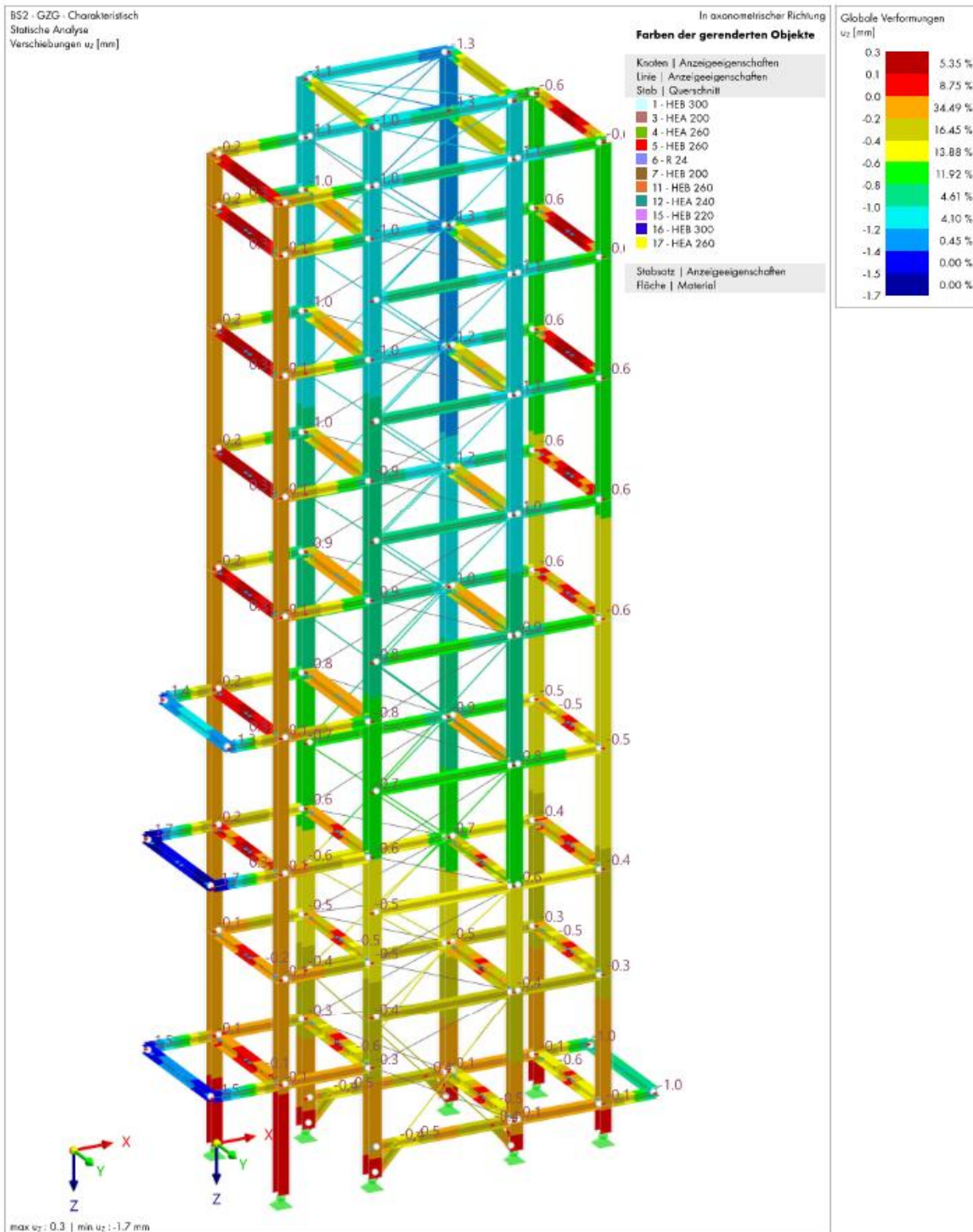
Minimale y-Richtung



Maximale z-Richtung

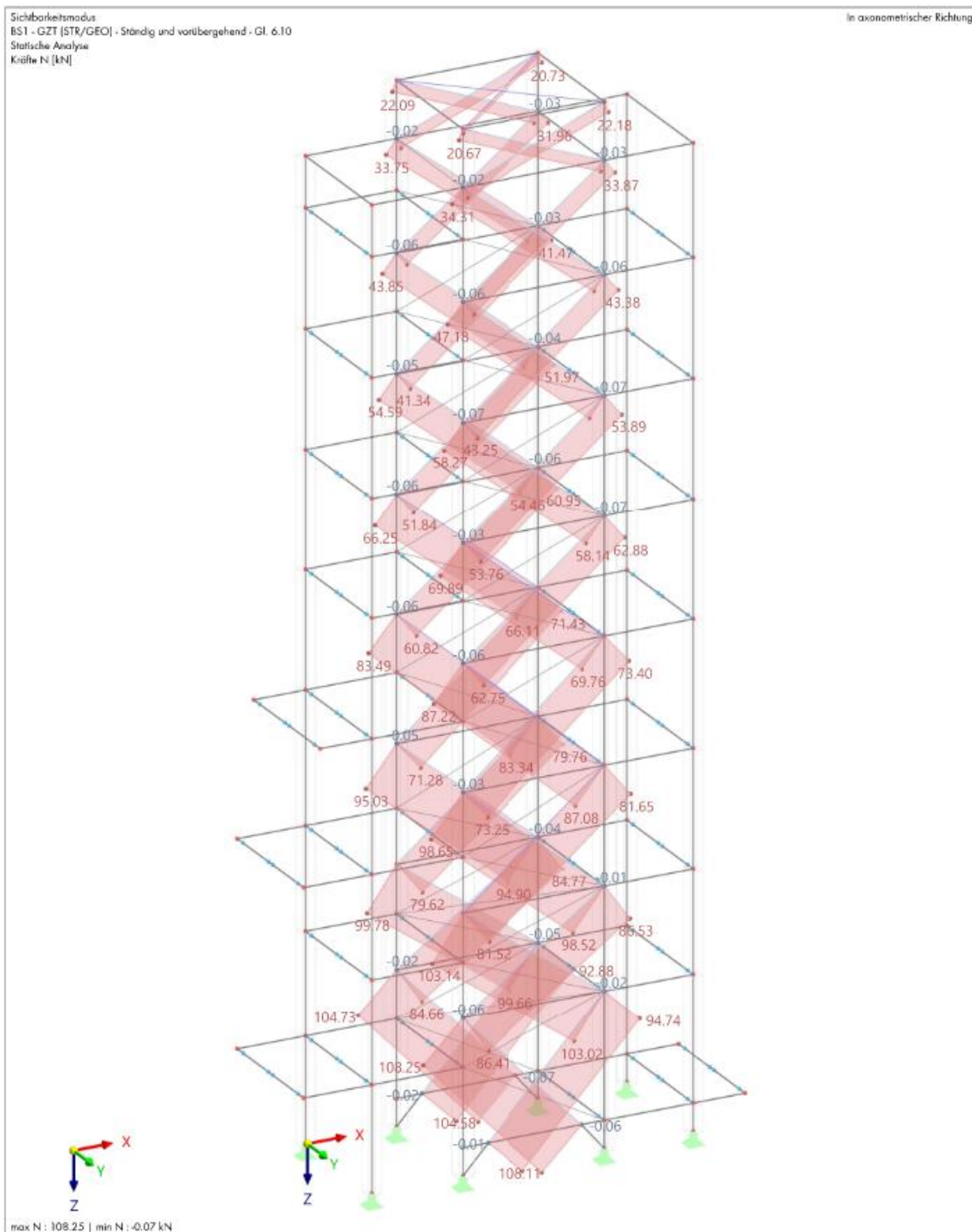


Minimale z-Richtung



3.6 Detail

3.6.1 A01-1 - Aussteifungsverband



Belastung:

$$N_{Ed,max} = 108,25 \text{ kN} \checkmark$$

Tabelle 3 - C-Stahl

Zugstab-Parameter	Nenngröße		M12	M16	M20	M24
	Stabdurchmesser	mm	12	16	20	24
	Stabquerschnitt, A_g	mm ²	113	201	314	452
	Gewindesteigung	mm	1,75	2	2,5	3
	Spannungsquerschnitt, A_s	mm ²	84	157	245	353
	Stabgewicht/Meter	kg/m	0,9	1,6	2,5	3,6
Charakteristische Lastwerte	ASD0350-S	Streckgrenze	kN	-	-	-
		Zugfestigkeit	kN	-	-	-
	ASD0540-S	Streckgrenze	kN	31	85	132
		Zugfestigkeit	kN	43	110	171
Grenzzugkraft ¹	ASD0350-S	$F_{t,Rd}$	kN	-	-	-
	ASD0540-S	$F_{t,Rd}$	kN	30	79	123

Gewählt:

M24, ASD0540-S 

Anschluss an den Flansch eines HEA 200 mit $t_f = 10 \text{ mm}$; Anschlussdetails sind damit ausreichend.

$$F_{t,Rd} = 178 \text{ kN} \geq N_{Ed,max} = 108,25 \text{ kN}$$

$$\eta = 0,61$$

3.6.2 H01-D1 – Holmleiterrverbindungen

Siehe Abschnitt 3.1.3 (FRILO-Nachweisberechnung)

Belastung:

Querkraft $F_{Ed} = 3,1 \text{ kN}$ ✓

Biegemoment: $M_{Ed} = 1,35 * 0,5 + 1,5 * 0,3 + 1,0 * 0,5 = 1,7 \text{ kNm}$ ✓

Kraft auf Schrauben:

$$F_{v,Ed} = F_{Ed}/n_s + M_{Ed}/e = 3,1 \text{ kN}/2 + 1,7 \text{ kN}/0,080 \text{ m} = 22,8 \text{ kN}$$

Gewählt:

Baustahlgüte: S235

Treppenwange: UPN 180

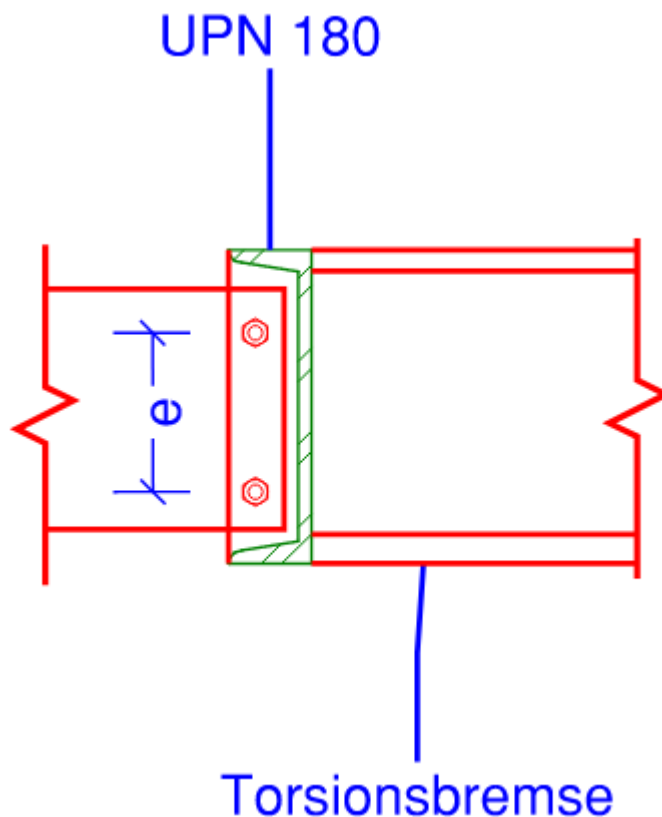
Torsionsbremse: IPE 180

Schrauben: M12, F.K. 10.9

Platten: 15mm d.

Zu Beachten:

Bei Türmen und Masten muss das Nennlochspiel um 0,5 mm reduziert werden. (DIN EN 1090-2 Tabelle 11)



Nachweis:

Lage der Scherfuge	SFK	Schraubengröße							
		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
im Schaft	4.6	21,7	38,6	60,3	73,0	86,8	110,0	135,7	195,5
	5.6	27,1	48,2	75,4	91,2	108,5	137,5	169,7	244,3
	8.8	43,4	77,2	120,6	145,9	173,6	220,0	271,5	390,9
	10.9	54,2	96,5	150,7	182,4	217,0	275,0	339,4	488,6
im Gewinde	4.6	16,2	30,1	47,0	58,2	67,8	88,1	107,7	156,9
	5.6	20,2	37,7	58,8	72,7	84,7	110,2	134,6	196,1
	8.8	32,4	60,3	94,1	116,4	135,6	176,3	215,4	313,7
	10.9	33,7	62,8	98,0	121,2	141,2	183,6	224,4	326,8
im Schaft (Passschrauben)	4.6	25,5	43,6	66,4	79,7	94,3	118,3	145,0	206,4
	5.6	31,9	54,5	83,0	99,6	117,8	147,8	181,2	258,0
	8.8	51,1	87,2	132,9	159,4	188,5	236,5	289,9	412,8
	10.9	63,8	109,0	166,1	199,2	235,7	295,7	362,4	516,0

Beanspruchbarkeit auf Abscheren

$$F_{v,Rd} = 54,2 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = 22,8 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 54,2 \text{ kN}$$

$$\eta = 0,42$$

Beanspruchbarkeit auf Lochleibung

Die Tragsicherheit auf Lochleibung ist nachgewiesen, wenn die vorhandene Abscherkraft $F_{v,Ed}$ je Bauteil und je Schraube die Grenzlochleibungskraft $F_{b,Rd}$ nicht überschreitet.

$$F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

d Schaftdurchmesser der Schraube

t Bauteildicke

d_0 Lochdurchmesser

f_u Zugfestigkeit der Stahlsorte nach Tafel 8.4a

f_{ub} Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffes
nach Tafel 8.4d

k_1 nach Tafel 8.52a

α_b nach Tafel 8.52a

Tafel 8.52a Beiwerte zur Lochleibungskraft

	in Kraftrichtung	quer zur Kraftrichtung
am Rand liegende Schrauben	$\alpha_b = \min \left\{ \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0} \right); \left(\frac{f_{ub}}{f_u} \right); (1,0) \right\}$	$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7 \\ 1,4 \cdot p_2 / d_0 - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right.$
innen liegende Schrauben	$\alpha_b = \min \left\{ \left(\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \right); \left(\frac{f_{ub}}{f_u} \right); (1,0) \right\}$	$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,4 \cdot p_2 / d_0 - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right.$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 15 / 1,25 = 129,6$$

Stahlsorte ($t \leq 40\text{mm}$)	f_u [kN/cm ²]	SFK	$F_{b,Rd}$ mit t in [cm]
S 235	36	4.6 / 5.6 / 8.8 / 10.9	$1,000 \cdot \text{Tafelwert} \cdot t$
S 275	43	5.6 / 8.8 / 10.9	$1,194 \cdot \text{Tafelwert} \cdot t$
S 355	49	8.8 / 10.9	$1,361 \cdot \text{Tafelwert} \cdot t$
S 420	52	8.8 / 10.9	$1,444 \cdot \text{Tafelwert} \cdot t$
S 460	54	8.8 / 10.9	$1,500 \cdot \text{Tafelwert} \cdot t$

Bei einschnittigen Anschlüssen mit nur einer Schraubenreihe beträgt die aufnehmbare Lochleibungskraft:

$$F_{b,Rd} \leq 1,5 \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$$



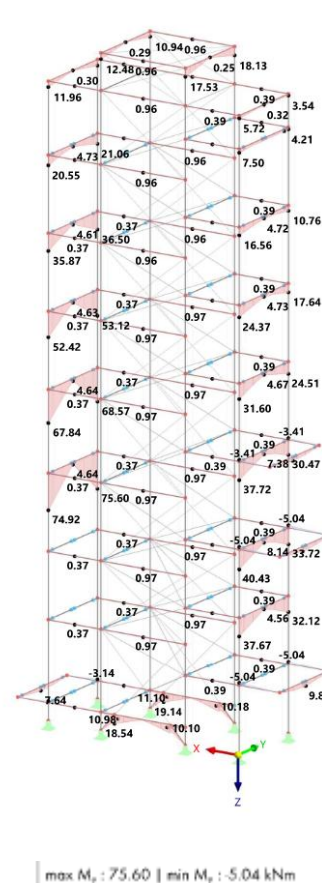
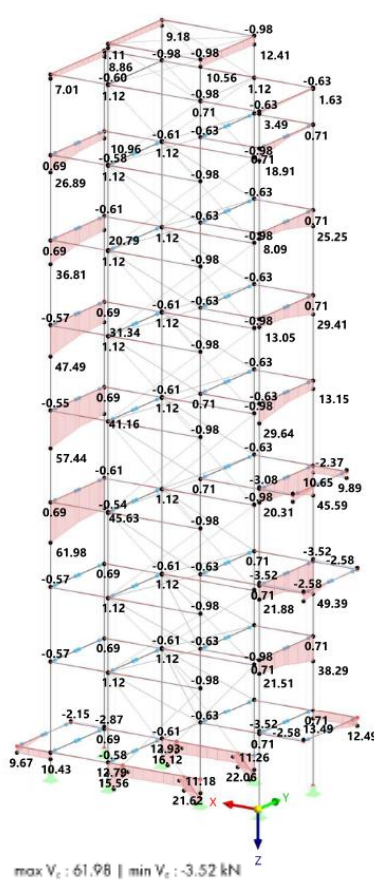
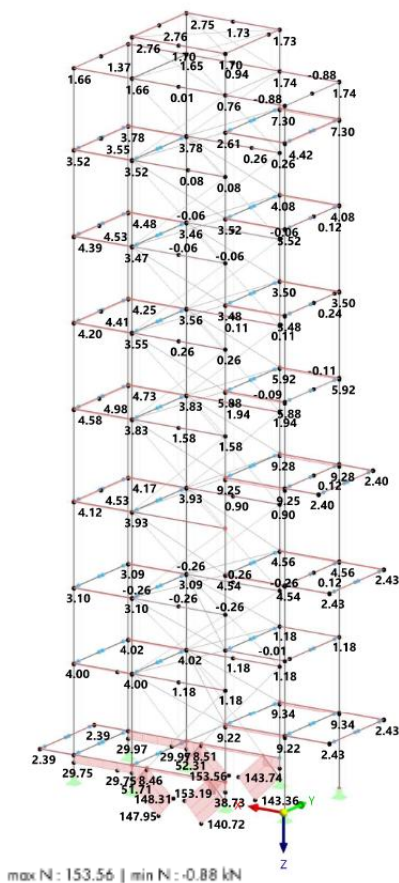
$$F_{b,Rd} \leq 1,5 \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 1,5 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 15 / 1,25 = 77,7 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = 22,8 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 77,7 \text{ kN}$$

$$\eta = 0,30$$

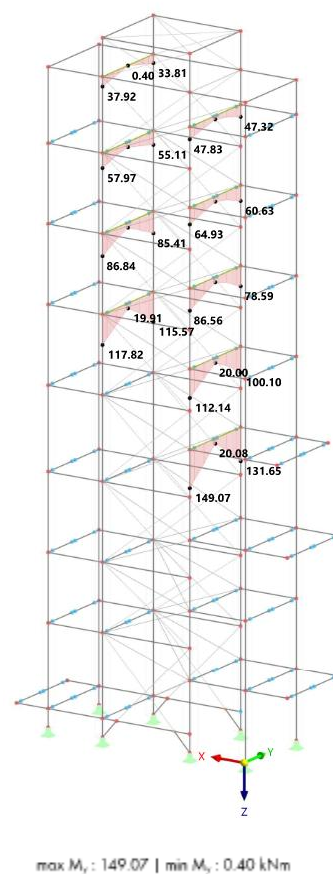
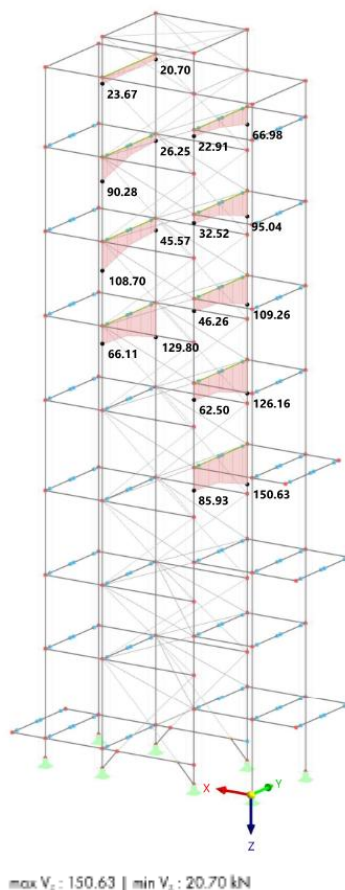
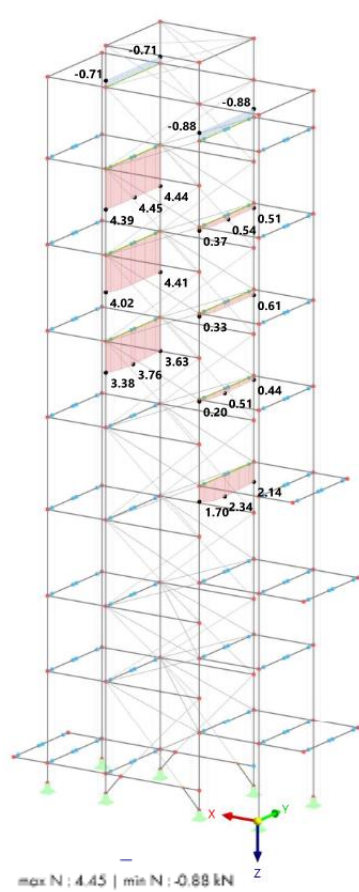
3.6.3 Normalkraft, Querkraft und Biegemoment für jeden Querschnitt – Balken

HEA 200 S235



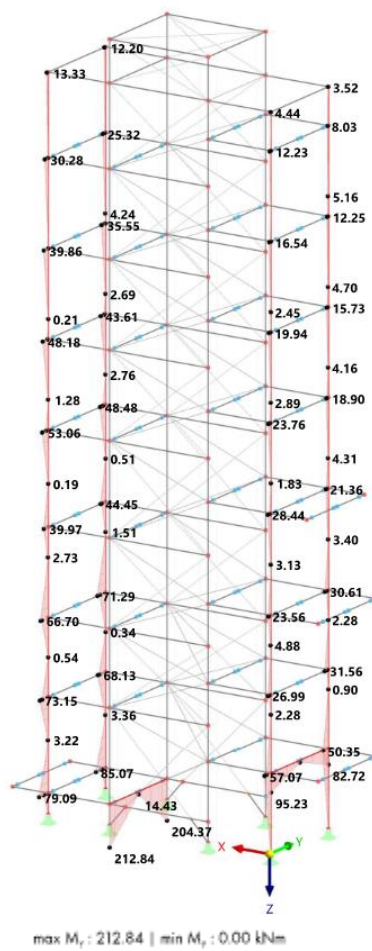
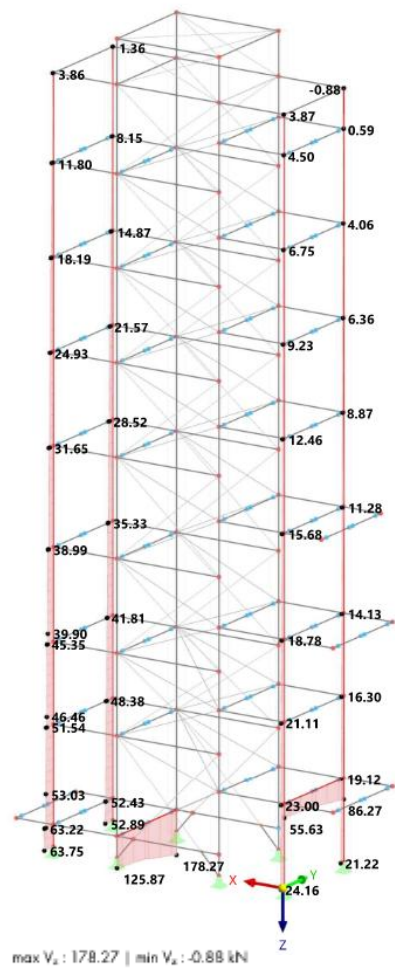
Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
HEA 200	153,6 ✓	-0,88 ✓	62,0 ✓	75,6 ✓
HEA 260 S235		(-3,73)		(182,8)

Für die Bemessung der Anschlusspunkte sind die Grüneintragungen in der Tabelle maßgebend!



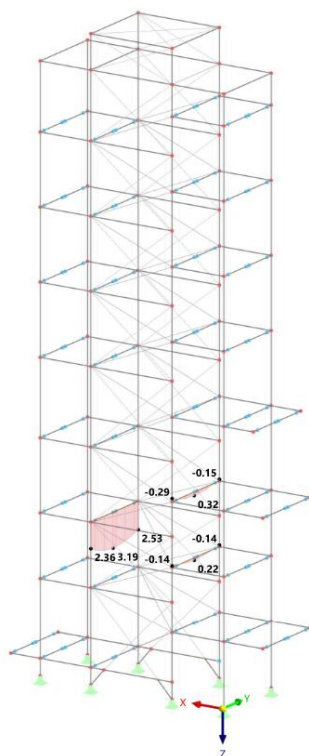
Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
HEA 260	4,45 ✓	-0,88 ✓	150,7 ✓	149,1 ✓

HEB 260 S235

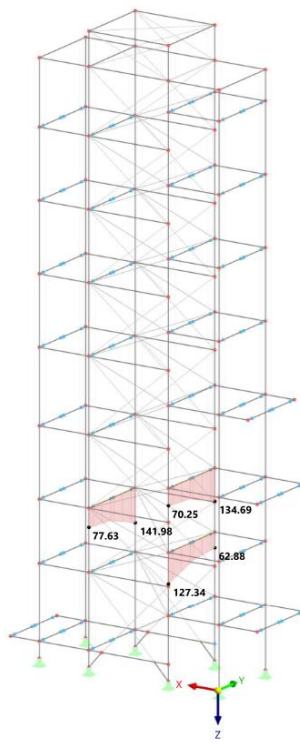


Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
HEB 260	-	-	178,3 ✓	212,9 ✓

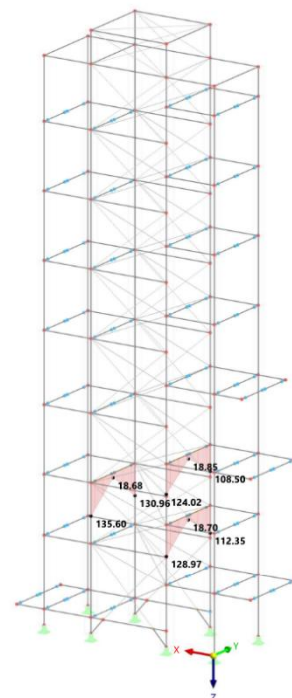
HEB 200 ^{S 395}
~~S 535~~



max N : 3.19 | min N : -0.29 kN



max V_x : 141.98 | min V_x : 62.88 kN

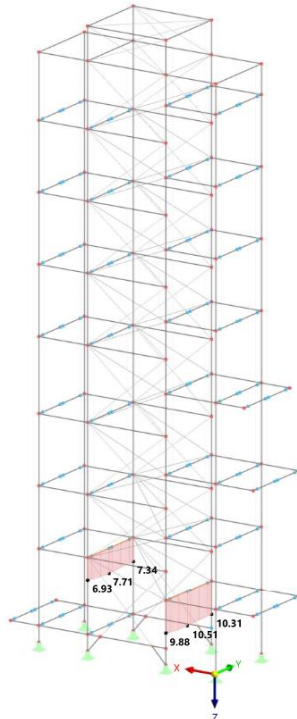
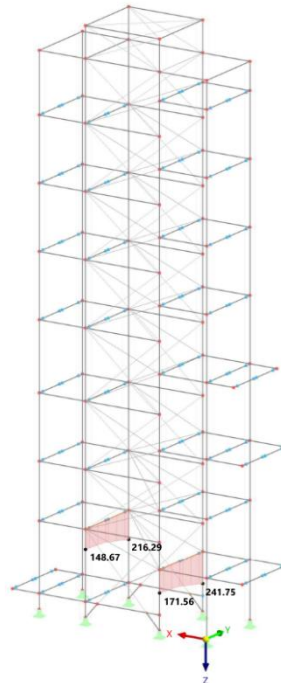
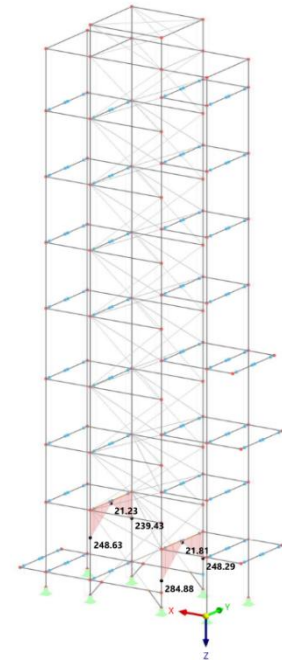


max M_y : 135.60 | min M_y : 18.68 kNm

Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
HEB 200	3,2 ✓	-0,3 ✓	142 ✓	135,6 ✓

