LAGLER
INGENIEURE
GEBÄUDEHÜLLE UND TRAGWERK

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

LAGLER INGENIEURE GMBH GEBÄUDEHÜLLE UND TRAGWERK
Wintersried 5 | 6423 Seewen | info@lagler-ing.ch | www.lagler-ing.ch

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 Abschrankung 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 Querschnittwerte 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 GeländerXpresss Glasgeländer als absturzsicherndes Geländer zur Verwendung innerhalb der SIA Nutzungskategeorien 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 ≥ 250mm. 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 Richtline 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: $g_k = 25$ kN/m^3

Edelstahl Raumlast: $g_k = 79$ kN/m^3

Stahl Raumlast: $g_k = 78$ 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: $q_k = +1.10$ kN/m^2

Charakteristischer Windsog: $q_k = -1.10$ kN/m^2

Für höhere Windlasten muss ein separater Nachweis gemacht werden.

2.3 Veränderliche Einwirkung Abschrankung

Holmlast auf Höhe des Handlaufes:

Kat. A, B, D:	Wohn-, Büro-, Verkaufsflächen	$q_k = 0.8$ kN/m
	Ziehen von Personen nach innen (systemspezifisch festgelegt)	$q_k = 0.5$ 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: NB0

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:	ψ_0 = 0.6		
Nutzlast:	ψ_0 = 0.7	ψ_1 = 0.5	

Die Geländerkonstruktion wird mit Wind- oder Abschrankungslasten belastet. Eine gleichzeitige Einwirkung beider Lasten ist im Privatbereich wird 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: $E = 210'000\ N/mm^2$

Querkontraktion: $\nu = 0.30$

Therm. Ausdehnung: $\alpha_T = 12 \cdot 10^{-6} K^{-1}$

Streckgrenze: $f_y = 235\ N/mm^2$ für t < 40mm

Zugfestigkeit: $f_u = 360\ N/mm^2$ für t < 40mm

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1.05$

3.2 Edelstahl

Werkstoff: CNS 1.4301

Elastizitätsmodul: $E = 200'000\ N/mm^2$

Querkontraktion: $\nu = 0.30$

Therm. Ausdehnung: $\alpha_T = 16 \cdot 10^{-6} K^{-1}$

Streckgrenze: $f_y = 190\ N/mm^2$ für Profile

Zugfestigkeit: $f_u = 500\ N/mm^2$ für Profile

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M1} = 1.1$

3.3 Verbindungen in Edelstahl

Festigkeitsklasse: A4

Streckgrenze: $f_{yb} = 450\ N/mm^2$

Zugfestigkeit: $f_{ub} = 700\ N/mm^2$

Teilsicherheitsbeiwert: $\gamma_{M2} = 1.25$

3.4 Glas

Elastizitätsmodul: $E = 70'000\ N/mm^2$

Querkontraktion: $\nu = 0.23$

Therm. Ausdehnung: $\alpha_T = 9 \cdot 10^{-6} K^{-1}$

Bemessungswert der Zugfestigkeit nach SIA 2057:

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

$f_{g,k}$ 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/mm²

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 Abschrankungen (Fluchtwege, Versammlungsflächen) Nutzlast für betretbares Glas, Nutzlast für begehbares Glas (Punktlast Q_k)	0.75
sehr kurz	Kräfte auf Abschrankungen (im Allgemeinen), Wind, Erdbeben	0.9
extrem kurz	Stosseinwirkungen (z. B. Anprall, Pendelschlag, Explosion)	1.8

