

Projekt Nr.: 23014
Auftraggeber: Amboss Metallbau AG
System: GeländerXpress Glasgeländer



SYSTEMSTATIK GLASGELÄNDER

Revision 0

Verfasser: Thomas Lagler, BSc FH Fassadeningenieur

Seiten: Titelblatt + 17 Seiten

Datum: 17.04.2023

Inhalt

1	Bemessungsgrundlagen	3
1.1	Aufgabenstellung	3
1.2	Bauteil	3
1.3	Systemabweichungen	3
1.4	Anschlussbauteil	3
1.5	Daten	3
1.6	Normen und Richtlinien	3
1.7	Software	3
2	Lastannahmen und Lastfallkombinationen	4
2.1	Ständige Einwirkungen	4
2.2	Veränderliche Einwirkung Windlast	4
2.3	Veränderliche Einwirkung Abschränkung	4
2.4	Pendelschlag Glas nach SIA 2057	4
2.5	Tragfähigkeit Glas in gebrochenen Zustand nach SIA 2057	4
2.6	Lastfallkombinationen	4
3	Materialkennwerte	6
3.1	Stahl	6
3.2	Edelstahl	6
3.3	Verbindungen in Edelstahl	6
3.4	Glas	6
3.5	PVB-Folie	7
4	Systemschnitt	8
5	Bemessung Verbundsicherheitsglas	9
5.1	Randbedingungen	9
5.2	Bemessungswerte Tragwiderstand	9
5.3	Lastfälle	9
5.4	Auswertung Lastfälle	9
5.4.1	Nachweis Tragsicherheit	9
5.4.2	Nachweise Gebrauchstauglichkeit	9
6	Bemessung Stahlkonstruktion	10
6.1	Randbedingungen	10
6.2	Geometrie	10
6.3	Querschnittswerte und Widerstände	11
6.4	Lastfälle	11
6.5	Nachweis Tragsicherheit	12

6.5.1	Handlauf	12
6.5.2	Pfosten	12
6.6	Nachweis Gebrauchstauglichkeit	15
7	Bemessung Dübel	16
7.1	Randbedingungen	16
7.2	Auflagerkräfte	16
7.3	Nachweis Dübel	17

1 Bemessungsgrundlagen

1.1 Aufgabenstellung

Statische Bemessung der Geländerkonstruktion GeländerXpress Glasgeländer als absturzsicherndes Geländer zur Verwendung innerhalb der SIA Nutzungskategorien A, B, D. Die Konstruktion muss den einwirkenden Eigenlasten, Abschrankungslasten und Windlasten standhalten.

1.2 Bauteil

Modulare Geländerkonstruktion bestehend aus einem CNS-Handlauf, Stahlpfosten, Glasfüllung und Dübel. Die Geländerpfosten haben einen Abstand von 50mm zur Betonstirne. Der Pfostenabstand beträgt max. 1200mm.

1.3 Systemabweichungen

Der Bericht gilt auch für die Konstruktion mit Pfostenbefestigung seitlich direkt. Bei dieser Konstruktion wird der Pfosten direkt an die Betonstirne befestigt. Dadurch sind die Auflagerkräfte kleiner als bei der Montage mit 50mm Abstand. Die Randabstände der Dübel entsprechen im Mindesten denen in der vorliegenden Systemstatik.

Der Bericht gilt auch für die Konstruktion mit Pfostenbefestigung auf die Betondecke. Bei dieser Konstruktion ist die Pfostenhöhe kleiner als in der vorliegenden Systemstatik. Die Randabstände der Dübel entsprechen im Mindesten denen in der vorliegenden Systemstatik.

1.4 Anschlussbauteil

Das Anschlussbauteil ist eine Betondecke mit Dicke $\geq 250\text{mm}$. Die Betongüte ist C30/37 und der Beton wird als gerissen angenommen.

1.5 Daten

Systemschnitte Amboss Metallbau AG

1.6 Normen und Richtlinien

SIA 179:1998	Befestigungen in Beton und Mauerwerk
SIA 260:2013	Grundlagen zur Projektierung von Tragwerken
SIA 261:2020	Einwirkungen auf Tragwerke
SIA 263:2013	Stahlbau
SIA 358:2010	Geländer und Brüstungen
SIA 2057:2021	Glasbau
EN 1993-1-4:2015	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Allgemeine Bemessungsregeln – Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen
TR 001:2019	Metalltec Suisse – Technische Richtlinie Geländer im Metallbau, Bemessung von Geländern

1.7 Software

AxisVM X6

SJ MEPLA 5.0.10

Hilti Profis Engineering

2 Lastannahmen und Lastfallkombinationen

2.1 Ständige Einwirkungen

Glas Raumlast:	$g_k = 25 \text{ kN/m}^3$
Edelstahl Raumlast:	$g_k = 79 \text{ kN/m}^3$
Stahl Raumlast:	$g_k = 78 \text{ kN/m}^3$

2.2 Veränderliche Einwirkung Windlast

Windlasten müssen grundsätzlich für das jeweilige Objekt ermittelt werden. Die maximal einwirkenden Windlasten auf die Geländerkonstruktion betragen:

Charakteristischer Winddruck:	$q_k = +1.10 \text{ kN/m}^2$
Charakteristischer Windsog:	$q_k = -1.10 \text{ kN/m}^2$

Für höhere Windlasten muss ein separater Nachweis gemacht werden.

2.3 Veränderliche Einwirkung Abschränkung

Holmlast auf Höhe des Handlaufes:

Kat. A, B, D:	Wohn-, Büro-, Verkaufsflächen	$q_k = 0.8 \text{ kN/m}$
	Ziehen von Personen nach innen (systemspezifisch festgelegt)	$q_k = 0.5 \text{ kN/m}$

2.4 Pendelschlag Glas nach SIA 2057

Die Geländerausfachung ist 2-seitig linienförmig gelagert, daher muss kein Pendelschlagnachweis gemacht werden.

2.5 Tragfähigkeit Glas in gebrochenen Zustand nach SIA 2057

Absturzsichernde Verglasung, Gruppe 3: NBO

Keine zusätzlichen Nachweise erforderlich.