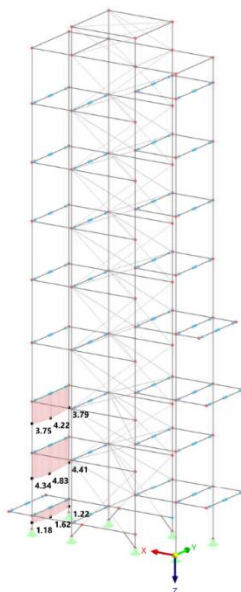
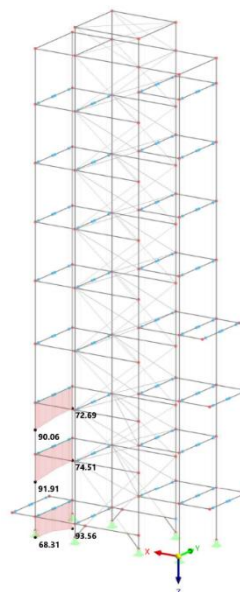
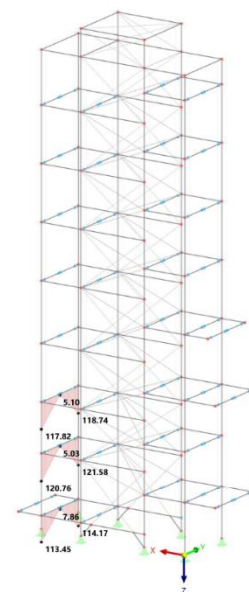
(-1,0)

HEB 260 S355


 $\max N : 10.51 \mid \min N : 6.93 \text{ kN}$

 $\max V_x : 241.75 \mid \min V_x : 148.67 \text{ kN}$

 $\max M_y : 284.88 \mid \min M_y : 21.23 \text{ kNm}$

Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
HEB 260	105,5 ✓	-7 ✓	241,8 ✓	284,9 ✓

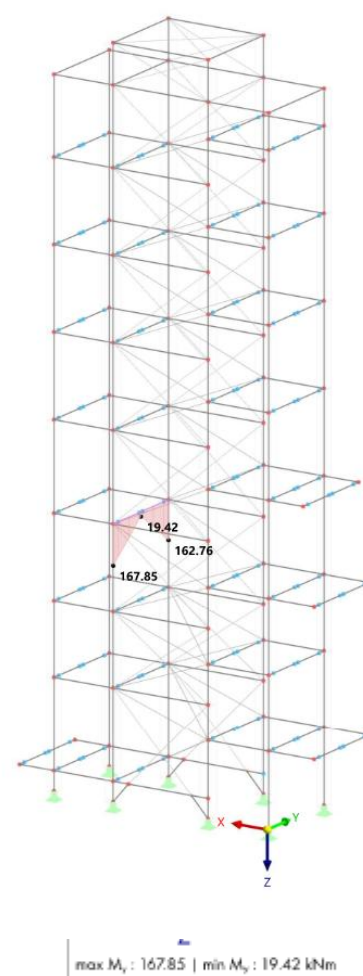
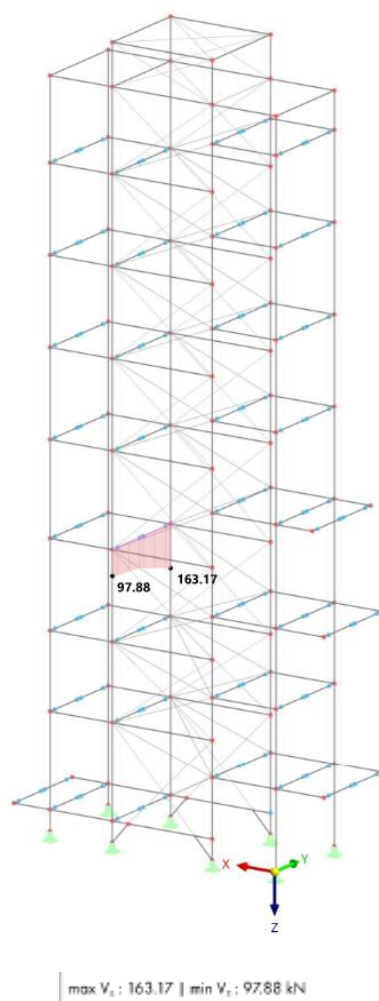
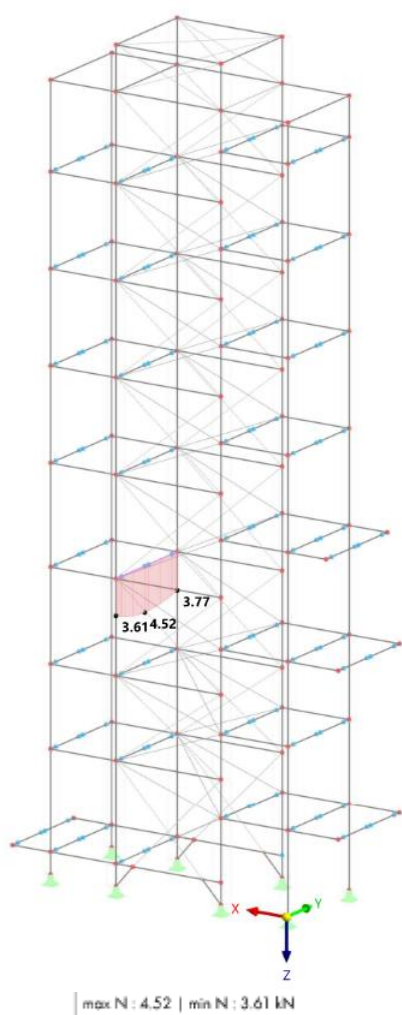
HEA 240 S235


 $\max N : 4.83 \mid \min N : 1.18 \text{ kN}$

 $\max V_x : 93.56 \mid \min V_x : 68.31 \text{ kN}$

 $\max M_y : 121.58 \mid \min M_y : 5.03 \text{ kNm}$

Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
HEA 240	4,9	1,2	93,6	121,6

(5,8) (-3,88)

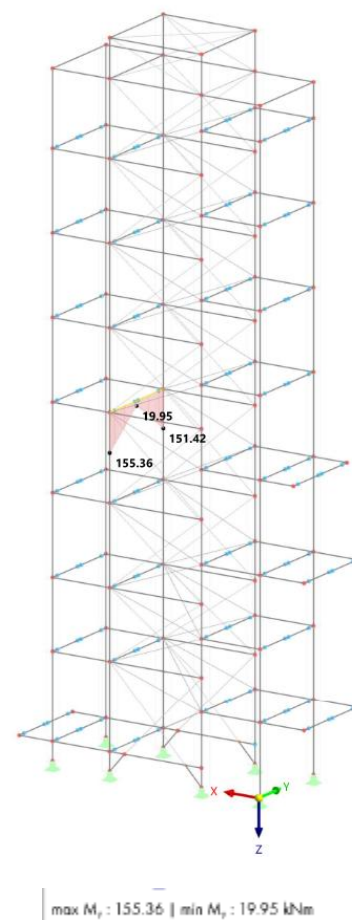
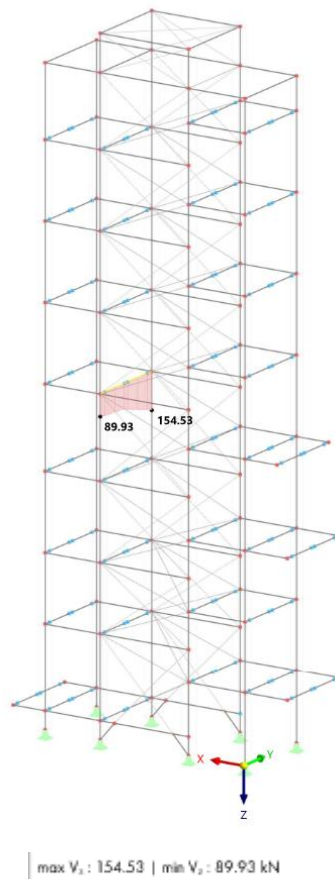
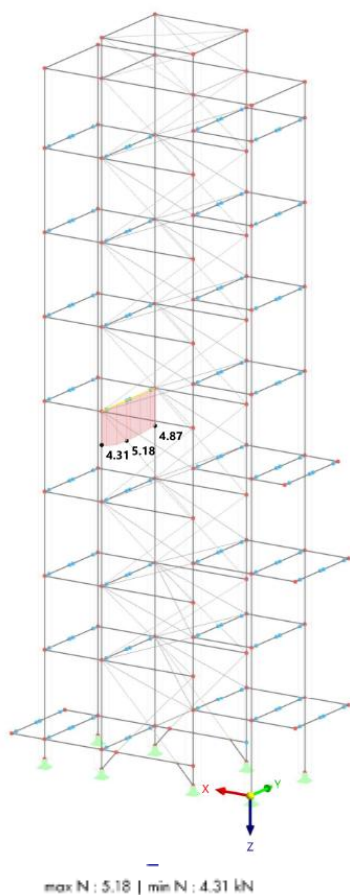
HEB 220 S355



Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
HEB220	4,52	3,61	163,37	167,85

(4,4) (4,4)

HEA 260 S355

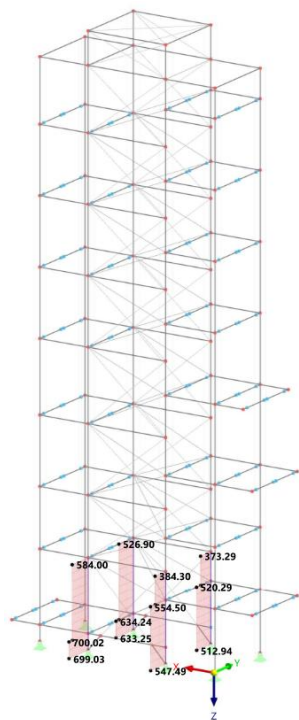


Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
HEA 260	5,18 ✓	4,31 ✓	154,53 ✓	155,36 ✓

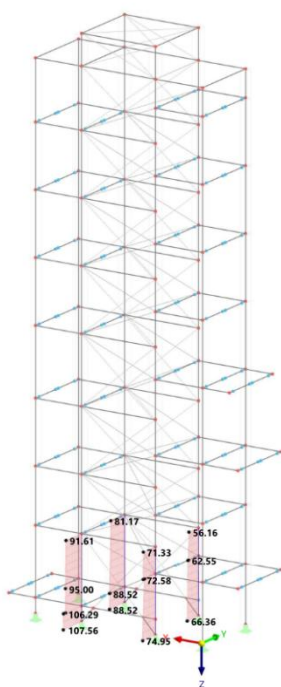
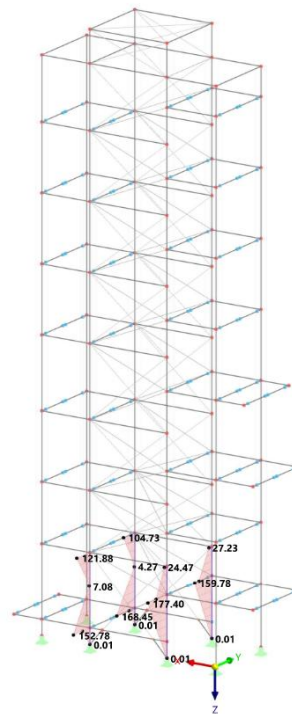
3.6.4 Normalkraft, Querkraft und Biegemoment für jeden Querschnitt – Stütze

Belastung

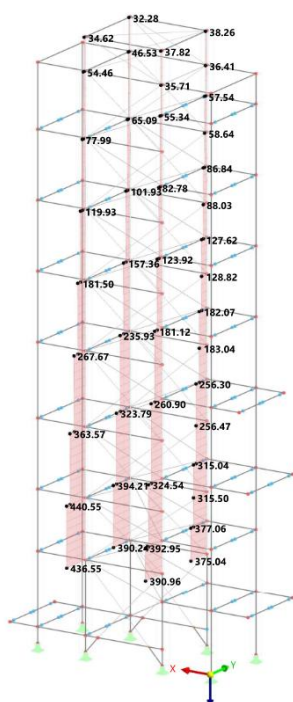
HEB 300 S355



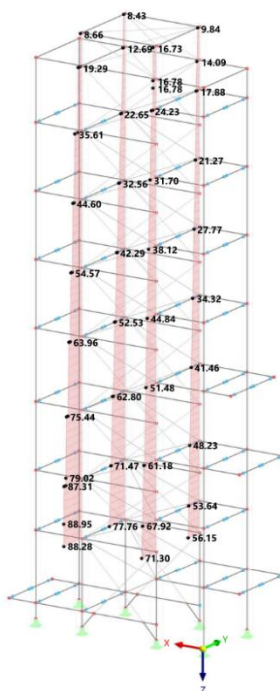
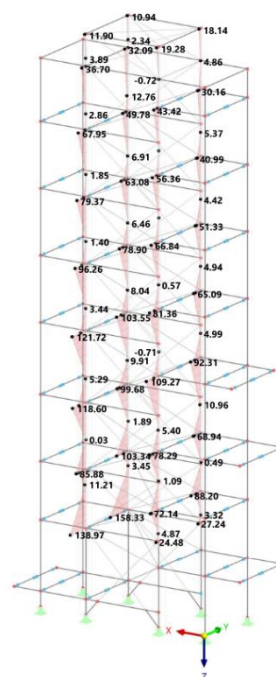
max N : 700.02 | min N : 371.43 kN


max V_x : 107.56 | min V_x : 56.16 kN

max M_y : 177.40 | min M_y : 0.01 kNm

HEB 300 S235



max N : 440.55 | min N : 30.16 kN

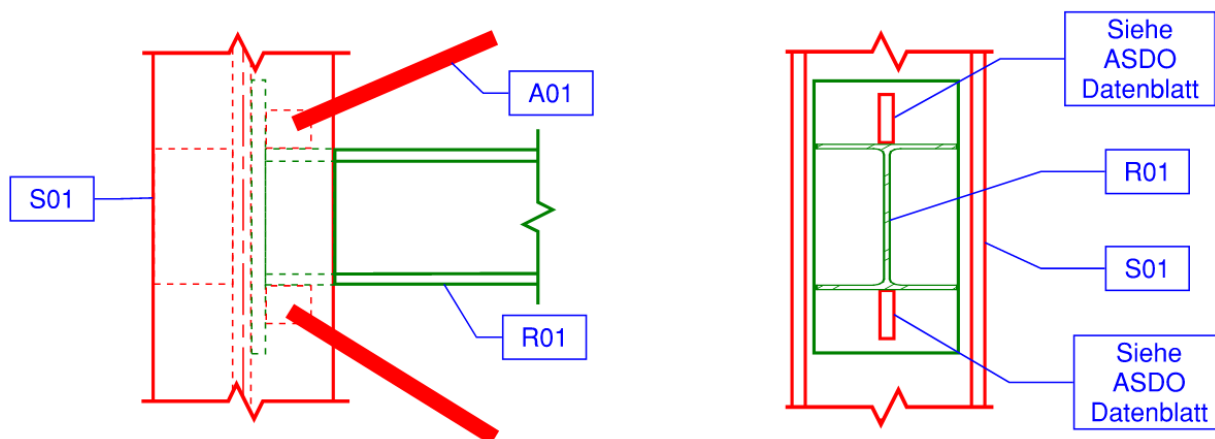

max V_x : 88.95 | min V_x : 8.43 kN

max M_y : 158.33 | min M_y : -0.72 kNm

Element	<i>Druck</i> $N_{Ed,max}$ (kN)	<i>Zug</i> $N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kN)
HEB 300, S355	700,02	371,43	107,56✓	177,4✓
HEB 300, S235	440,55	30,16	88,95✓	158,53✓

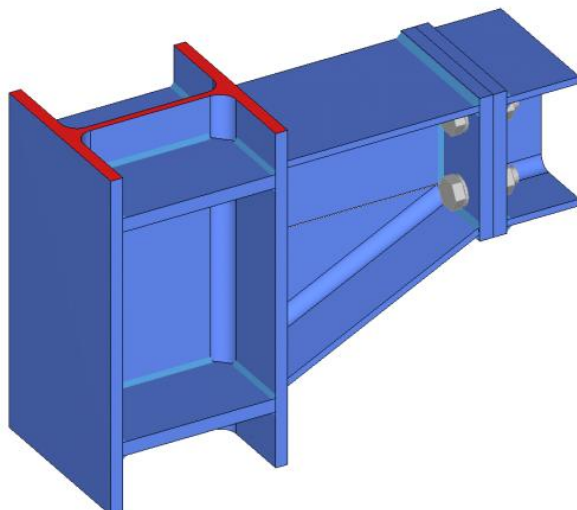
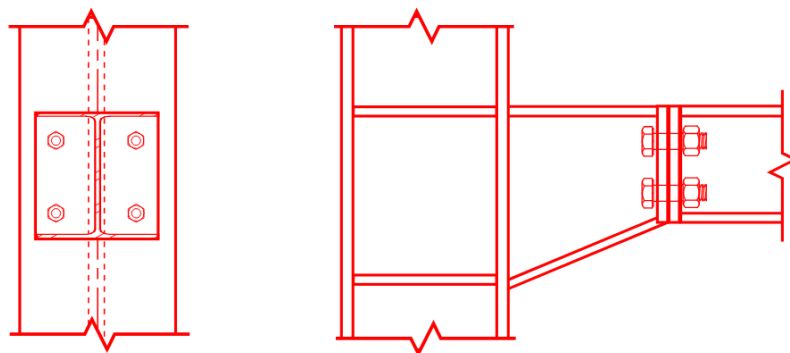
S355 (847) (-458)
S235 (580) (-286)

3.6.5 Anschluss von Riegel zu Stütze

R01-D1

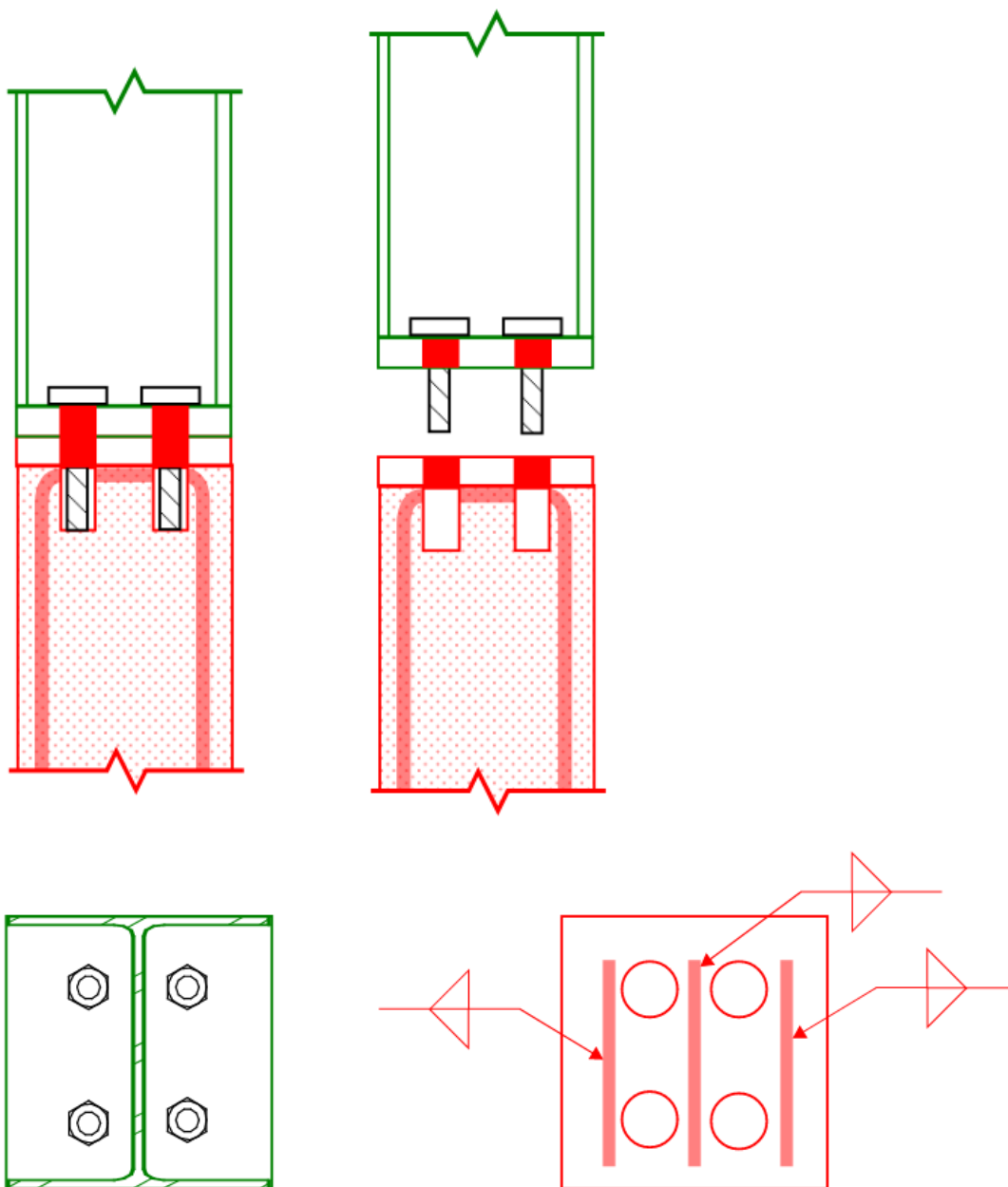


R02-D1



3.6.6 Stützen zu Stahlbetonwände

S01-D1

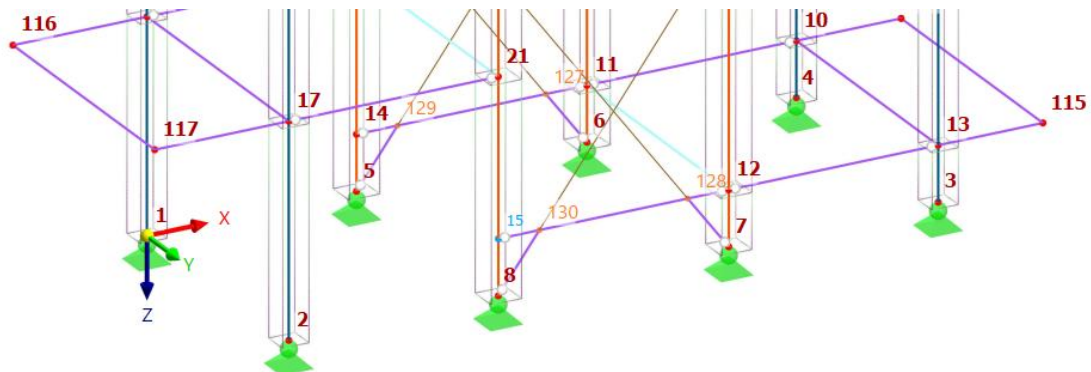


Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
HEB 300, S355	700,02	371,43	107,56	0

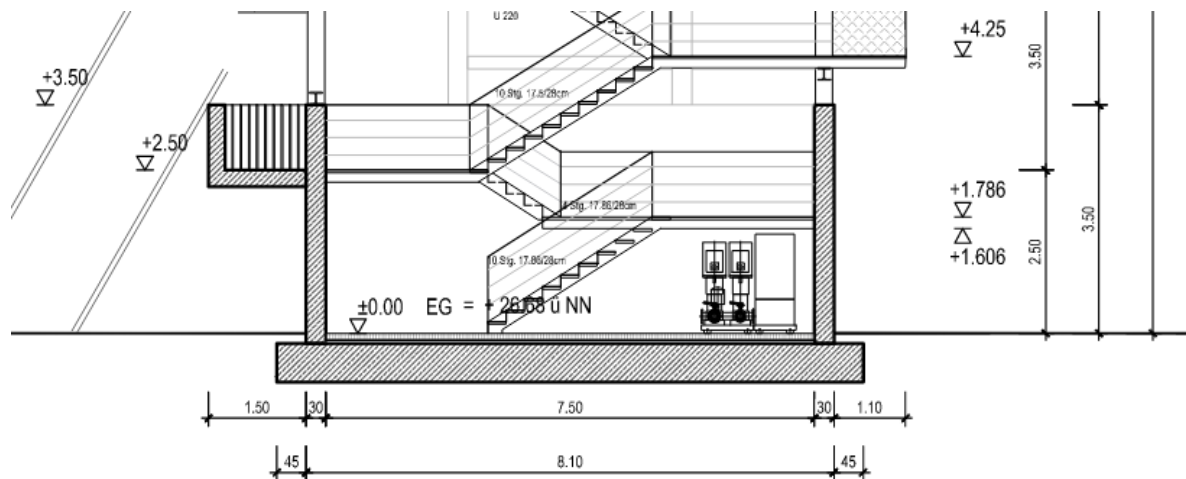
(847)

(-458)

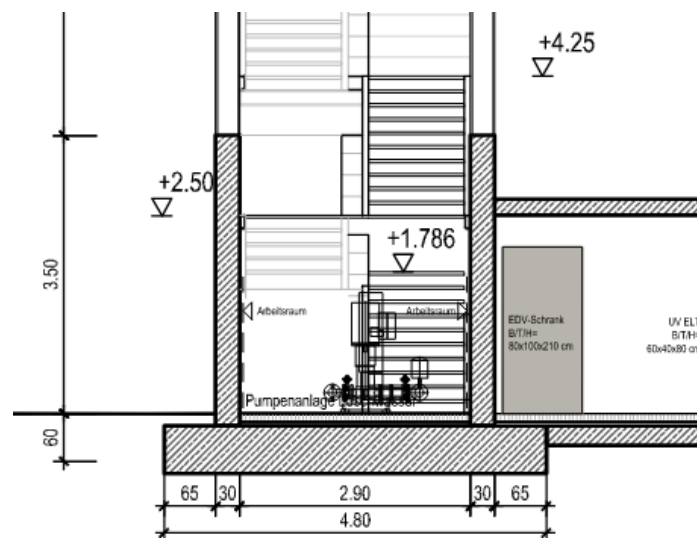
4 Fundament



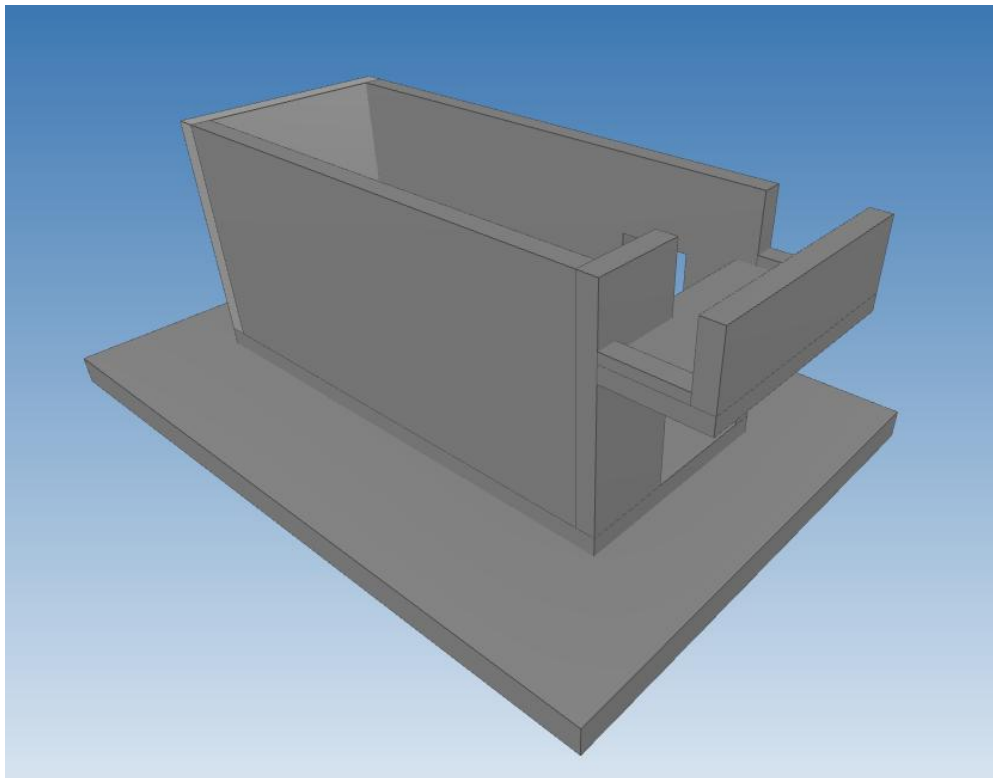
RFEM-Knotenpositionen



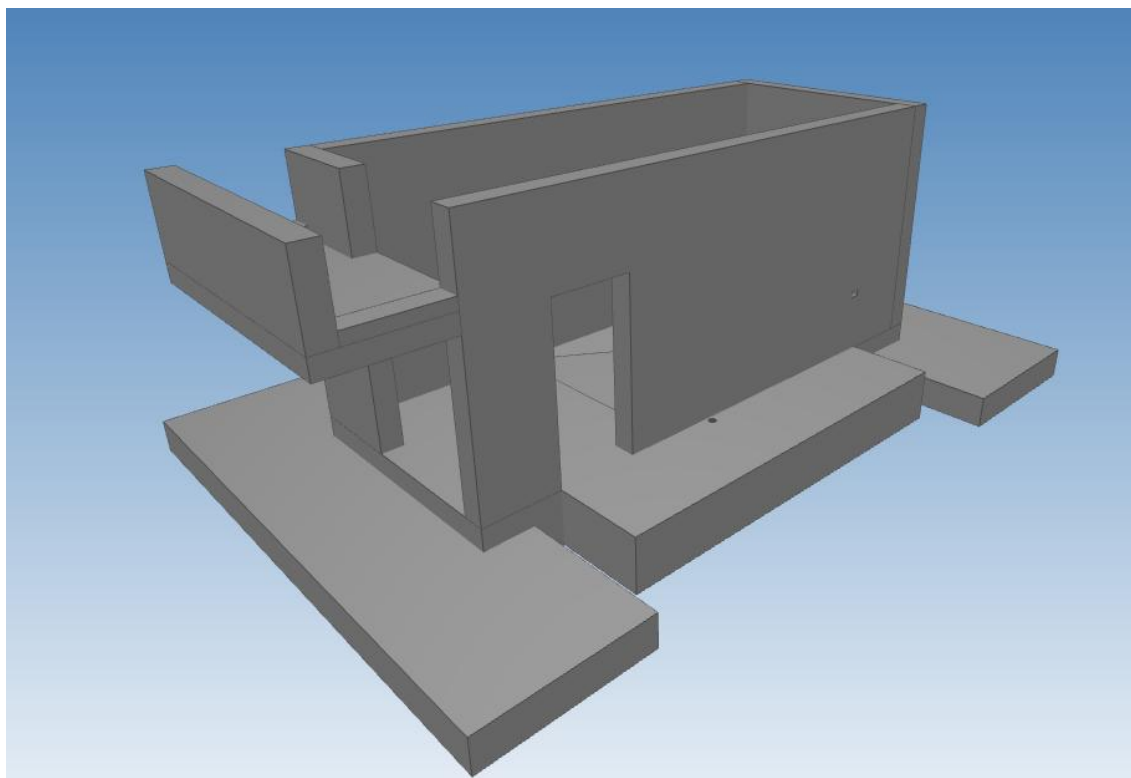
Seitenansicht



Frontansicht



BIM-Modell – Übungsturm isometrische 1



BIM-Modell – Übungsturm isometrische 2

4.1 Grundparameter

Die Prüfung erfolgt im Hinblick auf das Bemessungsergebnis! Zwischenwerte müssen als nicht gesichert angesehen werden!

