

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



SYSTEMSTATIK INDUSTRIEGELÄNDER

Revision 0

Verfasser: Thomas Lagler, BSc FH Fassadeningenieur

Seiten: Titelblatt + 20 Seiten

Datum: 20.06.2023

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	Lastfallkombinationen	4
3	Materialkennwerte	5
3.1	Stahl	5
3.2	Verbindungen in Edelstahl	5
4	Systemschnitt	6
5	Bemessung Stahlkonstruktion	8
5.1	Randbedingungen	8
5.2	Geometrie	8
5.3	Querschnittswerte und Widerstände	9
5.4	Lastfälle	9
5.5	Nachweis Tragsicherheit	10
5.5.1	Handlauf	10
5.5.2	Pfosten	10
5.6	Nachweis Gebrauchstauglichkeit	12
6	Bemessung Dübel	13
6.1	Seitliche Montage direkt	13
6.1.1	Randbedingungen	13
6.1.2	Auflagerkräfte	13
6.1.3	Nachweis Dübel	14
6.2	Seitliche Montage mit Konsole	15
6.2.1	Randbedingungen	15
6.2.2	Auflagerkräfte	15
6.2.3	Nachweis Dübel	16

6.3	Aufgesetzte Montage	17
6.3.1	Randbedingungen	17
6.3.2	Auflagerkräfte LF1	17
6.3.3	Nachweis Dübel	18
6.3.4	Auflagerkräfte LF3	19
6.3.5	Nachweis Dübel	20

1 Bemessungsgrundlagen

1.1 Aufgabenstellung

Statische Bemessung der Geländerkonstruktion GeländerXpresss Industriegeländer als absturzsicherndes Geländer zur Verwendung innerhalb der SIA Nutzungskategorien E, F. Die Konstruktion muss den einwirkenden Eigenlasten und Abschränklasten standhalten. Windlasten sind für die Bemessung von Industriegeländern ohne Füllung nicht relevant.

1.2 Bauteil

Modulare Geländerkonstruktion bestehend aus Handlauf, 2x Pfosten, Knie- und Fussleiste und Dübel. Sämtliche Teile bestehen aus Stahl. Der Achsabstand der Pfosten eines Elementes beträgt max. 1210mm (Systemmass 1300mm).

Der Handlauf und die Knie- und Fussleisten werden miteinander verschraubt. Bei der seitlichen Montage erfolgt die Befestigung der Dübel direkt durch die Geländerpfosten oder die Pfosten werden in Konsolen gesteckt. Bei der aufgesetzten Montage wird eine Fussplatte an die Pfosten angeschweisst.

1.3 Systemabweichungen

Der Bericht gilt auch für kleinere Systemmasse. Die Anordnung der Dübel, Abmessungen der Fussplatte, etc. sind identisch mit denjenigen des Systemmasses 1300mm.

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
TR 001:2019	Metalltec Suisse – Technische Richtlinie Geländer im Metallbau, Bemessung von Geländern

1.7 Software

AxisVM X6

Hilti Profis Engineering

2 Lastannahmen und Lastfallkombinationen

2.1 Ständige Einwirkungen

Stahl Raumlast:

$$g_k = 78 \text{ kN/m}^3$$

2.2 Veränderliche Einwirkung Windlast

Windlasten sind für die Bemessung von Industriegeländern ohne Füllung nicht relevant.

2.3 Veränderliche Einwirkung Abschränkung

Holmlast auf Höhe des Handlaufes:

Kat. E, F:	Lager-, Fabrikationsflächen	$q_k = 0.8 \text{ kN/m}$
	Ziehen von Personen nach innen (systemspezifisch festgelegt)	$q_k = 0.5 \text{ kN/m}$

2.4 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
Nutzlast:	$\psi_0 = 0.7$		

Gebrauchstauglichkeit, Richtwerte für Durchbiegungen:

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

3 Materialkennwerte

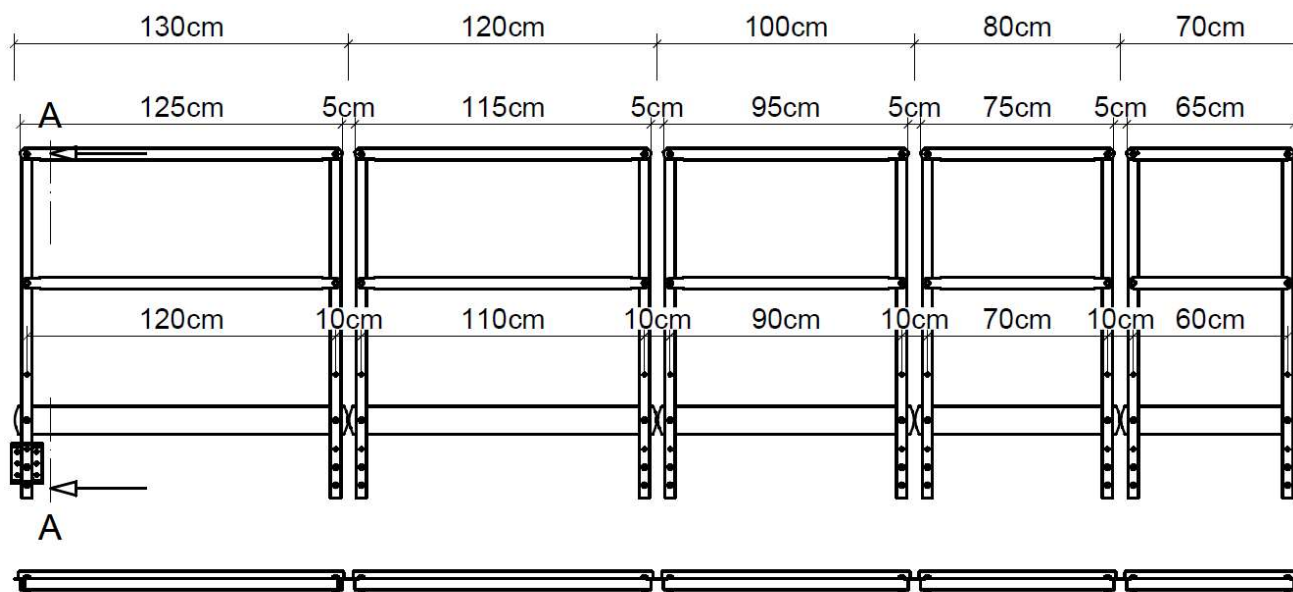
3.1 Stahl

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:	$\gamma_{M1} = 1.05$

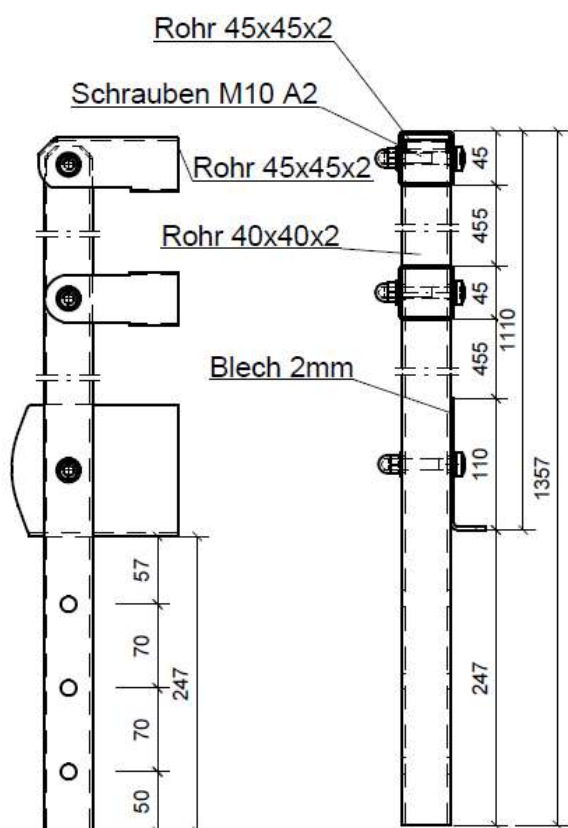
3.2 Verbindungen in Edelstahl

Festigkeitsklasse:	A2
Streckgrenze:	$f_{yb} = 210 \text{ N/mm}^2$
Zugfestigkeit:	$f_{ub} = 500 \text{ N/mm}^2$
Teilsicherheitsbeiwert:	$\gamma_{M2} = 1.25$

