

Digitale Ausfertigung

STATISCHE BERECHNUNG

BAUVORHABEN: Neubau Feuerwehrtechnische Zentrale,
Nienburg/Weser (NFZ)
Gewerbering 12
31608 Marklohe
hier: Übungsturm

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:

Geschäftsführer

STAND: 16. April 2025



Inhaltsverzeichnis

1	Anlass	4
2	Verwendete Unterlagen	5
2.1	Planungsunterlagen	5
2.2	Normen, Richtlinien, Literatur.....	5
2.3	Verwendete Software	5
3	Übungsturm.....	6
3.1	Steigleiter	6
3.1.1	System	6
3.1.2	Lastannahmen	9
3.1.3	Nachweis.....	10
3.2	Treppengeländer.....	14
3.2.1	Lastannahmen	15
3.3	Gitterroste	16
3.4	Treppenwange	19
3.4.1	System	20
3.4.2	Lastannahmen	25
3.4.3	Nachweis.....	27
3.5	Hauptsystem	31
3.5.1	Positionspläne.....	31
3.5.2	Gewählt.....	35
3.5.3	Lastannahmen	36
3.5.4	Lastfälle.....	41
3.5.5	Ausnutzung	60
3.5.6	Verformungen	63
3.6	Detail	69
3.6.1	A01-1 - Aussteifungsverband.....	69
3.6.2	H01-D1 – Holmleiterverbindungen	71
3.6.3	R01-D1 – Riegel zu Stütze.....	73
3.6.4	R02-D1 – Riegel zu Stütze.....	74
3.6.5	R02.1-D1 – Querträger zur Stahlbetonwand	78



3.6.6	Q01-D1 – Querträger zu Stütze	87
3.6.7	S01-D1 – Stützen zu Stahlbetonwände.....	91
4	Bodenplatte	92
4.1	Stabilitätsnachweis.....	92
4.2	Auflagerkräfte	94
4.3	Nachweis.....	101
4.3.1	Grundparameter	102
4.3.2	Lastannahmen	110
4.3.3	Erforderliche Bewehrung.....	123
4.3.4	Setzungsberechnung	129
4.3.5	Nachweis der Tragfähigkeit – maßgebende Boenpressung.....	131
4.3.6	Stahlträger für Treppenläufe	133
4.4	Detail	136



Projekt-Nr. 236011-1	LK Nienburg Neubau Feuerwehrtechnische Zentrale Hier: Übungsturm	Seite 4
-------------------------	---	------------

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

2.2 Normen, Richtlinien, Literatur

[2] DIN EN 1991 (EC1): Aktionen zu Strukturen

[3] DIN EN 1992 (EC2): Entwurf von Stahlbetonkonstruktion

[4] DIN EN 1993 (EC3): Entwurf von Stahlkonstruktion

[5] DIN 18799-1: Ortsfeste Steigleiteranlagen an baulichen Anlagen

2.3 Verwendete Software

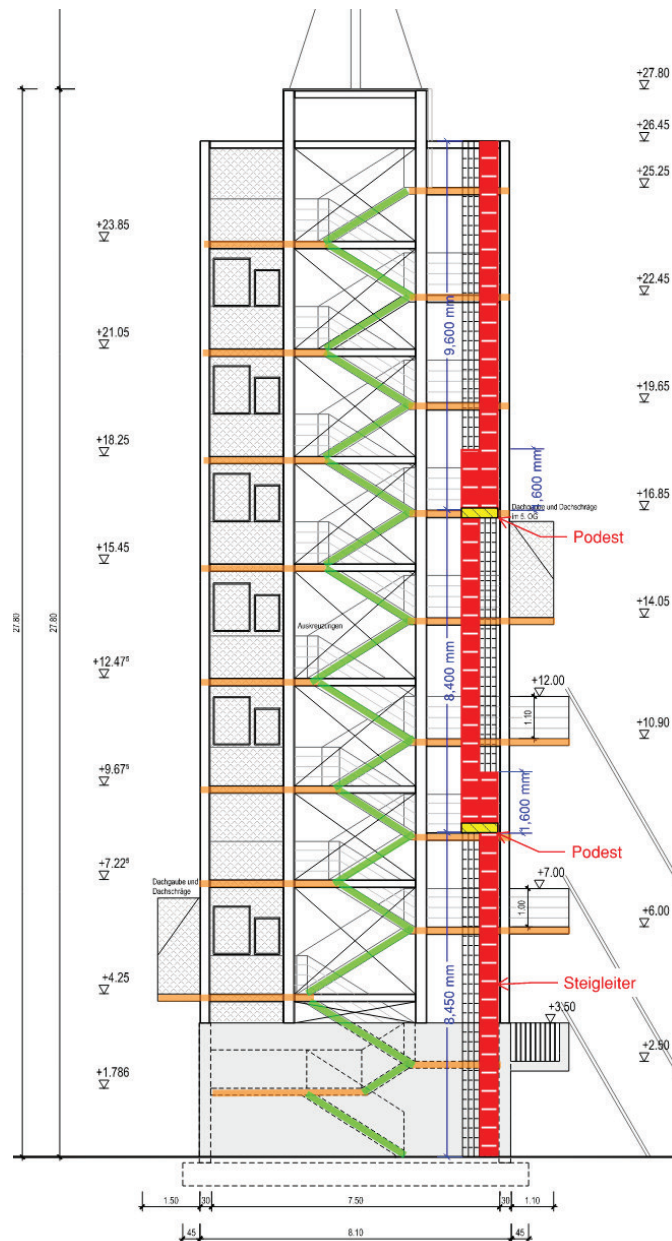
[5] FRILO Software GmbH, FRILO R-2025-1/P05

[6] Dlubal Software GmbH, RFEM 6.09.0001

3 Übungsturm

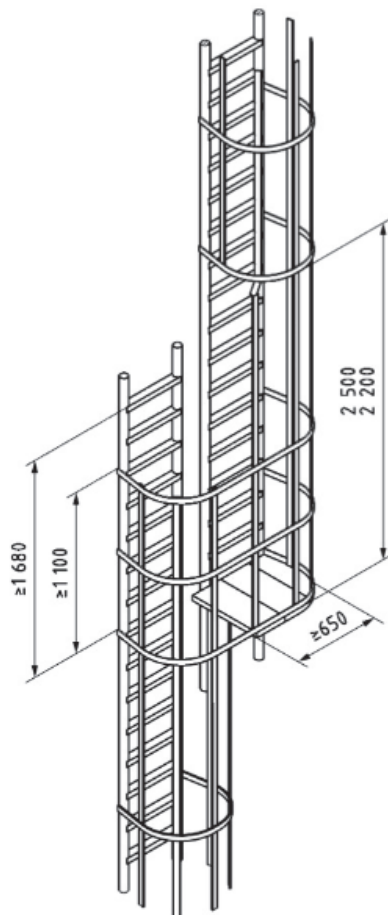
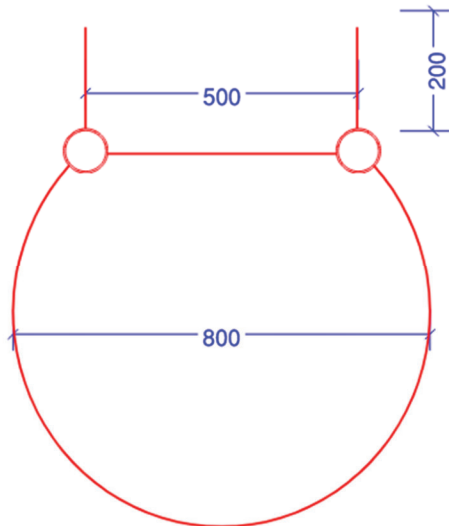
3.1 Steigleiter

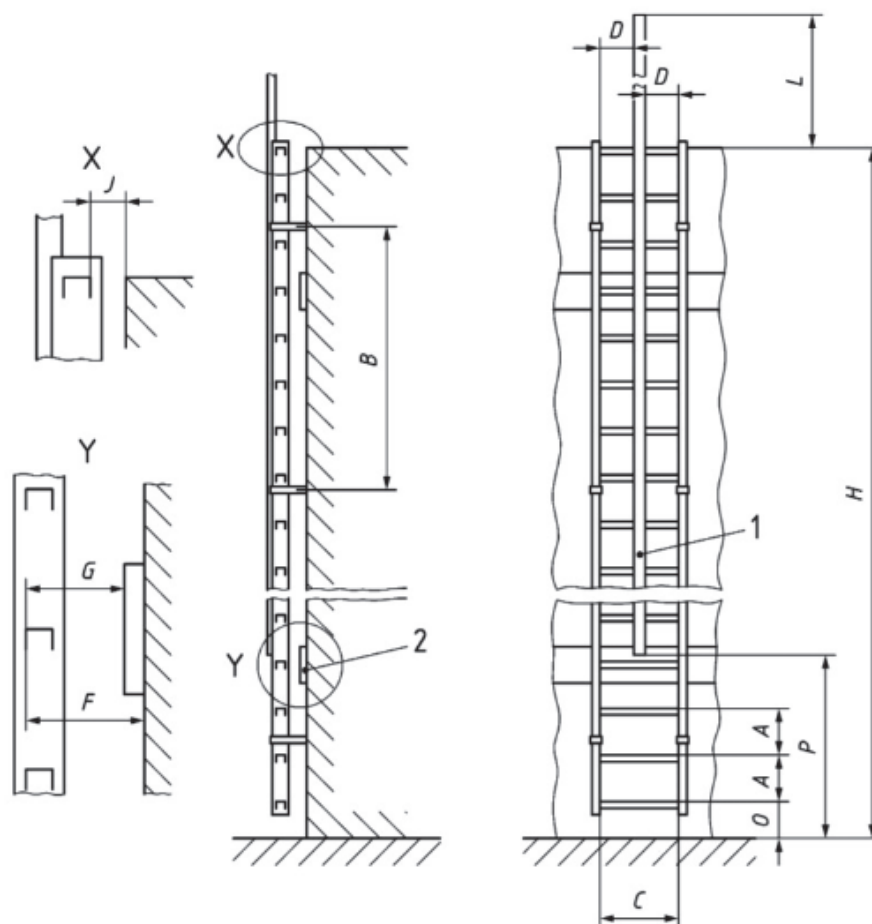
3.1.1 System



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

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



Leitertreppe:

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



Verkehrslast für eine Person pro Leiterholm:

Belastung mit einer Exzentrizität von 0,3 m

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



Sonderlast für Rückenschutz (lotrecht):

Belastung mit einer Exzentrizität von 0,8 m

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



Sonderlast für Rückenschutz (horizontal):

Belastung mit einer Exzentrizität von 0,8 m

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



3.1.3 Nachweis

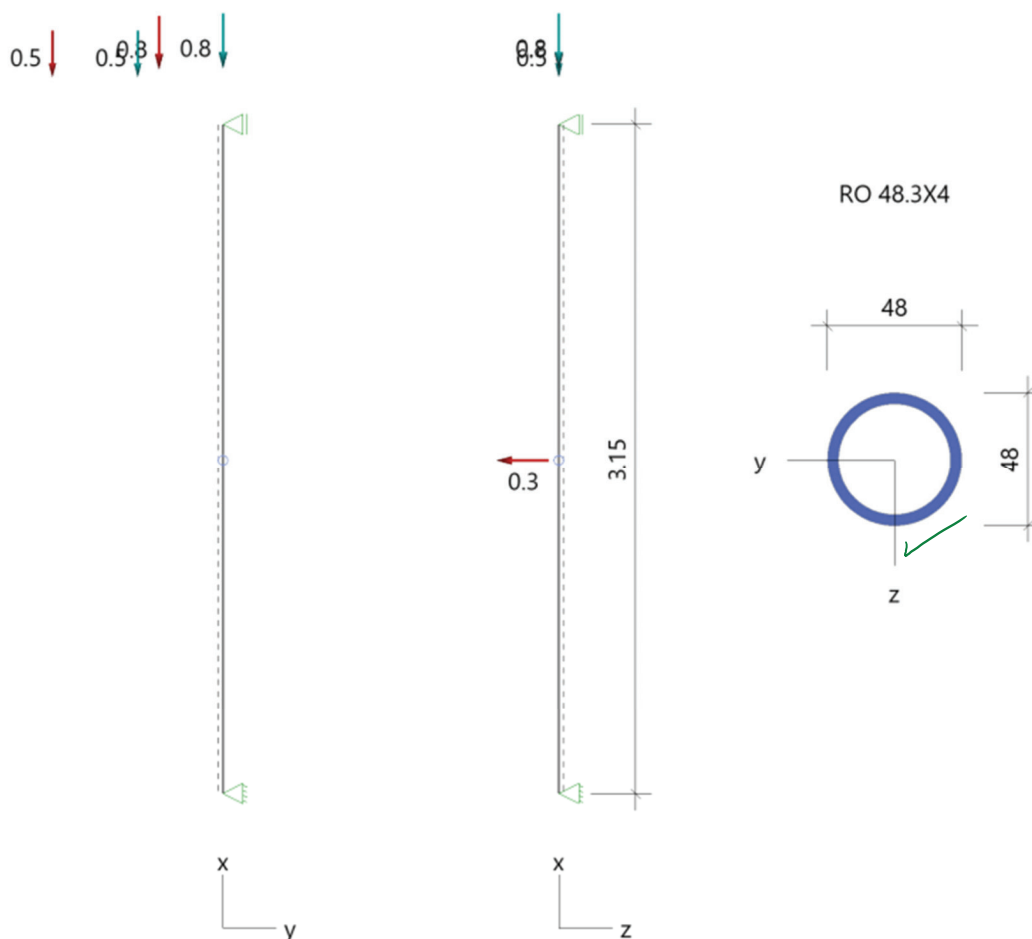
Position: H01

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	1.50	1.00	0.70	0.70	0.60
15	A	ständig/vorübergehend	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

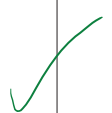
Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

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	-
Kopf	3.15	Lasten mit Zus 1	15	-0.5	-0.2	-	0.1	-
		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	-

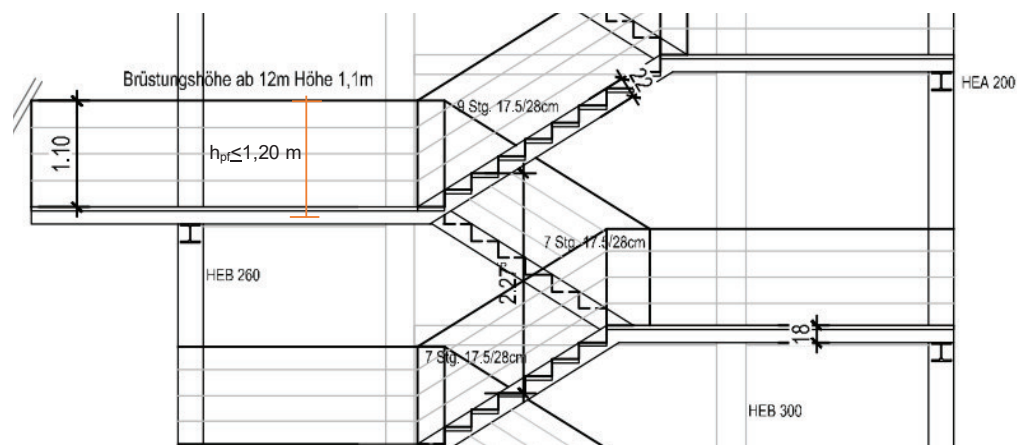


3.2 Treppengeländer

Hinweise zum Treppengeländer

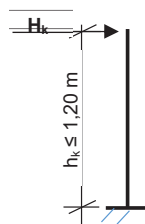
Der Aufsteller der Statik ist dazu angehalten, die Bemessungsschnittgrößen anzugeben.

Auszug Schnittzeichnungen agn architekten vom 27.03.2025 (unmaßstäblich):



Pos. Geländerpfosten zur Absturzsicherung

System mit Belastung:



3.2.1 Lastannahmen

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

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

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

- aus Winddruck auf das Geländer (geschlossen)

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

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

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

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

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

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

Anmerkung:

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

vgl. Prüfbericht
Prof. Dr.-Ing. M. Klaus

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 270 mm 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	116,82	81,13	59,61	45,64	36,96	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	93,15	71,31	56,34	45,04	37,72	31,89	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

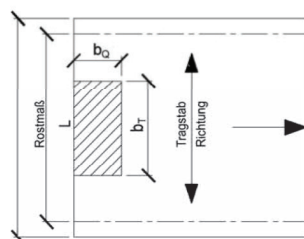
Hinweis: Zur Sicherstellung einer örtlichen Mindesttragfähigkeit von Bauteilen (z.B. Decken oder Roste) ohne ausreichende Querverteilung der Lasten ist ein zusätzlicher Nachweis mit der Einzellast Q_k ohne Überlagerung der Flächenlast q_k zu führen.
Die Einzellast Q_k ist in ungünstigster Stellung auf dem Bauteil anzusetzen, wobei die Ausstandsfläche 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 Maschenteilung (ca. 34 x 38)	Pressroste Maschenteilung (ca. 33 x 33)	Steckroste Maschenteilung (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



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

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

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

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

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

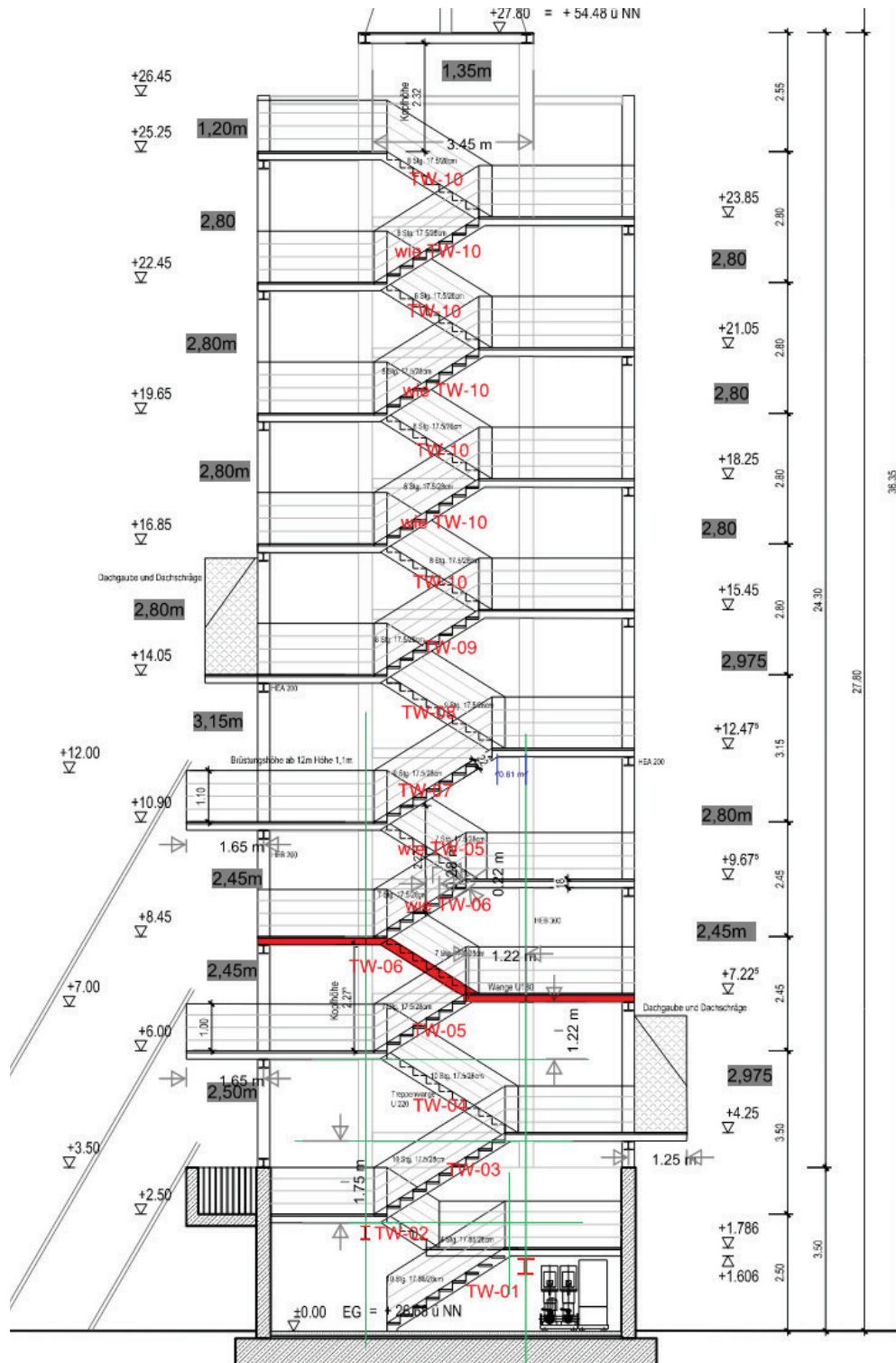
$$M_k = \frac{F_P \cdot \left(L - \frac{b_T}{2} \right)}{4} [kNcm] \quad \text{bei Einzellast}$$