Beton

C 30/37 ✓

Charakteristische Betondruckfestigkeit

 $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Elastizitätsmodul

 $E_{cm} = 33.000 \text{ N/mm}^2$

Betonstahl

B500A

Charakteristische Betonstahlstreckgrenze

 $f_{y,k} = 500 \text{ N/mm}^2$ ✓

Betondeckung

unten + oben:

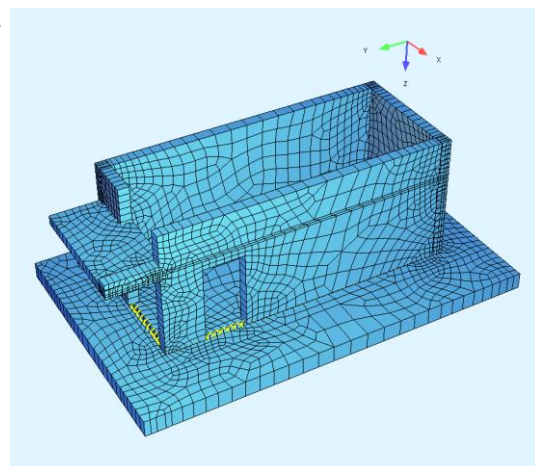
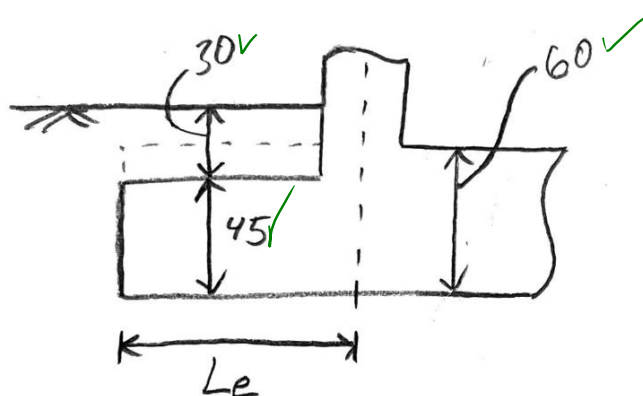
 $c_{min} = 40 \text{ mm}$
 $\Delta c_{dev} = 15 \text{ mm}$
 $c_{nom} = 55 \text{ mm}$ ✓

gewählt

oben

 $c_{nom} = 55 \text{ mm}$ ✓

unten

 $c_{nom} = 55 \text{ mm}$ ✓


Überarbeiten

 $L_e = 1,8 \text{ m}$ ✓

Gesamtfläche der Grundplatte

 $6,8 \text{ m} \times 10,8 \text{ m}$ ✓

Bemessungswert des Sohlwiderstandes

- Einzelfundamente, Einbindetiefe $t \geq 1,50 \text{ m}$; Fundamentbreite $b \geq 1,00 \text{ m}$: $\sigma_{R,d} = 520 \text{ kN/m}^2$
- Streifenfundamente, Einbindetiefe $t \geq 1,00 \text{ m}$; Fundamentbreite $b \geq 0,50 \text{ m}$: $\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$
- Streifenfundamente, Einbindetiefe $t \geq 0,60 \text{ m}$; Fundamentbreite $b \geq 0,40 \text{ m}$: $\sigma_{R,d} = 250 \text{ kN/m}^2$ ✓
- Flächengründungskörper: $\sigma_{R,d} = 300 \text{ kN/m}^2$

Bettungsmodul für Flächengründungskörper:

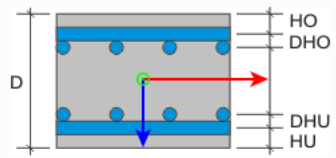
- Randbereiche ohne Bodenverbesserung: $k_{s,k} = 9 \text{ bis } 12 \text{ MN/m}^3$
- Zwischenbereiche ohne Bodenverbesserung: $k_{s,k} = 6 \text{ bis } 9 \text{ MN/m}^3$
- Randbereiche mit Bodenverbesserung: $k_{s,k} = 15 \text{ bis } 20 \text{ MN/m}^3$
- Zwischenbereiche mit Bodenverbesserung: $k_{s,k} = 12 \text{ bis } 15 \text{ MN/m}^3$

Bettungsmodul für Einzel- und Streifenfundamente:

- Gründungskörper mit Bodenverbesserung: $k_{s,k} = 12 \text{ bis } 20 \text{ MN/m}^3$
- Gründungskörper ohne Bodenverbesserung: $k_{s,k} = 9 \text{ bis } 15 \text{ MN/m}^3$

Abstand

	Oben (A)	Unten (B)
Hauptbewehrung (H)	63.0 mm	63.0 mm
Querbewehrung (DH)	15.0 mm	15.0 mm



Analyse Theory

- ☐ Linear Elastic
☒ Nonlinear springs and bedding Number of Iterations
☐ 2nd Order / P-Δ Number of Iterations
☐ Full geometric nonlinear Number of Iterations

Parameter der Verstärkungsstange

Oben

	Durchmesser	Min. Bewehrung	Max. Bewehrung
Hauptbewehrung	16 mm		
Querbewehrung	14 mm		

Unten

	Durchmesser	Min. Bewehrung	max. Bewehrung
Hauptbewehrung	16 mm		
Querbewehrung	14 mm		

Die Hauptverstärkungsrichtung ("X Lokal") ist die kurze Richtung aller Elemente

Rissbreitenparameter

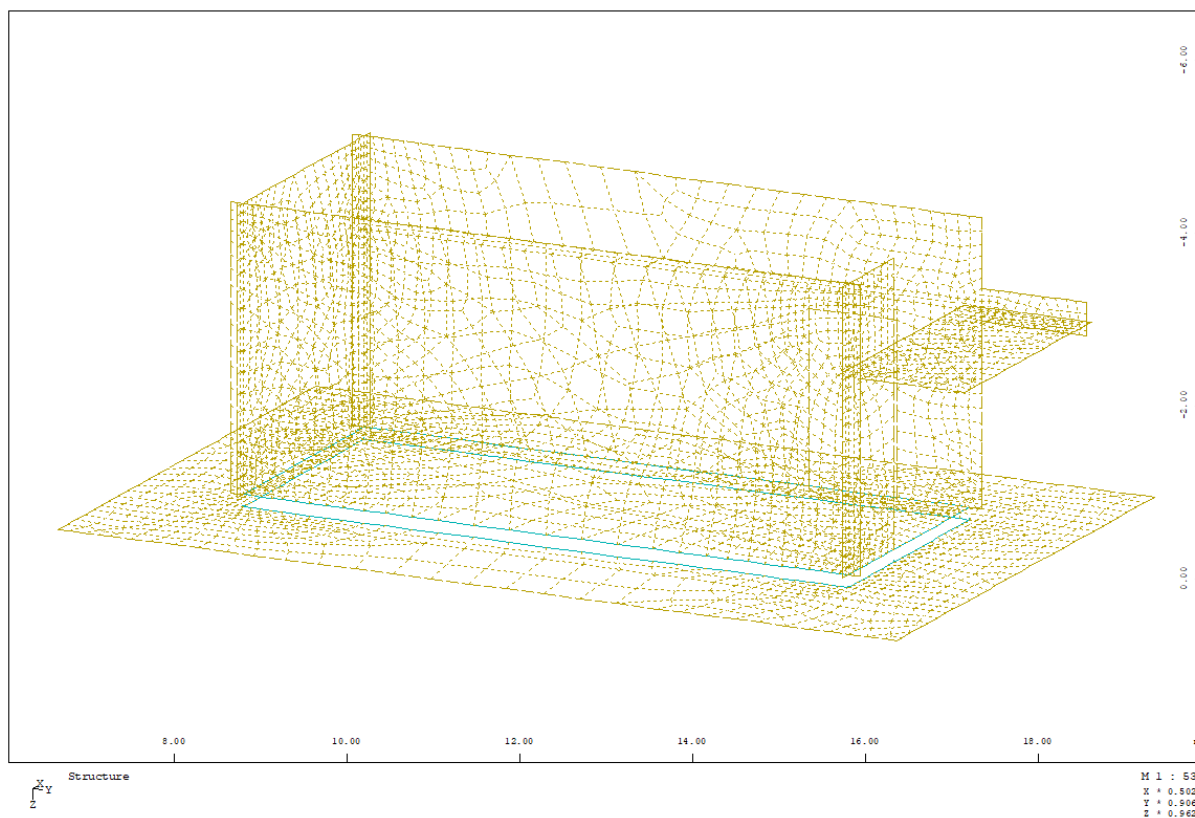
Oben

	Rissbreite	GZG Stahlspannung
Hauptbewehrung	0.30 mm	
Querbewehrung	0.30 mm	

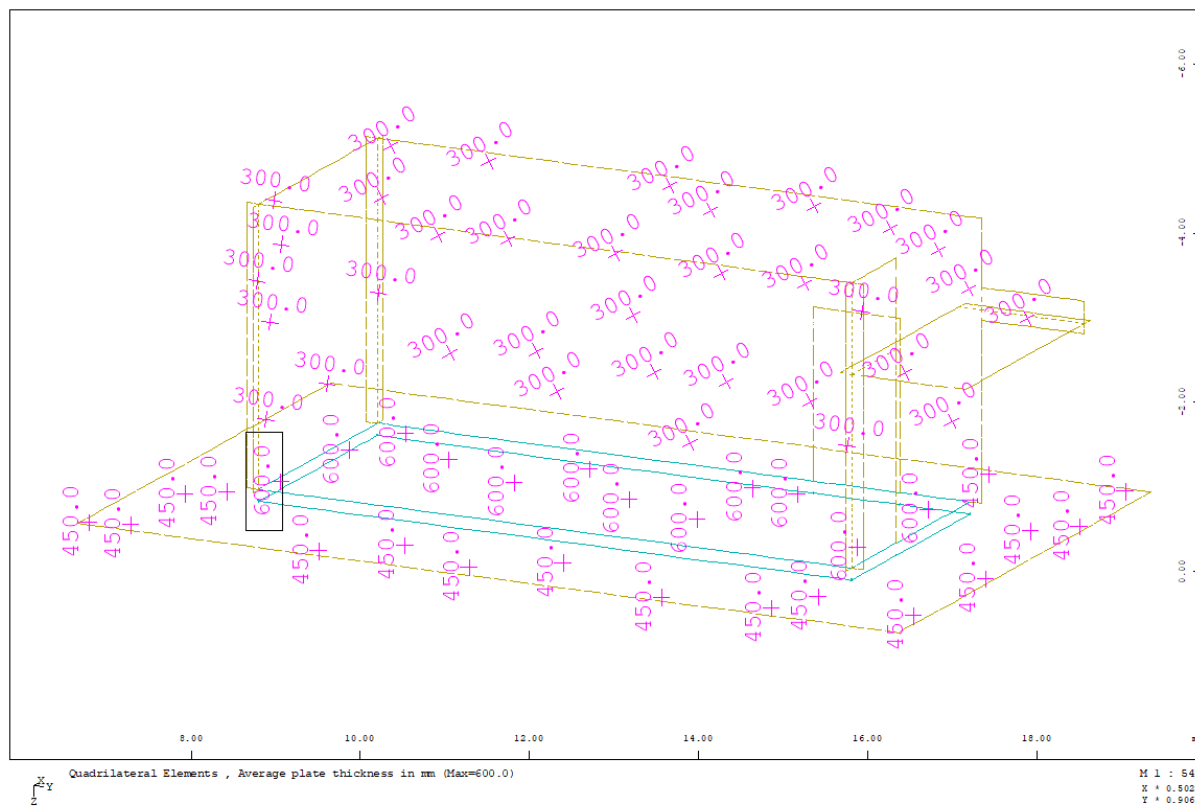
Unten

	Rissbreite	GZG Stahlspannung
Hauptbewehrung	0.30 mm	
Querbewehrung	0.30 mm	

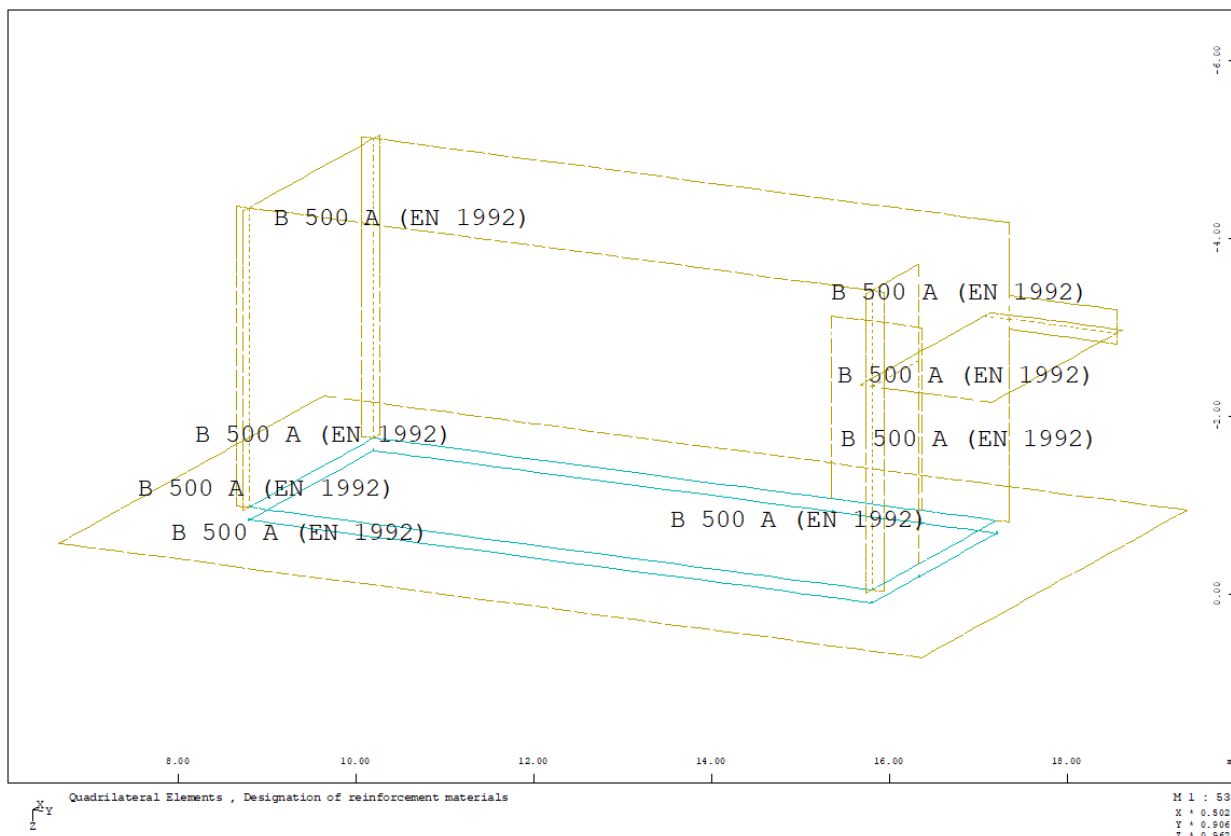
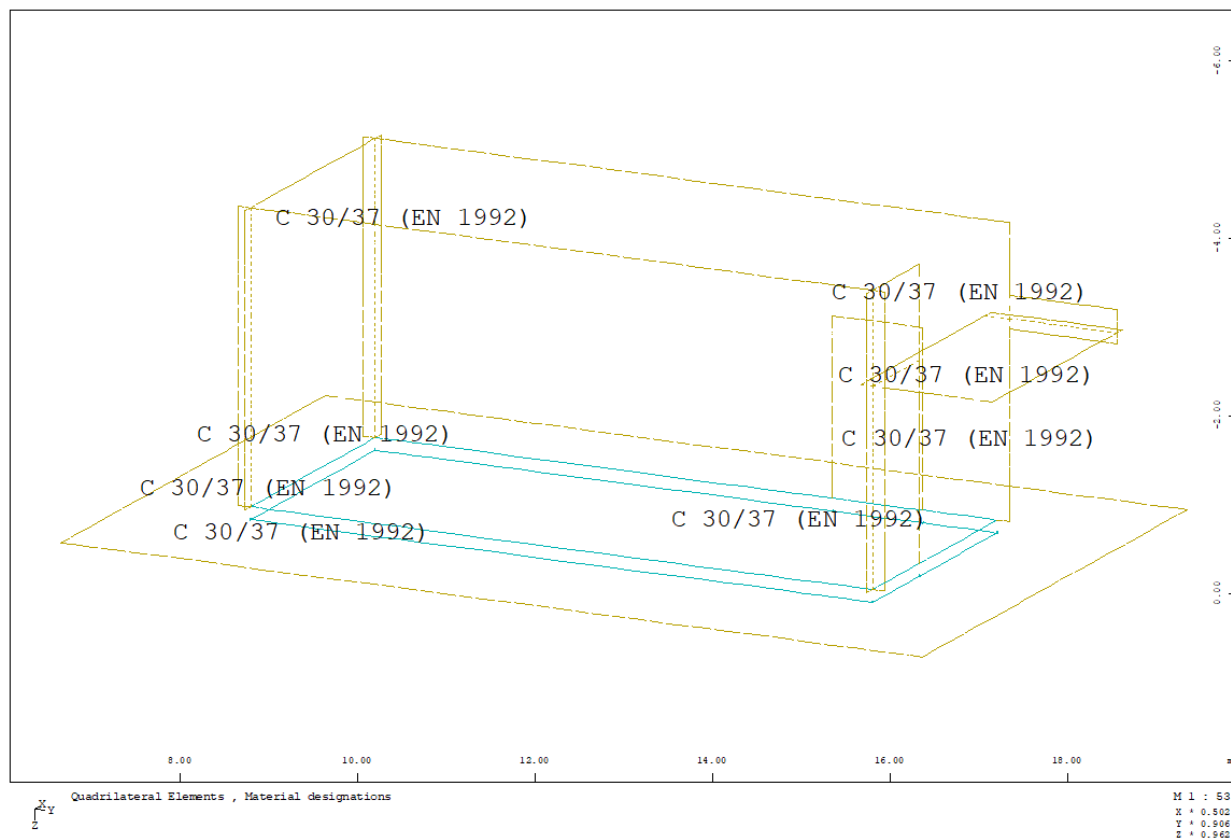
Elementstruktur



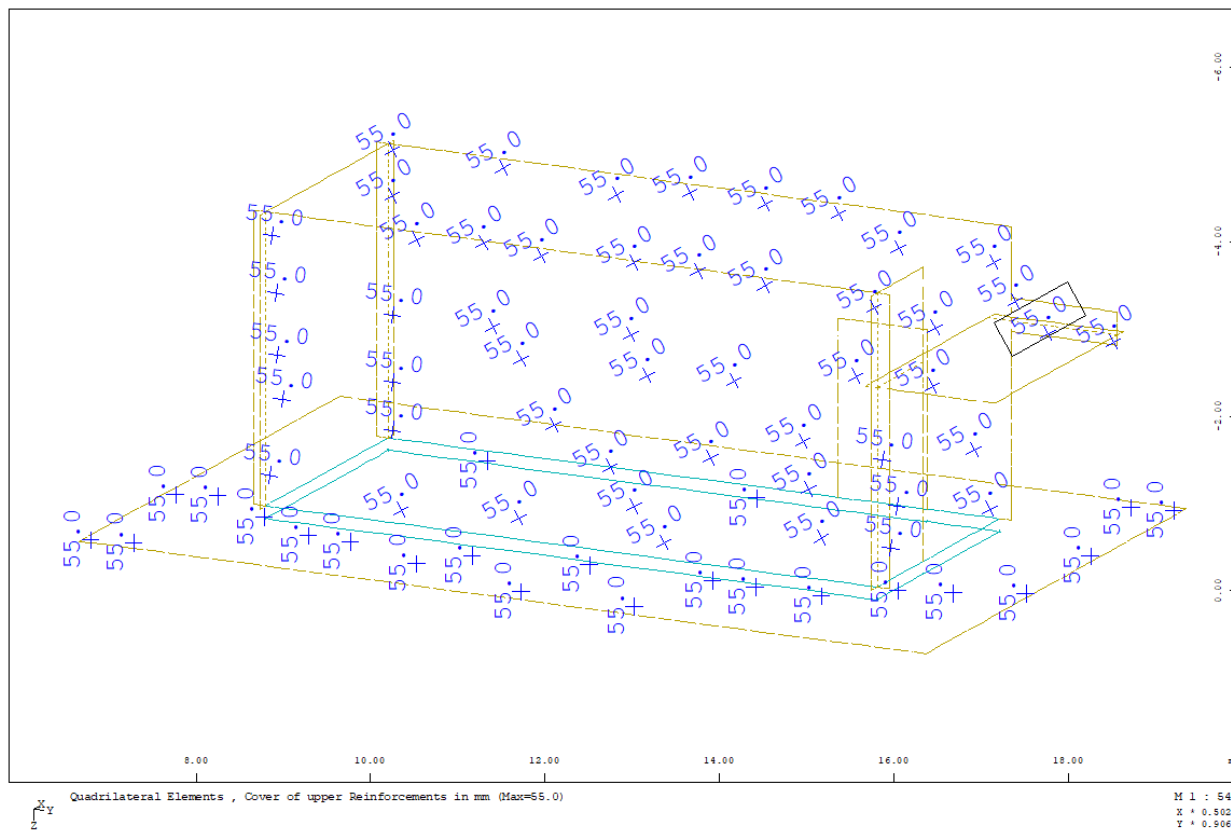
Elementdicke



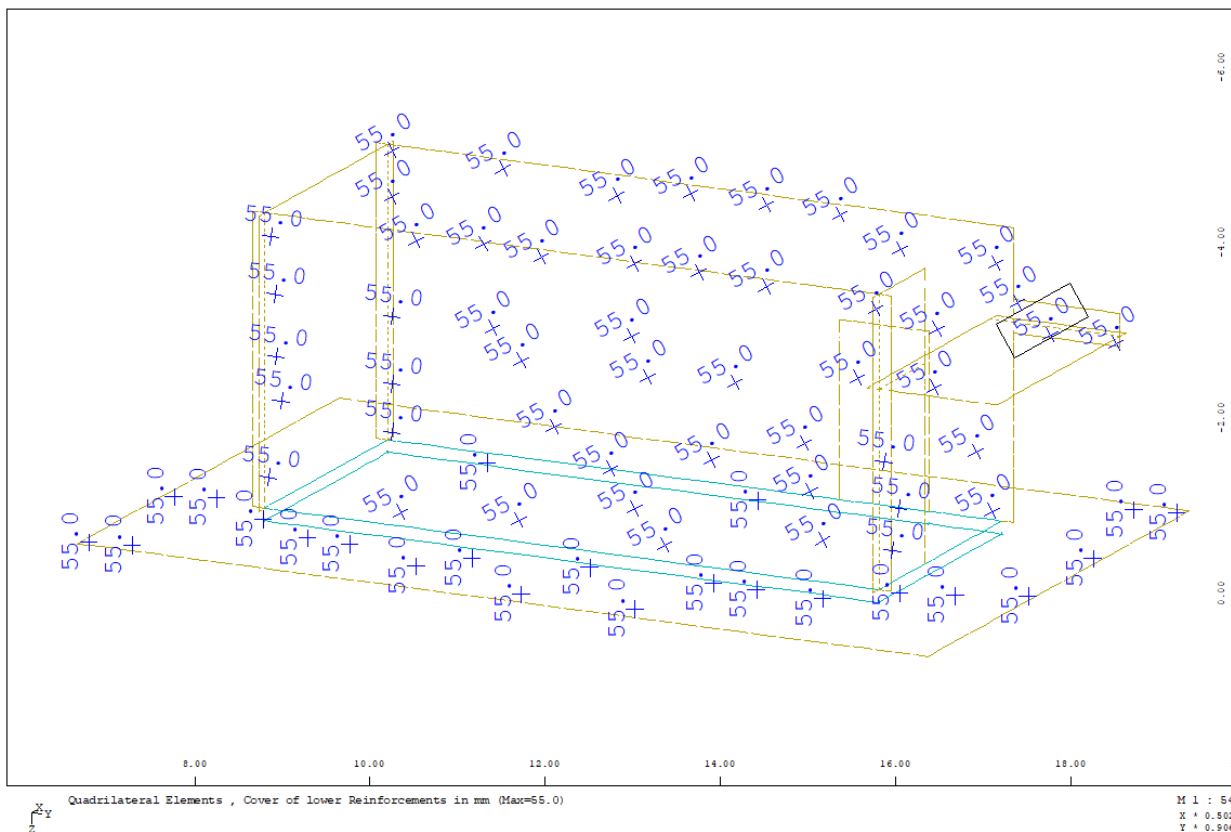
Material Definition



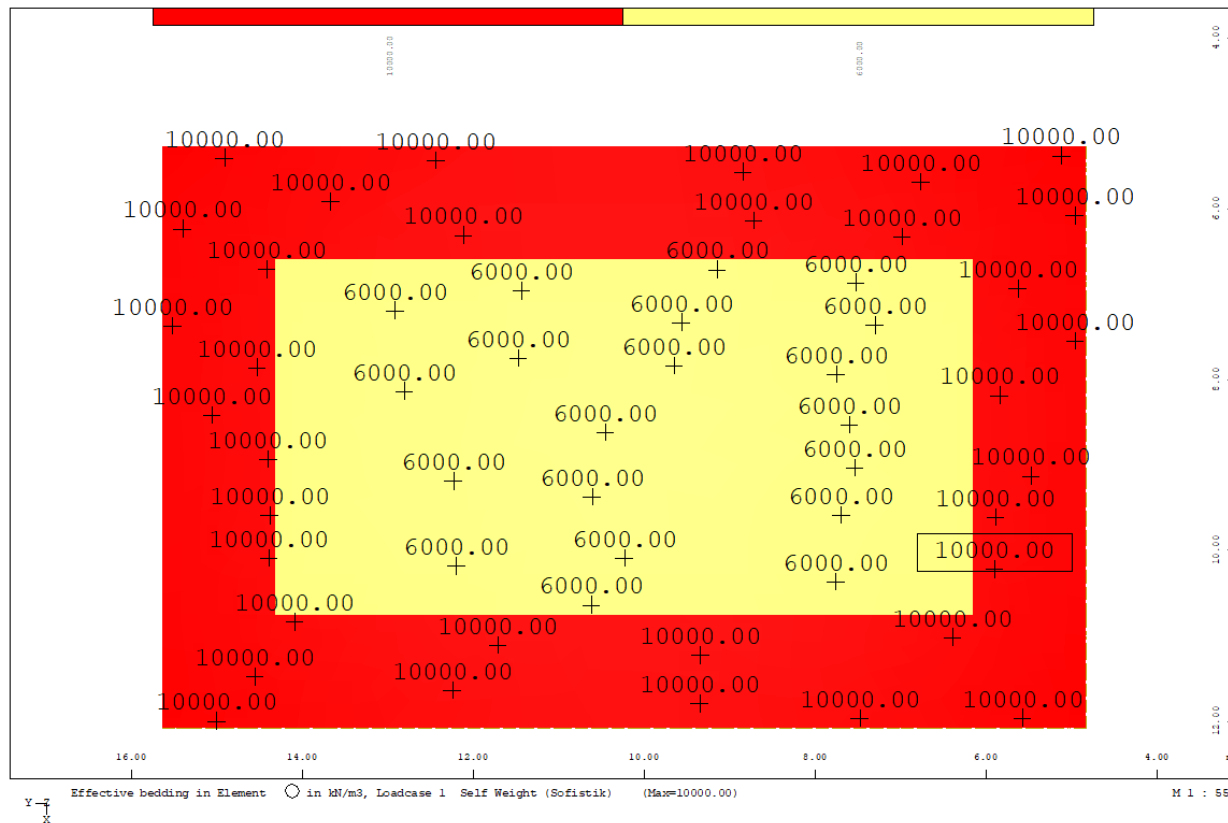
Betonabdeckung – Obere Bewehrung



Betonabdeckung – Untere Bewehrung



Effektive Bettung der Bodenplatte



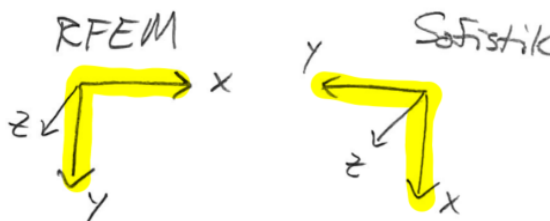
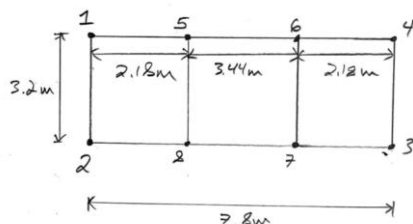
Die innere Steifigkeit wird durch eine Grenze definiert, die 1,32 m vom Rand der Grundplatte entfernt ist –