3.5 PVB-Folie

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

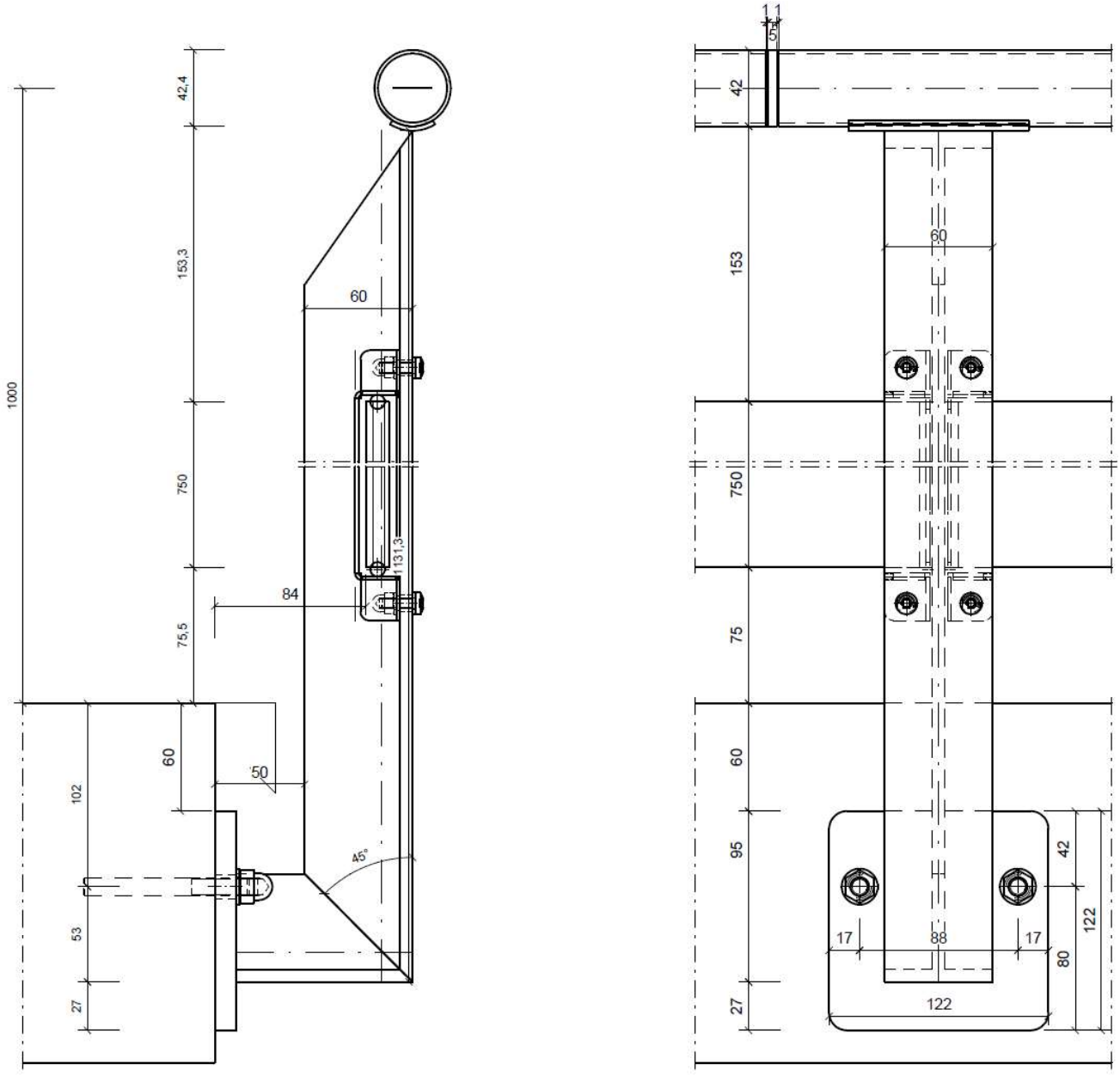
Elastizitätsmodul: $E = 1.2\ N/mm^2$ für Nachweise GT bei kurzzeitigen Einwirkungen

Querkontraktion: $\nu = 0.496$

Zugfestigkeit: $> 20\ N/mm^2$

Bruchdehnung: $> 250\ N/mm^2$

4 Systemschnitt



5 Bemessung Verbundsicherheitsglas

5.1 Randbedingungen

Glasabmessungen: b x h = 1180 x 750 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		k_{mod} Lasteinwirkungsdauer [-]					Faktoren [-]						Tragwiderstand $f_{g,d}$ [N/mm²]				
	$f_{g,k}$	ständig	mittel	kurz	sehr kurz	extrem kurz	k_E	k_V	k_c	k_c	$\gamma_{M,0}$	$\gamma_{M,D}$	ständig	mittel	kurz	sehr kurz	extrem kurz
	[N/mm²]	EG, ΔH, VL	ΔTΔp, S, NL	Holm 1.6, NL	Holm 0.8, W, E	Pendelstoss	Kante	VSG	Lager	Punkt Pendel	Festigk.	Stoss	EG, ΔH, VL	ΔTΔp, S, NL	Holm 1.6, NL	Holm 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 Abschrankungslasten.

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 Abschrankungslast

LF3 gem. SIA 2057 5.5.4.2

5.4 Auswertung Lastfälle

Geländer 2-seitig linienförmig gehalten

Glasaufbau:
VSG 12 VSG 12-2 Float

Abmessungen [mm]:
b 1180
h 750

Lagerung:
2-/3-seitig, liniengelagert, Einfachglas

E-Modul PVB-Folie [N/mm²]:
E 0.01 TR
E 1.2 GT SIA 2057 4.4.2.4

zulässige Durchbiegung [mm]:
w_{zul} 11.8 L/ 100

LF-Nr.		ständige Einwirkung	γ_G	Leiteinwirkung	γ_Q	Begleiteinwirkung	ψ_0	Einwirkungs-dauer Float	σ_{Ed} [N/mm²] VSG	w_{max} [mm]
1	TR	EG	1.35	Windsog	1.50			k_{mod} = 0.90	25.88	
2	GT		1.00		1.00					5.67
3	GT	EG	1.00	Abschrankung	0.50			k_{mod} = 0.90		2.67

5.4.1 Nachweis Tragsicherheit

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

→ Nachweis erfüllt.

5.4.2 Nachweise Gebrauchstauglichkeit

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

→ Nachweis erfüllt.

