

STATISCHE BERECHNUNG

STATIKTEIL	Fassadenbegrünung
REVISION	A
KOMM.-NR.	23.0183
AUFTRAGGEBER	Johannes-Gutenberg-Universität Mainz Abteilung Planungs- und Baumanagement Frau Christiane Grüne Ackermannweg 29, 55128 Mainz
PROJEKT	JGU Mainz 1271 Biochemie, Umnutzung eines Laborgebäudes in ein Seminargebäude
AUFSTELLORT	Nordfassade von Gebäude 1271 Johann-Joachim-Becher-Weg 32, 55128 Mainz
BAUHERR	gleich Auftraggeber
AUFSTELLER	Dr.-Ing. Lutz Loh i.A. 
VERANTWORTLICHER GESCHÄFTSFÜHRER	Dipl.-Ing. (FH) Pascal Bison MBA Eng. 
ERSTELLUNGSDATUM	15.05.2026

Revisionsverzeichnis

Rev.	Datum	Seiten	Erstellt von	Änderung / Datum
0	14.05.2026	1 - 149	L. Loh	Ersterstellung
A	15.05.2026	1 - 79	L. Loh	b) Abschnitt 1.8.2 a) Abschnitt 2 - 6
Erläuterung:		Vorgenommene Änderungen oder Ergänzungen a) überarbeitete Seiten b) neue ein- oder angefügte Seiten c) ungültige Seiten		

Inhaltsverzeichnis

1	ALLGEMEINE ANGABEN	4
1.1	Zugehörige Unterlagen	4
1.2	Beschreibung	4
1.2.1	Prinzipiskizze - Rankhilfe	5
1.2.2	Konsolen - Rankhilfe	6
1.3	Gültigkeit.....	7
1.4	Gründung	7
1.5	Verwendete Normen	8
1.6	Lastannahmen.....	8
1.6.1	Allgemeines.....	8
1.6.2	Eigengewicht.....	9
1.6.3	Vorspannung.....	9
1.6.4	Begrünung.....	9
1.6.5	Eisbehang	11
1.6.6	Wind.....	11
1.6.7	Temperatur	11
1.6.8	Anpralllasten	11
1.7	Montagehöhen der Konsolen	12
1.8	Lastfälle & Lastkombinationen	13
1.8.1	Lastfälle	13
1.8.2	Lastkombinationen	13
2	ERMITTLUNG DER AUFLAGERKRÄFTE	14
3	AUFLAGERKRÄFTE.....	46
3.1	Allgemeines.....	46
3.2	Obere Konsole.....	46
3.3	Zwischenkonsolen.....	46
3.4	Untere Konsole	47
3.5	Extremwerte	47
4	DÜBELBERECHNUNG	48
4.1	Obere Konsole.....	48
4.2	Zwischenkonsolen.....	58
4.3	Untere Konsole	68
5	NACHWEIS DER KONSOLEN	77
6	MATERIALLISTE	78
7	SCHLUSSEITE	79

1 Allgemeine Angaben

1.1 Zugehörige Unterlagen

Architektenpläne

- Fassadenbegrünung 1271_AUS_05_ANÜ_3_FASSADENBEGRÜNUNG_00_P, Index 00

Historische Bestandspläne / Bestandsstatik - Auftrag 361

- Blatt 1: 06_BI-1 Positionsplan Dachgeschoss vom 19.09.1961
- Blatt 32: 38_BI-32 Bew. Pos. 19, 20, 25, 35, 42, 45 und Randbalken vom 08.03.1962
- Blatt 9: 14_BI-9 Pos.-Plan Untergeschoss vom 16.01.1962
- Blatt 11: 16_BI-11 Querschnitte A-A B-B vom 26.01.1962
- Statische Berechnung zur Therapeutischen Chemie der JGU Mainz vom 13.09.1961

Datenblätter

- Fassadenbegrünungssystem GREENCABLE® HEAVY von Carl Stahl vom 06/2025

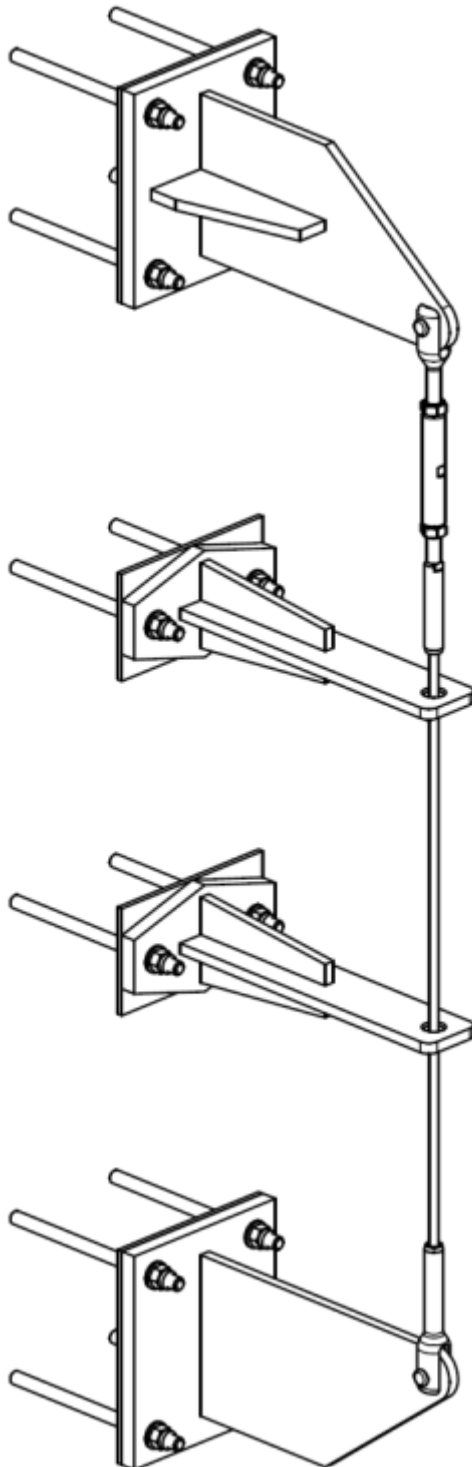
1.2 Beschreibung

Wir wurden beauftragt, die statische Berechnung für die Fassadenbegrünung am Gebäude 1271 der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz zu erstellen.

Die Fassadenbegrünung erreicht eine maximale Höhe von ca. 12 m. Vorgesehen sind fünf Rankhilfen, die sich entsprechend der Architektenplanung über eine Breite von 5 m verteilen. Der Fassadenaufbau beträgt ca. 26 cm; der Abstand des Kletterseils von der Befestigungsebene wurde basierend auf dem größten Standardsystem vom Typ GREENCABLE® HEAVY auf 425 mm festgelegt.

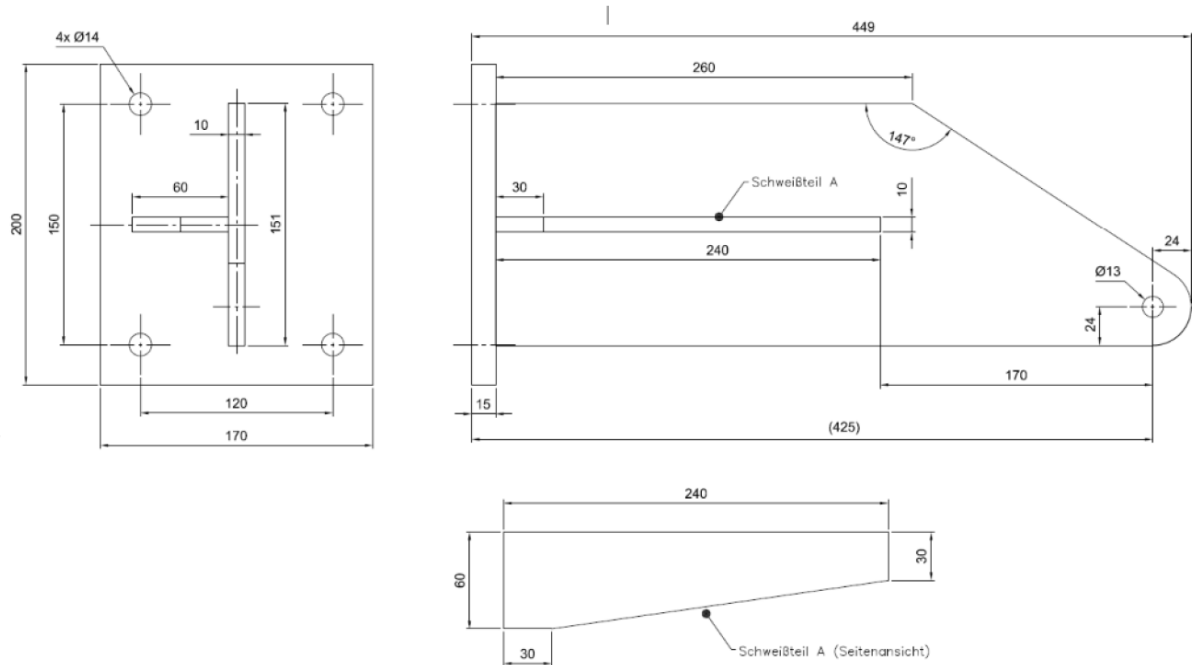
Entgegen der Darstellung im o.g. Architektenplan wird die Fassadenbegrünung im Achsenfeld 11/A-B platziert, diese Änderung wurde mit dem Architekten und dem Bauherrn vereinbart. Es ist zu beachten, dass das verwendete Achsensystem von dem der historischen Bestandspläne abweicht – in deren Bezeichnung entspricht dies dem Achsenfeld 0/C–D.

1.2.1 Prinzipskizze - Rankhilfe



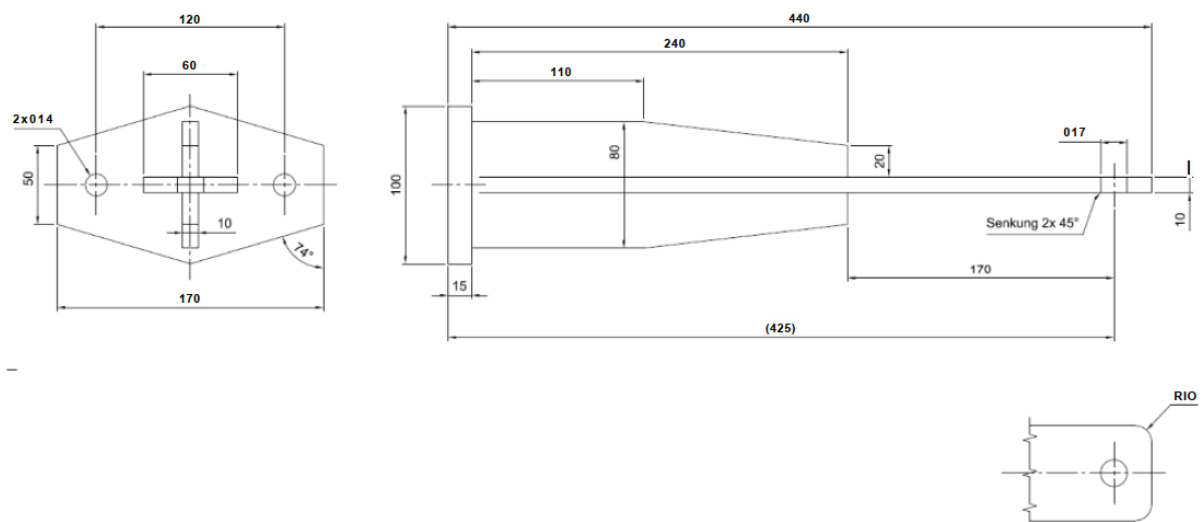
1.2.2 Konsolen - Rankhilfe

1.2.2.1 Endkonsole



Abweichend von der Zeichnung, ist für die obere Konsole eine Fußplatte mit 20 mm Dicke zu verwenden.

1.2.2.2 Zwischenkonsole



1.2.2.3 Material und Schweißnahtangaben

Edelstahl Werkstoff Nr. 1.4301, Festigkeitsklasse S 235,

alle Schweißnähte umlaufende Kehlnähte a5.

1.3 Gültigkeit

Die statische Berechnung erlangt, sofern im Genehmigungsverfahren vorgesehen, erst nach amtlicher Prüfung durch den zuständigen Prüfenieur Gültigkeit für die weitere Planung und Bauausführung.

1.4 Gründung

Die obere Konsole wird am Dachrandbalken (Stahlbeton) befestigt, die untere an der Kellerwand (unbewehrter Stampfbeton) und die Zwischenkonsolen an den Randbalken (Stahlbeton) der Geschossdecken. Befestigung der Konsolen auf thermischer Trennung mit 5mm „Thermostop“ oder gleichwertig.

obere Konsole (Bestandsplan 38_BI-32...)	
Zwischenkonsolen (Bestandsplan 38_BI-32...)	

untere Konsole (Bestandsstatik Pos. M2, S. 191-194)	aus konstruktiven Gründen gewählt: Stampfbeton B 160 , $\sigma_{zul} = 40 \text{ kg / cm}^2$
---	---

Alte Bezeichnung	Druckfestigkeit (charakteristisch)	Heutige Bezeichnung (EN 206)
B 160	$\sim 16 \text{ N/mm}^2$	C12/15
B 225	$\sim 22,5 \text{ N/mm}^2$	C16/20

Hinweis: Die alten Bezeichnungen nach DIN 1045 basieren auf der Würfeldruckfestigkeit in kp/cm^2 , die heutigen Klassen nach EN 206 auf Zylinder-/Würfeldruckfestigkeit in N/mm^2 .

1.5 Verwendete Normen

Die Berechnung erfolgt nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik und den bauaufsichtlichen eingeführten Bestimmungen unter anderem:

- DIN EN 1990:2010-12: Grundlagen der Tragwerksplanung
- DIN EN 1991-1:2010-12: Einwirkungen auf Tragwerke
- DIN EN 1992-1:2011-01: Einwirkungen auf Tragwerke
- DIN EN 1993-1:2010-12: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
- FLL 2018: Fassadenbegrünungsrichtlinie
- ETA-10/0358: I-SYS Edelstahl-Seilzugglieder

1.6 Lastannahmen

1.6.1 Allgemeines

Die Lastannahmen wurden auf Grundlage der einschlägigen Normen ermittelt. Lastangaben des Bauherrn bzw. anderer am Bau beteiligter Fachplaner werden als richtig und vollständig vorausgesetzt.

Am Aufstellort gelten folgende Einwirkungszone:

- Windzone: 1
- Schneelastzone: 1
- Lastklasse für Fassadenpflanzen: ≤ 4
- Geländekategorie: Binnenland
- Erdbebenzone: 0 (gemäß DIN 4149)

1.6.2 Eigengewicht

Gemäß Herstellerangaben:

RUNDLITZENSEIL 7 x 19_ROPE 7 x 19



Artikelnummer Part number	ø Seil ø rope	kN	MQ mm ²
830-0200	2	2,56	1,66
830-0300	3	4,69	3,73
830-0400	4	8,34	6,63
830-0500	5	13,00	10,36
830-0600	6	20,50	14,92
830-0800	8	36,40	26,53
830-1000	10	56,80	41,45

Seile 6x19+WSC, Ø 8mm: $g_1 = 0,208 \text{ kg/m}$

Gewicht Gabel und Spannschloss: $G_2 = 1,000 \text{ kg/Stück}$

1.6.3 Vorspannung

Um das Steifigkeitsverhalten der Seile zu verbessern und um damit die Gebrauchstauglichkeit der Seilkonstruktionen sicherzustellen, wird auf die Seile im Zuge der Montage über die Spannschlösser konstruktiv eine Vorspannung von $F_v = 200 \text{ kg}$ aufgebracht.

Die Vorspannkraften sind nach der Seilmontage über ein Seilzugmessgerät zu prüfen / protokollieren.

Anmerkung:

Das systembedingte Kriech- und Relaxationsverhalten der Rundlitzenseile führt zu einem zeitabhängigen Abfall der Vorspannkraft. Es wird daher empfohlen, die Rankseile nach einer Standzeit von ca. 6 Monaten nachzuspannen.