Randbereich Bettungsmodul: **10 MN/m³**

Mittlerer Bereich Bettungsmodul: **6 MN/m³**

4.2 Lasten

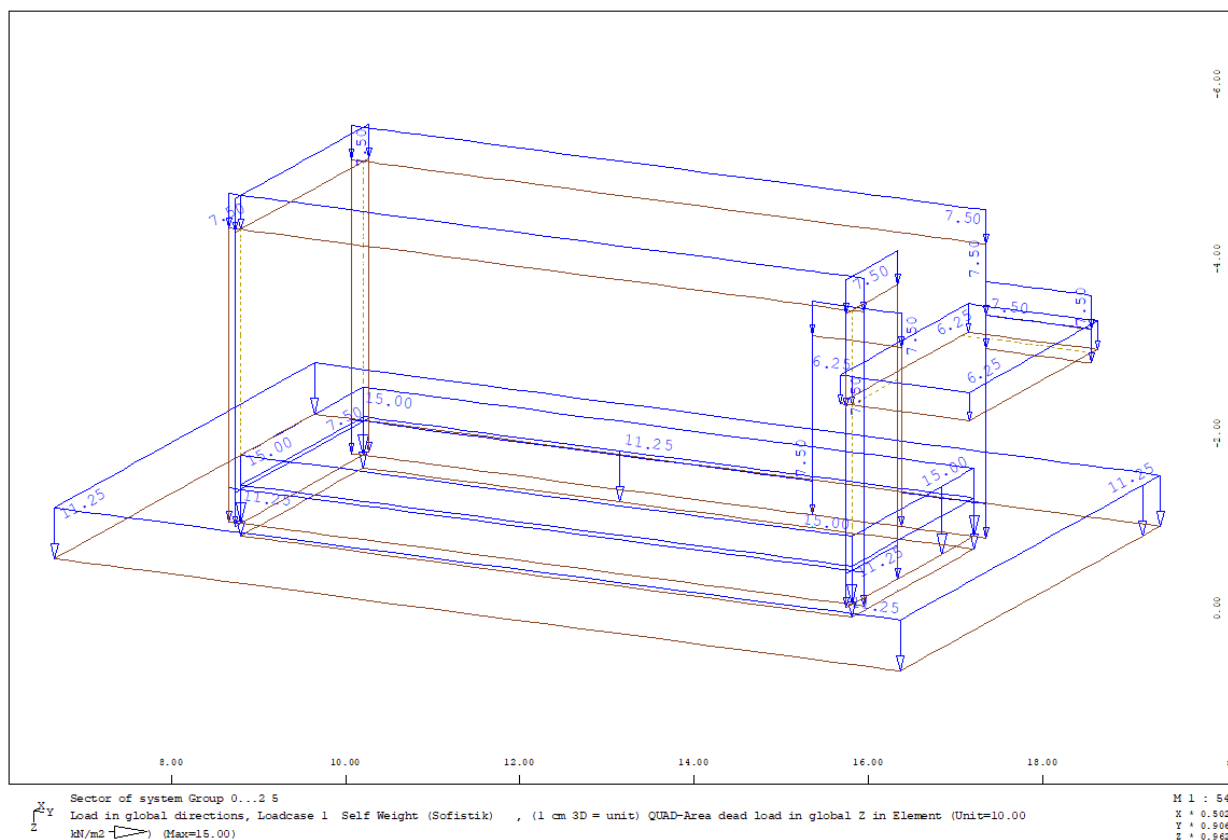
Reaktionslasten kleiner als 1 aus dem RFEM-Modell sind unbedeutend und werden als Eingaben in das Sofistik-Gründungsmodell vernachlässigt. Alle Reaktionslasten, die größer als 1 sind, werden berücksichtigt und auf die nächsthöhere ganze Zahl aufgerundet.



X RFEM = -Y Sofistik

Y RFEM = X Sofistik

4.2.1 Eigengewicht (Sofistik) -Sofi LC 1



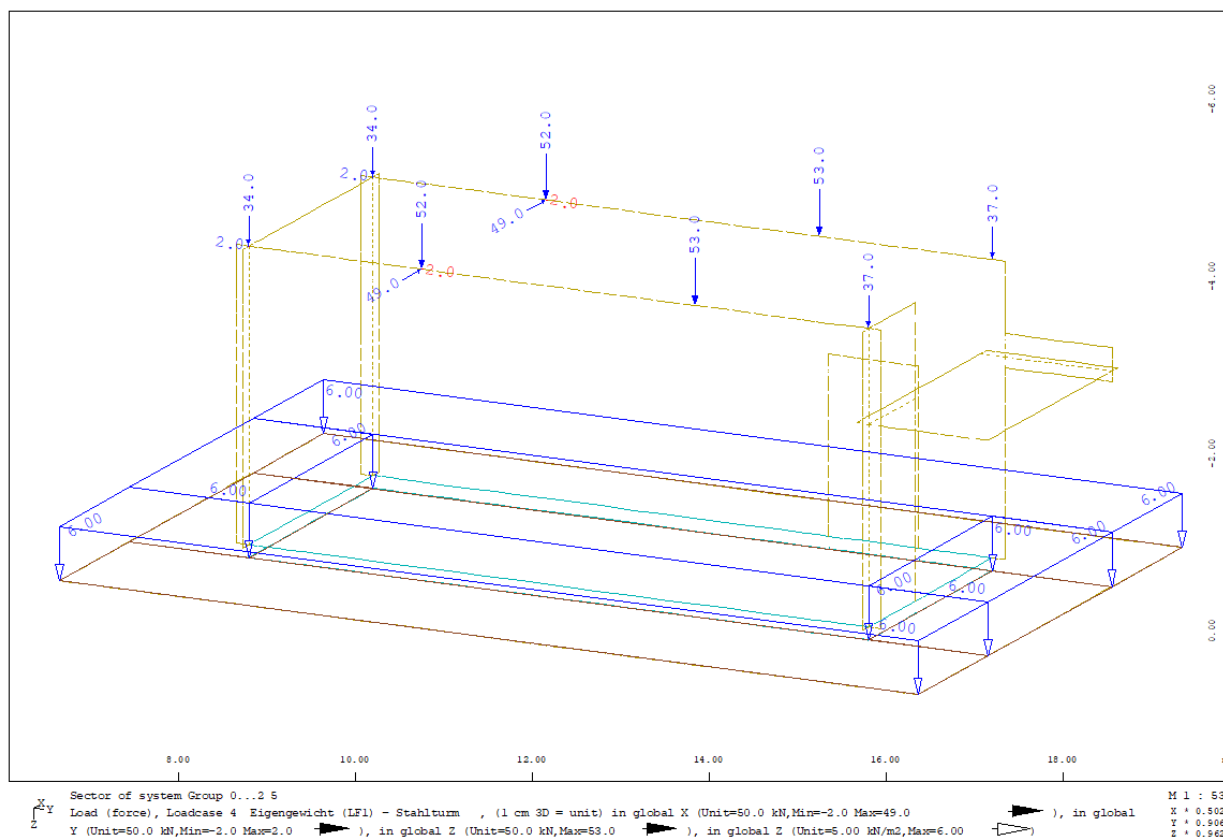
4.2.2 Eigengewicht (LF1) – Stahlurm – Sofi LC 4

$$\text{Abraumbelastung}_1 = g_k = (20 \text{ kN/m}^3)(0,3\text{m}) = 6 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Abraumbelastung}_2 = g_k = (20 \text{ kN/m}^3)(0,15\text{m}) = 3 \text{ kN/m}^2$$

Charakteristische Lasten (kN)

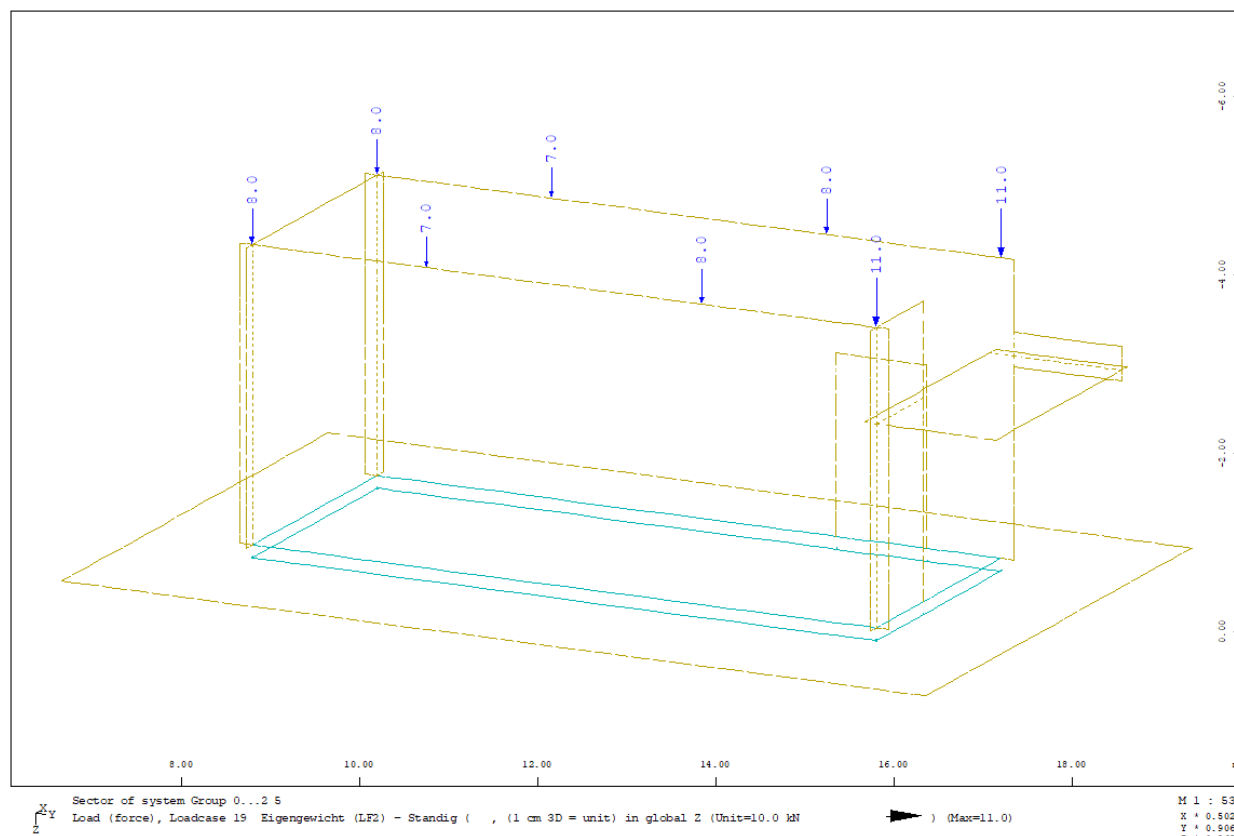
Lastfall	Eigengewicht (LF1)		
Knoten	Px	Py	Pz
1			37
2			37
3	-2		34
4	-2		34
5			53
6	2		52
7	2		52
8			53



4.2.3 Eigengewicht (LF2) – Podest und Balkone – Sofi LC 19

Charakteristische Lasten (kN)

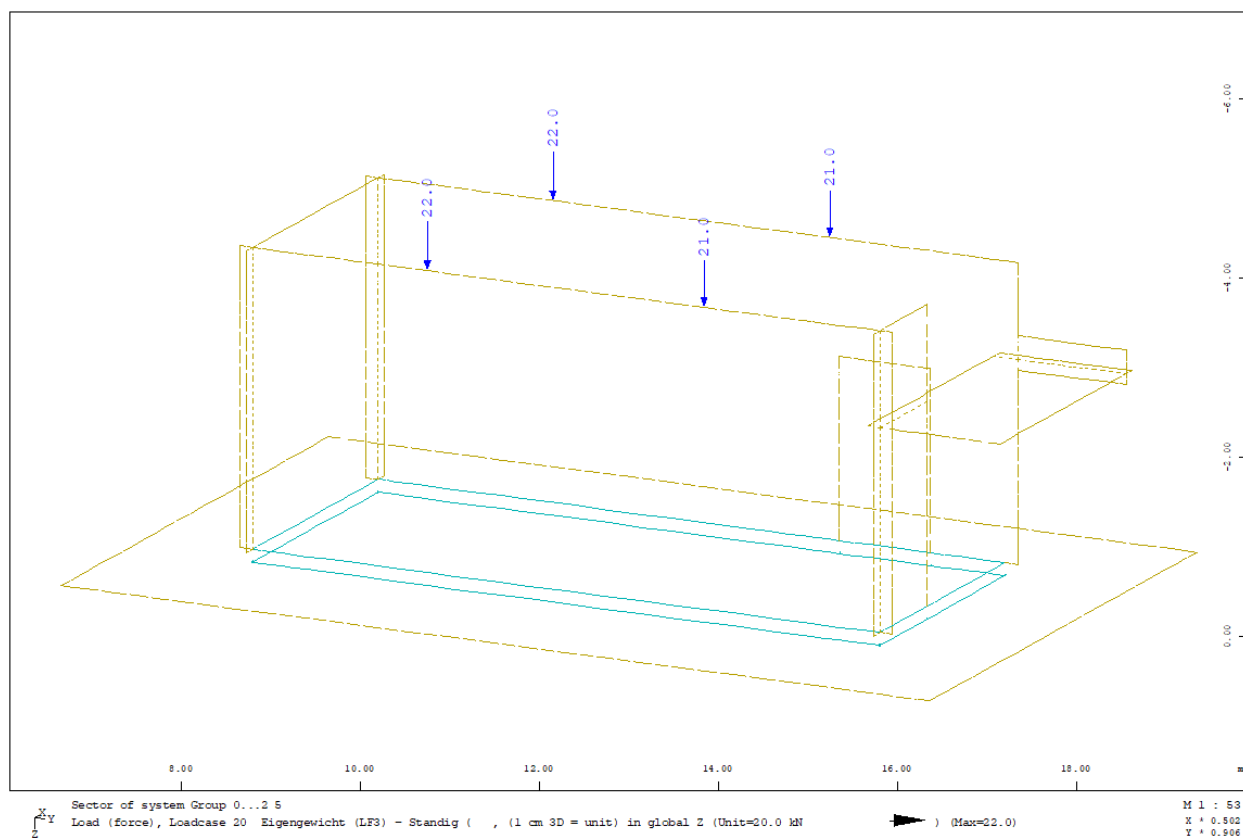
Lastfall	Eigengewicht (LF2)		
Knoten	Px	Py	Pz
1			11
2			11
3			8
4			8
5			8
6			7
7			7
8			8



4.2.4 Eigengewicht (LF3) – Treppenlaufe – Sofi LC 20

Charakteristische Lasten (kN)

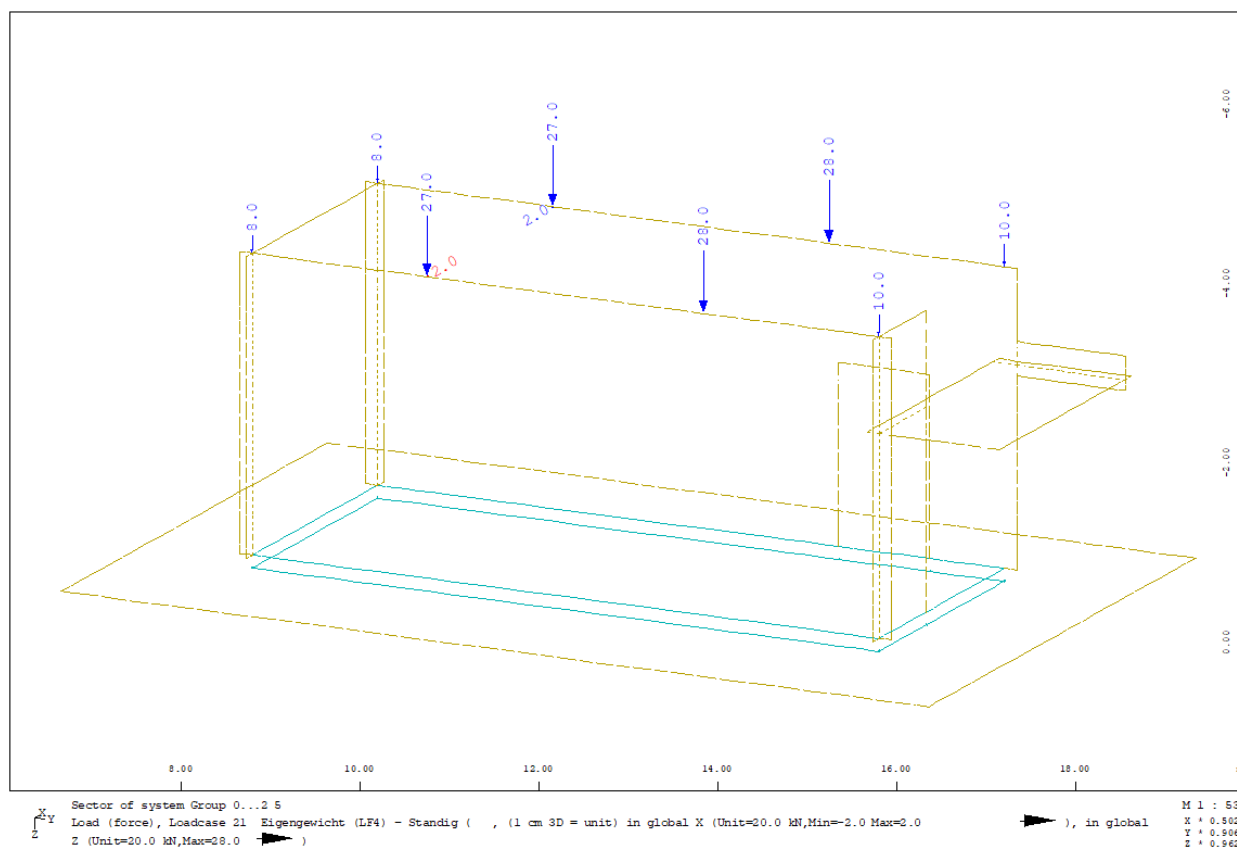
Lastfall	Eigengewicht (LF3)		
Knoten	Px	Py	Pz
1			
2			
3			
4			
5			21
6			22
7			22
8			21



4.2.5 Eigengewicht (LF4) – Geländer + Gewicht U-profil – Sofi LC 21

Charakteristische Lasten (kN)

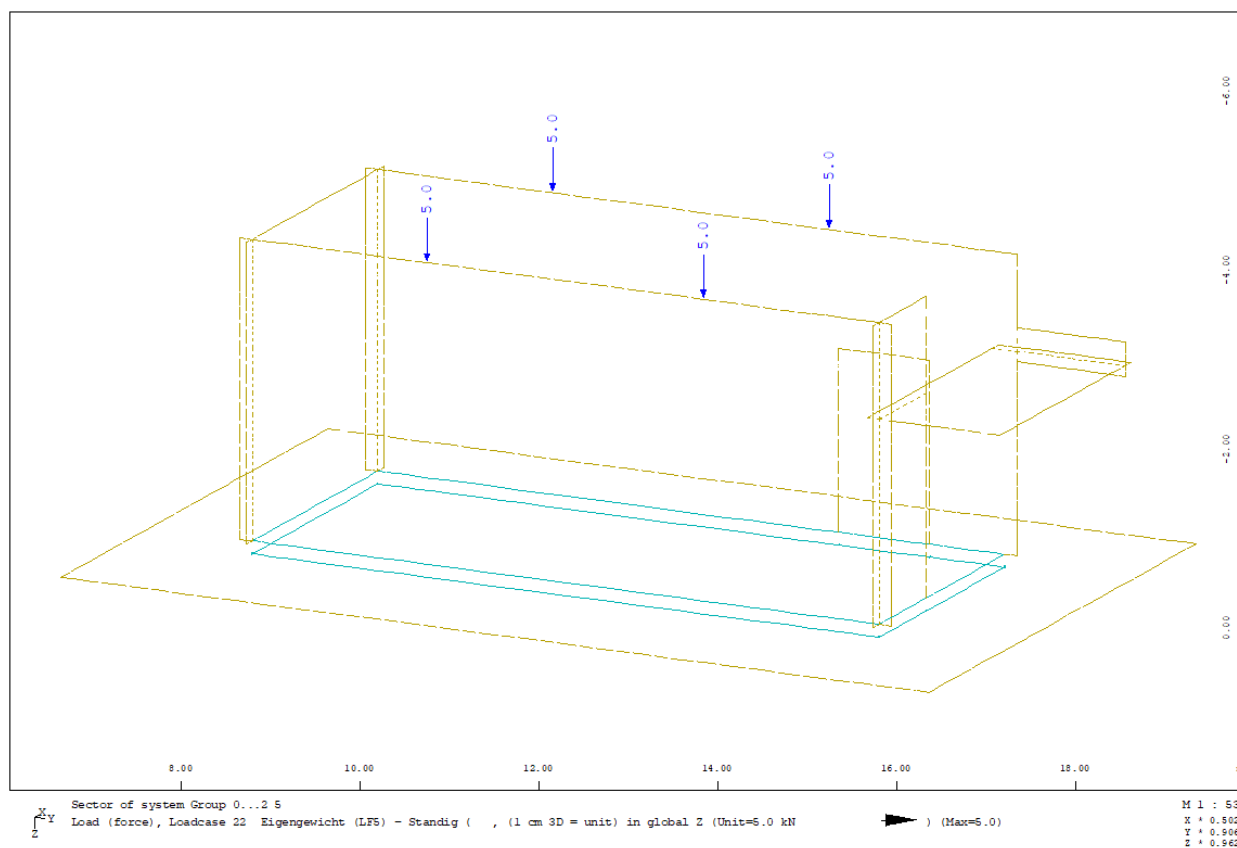
Lastfall	Eigengewicht (LF4)		
Knoten	Px	Py	Pz
1			10
2			10
3			8
4			8
5			28
6		-2	27
7		2	27
8			28



4.2.6 Eigengewicht (LF5) – Standig (Antenne) – Sofi LC 22

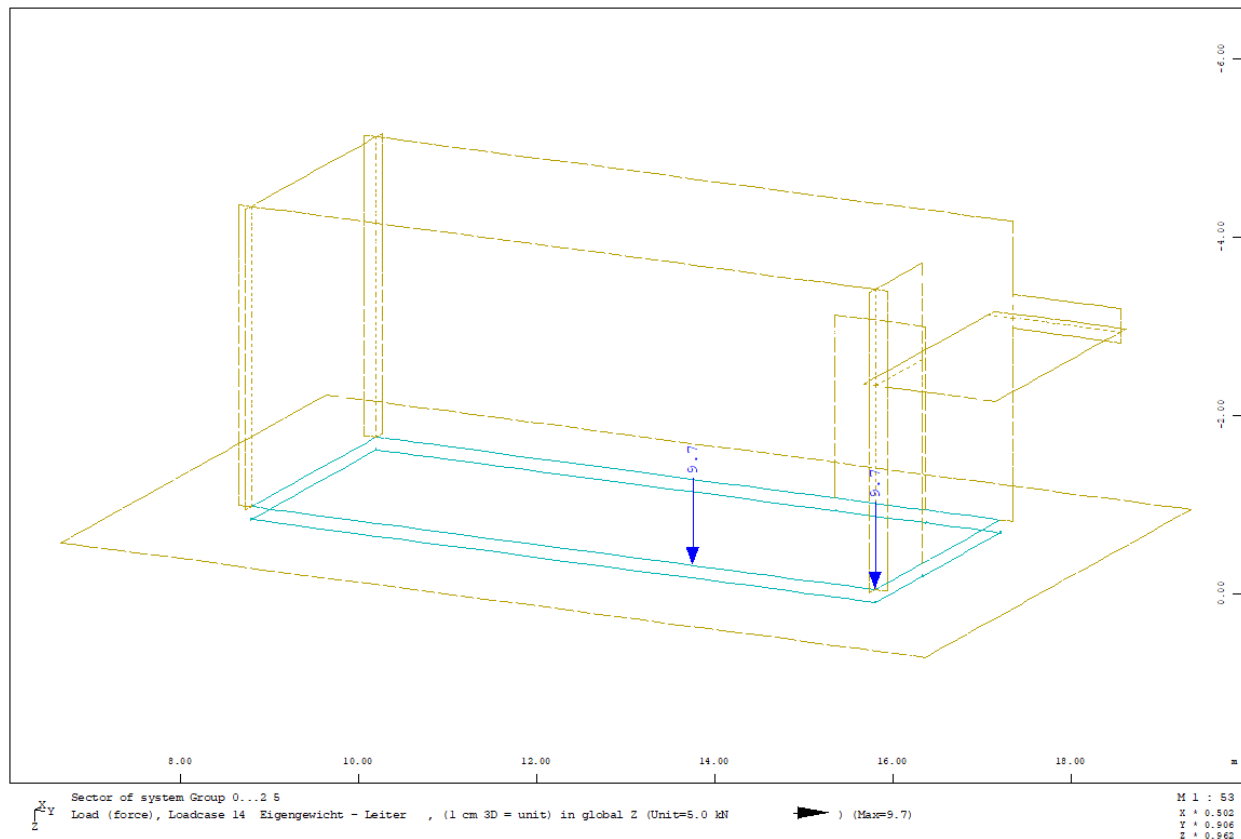
Charakteristische Lasten (kN)

Lastfall	Eigengewicht (LF5)		
Knoten	Px	Py	Pz
1			
2			
3			
4			
5			5
6			5
7			5
8			5



4.2.7 Eigengewicht – Leiter – Sofi LC 14

$$G_k = (10\text{m} + 5\text{m} + 9\text{m} + 0,15\text{m})(0,4 \text{ kN/m}^2) = 9,7 \text{ kN}$$



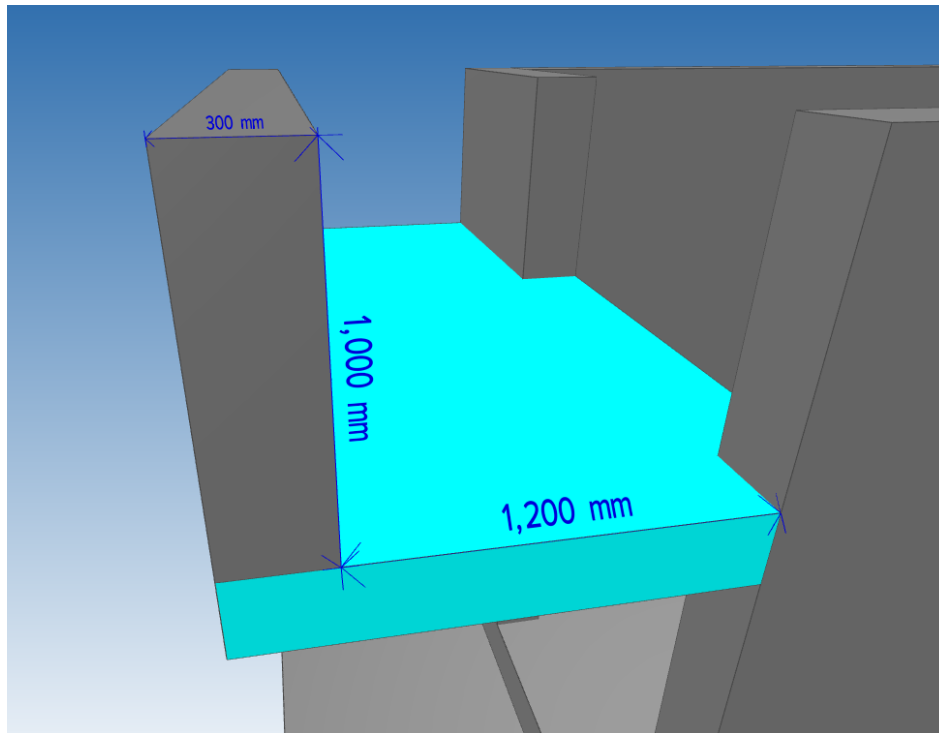
4.2.8 Eigengewicht – Decke – Sofi LC 16

$$G_k \text{ Decke D2} = (5,5\text{kN/m}^2)(1,75\text{m}) = 9,63 \text{ kN/m}$$

$$G_k \text{ Wände D2} = (0,25\text{m})(2,5\text{m} + 0,15\text{m})(25\text{kNm}^3) = 16,57 \text{ kN/m}$$