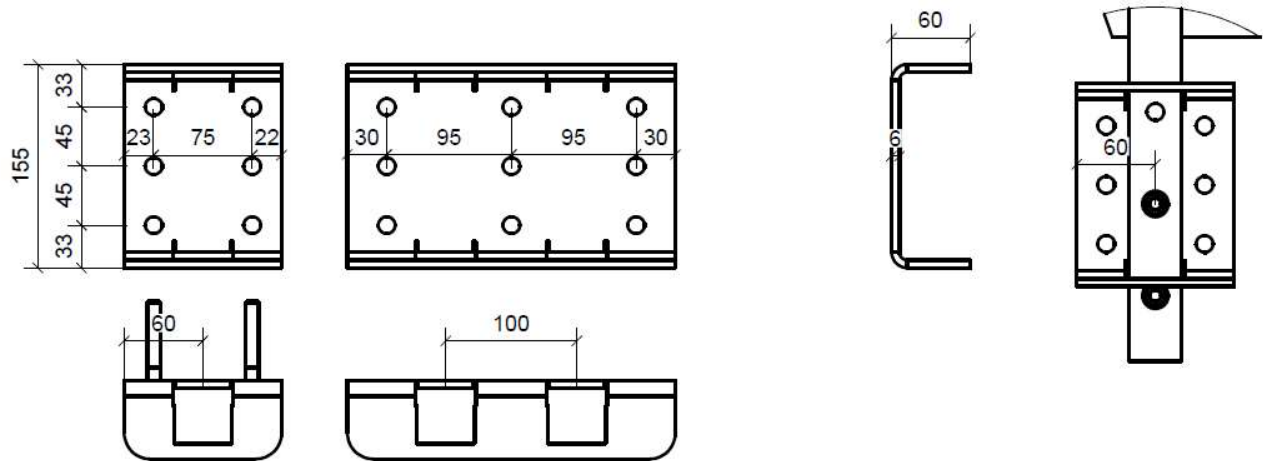
4 Systemschnitt



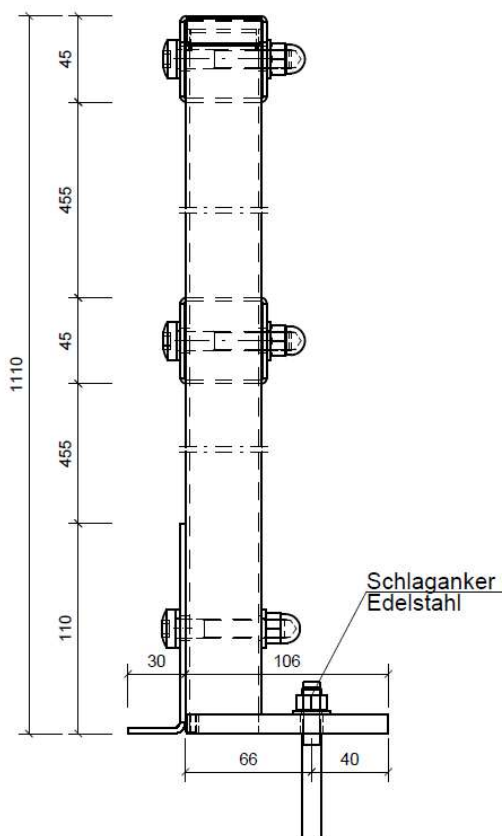
Ansicht Systemgeländer



Details Variante Montage seitlich



Abmessungen Konsole



Details Variante Montage aufgesetzt

5 Bemessung Stahlkonstruktion

5.1 Randbedingungen

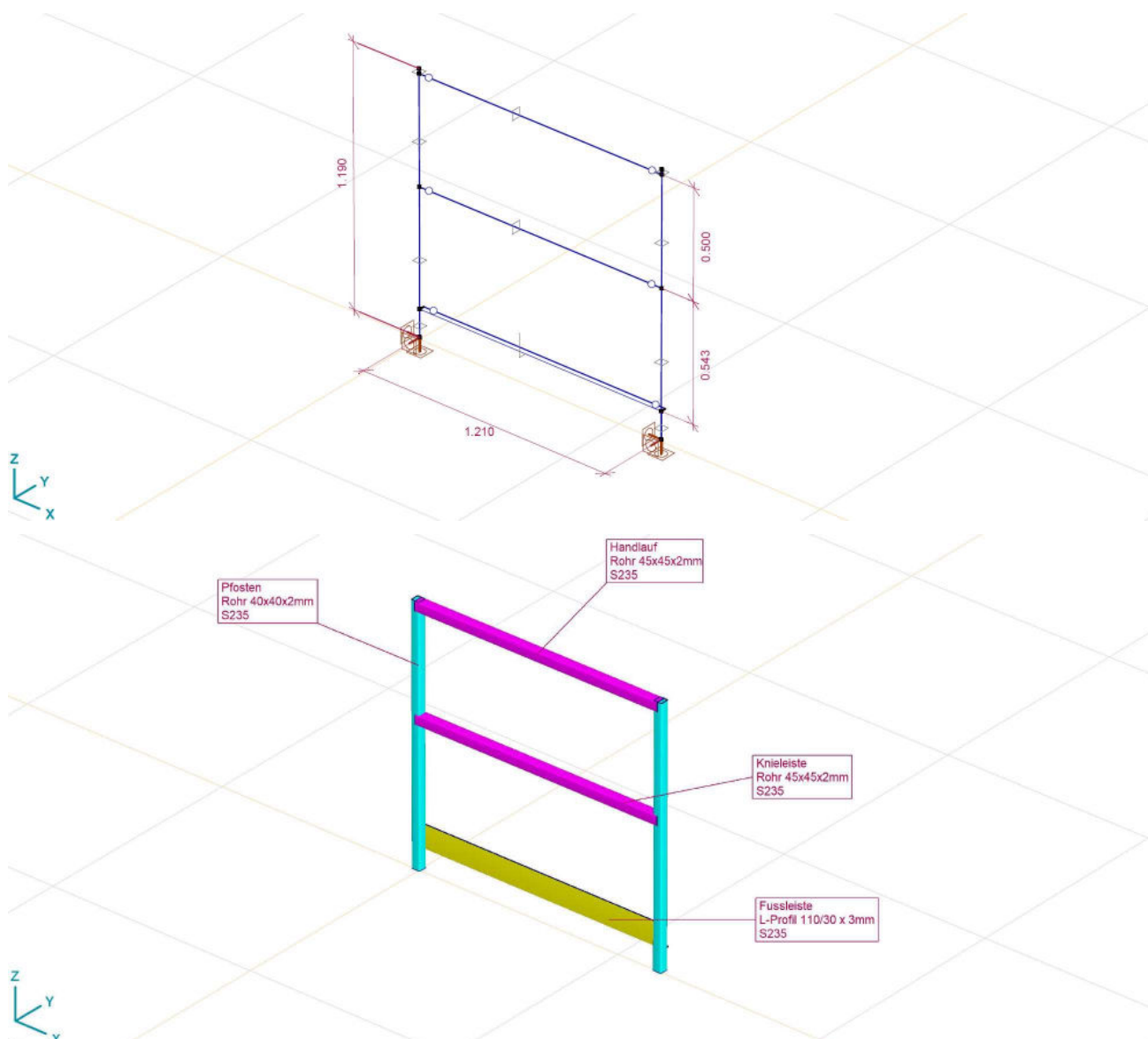
Der Nachweis für die Geländerpfosten erfolgt nach dem Verfahren EP (elastische Schnittkräfte – plastische Widerstände).