1.6.4 Begrünung

Gefordert wurde ein Bewuchs mit Kletterpflanzen der Lastklasse 3. Aufgrund der Höhe von ca. 12m und der Platzierung an der Nordfassade ist die Auswahl an geeigneten Pflanzen, die auch bis nach ganz oben wachsen allerdings begrenzt. Um eine größere Pflanzenauswahl zu ermöglichen, wird die statische Berechnung mit Lastklasse 4 geführt. Es wird ein kontrollierter Pflanzenwuchs, ein regelmäßiger Rückschnitt und eine fachgerechte Gehölzpflege vorausgesetzt. Laut Architektenplan ist eine Wuchsbreite von 60 cm vorgesehen, auf der sicheren Seite wird statisch eine Wuchsbreite von 70 cm angesetzt. Eine beispielhafte Auswahl für Kletterpflanzen mit Wuchshöhen zwischen 10 und 15 m kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden:

Version 09/24

GREENCABLE Pflanzenliste ¹

Botanische Bezeichnung	Deutscher Name	Kletterform	Wuchshöhe [m]	Belaubungsphase	Lichtanspruch	Gewicht ² [kg/m ²]	Abminderungsfaktor ³	Lastklasse
<i>Clematis terniflora</i>	Rispenblütige Waldrebe	Blatt-Stielranker	10	sommergrün	○	13	0,6	2
<i>Periploca graeca</i>	Griechische Baumschlinge	Schlinger/Winder	10	sommergrün	○	13	0,6	2
<i>Aristolochia macrrophylla</i>	Pfeifenwinde	Schlinger/Winder	10	sommergrün	○●●	18	0,6	3
<i>Celastrus scandens</i>	Amerikanischer Baumwürger	Schlinger/Winder	10	sommergrün	○●●	18	0,6	3
<i>Clematis montana</i>	Berg-Waldrebe	Sprossranker	10	sommergrün	○●	18	0,6	3
<i>Rosa (Climber)</i>	Kletterrose	Spreizklammer	12	sommergrün bis wintergrün	○●	18	0,6	3
<i>Wisteria brachybotris</i>	Blauregen "Okayama Fuji"	Schlinger/Winder	10	sommergrün	○	18	0,6	3
<i>Actinidia deliciosa</i>	Kiwi	Schlinger/Winder	10	sommergrün bis wintergrün	○●	20	0,65	4
<i>Celastrus orbiculatus</i>	Rundblättriger Baumwürger	Schlinger/Winder	14	sommergrün	○●●	20	0,65	4
<i>Clematis vitalba</i>	Gewöhnliche Waldrebe	Blatt-Stielranker	14	sommergrün	○●	20	0,65	4
<i>Fallopia baldschuanica</i>	Schlingknöterich	Schlinger/Winder	15	sommergrün bis wintergrün	○●	20	0,65	4
<i>Rosa (Rambler)</i>	Ramblerrose	Spreizklammer	15	sommergrün bis wintergrün	○●	20	0,65	4
<i>Vitis coignetiae</i>	Rosträte Weinrebe	Sprossranker	12	sommergrün	○●	20	0,65	4
<i>Vitis labrusca</i>	Fuchsrebe	Sprossranker	15	sommergrün		20	0,65	4
<i>Vitis riparia</i>	Ufer-Rebe	Sprossranker	12	sommergrün	○●●	20	0,65	4
<i>Vitis vinifera</i>	Weinrebe	Sprossranker	15	sommergrün	○	20	0,65	4
<i>Wisteria floribunda</i>	Japanischer Blauregen	Schlinger/Winder	12	sommergrün	○●	20	0,65	4

¹ Auszugsweise aus "Fassadenbegrünungsrichtlinien Ausgabe 2018" (FFL e.V., Bonn)

² Gewicht bei linearem Wuchs (Bewuchs bis 0,7m breit)

³ Abminderungsfaktor für Pflanzen aufgrund Winddurchströmung

Schlinger/Winder = senkrechte Ausrichtung, mehrachsig parallel
 Blatt-Stielranker = vorzugsweise Gitter oder Netzkonstruktionen
 Sprossranker = vorzugsweise Gitter oder Netzkonstruktionen

- volle Sonne
- Halbschatten
- Schatten

Einflussbreite / Wuchsbreite: $b_m < 0,70 \text{ m}$

Nutzlast aus Bewuchs: $q_B = 20 \text{ kg/m}$

1.6.5 Eisbehang

Eisansatz in Anlehnung an DIN EN 1993-3-1 NA 2010-12 NA.B.3

(2) Muss Eisansatz berücksichtigt werden und sind keine genauen Daten erhältlich, so darf in nicht besonders gefährdeten Standorten bis zu Höhen von 400 m über NN vereinfachend ein allseitiger Eisansatz von 3 cm Dicke für alle, der Witterung ausgesetzten Konstruktionsteile angenommen werden. Dieser Ansatz schließt nicht aus, dass an einzelnen Standorten auch wesentlich höherer Eisansatz auftreten kann.

(3) Die Eisrohichte darf mit 7 kN/m^3 angesetzt werden.

Flächige Vereisung der Begrünung:

Eisschichtdicke: $d_E = 3,00 \text{ cm}$

Einflussbreite / Wuchsbreite: $b_m = 0,70 \text{ m}$

Eisrohichte: $\rho_E = 700 \text{ kg/m}^3$

Eisgewicht pro [m] Wuchshöhe: $E = \frac{\pi}{2} \cdot d_E \cdot b_m \cdot \rho_E = 23,1 \text{ kg/m}$ (einseitige Bewitterung)

1.6.6 Wind

Windzone	WZ	=	1	-
Geländekategorie	GK	=	Binnenland	
max. Höhe über Gelände	z	=	13	m
	q_b	=	32	kg/m^2
	q_p	=	59,95	kg/m^2
Kraftbeiwert	c_f	=	1,20	-
Durchlässigkeit für Pflanzklasse 4	η	=	0,65	-
Einflussbreite / Wuchsbreite:	b_m	=	0,70	m
Windlasten pro [m] Wuchshöhe:	W	=	32,73	kg/m^2

1.6.7 Temperatur

Minimale Außentemperatur:	$T_{\min}$	=	-24	°C
Maximale Außentemperatur:	$T_{\max}$	=	37	°C
Maximale Aufstelltemperatur:	T_0	=	26	°C

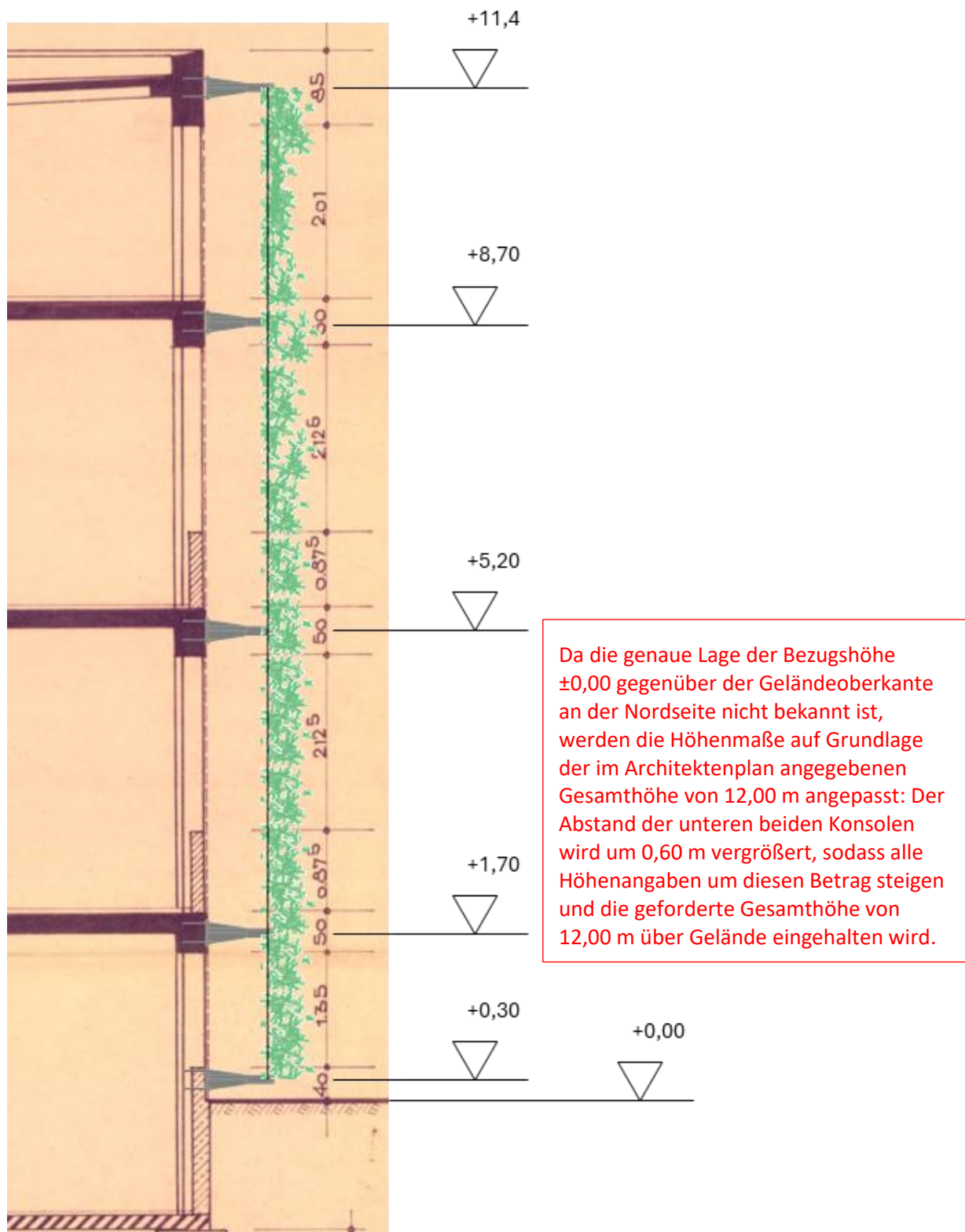
Maximale Differenztemperatur $T_c = 50^\circ$ Abkühlung.

1.6.8 Anpralllasten

Eine Bemessung der Stahlbauteile für Anpralllasten durch Fahrzeuge erfolgt im Rahmen dieser Berechnung nicht. Sofern die Gefahr eines Anpralls besteht, sind bauseits geeignete konstruktive Maßnahmen zum Schutz der tragenden Bauteile zu treffen.

1.7 Montagehöhen der Konsolen

Die obere Konsole wird am Dachrandbalken befestigt, die untere an der Kellerwand und die Zwischenkonsolen an den Randbalken der Geschossdecken. Gemäß Blatt 11 der Bestandspläne ergeben sich so folgende Montagehöhen:



1.8 Lastfälle & Lastkombinationen

1.8.1 Lastfälle

LF	Bez.
1	Eigengewicht
2	Vorspannung
3	Begrünung
4	Eisbehang
5	Windlast
6	Temperatur

1.8.2 Lastkombinationen

GZ	LK	Kombinatorik
GZT	1	$1.35 \cdot LF1 + LF2 + 1.50 \cdot LF3 + 0.75 \cdot LF4 + 1.50 \cdot LF5 + 0.90 \cdot LF6$
	2	$1.35 \cdot LF1 + LF2 + 1.50 \cdot LF3 + 1.50 \cdot LF4 + 0.90 \cdot LF5 + 0.90 \cdot LF6$
	3	$0.90 \cdot LF1 + LF2 + 0.90 \cdot LF3 + 1.50 \cdot LF5 + LF6$
GZG	4	$LF1 + LF2 + LF3 + 0.50 \cdot LF4 + LF5 + 0.60 \cdot LF6$
	5	$LF1 + LF2 + LF3 + LF4 + 0.60 \cdot LF5 + 0.60 \cdot LF6$

Für die untere Konsole wirkt das Eigengewicht günstig, da es die Seilzugkraft an der unteren Konsole reduziert. Die LK3 mindert daher sowohl das Eigengewicht der Rankhilfe als auch das der Begrünung ab. Eisbehang wird als günstige Einwirkung nicht berücksichtigt; Wind wird als Leiteinwirkung herangezogen.

2 Ermittlung der Auflagerkräfte

INHALT

A	Modell - Position	2	4.2.1	Stabsatzlasten	7
1	Basisobjekte	2	4.2.2	LF2: Belastung, In Richtung -Y	8
1.1	Materialien	2	4.3	LF3 - Begrünung	9
1.2	Querschnitte	2	4.3.1	Stabsatzlasten	9
1.2.1	Querschnitte - FE-Netz	2	4.3.2	LF3: Belastung, In Richtung -Y	10
1.3	Dicken	2	4.4	LF4 - Eisbehang	11
1.4	Knoten	2	4.4.1	Stabsatzlasten	11
1.5	Stäbe	2	4.4.2	LF4: Belastung, In Richtung -Y	12
1.5.1	Stäbe - Durchbiegungsnachweis - Segmente	2	4.5	LF5 - Windlast	13
1.6	Stabsätze	3	4.5.1	Stabsatzlasten	13
1.6.1	Stabsätze - Durchbiegungsnachweis - Segmente	3	4.5.2	LF5: Belastung, In Richtung -Y	14
			4.6	LF6 - Temperatur	15
			4.6.1	Stabsatzlasten	15
2	Typen für Knoten	3	4.6.2	LF6: Belastung, In Richtung -Y	16
2.1	Knotenlager	3			
3	Lastfälle und Kombinationen	3	5	Hilfsobjekte	17
3.1	Lastfälle	3	5.1	Koordinatensysteme	17
3.2	Einwirkungen	3	6	Statikanalyse-Ergebnisse	17
3.3	Statikanalyse-Einstellungen	4	6.1	Zusammenfassung	17
3.4	Kombinationsassistenten	4	6.2	Knoten - Lagerkräfte	22
3.4.1	Kombinationsassistenten - Anfangszustandselemente	5	6.3	Stäbe - Schnittgrößen querschnittsweise	27
4	Lasten	5	6.4	Ergebnisverläufe - Stabsatz 1 LF1	30
4.1	LF1 - Eigengewicht	5	6.5	Ergebnisverläufe - Stabsatz 1 LF2	30
4.1.1	Stablasten	5	6.6	Ergebnisverläufe - Stabsatz 1 LF3	30
4.1.2	Stabsatzlasten	5	6.7	Ergebnisverläufe - Stabsatz 1 LF4	30
4.1.3	LF1: Belastung, In Richtung -Y	6	6.8	Ergebnisverläufe - Stabsatz 1 LF5	31
4.2	LF2 - Vorspannung	7	6.9	Ergebnisverläufe - Stabsatz 1 LF6	31
			6.10	Ergebnisverläufe - Stabsatz 1 BS1	31
			6.11	Ergebnisverläufe - Stabsatz 1 BS2	32

A MODELL - POSITION

Ort	Land	:	--
	Straße	:	
	PLZ	:	
	Stadt	:	
	Staat	:	
	Breitengrad	:	°
	Längengrad	:	°
	Höhenlage	:	m

1 Basisobjekte

1.1 MATERIALIEN

Material Nr.	Name des Materials	Material-Typ	Analyse-Modell
2	Stahl ohne G	Stahl	Isotrop Linear elastisch

1.2 QUERSCHNITTE

RUND 5.8/H



Quersch. Nr.	Material Nr.	Querschnitts-Typ	Herstellungs-Typ	I_x [cm ⁴] A [cm ²]	I_y [cm ⁴] A _y [cm ²]	I_z [cm ⁴] A _z [cm ²]	Gesamtabmessungen b [mm]	h [mm]
1	2	RUND 5.8/H 2 - Stahl ohne G	Parametrisch - Stäbe	0.01	0.01	0.01	5.8	5.8
				0.27	0.22	0.22		

1.2.1 QUERSCHNITTE - FE-NETZ

Legende

Wölbfähigkeit deaktiviert

Quersch. Nr.	Mesh refinement factor for linear analysis (e.g. cross-section characteristics) [-]	Mesh refinement factor for nonlinear analysis (e.g. Simplex method) [-]	Optionen
1	1.00	1.00	

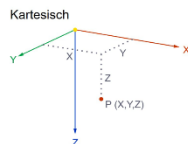
1.3 DICKEN

Dicke Nr.	Typ	Zugewiesen an Fläche Nr.	Material	Symbol	Dicke Wert	Einheit	Knoten	Richtung
1	Konstant d : 250.0 mm 1							
	Konstant		1	d	250.0	mm		