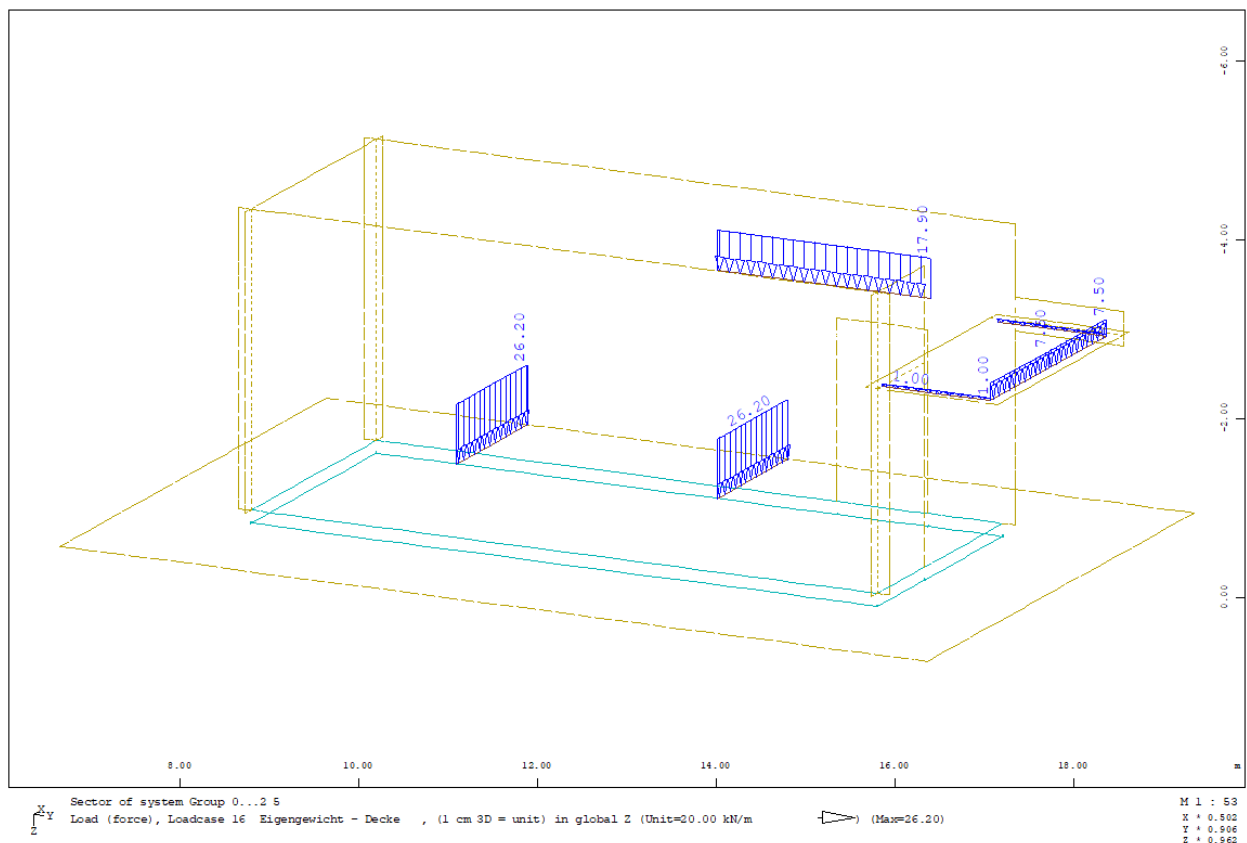
$$G_k \text{ Wände D2} = 26,2 \text{ kN/m}$$

$$G_k \text{ Decke D3} = (5,5 \text{ kN/m}^2)(1,7\text{m}) + (0,2 \text{ m})(1,7\text{m})(25 \text{ kN/m}^3) = 17,9 \text{ kN/m}$$



$$W_k \text{ Decke D4} = (25 \text{ kN/m}^3)(0,3\text{m})(1,0\text{m}) = 7,5 \text{ kN/m}$$

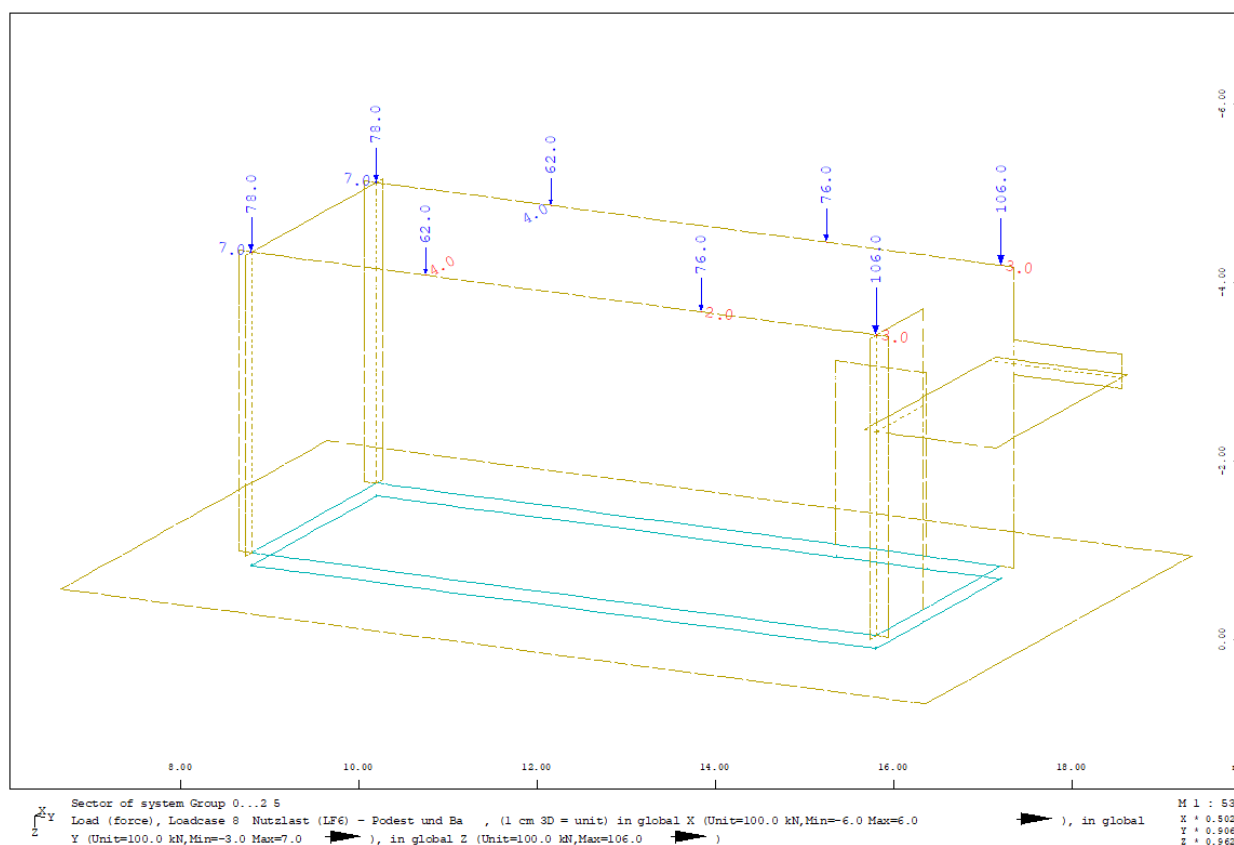
Assume 1 kN/m for railing on edges with no concrete stub-wall



4.2.9 Nutzlast (LF6) – Podest und Balkone – Sofi LC 8

Charakteristische Lasten (kN)

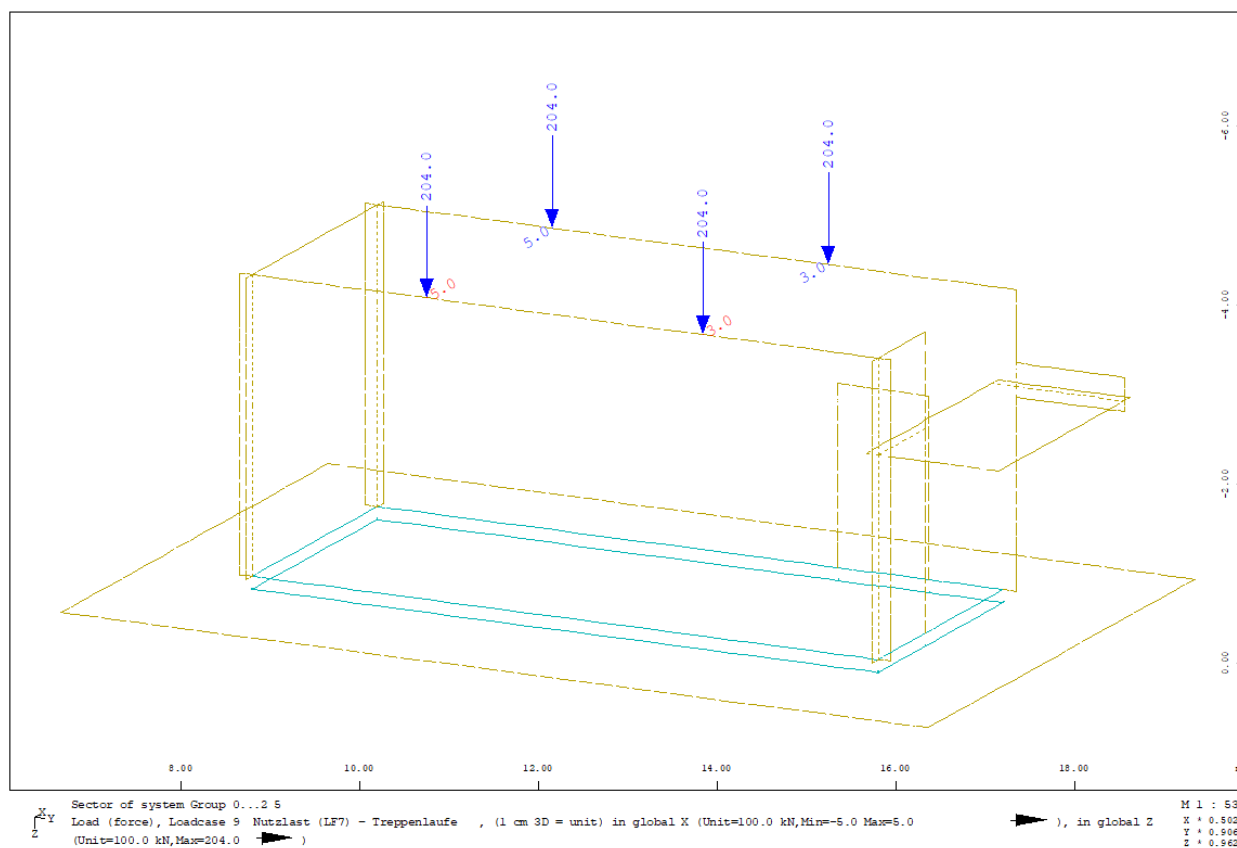
Lastfall	Nutzlast (LF6)		
Knoten	Px	Py	Pz
1	3	-2	106
2	3	2	106
3	-7	6	78
4	-7	-6	78
5	2		76
6	2	-4	62
7	2	4	62
8	2		76



4.2.10 Nutzlast (LF7) – Treppenlaufe – Sofi LC 9

Charakteristische Lasten (kN)

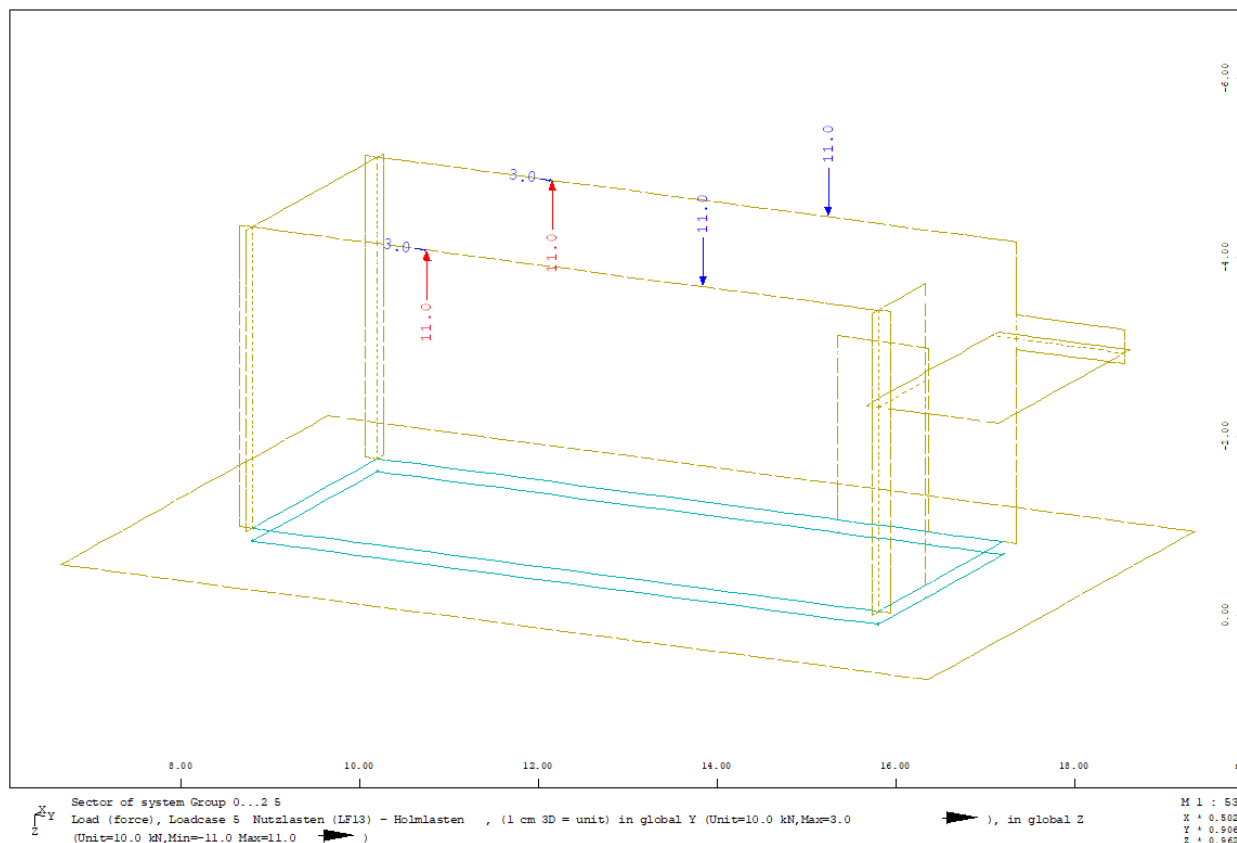
Lastfall	Nutzlast (LF7)		
Knoten	Px	Py	Pz
1			
2			
3			
4			
5		-3	204
6		-5	204
7		5	204
8		3	204



4.2.11 Nutzlasten (LF13) – Holmlasten – Balkone – Sofi LC 5

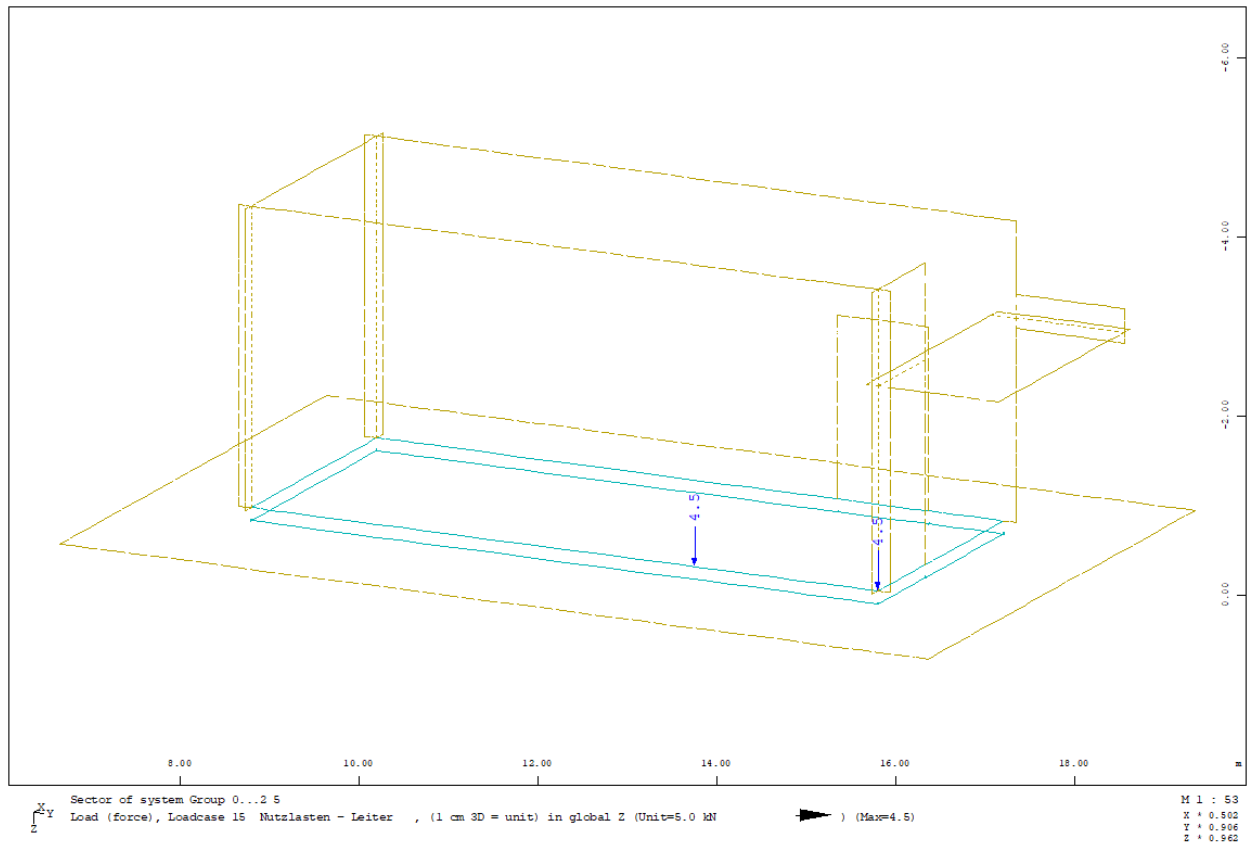
Charakteristische Lasten (kN)

Lastfall	Nutzlasten (LF13)		
Knoten	Px	Py	Pz
1			
2			
3			
4			
5			11
6	-3		-11
7	-3		-11
8			11



4.2.12 Nutzlasten – Leiter – Sofi LC 15

$$Q_k = 3(1.5 \text{ kN}) = 4,5 \text{ kN}$$

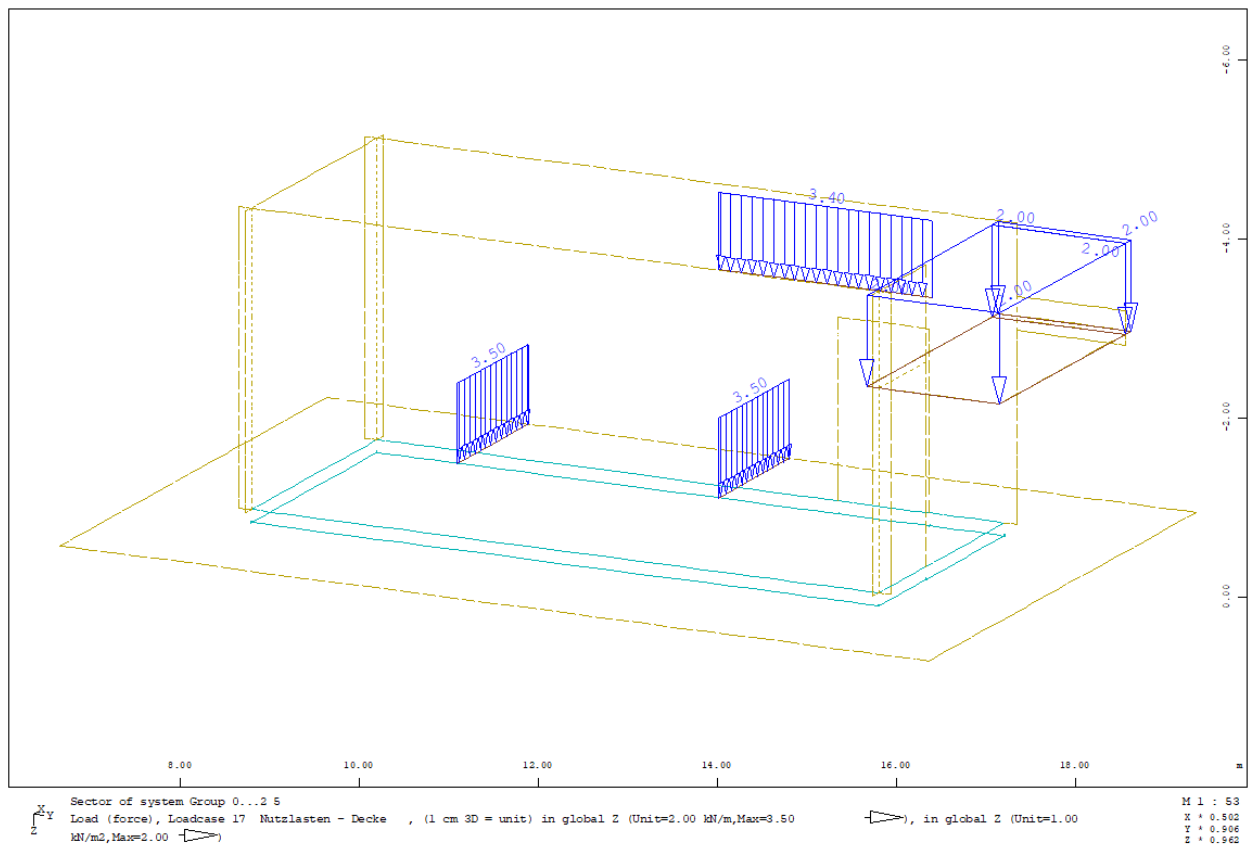


4.2.13 Nutzlasten – Decke – Sofi LC 17

$$Q_k \text{ Decke D2} = (2 \text{ kN/m}^2)(1,75\text{m}) = 3,5 \text{ kN/m}$$

$$Q_k \text{ Decke D3} = (2 \text{ kN/m}^2)(1,7\text{m}) = 3,4 \text{ kN/m}$$

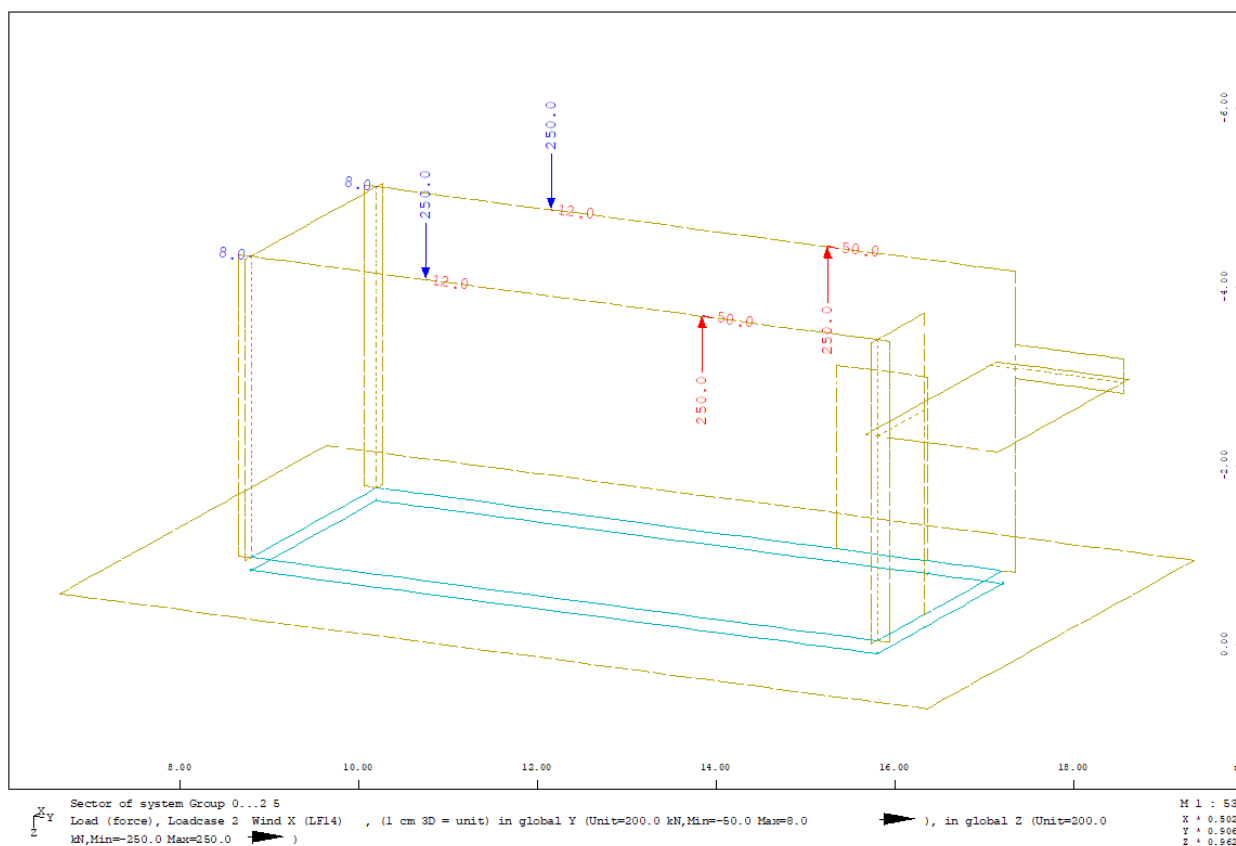
$$Q_k \text{ Decke D4} = 2 \text{ kN/m}^2$$



4.2.15 Wind X (LF14) – Sofi LC 2

Charakteristische Lasten (kN)

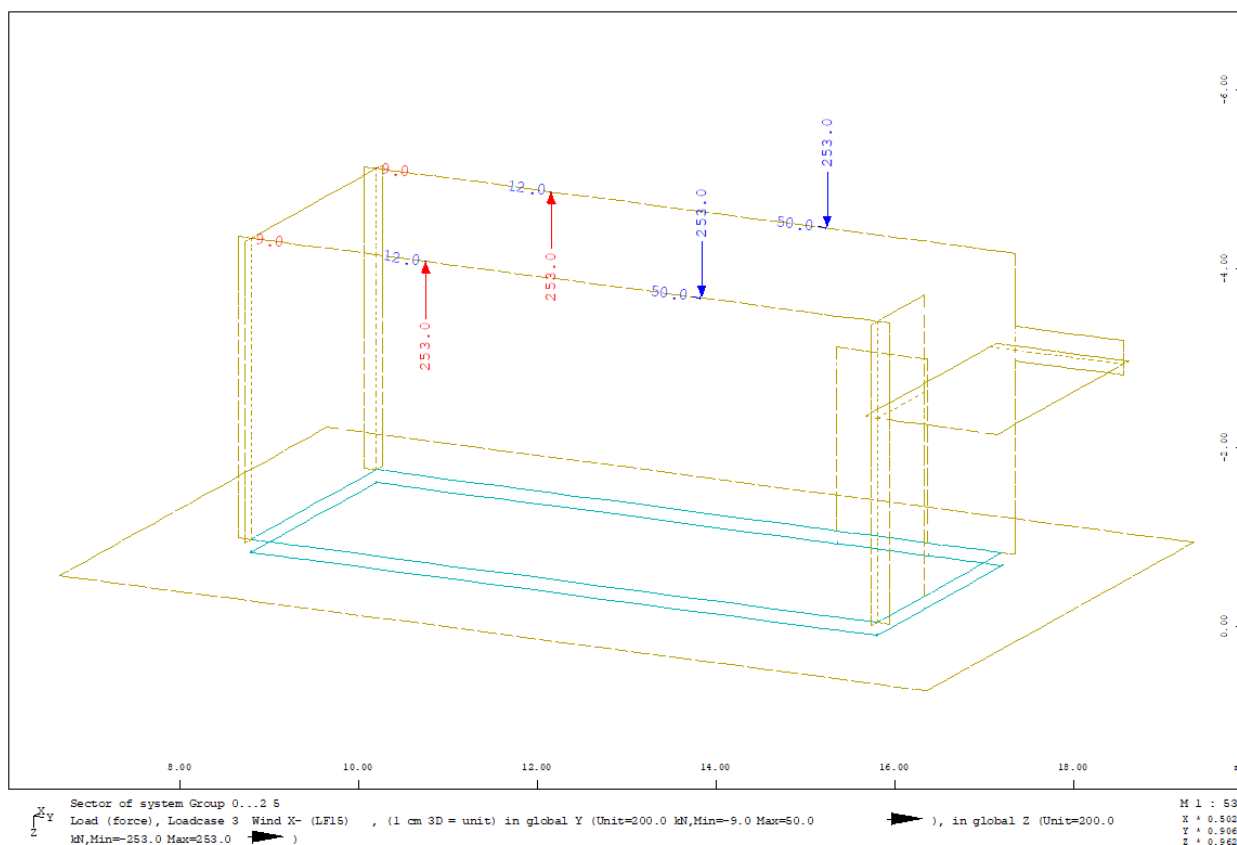
Lastfall	Wind X (LF14)		
Knoten	Px	Py	Pz
1			
2			
3	-8		
4	-8		
5	50		-250
6	12		250
7	12		250
8	50		-250