2.6 Lastfallkombinationen

Verwendete Lastbeiwerte für die Nachweise der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit gem. SIA 260:

Einwirkung	Tragsicherheit	Gebrauchstauglichkeit
Ständige Einwirkung ungünstig wirkend:	$\gamma_G = 1.35$	$\gamma_G = 1.0$
Ständige Einwirkung günstig wirkend:	$\gamma_G = 0.8$	$\gamma_G = 0.8$
Veränderliche Einwirkung:	$\gamma_Q = 1.5$	$\gamma_Q = 1.0$
Aussergewöhnliche Einwirkung:	$\gamma_{Ad} = 1.0$	$\gamma_{Ad} = 0$

Verwendete Reduktionsbeiwerte für die Bemessung gem. SIA 260:

Einwirkung	selten	häufig	quasi-ständig
Windlast:	$\psi_0 = 0.6$		
Nutzlast:	$\psi_0 = 0.7$	$\psi_1 = 0.5$	

Die Geländerkonstruktion wird mit Wind- oder Abschränklasten belastet. Eine gleichzeitige Einwirkung beider Lasten ist im Privatbereich nicht gemacht.

Gebrauchstauglichkeit, Richtwerte für Durchbiegungen:

Bauteil	selten	häufig	quasi-ständig
Handlauf, Verformungen horizontal	$l/100$		
Geländerpfosten, Verformungen horizontal	$l/50$		
Gesamte Konstruktion, Verformungen horizontal	30mm		
Glas 2-seitig gelagert, Verformungen horizontal	$l/100$		

3 Materialkennwerte

3.1 Stahl

Werkstoff:	S235
Elastizitätsmodul:	$E = 210'000 \text{ N/mm}^2$
Querkontraktion:	$\nu = 0.30$
Therm. Ausdehnung:	$\alpha_T = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Streckgrenze:	$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ für $t < 40\text{mm}$
Zugfestigkeit:	$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$ für $t < 40\text{mm}$
Teilsicherheitsbeiwert:	$\gamma_{M1} = 1.05$

3.2 Edelstahl

Werkstoff:	CNS 1.4301
Elastizitätsmodul:	$E = 200'000 \text{ N/mm}^2$
Querkontraktion:	$\nu = 0.30$
Therm. Ausdehnung:	$\alpha_T = 16 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Streckgrenze:	$f_y = 190 \text{ N/mm}^2$ für Profile
Zugfestigkeit:	$f_u = 500 \text{ N/mm}^2$ für Profile
Teilsicherheitsbeiwert:	$\gamma_{M1} = 1.1$

3.3 Verbindungen in Edelstahl

Festigkeitsklasse:	A4
Streckgrenze:	$f_{yb} = 450 \text{ N/mm}^2$
Zugfestigkeit:	$f_{ub} = 700 \text{ N/mm}^2$
Teilsicherheitsbeiwert:	$\gamma_{M2} = 1.25$

3.4 Glas

Elastizitätsmodul:	$E = 70'000 \text{ N/mm}^2$
Querkontraktion:	$\nu = 0.23$
Therm. Ausdehnung:	$\alpha_T = 9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Bemessungswert der Zugfestigkeit nach SIA 2057:

$$f_{g,d} = k_{mod} \cdot k_E \cdot k_V \cdot k_c \cdot \frac{f_{g,k}}{\gamma_M} \geq \sigma_{Ed}$$

$f_{g,k}$ charakteristische Biegezugfestigkeit

k_c Faktor für Lagerung

γ_M Materialsicherheitsbeiwert

k_V Erhöhung des Tragwiderstandes um pauschal 10%, ohne Schubverbund

k_E Kantenbeanspruchungsfaktor

k_{mod} Modifikationsbeiwert für die Lasteinwirkungsdauer

Charakteristische Biegezugfestigkeit:

Glasart	Charakteristische Biegezugfestigkeit $f_{g,k}$
Floatglas	45 N/mm ²

Rechenwerte für den Modifikationsbeiwert k_{mod} :

Einwirkungsdauer	Beispiele	Floatglas
ständig	Eigengewicht, Ortshöhendifferenz bei MIG, Verkehrslast für befahrbares Glas	0.3
mittel	Schnee, Klimalast, Nutzlast für begehbares Glas Flächenlast q_k)	0.45
Kurz	Kräfte auf Abschränkungen (Fluchtwege, Versammlungsflächen) Nutzlast für betretbares Glas, Nutzlast für begehbares Glas (Punktlast Q_k)	0.75
sehr kurz	Kräfte auf Abschränkungen (im Allgemeinen), Wind, Erdbeben	0.9
extrem kurz	Stosseinwirkungen (z. B. Anprall, Pendelschlag, Explosion)	1.8