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

Die Bemessung der Stahlkonstruktion erfolgt mit der seitlichen Befestigung (längeres Pfostenmass).

Es wird 1 Stk. Geländer mit dem maximalen Achsabstand der Pfosten von 1210mm (Systemmass 1300mm) nachgewiesen.

5.2 Geometrie



Pfosten:	Rohr 40x40x2mm, S235
Handlauf:	Rohr 45x45x2mm, S235
Knieleiste:	Rohr 45x45x2mm, S235
Fussleiste:	L-Profil 110/30 x 3mm, S235

5.3 Querschnittswerte und Widerstände

Pfosten:

Trägheitsmoment:

$$I_{y,P} = 0.069 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Widerstandsmoment plastisch:

$$W_{y,plast,P} = 4.13 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Biegewiderstand plastisch:

$$M_{y,Rd,plast,P} = \frac{f_y \cdot W_{y,plast,P}}{\gamma_{M1}} = 0.92 \text{ kNm}$$

Handlauf:

Trägheitsmoment:

$$I_{y,H} = 0.10 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Widerstandsmoment elastisch:

$$W_{y,elast,H} = 4.50 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

5.4 Lastfälle

Last- und Reduktionsbeiwerte gem. Pkt. 2.4.

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

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

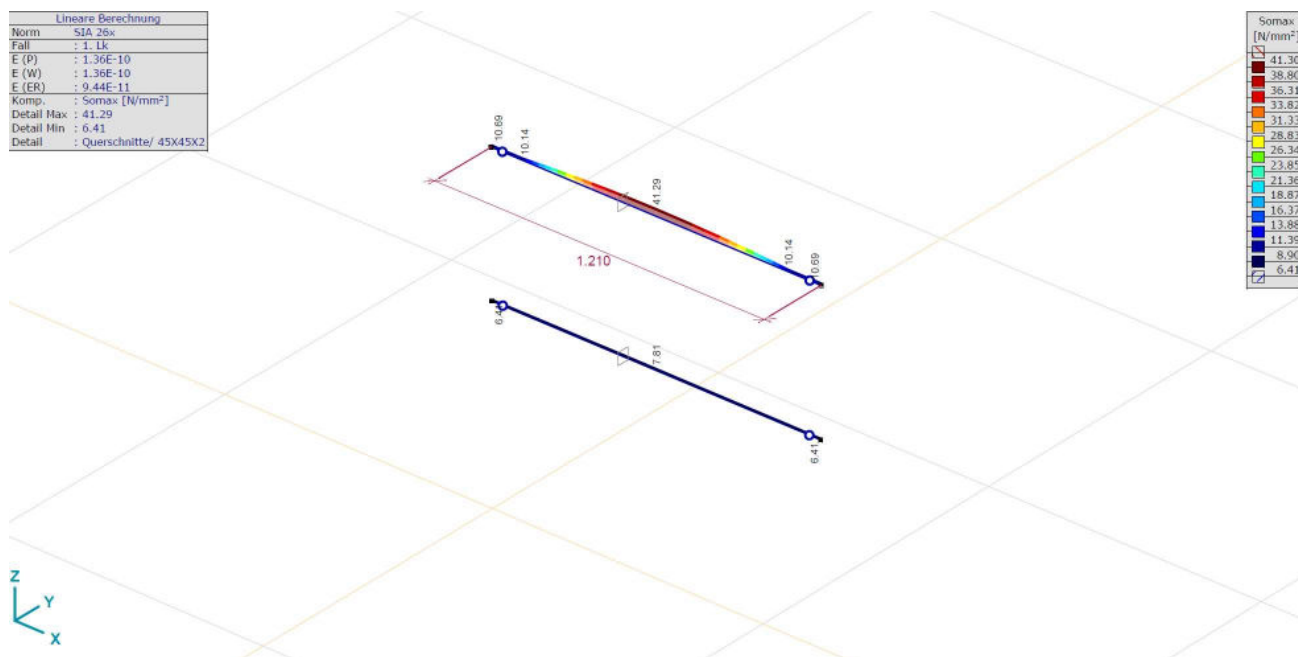
LF3 (TR): 1.35 x Eigengewicht + 1.5 x Zuglast nach innen

LF4 (GT): 1.0 x Eigengewicht + 1.0 x Zuglast nach innen

5.5 Nachweis Tragsicherheit

Massgebend LF1.

5.5.1 Handlauf

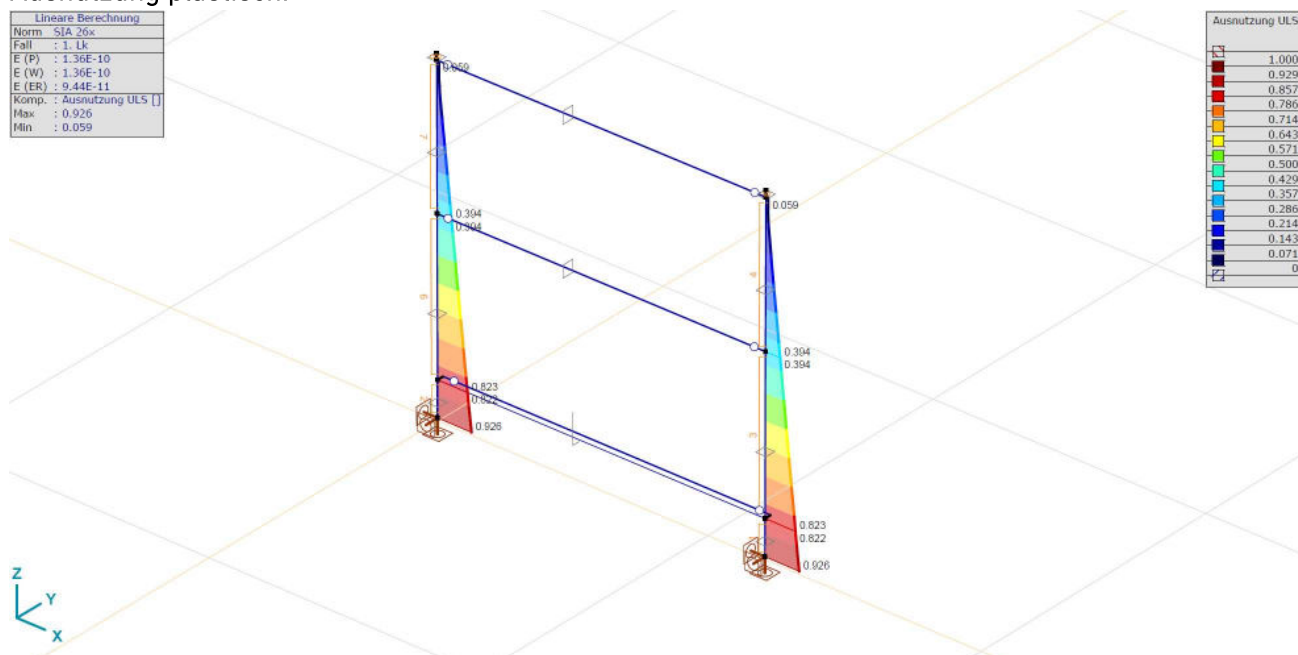


$$\sigma_{Ed} = 41.30 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 223.8 \text{ N/mm}^2$$

→ Nachweis erfüllt.