4.2.16 Wind X- (LF15) – Sofi LC 3

Charakteristische Lasten (kN)

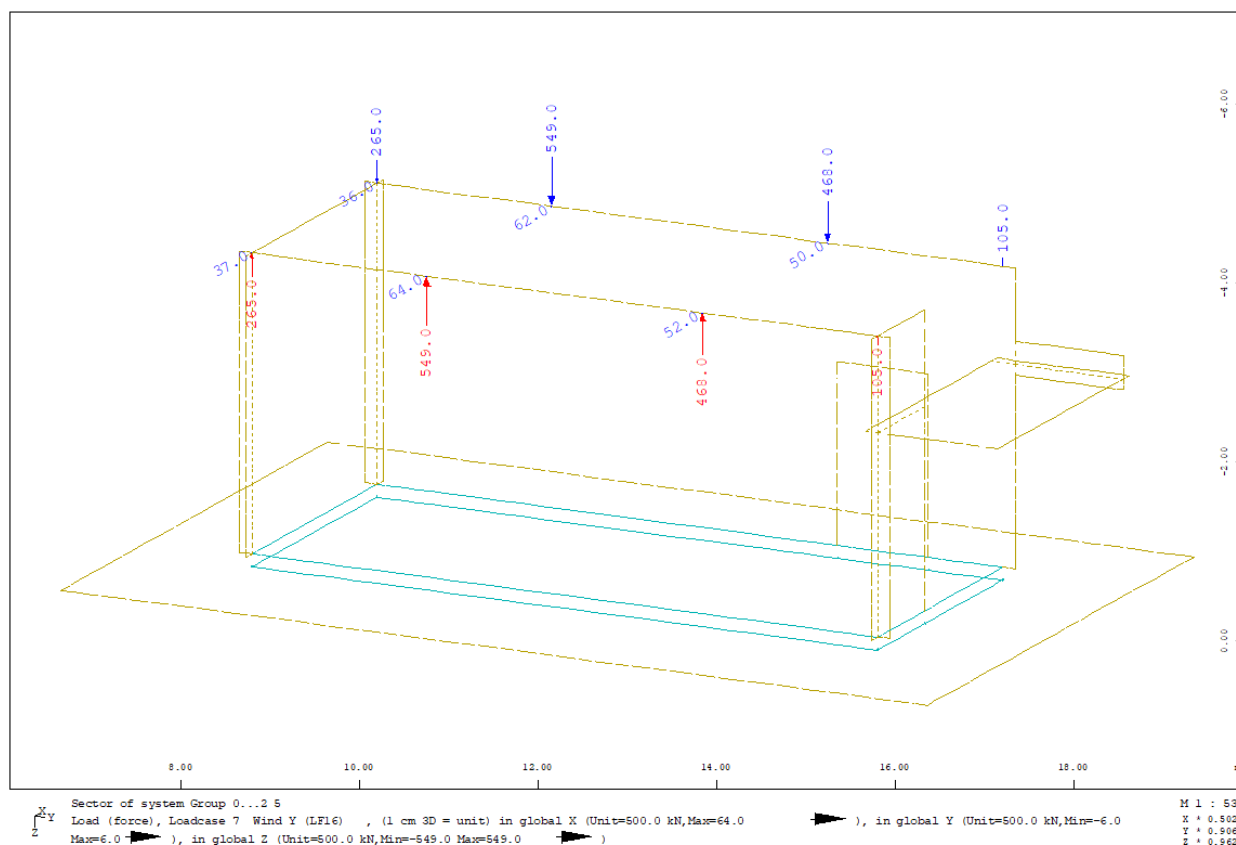
Lastfall	Wind X- (LF15)		
Knoten	Px	Py	Pz
1			
2			
3	9		
4	9		
5	-12		253
6	-50		-253
7	-50		-253
8	-12		253



4.2.17 Wind Y (LF16) – Sofi LC 7

Charakteristische Lasten (kN)

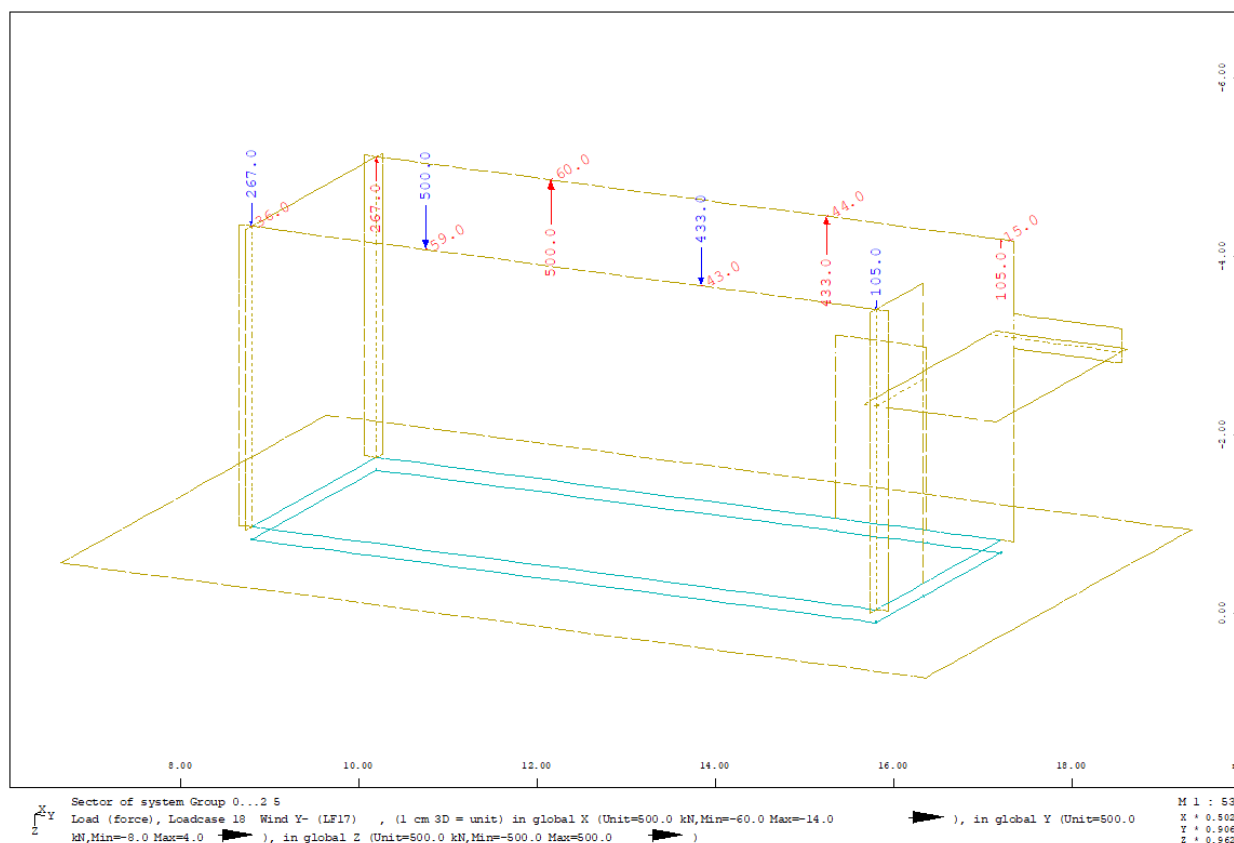
Lastfall	Wind Y (LF16)		
Knoten	Px	Py	Pz
1		15	-105
2		14	105
3		36	265
4		37	-265
5	6	52	-468
6	-6	64	-549
7		62	549
8		50	468



4.2.18 Wind Y- (LF17) – Sofi LC 18

Charakteristische Lasten (kN)

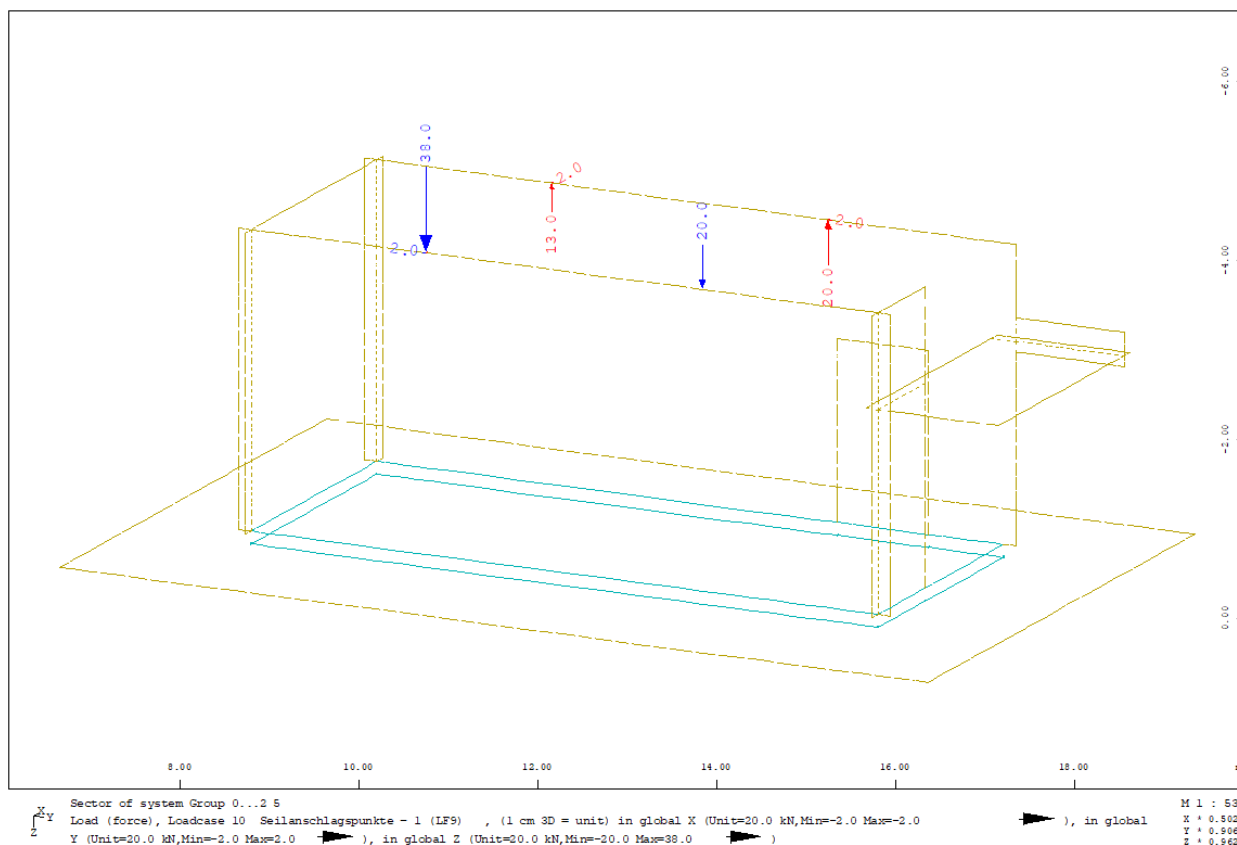
Lastfall	Wind Y- (LF17)		
Knoten	Px	Py	Pz
1		-14	105
2		-15	-105
3		-37	-267
4	2	-36	267
5	-3	-43	433
6	-2	-59	500
7	-4	-60	-500
8	8	-44	-433



4.2.19 Seilanschlagspunkte – 1 (LF9) – Sofi LC 10

Charakteristische Lasten (kN)

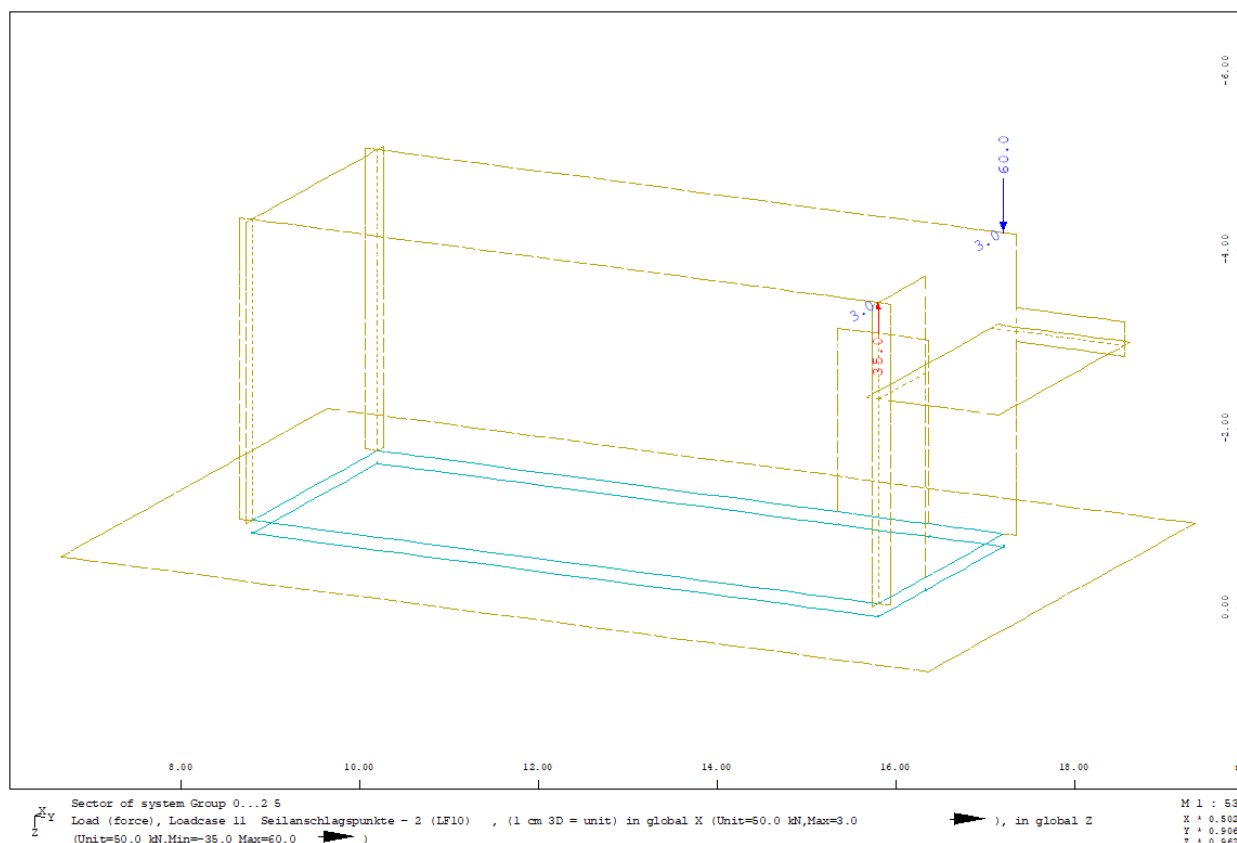
Lastfall	Seilanschlagspunkte – 1 (LF9)		
Knoten	Px	Py	Pz
1			
2			
3			
4			
5			20
6	-2	-2	38
7		-2	-13
8	2		-20



4.2.20 Seilanschlagspunkte – 2 (LF10) – Sofi LC 11

Charakteristische Lasten (kN)

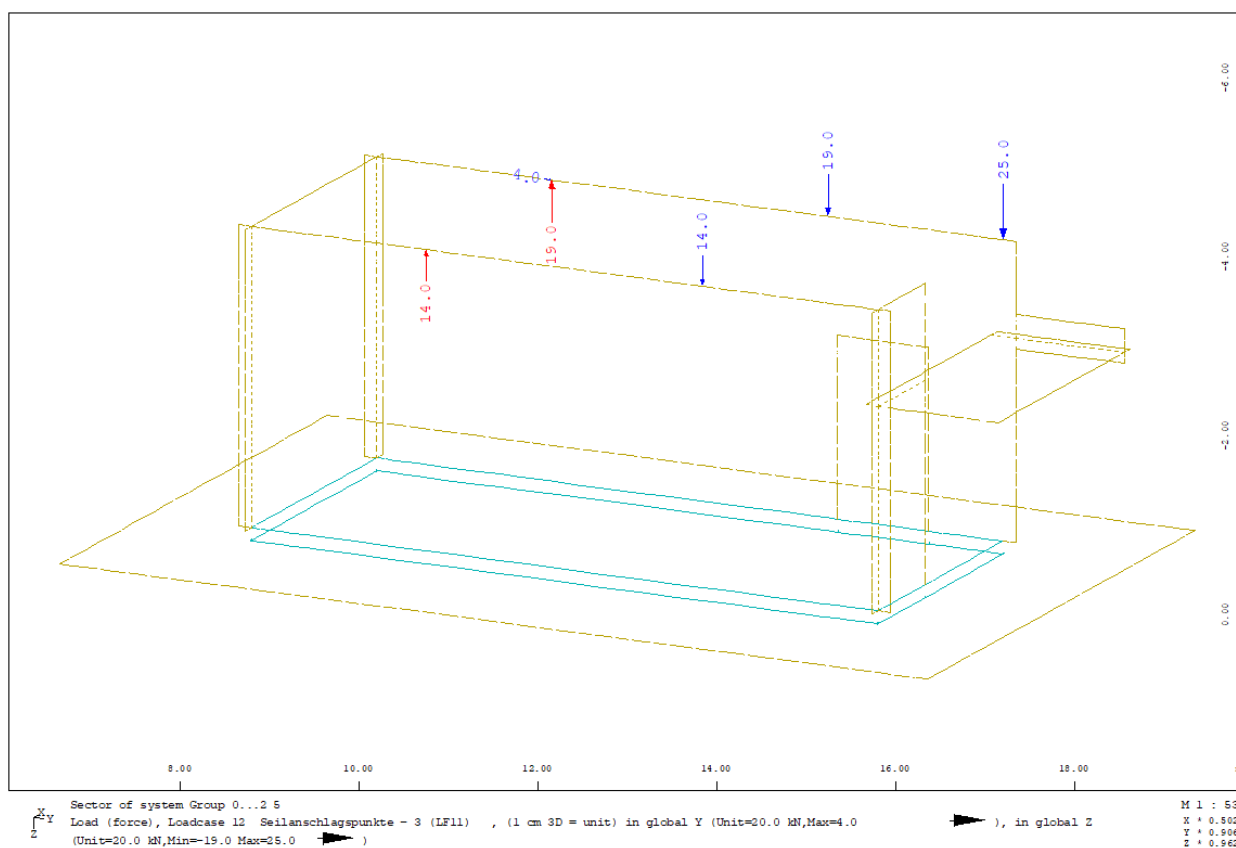
Lastfall	Seilanschlagspunkte – 2 (LF10)		
Knoten	Px	Py	Pz
1		3	-35
2		3	60
3			
4			
5			
6			
7			
8			



4.2.21 Seilanschlagspunkte – 3 (LF11) – Sofi LC 12

Charakteristische Lasten (kN)

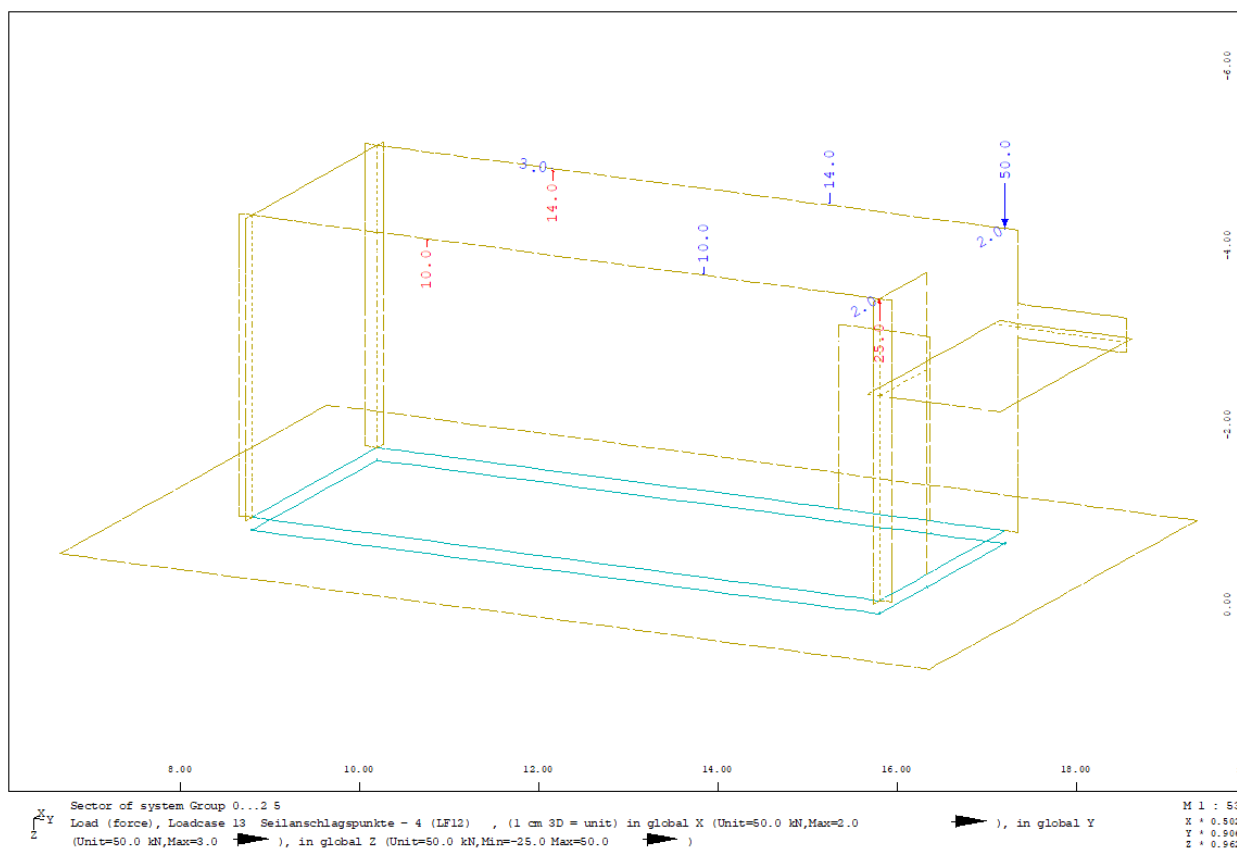
Lastfall	Seilanschlagspunkte – 3 (LF11)		
Knoten	Px	Py	Pz
1			
2			25
3			
4			
5			14
6			-14
7	-4		-19
8			19



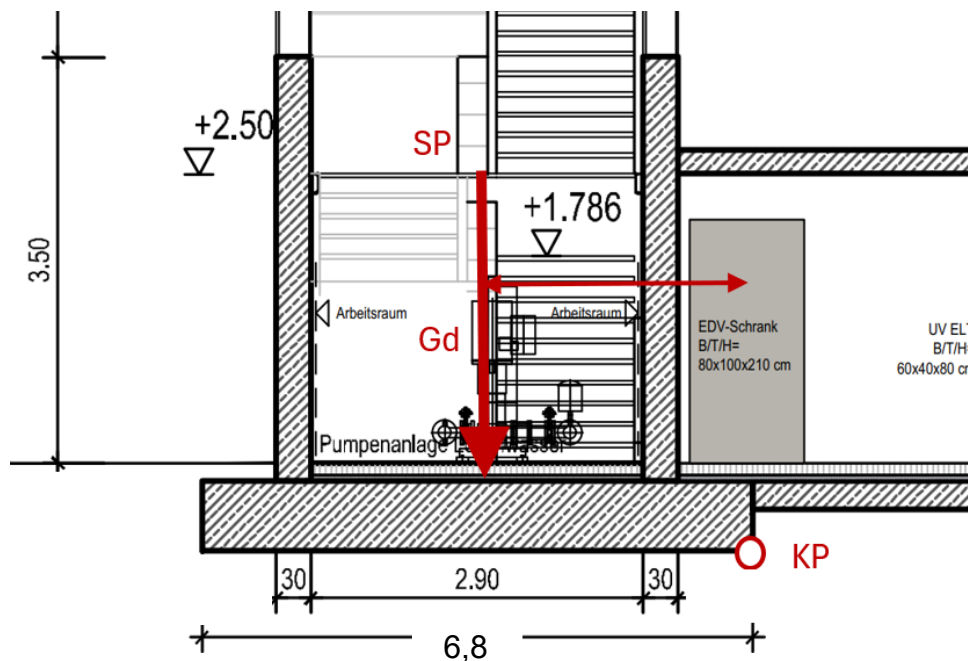
4.2.22 Seilanschlagspunkte – 4 (LF12) – Sofi LC 13

Charakteristische Lasten (kN)

Lastfall	Seilanschlagspunkte – 4 (LF12)		
Knoten	Px	Py	Pz
1		2	-25
2		2	50
3			
4			
5			10
6			-10
7	-3		-14
8			14



4.3 Stabilitätsnachweis



Günstige Auswirkung

Übungsturm

Stahlbau (plus Antenne): $G_{R,T} =$

655,99 kN ✓

Stahlbetonwände: $G_{R,STB} = 2 * [0,3 * 25 * 3,5 * (3,3 + 7,8)] =$

582,75 kN ✓

 $\Sigma G =$

1238,74 kN ✓

Bodenplatte

Abmessungen (B x L x H): 6,80 x 10,80 x [0,45 m || 0,6m]

 $2[10,8m(1,8m)](0,45m) + [6,8m - 2(1,8m)](10,8m)(0,6m) = 17,496 + 20,736 = 38,23 \text{ m}^3$

Eigengewicht:

 $G_{RT} = 25 * 38,23 =$

955,75 kN

 $M_{G,T} = 1238,74 * 6,80/2 =$

4211 kNm

 $M_{G,BP} = 955,75 * 6,80/2 =$

3249 kNm

 $\Sigma M_G =$

7460 kNm

 $(\gamma_G = 1,0)$

Ungünstige Auswirkung

Turm:

Wind: $W_{R,T} = (w_{d,k} + w_{s,k}) * b * h_t * A_{ref} / A$

$$= (0,83 + 0,23) * 8,1 * 26,5 * 0,7 = 159,3 \text{ kN}$$

Lasteinleitungspunkt: $h_{w,R,T} = 14,9 \text{ m}$

$$M_{W,R,T} = 159,3 * 14,9 = 2373,1 \text{ kNm}$$

Wind an der Antenne:

Wind: $W_{R,A} = 26,0 \text{ kN}$

Lasteinleitungspunkt: $h_{w,R,A} = 31,5 \text{ m}$

$$M_{W,R,A} = 25,9 \text{ kN} * 31,5 \text{ m} = 819,0 \text{ kNm}$$

$$\sum M_w = M_{W,R,T} + M_{W,R,A} = 2373,1 + 819,0 = 3192,1 \text{ kNm}$$

($\gamma_w = 1,5$)

$$M_{W,Rd} = \gamma_w * \sum M_w = 1,5 * 3192,1 = 4788 \text{ kNm}$$

Ausnutzung

$$\eta = M_{W,Rd} / M_{G,Rd} = 4788 / 7460 = \approx 0,65$$

5 Sofistik-Berechnung

5.1 Aktionen

Action	Description	Partition	Superposition	$\gamma-u$	$\gamma-f$	$\gamma-a$	ψ_0	ψ_1	ψ_2	ψ_{inf}
A	accidental loading	A (Accidental)	EXCL exclusive within category	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G	dead load	G (Permanent)	PERM permanent	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q	variable load	Q (Variable)	COND conditional	1.50	0.00	1.00	0.70	0.50	0.30	1.00
S	snow loading	Q (Variable)	COND conditional	1.50	0.00	1.00	0.50	0.20	0.00	0.20
W	wind loading	Q (Variable)	EXCL exclusive within category	1.50	0.00	1.00	0.60	0.20	0.00	1.00