1.4 KNOTEN

Legende

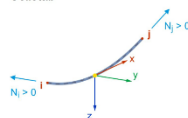
Knotenlager



Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Koordinaten-Typ	X [m]	Y [m]	Z [m]	Optionen	Kommentar
1	Standard	--	1	Kartesisch	0.000	0.000	-0.300		Untere Konsole
2	Standard	--	1	Kartesisch	0.000	0.000	-2.300		1. Zwischenkonsole
3	Standard	--	1	Kartesisch	0.000	0.000	-5.800		2. Zwischenkonsole
4	Standard	--	1	Kartesisch	0.000	0.000	-9.300		3. Zwischenkonsole
5	Standard	--	1	Kartesisch	0.000	0.000	-12.000		Obere Konsole

1.5 STÄBE

Seilstab



Stab Nr.	Linie Nr.	Stabtyp Querschnittsverteilung	Drehung Typ	β [°]	Quersch. i/k/j	Gelenk i/j	Exzentrizität i/j	Länge L [m]	Lage
1	1	Seilstab Gleichmäßig	Winkel	0.00	1			2.000	Auf Z
2	2	Seilstab Gleichmäßig	Winkel	0.00	1			3.500	Auf Z
3	3	Seilstab Gleichmäßig	Winkel	0.00	1			3.500	Auf Z
4	4	Seilstab Gleichmäßig	Winkel	0.00	1			2.700	Auf Z

1.5.1 STÄBE - DURCHBIEGUNGSNACHWEIS - SEGMENTE

Stab Nr.	Segmente in y-Achse				Segmente in z-Achse			
	Aktiv	Länge [m]	Vorkrümm. [mm]	Typ	Aktiv	Länge [m]	Vorkrümm. [mm]	Typ
1	Seilstab 1 - RUND 5.8/H L : 2.000 m							
2	Seilstab 1 - RUND 5.8/H L : 3.500 m							
3	Seilstab 1 - RUND 5.8/H L : 3.500 m							
4	Seilstab 1 - RUND 5.8/H L : 2.700 m							

1.6 STABSÄTZE

Satz Nr.	Name	Satztyp	Stab Nr.	Kommentar
1	1-4 Stabzug	Stabzug	1-4	

1.6.1 STABSÄTZE - DURCHBIEGUNGSNACHWEIS - SEGMENTE

Satz Nr.	Segmente in y-Achse				Segmente in z-Achse			
	Aktiv	Länge [m]	Vorkrümm. [mm]	Typ	Aktiv	Länge [m]	Vorkrümm. [mm]	Typ
1	1-4 Stabzug							

2 Typen für Knoten

2.1 KNOTENLAGER

Lager Nr.	Knoten Nr.	Koordinatensystem	Wegfeder [kN/m]			Drehfeder [kNm/rad]		
			C _{u,x}	C _{u,y}	C _{u,z}	C _{φ,x}	C _{φ,y}	C _{φ,z}
1	☒ ☒ ☒ ☐ ☐ Gelenkig	1 - Global XYZ	☒	☒	☒	☐	☐	☒
6	☒ ☒ ☐ ☐ ☐	1 - Global XYZ	☒	☒	☐	☐	☐	☐

3 Lastfälle und Kombinationen

3.1 LASTFÄLLE

LF Nr.	Einstell.	Wert	Einheit	Zu ber.
1	☒ ☒ Eigengewicht	Statische Analyse EN 1990 DIN 2012-08 SA2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1 Ständig		☒
2	☒ ☒ Vorspannung	Statische Analyse EN 1990 DIN 2012-08 SA1 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1 Vorspannung		☒
3	☒ ☒ Begrünung	Statische Analyse EN 1990 DIN 2012-08 SA2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1 Sonstige Einwirkungen		☒
4	☒ ☒ Eisbehang	Statische Analyse EN 1990 DIN 2012-08 SA2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1 Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m		☒
5	☒ ☒ Windlast	Statische Analyse EN 1990 DIN 2012-08 SA1 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1 Wind		☒
6	☒ ☒ Temperatur	Statische Analyse EN 1990 DIN 2012-08 SA1 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1 Temperatur (ohne Brand)		☒

3.2 EINWIRKUNGEN

Einw. Nr.	Einstell.	Wert	Aktiv
1	☒ Ständig	Ständig Gleichzeitig EN 1990 DIN 2012-08	☒
2	☒ Sonstige Einwirkungen	Sonstige Einwirkungen Gleichzeitig EN 1990 DIN 2012-08	☒
3	☒ Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m		

3.2 EINWIRKUNGEN

Einw. Nr.	Einstell.	Wert	Aktiv
	Einwirkungskategorie	Schnee-/Eislasten - H <= 1000 m	☒
	Einwirkungstyp	Alternativ	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08	
4	Wind		
	Einwirkungskategorie	Wind	☒
	Einwirkungstyp	Alternativ	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08	
5	Temperatur (ohne Brand)		
	Einwirkungskategorie	Temperatur (ohne Brand)	☒
	Einwirkungstyp	Gleichzeitig	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08	
6	Vorspannung		
	Einwirkungskategorie	Vorspannung	☒
	Einwirkungstyp	Gleichzeitig	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08	

3.3 STATIKANALYSE-EINSTELLUNGEN

Einstell. Nr.	Beschreibung	Symbol	Wert	Einheit
1	III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
	Analysertyp		III. Ordnung	
	Iterative Methode für nichtlineare Analyse		Newton-Raphson	
	Maximale Anzahl der Iterationen		100	
	Anzahl der Laststufen		1	
	Einstellungen für Standardgenauigkeit und -toleranz ändern	☐		
	Alle Nichtlinearitäten ignorieren	☐		
	Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
	Entlastende Wirkung durch Zugkräfte in Stäben berücksichtigen	☒		
	Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
	Verschiebungen durch Stablast des Typs 'Rohrinnendruck' (Bourdon-Effekt)	☐		
	Methode für Gleichungssystem		Direkt	
	Platten-Biegetheorie		Mindlin	
	Massenumwandlung in Last aktivieren	☐		
	Gleichgewicht für unverformte Struktur	☐		
	Stabilitätsnachweis anhand der Verformungsrate	☐		
2	III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
	Analysertyp		III. Ordnung	
	Iterative Methode für nichtlineare Analyse		Newton-Raphson	
	Maximale Anzahl der Iterationen		100	
	Anzahl der Laststufen		1	
	Einstellungen für Standardgenauigkeit und -toleranz ändern	☐		
	Alle Nichtlinearitäten ignorieren	☐		
	Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
	Entlastende Wirkung durch Zugkräfte in Stäben berücksichtigen	☒		
	Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
	Verschiebungen durch Stablast des Typs 'Rohrinnendruck' (Bourdon-Effekt)	☐		
	Methode für Gleichungssystem		Direkt	
	Platten-Biegetheorie		Mindlin	
	Massenumwandlung in Last aktivieren	☒		
	Massenumwandlung definiert als Beschleunigungen	☐		
	Massenumwandlungsfaktor in X-Richtung	X	0.000	--
	Massenumwandlungsfaktor in Y-Richtung	Y	0.000	--
	Massenumwandlungsfaktor in Z-Richtung	Z	1.000	--
	Gleichgewicht für unverformte Struktur	☐		
	Stabilitätsnachweis anhand der Verformungsrate	☐		

3.4 KOMBINATIONSSASSISTENTEN

Assistent Nr.	Einstell.	Wert
1	Lastkombinationen SA2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1	
	Zugewiesen an	BS 1,2
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08
	Kombinationen generieren	Lastkombinationen (nichtlineare Analyse)
	Statikanalyse-Einstellungen	SA2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1
	Imperfektionsfall berücksichtigen	☒
	Anfangszustand berücksichtigen	☐
	Strukturmodifikation aktiviert	☐
	Gleiche Kombinationen ohne Imperfektionsfall generieren	☐
	Benutzerdefinierte Einwirkungskombinationen	☒
	Günstige ständige Einwirkungen	☒
	Anzahl der generierten Kombinationen reduzieren	☐
2	Lastkombinationen SA1 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1	
	Zugewiesen an	
	Zugehörige Norm	EN 1990 DIN 2012-08
	Kombinationen generieren	Lastkombinationen (nichtlineare Analyse)

3.4 KOMBINATIONSSASSISTENTEN

Assistent Nr.	Einstell.	Wert
1	Statikanalyse-Einstellungen	SA1 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1
	Imperfektionsfall berücksichtigen	☐
	Anfangszustand berücksichtigen	☐
	Strukturmodifikation aktiviert	☐
	Benutzerdefinierte Einwirkungskombinationen	☒
	Günstige ständige Einwirkungen	☒
	Anzahl der generierten Kombinationen reduzieren	☐

3.4.1 KOMBINATIONSSASSISTENTEN - ANFANGSZUSTANDSELEMENTE

Assistent Nr.	Definitionstyp	Fallobjekt
1	Lastkombinationen SA2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1	
2	Lastkombinationen SA1 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1	

4 Lasten

4.1 LF1 - Eigengewicht

4.1.1 STABLASTEN

LF1: Eigengewicht **G**

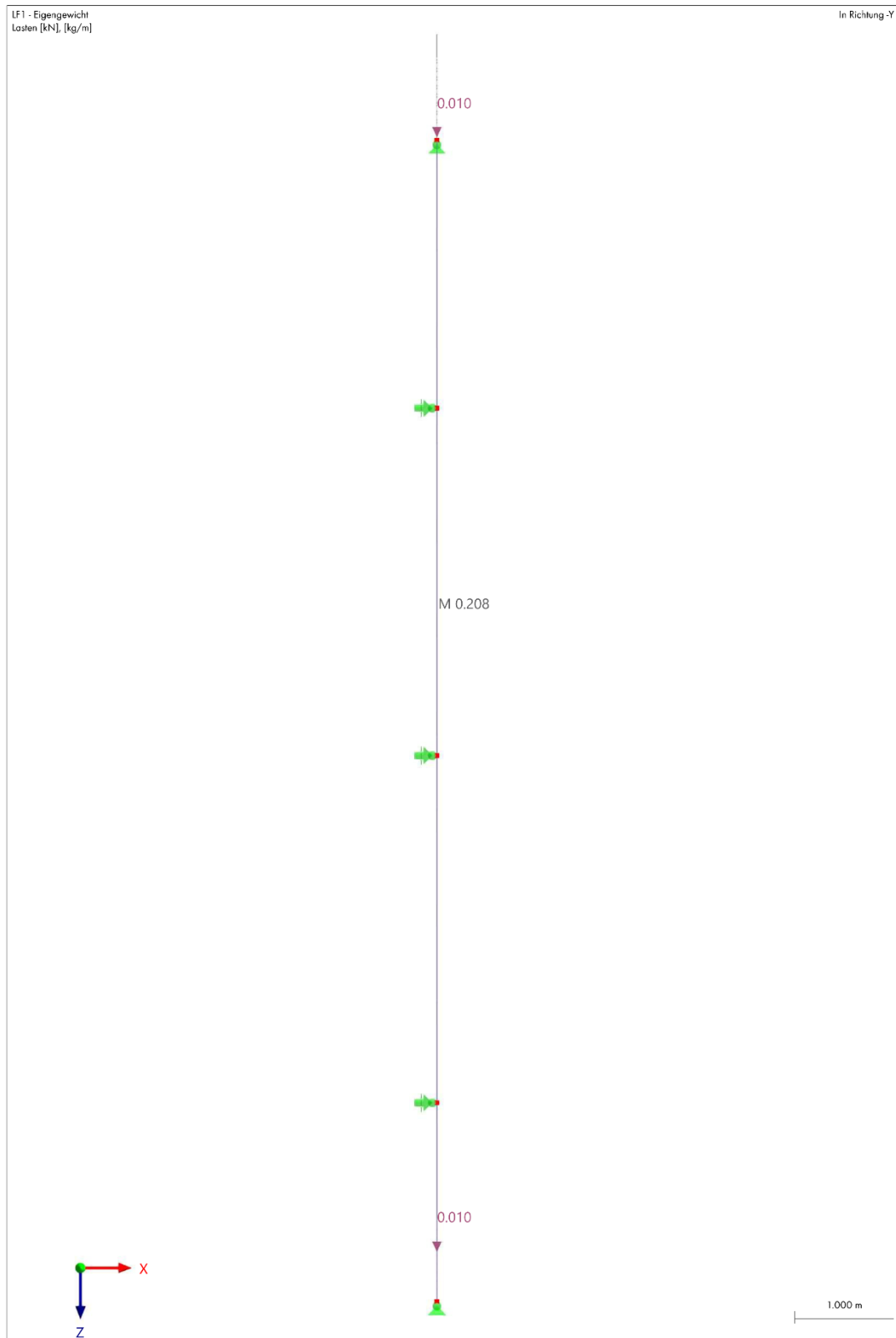
Last Nr.	Stäbe Nr.	Last-Typ	Last-Verteilung	Koord.-System	Last-Richtung	Symbol	Parameter Wert	Einheit
1	1	Kraft	Punktuell - 1	1	Z _L	P	0.010 kN	
						A	10.00 %	
2	4	Kraft	Punktuell - 1	1	Z _L	P	0.010 kN	
						A	90.00 %	

4.1.2 STABSATZLASTEN

LF1: Eigengewicht **G**

Last Nr.	Stab Sätze Nr.	Last-Typ	Last-Verteilung	Koord.-System	Last-Richtung	Symbol	Parameter Wert	Einheit
1	1	Masse	Konstant	1		M	0.208 kg/m	

4.1.3 **LF1: BELASTUNG, IN RICHTUNG -Y**



4.2 LF2 - Vorspannung



4.2.1

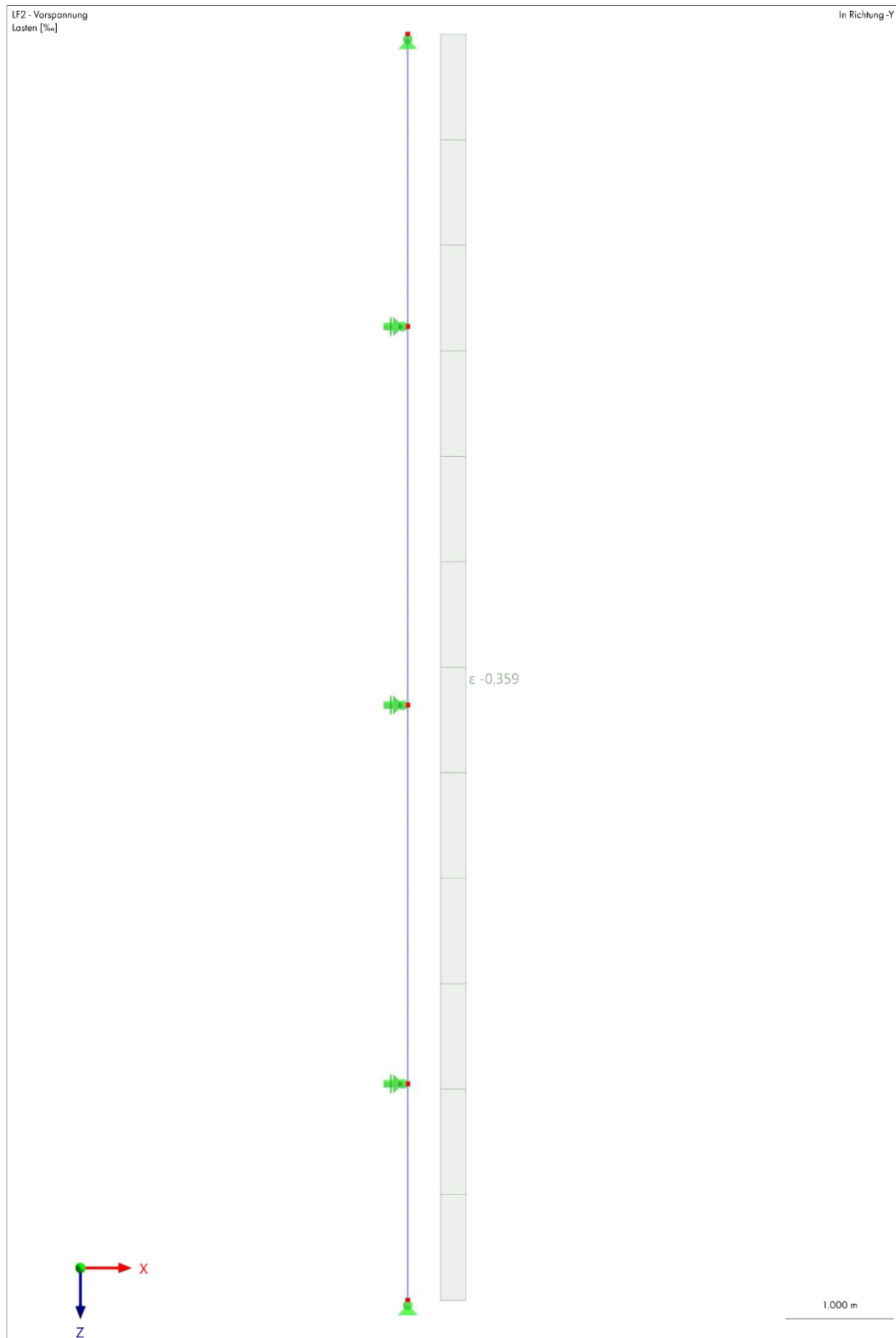
STABSATZLASTEN

LF2: Vorspannung

P

Last Nr.	Stab Sätze Nr.	Last- Typ	Last- Verteilung	Koord.- System	Last- Richtung	Symbol	Parameter Wert	Einheit
1	1	Längsdehnung	Konstant	Lokales Koordinatensystem xyz	x	ϵ	-0.359	‰