3.5 PVB-Folie

Elastizitätsmodul: $E = 0.01 \text{ N/mm}^2$ für Nachweise TR

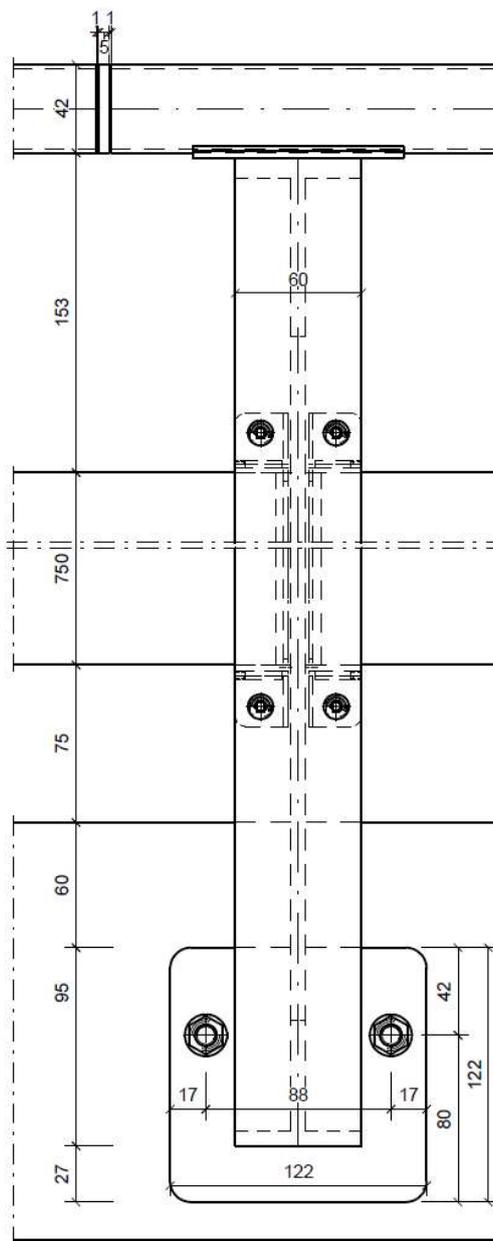
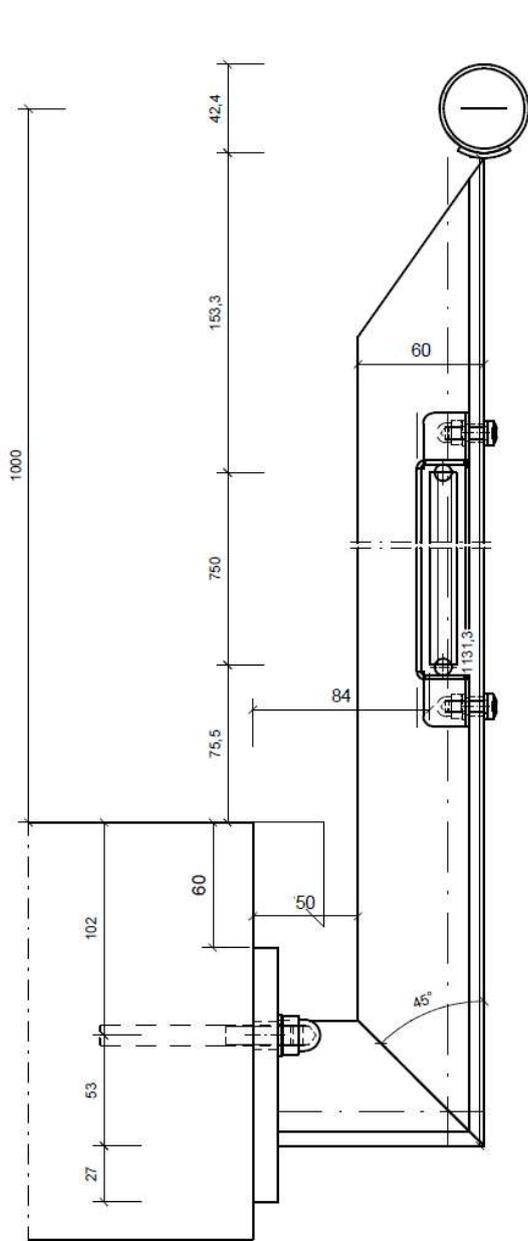
Elastizitätsmodul: $E = 1.2 \text{ N/mm}^2$ für Nachweise GT bei kurzzeitigen Einwirkungen

Querkontraktion: $\nu = 0.496$

Zugfestigkeit: $> 20 \text{ N/mm}^2$

Bruchdehnung: $> 250 \text{ N/mm}^2$

4 Systemschnitt



5 Bemessung Verbundsicherheitsglas

5.1 Randbedingungen

Glasabmessungen: $b \times h = 1180 \times 750 \text{ mm}$

Glasaufbau: VSG 12-2 aus 2 x 6mm Floatglas mit 0.76mm PVB

Kantenbearbeitung: Kante geschliffen (rodiert)

5.2 Bemessungswerte Tragwiderstand

Bemessungswerte des Tragwiderstands von Glas nach SIA 2057																	
Statische Nachweise $f_{g,d} = k_{mod} \cdot k_E \cdot k_V \cdot k_C \cdot \frac{f_{g,k}}{\gamma_M}$ Nachweise Pendelschlag $f_{g,d} = k_{mod} \cdot k_V \cdot \frac{f_{g,k}}{\gamma_M}$																	
Glasart	f _{g,k} [N/mm ²]	k _{mod} Lasteinwirkungsdauer [-]					Faktoren [-]					Tragwiderstand f _{g,d} [N/mm ²]					
		ständig	mittel	kurz	sehr kurz	extrem kurz	k _E	k _V	k _C	k _C	Y _{M,0}	Y _{M,D}	ständig	mittel	kurz	sehr kurz	extrem kurz
		EG, ΔH, VL	ΔTΔp, S, NL	Halm 1.6, NL	Halm 0.8, W, E	Pendelstoss	Kante	VSG	Lager	Punkt Pendel	Festigk.	Stoss	EG, ΔH, VL	ΔTΔp, S, NL	Halm 1.6, NL	Halm 0.8, W, E	Pendelstoss
Float VSG, Kante geschl. kein SV	45	0.3	0.45	0.75	0.9	1.8	0.8	1.1	1.4	1	1.8	1	6.6	9.9	23.1	27.7	89.1

5.3 Lastfälle

Last- und Reduktionsbeiwerte gem. Pkt. 2.6. Keine Kombination von Wind- und Abschränkungslasten.

LF1 (TR): 1.35 x Eigengewicht + 1.5 x Windsog

LF2 (GT): 1.0 x Eigengewicht + 1.0 x Windsog

LF3 (GT): 1.0 x Eigengewicht + 0.5 x Abschränkungslast

LF3 gem. SIA 2057 5.5.4.2

5.4 Auswertung Lastfälle

Geländer 2-seitig linienförmig gehalten

Glasaufbau:	Abmessungen [mm]:	Lagerung:
VSG 12 VSG 12-2 Float	b 1180 h 750	2-/3-seitig, liniengelagert, Einfachglas
	E-Modul PVB-Folie [N/mm²]:	zulässige Durchbiegung [mm]:
	E 0.01 TR E 1.2 GT SIA 2057 4.4.2.4	w _{zul} 11.8 L/ 100

LF-Nr.	ständige Einwirkung	γ _G	Leiteinwirkung	γ _Q	Begleiteinwirkung	ψ ₀	Einwirkungs- dauer Float	σ _{Ed} [N/mm ²]		w _{max} [mm]
									VSG	
1	TR								25.88	
2	GT	EG	1.35 1.00	Windsog	1.50 1.00		k _{mod} = 0.90			5.67
3	GT	EG	1.00	Abschränkung	0.50		k _{mod} = 0.90			2.67

5.4.1 Nachweis Tragsicherheit

$$\sigma_{Ed} = 25.88 \text{ N/mm}^2 < f_{g,d,Float} = 27.7 \text{ N/mm}^2$$

→ Nachweis erfüllt.