5.2 Lasten

Nr	Title	Action	Factor of dead weight	$\gamma-u$	$\gamma-f$	$\gamma-a$	ψ_0	ψ_1	ψ_2	ψ_{inf}
1	Self Weight (Sofistik)	G dead load	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	Wind X (LF14)	W wind loading	0.00	1.50	0.00	1.00	0.60	0.20	0.00	1.00
3	Wind X- (LF15)	W wind loading	0.00	1.50	0.00	1.00	0.60	0.20	0.00	1.00
4	Eigengewicht (LF1) – Stahlturn	G dead load	0.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	Nutzlasten (LF13) – Holmlasten -	Q variable load	0.00	1.50	0.00	1.00	0.70	0.50	0.30	1.00
6	Eis (LF8)	S snow loading	0.00	1.50	0.00	1.00	0.50	0.20	0.00	0.20
7	Wind Y (LF16)	W wind loading	0.00	1.50	0.00	1.00	0.60	0.20	0.00	1.00
8	Nutzlast (LF6) – Podest und Balko	Q variable load	0.00	1.50	0.00	1.00	0.70	0.50	0.30	1.00
9	Nutzlast (LF7) – Treppenlaufe	Q variable load	0.00	1.50	0.00	1.00	0.70	0.50	0.30	1.00
10	Seilanschlagspunkte – 1 (LF9)	A accidental loading	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11	Seilanschlagspunkte – 2 (LF10)	A accidental loading	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12	Seilanschlagspunkte – 3 (LF11)	A accidental loading	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	Seilanschlagspunkte – 4 (LF12)	A accidental loading	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14	Eigengewicht - Leiter	G dead load	0.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
15	Nutzlasten – Leiter	Q variable load	0.00	1.50	0.00	1.00	0.70	0.50	0.30	1.00
16	Eigengewicht - Decke	G dead load	0.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
17	Nutzlasten - Decke	Q variable load	0.00	1.50	0.00	1.00	0.70	0.50	0.30	1.00
18	Wind Y- (LF17)	W wind loading	0.00	1.50	0.00	1.00	0.60	0.20	0.00	1.00
19	Eigengewicht (LF2) – Standig (Git	G dead load	0.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	Eigengewicht (LF3) – Standig (Git	G dead load	0.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
21	Eigengewicht (LF4) – Standig (Gel	G dead load	0.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
22	Eigengewicht (LF5) – Standig (Ant	G dead load	0.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Für Proj X + Y,

$0,707(\text{Wind} +/ - X) + 0,707(\text{Wind} +/ - Y)$

Superpositionierung

Bewertet anhand der Worst-Case-Überlagerung in ULS / SLS

	G	W	Q	S
LCs	1,4,14,16,19,20,21,22	2,3,7,18	5,6,8,9,15,17	10,11,12,13

Min (Keine Q oder S)

15000 Summe G + WX

15001 Summe G – WX

15002 Summe G + WY

15003 Summe G – WY

15004 Sum G + 0,707WX + 0,707WY

15005 Summe G – 0.707WX + 0.707WY

15006 Sum G + 0.707WX - 0.707WY

15007 Summ G – 0.707WX - 0.707 WY

wobei $1,06 = 1,5 \cdot 0,707$ gilt (GZT)

Max (Mit Q und S)

15008-15011 Sum G + WX + Sum Q + Sn

15012-15015 Sum G – WX + Sum Q + Sn

15016-15019 Sum G + WY + Sum Q + Sn

15020-15023 Sum G – WY + Sum Q + Sn

15024-15027 Sum G + 0,707WX + 0,707WY + Sum Q + Sn

15028-15031 Sum G – 0,707WX + 0,707WY + Sum Q + Sn

15032-15035 Sum G + 0,707WX - 0,707WY + Sum Q + Sn

15036-15039 Sum G – 0,707WX - 0,707WY + Sum Q + Sn

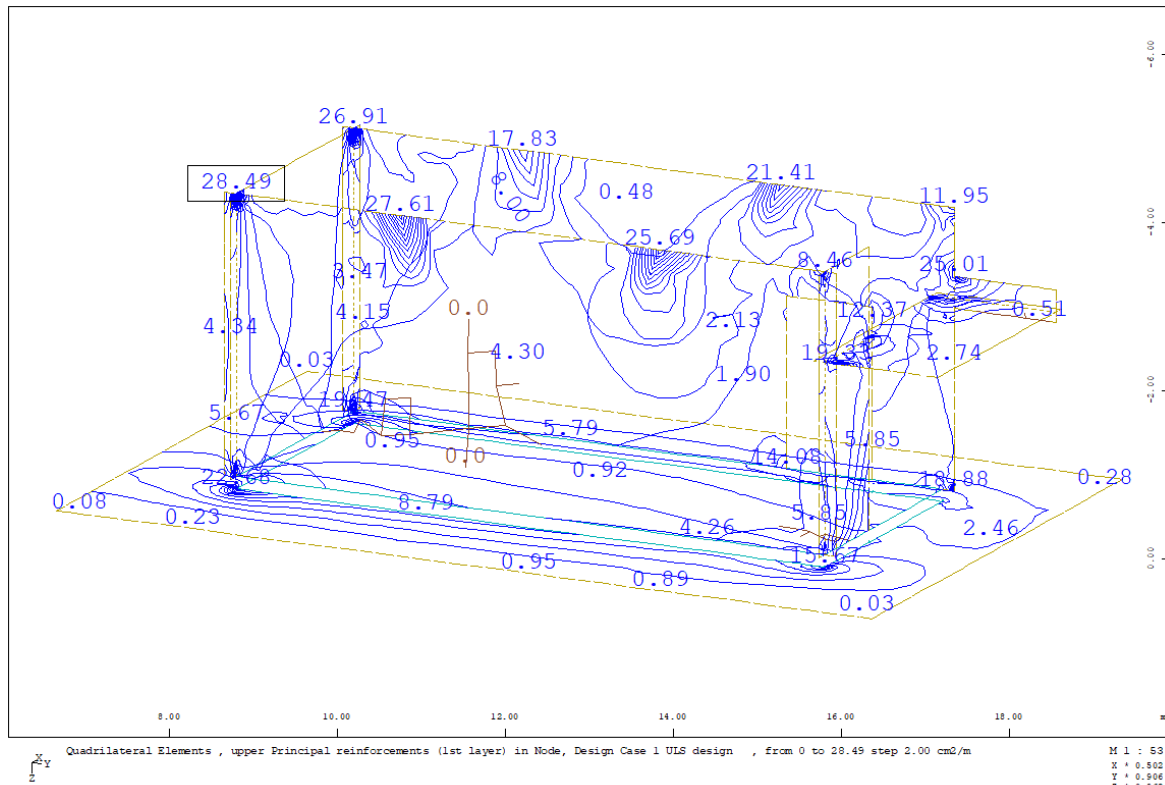
Für Sn → S1, S2, S3, S4

5.3 Erforderliche Bewehrung

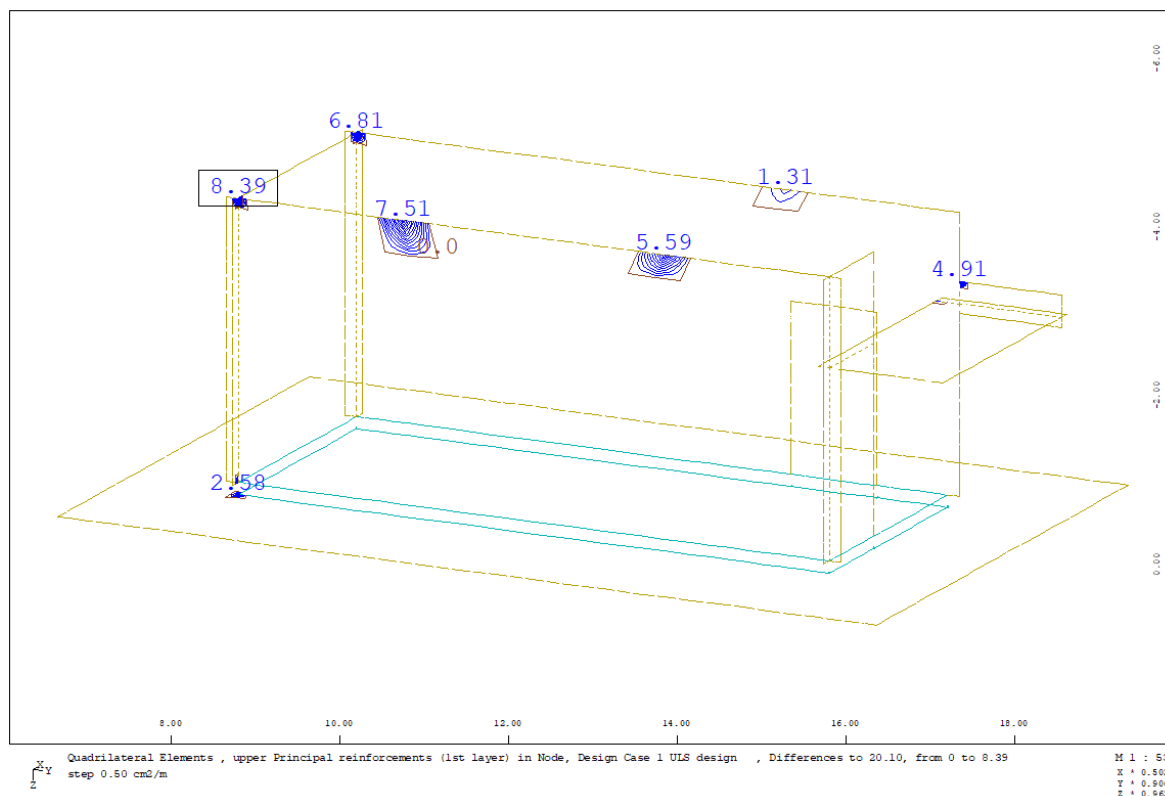
		<u>Wände</u>	<u>Bodenplatte</u>	<u>Decke</u>
Primäre Bewehrung	oben/innerhalb	ø16/10 cm	Ø25/12,5 cm ✓	Ø25/10 cm ✓
	unten/außen	ø16/10 cm	Ø25/12,5 cm ✓	Ø25/10 cm ✓
Querversteifung	oben/innerhalb	ø14/10 cm	Ø25/10 cm ✓	Ø14/12,5 cm ✓
	unten/außen	ø14/10 cm	Ø25/10 cm ✓	Ø14/12,5 cm ✓
Randbewehrung		4 ø 16		4 ø 20 ✓
Oberseite der Wandbewehrung		2 ø 25		

Weitere Informationen finden Sie unter 'Details'

5.3.1 Obere Hauptbewehrung - 1. Lage



Differenzen von 20,1 cm²/m:



Äquivalente Bewehrung an der Unterseite der Wand – Hauptbewehrung

$$20,1 + 2,58 = 22,68 \text{ cm}^2/\text{m}$$

<

$$20,1 + \pi(2,5\text{cm})^2/4 \cdot (100\text{cm}/12,5 \text{ cm}) = 20,1 + 39,26 = 59,36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$22,68 \text{ cm}^2/\text{m} < 59,36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Äquivalente Bewehrung an der Oberseite der Wand – Hauptbewehrung

$$20,1 + \text{Max}(8,39; 6,81; 7,51; 5,59; 1,31) = 20,1 + 8,39 = 28,49 \text{ cm}^2/\text{m}$$

<

$$20,1 + 2[\pi(1,6\text{cm})^2/4] / 0,3\text{m} = 20,1 + 13,4 = 33,51 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$28,49 \text{ cm}^2/\text{m} < 33,51 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Äquivalente Bewehrung am Randbalken des Decke – Hauptbewehrung

Anmerkung. Die Hauptrichtung ist die auskragende Richtung ✓

$$20,1 + 4,91 = 25,01 \text{ cm}^2/\text{m}$$

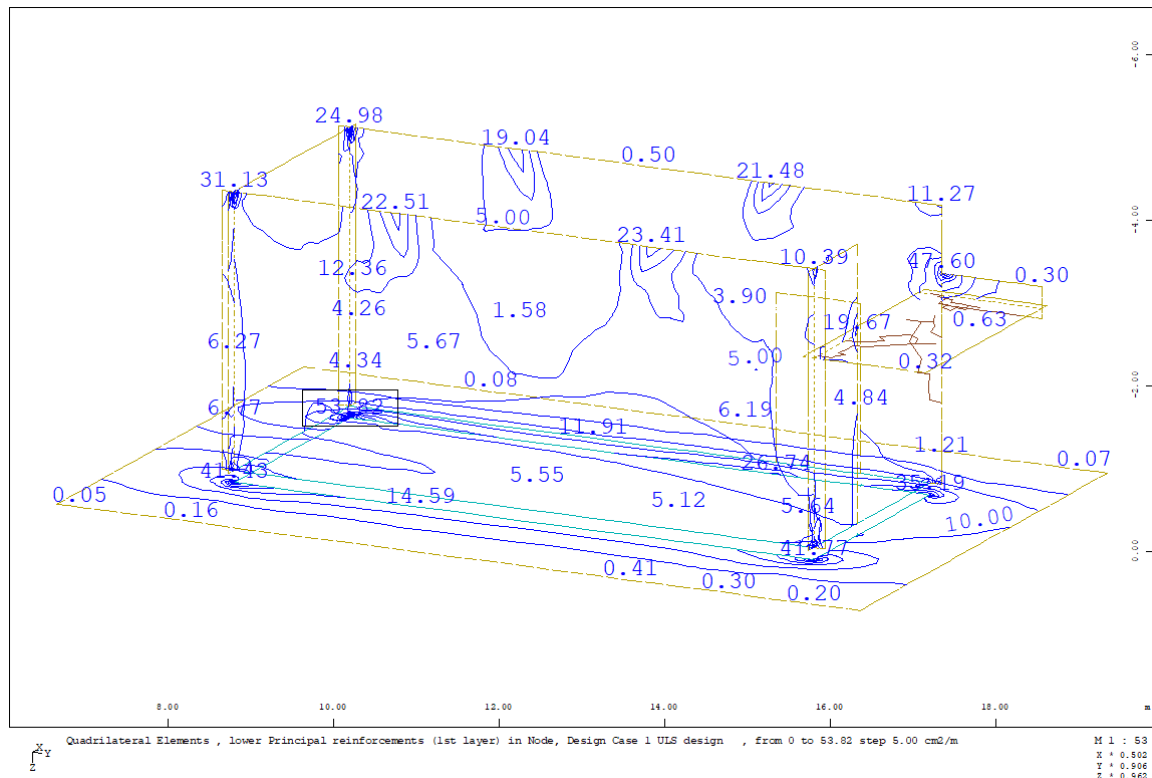
<

Durchmesser 25 Hauptbewehrung im Randbalken

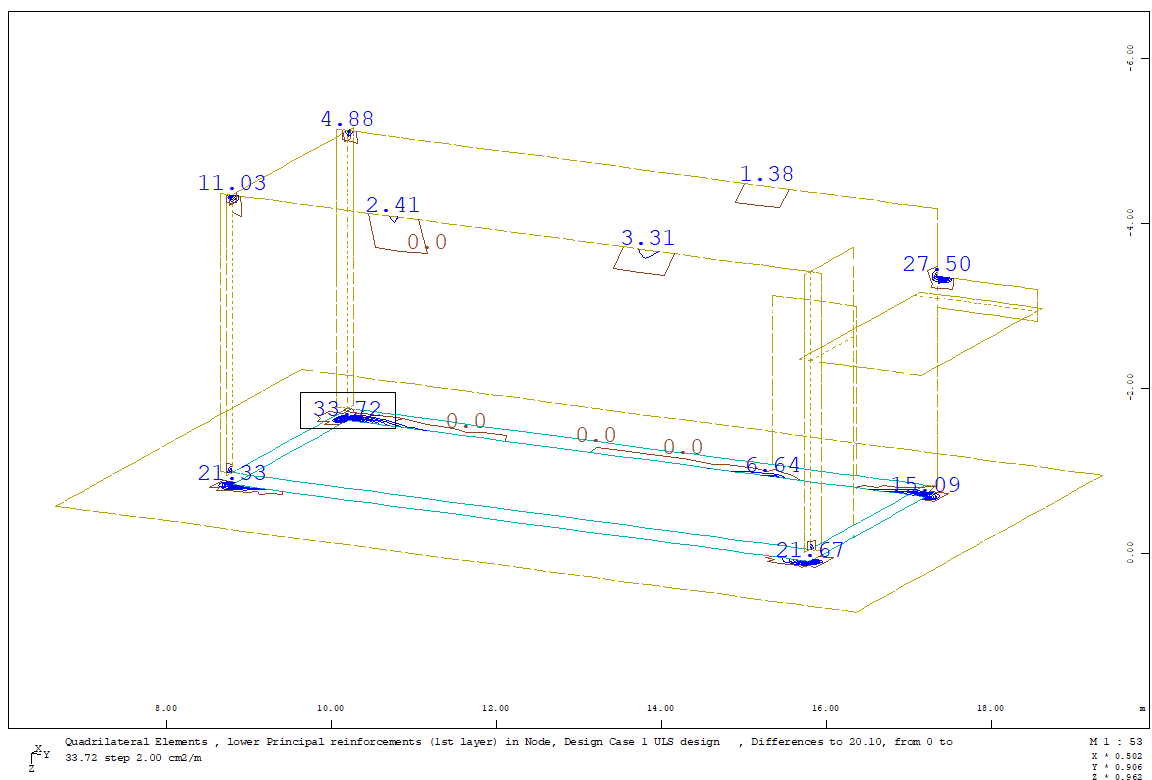
$$[\pi(2,5\text{cm})^2/4] / 0,1\text{m} = 49,08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$25,01 \text{ cm}^2/\text{m} < 49,08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

5.3.2 Untere Hauptbewehrung - 1. Lage



Differenzen von 20,1 cm²/m:



Äquivalente Bewehrung an der Unterseite der Wand – Hauptbewehrung

$$20,1 + \text{Max}(33,72; 21,33; 21,67; 15,09, 6,64) = 20,1 + 33,72 = 53,82 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

<

$$20,1 + \pi(2,5\text{cm})^2/4 \cdot (100\text{cm}/12,5 \text{ cm}) = 20,1 + 39,26 = 59,36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$53,82 \text{ cm}^2/\text{m} < 59,36 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Äquivalente Bewehrung an der Oberseite der Wand – Hauptbewehrung

$$20,1 + \text{Max}(11,03; 4,88; 2,41; 3,31; 1,38) = 20,1 + 11,03 = 31,13 \text{ cm}^2/\text{m}$$

<

$$20,1 + 2[\pi(1,6\text{cm})^2/4] / 0,3\text{m} = 20,1 + 13,4 = 33,51 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$31,13 \text{ cm}^2/\text{m} < 33,51 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Äquivalente Bewehrung am Randbalken des Decke – Hauptbewehrung

Anmerkung. Die Hauptrichtung ist die auskragende Richtung ✓

$$20,1 + 27,05 = 47,15 \text{ cm}^2/\text{m}$$

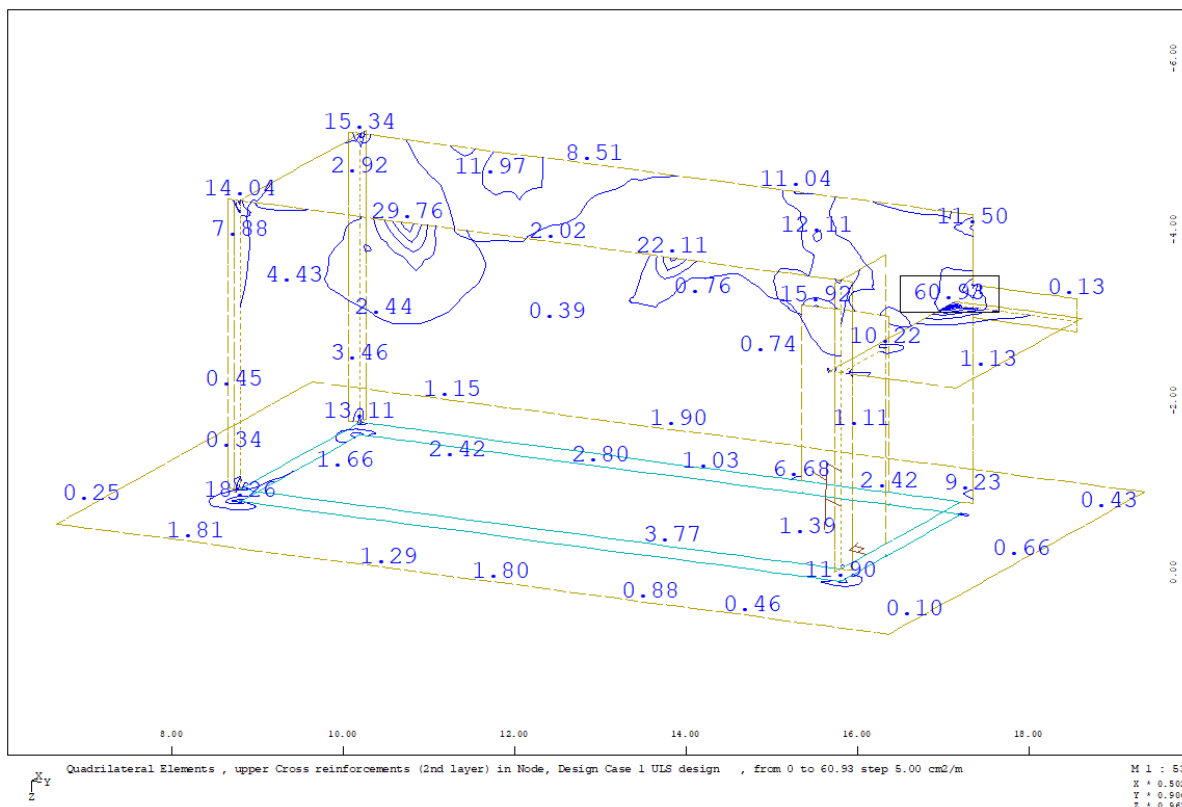
<

Durchmesser 25 Hauptbewehrung im Randbalken

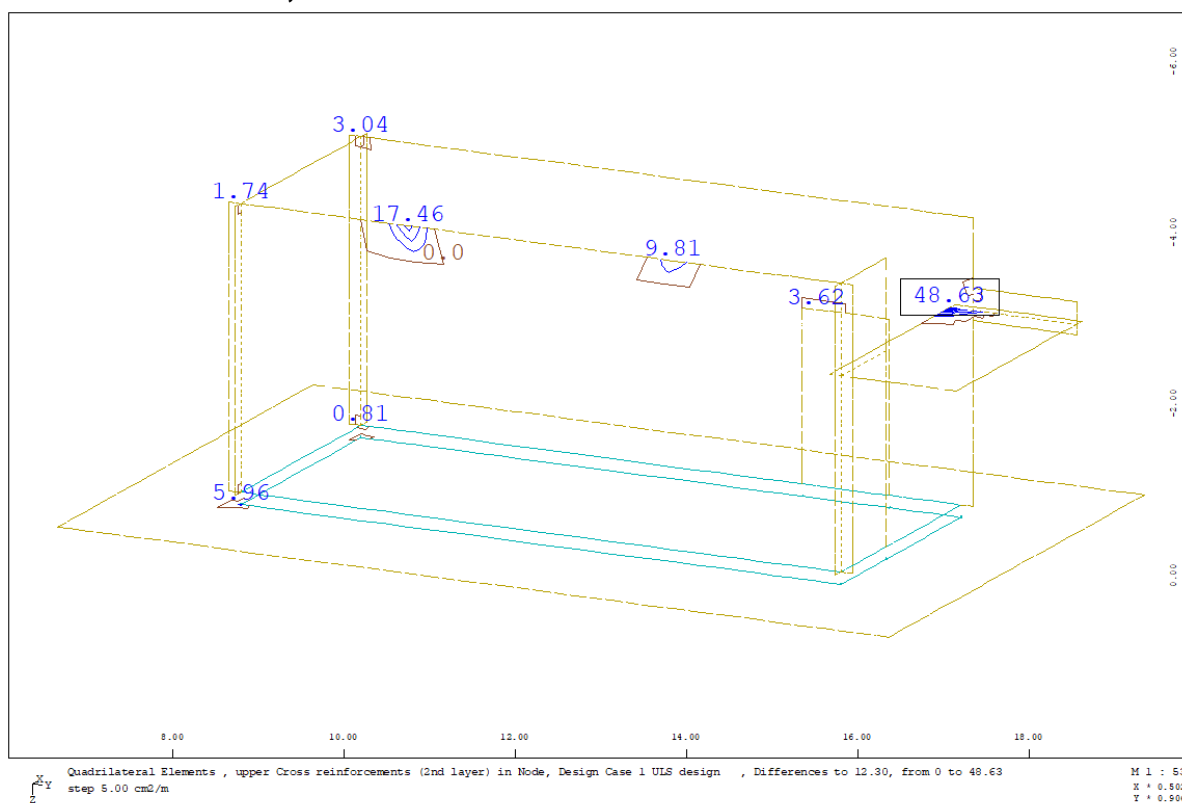
$$[\pi(2,5\text{cm})^2/4] / 0,1\text{m} = 49,08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$47,15 \text{ cm}^2/\text{m} < 49,08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

5.3.3 Obere Querbewehrung - 2. Lage



Differenzen von 12,3* cm²/m:



Äquivalente Bewehrung an der Unterseite der Wand – Querbewehrung

$$12,3 + \text{Max}(5,96; 0,81) = 12,3 + 5,96 = 18,26 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

<

$$\pi(2,5\text{cm})^2/4 \cdot (100\text{cm}/10 \text{ cm}) = 49,08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$18,26 \text{ cm}^2/\text{m} < 49,08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Äquivalente Bewehrung an der Oberseite der Wand – Querbewehrung

$$12,3 + \text{Max}(17,46; 9,81; 1,74; 3,04; 3,62) = 12,3 + 17,46 = 29,76 \text{ cm}^2/\text{m}$$

<

$$\text{Wechsel auf Durchmesser } 14 / 10 \text{ cm} = 15,39 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$15,39 + [\pi(2,5\text{cm})^2/4] / 0,3\text{m} = 15,39 + 16,36 = 31,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$29,76 \text{ cm}^2/\text{m} < 31,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Äquivalente Bewehrung am Randbalken des Decke – Querbewehrung

$$12,3 + 48,63 = 60,93 \text{ cm}^2/\text{m}$$

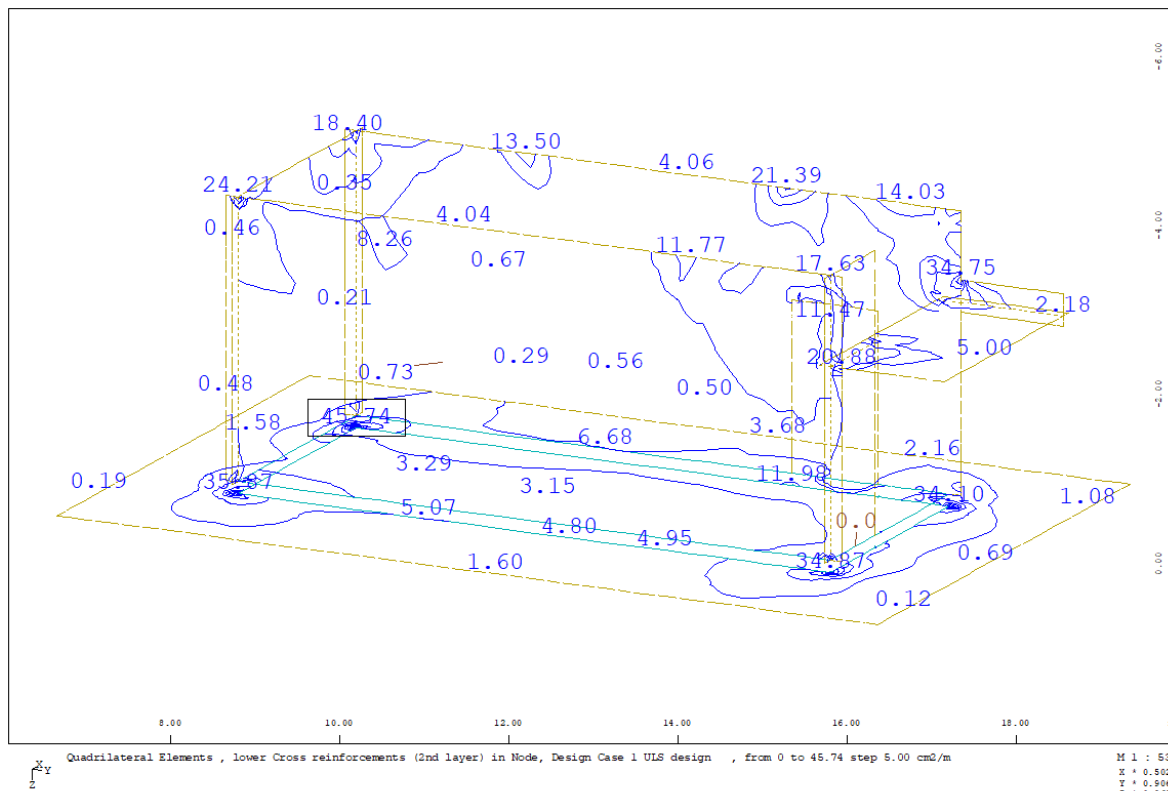
<

Durchmesser 20 Querbewehrung im Randbalken (Wandbalken-Teil)