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

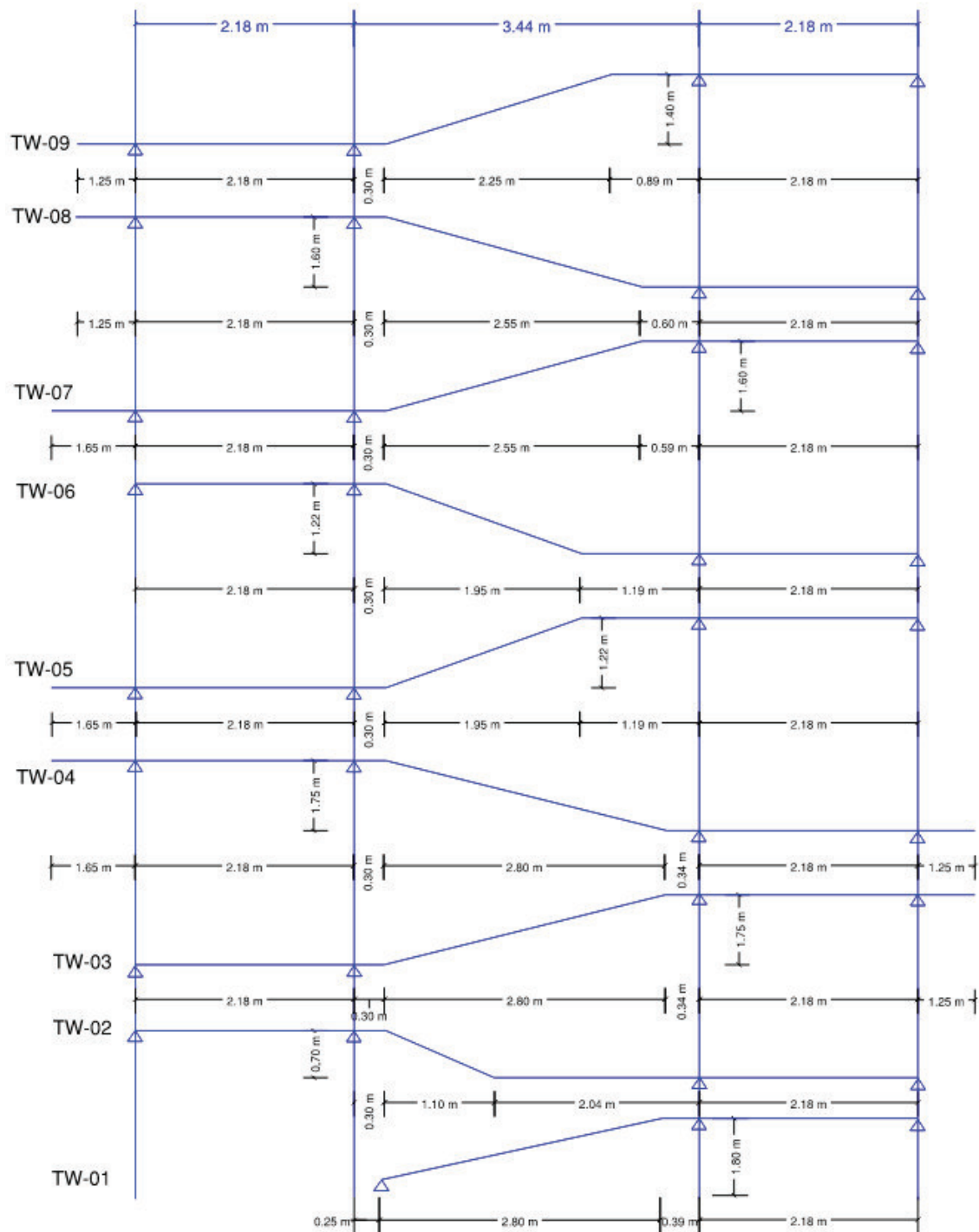
Nachweisführung

$M_k =$	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		
$\sigma_{d, vorh} =$	16,28	n	$= \frac{b_0}{t} + m$
$\sigma_{zul} =$	21,36		
$\eta =$	0,76	< 1,0	Nachweis erfüllt

3.4 Treppenwange



3.4.1 System



Material/Querschnitt:

Baustahl S235

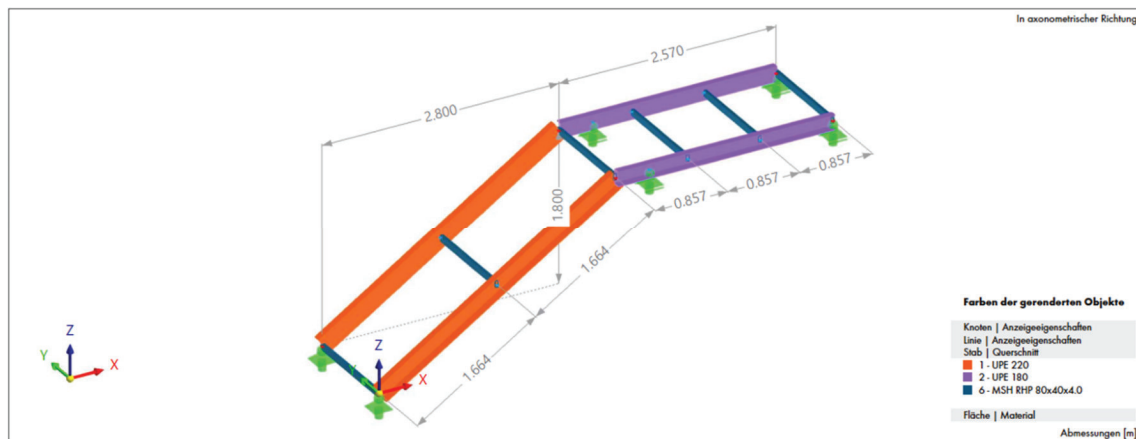
Wangenträger: UPE 220

Podest: UPE 180

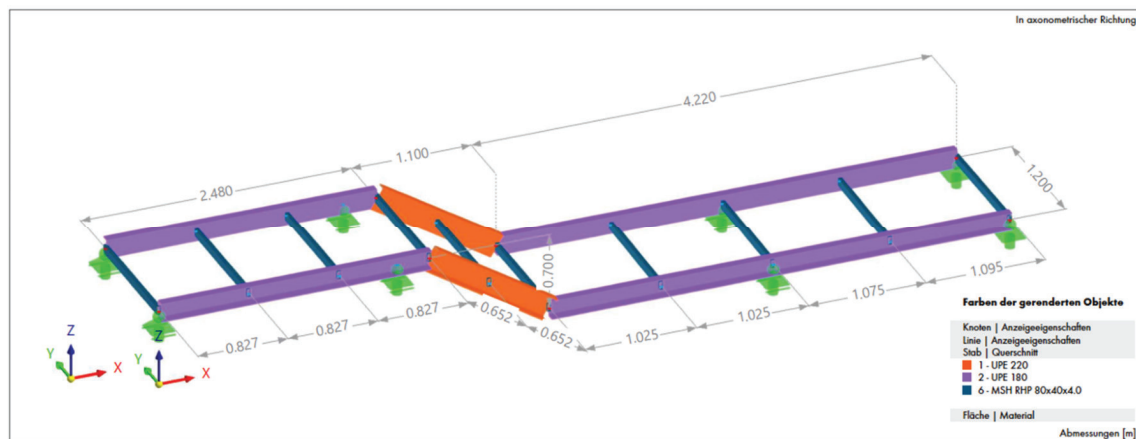
Knickaussteifung: RRO 80x40x4

Torsionsbremse: IPE 180

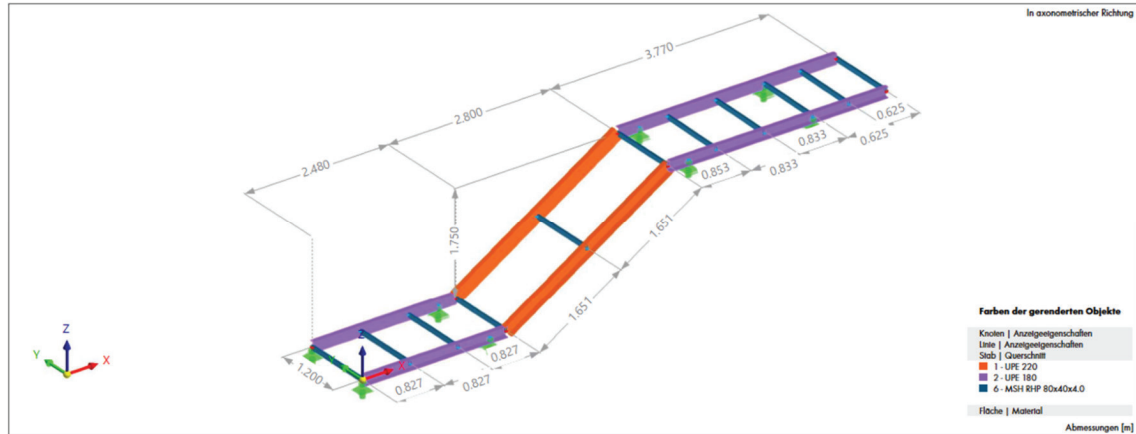
TW-01



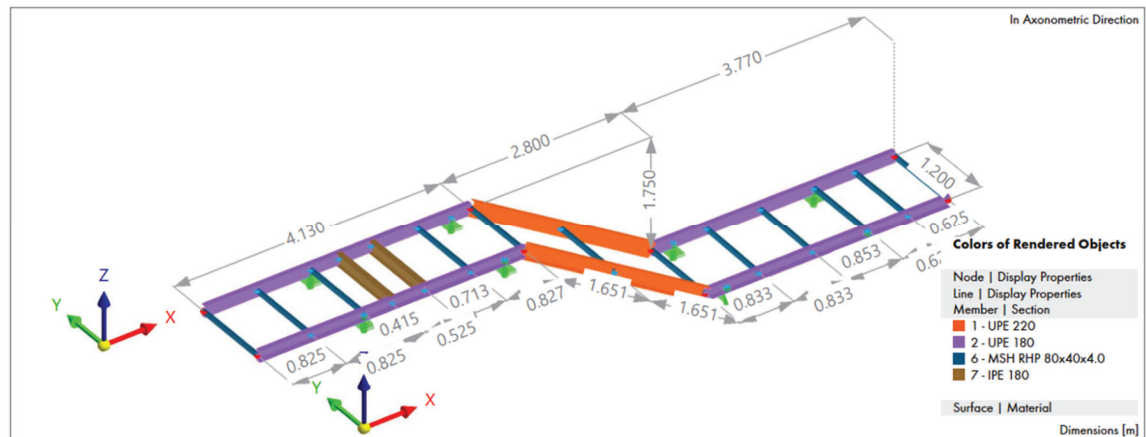
TW-02



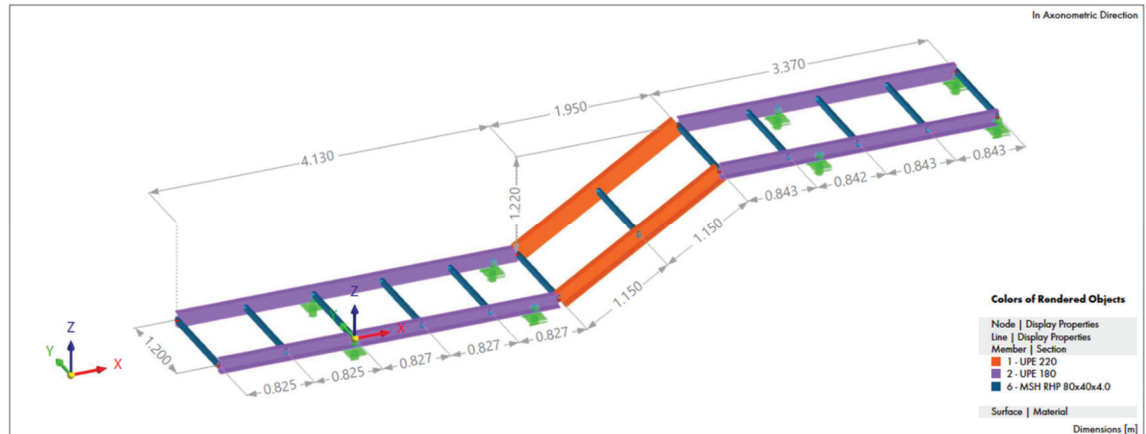
TW-03



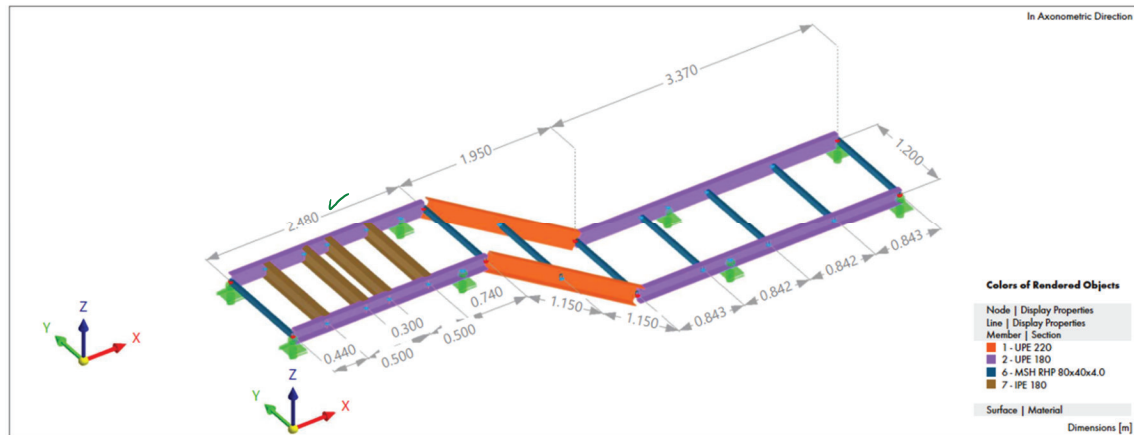
TW-04



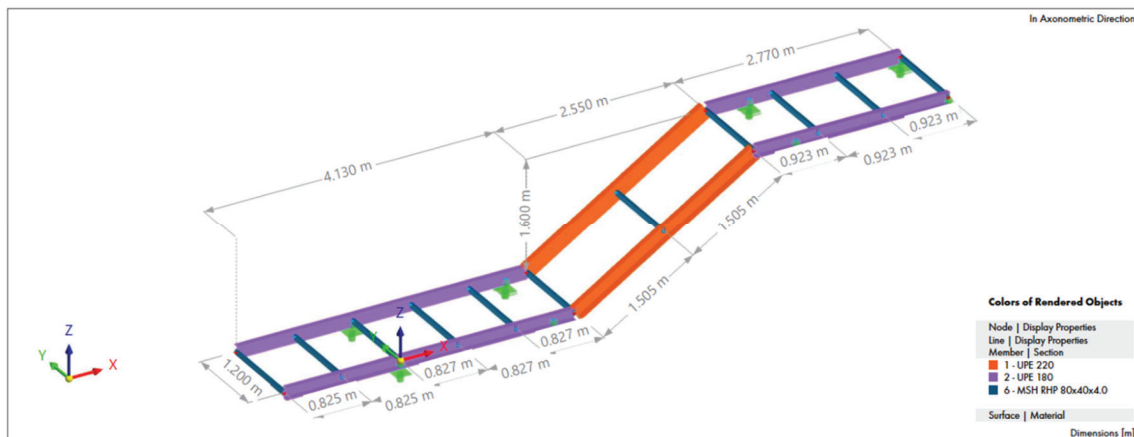
TW-05



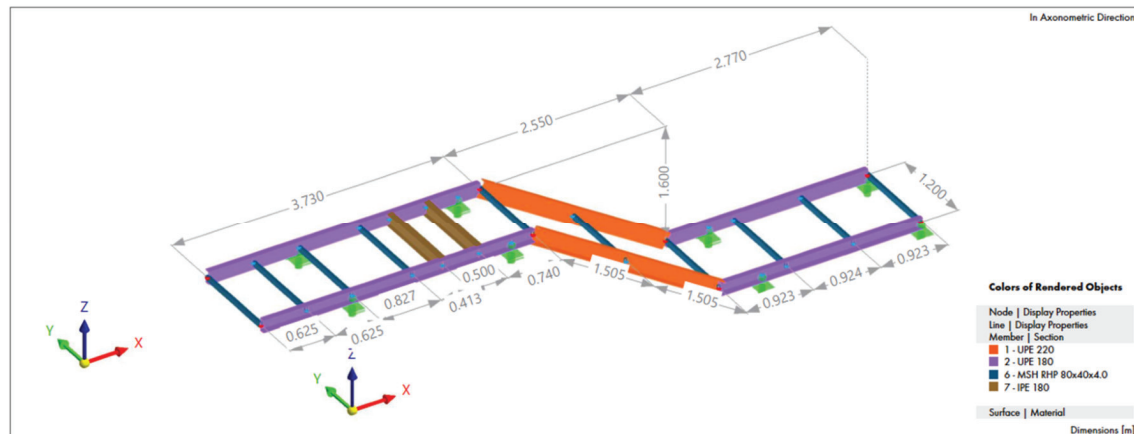
TW-06



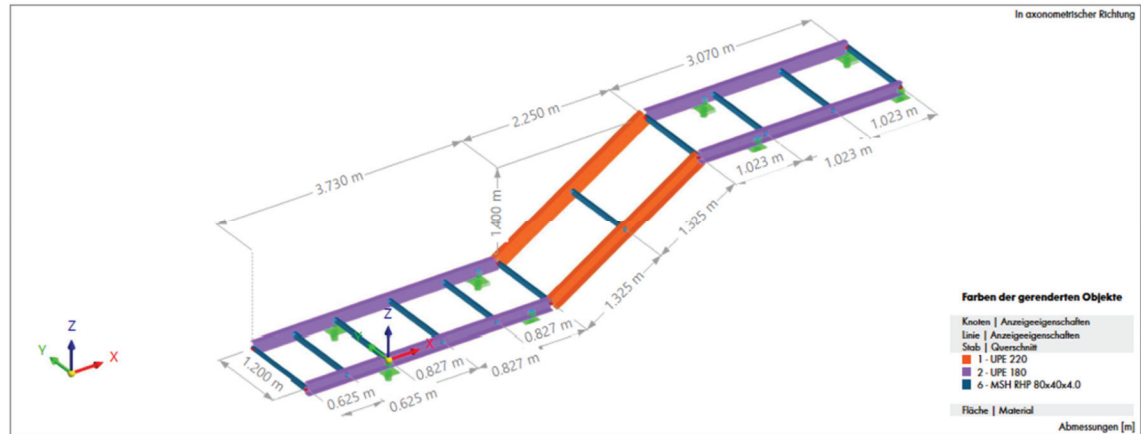
TW-07



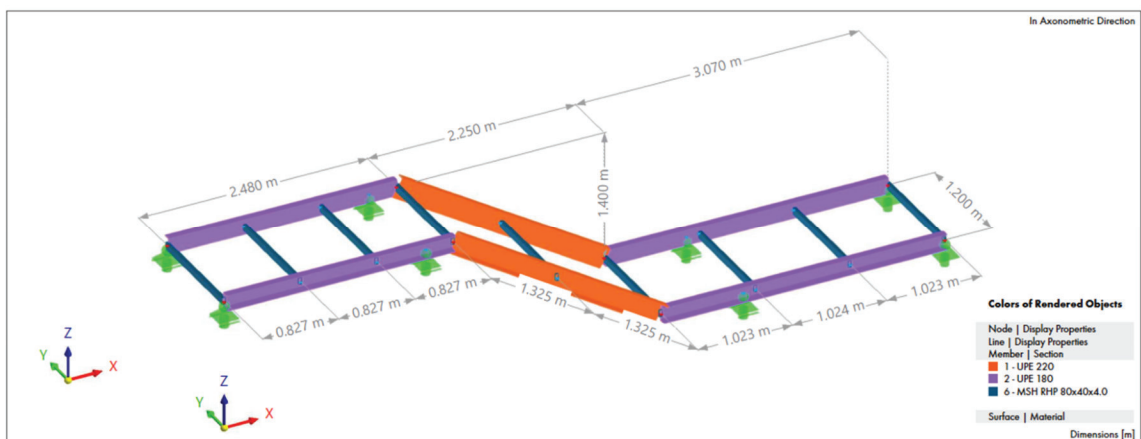
TW-08



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

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

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

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

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

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

Windlast

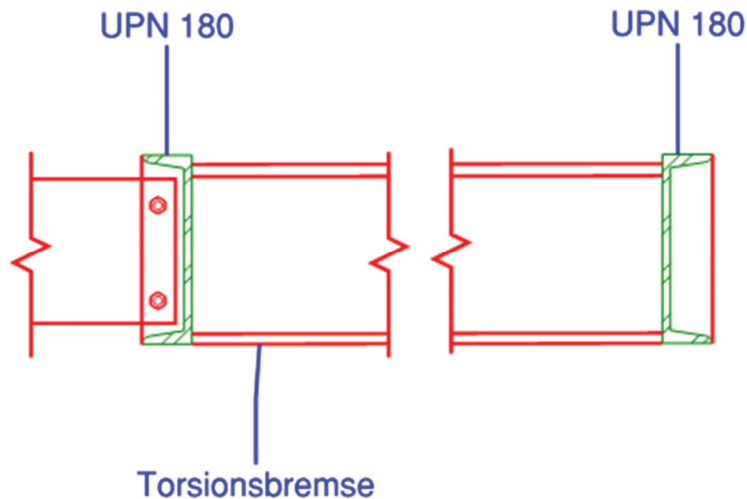
(0,83+0,23) kN/m² x 1,20 m

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

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-Bremsstange vernachlässigt, die ein Verdrehen verhindert. Es werden nur Querkräfte auf die Treppenwangen übertragen. ✓

Ständige Lasten: $G_k = 0,20 + 0,50 = 0,70 \text{ kN}$
Torison aus Exzentrizität: $M = 0,70 * (0,4 + 0,2) = 0,5 \text{ kNm}$

Verkehrslasten: $Q_k = 0,8 \text{ kN}$
Torison aus Exzentrizität: $M = Q_k * e = 0,80 * (0,3 + 0,2) = 0,3 \text{ kNm}$

Sonderlast für Rückenschutz (lotrecht): $F_{k,1} = 0,50 \text{ kN}$
Torison aus Exzentrizität: $M = Q_k * e = 0,50 * (0,8 + 0,2) = 0,5 \text{ kNm}$

Sonderlast für Rückenschutz (horiz.): $F_{k,2} = 0,25 \text{ kN}$

3.4.3 Nachweis

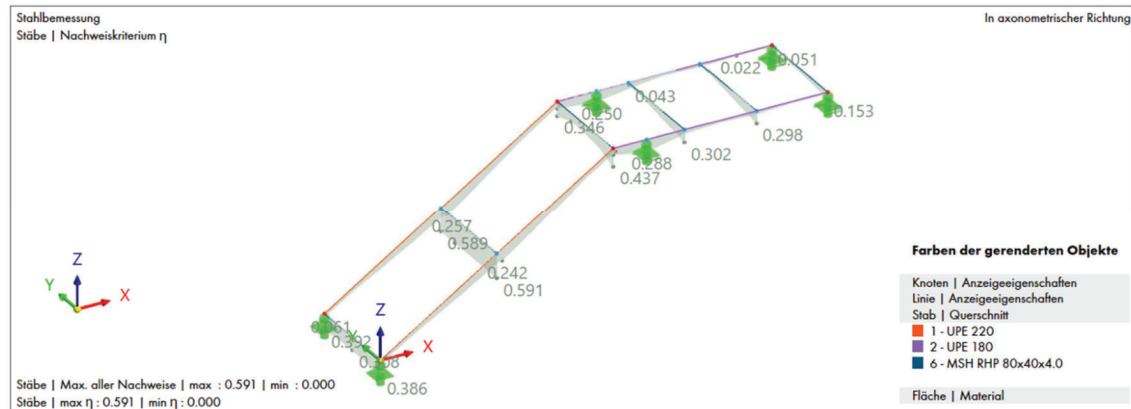
- siehe EDV – Ausdruck! –

Hinweis:

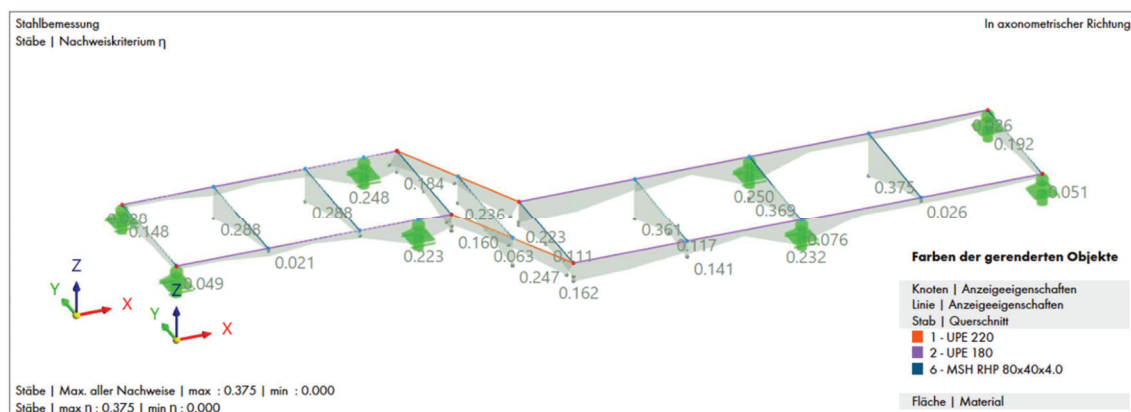
die maximale Ausnutzung infolge Biegung, Normalkraft und Schub beträgt

$\eta = 0,591 < 1,0$. Aufgrund der vorh. Reserve wird auf Stabilitätsnachweise verzichtet.