5.4.2 Nachweise Gebrauchstauglichkeit

$$w_{max} = 5.7 \text{ mm} < w_{zul} = \frac{l}{50} = 11.8 \text{ mm}$$

→ Nachweis erfüllt.

6 Bemessung Stahlkonstruktion

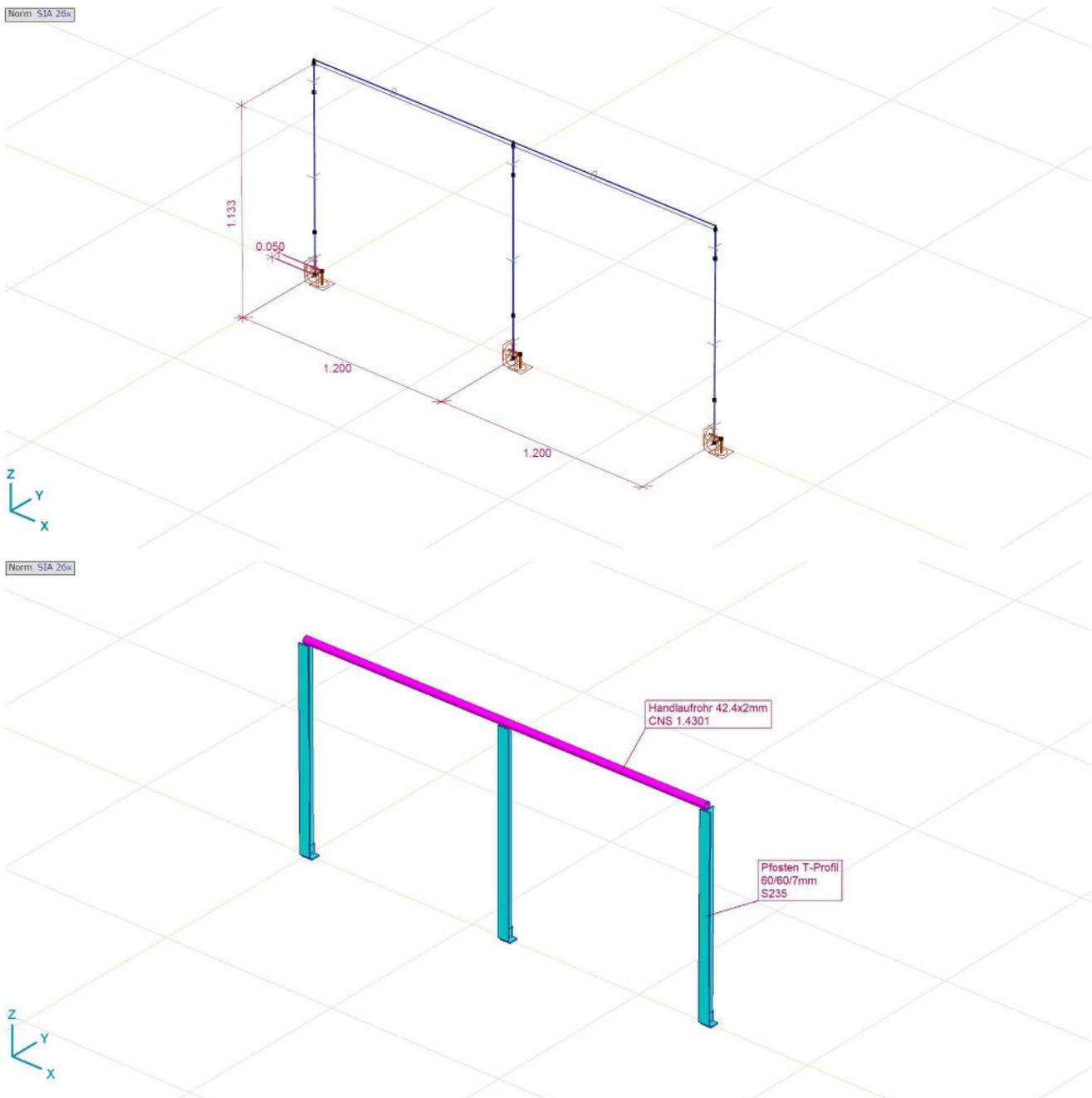
6.1 Randbedingungen

Der Nachweis für die Geländerpfosten erfolgt nach dem Verfahren EP (elastische Schnittkräfte – plastische Widerstände).

Der Nachweis für den Handlauf erfolgt nach dem Verfahren EE (elastische Schnittkräfte – elastische Widerstände).

Da die maximale Versandlänge des Systems 3.0m beträgt, werden total 3 Stk. Pfosten modelliert. Die Gesamtlänge des Modells beträgt somit 2.4m.

6.2 Geometrie



Pfosten: T-Profil 60/60/7mm, S235

Handlaufrohr: 42.4 x 2mm, CNS 1.4301

6.3 Querschnittwerte und Widerstände

Pfosten:

Trägheitsmoment:

$$I_{y,P} = 0.266 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Widerstandsmoment plastisch:

$$W_{y,plast,P} = 11.29 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Biegewiderstand plastisch:

$$M_{y,Rd,plast,P} = \frac{f_y \cdot W_{y,plast,P}}{\gamma_{M1}} = 2.53 \text{ kNm}$$

Handlauf:

Trägheitsmoment:

$$I_{y,H} = 0.052 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Widerstandsmoment elastisch:

$$W_{y,elast,H} = 2.45 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

6.4 Lastfälle

Last- und Reduktionsbeiwerte gem. Pkt. 2.6. Keine Kombination von Wind- und Abschränkungslasten.