4.2.2 **LF2: BELASTUNG, IN RICHTUNG -Y**



4.3 LF3 - Begrünung



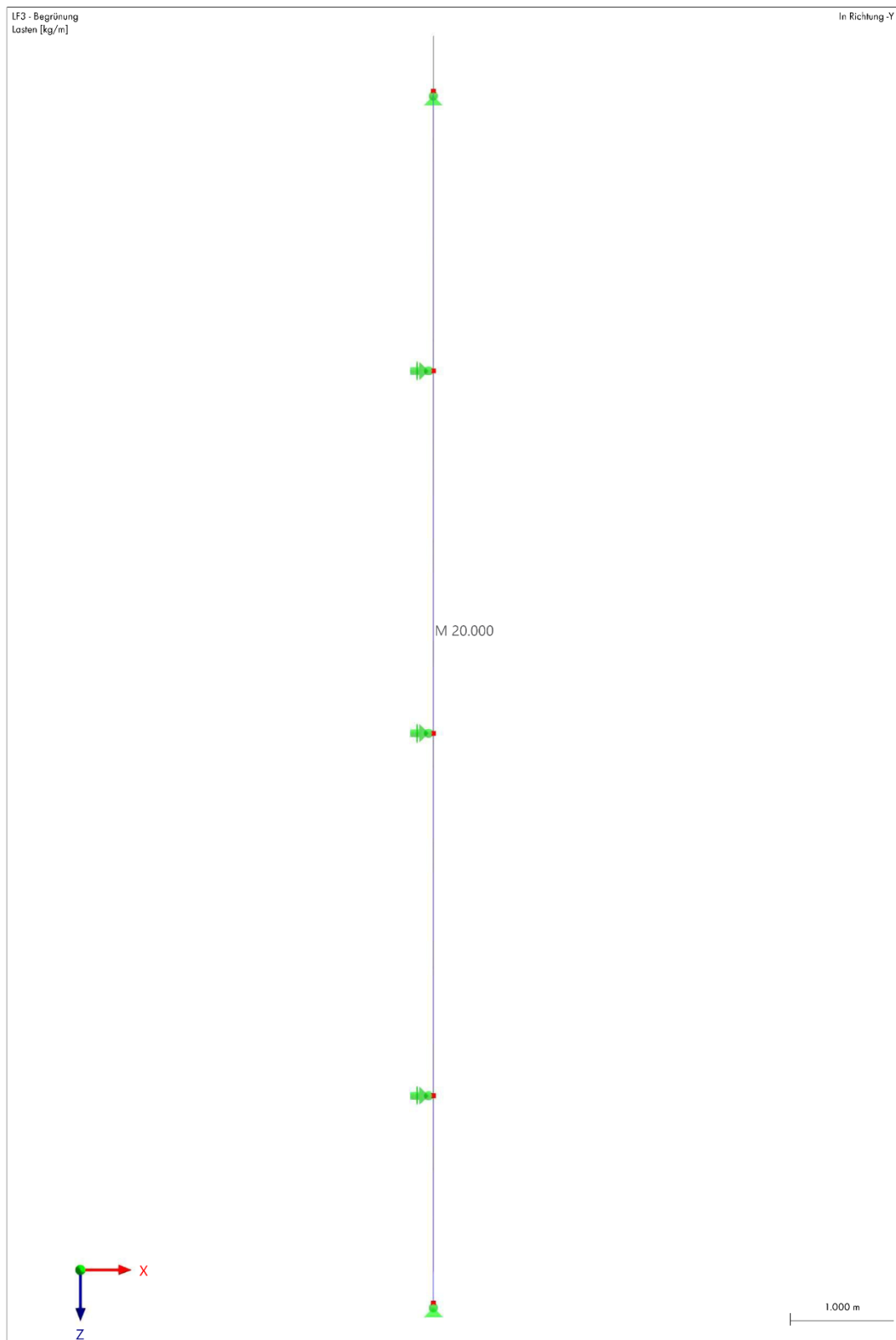
4.3.1

STABSATZLASTEN

LF3: Begrünung 

Last Nr.	Stab Sätze Nr.	Last- Typ	Last- Verteilung	Koord.- System	Last- Richtung	Symbol	Parameter	
							Wert	Einheit
1	1	 Masse	 Konstant	 1		M	20.000	kg/m

4.3.2 **LF3: BELASTUNG, IN RICHTUNG -Y**



4.4 **LF4 - Eisbehang**



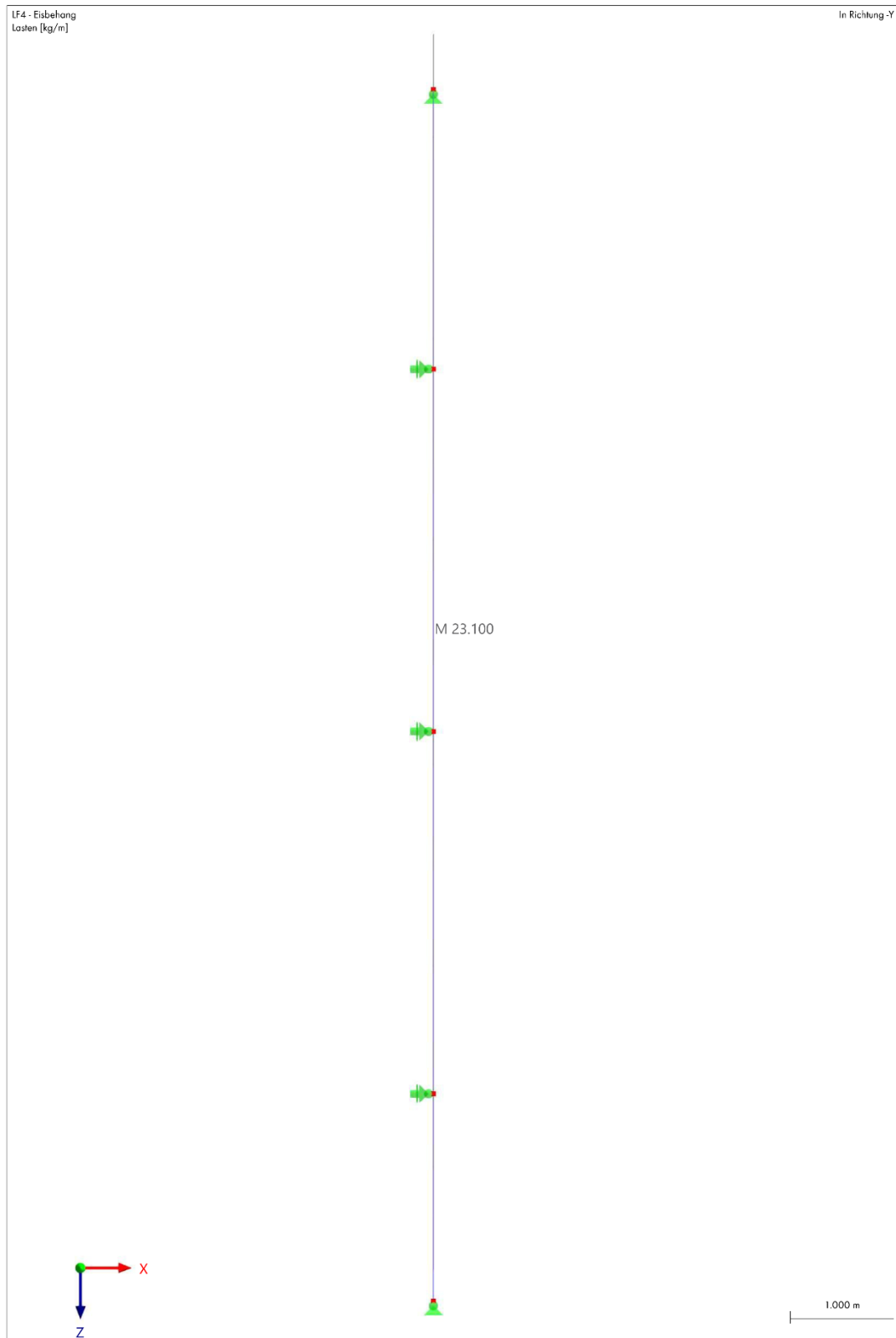
4.4.1

STABSATZLASTEN

LF4: Eisbehang **Qs**

Last Nr.	Stab Sätze Nr.	Last- Typ	Last- Verteilung	Koord.- System	Last- Richtung	Symbol	Parameter Wert	Einheit
1	1	Masse	Konstant	1		M	23.100	kg/m

4.4.2 **LF4: BELASTUNG, IN RICHTUNG -Y**



4.5 **LF5 - Windlast**



4.5.1

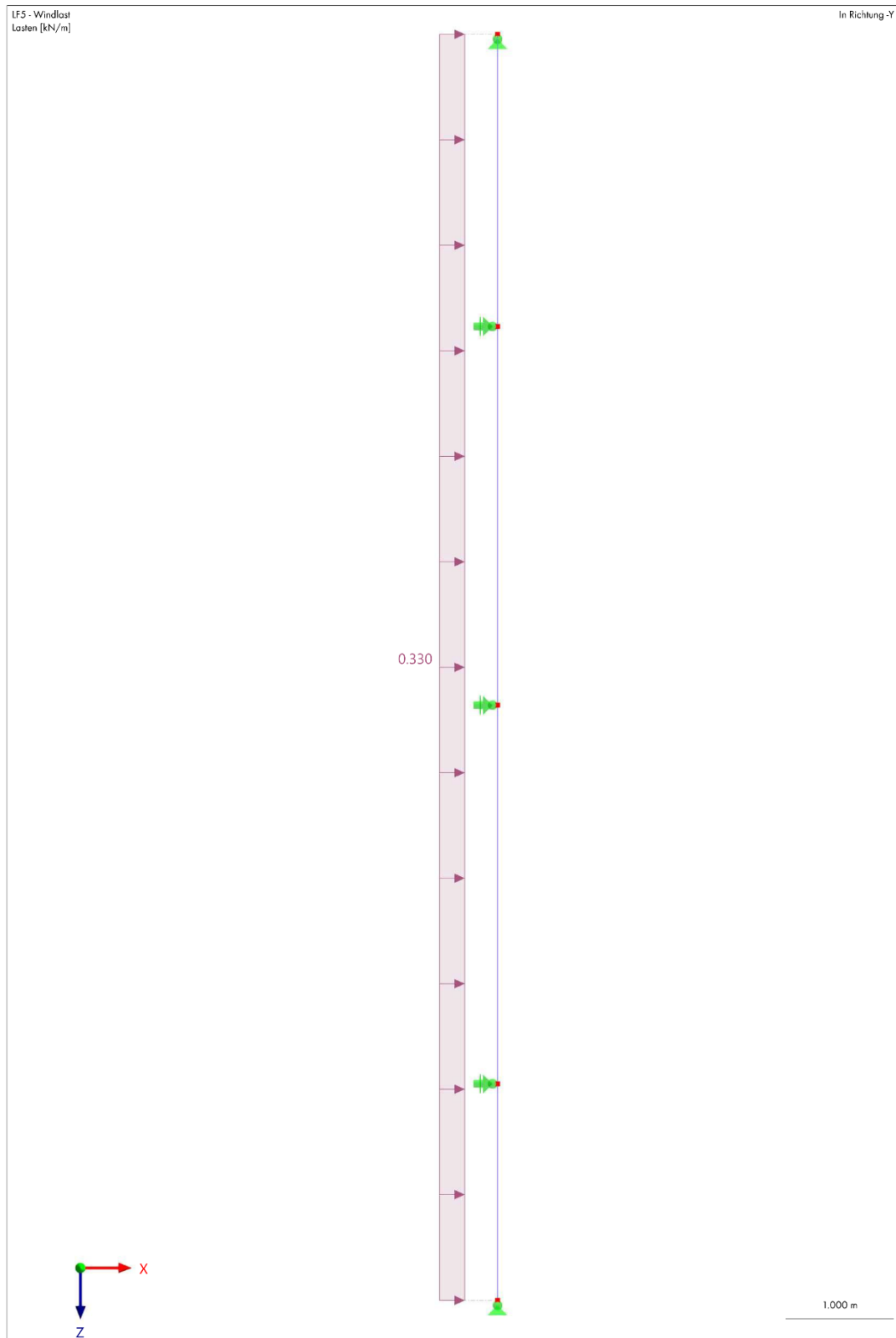
STABSATZLASTEN

LF5: Windlast

Qw

Last Nr.	Stab Sätze Nr.	Last- Typ	Last- Verteilung	Koord.- System	Last- Richtung	Symbol	Parameter Wert	Einheit
1	1	Kraft	Konstant	1	X _e	p	0.330	kN/m