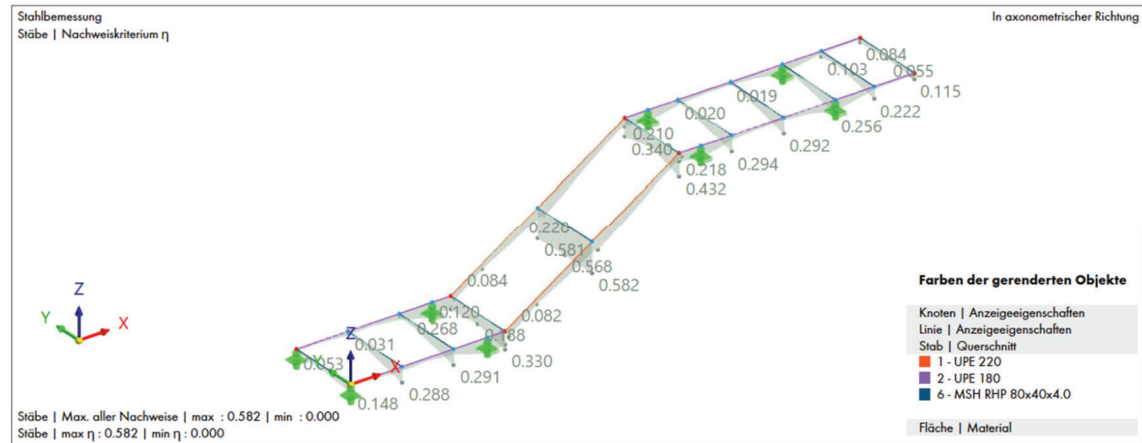
TW-01



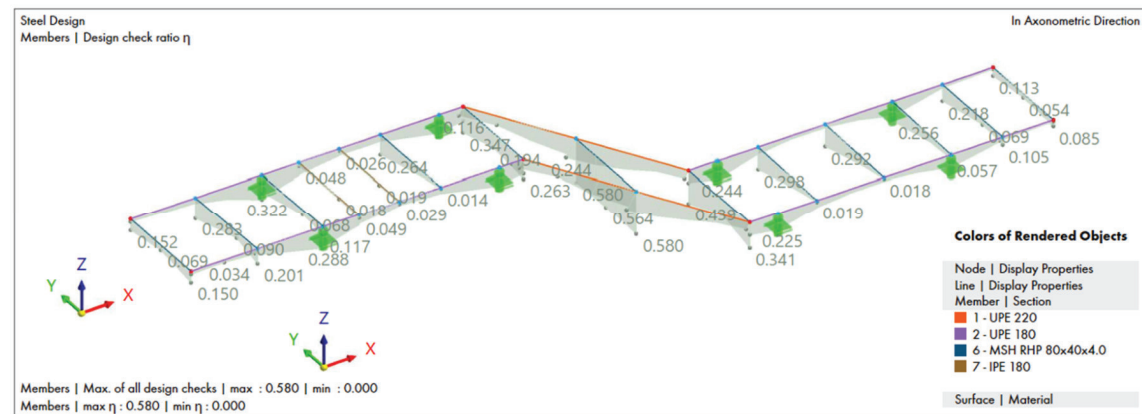
TW-02



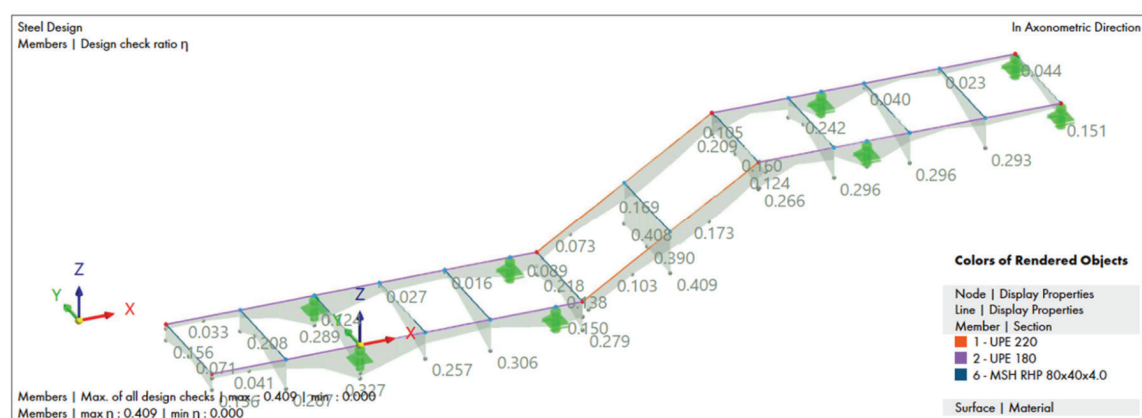
TW-03



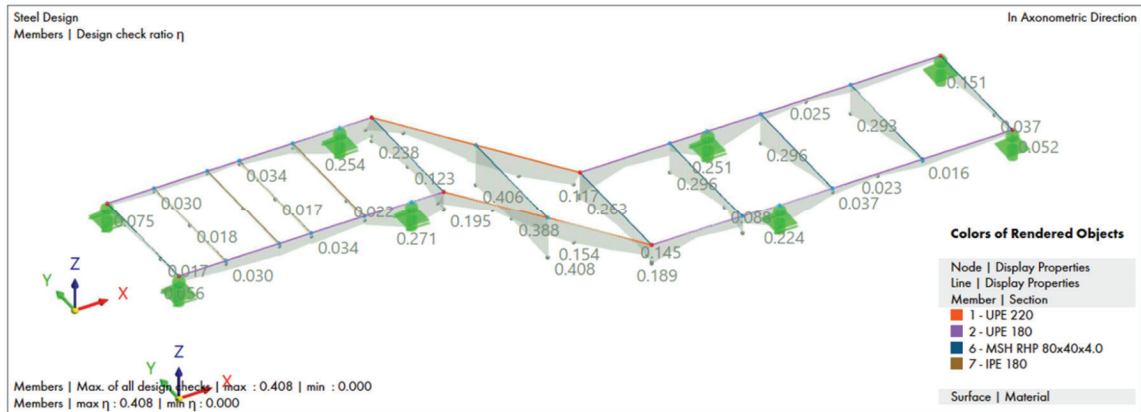
TW-04



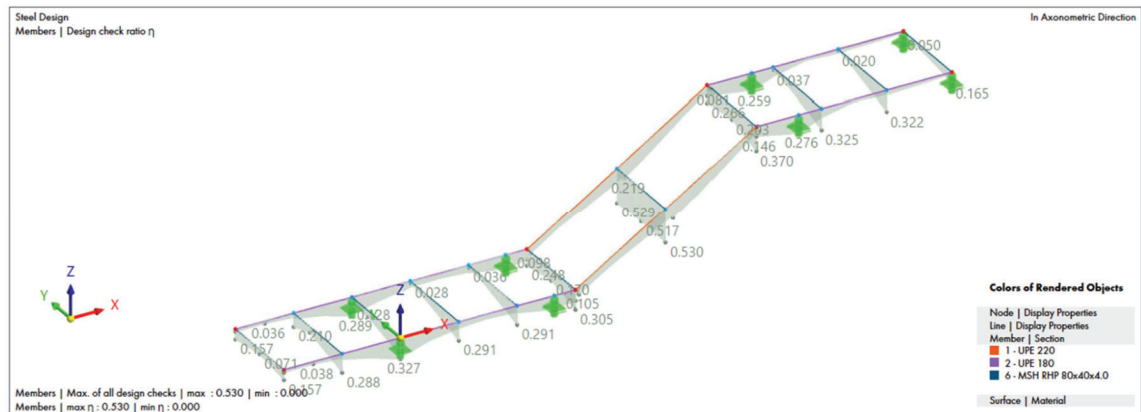
TW-05



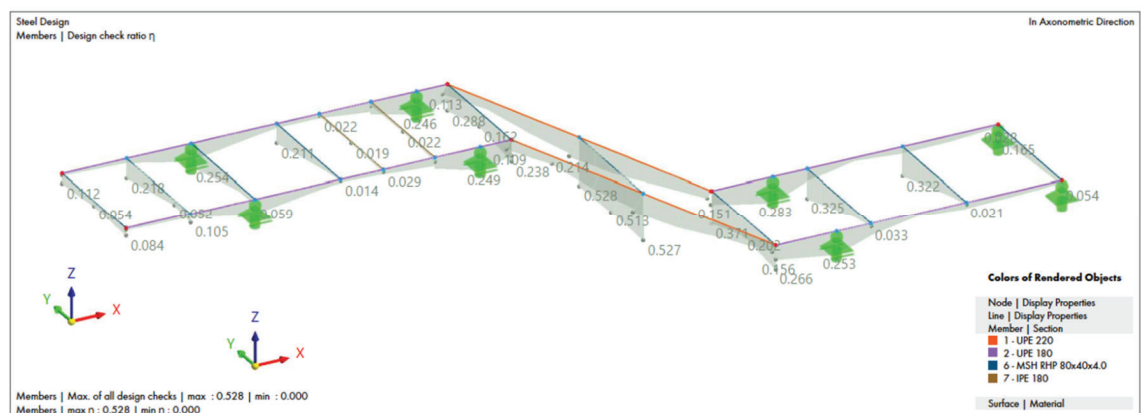
TW-06



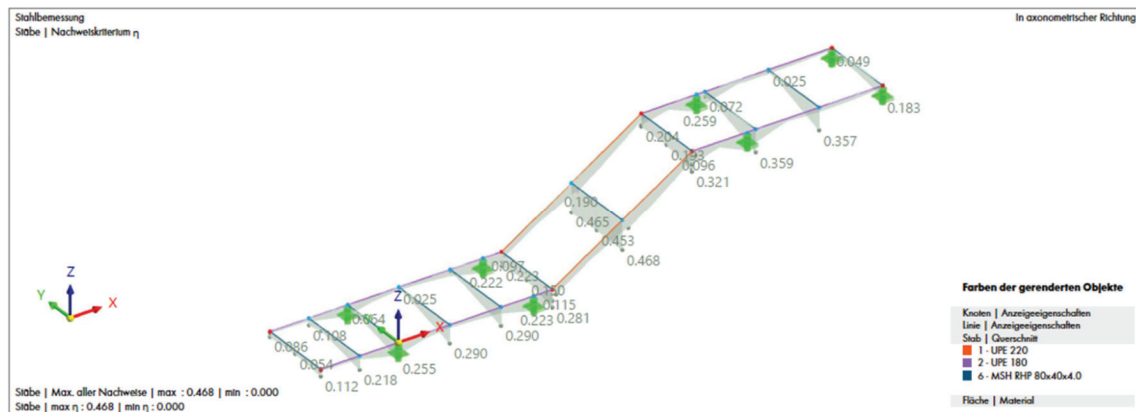
TW-07



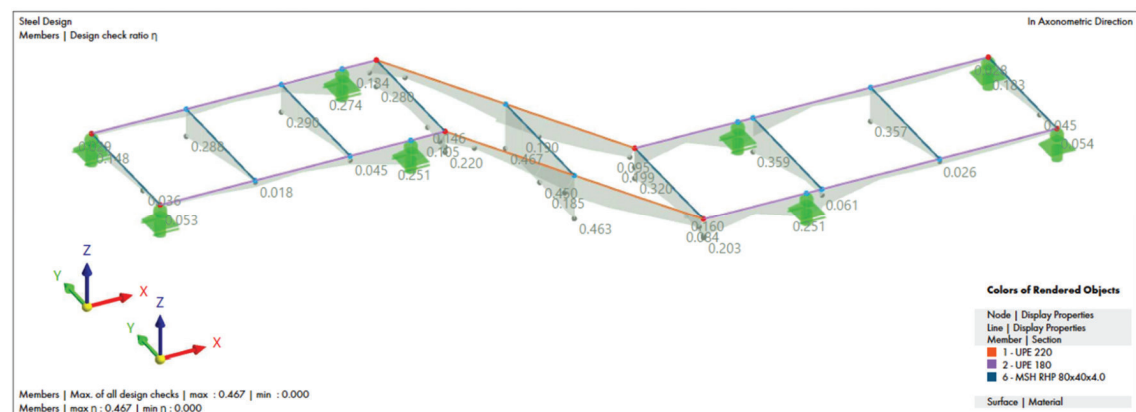
TW-08



TW-09

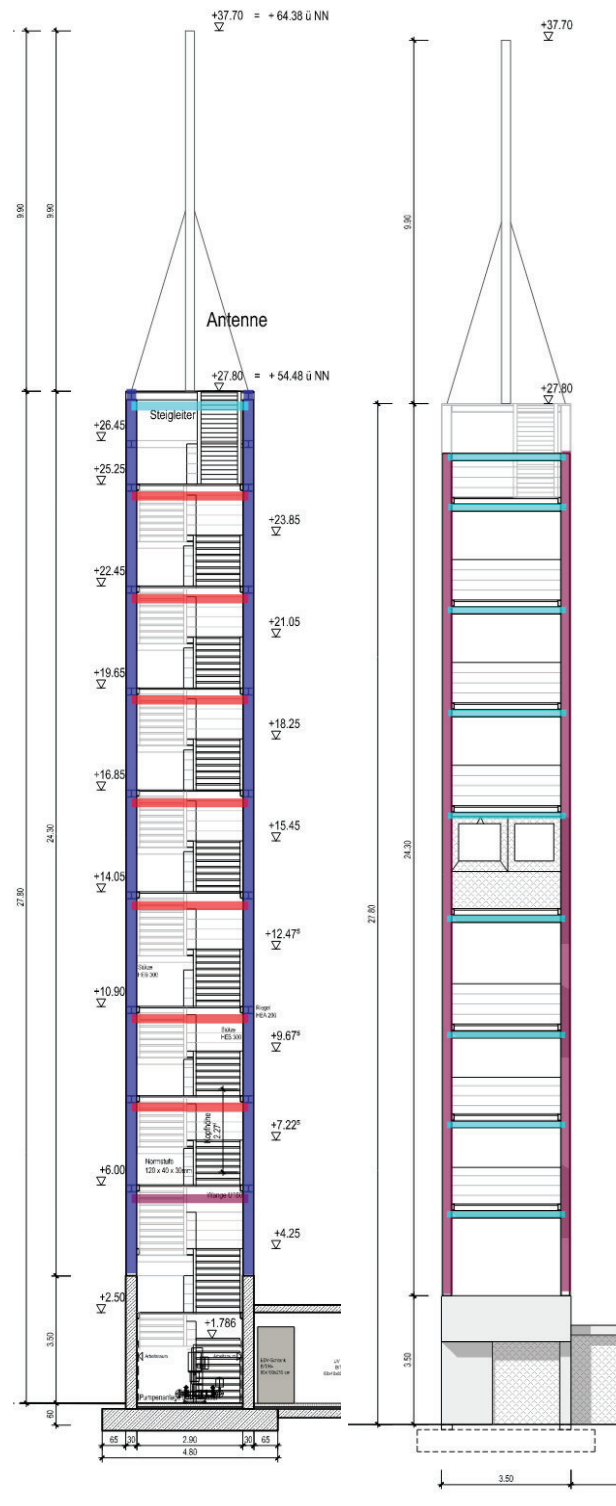


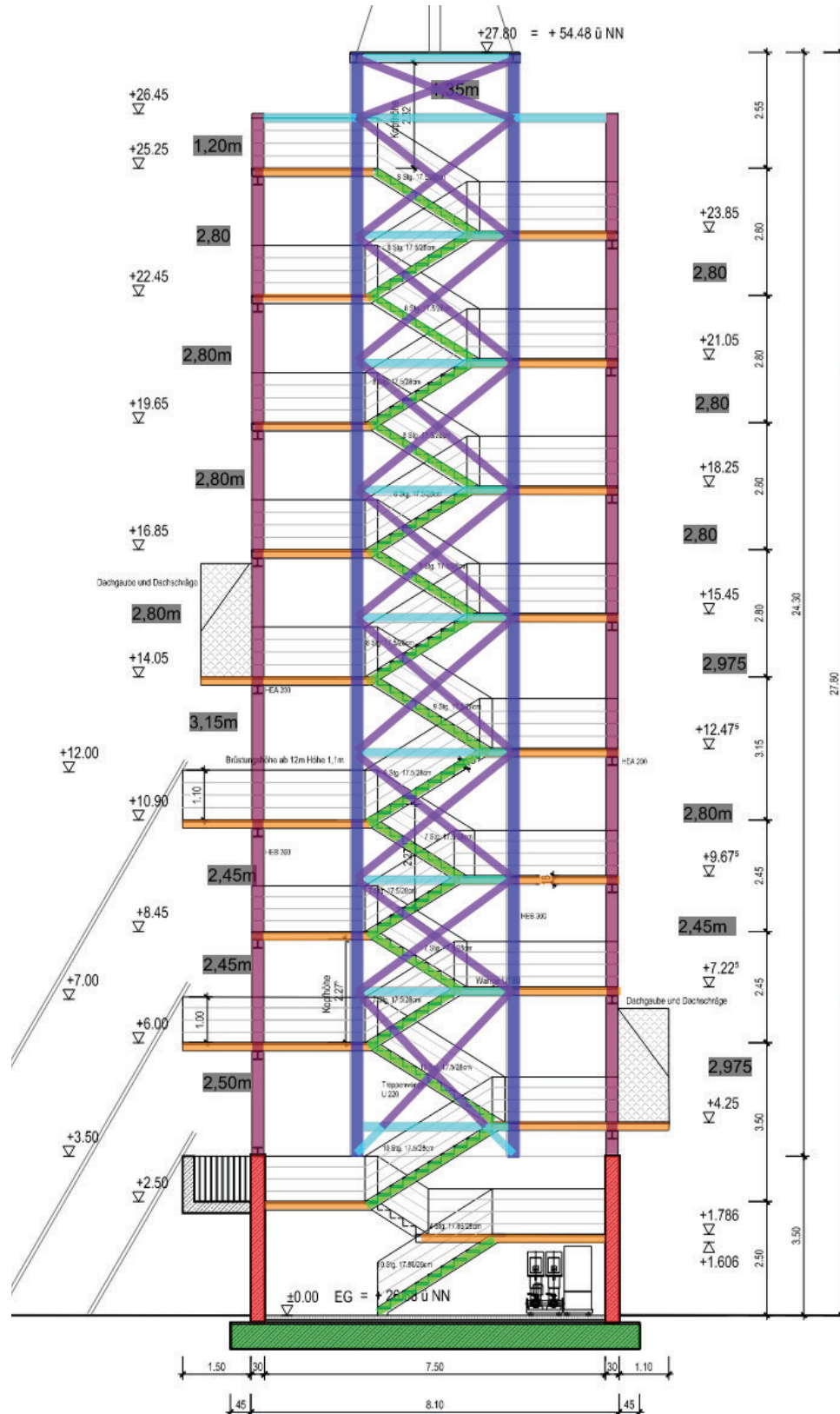
TW-10

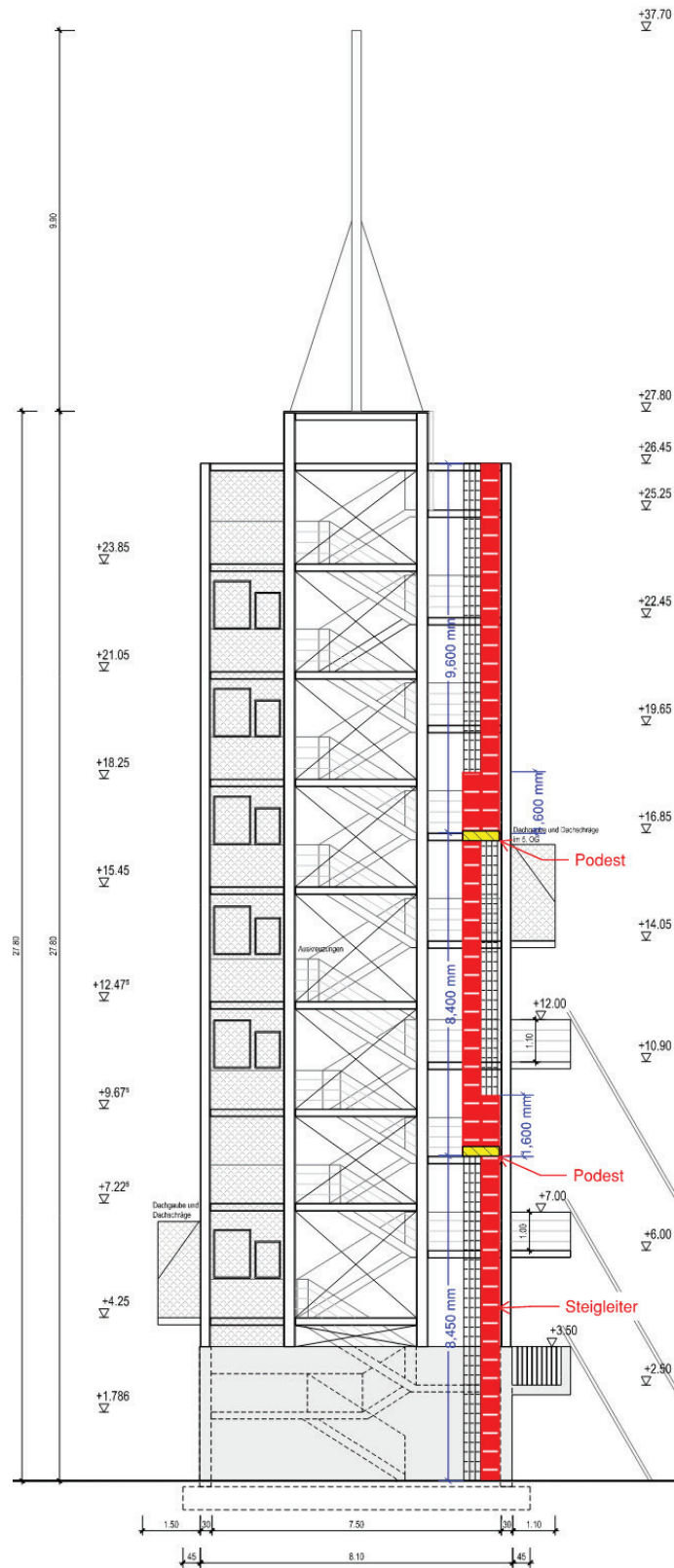


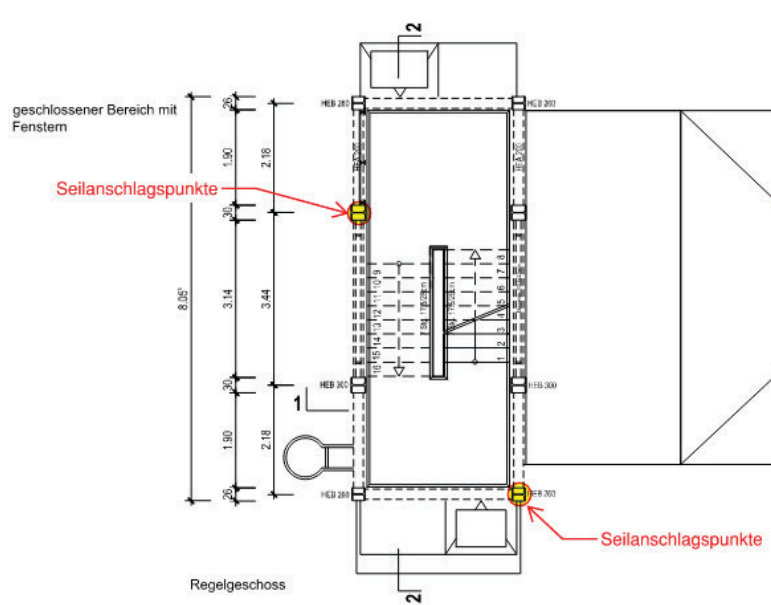
3.5 Hauptsystem

3.5.1 Positionspläne



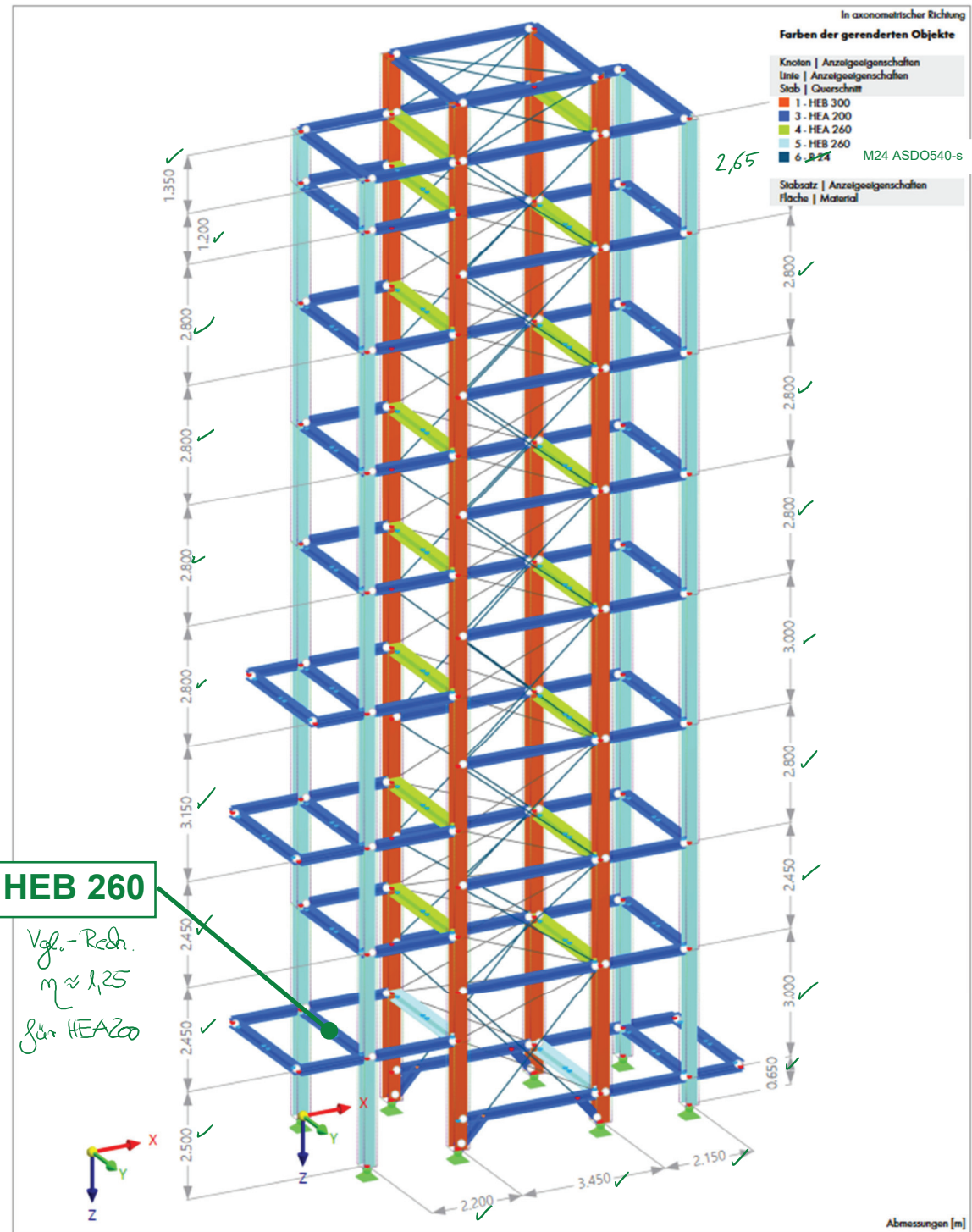






- Stahlbetonwand d=30cm, C30/37
- Bodenplatte d=60cm, C30/37
- S01 - Stützen HEB 300, S235
- S02 - Stützen HEB 260, S235
- Q01 - Querträger HEA 260, S235
- R01/R02 - Randträger HEA 200, S235
- Treppenwänge - Podest U180, S235
- Treppenwänge - Läufe U220, S235
- A01 - Aussteifung M24, ASDO540-S

3.5.2 Gewählt



3.5.3 Lastannahmen

EINWIRKUNGEN

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

Ständige Lasten:

Eigengewicht

Podest- und Treppenbelag – (Gitterrostebene)

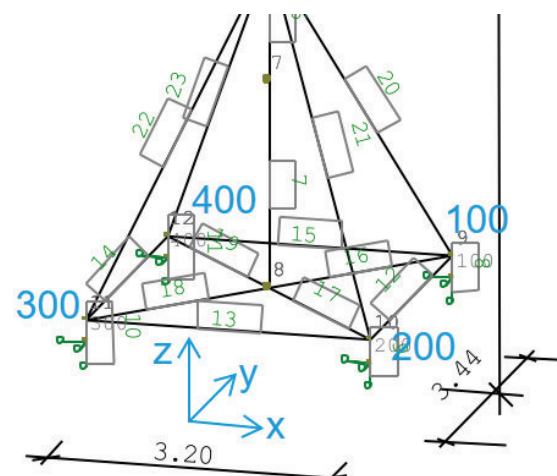
Treppengeländer

Programm

$g_k = 0,50 \text{ kN/m}^2$ ✓

$g_k = 0,15 \text{ kN/m}$ ✓

Antenne (gemäß statische Berechnung HELLMUTH & von LÜBKEN): vgl. Prüfbericht
Prof. Dr.-Ing. M. Klaus



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)

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

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

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

1,0 kN/m x 1,2m

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

Eislasten:

Geringvereisungsrisiko → Eisstärke = 10 mm

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

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

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

*) 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 Nr.	A Fx (kN)	A Fy (kN)	A Fz (kN)	A Mx (kNm)	A My (kNm)	A Mz (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 Nr.	A Fx (kN)	A Fy (kN)	A Fz (kN)	A Mx (kNm)	A My (kNm)	A Mz (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 $c_f = 1,7$ für die Windlasten

Imperfektionsfälle

IMPERFEKTIONSFÄLLE

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

STABSATZIMPERFEKTIONEN

IF1: IMP -y **LoI**

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

STABSATZIMPERFEKTIONEN - PARAMETER

IF1: IMP -y **LoI**

Nr.	Stabsätze Nr.	Name	Parameter		Einheit	Optionen
			Symbol	Wert		
1	Vorverdrehung EN 1993-1-1 Lokales Koordinatensystem xyz z Φ_0 : 1/200.000 h : 24.300 m m : 2 (Stabsätze : 1-8)					
	1-8	Relative Vorverdrehung	Φ_0	1/200.000	--	
		Strukturhöhe	h	24.300	m	
		Anzahl der Stützen in einer Reihe	m	2		
		Abminderungsbeiwert H	α_h	0.667	--	