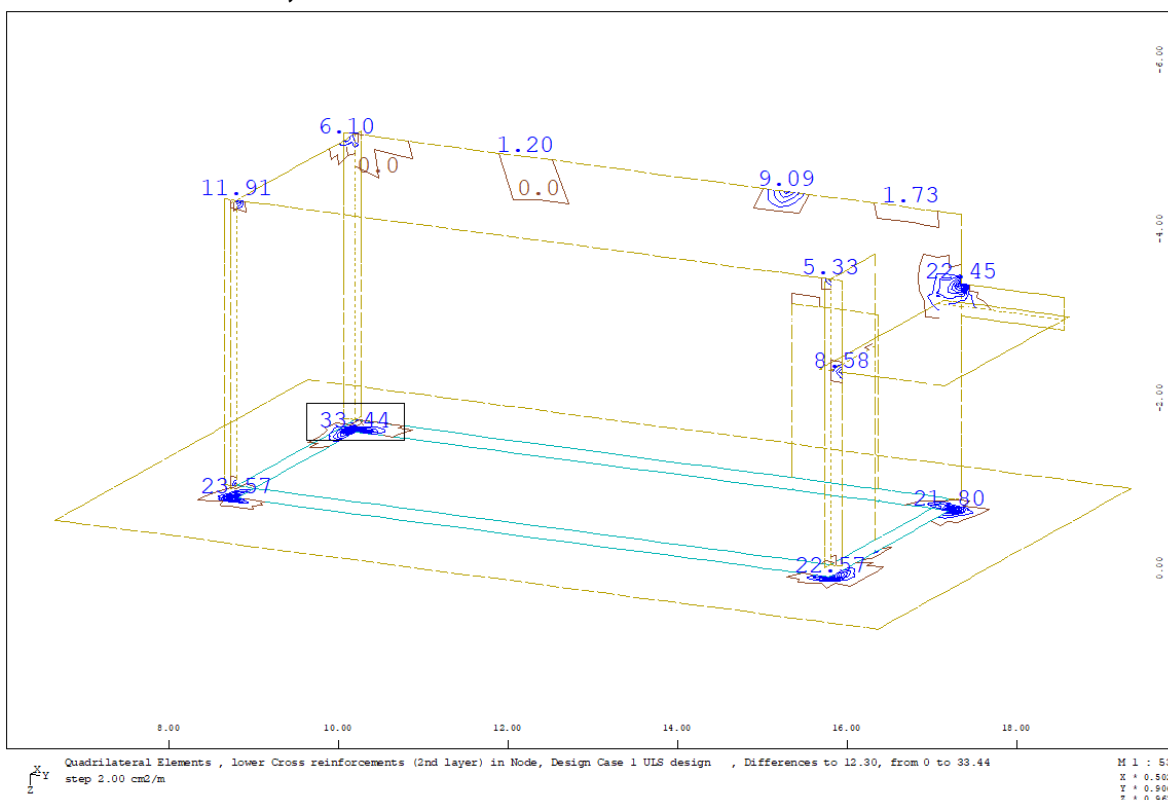
$$2[\pi(2,0\text{cm})^2/4] = 62,83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$60,93 \text{ cm}^2/\text{m} < 62,83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

5.3.4 Untere Querbewehrung - 2. Lage



Differenzen von 12,3* cm²/m:



Äquivalente Bewehrung an der Unterseite der Wand – Querbewehrung

$$12,3 + \text{Max}(33,44; 23,57; 22,57; 21,80) = 12,3 + 33,44 = 45,74 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

<

$$\pi(2,5\text{cm})^2/4 \cdot (100\text{cm}/10 \text{ cm}) = 49,08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$45,74 \text{ cm}^2/\text{m} < 49,08 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Äquivalente Bewehrung an der Oberseite der Wand – Querbewehrung

$$12,3 + \text{Max}(11,91; 6,10; 1,20; 9,09; 1,73; 5,33) = 12,3 + 11,91 = 24,21 \text{ cm}^2/\text{m}$$

<

$$15,39^* + [\pi(2,5\text{cm})^2/4] / 0,3\text{m} = 15,39 + 16,36 = 31,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$24,21 \text{ cm}^2/\text{m} < 31,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Äquivalente Bewehrung am Randbalken des Decke – Querbewehrung

$$12,3 + \text{Max}(8,58; 22,45) = 12,3 + 22,45 = 34,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

<

Durchmesser 20 Querbewehrung im Randbalken (Wandbalken-Teil)

$$2[\pi(2,0\text{cm})^2/4] = 62,83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$34,75 \text{ cm}^2/\text{m} < 62,83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

5.4 Kritische charakteristische Vertikalverschiebung

Load Case Combinations
Text Output

+
Automatic

Number	Type	Title
16000	SLS characteristic combination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)
16001	SLS characteristic combination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)
16002	SLS characteristic combination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)
16003	SLS characteristic combination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)
16004	SLS characteristic combination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)
16005	SLS characteristic combination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)
16006	SLS characteristic combination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)
16007	SLS characteristic combination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)
16008	SLS characteristic combination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)

Selected Combination

Number: 16002 Design Code: EuroNorm: DIN EN 1990:2002 (NA:2012) Grundlagen der Tragwerksplanung

Type: SLS characteristic combination

☐ Title: (1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)

Load Case	Action / Imperfection	Factor	γ_u	γ_f	ψ_2	ψ_1	ψ_2	ψ_{inf}
1 Self Weight (Sofistik)	G	1.000	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4 Eigengewicht (LF1) – Stahlturn	G	1.000	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
14 Eigengewicht - Leiter	G	1.000	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16 Eigengewicht - Decke	G	1.000	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
19 Eigengewicht (LF2) – Standig (	G	1.000	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20 Eigengewicht (LF3) – Standig (	G	1.000	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
21 Eigengewicht (LF4) – Standig (	G	1.000	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
22 Eigengewicht (LF5) – Standig (	G	1.000	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7 Wind Y (LF16)	W	1.000	1.500		0.600	0.200		1.000

Analysis
Groups
Control Parameter
Text Output
Graphical Output

Type of the Result: SLS characteristic combination

	Number	Inclination	Name	Type Description
☒	16000	no inclination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)	SLS characteristic combination
☒	16001	no inclination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)	SLS characteristic combination
☒	16002	no inclination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)	SLS characteristic combination
☒	16003	no inclination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)	SLS characteristic combination
☒	16004	no inclination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)	SLS characteristic combination
☒	16005	no inclination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)	SLS characteristic combination
☒	16006	no inclination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)	SLS characteristic combination
☒	16007	no inclination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)	SLS characteristic combination
☒	16008	no inclination	(1)+(4)+(14)+(16)+(19)+(20)+(21)	SLS characteristic combination

Analyse Theory

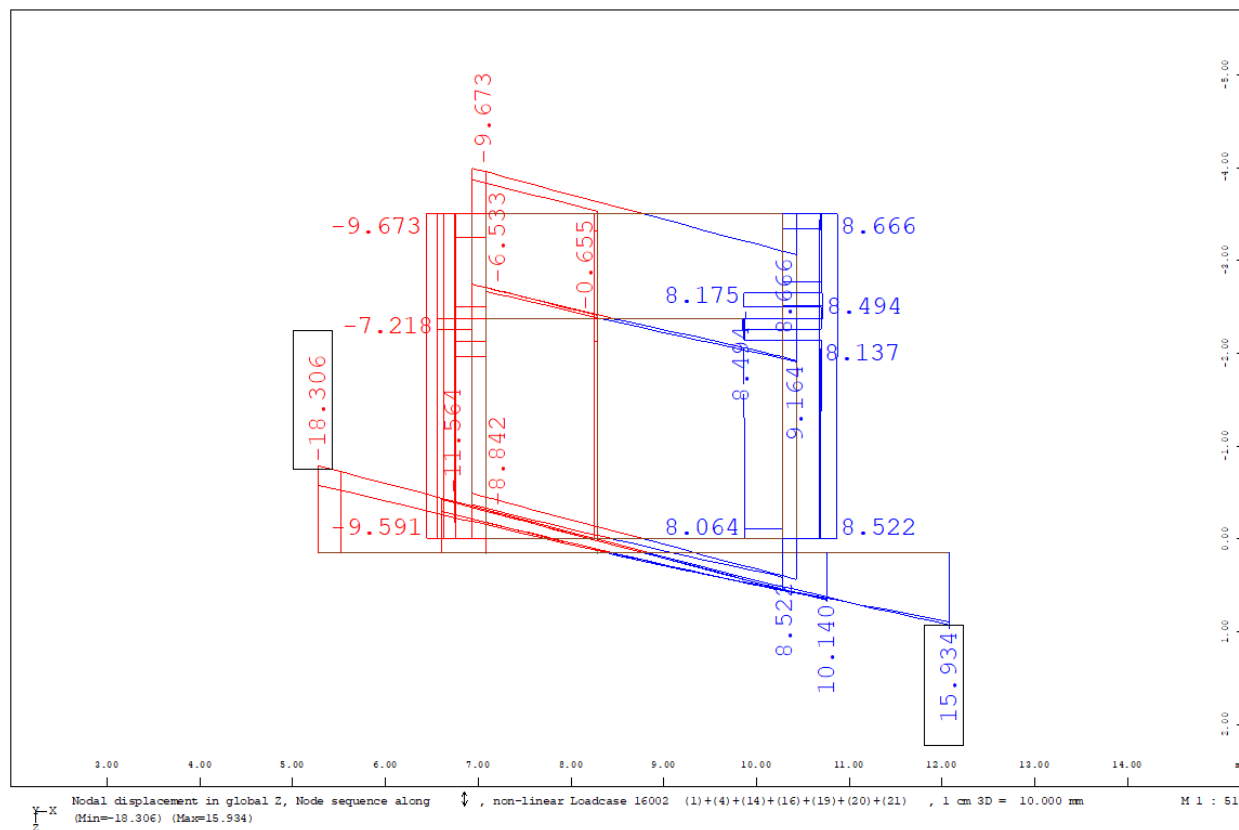
☐ Linear Elastic

☒ Nonlinear springs and bedding Number of Iterations 60

☐ 2nd Order / P-Δ Number of Iterations 60

☐ Full geometric nonlinear Number of Iterations 60

Kritischer Lastfall mit charakteristischen Lasten:



$$1,60 \text{ cm} / 3,0 \text{ cm} = 0,54$$

5.5 Nachweis der Tragfähigkeit - kritischer Bodendruck

Load Case Combinations
Text Output

+
Automatic

Number	Type	Title
15000	ULS fundamental combination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)
15001	ULS fundamental combination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)
15002	ULS fundamental combination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)
15003	ULS fundamental combination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)
15004	ULS fundamental combination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)
15005	ULS fundamental combination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)
15006	ULS fundamental combination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)
15007	ULS fundamental combination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)
15008	ULS fundamental combination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)

Selected Combination

Number: 15002 Design Code: EuroNorm: DIN EN 1990:2002 (NA:2012) Grundlagen der Tragwerksplanung

Type: ULS fundamental combination

☐ Title: 1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)

Load Case	Action / Imperfection	Factor	γ_u	γ_f	ψ_2	ψ_1	ψ_2	ψ_{inf}
1 Self Weight (Sofistik)	G	1.350	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4 Eigengewicht (LF1) – Stahlturn	G	1.350	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
14 Eigengewicht - Leiter	G	1.350	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16 Eigengewicht - Decke	G	1.350	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
19 Eigengewicht (LF2) – Standig (	G	1.350	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20 Eigengewicht (LF3) – Standig (	G	1.350	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
21 Eigengewicht (LF4) – Standig (	G	1.350	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
22 Eigengewicht (LF5) – Standig (	G	1.350	1.350	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7 Wind Y (LF16)	W	1.500	1.500		0.600	0.200		1.000

Analysis
Groups
Control Parameter
Text Output
Graphical Output

Type of the Result: ULS fundamental combination

	Number	Inclination	Name	Type Description
☒	15000	no inclination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)	ULS fundamental combination
☒	15001	no inclination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)	ULS fundamental combination
☒	15002	no inclination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)	ULS fundamental combination
☒	15003	no inclination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)	ULS fundamental combination
☒	15004	no inclination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)	ULS fundamental combination
☒	15005	no inclination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)	ULS fundamental combination
☒	15006	no inclination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)	ULS fundamental combination
☒	15007	no inclination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)	ULS fundamental combination
☒	15008	no inclination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)	ULS fundamental combination
☒	15000	no inclination	1.35(1)+1.35(4)+1.35(14)+1.35(16)	ULS fundamental combination

Analyse Theory

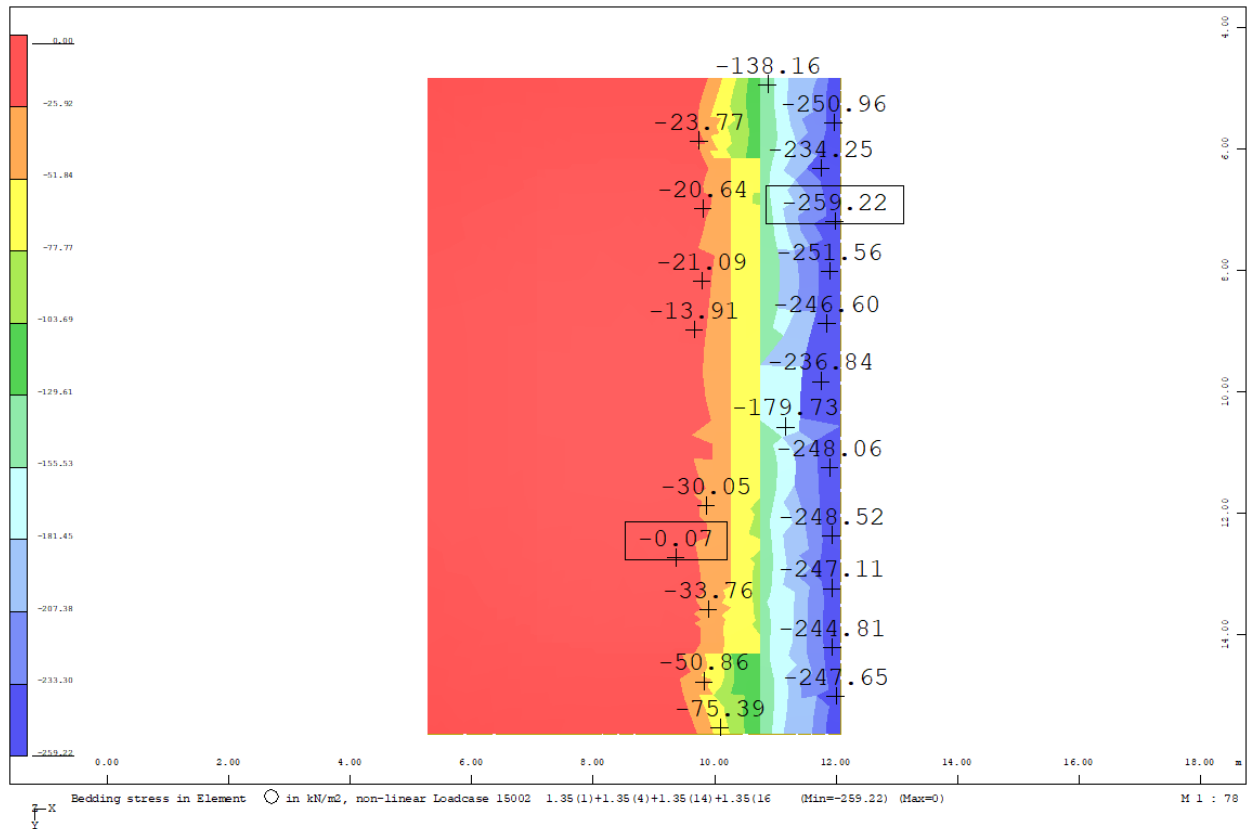
☐ Linear Elastic

☒ Nonlinear springs and bedding Number of Iterations 60

☐ 2nd Order / P-Δ Number of Iterations 60

☐ Full geometric nonlinear Number of Iterations 60

Kritischer Lastfall mit Bemessungslasten (Lastfall mit größtem Bodentragdruck):

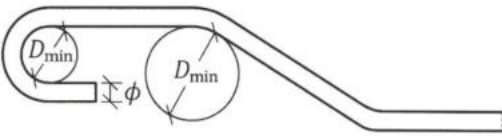


Maximal zulässiger Bodentragfähigkeitsdruck: 300 kN/m²

$$260 / 300 = 0,87$$

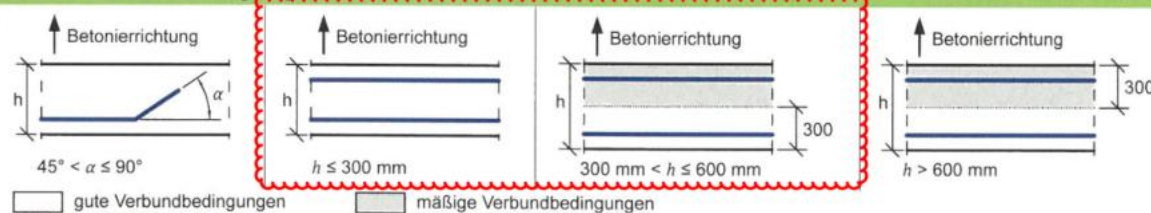
5.6 Details

7. Mindestbiegerollendurchmesser $D_{\min}$

		Haken, Winkelhaken, Schlaufen, Bügel	
Stabdurchmesser [mm]		$\phi < 20$	4ϕ
		$\phi \geq 20$	7ϕ
Schrägstäbe und andere gebogene Stäbe			
Mindestwert der Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene	$> 100 \text{ mm}$ und $> 7 \phi$	10ϕ	
	$> 50 \text{ mm}$ und $> 3 \phi$	15ϕ	
	$\leq 50 \text{ mm}$ oder $\leq 3 \phi$	20ϕ	

8. Verankerungen

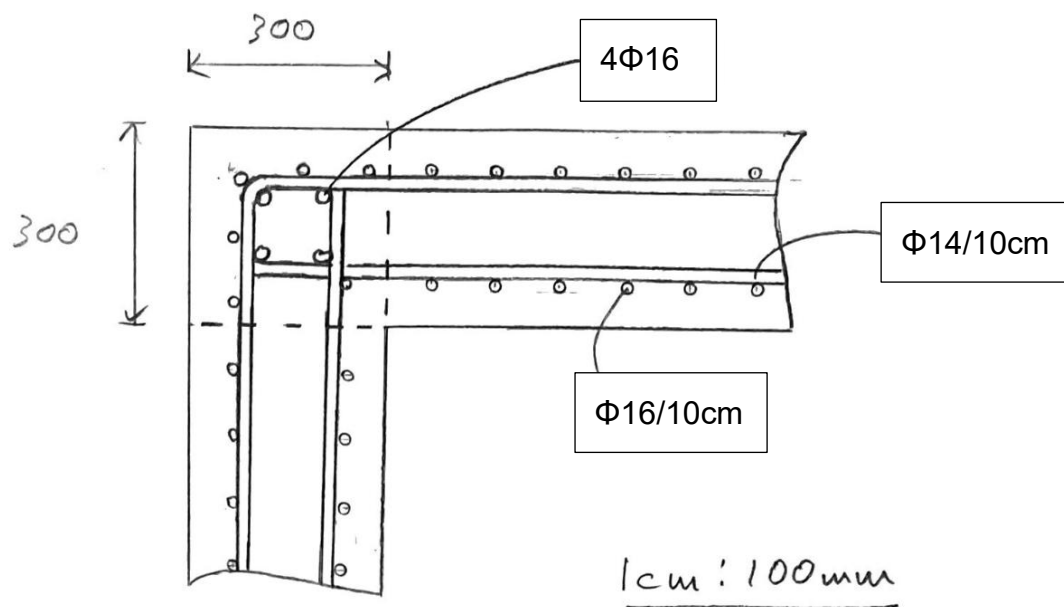
8.1 Verbundbedingungen



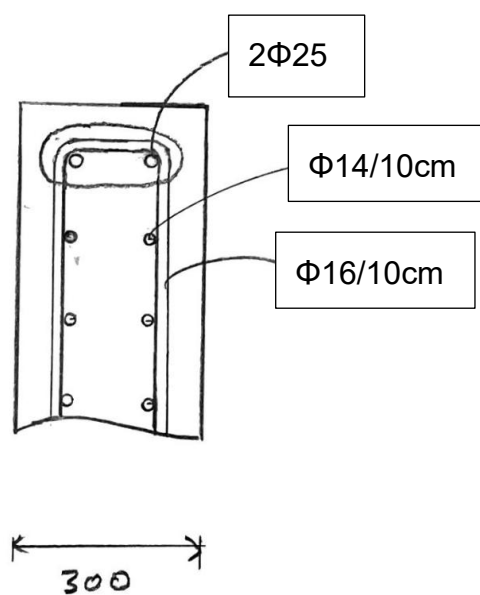
8.2 Grundwert der Verankerungslänge $l_{b,req}$ in cm

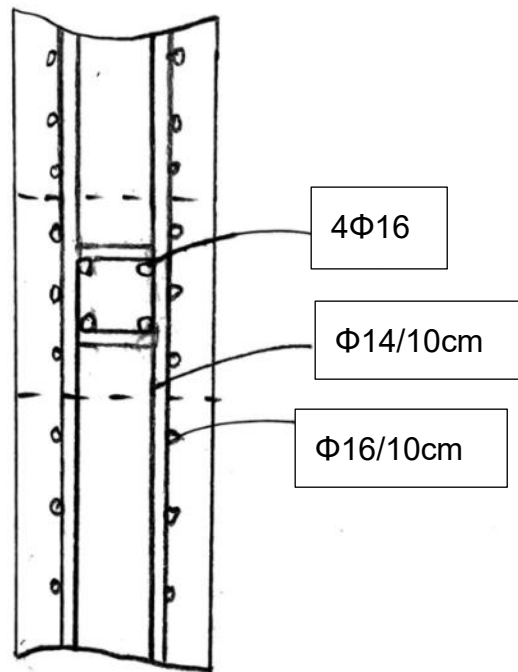
Betonfestigkeitsklasse	Verbundbedingung	Stabdurchmesser ϕ [mm]								
		6	8	10	12	14	16	20	25	28
C12/15	gut	40	53	66	79	92	105	132	165	184
	mäßig	56	75	94	113	132	150	188	235	263
C16/20	gut	33	43	54	65	76	87	109	136	152
	mäßig	47	62	78	93	109	124	155	194	217
C20/25	gut	28	37	47	56	66	75	94	117	131
	mäßig	40	54	67	80	94	107	134	167	187
C25/30	gut	24	32	40	48	57	65	81	101	113
	mäßig	35	46	58	69	81	92	115	144	161
C30/37	gut	21	29	36	43	50	57	71	89	100
	mäßig	31	41	51	61	71	82	102	128	143
C35/45	gut	19	26	32	39	45	52	64	81	90
	mäßig	28	37	46	55	64	74	92	115	129
C40/50	gut	18	24	30	35	41	47	59	74	83
	mäßig	25	34	42	51	59	67	84	105	118
C45/55	gut	16	22	27	33	38	44	55	68	76
	mäßig	23	31	39	47	55	62	78	97	109
C50/60	gut	15	20	25	31	36	41	51	64	71
	mäßig	22	29	36	44	51	58	73	91	102

Eckbewehrung Ansicht von oben:

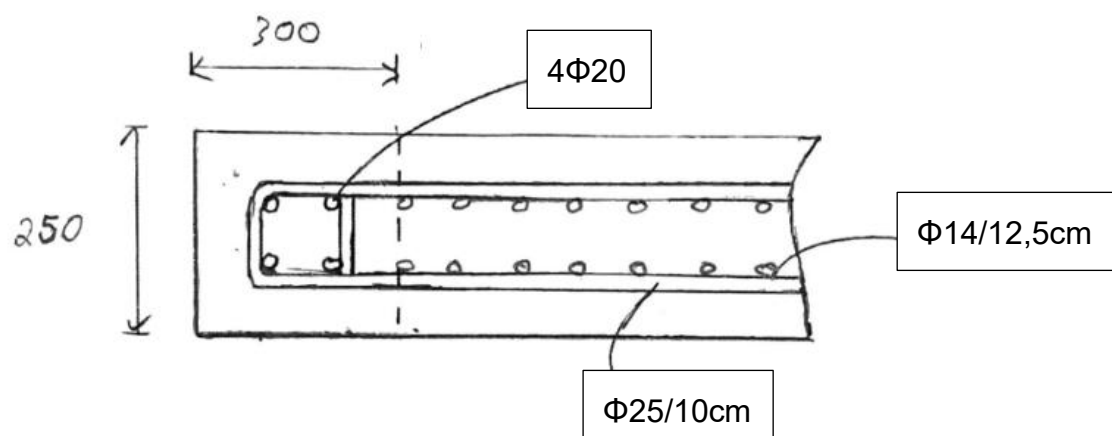


Wandbewehrung Schnitt:



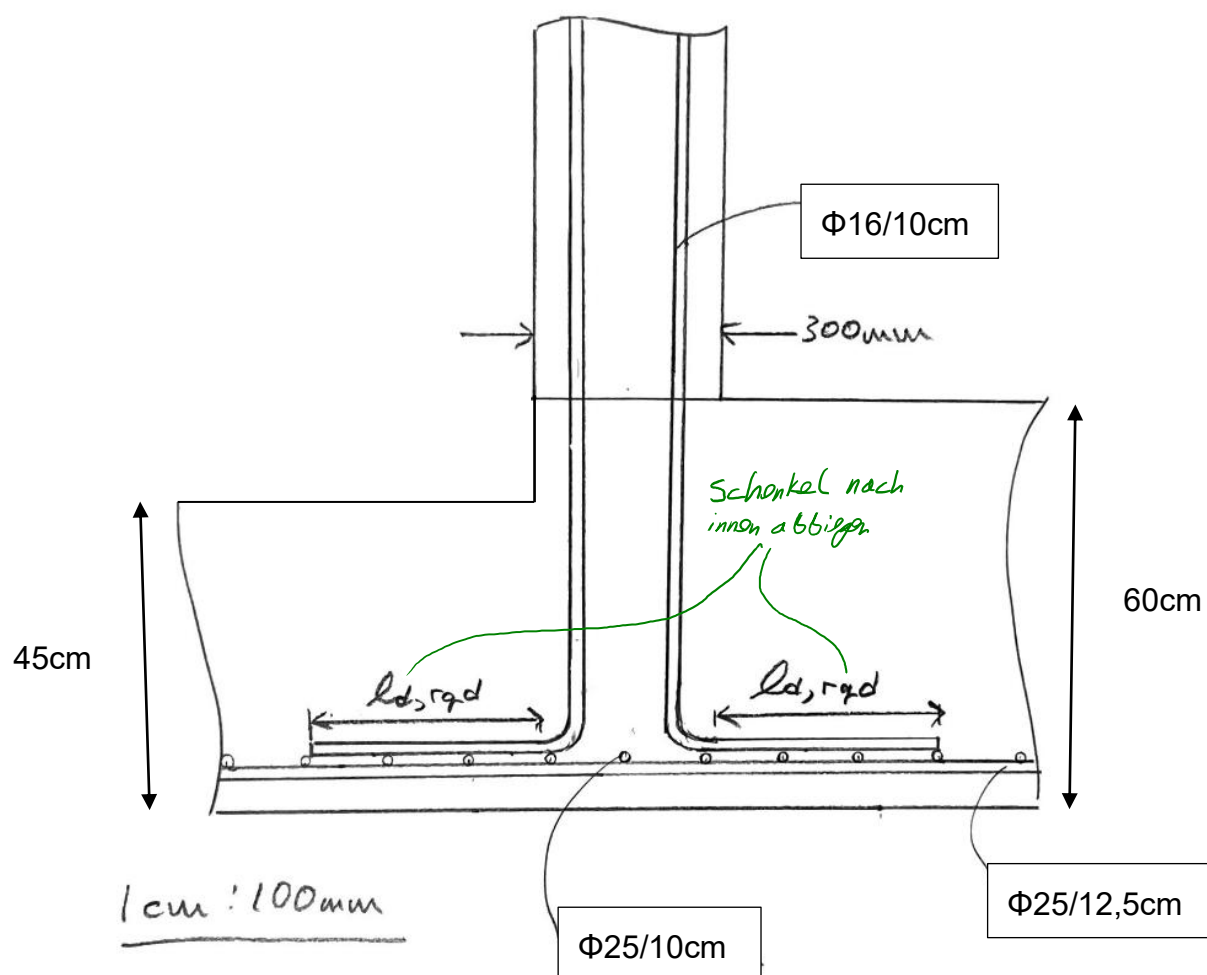
Wandbewehrung von oben (Bereich Stützenanschluss):


1cm : 100mm

Decke Schnitt:


1cm : 100mm

Fundament Schnitt:



Aufgestellt:

Darmstadt, den 15.04.2026




Amr Hammoud, EIT



Jordan Lutze, EIT



Dipl. Ing. Daniel Pister