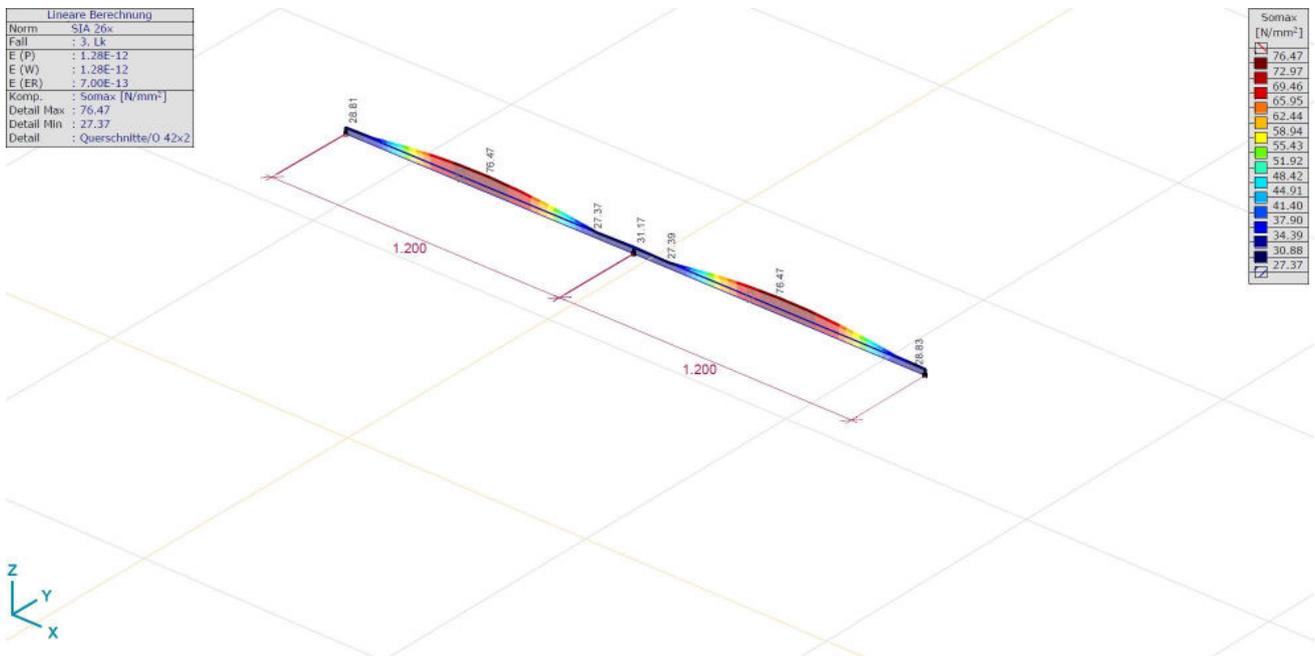
LF1 (TR):	1.35 x Eigengewicht + 1.5 x Windsog
LF2 (GT):	1.0 x Eigengewicht + 1.0 x Windsog
LF3 (TR):	1.35 x Eigengewicht + 1.5 x Abschränkungslast
LF4 (GT):	1.0 x Eigengewicht + 1.0 x Abschränkungslast
LF5 (TR):	1.35 x Eigengewicht + 1.5 x Zuglast nach innen
LF6 (GT):	1.0 x Eigengewicht + 1.0 x Zuglast nach innen

6.5 Nachweis Tragsicherheit

Massgebend LF3.

6.5.1 Handlauf

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 3, Lk
E (P)	: 1.28E-12
E (W)	: 1.28E-12
E (ER)	: 7.00E-13
Komp.	: Somax [N/mm ²]
Detail Max	: 76.47
Detail Min	: 27.37
Detail	: Querschnitte/O.42x2



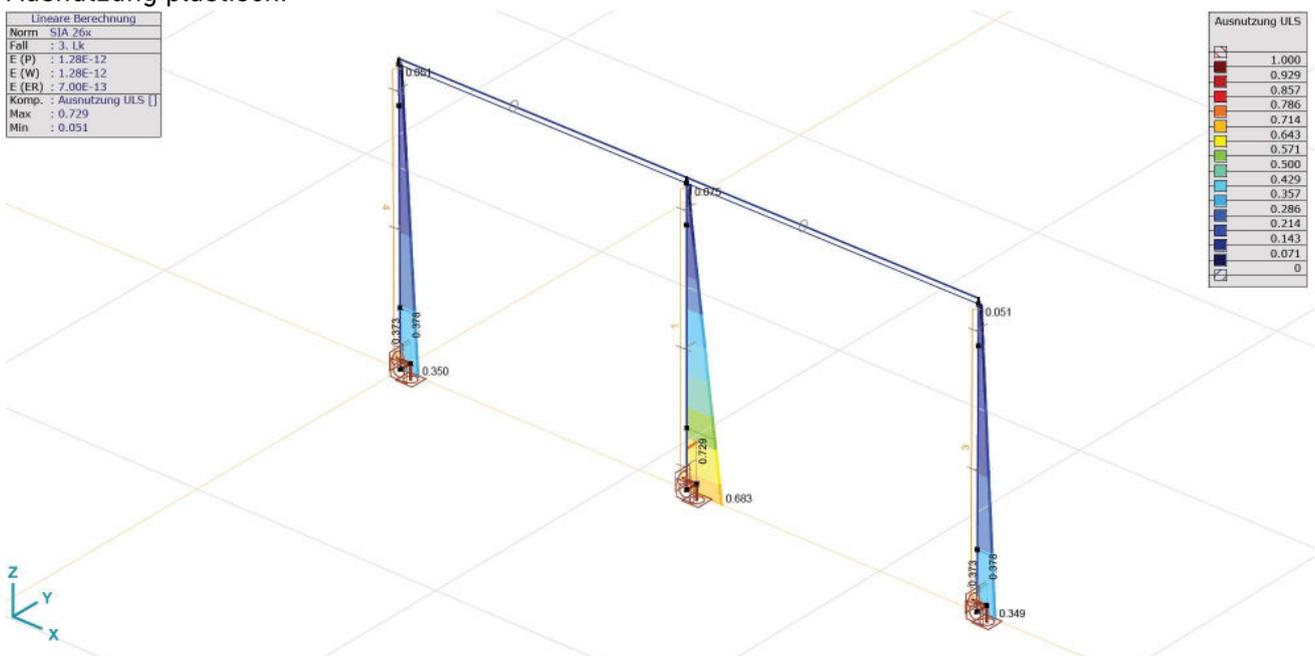
$$\sigma_{Ed} = 76.74 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 172.7 \text{ N/mm}^2$$

→ Nachweis erfüllt.