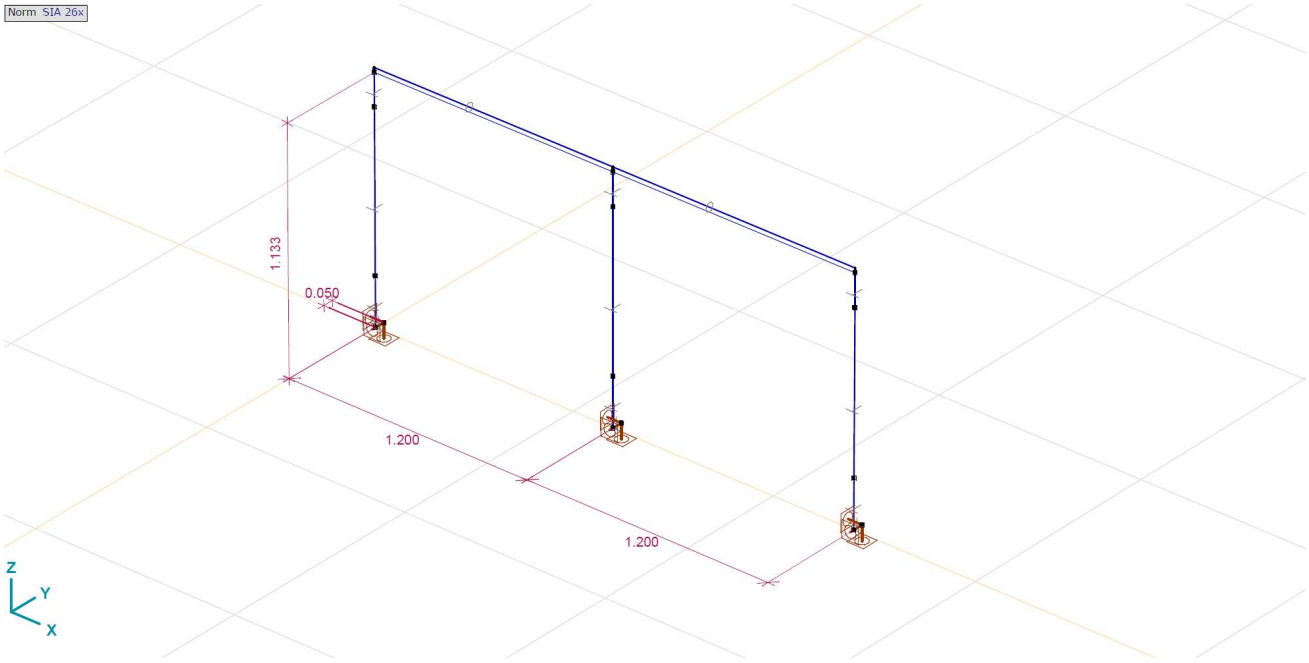
6 Bemessung Stahlkonstruktion

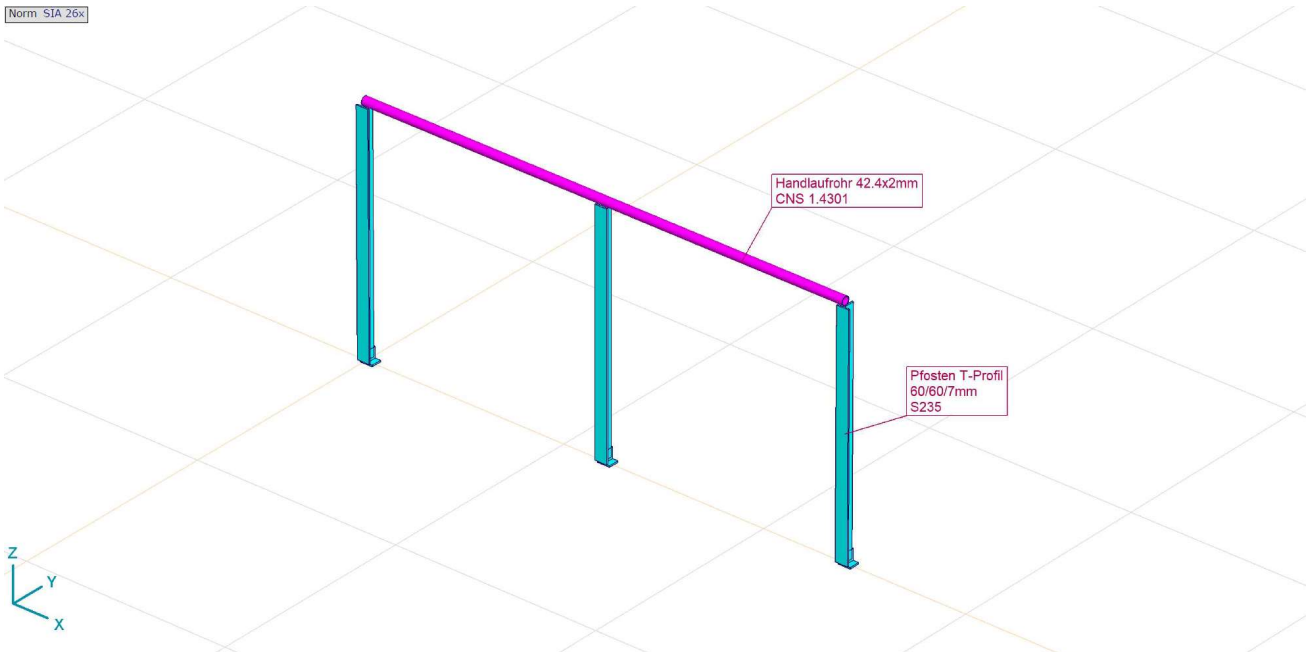
6.1 Randbedingungen

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

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

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

Handlauf:

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

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

6.4 Lastfälle

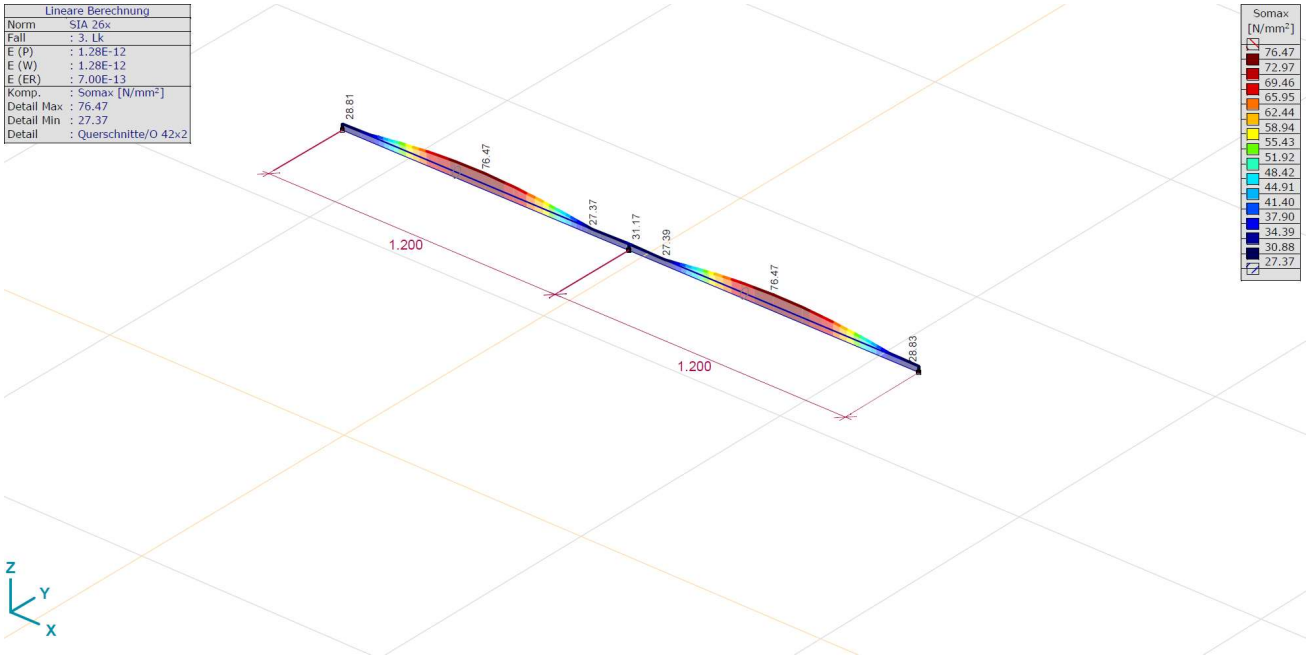
Last- und Reduktionsbeiwerte gem. Pkt. 2.6. Keine Kombination von Wind- und Abschrankungslasten.

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 Abschrankungslast
LF4 (GT):	1.0 x Eigengewicht + 1.0 x Abschrankungslast
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

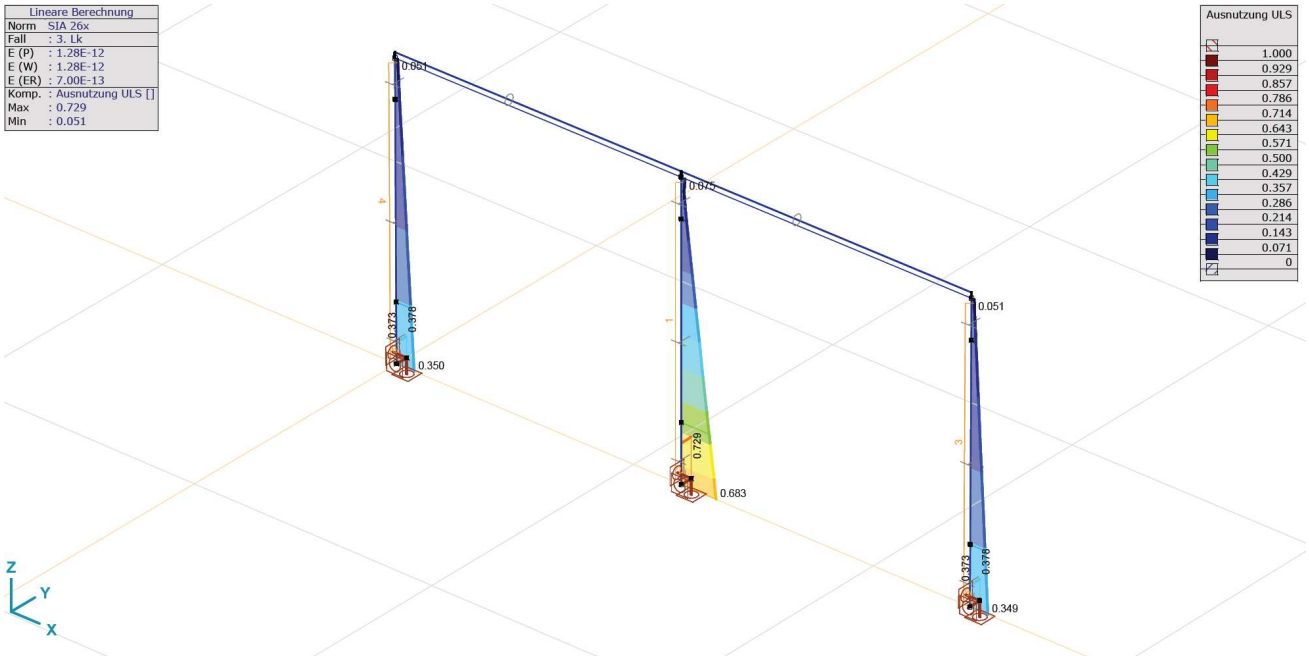


$$\sigma_{Ed} = 76.74\ N/mm^2 < \sigma_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 172.7\ N/mm^2$$

→ Nachweis erfüllt.