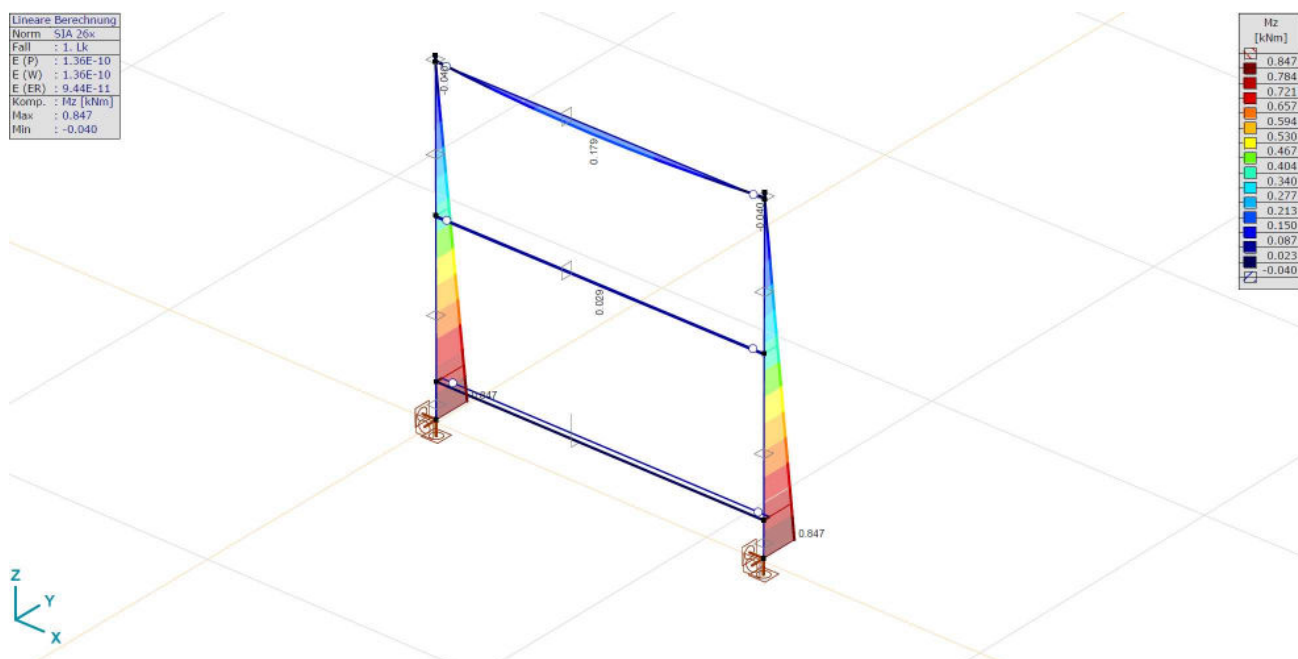
5.5.2 Pfosten

Ausnutzung plastisch:

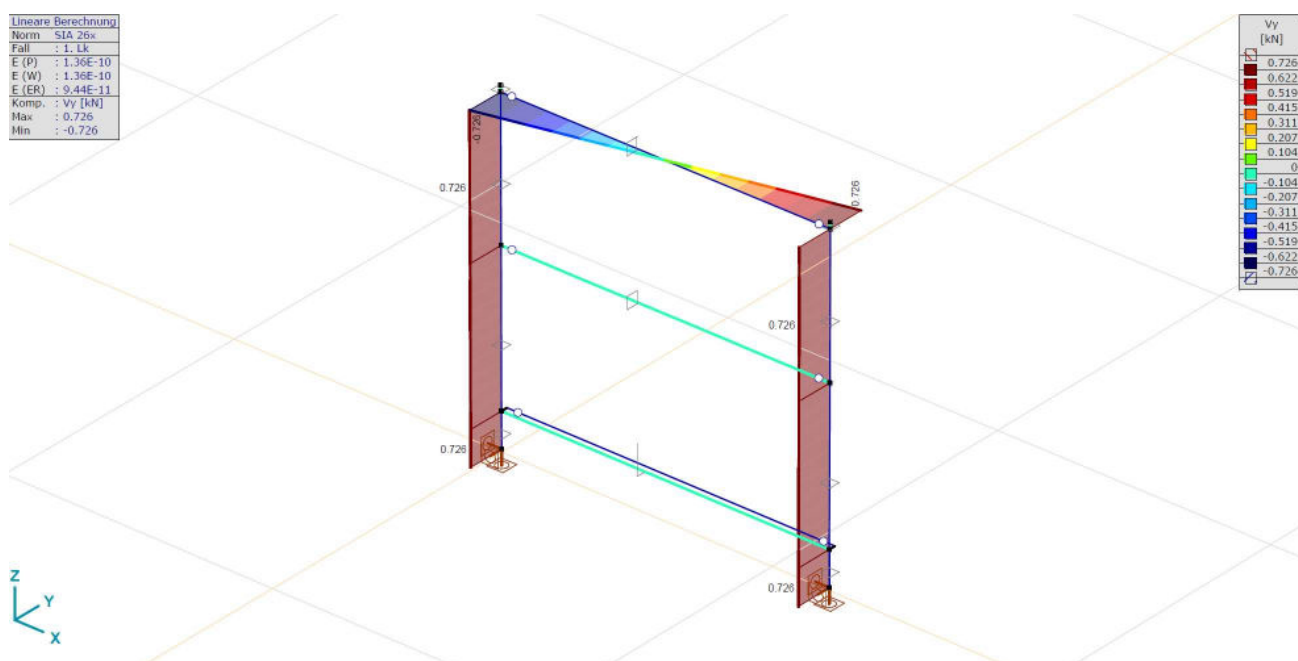


$$\eta = 0.926 < 1.0$$

→ Nachweis erfüllt.