4.5.2 **LF5: BELASTUNG, IN RICHTUNG -Y**



4.6 LF6 - Temperatur



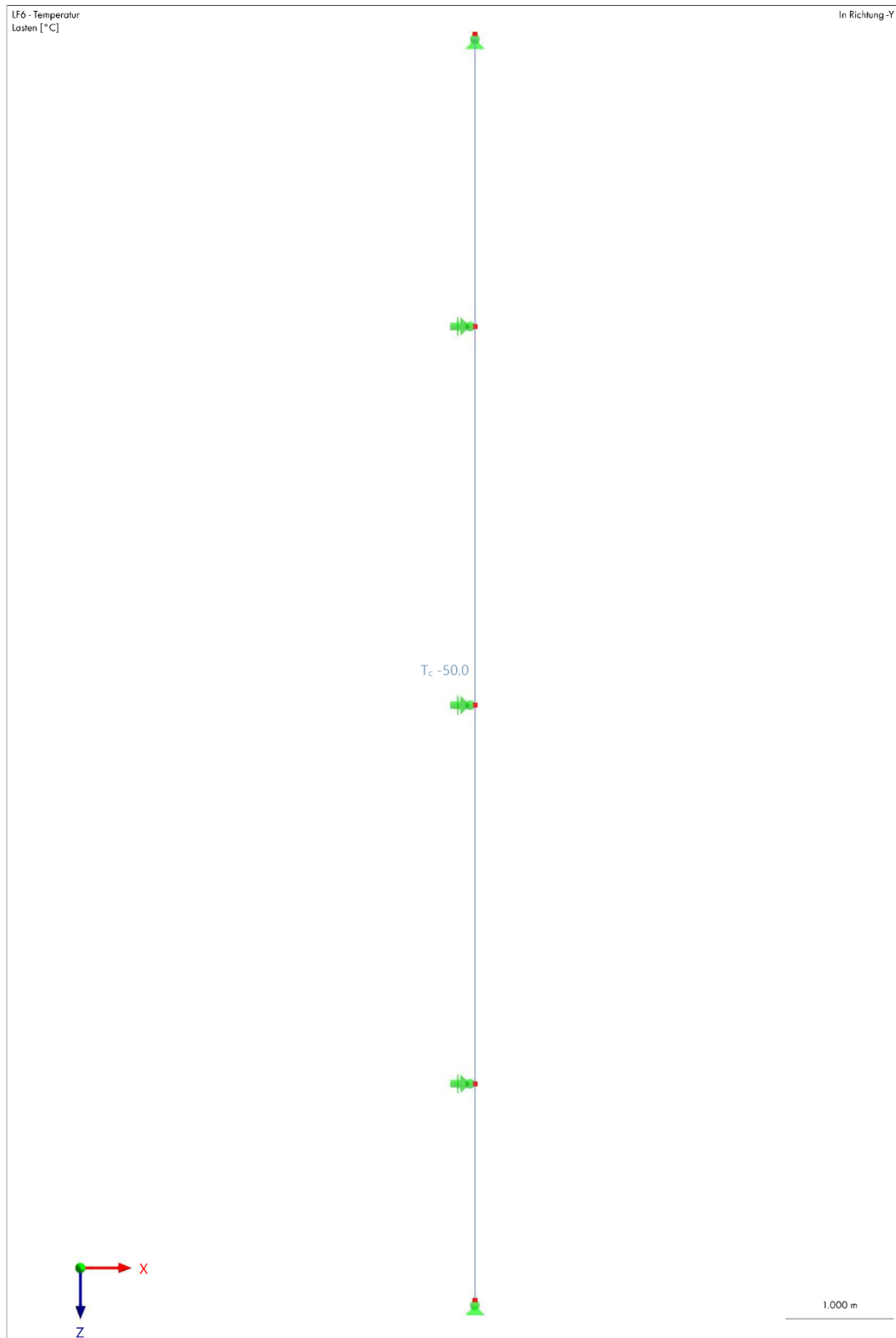
4.6.1

STABSATZLASTEN

LF6: Temperatur QT

Last Nr.	Stab Sätze Nr.	Last-Typ	Last-Verteilung	Koord.-System	Last-Richtung	Symbol	Parameter Wert	Einheit
1	1	■ Temperaturänderung	■ Konstant	Lokales Koordinatensystem xyz	y	T _c	-50.0	°C
						ΔT	0.0	°C

4.6.2 **LF6: BELASTUNG, IN RICHTUNG -Y**



5 Hilfsobjekte

5.1 KOORDINATENSYSTEME

System Nr.	Typ	Symbol	Koordinaten Wert	Einheit	Sequenz	Drehung Symbol	Wert	Einheit	Kommentar
1	Global XYZ								

6 Statikanalyse-Ergebnisse

6.1 ZUSAMMENFASSUNG

Statische Analyse

Beschreibung	Wert	Einheit	Anmerkungen
G LF1 - Eigengewicht			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	0.04	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	0.04	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (0.000, 0.000, 0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	0.0	mm	Slab Nr. 1, x: 0.333 m
Maximale vektorielle Verschiebung	0.0	mm	Slab Nr. 1, x: 0.333 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	10		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	33428100.00	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	4586.20	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	5.61e+447	--	
Unendlich-Norm	66856100.00	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
Analysetyp	III. Ordnung		
Iterative Methode	Newton-Raphson		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
P LF2 - Vorspannung			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	0.00	kN	
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (0.000, 0.000, 0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	0.0	mm	
Maximale vektorielle Verschiebung	0.0	mm	
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	2		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	33428100.00	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	11429.20	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	4.52e+472	--	
Unendlich-Norm	66856200.00	--	

6.1 ZUSAMMENFASSUNG

Statische Analyse

Beschreibung	Wert	Einheit	Anmerkungen
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 1 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
Analysetyp	III. Ordnung		
Iterative Methode	Newton-Raphson		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
LF3 - Begründung			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	2.34	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	2.34	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (0.000, 0.000, 0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	2.4	mm	Stab Nr. 1, x: 0.333 m
Maximale vektorielle Verschiebung	2.4	mm	Stab Nr. 1, x: 0.333 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrاد	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrاد	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrاد	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	16		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	33427500.00	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	3370.69	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	3.57e+455	--	
Unendlich-Norm	66855000.00	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
Analysetyp	III. Ordnung		
Iterative Methode	Newton-Raphson		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
LF4 - Eisbehäng			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	2.70	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	2.70	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (0.000, 0.000, 0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	2.8	mm	Stab Nr. 1, x: 0.333 m
Maximale vektorielle Verschiebung	2.8	mm	Stab Nr. 1, x: 0.333 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrاد	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrاد	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrاد	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	17		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	33427400.00	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	3202.16	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	1.25e+458	--	
Unendlich-Norm	66854800.00	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
Analysetyp	III. Ordnung		

6.1 ZUSAMMENFASSUNG

Statische Analyse

Beschreibung	Wert	Einheit	Anmerkungen
Iterative Methode	Newton-Raphson		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
Qw LF5 - Windlast			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	3.87	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	3.87	kN	Abweichung: 0.00 %
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	0.00	kN	
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (0.000, 0.000, 0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	-23.77	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	81.1	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	-1.5	mm	Stab Nr. 2, x: 2.800 m
Maximale vektorielle Verschiebung	81.1	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	11		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	33388200.00	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	35563.10	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	5.22e+502	--	
Unendlich-Norm	69288600.00	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 1 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
Analysetyp	III. Ordnung		
Iterative Methode	Newton-Raphson		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
Q LF6 - Temperatur			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	0.00	kN	
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (0.000, 0.000, 0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	0.0	mm	
Maximale vektorielle Verschiebung	0.0	mm	
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	2		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	33428100.00	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	19101.80	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	1.09e+486	--	
Unendlich-Norm	66856200.00	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 1 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
Analysetyp	III. Ordnung		
Iterative Methode	Newton-Raphson		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		

6.1 ZUSAMMENFASSUNG

Statische Analyse

Beschreibung	Wert	Einheit	Anmerkungen
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
BS1 - GZT (STR/GEO) - Ständig und vorübergehend - Gl. 6.10			
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	81.5	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m LK1
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	3.6	mm	Stab Nr. 3, x: 0.700 m LK2
Maximale vektorielle Verschiebung	81.5	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m LK1
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
G.Ch BS2 - GZG - Charakteristisch			
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	69.5	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m LK4
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	2.4	mm	Stab Nr. 3, x: 0.700 m LK5
Maximale vektorielle Verschiebung	69.5	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m LK4
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
LK1 - 1.35 * LF1 + LF2 + 1.50 * LF3 + 0.75 * LF4 + 1.50 * LF5 + 0.90 * LF6			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	5.80	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	5.80	kN	Abweichung: 0.00 %
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	5.60	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	5.60	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (0.000, 0.000, 0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	-35.86	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	81.5	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	3.3	mm	Stab Nr. 3, x: 0.700 m
Maximale vektorielle Verschiebung	81.5	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrad	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrad	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	8		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	33406600.00	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	46100.80	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	2.58e+515	--	
Unendlich-Norm	69486600.00	--	
Statische Analyse-Einstellungen Nr. 2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
Analysetyp	III. Ordnung		
Iterative Methode	Newton-Raphson		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
LK2 - 1.35 * LF1 + LF2 + 1.50 * LF3 + 1.50 * LF4 + 0.90 * LF5 + 0.90 * LF6			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	3.48	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	3.48	kN	Abweichung: 0.00 %
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	7.63	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	7.63	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (0.000, 0.000, 0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	-21.61	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	66.0	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	3.6	mm	Stab Nr. 3, x: 0.700 m

6.1 ZUSAMMENFASSUNG

Statische Analyse

Beschreibung	Wert	Einheit	Anmerkungen
Maximale vektorielle Verschiebung	66.1	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrاد	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrاد	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrاد	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	9		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	33424100.00	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	28162.70	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	1.09e+509	--	
Unendlich-Norm	69403800.00	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
Analysetyp	III. Ordnung		
Iterative Methode	Newton-Raphson		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
LK3 - 0.90 * LF1 + LF2 + 0.90 * LF3 + 1.50 * LF5 + LF6			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	5.80	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	5.80	kN	Abweichung: 0.00 %
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	2.15	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	2.15	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (0.000, 0.000, 0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	-35.73	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	75.8	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	1.7	mm	Stab Nr. 3, x: 0.700 m
Maximale vektorielle Verschiebung	75.8	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrاد	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrاد	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrاد	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	8		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	33400600.00	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	55814.30	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	6.79e+515	--	
Unendlich-Norm	69045800.00	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
Analysetyp	III. Ordnung		
Iterative Methode	Newton-Raphson		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
LK4 - LF1 + LF2 + LF3 + 0.50 * LF4 + LF5 + 0.60 * LF6			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	3.86	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	3.86	kN	Abweichung: 0.00 %
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	3.74	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	3.74	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (0.000, 0.000, 0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	-23.88	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	69.5	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	2.3	mm	Stab Nr. 3, x: 0.700 m
Maximale vektorielle Verschiebung	69.5	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrاد	

6.1 ZUSAMMENFASSUNG

Statische Analyse

Beschreibung	Wert	Einheit	Anmerkungen
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrاد	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrاد	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	9		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	33411300.00	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	37111.10	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	4.65e+508	--	
Unendlich-Norm	69064000.00	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
Analysetyp	III. Ordnung		
Iterative Methode	Newton-Raphson		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
GCh $LF5 - LF1 + LF2 + LF3 + LF4 + 0.60 \cdot LF5 + 0.60 \cdot LF6$			
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte			
Summe der Lasten in X	2.32	kN	
Summe der Lagerkräfte in X	2.32	kN	Abweichung: 0.00 %
Summe der Lasten in Y	0.00	kN	
Summe der Lagerkräfte in Y	0.00	kN	
Summe der Lasten in Z	5.09	kN	
Summe der Lagerkräfte in Z	5.09	kN	Abweichung: 0.00 %
Resultierende der Reaktionen			
Resultierende der Reaktionen um X	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (0.000, 0.000, 0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	-14.38	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.00	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Maximale Verformungen			
Maximale Verschiebung in X-Richtung	55.7	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verschiebung in Y-Richtung	0.0	mm	
Maximale Verschiebung in Z-Richtung	2.4	mm	Stab Nr. 3, x: 0.700 m
Maximale vektorielle Verschiebung	55.7	mm	Stab Nr. 2, x: 1.750 m
Maximale Verdrehung um X-Achse	0.0	mrاد	
Maximale Verdrehung um Y-Achse	0.0	mrاد	
Maximale Verdrehung um Z-Achse	0.0	mrاد	
Berechnungsstatistik			
Anzahl der Iterationen	9		
Maximalwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	33424500.00	--	
Mindestwert des Elements der Steifigkeitsmatrix auf Diagonale	23857.80	--	
Determinante der Steifigkeitsmatrix	2.67e+502	--	
Unendlich-Norm	68901500.00	--	
Statikanalyse-Einstellungen Nr. 2 - III. Ordnung Newton-Raphson 100 1			
Analysetyp	III. Ordnung		
Iterative Methode	Newton-Raphson		
Maximale Anzahl der Iterationen	100		
Anzahl der Laststufen	1		
Belastung mittels Multiplikationsfaktor modifizieren	☐		
Entlastende Wirkung durch Zugkräfte der Stäbe berücksichtigen	☒		
Versuchen, instabile Struktur zu berechnen	☐		
Methode für Gleichungssystem	Direkt		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		

6.2 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Statische Analyse

Knoten Nr.	Belast. Nr.	P _x [kN]	P _y [kN]	P _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	Knotenkommentar Zugehörige Belastung
1	LF1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
2	LF1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1. Zwischenkonsole
3	LF1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2. Zwischenkonsole
4	LF1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3. Zwischenkonsole
5	LF1	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Obere Konsole
Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten								
1	LF1	P _x	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		P _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
5		P _z	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	Obere Konsole
2			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1. Zwischenkonsole
1		M _x	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole

6.2 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Statische Analyse

Knoten Nr.	Belast. Nr.		P _x [kN]	P _y [kN]	P _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	Knotenkommentar Zugehörige Belastung
1		M _z	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte									
Σ	LF1		P _x [kN]	P _y [kN]	P _z [kN]				Lasten
Σ			0.00	0.00	0.04				Lagerkräfte
1	LF2		0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
2	LF2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1. Zwischenkonsole
3	LF2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2. Zwischenkonsole
4	LF2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3. Zwischenkonsole
5	LF2		0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	Obere Konsole
Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten									
1	LF2	P _x	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		P _y	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
5		P _z	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	Obere Konsole
1			0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _x	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _y	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _z	0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	-2.00	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte									
Σ	LF2		P _x [kN]	P _y [kN]	P _z [kN]				Lasten
Σ			0.00	0.00	0.00				Lagerkräfte
1	LF3		0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
2	LF3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1. Zwischenkonsole
3	LF3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2. Zwischenkonsole
4	LF3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3. Zwischenkonsole
5	LF3		0.00	0.00	2.31	0.00	0.00	0.00	Obere Konsole
Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten									
1	LF3	P _x	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		P _y	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
5		P _z	0.00	0.00	2.31	0.00	0.00	0.00	Obere Konsole
2			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1. Zwischenkonsole
1		M _x	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _y	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _z	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte									
Σ	LF3		P _x [kN]	P _y [kN]	P _z [kN]				Lasten
Σ			0.00	0.00	2.34				Lagerkräfte
1	LF4		0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
2	LF4		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1. Zwischenkonsole
3	LF4		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2. Zwischenkonsole
4	LF4		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3. Zwischenkonsole
5	LF4		0.00	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	Obere Konsole
Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten									
1	LF4	P _x	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		P _y	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
5		P _z	0.00	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	Obere Konsole
2			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1. Zwischenkonsole
1		M _x	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _y	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _z	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte									
Σ	LF4		P _x [kN]	P _y [kN]	P _z [kN]				Lasten
Σ			0.00	0.00	2.70				Lagerkräfte
1	LF5		0.33	0.00	-6.23	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
2	LF5		0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1. Zwischenkonsole
3	LF5		1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2. Zwischenkonsole
4	LF5		1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3. Zwischenkonsole
5	LF5		0.45	0.00	6.23	0.00	0.00	0.00	Obere Konsole
Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten									
3	LF5	P _x	1.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2. Zwischenkonsole
1			0.33	0.00	-6.23	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		P _y	0.33	0.00	-6.23	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.33	0.00	-6.23	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
5		P _z	0.45	0.00	6.23	0.00	0.00	0.00	Obere Konsole

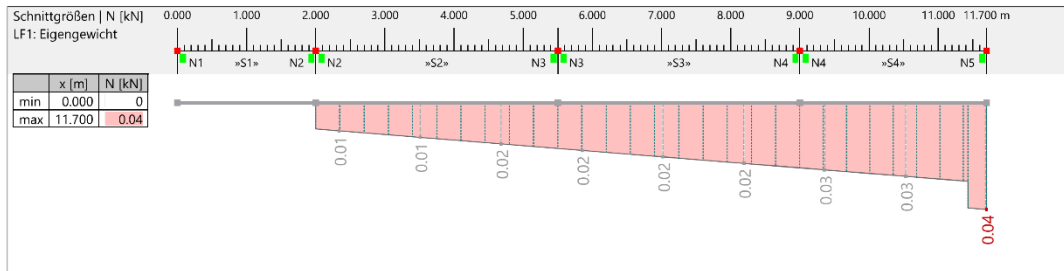
6.2 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Statische Analyse