6.5.2 Pfosten

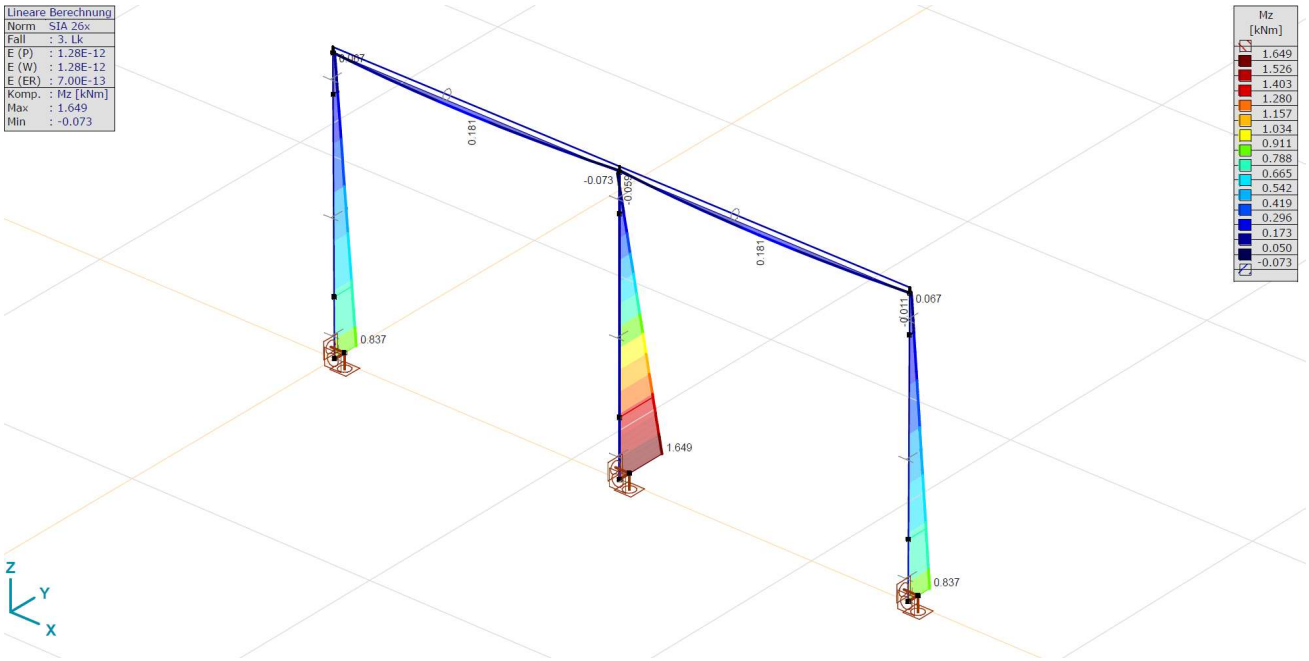
Ausnutzung plastisch:



$$\eta = 0.729 < 1.0$$

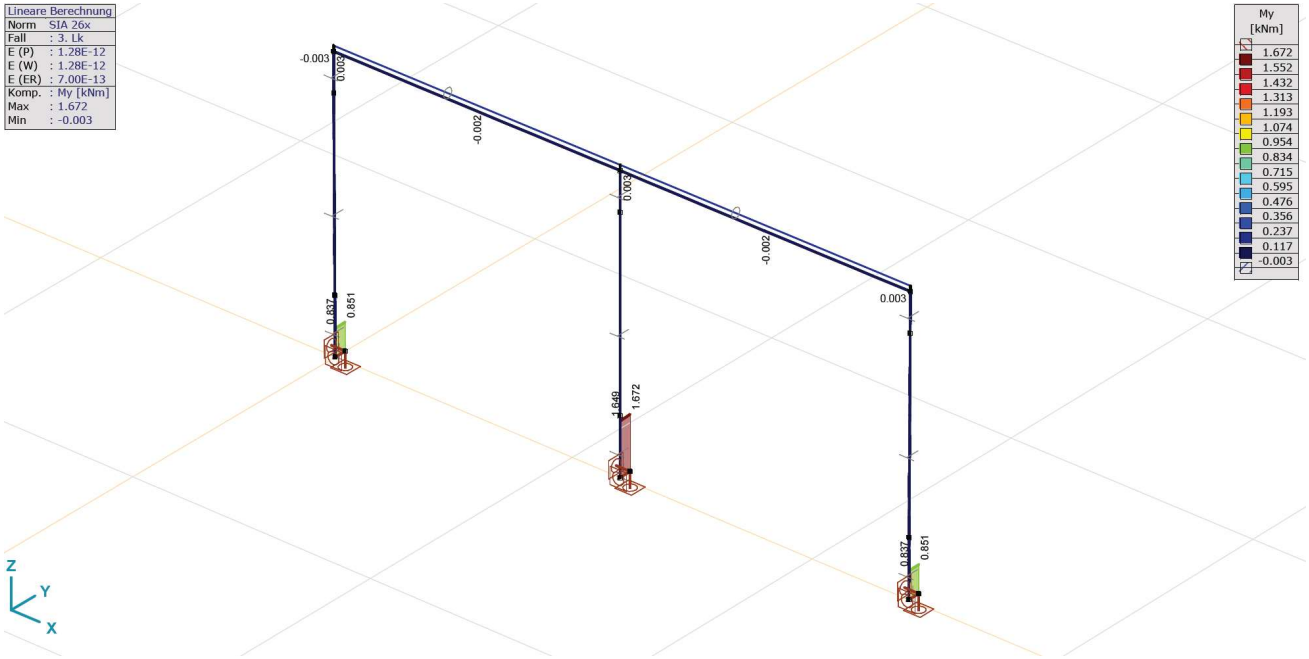
→ Nachweis erfüllt.