Biegemoment M_z :

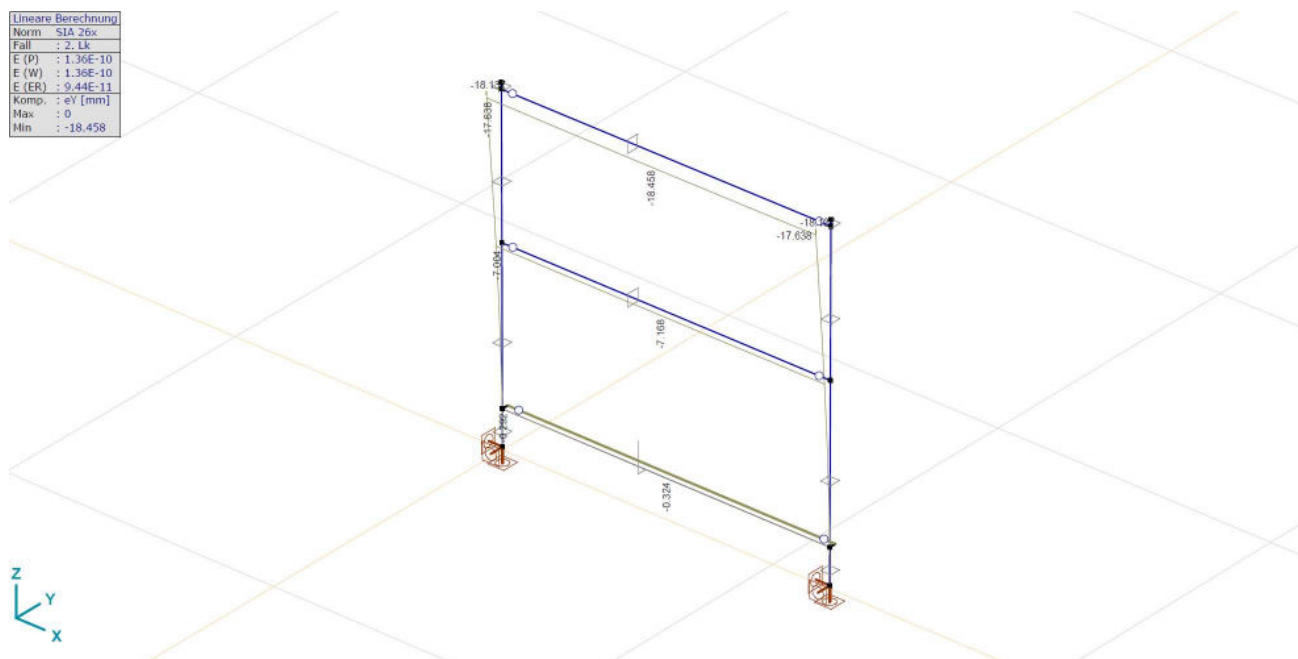
$$M_{z,Ed} = 0.85 \text{ kNm}$$

Querkraft V_y :

$$V_{y,Ed} = 0.73 \text{ kN}$$

5.6 Nachweis Gebrauchstauglichkeit

Massgebend LF2.



Handlauf:

$$w_{max} = 18.5mm - 17.6mm = 0.9 < w_{zul} = \frac{l}{100} = 12.1mm$$

Pfosten:

$$w_{max} = 18.1mm < w_{zul} = \frac{l}{50} = 23.8mm$$

Konstruktion Gesamtverformung:

$$w_{max} = 18.5mm < w_{zul} = 30mm$$

→ Nachweise erfüllt.

6 Bemessung Dübel

6.1 Seitliche Montage direkt

6.1.1 Randbedingungen

Dübeltyp: Hilti HST3-R M10 x 130mm

Betongüte: C30/37

Rissverhalten: Beton gerissen

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

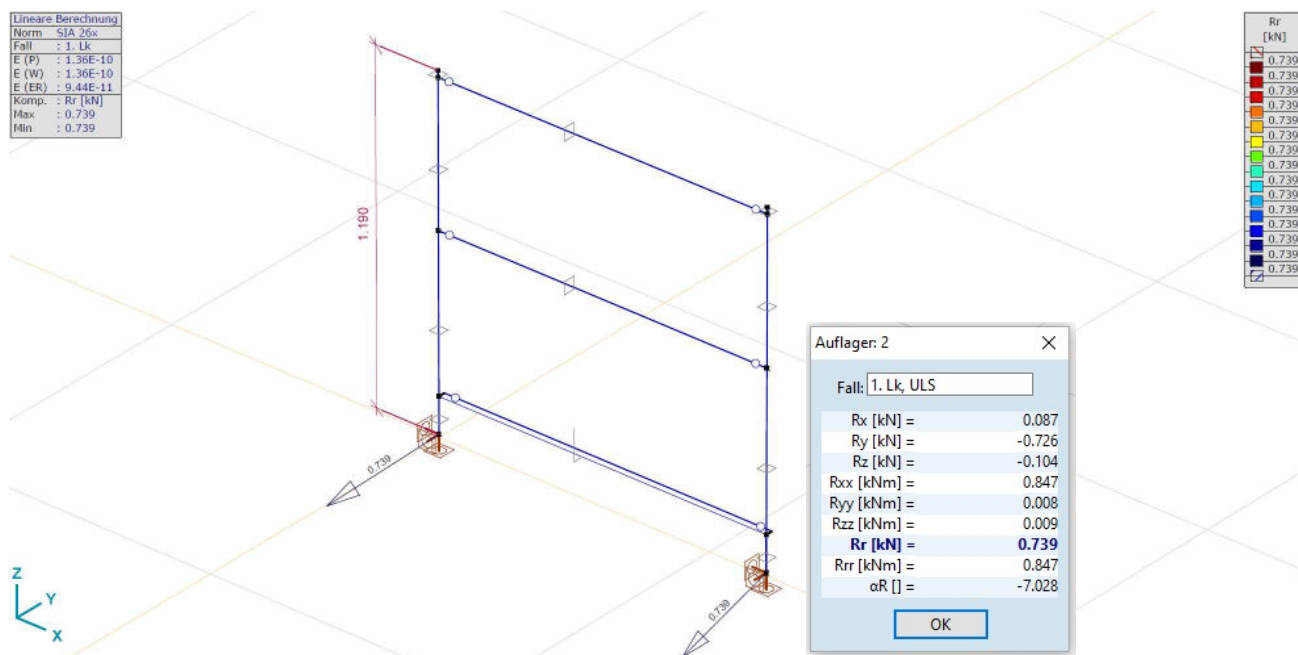
Randabstand Dübel: $\geq 80\text{mm}$

Achsabstand Dübel: 80mm

Abstandsmontage: keine Unterschliffung zwischen Pfosten und Betondecke

6.1.2 Auflagerkräfte

Massgebend LF1.