		Abminderungsbeiwert M	α_m	0.866	--	
		Vorverdrehung	Φ	0.003	--	
		Vorverdrehung umgekehrt	Φ	1/346.410	--	
		Abstand A absolut	A	0.000	m	
		Abstand A relativ	A	0.00	%	
		Abstand B absolut	B	22.950	m	
		Abstand B relativ	B	100.00	%	

STABSATZIMPERFEKTIONEN

IF2: IMP y **LoI**

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

STABSATZIMPERFEKTIONEN - PARAMETER

IF2: IMP y **LoI**

Nr.	Stabsätze Nr.	Name	Parameter		Einheit	Optionen
			Symbol	Wert		
1	Vorverdrehung EN 1993-1-1 Lokales Koordinatensystem xyz -z Φ_0 : 1/200.000 h : 24.300 m m : 2 (Stabsätze : 1-8)					
	1-8	Relative Vorverdrehung	Φ_0	1/200.000	--	
		Strukturhöhe	h	24.300	m	
		Anzahl der Stützen in einer Reihe	m	2		
		Abminderungsbeiwert H	α_h	0.667	--	
		Abminderungsbeiwert M	α_m	0.866	--	
		Vorverdrehung	Φ	0.003	--	
		Vorverdrehung umgekehrt	Φ	1/346.410	--	
		Abstand A absolut	A	0.000	m	
		Abstand A relativ	A	0.00	%	
		Abstand B absolut	B	22.950	m	
		Abstand B relativ	B	100.00	%	



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 Symbol	Wert	Einheit	Optionen
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 - PARAMETER

IF3: IMP -x Lol

Nr.	Stabsätze Nr.	Name	Parameter Symbol	Wert	Einheit	Optionen
		Vorverdrehung umgekehrt	Φ	1/379.473	--	
		Abstand A absolut	A	0.000	m	
		Abstand A relativ	A	0.00	%	
		Abstand B absolut	B	22.950	m	
		Abstand B relativ	B	100.00	%	

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	+	

STABSATZIMPERFEKTIONEN - PARAMETER

IF4: IMP x Lol

Nr.	Stabsätze Nr.	Name	Parameter Symbol	Wert	Einheit	Optionen
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	--	
		Vorverdrehung umgekehrt	Φ	1/379.473	--	
		Abstand A absolut	A	0.000	m	
		Abstand A relativ	A	0.00	%	
		Abstand B absolut	B	22.950	m	
		Abstand B relativ	B	100.00	%	

3.5.4 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	☐			

LF Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.	Optionen
8	 Eislast				
	Analysotyp	 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				
	Analysotyp	 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	☐			
10	 Seilanschlagspunkte - 2				
	Analysotyp	 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				
	Analysotyp	 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				
	Analysotyp	 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				
	Analysotyp	 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				
	Analysotyp	 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				
	Analysotyp	 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			



Projekt-Nr.

236011-1

LK Nienburg
Neubau Feuerwehrtechnische Zentrale
Hier: Übungsturm

Seite

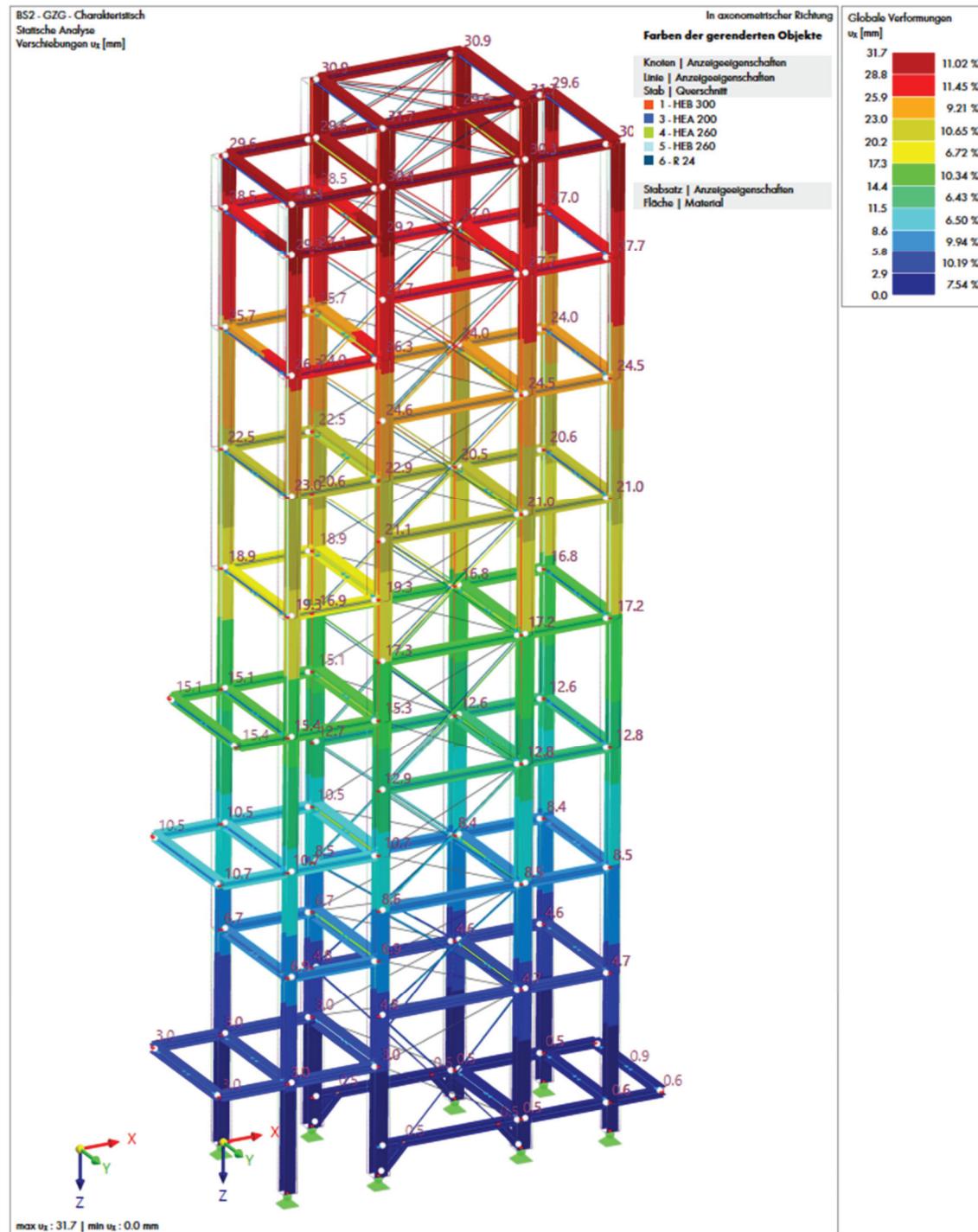
43

LF Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.	Optionen
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			