Knoten Nr.	Belast. Nr.		P _x [kN]	P _y [kN]	P _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	Knotenkommentar Zugehörige Belastung
1		P _z	0.33	0.00	-6.23	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _x	0.33	0.00	-6.23	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.33	0.00	-6.23	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _y	0.33	0.00	-6.23	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.33	0.00	-6.23	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _z	0.33	0.00	-6.23	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.33	0.00	-6.23	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte									
	LF5		P _x [kN]	P _y [kN]	P _z [kN]				
Σ			3.87	0.00	0.00				Lasten
Σ				0.00	0.00				Lagerkräfte
1	LF6		0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
2	LF6		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1. Zwischenkonsole
3	LF6		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2. Zwischenkonsole
4	LF6		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3. Zwischenkonsole
5	LF6		0.00	0.00	3.34	0.00	0.00	0.00	Obere Konsole
Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten									
1	LF6	P _x	0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		P _y	0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
5		P _z	0.00	0.00	3.34	0.00	0.00	0.00	Obere Konsole
1			0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _x	0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _y	0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1		M _z	0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
1			0.00	0.00	-3.34	0.00	0.00	0.00	Untere Konsole
Summe der Lasten und Summe der Lagerkräfte									
	LF6		P _x [kN]	P _y [kN]	P _z [kN]				
Σ			0.00	0.00	0.00				Lasten
Σ				0.00	0.00				Lagerkräfte
1	BS1	P _x	0.49	0.00	-9.31	0.00	0.00	0.00	LK3
			0.28	0.00	-4.46	0.00	0.00	0.00	LK2
		P _y	0.49	0.00	-7.51	0.00	0.00	0.00	LK1
			0.49	0.00	-7.51	0.00	0.00	0.00	LK1
		P _z	0.28	0.00	-4.46	0.00	0.00	0.00	LK2
			0.49	0.00	-9.31	0.00	0.00	0.00	LK3
		M _x	0.49	0.00	-7.51	0.00	0.00	0.00	LK1
			0.49	0.00	-7.51	0.00	0.00	0.00	LK1
		M _y	0.49	0.00	-7.51	0.00	0.00	0.00	LK1
			0.49	0.00	-7.51	0.00	0.00	0.00	LK1
		M _z	0.49	0.00	-7.51	0.00	0.00	0.00	LK1
			0.49	0.00	-7.51	0.00	0.00	0.00	LK1
Extremes			0.49	0.00	-4.46	0.00	0.00	0.00	LK1
1			0.28	0.00	-9.31	0.00	0.00	0.00	
2	BS1	P _x	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK3
			0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK2
		P _y	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
		P _z	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
		M _x	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
		M _y	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
		M _z	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
Extremes			1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
2			0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	BS1	P _x	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK2
		P _y	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
		P _z	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
		M _x	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
		M _y	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
		M _z	1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
Extremes			1.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
3			1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	BS1	P _x	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK2
		P _y	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
		P _z	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
		M _x	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1
			1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LK1

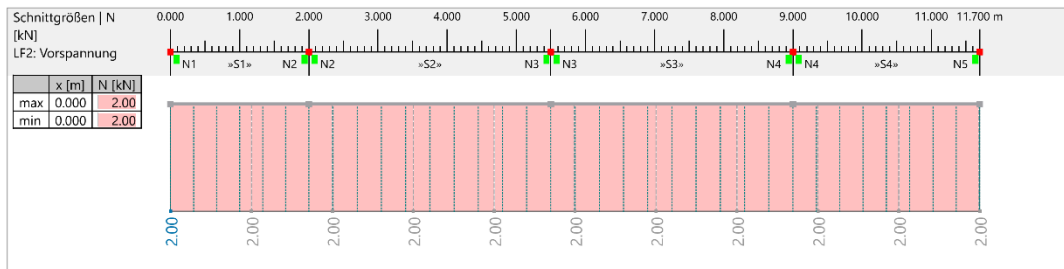
6.4 ERGEBNISVERLÄUFE - STABSATZ 1 | LF1

Statische Analyse



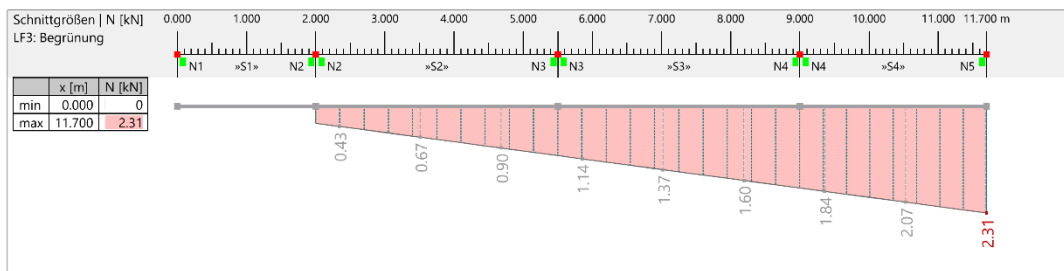
6.5 ERGEBNISVERLÄUFE - STABSATZ 1 | LF2

Statische Analyse



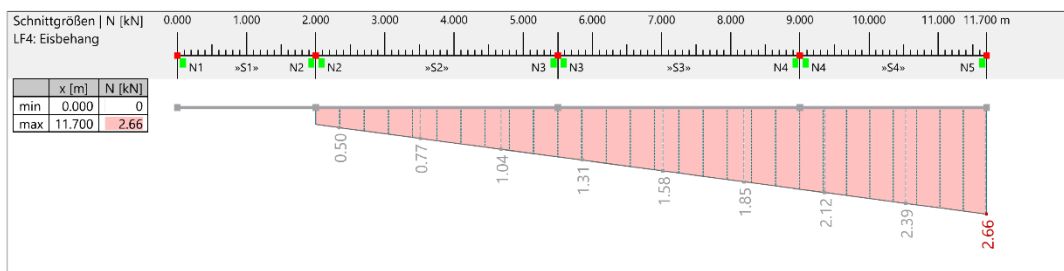
6.6 ERGEBNISVERLÄUFE - STABSATZ 1 | LF3

Statische Analyse



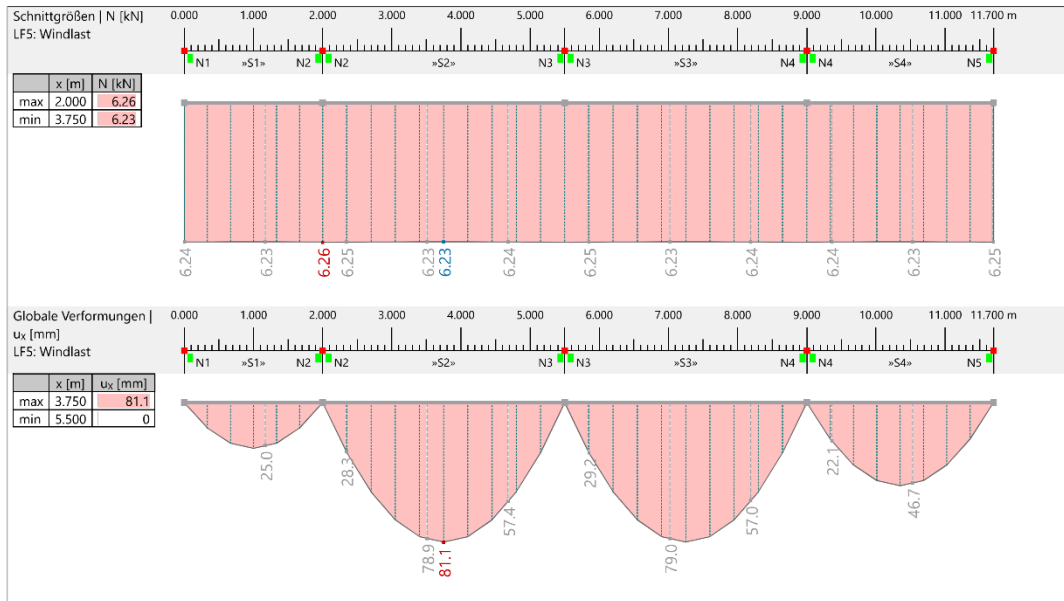
6.7 ERGEBNISVERLÄUFE - STABSATZ 1 | LF4

Statische Analyse



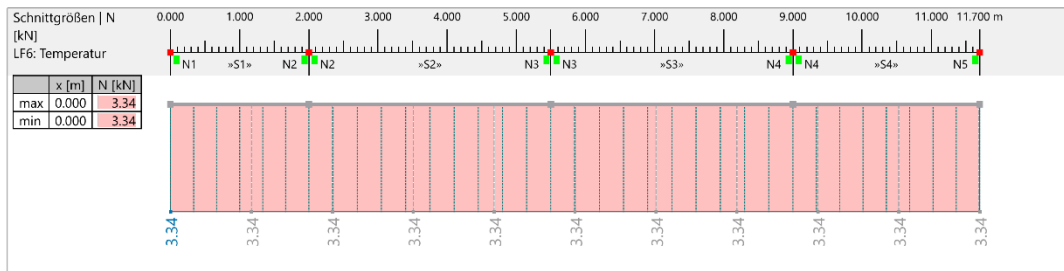
6.8 ERGEBNISVERLÄUFE - STABSATZ 1 | LF5

Statische Analyse



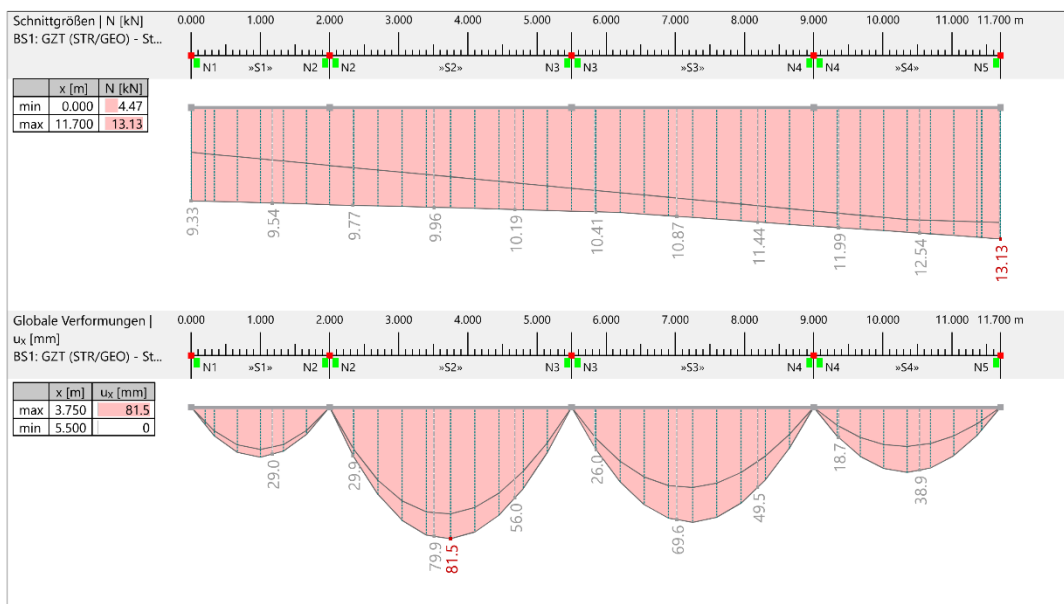
6.9 ERGEBNISVERLÄUFE - STABSATZ 1 | LF6

Statische Analyse



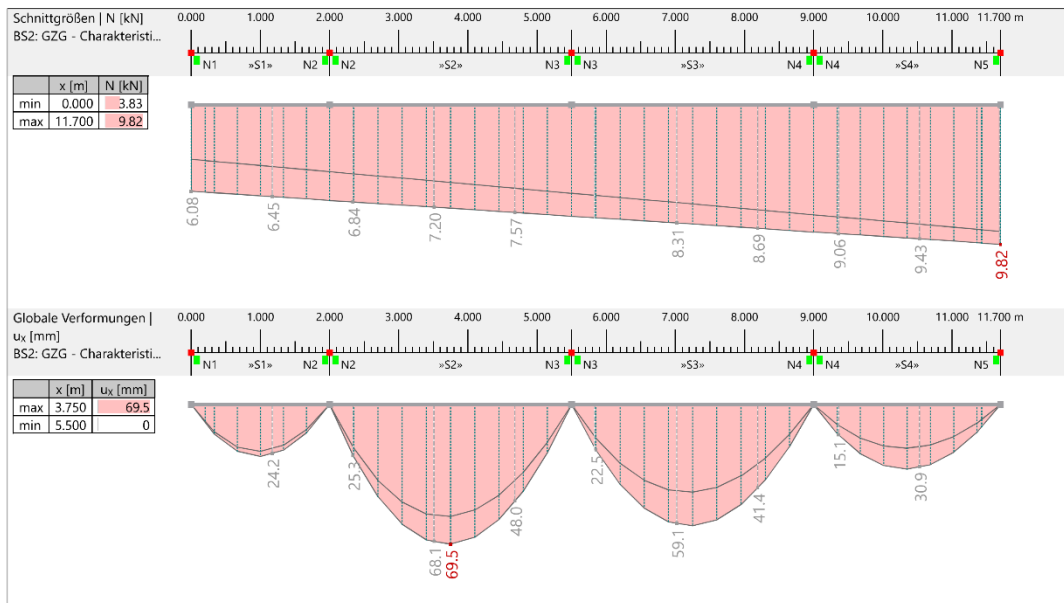
6.10 ERGEBNISVERLÄUFE - STABSATZ 1 | BS1

Statische Analyse



6.11 **ERGEBNISVERLÄUFE - STABSATZ 1 | BS2**

Statische Analyse



3 Auflagerkräfte

3.1 Allgemeines

Die Lagerkräfte wirken in vertikaler (P_z) und horizontaler Richtung (P_x), wobei die horizontalen Kräfte sowohl parallel als auch senkrecht zur Fassadenebene auftreten können. Für die Dübelbemessung sind zusätzlich Biegemomente zu berücksichtigen, die sich aus einem Hebelarm von 425 mm ergeben.

3.2 Obere Konsole

Knoten Nr.		Lagerkräfte [kN]		Zugehörige Belastung
		P_x	P_z	
5	P_x	0,68	13,11	LK1
5	P_x	0,41	12,09	LK2
5	P_z	0,68	13,11	LK1
5	P_z	0,67	11,46	LK3
Extremes		0,68	13,11	
		0,41	11,46	

3.3 Zwischenkonsolen

Knoten Nr.		Lagerkräfte [kN]		Zugehörige Belastung
		P_x	P_z	
2	P_x	1,36	0,00	LK3
2	P_x	0,80	0,00	LK2
2	P_z	1,35	0,00	LK1
2	P_z	1,35	0,00	LK1
Extremes		1,36	0,00	
		0,80	0,00	
3	P_x	1,74	0,00	LK1
3	P_x	1,05	0,00	LK2
3	P_z	1,74	0,00	LK1
3	P_z	1,74	0,00	LK1
Extremes		1,74	0,00	
		1,05	0,00	
4	P_x	1,55	0,00	LK1
4	P_x	0,93	0,00	LK2
4	P_z	1,55	0,00	LK1
4	P_z	1,55	0,00	LK1
Extremes		1,55	0,00	
		0,93	0,00	

3.4 Untere Konsole

Knoten Nr.		Lagerkräfte [kN]		Zugehörige Belastung
		Px	Pz	
1	Px	0,49	-9,31	LK3
1	Px	0,28	-4,46	LK2
1	Pz	0,28	-4,46	LK2
1	Pz	0,49	-9,31	LK3
Extremes		0,49	-4,46	
		0,28	-9,31	

3.5 Extremwerte

Knoten Nr.		Lagerkräfte [kN]		Zugehörige Belastung
		Px	Pz	
	Gesamte Max/Min-Werte mit zugehörigen Werten			
3	Px	1,74	0,00	LK1
1	Px	0,28	-4,46	LK2
5	Pz	0,68	13,11	LK1
1	Pz	0,49	-9,31	LK3

4 Dübelberechnung

4.1 Obere Konsole

www.hilti.de

Firma:		Seite:	1
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. I Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm obere Konsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

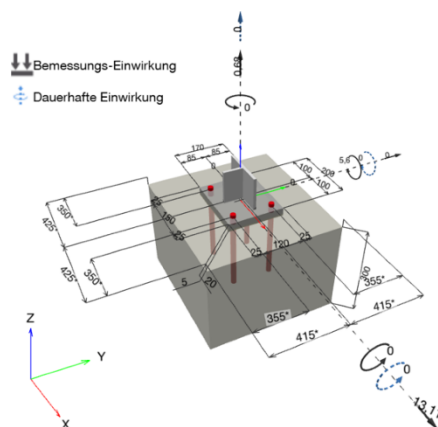
Kommentare des Planers:

1 Eingabedaten

Dübeltyp und Größe:	HIT-HY 200-A V3 + HAS-U A4 M16	
Nutzungsdauer in Jahren:	50	
Artikelnummer:	Kein Standardartikel verfügbar. Bitte Lieferzeiten beachten.	
Ausschreibungstext:	Hilti HAS-U A4 Gewindestange with HIT-HY 200-A V3 Injektionssystem with 220 mm embedment hef, M16, Rostfreier Stahl, Hammerbohren installation per Gebrauchsanweisung	
Effektive Verankerungstiefe:	$h_{ef,act} = 220,0 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)	
Werkstoff:	A4	
Zulassungs-Nr.:	Hilti Technische Daten	
Ausgestellt I Gültig:	- -	
Nachweis:	Bemessungsverfahren Erweiterte Norm EN 1992-4, chemisch	
Abstandsmontage:	Abstandsmontage mit Unterfütterung; Einspanngrad (Ankerplatte): 1,00; $e_b = 5,0 \text{ mm}$; $t = 20,0 \text{ mm}$ Mörteldruckfestigkeit = $120,00 \text{ N/mm}^2$	
Ankerplatte ^{CBFEM} :	$I_x \times I_y \times t = 200,0 \text{ mm} \times 170,0 \text{ mm} \times 20,0 \text{ mm}$;	
Profil:	1/2 HEA (1/2 IPBI), 1/2 HEA 140 (1/2 IPBI 140); (L x B x D x FD) = $66,5 \text{ mm} \times 140,0 \text{ mm} \times 8,5 \text{ mm} \times 8,5 \text{ mm}$	
Untergrund:	gerissener Beton, C16/20, $f_{c,cyl} = 16,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 300,0 \text{ mm}$, Temp. kurz/lang: 40/24 °C, Teilsicherheitsbeiwert für Werkstoff $\gamma_c = 1,500$; $\gamma_{c,seismic} = 1,500$	
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	

^{CBFEM} - Die Dübelberechnung basiert auf einer komponentenbasierten Finite-Elemente-Methode (CBFEM)

Geometrie [mm] & Belastungen [kN, kNm]



www.hilti.de

Firma:		Seite:	2
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. / Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm obere Konsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

1.1 Lastkombination

Fall	Beschreibung	Kräfte [kN] / Momente [kNm]	Erdbeben	Feuer	Max. Ausnutzung [%]
1	Kombination 1	$N = 0,000; V_x = 13,110; V_y = 0,680;$ $M_x = -0,290; M_y = 5,600; M_z = 0,000;$ $N_{sus} = 0,000; M_{x,sus} = 0,000; M_{y,sus} = 0,000;$	nein	keine	68
<u>2</u>	<u>Kombination 2</u>	<u>$N = 0,680; V_x = 13,110; V_y = 0,000;$</u> <u>$M_x = 0,000; M_y = 5,600; M_z = 0,000;$</u> <u>$N_{sus} = 0,000; M_{x,sus} = 0,000; M_{y,sus} = 0,000;$</u>	<u>nein</u>	<u>keine</u>	<u>69</u>

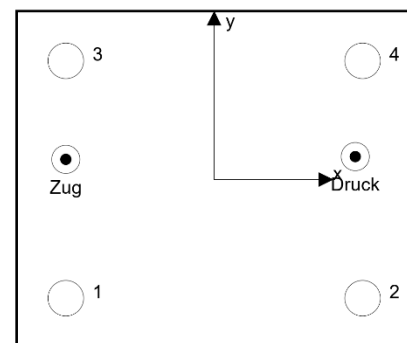
2 Lastfall/Resultierende Dübelkräfte

Überprüfung Lastfall: 2 Kombination 2

Resultierende Dübelkräfte [kN]

Normalkraft: +Zug -Druck

Dübel	Normalkraft	Querkraft	Querkraft x	Querkraft y
1	16,229	3,258	3,257	0,059
2	-0,002	3,283	3,283	-0,026
3	22,874	3,279	3,278	-0,071
4	-0,005	3,292	3,292	0,038



resultierende Zugkraft in (x/y)=(-75,0/10,2): 39,096 [kN]

resultierende Druckkraft in (x/y)=(71,3/11,6): 38,833 [kN]

Die Dübelkraft wird auf Grundlage einer komponentenbasierten Finite-Elemente-Methode (CBFEM) berechnet

www.hilti.de

Firma:		Seite:	3
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. / Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm obere Konsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

3 Zugbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.1)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_N [%]	Status
Stahlversagen*	22,874	58,770	39	OK
Kombiniertes Versagen Herausz. - Betonausbr.**	39,103	76,246	52	OK
Betonversagen**	39,103	119,568	33	OK
Spaltversagen**	39,103	71,073	56	OK

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (Dübel unter Zug)

3.1 Stahlversagen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$N_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
109,900	1,870	58,770	22,874

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. / Fax:
Befestigung: Hilti-Programm obere Konsole
Pos. Nr.:

Seite: 4
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

3.2 Kombiniertes Versagen Heraus. - Betonausbr.

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,Np} \cdot \psi_{ec1,Np} \cdot \psi_{ec2,Np} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.13)}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.14)}$$

$$\psi_{sus} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.14a)}$$

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{sus} \cdot \tau_{Rk}} \leq 3 \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.15)}$$

$$\psi_{g,Np} = \psi_{g,Np}^0 - \left(\frac{s}{s_{cr,Np}} \right)^{0,5} \cdot (\psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.17)}$$

$$\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}} \right)^{1,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.18)}$$

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.19)}$$

$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.20)}$$

$$\psi_{ec1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.21)}$$

$$\psi_{ec2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.21)}$$

$A_{p,N} [\text{mm}^2]$	$A_{p,N}^0 [\text{mm}^2]$	$\tau_{Rk,ucr,20} [\text{N/mm}^2]$	$s_{cr,Np} [\text{mm}]$	$c_{cr,Np} [\text{mm}]$	$c_{min} [\text{mm}]$	$f_{c,cyl} [\text{N/mm}^2]$
305.025	245.560	18,00	495,5	247,8	350,0	16,00
ψ_c	$\tau_{Rk,cr} [\text{N/mm}^2]$	k_3	$\tau_{Rk,c} [\text{N/mm}^2]$	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
0,894	8,50	7,700	9,09	1,040	1,020	
$e_{c1,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
0,0	1,000	10,2	0,960	1,000	1,000	
ψ_{sus}^0	α_{sus}	ψ_{sus}				
0,800	0,000	1,000				
$N_{Rk,p}^0 [\text{kN}]$	$N_{Rk,p} [\text{kN}]$	γ_{Mp}	$N_{Rd,p} [\text{kN}]$	$N_{Ed} [\text{kN}]$		
93,964	114,369	1,500	76,246	39,103		

Gruppe Dübel-ID
1, 3

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. | Fax: |
Befestigung: Hilti-Programm obere Konsole
Pos. Nr.:

Seite: 5
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

3.3 Betonversagen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.2)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,1}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,2}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 2,0 - \frac{z}{1,5 \cdot h_{ef}} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.7)}$$

$A_{c,N} [\text{mm}^2]$	$A_{c,N}^0 [\text{mm}^2]$	$c_{cr,N} [\text{mm}]$	$s_{cr,N} [\text{mm}]$	$f_{c,gy} [\text{N/mm}^2]$		
514.800	435.600	330,0	660,0	16,00		
$e_{c1,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$z [\text{mm}]$
0,0	1,000	10,2	0,970	1,000	1,000	146,3
$\psi_{M,N}$	k_1	$N_{Rk,c}^0 [\text{kN}]$	γ_{Mc}	$N_{Rd,c} [\text{kN}]$	$N_{Ed} [\text{kN}]$	
1,557	7,700	100,504	1,500	119,568	39,103	
Gruppe Dübel-ID						
1, 3						

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. / Fax:
Befestigung:
Pos. Nr.:

Seite: 6
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

3.4 Spaltversagen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,sp} = \frac{N_{Rk,sp}}{\gamma_{Msp}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,sp}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{h,sp} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.23)}$$

$$N_{Rk,sp}^0 = \min(N_{Rk,p}^0, N_{Rk,c}^0)$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,sp} \cdot s_{cr,sp} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,sp}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,1}}{s_{cr,sp}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,2}}{s_{cr,sp}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{h,sp} = \left(\frac{h}{h_{min}} \right)^{2/3} \leq \max \left\{ 1; \left(\frac{h_{ef} + 1,5 \cdot c_1}{h_{min}} \right)^{2/3} \right\} \leq 2,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.24)}$$

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	h_{min} [mm]	$\psi_{h,sp}$	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]
585.150	504.100	472,0	944,0	295,7	1,010	16,00
h_{ef} [mm]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]				
165,5	355,0	710,0				
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
0,0	1,000	10,2	0,972	0,996	1,000	7,700
$N_{Rk,sp}^0$ [kN]	γ_{Msp}	$N_{Rd,sp}$ [kN]	N_{Ed} [kN]			
93,964	1,500	71,073	39,103			

Gruppe Dübel-ID
1, 3

www.hilti.de

Firma:		Seite:	7
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. / Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm obere Konsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

4 Querbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.2)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_v [%]	Status
Stahlversagen ohne Hebelarm*	3,292	35,224	10	OK
Stahlversagen mit Hebelarm*	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite**	13,110	194,364	7	OK
Betonkantenbruch, Richtung x+**	13,110	30,931	43	OK

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (relevante Dübel)

4.1 Stahlversagen ohne Hebelarm

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.2}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.35)}$$

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	k_7	$V_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
54,950	1,000	54,950	1,560	35,224	3,292

4.2 Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite (Betonausbruch maßgebend)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.2}$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot \min \{N_{Rk,c}; N_{Rk,p}\} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.39c)}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1.5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.2)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{v,1}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{v,2}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.7)}$$

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k_8	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]	
631.800	435.600	330,0	660,0	2,000	16,00	
$e_{c1,V}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$	$\Psi_{M,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	1,000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{Mc,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
7.700	100.504	1.500	194.364	13.110		

Gruppe Dübel-ID

1-4

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. / Fax:
Befestigung:
Pos. Nr.:

Seite: 8
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

4.3 Betonkantenbruch, Richtung x+

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.2}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.40)}$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_g \cdot d_{nom}^\alpha \cdot l_f^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.41)}$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1} \right)^{0,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.42)}$$

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1} \right)^{0,2} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.43)}$$

$$A_{c,V}^0 = 4,5 \cdot c_1^2 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.44)}$$

$$\psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.45)}$$

$$\psi_{h,V} = \left(\frac{1,5 \cdot c_1}{h} \right)^{0,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.46)}$$

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_V}{3 \cdot c_1} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.47)}$$

$$\psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + (0,5 \cdot \sin \alpha_V)^2}} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.48)}$$

$$c_1' = \max \left(\frac{c_{2,max}}{1,5}, \frac{h}{1,5}, \frac{s_{2,max}}{3} \right) \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.50)}$$

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_g	α	β	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]	c_1 [mm]
192,0	16,00	1,700	0,090	0,058	16,00	350,0
c_1' [mm]	$A_{c,V}$ [mm ²]	$A_{c,V}^0$ [mm ²]	$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$
236,7	249.000	252.050	1,000	1,088	0,1	1,000
α_V [°]	$\psi_{\alpha,V}$	$\psi_{re,V}$				
0,28	1,000	1,000				
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Ed} [kN]			
43,190	1,500	30,931	13,110			

Gruppe Dübel-ID
2, 4

www.hilti.de

Firma:		Seite:	9
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. / Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm obere Konsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

5 Kombinierte Zug- und Querbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.3)

Stahlversagen

β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0,389	0,093	2,000	17	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

Betonversagen

β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0,550	0,424	1,500	69	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

6 Warnungen / Hinweise

- The anchor design methods in PROFIS Engineering require rigid anchor plates per current regulations (EN1992-4, ACI318, IS1946, AS 5216:2021, ETAG 001/Annex C, EOTA TR029 etc.). This means load re-distribution on the anchors due to elastic deformations of the anchor plate are not considered - the anchor plate is assumed to be sufficiently stiff, in order not to be deformed when subjected to the design loading. PROFIS Engineering calculates the minimum required anchor plate thickness with CBFEM to limit the stress of the anchor plate based on the assumptions explained above. The proof if the rigid base plate assumption is valid is not carried out by PROFIS Engineering. Input data and results must be checked for agreement with the existing conditions and for plausibility!
- Die in diesem Bericht dargestellten Gleichungen beruhen auf metrischen Einheiten. Wenn Eingaben in zölligen Einheiten angezeigt werden, sollte sich der Benutzer bewusst sein, dass die Gleichungen in ihrem metrischen Format bleiben.
- Die Lasteinleitung in den Untergrund muss gewährleistet sein gemäß EN 1992-4, Anhang A.
- Achtung! Im Falle von Druckkräften muss der Nachweis der Knicksicherheit, lokalen Druckkrafteinleitung und Kraftweiterleitung im Bauteil (inkl. Durchstanzen) zusätzlich erbracht werden.
- Sofern in der entsprechenden ETA nicht anders angegeben, ist die Bemessung nur gültig, solange der Durchmesser des Loches in der Ankerplatte kleiner ist als die Werte in Tabelle 6.1 der Norm EN 1992-4. Für größere Durchmesser der Durchgangslöcher siehe Abs. 6.2.2 der Norm EN 1992-4.
- Die Liste der Zubehörteile in diesem Bericht ist nur zur Information des Anwenders. Die Setzanweisungen, die mit dem Produkt mitgeliefert werden, sind stets zu beachten, um eine korrekte Installation zu gewährleisten.
- Zur Bestimmung des $\psi_{re,v}$ (Betonkantenbruch) wird die in den Bemessungseinstellungen definierte Mindestbetondeckung als Betondeckung der Randbewehrung verwendet.
- Die Reinigung ist gemäß Gebrauchsanweisung durchzuführen. (2-maliges Ausblasen mit ölfreier Druckluft (min. 6 bar), 2-maliges Ausbürsten und 2-maliges Ausblasen mit ölfreier Druckluft (min. 6 bar)).
- Die zulässigen Verbundspannungswerte sind von den vorliegenden Kurz- und Langzeittemperaturen abhängig.
- Randbewehrung zur Verhinderung des Spaltens des Betons nicht erforderlich!
- Die Dübelbemessungsverfahren in PROFIS Engineering erfordern starre Ankerplatten gemäß den geltenden Vorschriften (AS 5216:2018, ETAG 001/Anhang C, EOTA TR029 usw.). Dies bedeutet, dass die Ankerplatte ausreichend steif sein sollte, um eine Lastverteilung auf die Dübel durch elastische/plastische Verschiebungen zu verhindern. Der Anwender akzeptiert, dass die Ankerplatte durch technische Beurteilung als nahezu starr betrachtet wird."
- Die charakteristischen Verbundspannungswerte sind abhängig von der geplanten Nutzungsdauer in Jahren: 50

Nachweis der Verankerung: OK!