Biegemoment M_z:



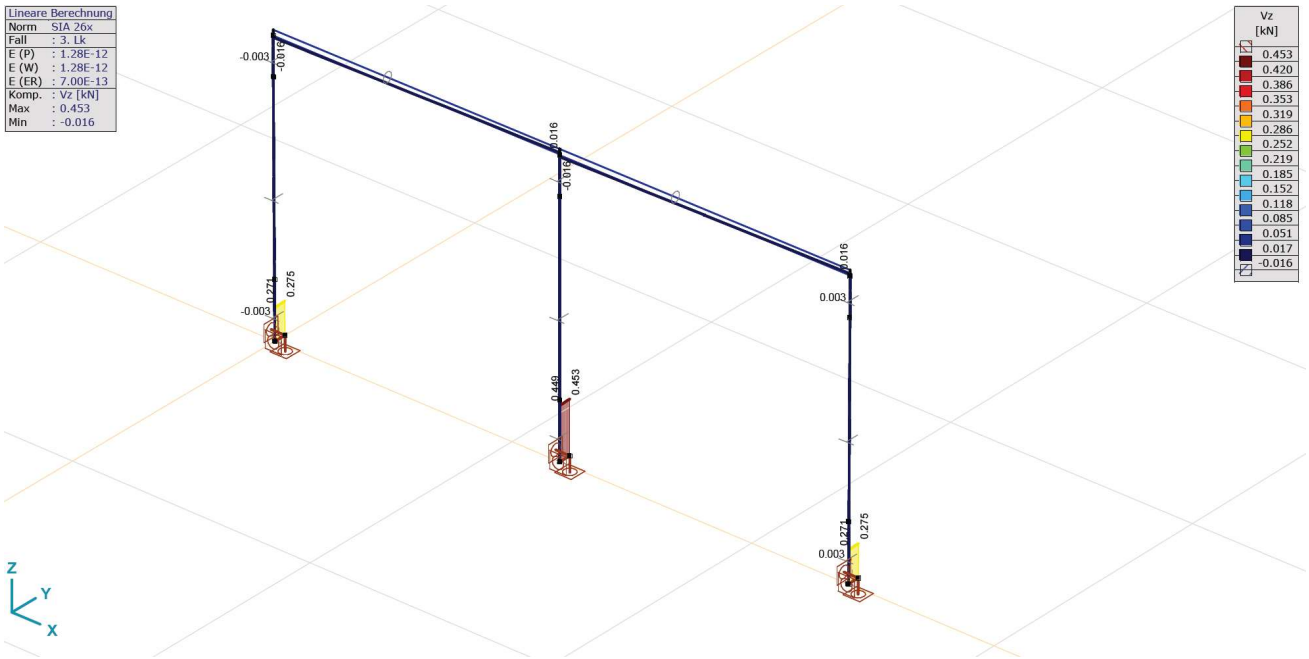
$$M_{z,Ed} = 1.65\ kNm$$

Biegemoment M_y:



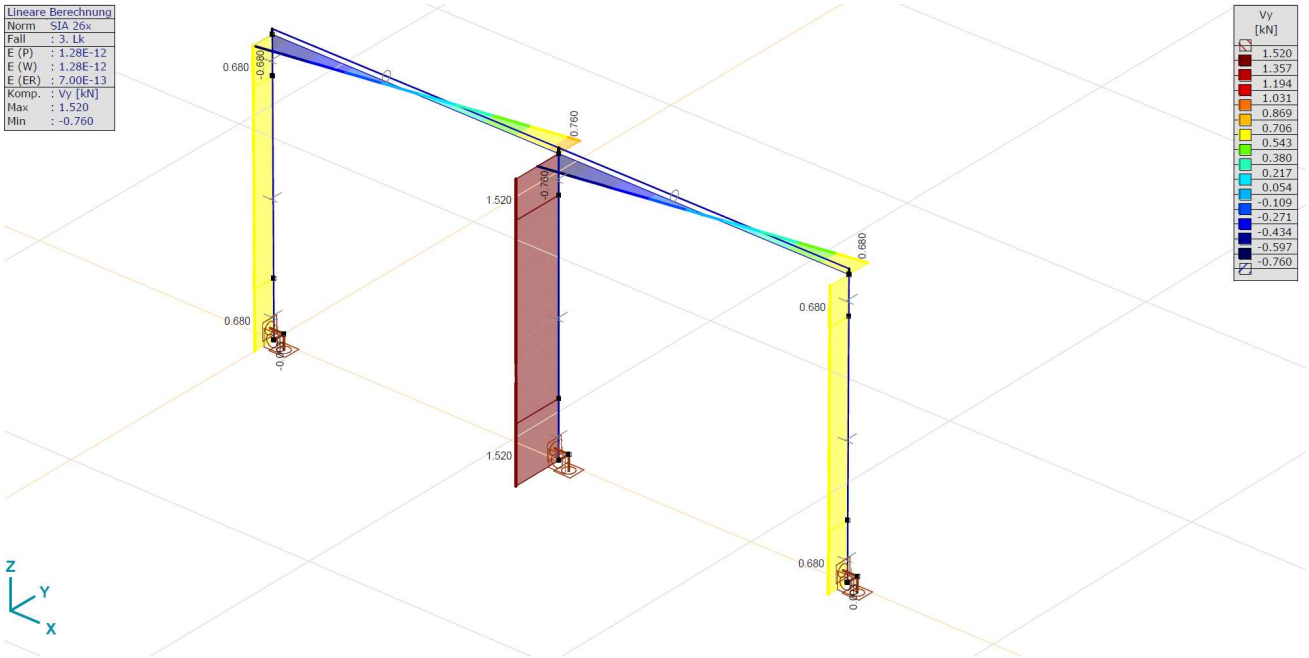
$$M_{y,Ed} = 1.67\ kNm$$

Querkraft V_z:



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

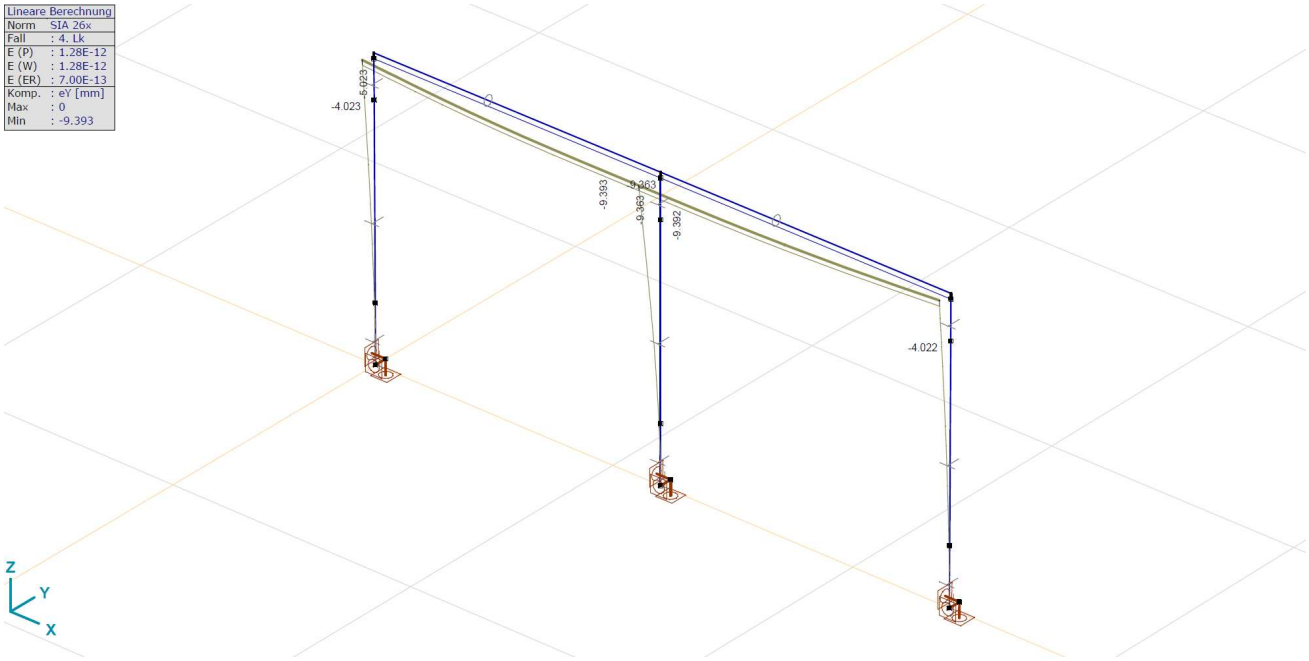
Querkraft V_y:



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

6.6 Nachweis Gebrauchstauglichkeit

Massgebend LF4.



Handlauf:

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

Pfosten:

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

Konstruktion Gesamtverformung:

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

→ Nachweise erfüllt.