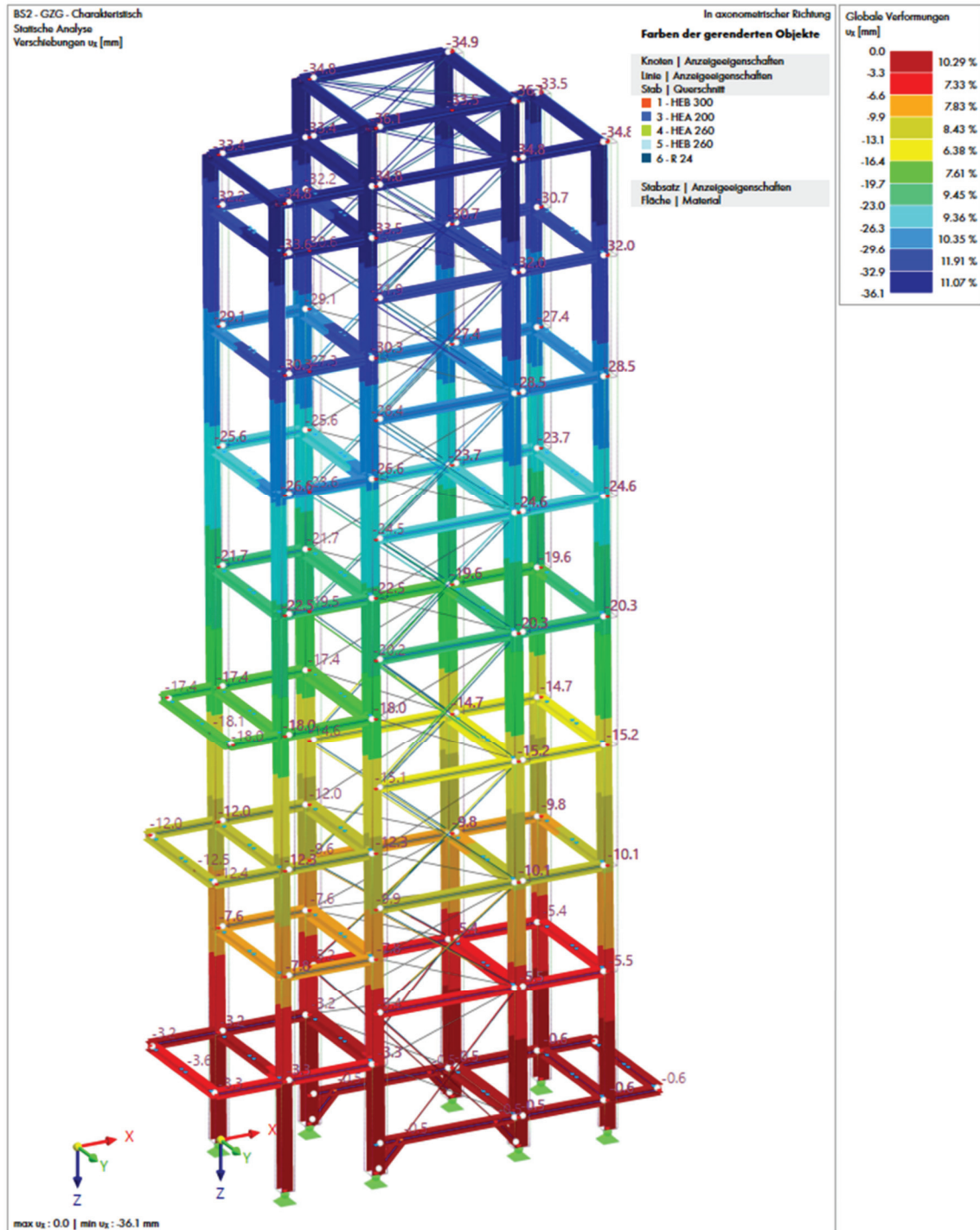
3.5.6 Verformungen

Charakteristische Verformungen

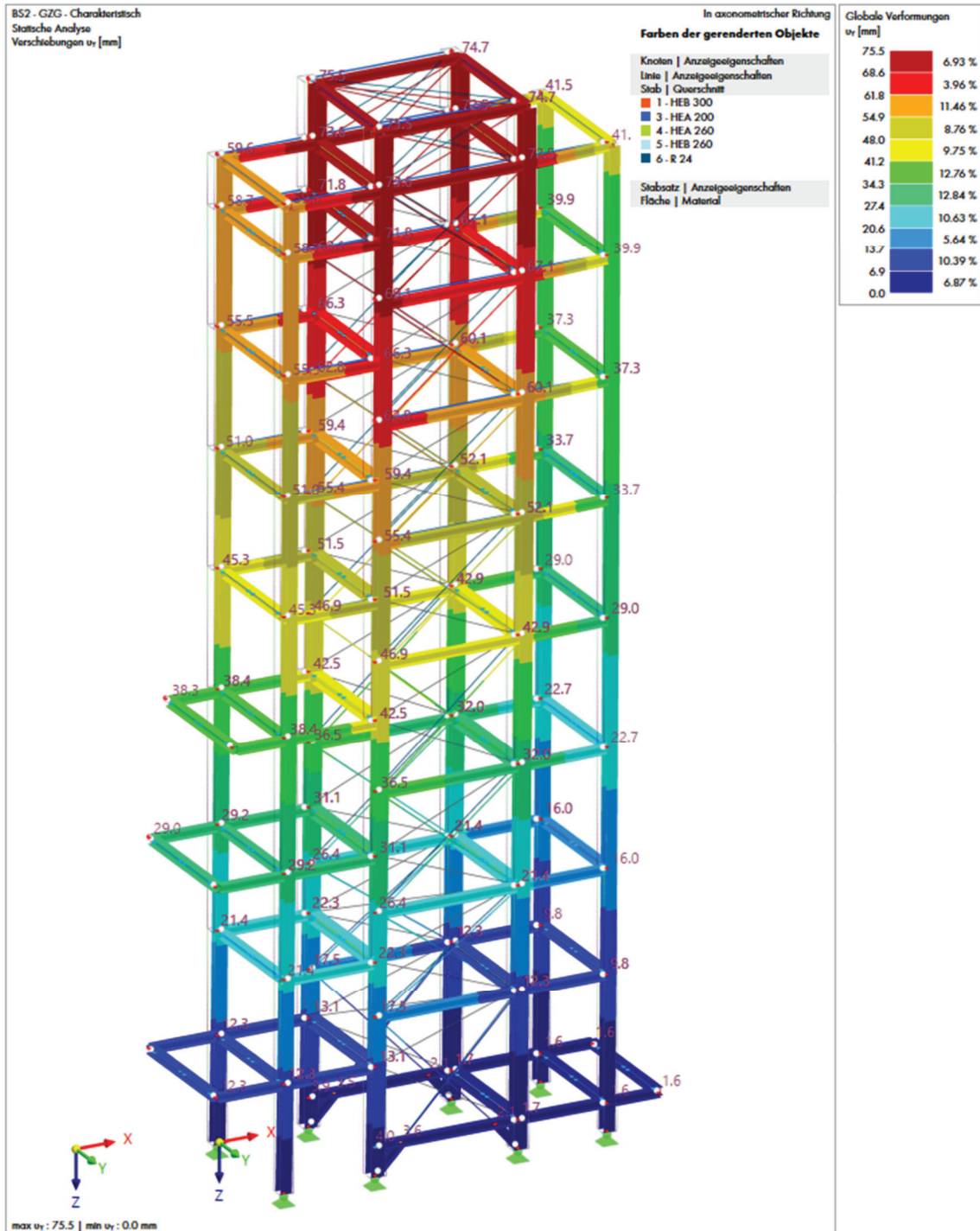
Maximale x-Richtung



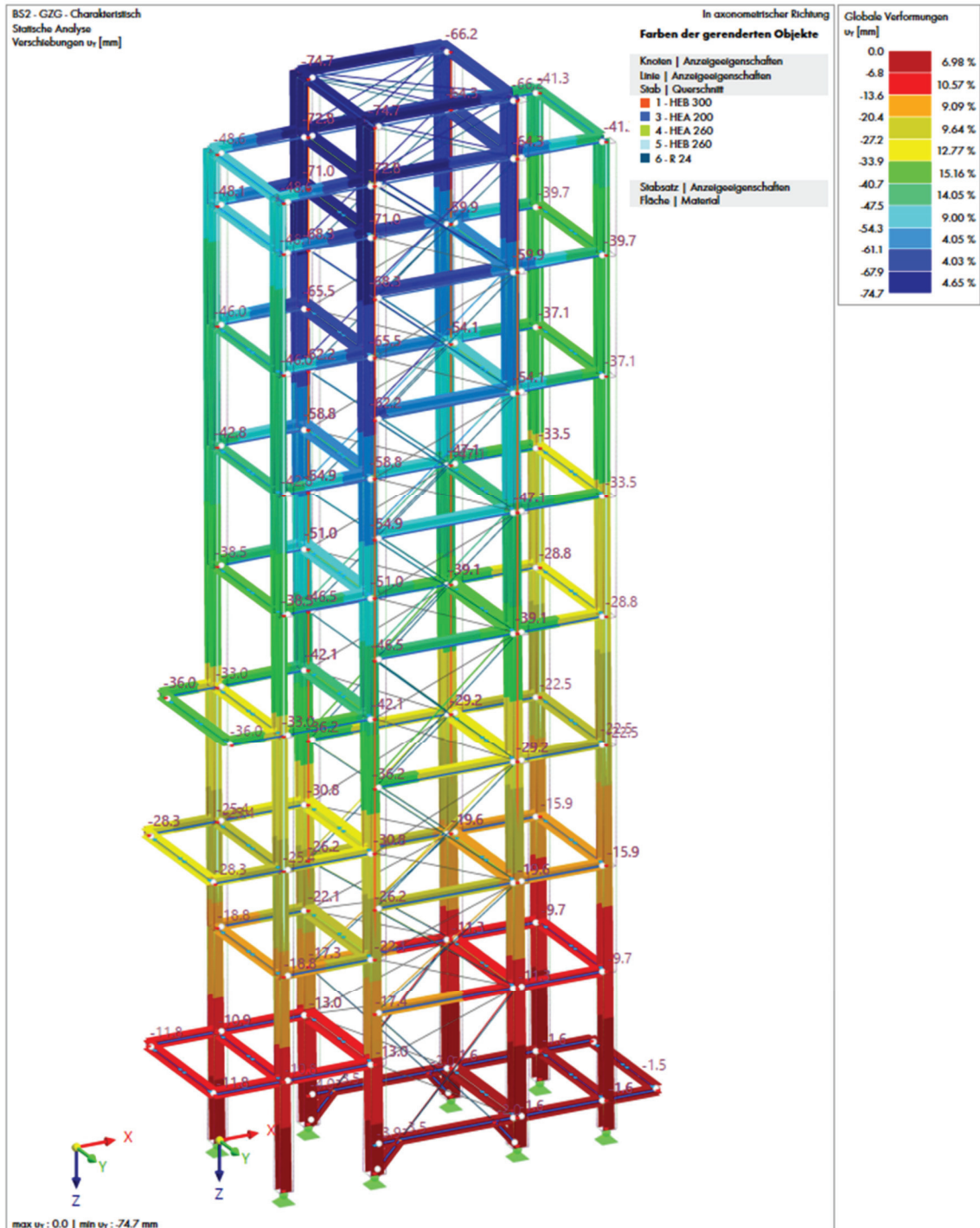
Minimale x-Richtung



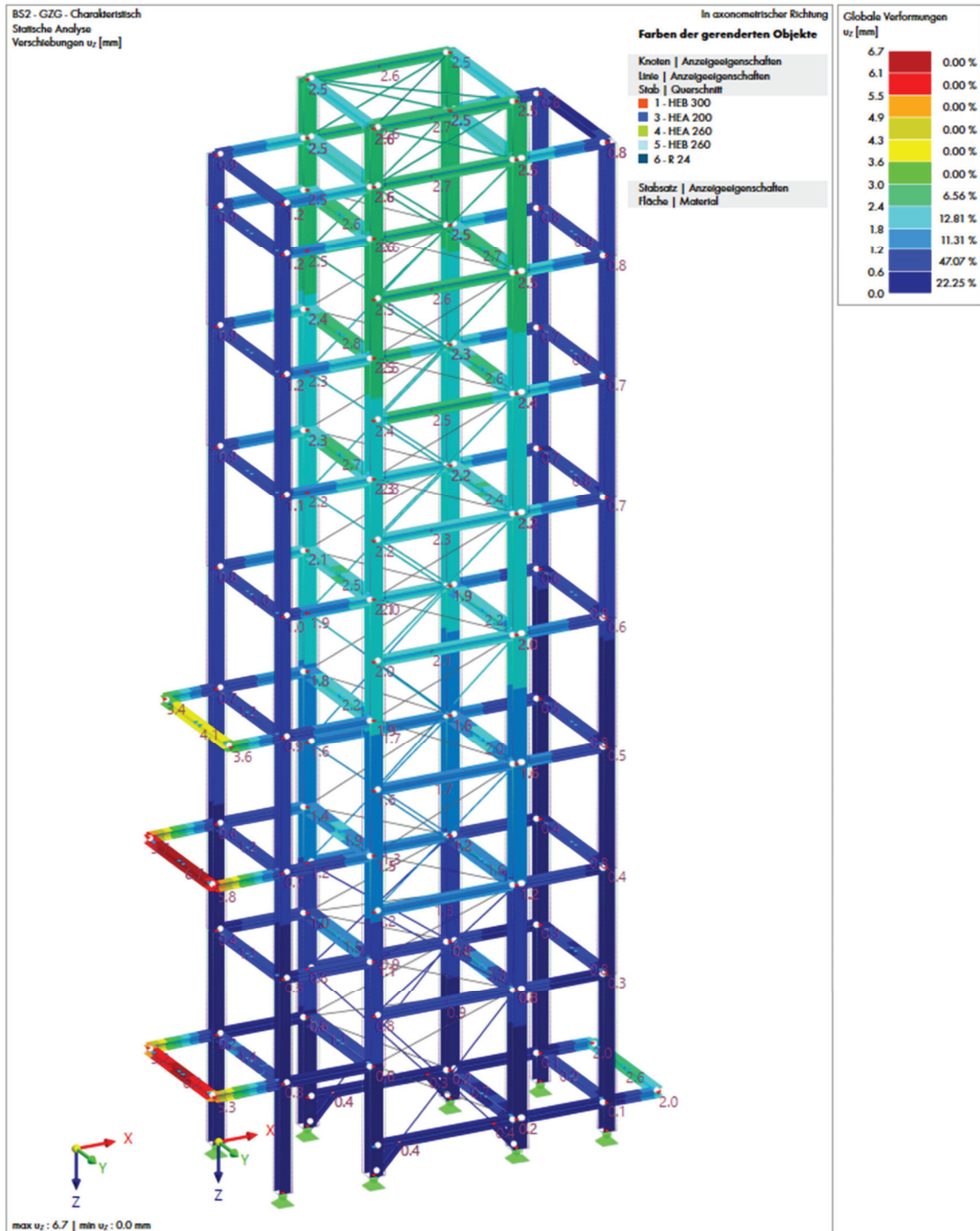
Maximale y-Richtung



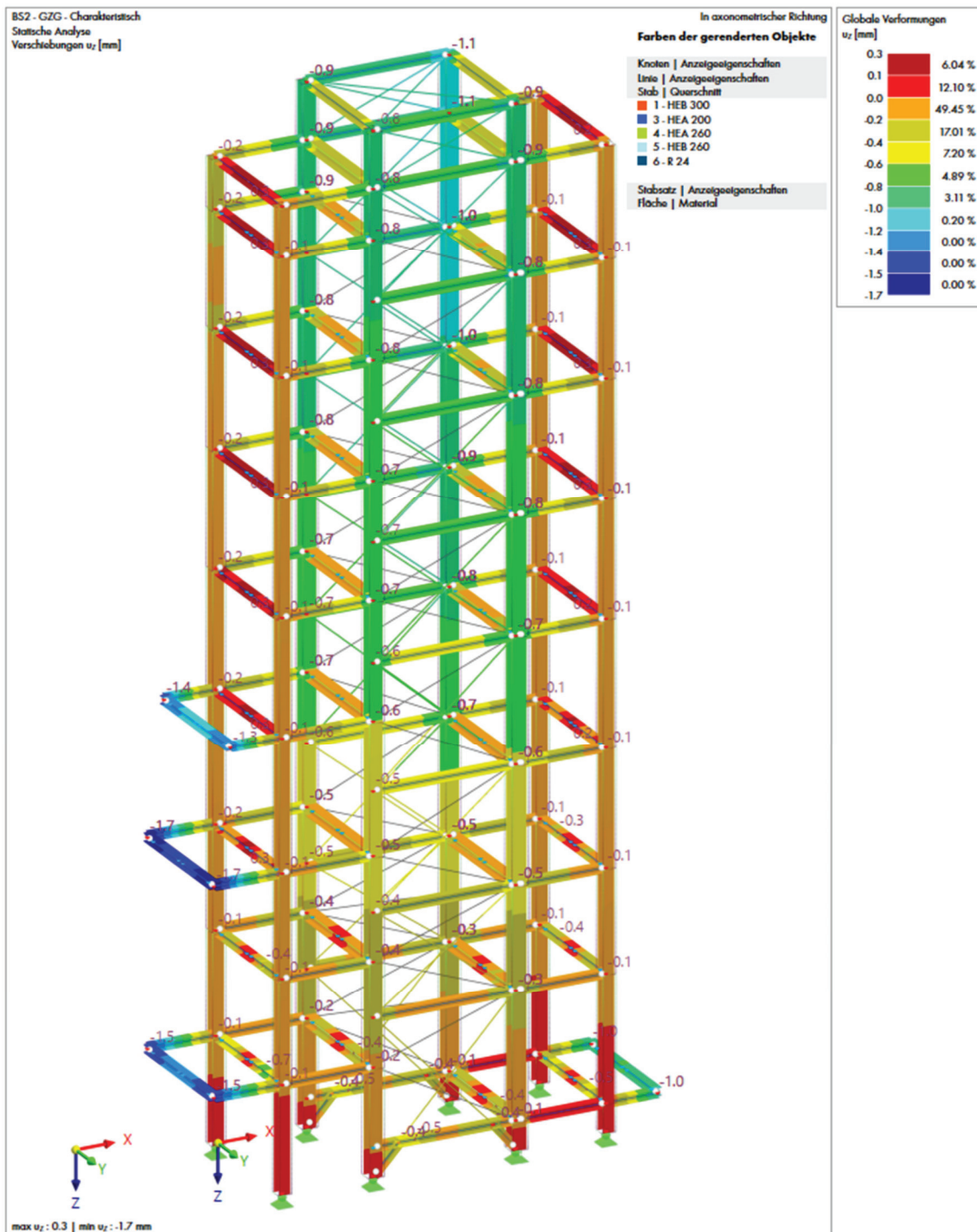
Minimale y-Richtung



Maximale z-Richtung

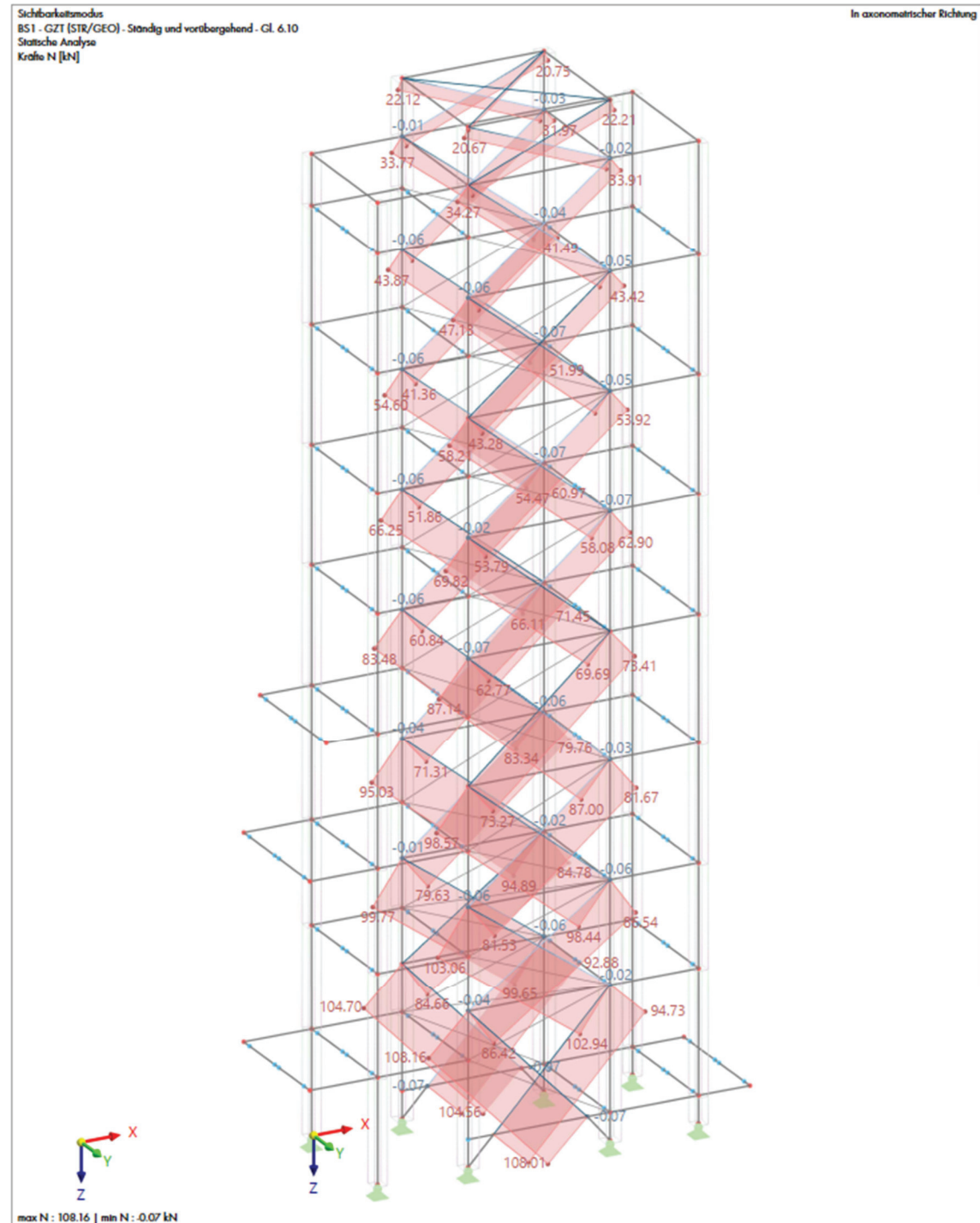


Minimale z-Richtung



3.6 Detail

3.6.1 A01-1 - Aussteifungsverband



Belastung:

$N_{Ed,max} = 108,16 \text{ kN}$ (122,8)

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	-	-	-
		$F_{t,Rd}$	kN	30	79	123
Grenzzugkraft ¹	ASD0540-S	$F_{t,Rd}$	kN	30	79	123
		$F_{t,Rd}$	kN	30	79	178

Gewählt:

M24, ASD0540-S

$F_{t,Rd} = 178 \text{ kN} \geq N_{Ed,max} = 108,16 \text{ kN}$ (122,8)

$\eta = 0,61$ $\eta = 0,69$

3.6.2 H01-D1 – Holmleiterverbindungen

Belastung:

Querkraft $F_{Ed} = 3,1 \text{ kN}$ ✓

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

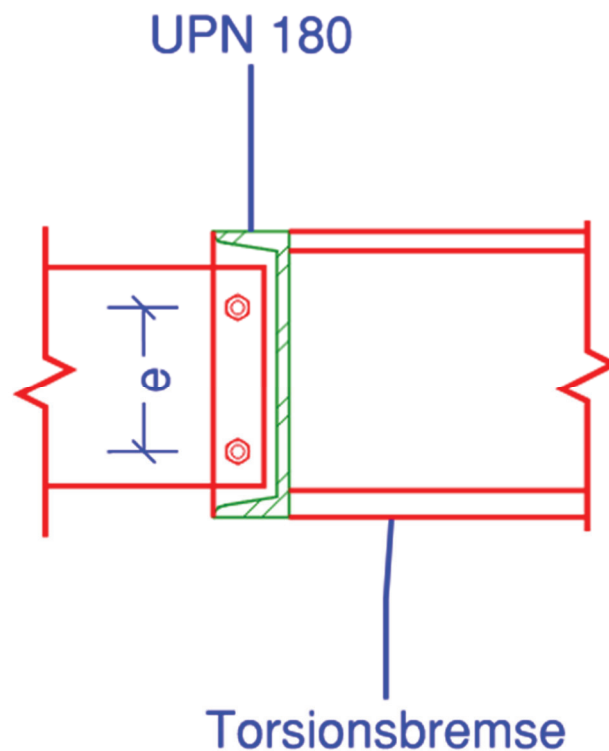
Kraft auf Schrauben:

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

Gewählt:

Baustahlgüte: S235
Treppenwanne: UPN 180
Torsionsbremse: IPE 180
Schrauben: M12, F.K. 10.9
Platten: 15mm d. ✓

Zu Beachten:
Das Nennlochspiel für die Schrauben M12 beträgt bei Türmen und Masten 0,5 mm



Nachweis:

Beanspruchbarkeit auf Abscheren

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

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

$$\eta = 0,42 \quad \checkmark$$

Beanspruchbarkeit auf Lochleibung

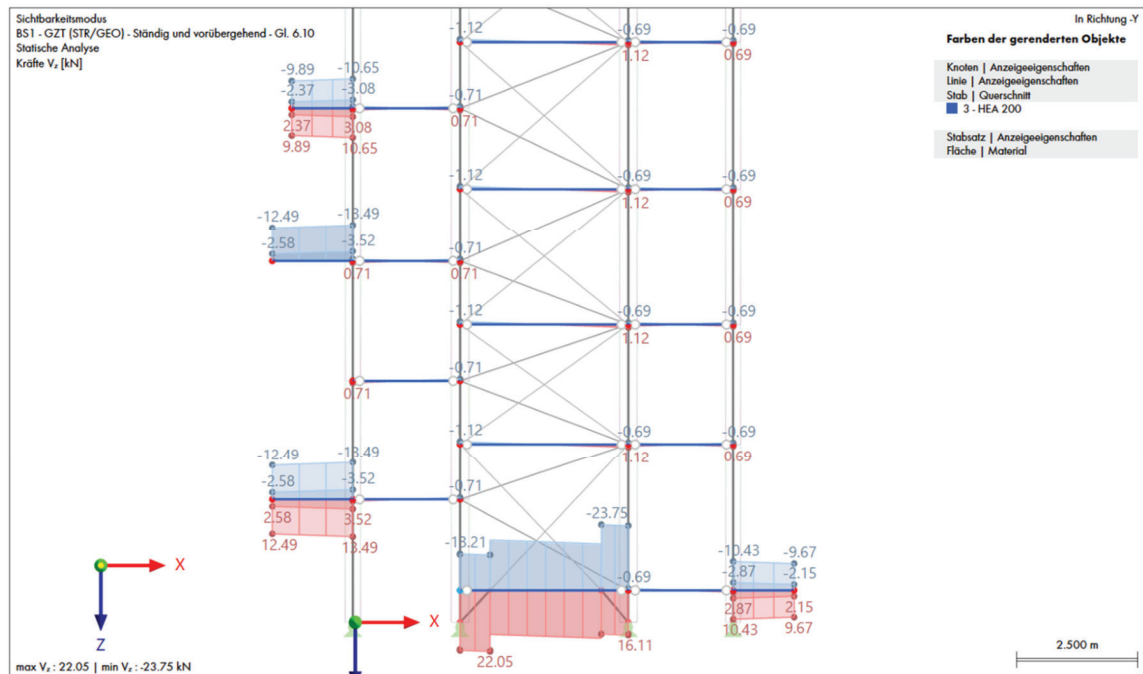
$$F_{b,Rd} = k_1 * \alpha_b * f_u * d * t / \gamma_{M2} = 2,5 * 1,0 * 360 * 12 * 15 / 1,25 = 129,6$$

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

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

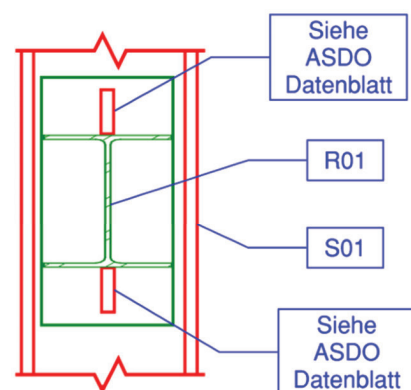
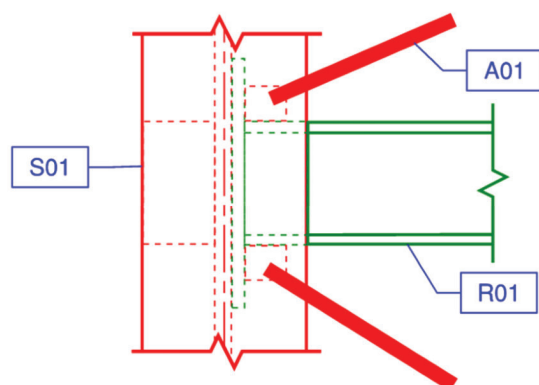
$$\eta = 0,30 \quad \checkmark$$

3.6.3 R01-D1 – Riegel zu Stütze



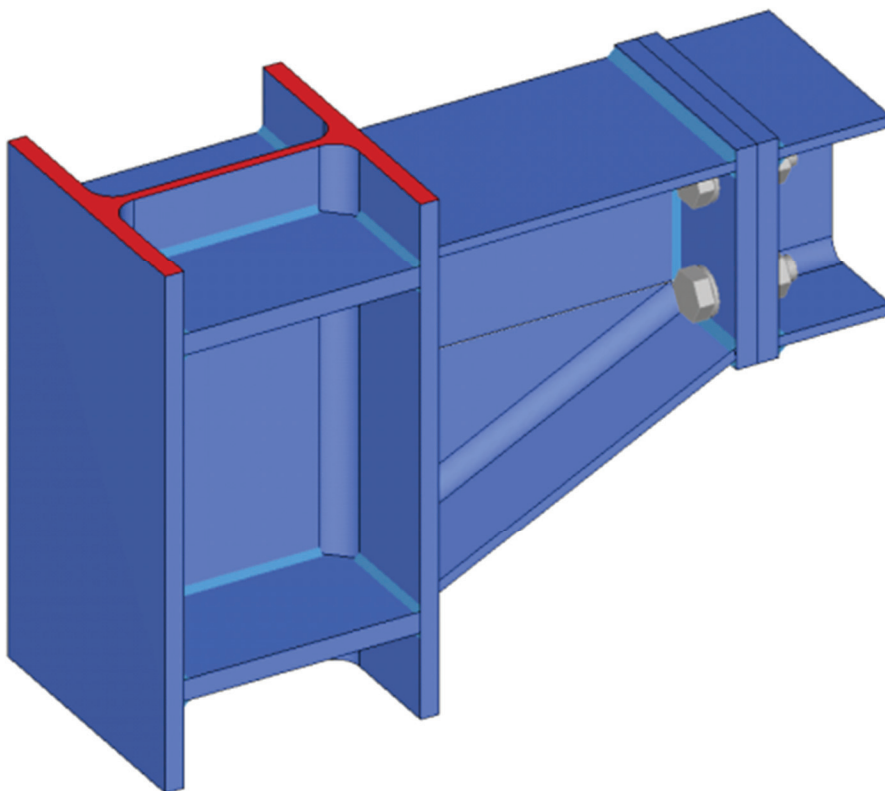
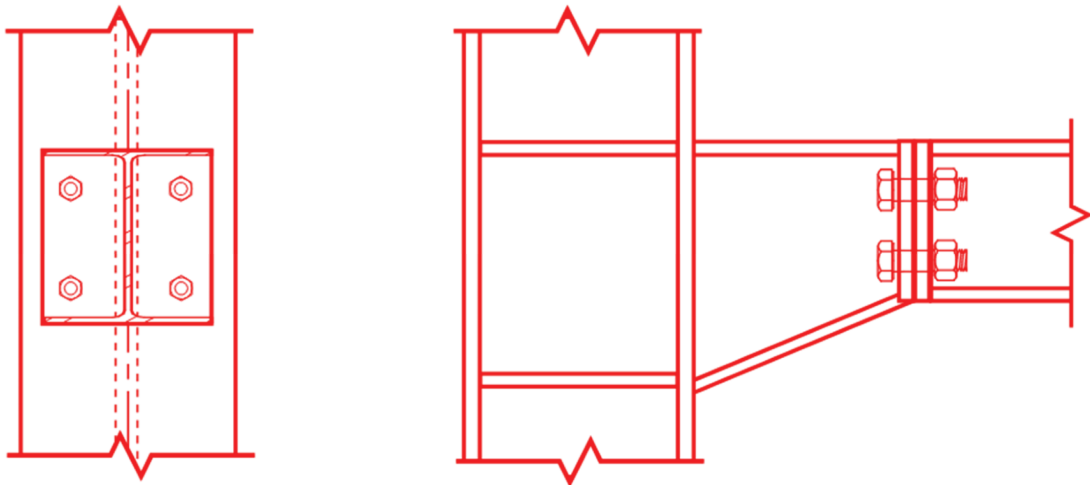
Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kN)
HEA 200	-	-	23,8	-

vgl. Prüfbericht
Prof. Dr.-Ing. M. Klaus



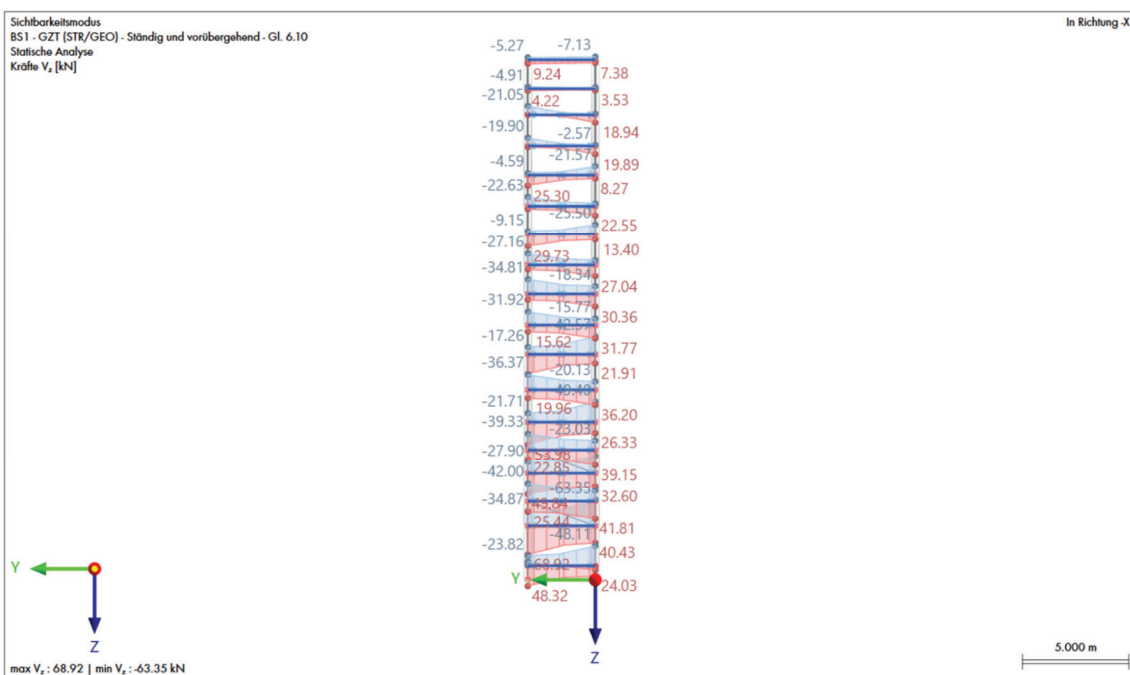
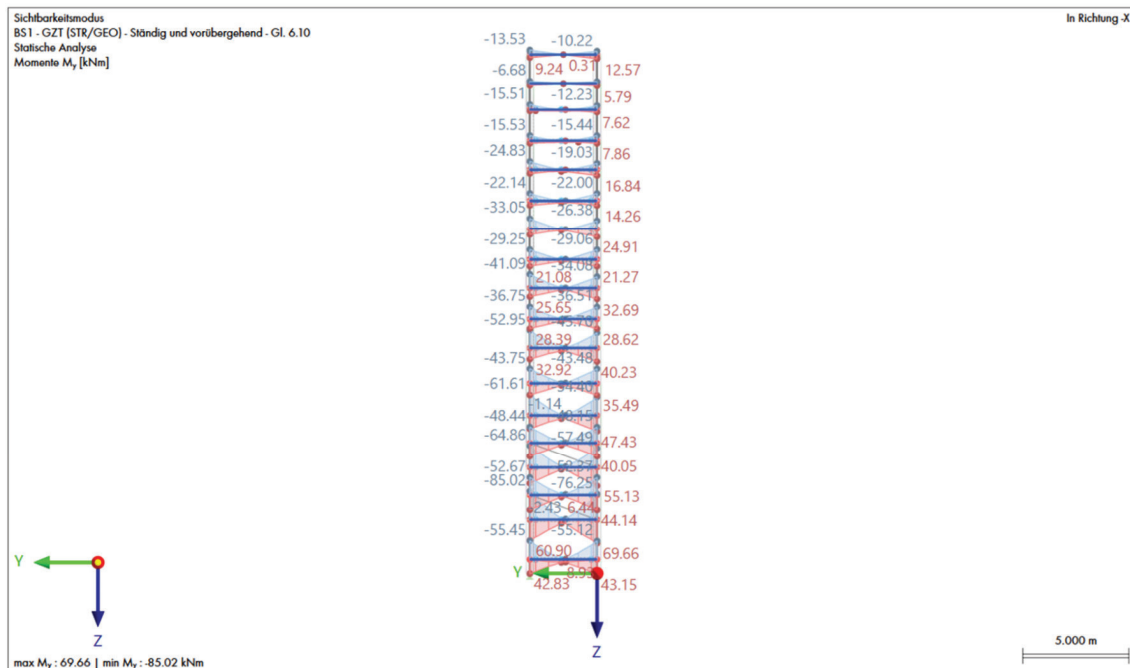
vgl. Prüfbericht
Prof. Dr.-Ing. M. Klaus

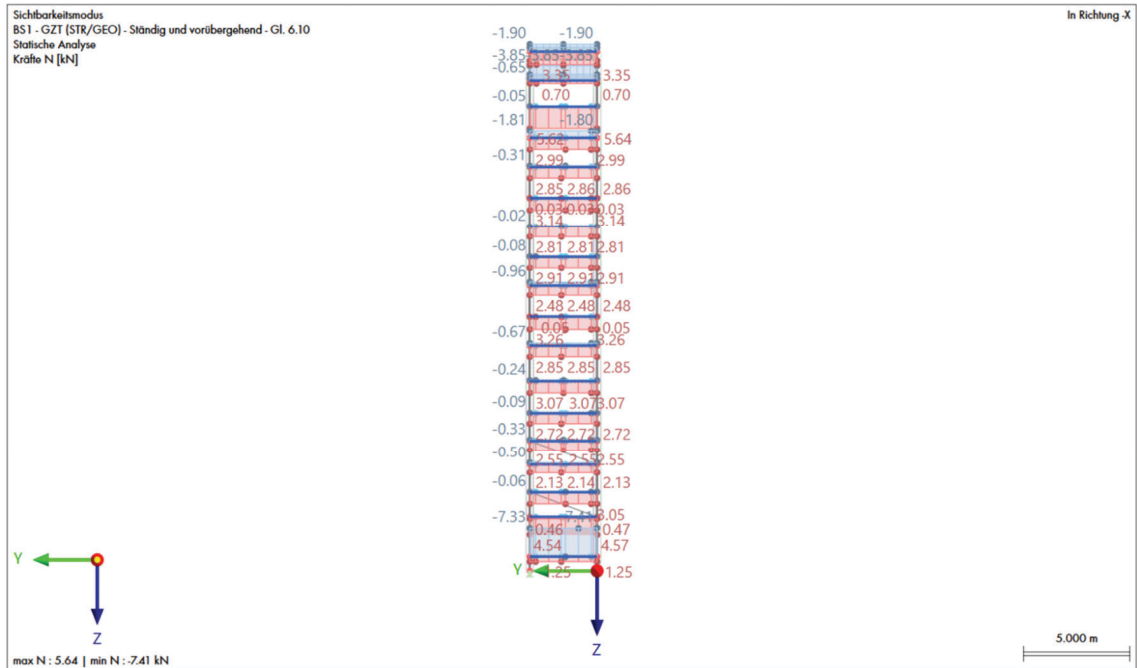
3.6.4 R02-D1 – Riegel zu Stütze



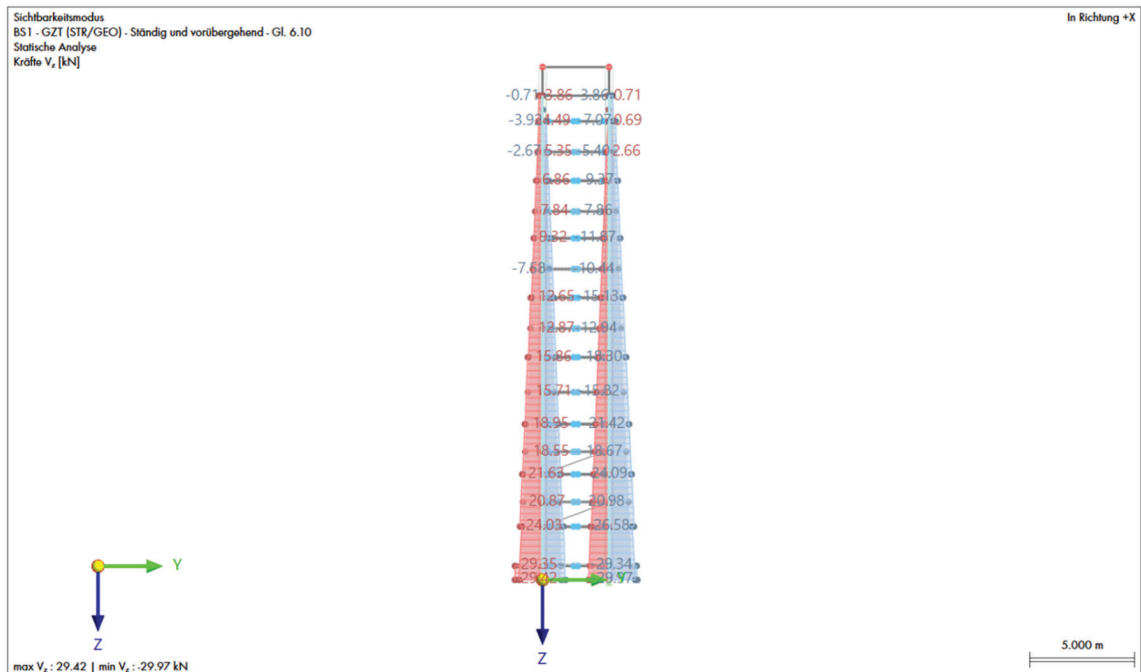
Belastung

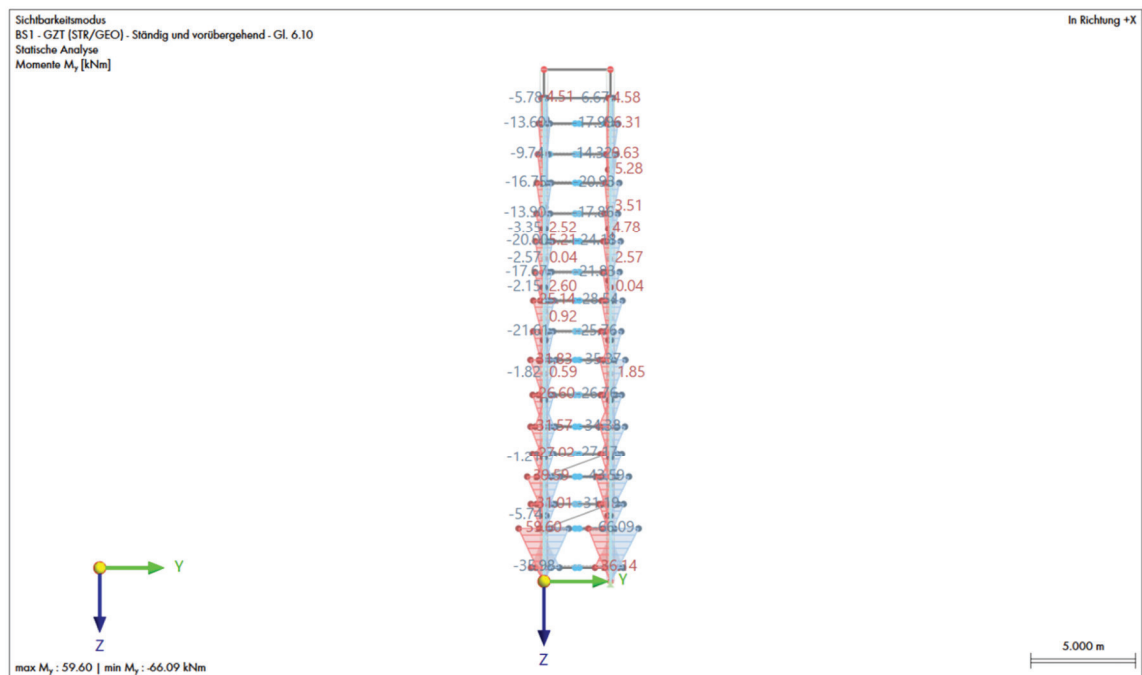
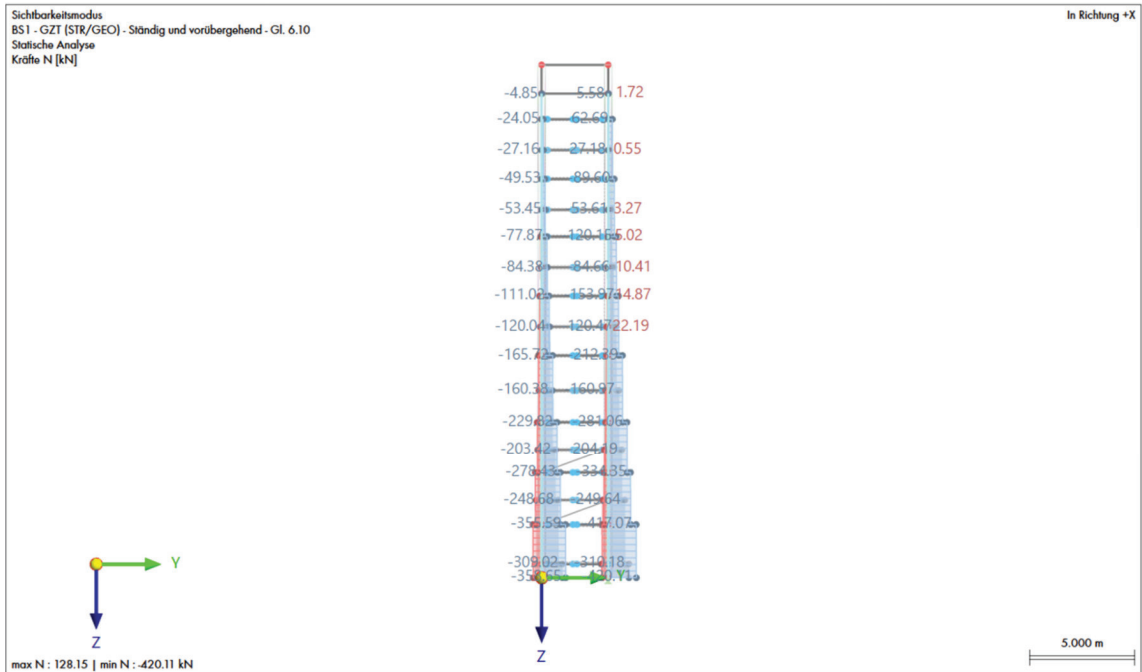
HEA 200