6.5.2 Pfosten

Ausnutzung plastisch:

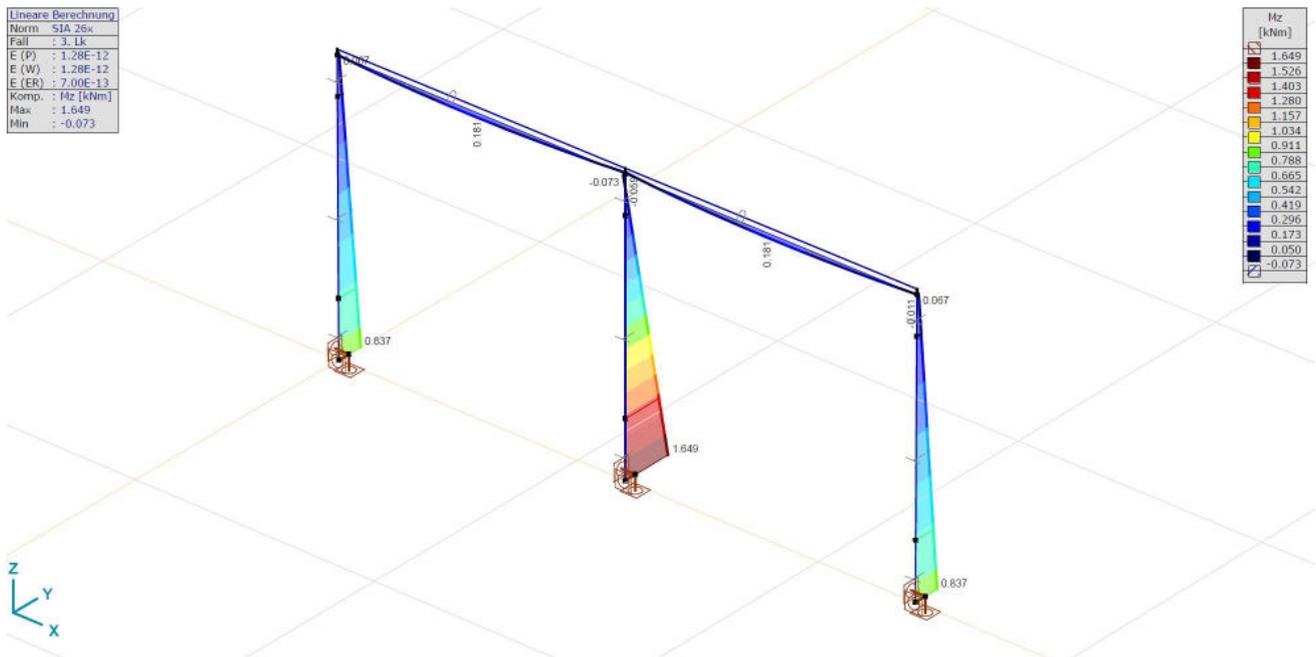
Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 3, Lk
E (P)	: 1.28E-12
E (W)	: 1.28E-12
E (ER)	: 7.00E-13
Komp.	: Ausnutzung ULS []
Max	: 0.729
Min	: 0.051



$$\eta = 0.729 < 1.0$$

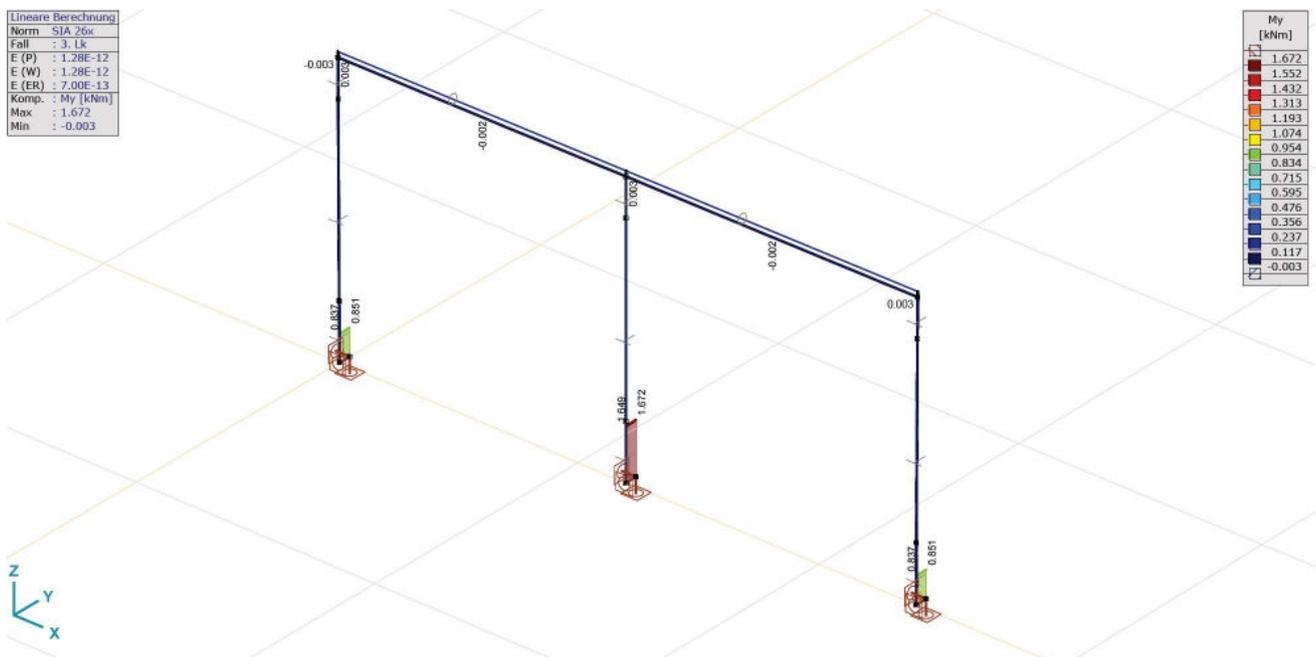
→ Nachweis erfüllt.