$$R_{y,Ed} = -0.73 \text{ kN}$$

$$R_{z,Ed} = -0.1 \text{ kN}$$

$$R_{xx,Ed} = 0.85 \text{ kNm}$$

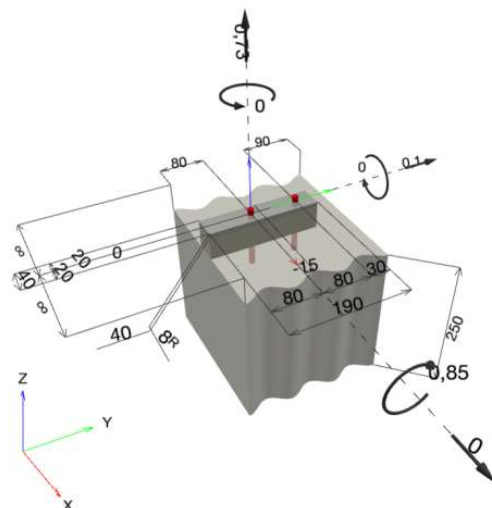
6.1.3 Nachweis Dübel

1 Eingabedaten

Dübeltyp und Größe:	HST3-R M10 hef1	
Wiederkehrperiode (Lebensdauer in Jahren):	50	
Artikelnummer:	2105867 HST3-R M10x130 70/50	
Effektive Verankerungstiefe:	$h_{\text{ef, opt}} = 48,0 \text{ mm}$ ($h_{\text{ef, limit}} = 59,0 \text{ mm}$), $h_{\text{nom}} = 56,0 \text{ mm}$	
Werkstoff:	A4	
Zulassungs-Nr.:	ETA 98/0001	
Ausgestellt Gültig:	03.11.2022 -	
Nachweis:	Bemessungsverfahren EN 1992-4, mechanisch	
Abstandsmontage:	ohne Verspannung (Dübel); Einspanngrad (Ankerplatte): 2,00; $e_b = 40,0 \text{ mm}$; $t = 8,0 \text{ mm}$	
Ankerplatte ^R :	Hilti Vergussmörtel ohne Verwendbarkeitsnachweis: , Allzweckmörtel, $f_{c, \text{Gruß}} = 30,00 \text{ N/mm}^2$ $l_x \times l_y \times t = 40,0 \text{ mm} \times 190,0 \text{ mm} \times 8,0 \text{ mm}$; (Empfohlene Plattendicke: nicht berechnet)	
Profil:	kein Profil	
Untergrund:	gerissener Beton, C30/37, $f_{c, \text{cyl}} = 30,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 250,0 \text{ mm}$, Benutzerdefinierter Teilsicherheitsbeiwert des Materials $\gamma_c = 1,500$	
Installation:	Bohrloch: hammergebohrt, Installationsbed.: trocken	
Bewehrung:	Keine Bewehrung oder Stababstand $\geq 150 \text{ mm}$ (jeder $\emptyset$) oder $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) Keine Randlängsbewehrung	

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

Geometrie [mm] & Belastungen [kN, kNm]



2 Nachweise I Ausnutzung (Massgebende Fälle)

Beanspruchung	Nachweis	Bemessungswert [kN]		Ausnutzung	
		Einwirkung	Tragfähigkeit	β_N / β_V [%]	Status
Zug	Betonversagen	9,277	9,350	100 / -	OK
Quer	Stahlversagen mit Hebelarm	0,050	0,947	- / 6	OK

Beanspruchung	β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
Kombinierte Zug- und Querbeanspruchung	0,992	0,012	1,000	84	OK

3 Warnungen / Hinweise

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

Nachweis der Verankerung: OK!

6.2 Seitliche Montage mit Konsole

6.2.1 Randbedingungen

Dübeltyp: Hilti HST3-R M10 x 70mm

Betongüte: C30/37

Rissverhalten: Beton gerissen

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

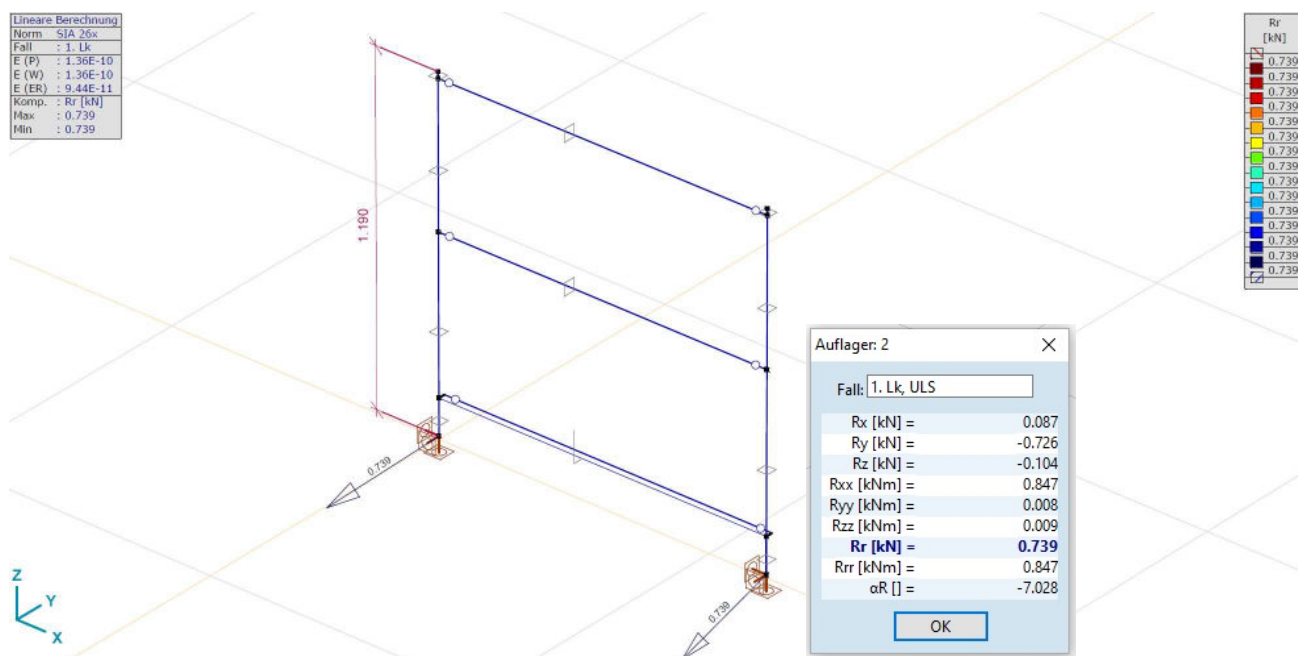
Randabstand Dübel: $\geq 60\text{mm}$

Achsabstand Dübel: 90mm resp. 95mm

Abstandsmontage: keine Unterschriftung zwischen Konsole und Betondecke

6.2.2 Auflagerkräfte

Massgebend LF1.