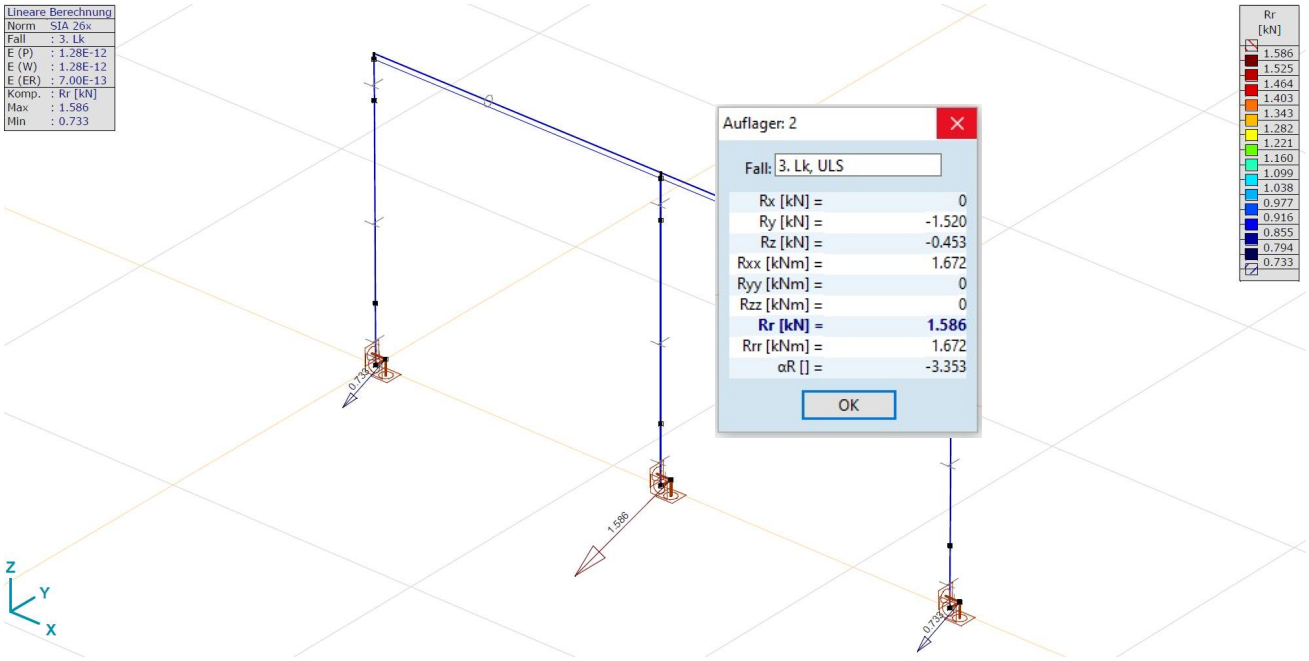
7 Bemessung Dübel

7.1 Randbedingungen

Dübeltyp:	Hilti HST3-R M10 x 130mm
Betongüte:	C30/37
Rissverhalten:	Beton gerissen
Betondicke:	≥ 250mm
Randabstand Dübel:	≥ 90mm
Achsabstand Dübel:	88mm
Abstandsmontage:	keine Unterschiftung zwischen Fussplatte und Betondecke.
Fussplatte:	122 x 122 mm, Dicke t = 12mm, S235

7.2 Auflagerkräfte

Massgebend LF3.



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

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

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

7.3 Nachweis Dübel

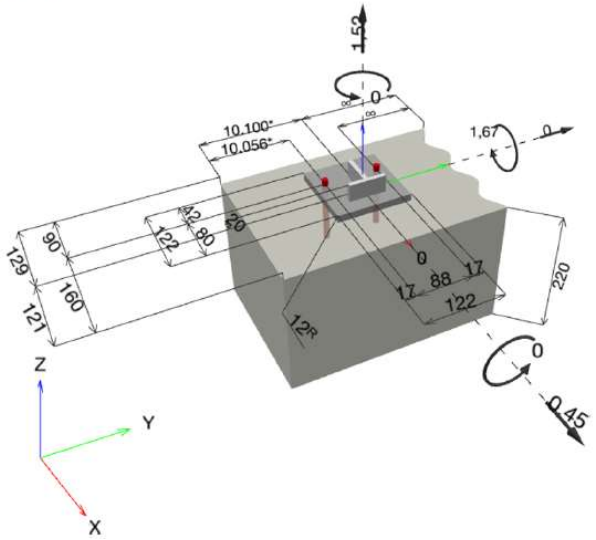
1 Eingabedaten



Dübeltyp und Größe:	**HST3-R M10 hef2**
Wiederkehrperiode (Lebensdauer in Jahren):	50
Artikelnummer:	2105867 HST3-R M10x130 70/50
Effektive Verankerungstiefe:	$h_{ef,opti}$ = 89,0 mm ($h_{ef,limit}$ = 100,0 mm), h_{nom} = 97,0 mm
Werkstoff:	A4
Zulassungs-Nr.:	ETA 98/0001
Ausgestellt I Gültig:	03.11.2022 | -
Nachweis:	Bemessungsverfahren EN 1992-4, mechanisch
Abstandsmontage:	e_b = 0,0 mm (Kein Abstand); t = 12,0 mm
Ankerplatte[R] :	l_x x l_y x t = 122,0 mm x 122,0 mm x 12,0 mm; (Empfohlene Plattendicke: nicht berechnet)
Profil:	T-Stahl-Reihe, T 60; (L x B x D x FD) = 60,0 mm x 60,0 mm x 7,0 mm x 7,0 mm
Untergrund:	gerissener Beton, C30/37, $f_{c,cyl}$ = 30,00 N/mm²; h = 220,0 mm, Benutzerdefinierter Teilsicherheitsbeiwert des Materials γ_c = 1,500
Installation:	**Bohrloch: hammergebohrt, Installationsbed.: trocken**
Bewehrung:	Keine Bewehrung oder Stababstand ≥ 150 mm (jeder Ø) oder ≥ 100 mm (Ø ≤ 10 mm)
	Keine Randlängsbewehrung

[R] - Die Dübel Berechnung basiert auf der Annahme einer biegesteifen Ankerplatte.

Geometrie [mm] & Belastungen [kN, kNm]



2 Nachweise I Ausnutzung (Massgebende Fälle)

		Bemessungswert [kN]		Ausnutzung	
Beanspruchung	**Nachweis**	**Einwirkung**	**Tragfähigkeit**	**β_N / β_V [%]**	**Status**
Zug	Betonversagen	23,704	23,706	100 / -	OK
Quer	Betonkantenbruch, Richtung x+	0,450	21,870	- / 3	OK

Beanspruchung	**β_N**	**β_V**	**α**	**Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]**	**Status**
Kombinierte Zug- und Querbeanspruchung	1,000	0,021	1,000	86	OK

3 Warnungen / Hinweise

- Bitte beachten Sie alle Details sowie Hinweise/Warnungen aus dem Langausdruck!

Nachweis der Verankerung: OK!

******