Biegemoment M_z :



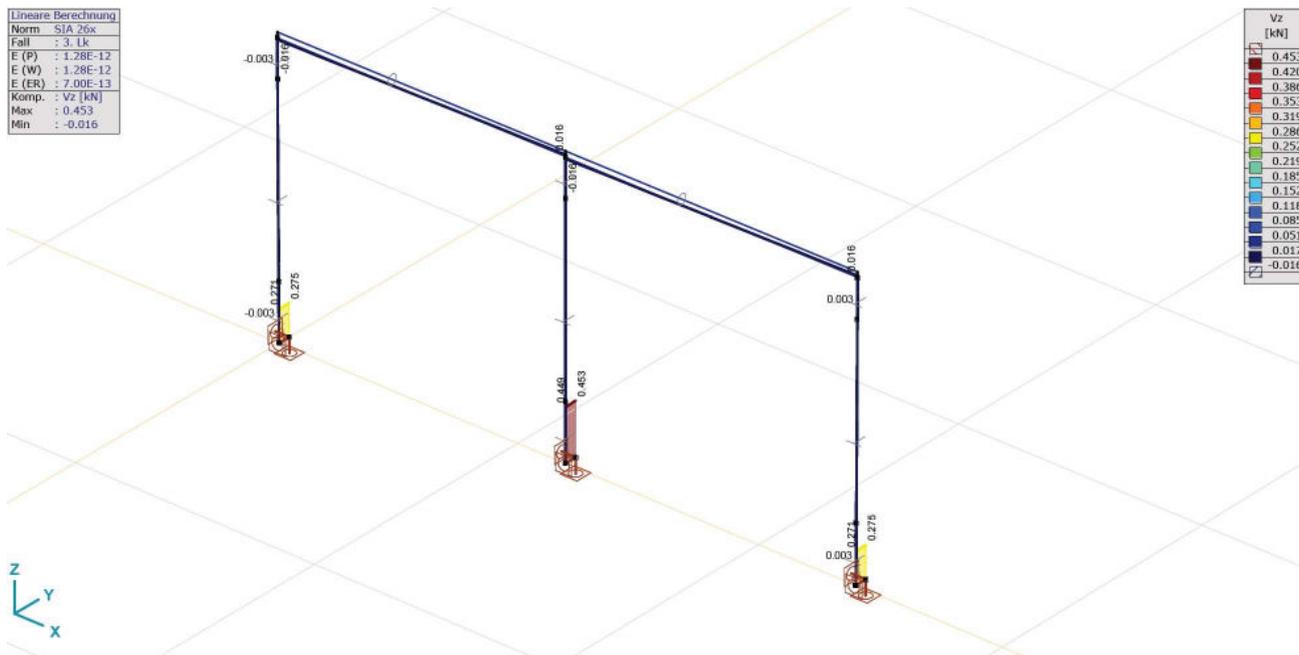
$$M_{z,Ed} = 1.65 \text{ kNm}$$

Biegemoment M_y :



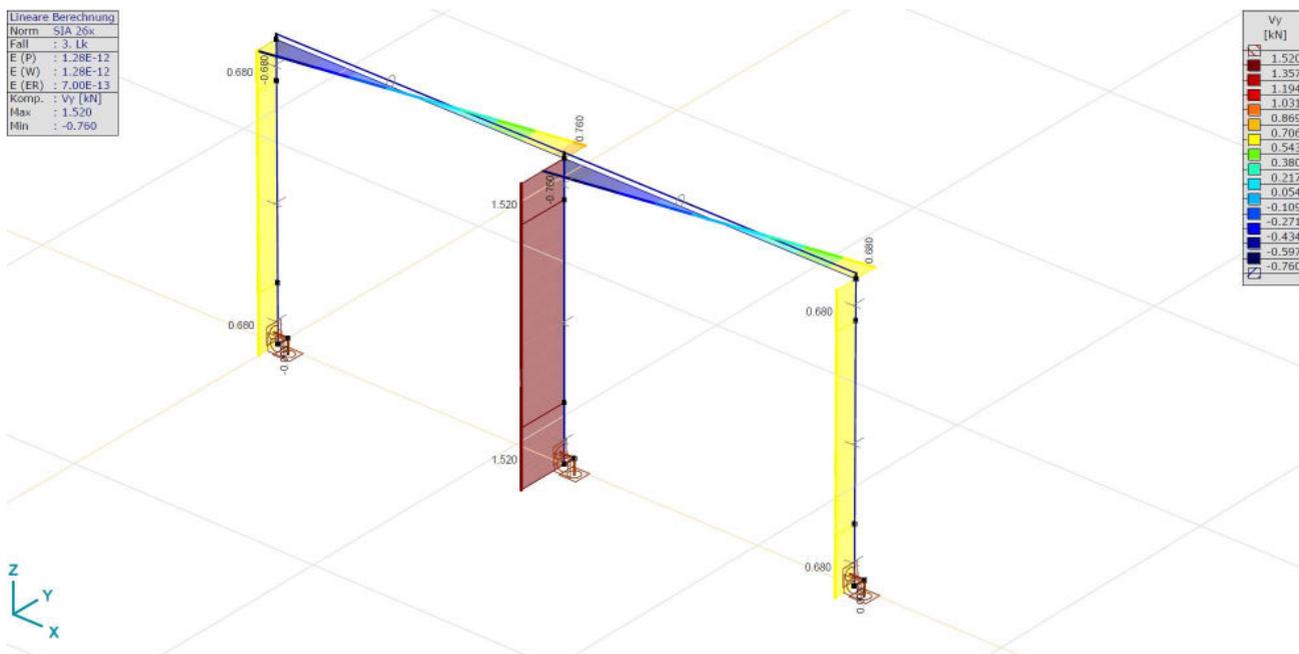
$$M_{y,Ed} = 1.67 \text{ kNm}$$

Querkraft V_z :