$$R_{y,Ed} = 2 \cdot -0.726 \text{ kN} = -1.45 \text{ kN}$$

$$R_{z.Ed} = 2 \cdot -0.1 \text{ kN} = -0.2 \text{ kN}$$

$$R_{xx.Ed} = 2 \cdot 0.847 \text{ kNm} = 1.69 \text{ kNm}$$

6.2.3 Nachweis Dübel

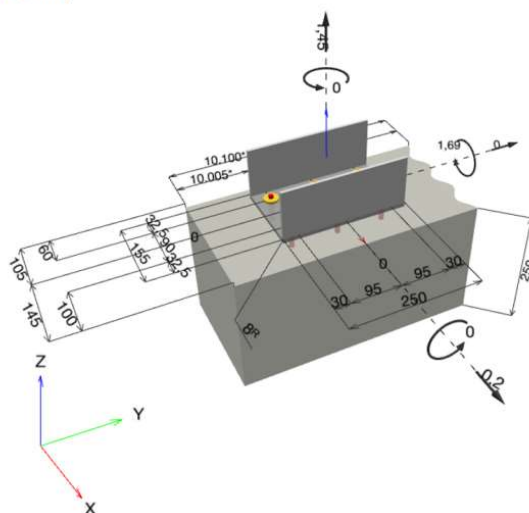
1 Eingabedaten

Dübeltyp und Größe:	HST3-R M10 hef1
Wiederkehrperiode (Lebensdauer in Jahren):	50
Artikelnummer:	2113976 HST3-R M10x70 10/-
Verfüllset oder geeignete Verfüllmethode	
Effektive Verankerungstiefe:	$h_{ef, opt} = 40,0 \text{ mm}$ ($h_{ef, limit} = 59,0 \text{ mm}$), $h_{nom} = 48,0 \text{ mm}$
Werkstoff:	A4
Zulassungs-Nr.:	ETA 98/0001
Ausgestellt Gültig:	03.11.2022 -
Nachweis:	Bemessungsverfahren EN 1992-4, mechanisch
Abstandsmontage:	$e_b = 0,0 \text{ mm}$ (Kein Abstand); $t = 8,0 \text{ mm}$
Ankerplatte ^R :	$l_x \times l_y \times t = 155,0 \text{ mm} \times 250,0 \text{ mm} \times 8,0 \text{ mm}$; (Empfohlene Plattendicke: nicht berechnet)
Profil:	Doppel Flachstahl, ; ($L \times B \times D$) = $250,0 \text{ mm} \times 155,0 \text{ mm} \times 6,0 \text{ mm}$
Untergrund:	gerissener Beton, C30/37, $f_{c, cyl} = 30,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 250,0 \text{ mm}$, Benutzerdefinierter Teilsicherheitsbeiwert des Materials $\gamma_c = 1,500$
Installation:	Bohrloch: hammergebohrt, Installationsbed.: trocken
Bewehrung:	Keine Bewehrung oder Stababstand $\geq 150 \text{ mm}$ (jeder $\varnothing$) oder $\geq 100 \text{ mm}$ ($\varnothing \leq 10 \text{ mm}$) 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	Spaltversagen	16,604	18,262	91 / -	OK	
Quer	Betonkantenbruch, Richtung x+	0,200	14,802	- / 2	OK	
Beanspruchung		β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
Kombinierte Zug- und Querbeanspruchung		0,909	0,014	1,000	77	OK

3 Warnungen / Hinweise

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

Nachweis der Verankerung: OK!

6.3 Aufgesetzte Montage

6.3.1 Randbedingungen

Dübeltyp: Hilti HST3-R M10 x 100mm

Betongüte: C30/37

Rissverhalten: Beton gerissen

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

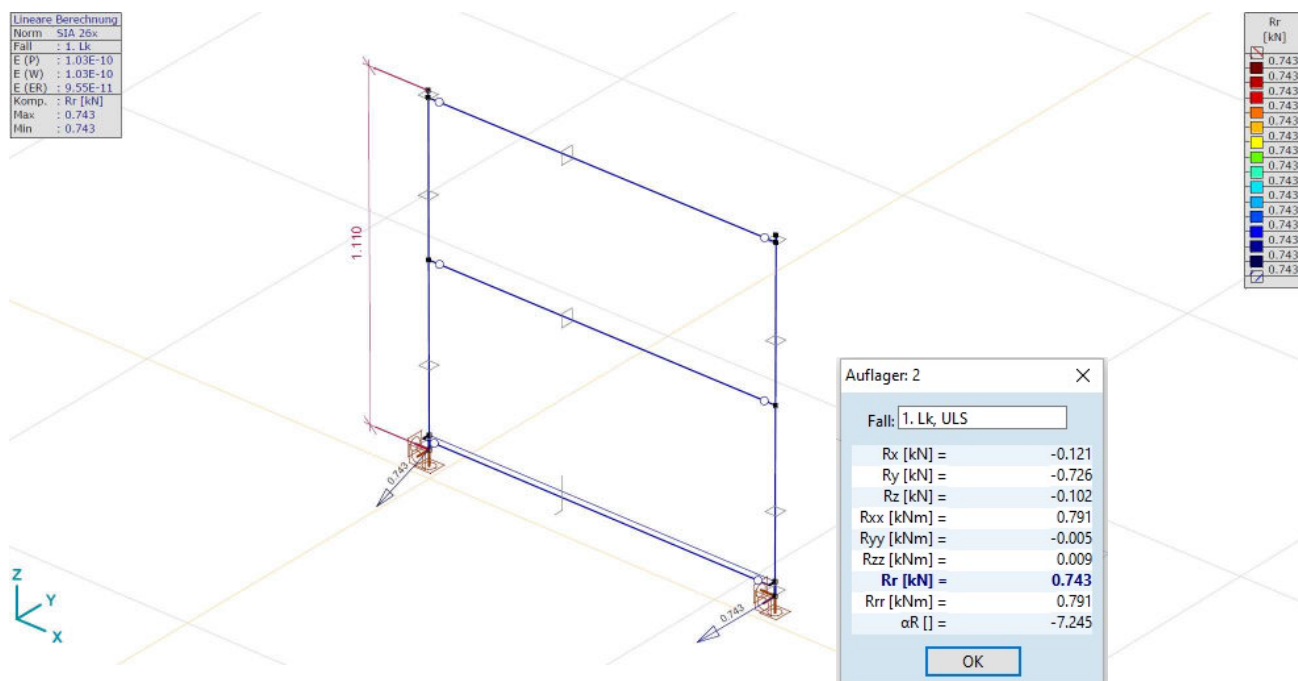
Randabstand Dübel: $\geq 66\text{mm}$

Achsabstand Dübel: 50mm

Abstandsmontage: keine Unterschiftung zwischen Fussplatte und Betondecke

Fussplatte: 106 x 98mm, Dicke 12mm, S235

6.3.2 Auflagerkräfte LF1



$$R_{y,Ed} = -0.73 \text{ kN}$$

$$R_{z,Ed} = -0.1 \text{ kN}$$

$$R_{xx,Ed} = 0.79 \text{ kNm}$$

6.3.3 Nachweis Dübel

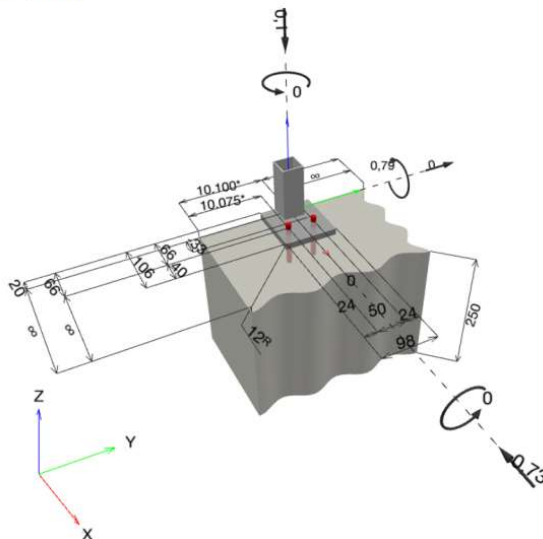
1 Eingabedaten

Dübeltyp und Größe:	HST3-R M10 hef2
Wiederkehrperiode (Lebensdauer in Jahren):	50
Artikelnummer:	2105865 HST3-R M10x100 40/20
Effektive Verankerungstiefe:	$h_{ef, opt} = 62,0 \text{ mm}$ ($h_{ef, limit} = 100,0 \text{ mm}$), $h_{nom} = 70,0 \text{ mm}$
Werkstoff:	A4
Zulassungs-Nr.:	ETA 98/0001
Ausgestellt Gültig:	03.11.2022 -
Nachweis:	Bemessungsverfahren EN 1992-4, mechanisch
Abstandsmontage:	$e_0 = 0,0 \text{ mm}$ (Kein Abstand); $t = 12,0 \text{ mm}$
Ankerplatte ^R :	$l_x \times l_y \times t = 106,0 \text{ mm} \times 98,0 \text{ mm} \times 12,0 \text{ mm}$; (Empfohlene Plattendicke: nicht berechnet)
Profil:	Quadratrohr, $40 \times 40 \times 2$; ($L \times B \times D$) = $40,0 \text{ mm} \times 40,0 \text{ mm} \times 2,0 \text{ mm}$
Untergrund:	gerissener Beton, C30/37, $f_{c, cyl} = 30,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 250,0 \text{ mm}$, Benutzerdefinierter Teilsicherheitsbeiwert des Materials $\gamma_c = 1,500$
Installation:	Bohrloch: hammergebohrt, Installationsbed.: trocken
Bewehrung:	Keine Bewehrung oder Stababstand $\geq 150 \text{ mm}$ (jeder $\emptyset$) oder $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) Keine Randlängsbewehrung