HEB 260





Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
HEA 200	✓ 5.6	(-10,9) -7.4	(83) 68.9	(-102) 85.0
HEB 260	✓ 128.1	-420.1	✓ 30.0	✓ 66.1

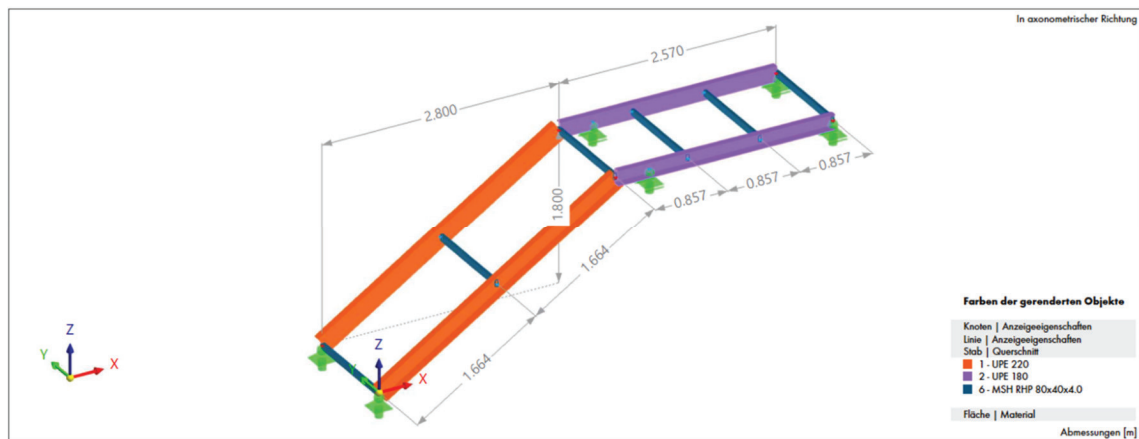
3.6.5 R02.1-D1 – Querträger zur Stahlbetonwand

Hinweis

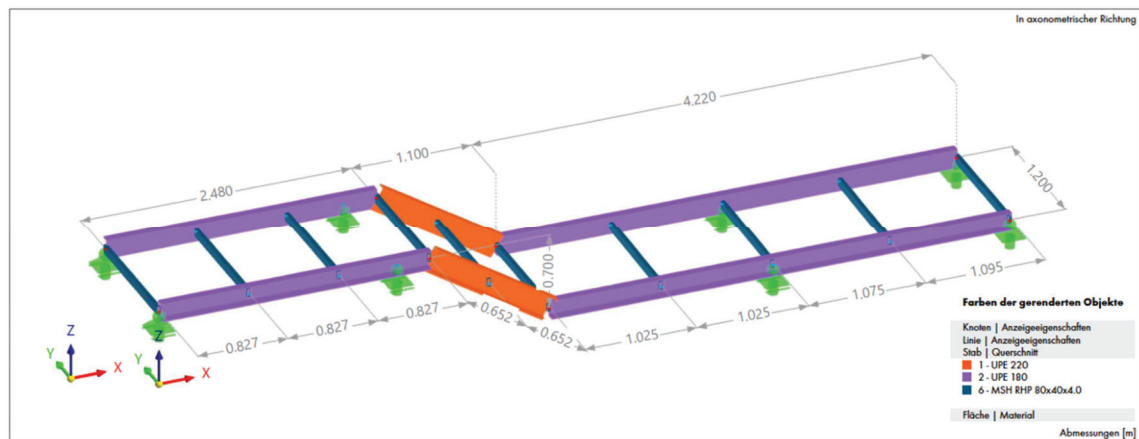
Die kritischen Lasten für die Bemessung von R02.1 werden den Positionen TW-01 und TW-02 entnommen. Der gleiche Nachweis gilt für den Querträger unter TW-02 und TW-03.

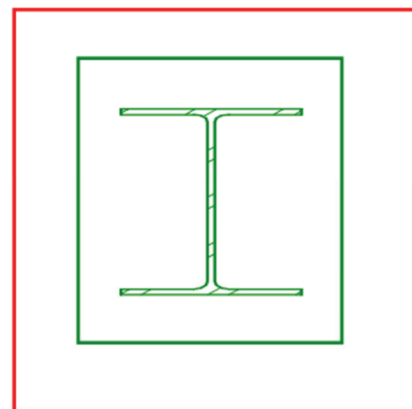
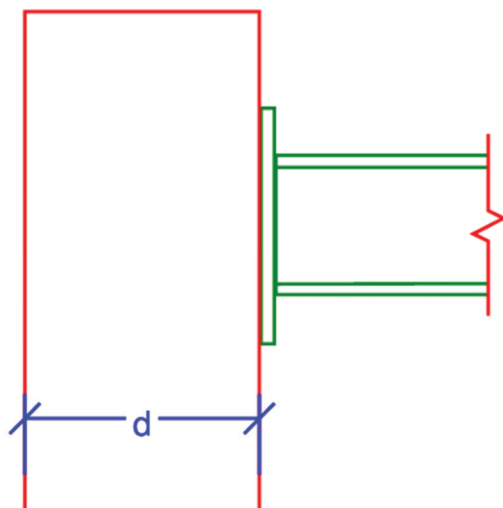
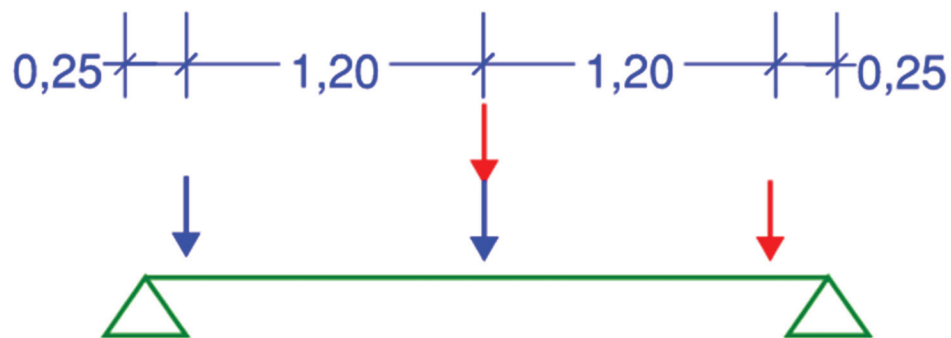
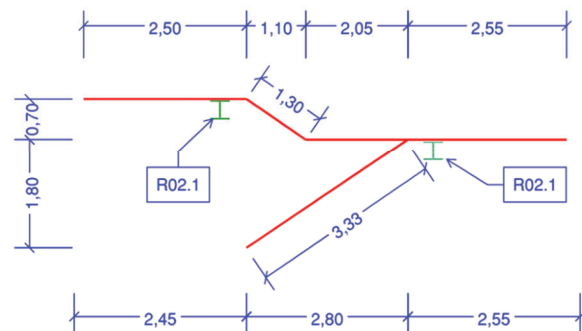
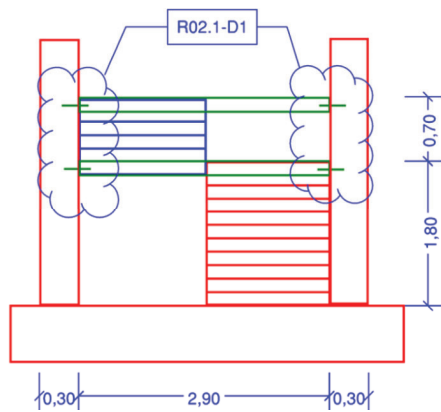
System

TW-01



TW-02





Stahlbetonwand dicke:

30cm



Belastung

Ständige Lasten

Eigengewicht (Querträger):

Programm

Eigengewicht (Treppenwange):

$G_k = 2,7 \text{ kN}$

Nutzlasten

Verkehrslasten

$Q_k = 11,0 \text{ kN}$ ✓

Holmlasten (Vertikal)

$Q_k = \pm 5,0 \text{ kN}$ ✓

Holmlasten (Longitudinal)

$Q_k = \pm 5,0 \text{ kN}$

Windlasten

Entfällt aufgrund der Einhausung der Betonwände ✓

Position: R02.1

Durchlaufträger (x64) DLT+ 02/25 (FRILO R-2025-2)

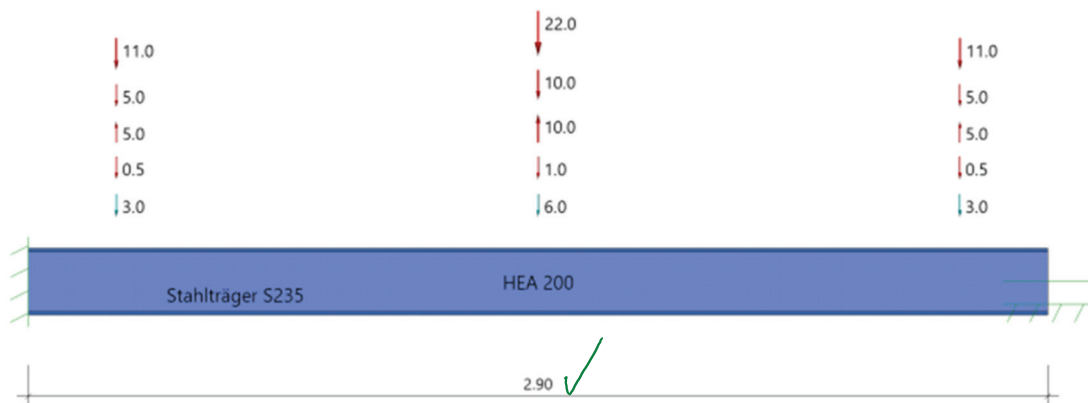
Grundparameter

Stahlträger, DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08

Stahlgüte: S235

System

System bild



Material

Material S235

$E_k = 210000 \text{ N/mm}^2$	$G_k = 80769 \text{ N/mm}^2$
$\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$	$\mu = 0.30$
	$\beta_w = 0.80$
Streckgrenze $t \leq 40 \text{ mm}$	$f_{yk} = 235.00 \text{ N/mm}^2$
Zugfestigkeit $t \leq 40 \text{ mm}$	$f_{uk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

Geometrie

Querschnitte

Name	I_y [mm ⁴]	I_z [mm ⁴]	W_y [mm ³]	W_z [mm ³]	A [mm ²]
HEA 200	36921552	13355094	388648	133551	5383.1
Querschnitt ist konstant über gesamte Trägerlänge.					

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	u_y [kN/m]	u_z [kN/m]	Verdrehungen ^{*)}		
				Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	0.0
2	2.90	-1	-1	0.0	-1	0.0

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

Seitliche Halterung in y-Richtung : an den Lagern am Obergurt

Lasten

Einzellasten und Momente

Bezug	Nr	Art	A [m]	W []	EG	Zus	Alt
System	1	kraft	2.65	3.0 kN	ständig		
	2	kraft	2.65	11.0 kN	Kat. C		
	3	kraft	2.65	5.0 kN	Kat. C		1
	4	kraft	2.65	-5.0 kN	Kat. C		1
	5	kraft	2.65	0.5 kN	Schnee		1
	6	kraft	1.45	6.0 kN	ständig		
	7	kraft	1.45	22.0 kN	Kat. C		
	8	kraft	1.45	10.0 kN	Kat. C		2
	9	kraft	1.45	-10.0 kN	Kat. C		2
	10	kraft	1.45	1.0 kN	Schnee		2
	11	kraft	0.25	3.0 kN	ständig		
	12	kraft	0.25	11.0 kN	Kat. C		
	13	kraft	0.25	5.0 kN	Kat. C		3
	14	kraft	0.25	-5.0 kN	Kat. C		3
	15	kraft	0.25	0.5 kN	Schnee		3

Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast
A [m] : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger
EG : Lasteinwirkung
Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe
Alt : Alternativgruppe

Lastbezeichnungen

Nr	Bezeichnung
2	Verkehrslast
3	Holmlast +
4	Holmlast -
5	Holmlast -
7	Verkehrslast
8	Holmlast +
9	Holmlast -
10	Holmlast -
12	Verkehrslast
13	Holmlast +
14	Holmlast -
15	Holmlast -

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 123 kg mit $\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$ berücksichtigt.

Übersicht der verwendeten Einwirkungen

Einwirkungen

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig				1.00	1.35
Kat. C: Versammlungsbereiche	0.70	0.70	0.60		1.50
Schnee $H < 1000 \text{ m}$	0.50	0.20	0.00		1.50
Schadensfolgeklasse CC 2 nach EN 1990 Tab. B1 -> $K_{FI} = 1.0$ Tab. B3					

Ergebnisse

Bemessungsparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Basis	:	EN 1993-1-1:2010
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Schadensfolgeklasse	:	CC 2
$\Psi_2 = 0.5$ 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	$\delta_{lim} =$	Kragarm $l_{eff}/150$
	$\delta_{lim} =$	Felder $l_{eff}/300$

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	η_{QS}	η_{Stabi}	$\eta_{Verformung}$
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.27	0.32	✓
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.07

Tragsicherheit je Querschnitt (kompakt)

Bemessungssituation	Querschnitt	Stelle	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	η_{QS}	η_{Stabi}	Lk
ständig/vorübergehend	HEA 200	Feld 1, $x = 2.90$	-56.9	-27.1	0.27	0.22	78

Nachweis für maximale Auslastung bei $x = 2.90$ m Lk 2

$N_{pld} = 0.0$ kN	$N_{Rd} = 1265.0$ kN
$N_{Ed} = 0.0$ kN	$\eta_N = 0.00$
$M_{y,pld} = -27.1$ kNm	$M_{y,Rd} = 101.2$ kNm
$M_{y,Ed} = -27.1$ kNm	$\eta_{My} = 0.27$
$V_{z,pld} = -56.9$ kN	$V_{z,Rd} = 245.3$ kN
$V_{z,Ed} = -56.9$ kN	$\eta_{Vz} = 0.23$
	$\eta = 0.27$

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

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

Feld	x [m]	$f_{y,Ed}$ [mm]	$f_{z,Ed}$ [mm]	$f_{res,Ed}$ [mm]	η	Lfk
Feld 1	1.45	0.0	0.7	0.7	0.01	3

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

Feld	x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,g}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [mm]	$f_{z,Cd}$ [mm]	η	Lfk
Feld 1	1.45	2.90	0.00	2.90	0.1	0.7	9.7	0.07	3

Feld : Bezeichnung
 x : Koordinate X der berechneten Stelle
 l_{eff} : effektive Länge dieses Abschnittes
 $l_{eff,x0}$: Beginn effektive Länge dieses Abschnittes (Wendepunkt in Biegelinie)
 $l_{eff,x1}$: Ende effektive Länge dieses Abschnittes (Wendepunkt in Biegelinie)
 $f_{z,g}$: ständiger Anteil der Verschiebung
 $f_{z,Ed}$: Bemessungswert der Verschiebung
 $f_{z,Cd}$: zulässige Verschiebung aus l_{eff}
 η : größte Auslastung der berechneten Stelle
 Lfk : Lastfallkombination

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung

Nr	x [m]	Einwirkung	$R_{z,min}$ [kN]	$R_{z,max}$ [kN]	$M_{y,min}$ [kNm]	$M_{y,max}$ [kNm]
1	0.00	ständig Kat. C: Versammlungsbereiche Schnee H < 1000 m	6.6 -10.0	6.6 32.0 1.0	-3.2 -15.3 -0.5	-3.2 4.8
2	2.90	ständig Kat. C: Versammlungsbereiche Schnee H < 1000 m	6.6 -10.0	6.6 32.0 1.0	3.2 -4.8	3.2 15.3 0.5

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Auflager	x [m]	Lk	R_z [kN]	M_y [kNm]
1	0.00	Lk 2 Lk 1	56.9 -8.4	-27.1 4.0
2	2.90	Lk 2 Lk 1	56.9 -8.4	27.1 -4.0

Belastung zu Stahlbetonwände

1-Von der Treppenwange

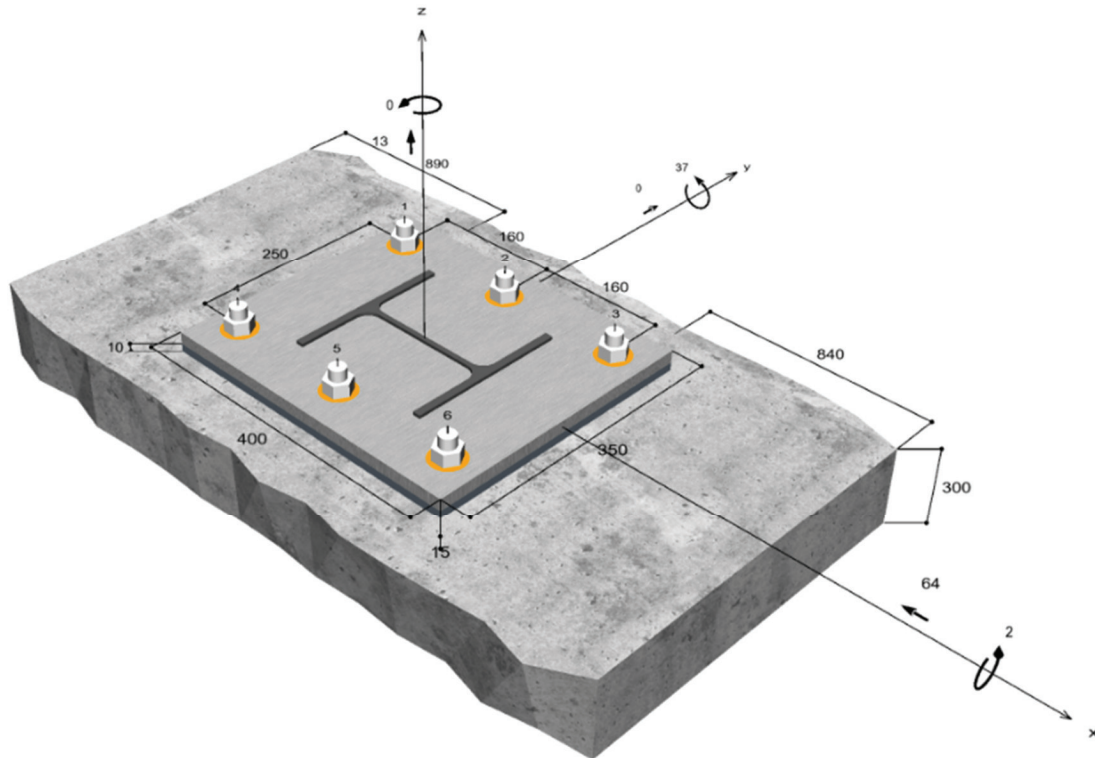
Normalkraft:	$N_{Ed} = \gamma_Q * Q_k = 1,5 * 5,0 \approx$	8 kN
Querkraft:	$V_{x,Ed} = R_z =$	57 kN
	$V_{y,Ed} =$	0 kN
Biegemoment:	$M_{y,Ed} = M_y =$	27 kNm
	$M_{x,Ed} =$	0 kNm