$V_{z,Ed} = 0.45 \text{ kN}$

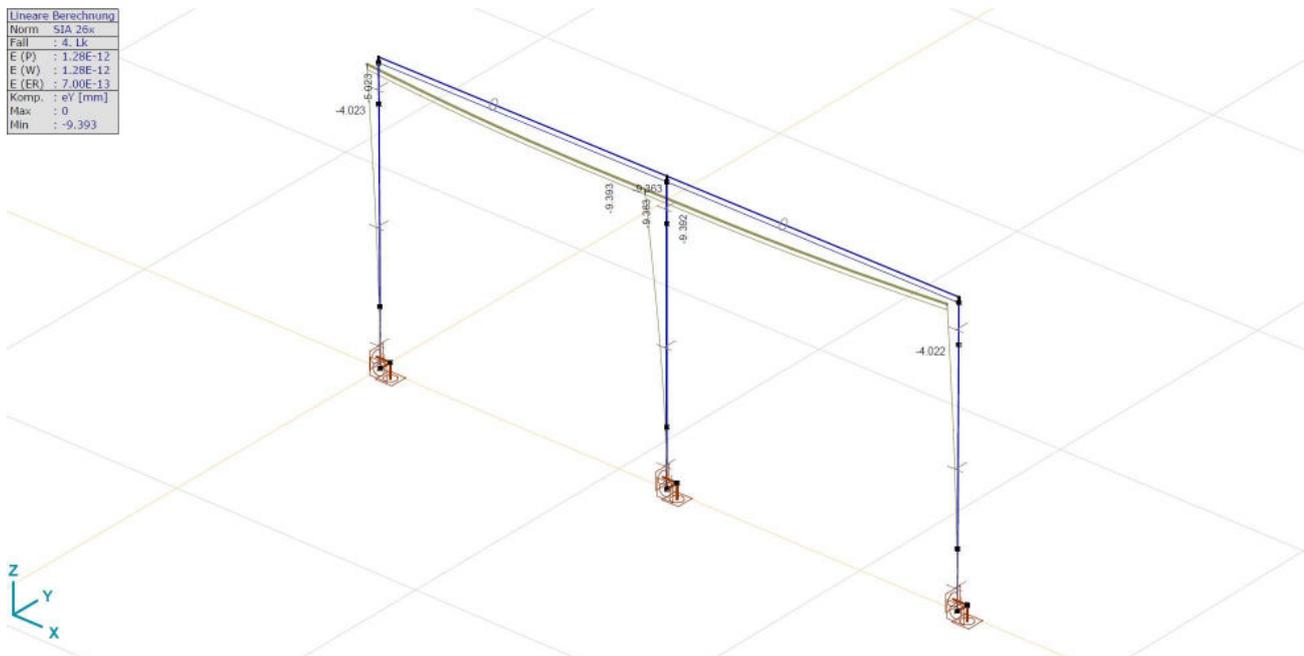
Querkraft V_y :



$V_{y,Ed} = 1.52 \text{ kN}$

6.6 Nachweis Gebrauchstauglichkeit

Massgebend LF4.



Handlauf:

$$w_{max} = 9.4 - 5.0\text{mm} = 4.4 < w_{zul} = \frac{l}{100} = 12.0\text{mm}$$

Pfosten:

$$w_{max} = 9.4\text{mm} < w_{zul} = \frac{l}{50} = 22.7\text{mm}$$

Konstruktion Gesamtverformung:

$$w_{max} = 9.4\text{mm} < w_{zul} = 30\text{mm}$$

→ Nachweise erfüllt.

7 Bemessung Dübel

7.1 Randbedingungen

Dübeltyp: Hilti HST3-R M10 x 130mm

Betongüte: C30/37

Rissverhalten: Beton gerissen

Betondicke: $\geq 250\text{mm}$

Randabstand Dübel: $\geq 90\text{mm}$

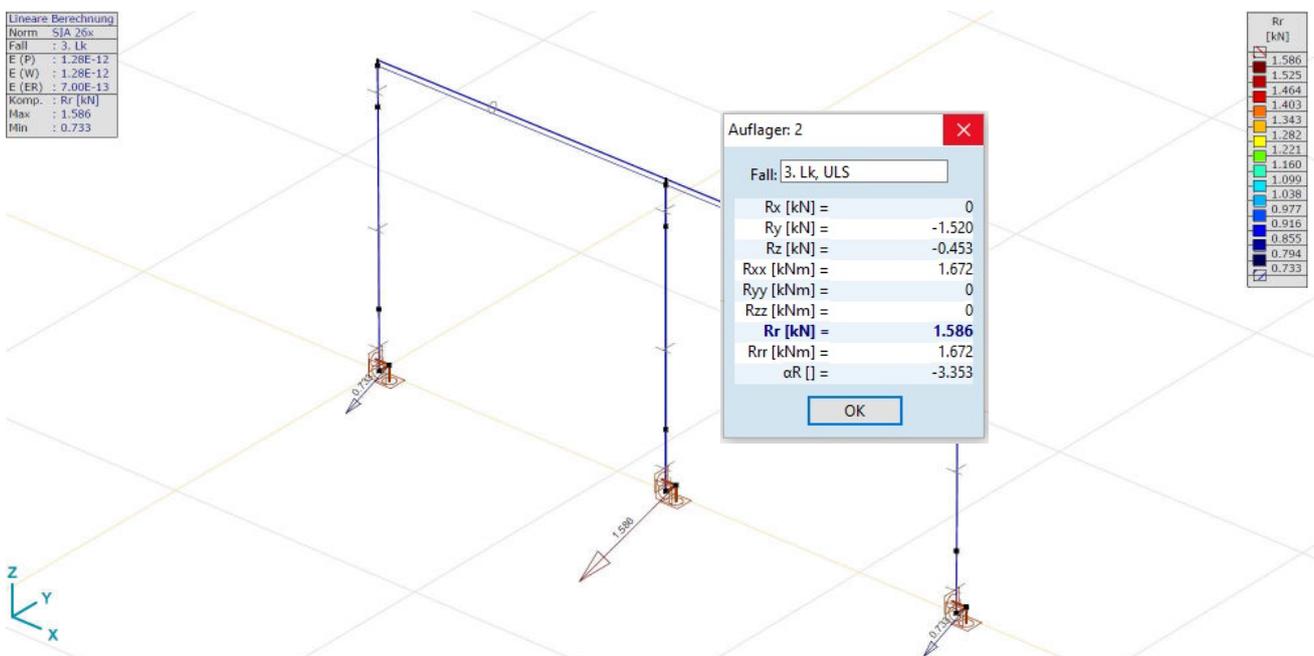
Achsabstand Dübel: 88mm

Abstandsmontage: keine Unterschiftung zwischen Fussplatte und Betondecke.

Fussplatte: 122 x 122 mm, Dicke t = 12mm, S235

7.2 Auflagerkräfte

Massgebend LF3.



$$R_{y,Ed} = 1.52 \text{ kN}$$

$$R_{z,Ed} = 0.45 \text{ kN}$$

$$R_{xx,Ed} = 1.67 \text{ kNm}$$