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

Geometrie [mm] & Belastungen [kN, kNm]



2 Nachweise I Ausnutzung (Massgebende Fälle)

Beanspruchung	Nachweis	Bemessungswert [kN]		Ausnutzung	
		Einwirkung	Tragfähigkeit	β_N / β_V [%]	Status
Zug	Betonversagen	13,469	13,591	100 / -	OK
Quer	Betonkantenbruch, Richtung x-	0,730	6,916	- / 11	OK

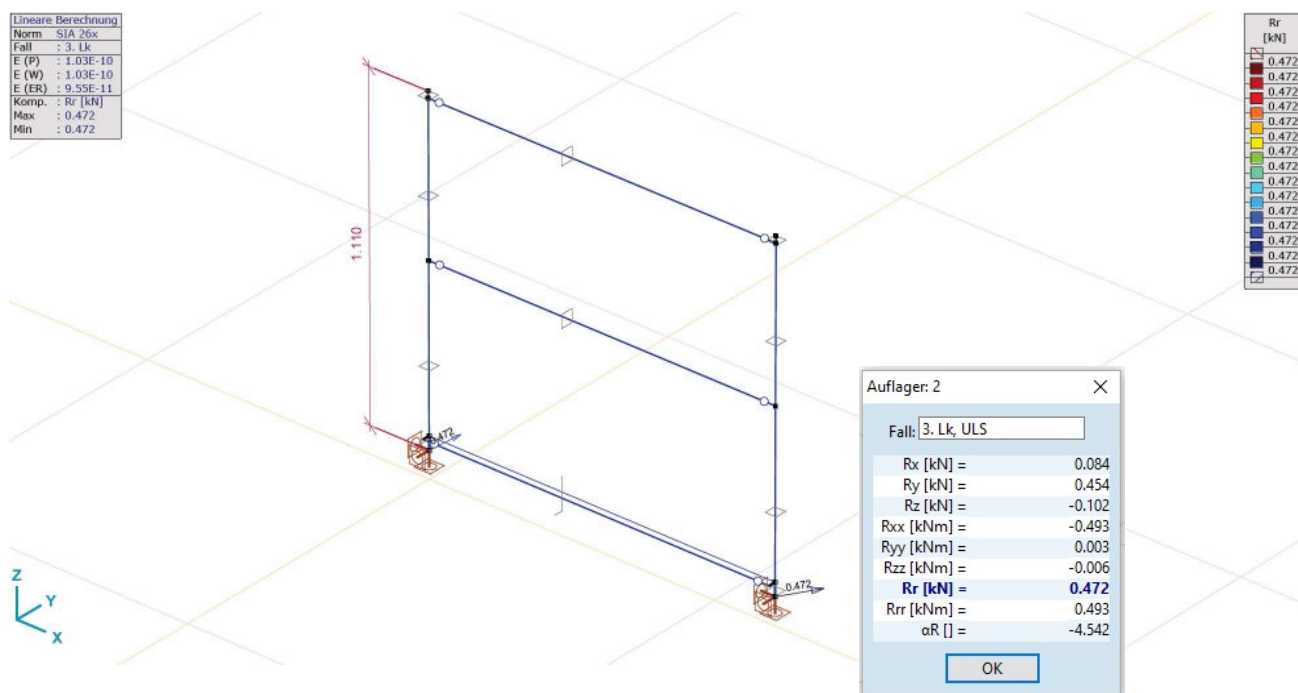
Beanspruchung	β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
Kombinierte Zug- und Querbeanspruchung	0,991	0,106	1,000	92	OK

3 Warnungen / Hinweise

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

Nachweis der Verankerung: OK!

6.3.4 Auflagerkräfte LF3



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

$$R_{z,Ed} = -0.1 \text{ kN}$$

$$R_{xx,Ed} = -0.49 \text{ kNm}$$

6.3.5 Nachweis Dübel

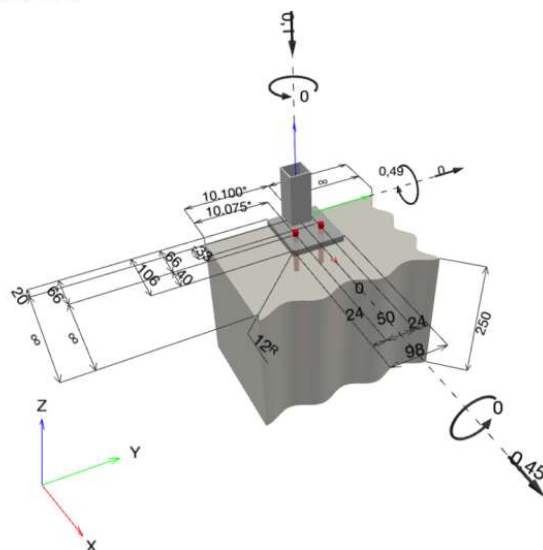
1 Eingabedaten

Dübeltyp und Größe:	HST3-R M10 hef2
Wiederkehrperiode (Lebensdauer in Jahren):	50
Artikelnummer:	2105865 HST3-R M10x100 40/20
Effektive Verankerungstiefe:	$h_{ef, opt} = 65,0 \text{ mm}$ ($h_{ef, limit} = 100,0 \text{ mm}$), $h_{nom} = 73,0 \text{ mm}$
Werkstoff:	A4
Zulassungs-Nr.:	ETA 98/0001
Ausgestellt Gültig:	03.11.2022 -
Nachweis:	Bemessungsverfahren EN 1992-4, mechanisch
Abstandsmontage:	$e_b = 0,0 \text{ mm}$ (Kein Abstand); $t = 12,0 \text{ mm}$
Ankerplatte ^R :	$l_x \times l_y \times t = 106,0 \text{ mm} \times 98,0 \text{ mm} \times 12,0 \text{ mm}$; (Empfohlene Plattendicke: nicht berechnet)
Profil:	Quadratrohr, $40 \times 40 \times 2$; ($L \times B \times D$) = $40,0 \text{ mm} \times 40,0 \text{ mm} \times 2,0 \text{ mm}$
Untergrund:	gerissener Beton, C30/37, $f_{c, cyl} = 30,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 250,0 \text{ mm}$, Benutzerdefinierter Teilsicherheitsbeiwert des Materials $\gamma_c = 1,500$
Installation:	Bohrloch: hammergebohrt, Installationsbed.: trocken
Bewehrung:	Keine Bewehrung oder Stababstand $\geq 150 \text{ mm}$ (jeder $\emptyset$) oder $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) Keine Randlängsbewehrung



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

Geometrie [mm] & Belastungen [kN, kNm]



2 Nachweise | Ausnutzung (Massgebende Fälle)

Beanspruchung	Nachweis	Bemessungswert [kN]		Ausnutzung	
		Einwirkung	Tragfähigkeit	β_N / β_V [%]	Status
Zug	Betonversagen	13,956	14,017	100 / -	OK
Quer	Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	0,450	37,427	- / 2	OK

Beanspruchung	β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
Kombinierte Zug- und Querbeanspruchung	0,996	0,012	1,000	84	OK

3 Warnungen / Hinweise

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

Nachweis der Verankerung: OK!