2-Von die Stahlbetonwände Stabilität

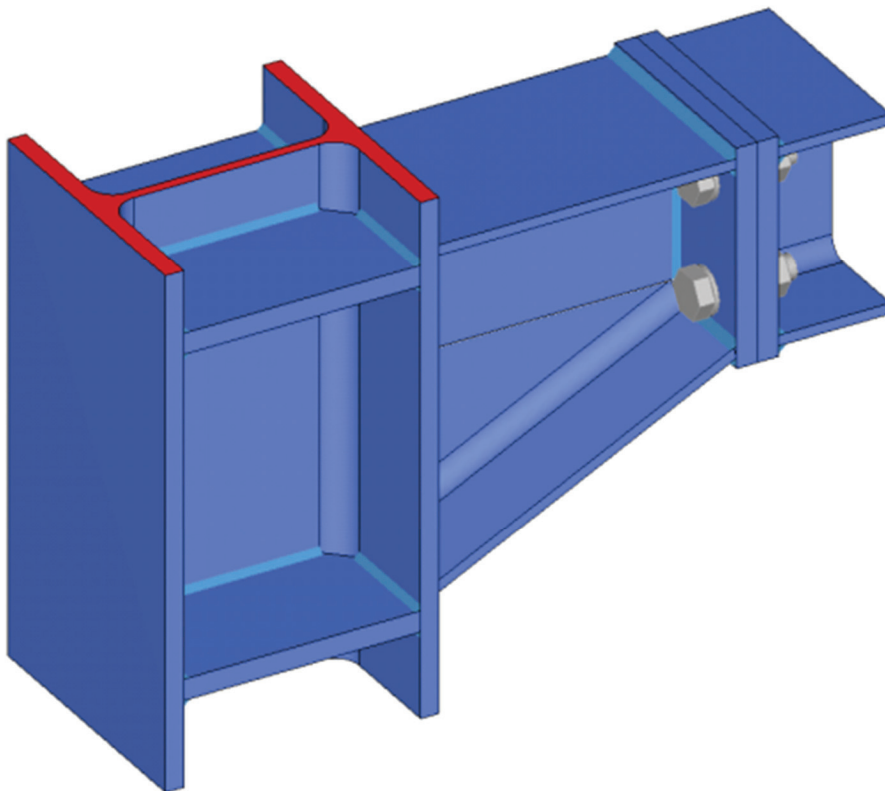
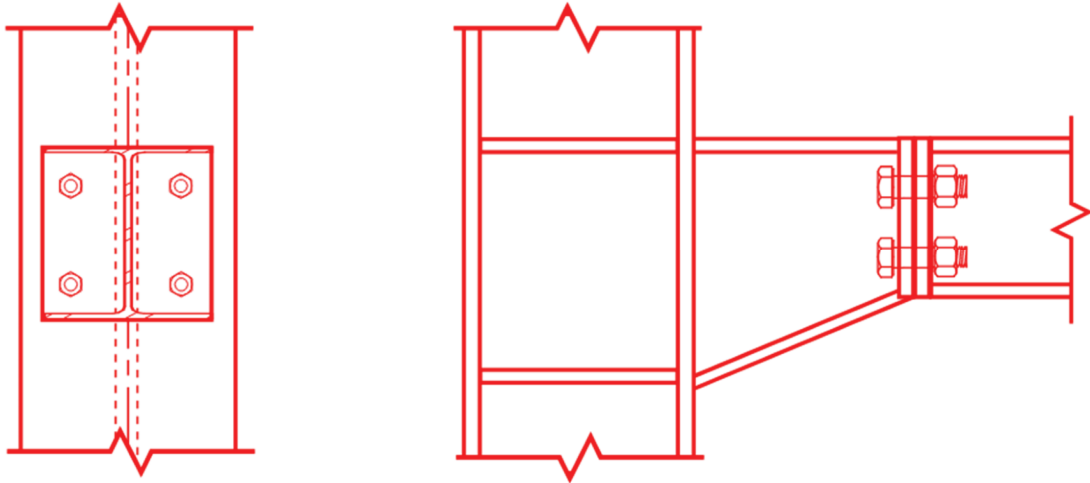
Siehe Bodenplatte Ausdruck

Normalkraft:	$N_{Ed} =$	5 kN
Querkraft:	$V_{x,Ed} =$	7 kN
	$V_{y,Ed} =$	0 kN
Biegemoment:	$M_{y,Ed} =$	10 kNm
	$M_{x,Ed} =$	2 kNm

Lastfall	N_{Ed} (kN)	$V_{x,Ed}$ (kN)	$V_{y,Ed}$ (kN)	$M_{y,Ed}$ (kNm)	$M_{x,Ed}$ (kNm)
1	8	57	-	27	0
2	5	7	-	10	2
Summe	13	64	-	37	2

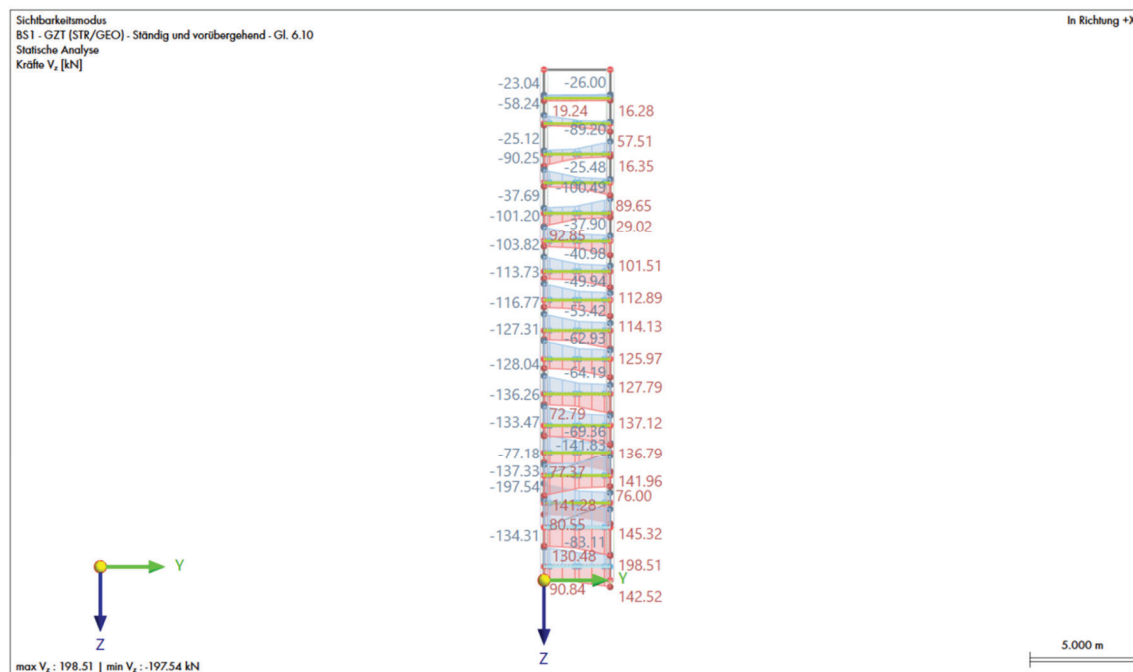
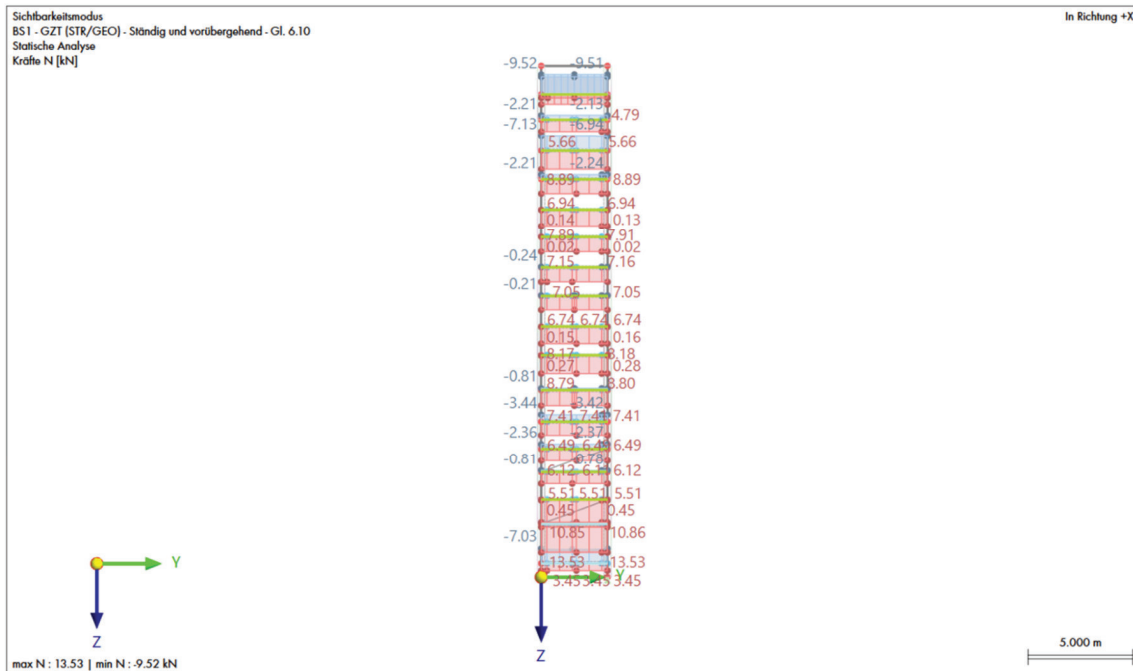


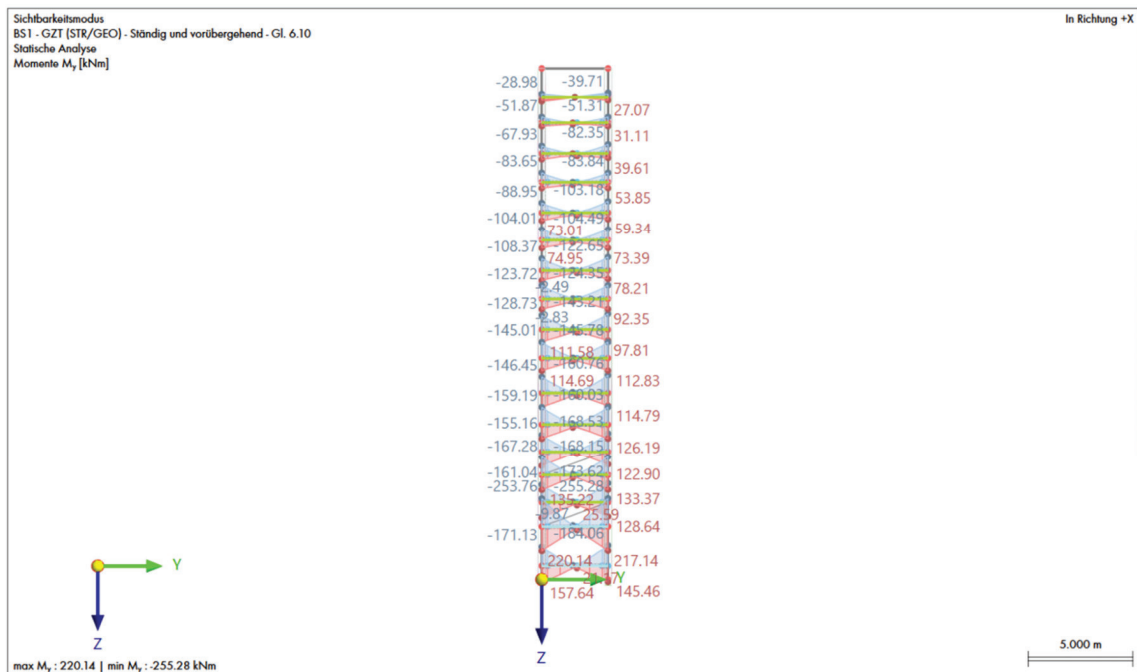
3.6.6 Q01-D1 – Querträger zu Stütze



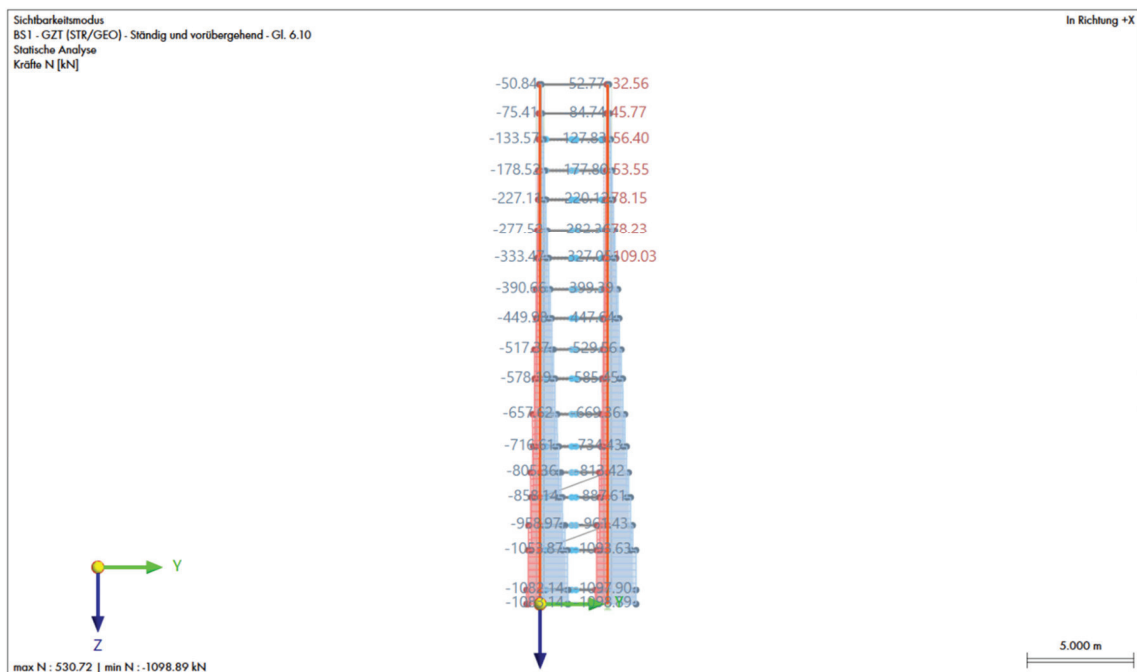
Belastung

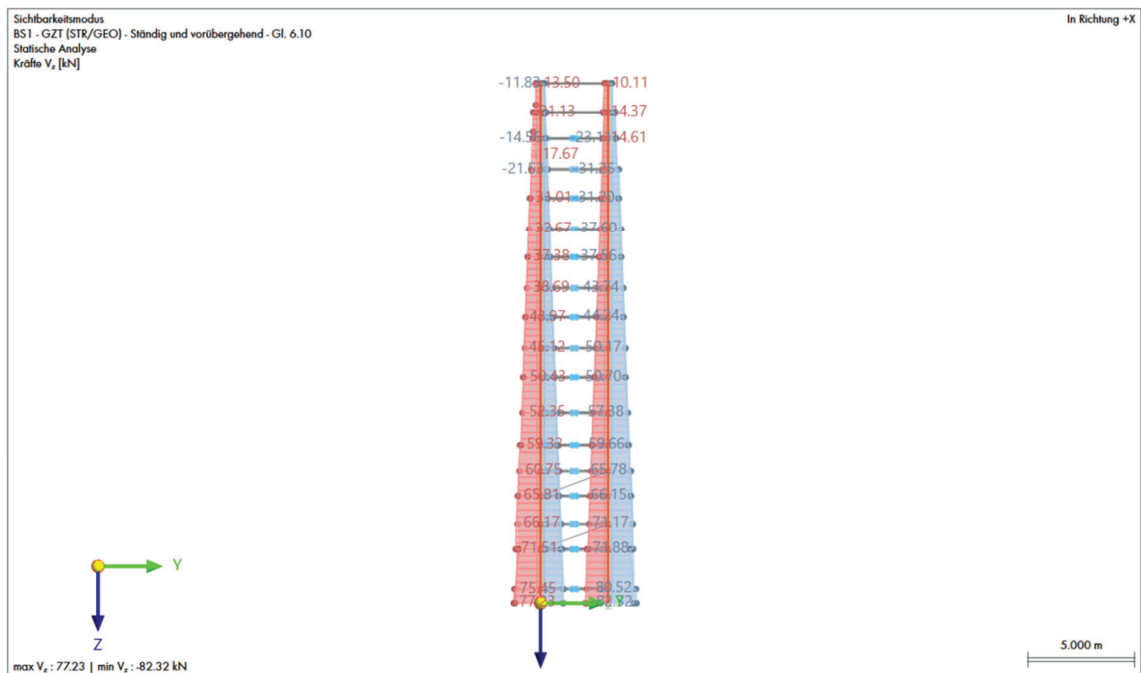
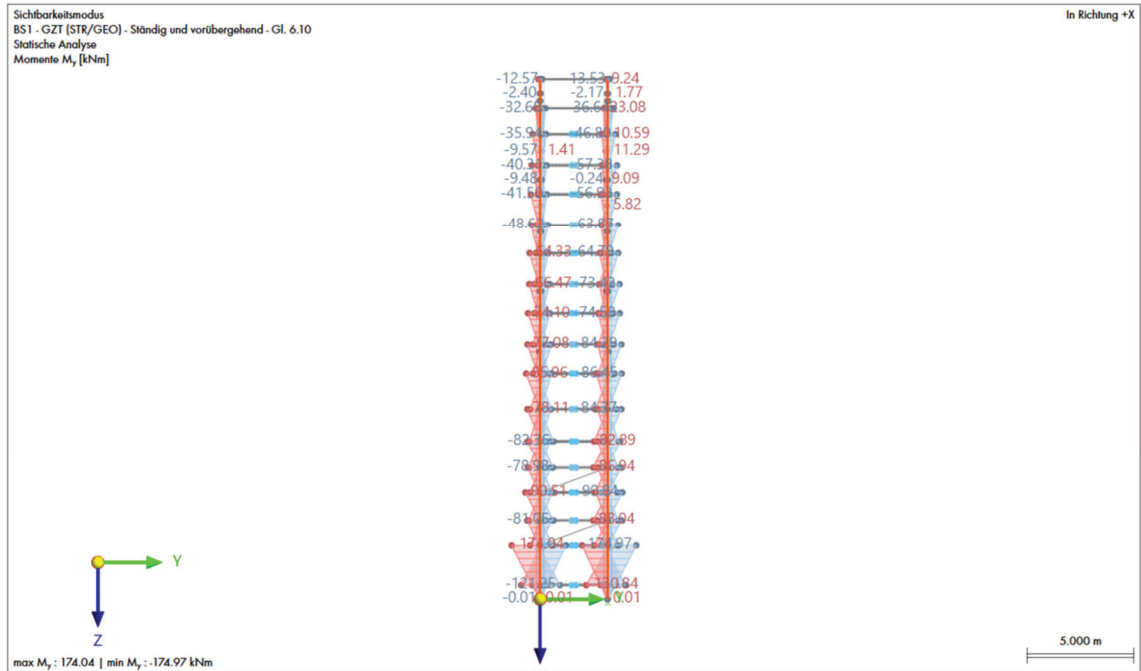
HEA 260





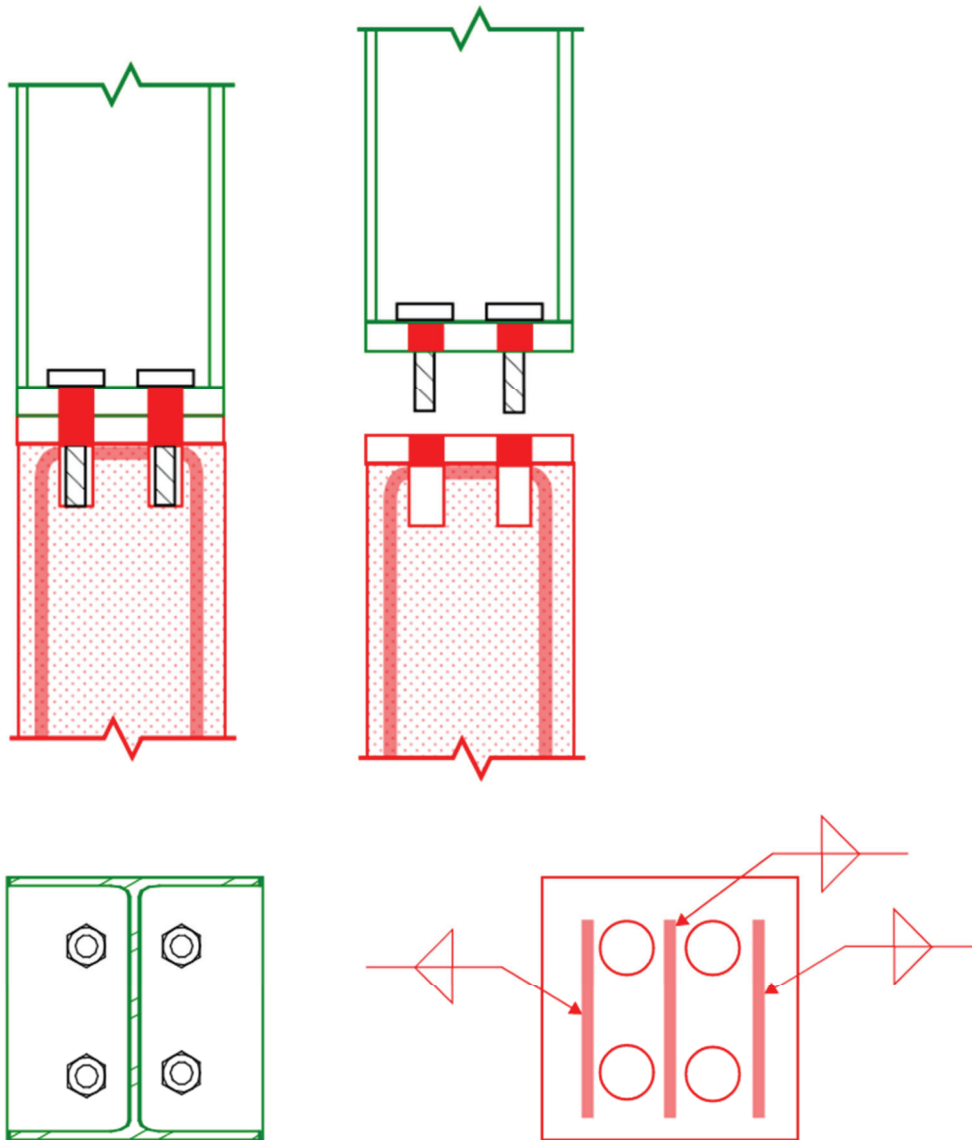
HEB 300





Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kNm)
HEA 260	13.5	-9.5	198.5	255.3
HEB 300	530.7	-1098.9	82.3	175.0

3.6.7 S01-D1 – Stützen zu Stahlbetonwände



Element	$N_{Ed,max}$ (kN)	$N_{Ed,min}$ (kN)	V_{Ed} (kN)	M_{Ed} (kN)
HEB 300	530.7	-1098.9	82.3	0.0