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. / Fax:
Befestigung: Hilti-Programm obere Konsole
Pos. Nr.:

Seite: 10
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

7 Installationsdaten

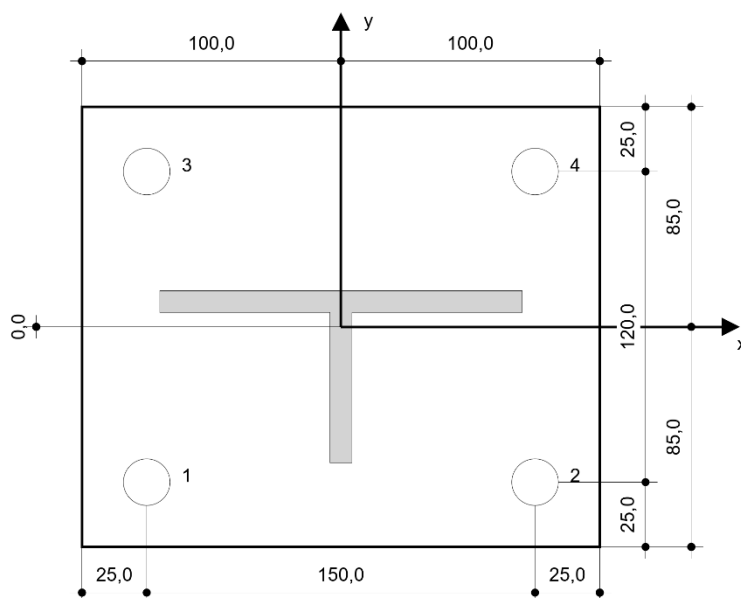
Ankerplatte, Stahl: S 235; $E = 210.000,00 \text{ N/mm}^2$; $f_{yk} = 235,00 \text{ N/mm}^2$
 Profil: 1/2 HEA (1/2 IPBI), 1/2 HEA 140 (1/2 IPBI 140); $(L \times B \times D \times FD) = 66,5$
 mm x 140,0 mm x 8,5 mm x 8,5 mm
 Durchmesser Durchgangsloch (Vorsteckmontage): $d_f = 18,0 \text{ mm}$
 Durchmesser Durchgangsloch (Durchsteckmontage): $d_f = 20,0 \text{ mm}$
 Plattendicke (Eingabe): 20,0 mm
 Bohrmethode: Hammergebohrt
 Reinigungsart: Druckluftreinigung des Bohrloches ist erforderlich

Dübeltyp und Größe: HIT-HY 200-A V3 + HAS-U A4 M16
 Artikelnummer: Kein Standardartikel verfügbar. Bitte
 Lieferzeiten beachten.
 Maximales Montagedrehmoment: 80 Nm
 Durchmesser Bohrloch im Untergrund: 18,0 mm
 Bohrlochtiefe im Untergrund: 220,0 mm
 Minimale Bauteildicke gem. ETA: 295,7 mm

Hilti HAS-U A4 Gewindestange with HIT-HY 200-A V3 Injektionssystem with 220 mm embedment hef, M16, Rostfreier Stahl, Hammerbohren
 installation per Gebrauchsanweisung

7.1 Erforderliches Zubehör

Bohren	Reinigen	Installieren
- Geeigneter Hammerbohrer - Hammerbohrer geeigneten Durchmessers	- Druckluft mit erforderlichen Zubehörteilen um das Loch von unten auszublasen - Drahtbürste korrekter Durchmesser	- Auspressgeräte einschließlich Kassette und Mischer - Für tiefe Bohrlöcher ist ein Stauzapfen erforderlich - Drehmomentschlüssel



Koordinaten Dübel [mm]

Dübel	x	y	c _{-x}	c _{+x}	c _{-y}	c _{+y}
1	-75,0	-60,0	350,0	500,0	355,0	475,0
2	75,0	-60,0	500,0	350,0	355,0	475,0
3	-75,0	60,0	350,0	500,0	475,0	355,0
4	75,0	60,0	500,0	350,0	475,0	355,0

4.2 Zwischenkonsolen

www.hilti.de

Firma:		Seite:	1
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. I Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm Zwischenkonsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

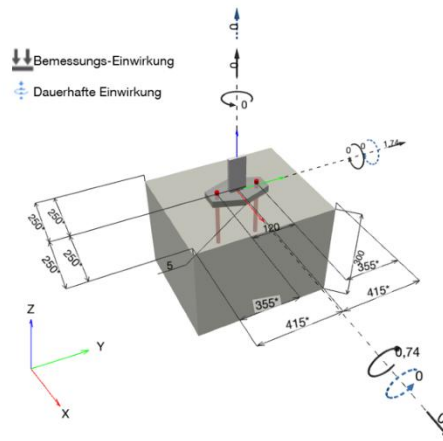
Kommentare des Planers:

1 Eingabedaten

Dübeltyp und Größe:	HIT-HY 200-A V3 + HAS-U A4 M12	
Nutzungsdauer in Jahren:	50	
Artikelnummer:	Kein Standardartikel verfügbar. Bitte Lieferzeiten beachten.	
Ausschreibungstext:	Hilti HAS-U A4 Gewindestange with HIT-HY 200-A V3 Injektionssystem with 150 mm embedment hef, M12, Rostfreier Stahl, Hammerbohren installation per Gebrauchsanweisung	
Effektive Verankerungstiefe:	$h_{ef,act} = 150,0 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)	
Werkstoff:	A4	
Zulassungs-Nr.:	Hilti Technische Daten	
Ausgestellt I Gültig:	- -	
Nachweis:	SOFA basierend auf EN 1992-4, chemisch	
Abstandsmontage:	Abstandsmontage mit Unterfütterung; Einspanngrad (Ankerplatte): 1,00; $e_b = 5,0 \text{ mm}$; $t = 15,0 \text{ mm}$ Mörteldruckfestigkeit = $120,00 \text{ N/mm}^2$ $l_x \times l_y \times t = 110,0 \text{ mm} \times 170,0 \text{ mm} \times 15,0 \text{ mm}$	
Ankerplatte ^{CBFEM} :	Vierkantstahl, 50×10 ; ($L \times B \times D$) = $50,0 \text{ mm} \times 10,0 \text{ mm}$	
Untergrund:	gerissener Beton, C16/20, $f_{c,cyl} = 16,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 300,0 \text{ mm}$, Temp. kurz/lang: 40/24 °C, Teilsicherheitsbeiwert für Werkstoff $\gamma_c = 1,500$; $\gamma_{c,seismic} = 1,500$	
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	

^{CBFEM} - Die Dübelberechnung basiert auf einer komponentenbasierten Finite-Elemente-Methode (CBFEM)

Geometrie [mm] & Belastungen [kN, kNm]



www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. | Fax: |
Befestigung: Hilti-Programm Zwischenkonsole
Pos. Nr.:

Seite: 2
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

1.1 Lastkombination

Fall	Beschreibung	Kräfte [kN] / Momente [kNm]	Erdbeben	Feuer	Max. Ausnutzung [%]
1	Kombination 1	$N = 0,000; V_x = 0,000; V_y = 1,740;$ $M_x = -0,740; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ $N_{sus} = 0,000; M_{x,sus} = 0,000; M_{y,sus} = 0,000;$	nein	keine	21
2	Kombination 2	$N = 1,740; V_x = 0,000; V_y = 0,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ $N_{sus} = 0,000; M_{x,sus} = 0,000; M_{y,sus} = 0,000;$	nein	keine	6

2 Lastfall/Resultierende Dübelkräfte

Überprüfung Lastfall: 1 Kombination 1

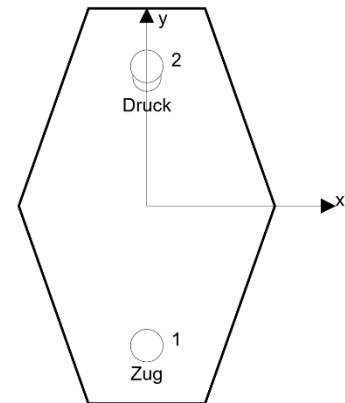
Resultierende Dübelkräfte [kN]

Normalkraft: +Zug -Druck

Dübel	Normalkraft	Querkraft	Querkraft x	Querkraft y
1	6,605	0,872	-0,000	0,872
2	-0,002	0,868	-0,000	0,868

resultierende Zugkraft in (x/y)=(0,0/-60,0): 6,604 [kN]

resultierende Druckkraft in (x/y)=(0,0/55,3): 6,707 [kN]



Die Dübelkraft wird auf Grundlage einer komponentenbasierten Finite-Elemente-Methode (CBFEM) berechnet

www.hilti.de

Firma:		Seite:	3
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. I Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm Zwischenkonsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

3 Zugbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.1)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_N [%]	Status
Stahlversagen*	6,605	31,551	21	OK
Kombiniertes Versagen Herausz. - Betonausbr.**	6,605	32,033	21	OK
Betonversagen**	6,605	56,110	12	OK
Spaltversagen**	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (Dübel unter Zug)

3.1 Stahlversagen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$N_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
59,000	1,870	31,551	6,605

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. | Fax: |
Befestigung: Hilti-Programm Zwischenkonsole
Pos. Nr.:

Seite: 4
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

3.2 Kombiniertes Versagen Heraus. - Betonausbr.

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,Np} \cdot \psi_{ec1,Np} \cdot \psi_{ec2,Np} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.13)}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.14)}$$

$$\psi_{sus} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.14a)}$$

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{sus} \cdot \tau_{Rk}} \leq 3 \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.15)}$$

$$\psi_{g,Np} = \psi_{g,Np}^0 - \left(\frac{s}{s_{cr,Np}} \right)^{0,5} \cdot (\psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.17)}$$

$$\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}} \right)^{1,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.18)}$$

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.19)}$$

$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.20)}$$

$$\psi_{ec1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.21)}$$

$$\psi_{ec2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.21)}$$

$A_{p,N} [\text{mm}^2]$	$A_{p,N}^0 [\text{mm}^2]$	$\tau_{Rk,ucr,20} [\text{N/mm}^2]$	$s_{cr,Np} [\text{mm}]$	$c_{cr,Np} [\text{mm}]$	$c_{min} [\text{mm}]$	$f_{c,cyl} [\text{N/mm}^2]$
138.128	138.128	18,00	371,7	185,8	250,0	16,00
ψ_c	$\tau_{Rk,cr} [\text{N/mm}^2]$	k_3	$\tau_{Rk,c} [\text{N/mm}^2]$	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
0,894	8,50	7,700	10,01	1,000	1,000	
$e_{c1,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	
ψ_{sus}^0	α_{sus}	ψ_{sus}				
0,800	0,000	1,000				
$N_{Rk,p}^0 [\text{kN}]$	$N_{Rk,p} [\text{kN}]$	γ_{Mp}	$N_{Rd,p} [\text{kN}]$	$N_{Ed} [\text{kN}]$		
48,050	48,050	1,500	32,033	6,605		

Gruppe Dübel-ID

1

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. | Fax: |
Befestigung: Hilti-Programm Zwischenkonsole
Pos. Nr.:

Seite: 5
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

3.3 Betonversagen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.2)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,1}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,2}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 2,0 - \frac{z}{1,5 \cdot h_{ef}} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.7)}$$

$A_{c,N} [\text{mm}^2]$	$A_{c,N}^0 [\text{mm}^2]$	$c_{cr,N} [\text{mm}]$	$s_{cr,N} [\text{mm}]$	$f_{c,cyl} [\text{N/mm}^2]$		
202.500	202.500	225,0	450,0	16,00		
$e_{c1,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$z [\text{mm}]$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	115,3
$\psi_{M,N}$	k_1	$N_{Rk,c}^0 [\text{kN}]$	γ_{Mc}	$N_{Rd,c} [\text{kN}]$	$N_{Ed} [\text{kN}]$	
1,487	7,700	56,583	1,500	56,110	6,605	

Gruppe Dübel-ID

1

www.hilti.de

Firma:		Seite:	6
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm Zwischenkonsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

4 Querbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.2)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_v [%]	Status
Stahlversagen ohne Hebelarm*	0,872	18,910	5	OK
Stahlversagen mit Hebelarm*	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite**	1,740	88,048	2	OK
Betonkantenbruch, Richtung y+**	1,740	16,099	11	OK

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (relevante Dübel)

4.1 Stahlversagen ohne Hebelarm

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.2}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.35)}$$

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	k_7	$V_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
29,500	1,000	29,500	1,560	18,910	0,872

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. | Fax: |
Befestigung: Hilti-Programm Zwischenkonsole
Pos. Nr.:

Seite: 7
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

4.2 Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite (Verbundversagen maßgebend)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.2}$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot \min \{N_{Rk,c}; N_{Rk,p}\} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.39c)}$$

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,Np} \cdot \psi_{ec1,Np} \cdot \psi_{ec2,Np} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.13)}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.14)}$$

$$\psi_{sus} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.14a)}$$

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{sus} \cdot \tau_{Rk}} \leq 3 \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.15)}$$

$$\psi_{g,Np} = \psi_{g,Np}^0 \cdot \left(\frac{s}{s_{cr,Np}} \right)^{0,5} \cdot (\psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.17)}$$

$$\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}} \right)^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.18)}$$

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.19)}$$

$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.20)}$$

$$\psi_{ec1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.21)}$$

$$\psi_{ec2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.21)}$$

$A_{p,N} [\text{mm}^2]$	$A_{p,N}^0 [\text{mm}^2]$	$\tau_{Rk,ucr,20} [\text{N/mm}^2]$	$s_{cr,Np} [\text{mm}]$	$c_{cr,Np} [\text{mm}]$	$c_{min} [\text{mm}]$	$f_{c,cyl} [\text{N/mm}^2]$
182.726	138.128	18,00	371,7	185,8	250,0	16,00
ψ_c	$\tau_{Rk,cr} [\text{N/mm}^2]$	k_3	$\tau_{Rk,c} [\text{N/mm}^2]$	k_8	$\psi_{g,Np}^0$	
0,894	8,50	7,700	10,01	2,000	1,090	
$\psi_{g,Np}$	$e_{c1,V} [\text{mm}]$	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,V} [\text{mm}]$	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	
1,039	0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	
$\psi_{re,Np}$	ψ_{sus}^0	α_{sus}	ψ_{sus}			
1,000	0,800	0,000	1,000			
$N_{Rk,p}^0 [\text{kN}]$	$N_{Rk,p} [\text{kN}]$	$\gamma_{Mc,p}$	$V_{Rd,cp} [\text{kN}]$	$V_{Ed} [\text{kN}]$		
48,050	66,036	1,500	88,048	1,740		
Gruppe Dübel-ID						
1, 2						

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. / Fax:
Befestigung: Hilti-Programm Zwischenkonsole
Pos. Nr.:

Seite: 8
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

4.3 Betonkantenbruch, Richtung y+

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}}$$

EN 1992-4, Tabelle 7.2

$$V_{Rk,c} = \psi_{b,g} \cdot V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V}$$

Hilti Methode für die Bemessung von Dübeln mit unterfütterten Abstandsmontage, Hilti, 2023

$$\psi_{b,g} = \frac{1}{\alpha_{b,g}} = \frac{1}{1 + \frac{C \cdot t_g}{d^{\frac{3}{4}}}}$$

Hilti Methode für die Bemessung von Dübeln mit unterfütterten Abstandsmontage, Hilti, 2023

$$V_{Rk,c}^0 = k_g \cdot d_{nom}^\alpha \cdot l_f^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1,5}$$

EN 1992-4, Gl. (7.41)

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1} \right)$$

EN 1992-4, Gl. (7.42)

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1} \right)^{0,2}$$

EN 1992-4, Gl. (7.43)

$$A_{c,V}^0 = 4,5 \cdot c_1^2$$

EN 1992-4, Gl. (7.44)

$$\psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} \leq 1,00$$

EN 1992-4, Gl. (7.45)

$$\psi_{h,V} = \left(\frac{1,5 \cdot c_1}{h} \right)^{0,5} \geq 1,00$$

EN 1992-4, Gl. (7.46)

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_V}{3 \cdot c_1} \right)} \leq 1,00$$

EN 1992-4, Gl. (7.47)

$$\psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + (0,5 \cdot \sin \alpha_V)^2}} \geq 1,00$$

EN 1992-4, Gl. (7.48)

$$c_1' = \max \left(\frac{c_{2,max}}{1,5}, \frac{h}{1,5}, \frac{s_{2,max}}{3} \right)$$

EN 1992-4, Gl. (7.50))

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_g	α	β	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]	c_1 [mm]
144,0	12,00	1,700	0,085	0,057	16,00	355,0
$\psi_{b,g}$	$C \left[\frac{1}{mm^{0,25}} \right]$	d [mm]	t_g [mm]			
0,968	0,043	12,0	5,0			
c_1' [mm]	$A_{c,V}$ [mm ²]	$A_{c,V}^0$ [mm ²]	$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$
200,0	150.000	180.000	0,950	1,000	0,0	1,000
α_V [°]	$\psi_{\alpha,V}$	$\psi_{re,V}$				
0,00	1,000	1,000				
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Ed} [kN]			
31,520	1,500	16,099	1,740			

Gruppe Dübel-ID

2

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. | Fax: |
Befestigung: Hilti-Programm Zwischenkonsole
Pos. Nr.:

Seite: 9
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

5 Kombinierte Zug- und Querbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.3 und Hilti Methode für die Bemessung von Dübeln mit unterfütterten Abstandsmontage, Hilti, 2023)

Stahlversagen

β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0,209	0,046	2,000	5	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

Betonversagen

β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0,206	0,108	1,500	13	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

6 Warnungen / Hinweise

- The anchor design methods in PROFIS Engineering require rigid anchor plates per current regulations (EN1992-4, ACI318, IS1946, AS 5216:2021, ETAG 001/Annex C, EOTA TR029 etc.). This means load re-distribution on the anchors due to elastic deformations of the anchor plate are not considered - the anchor plate is assumed to be sufficiently stiff, in order not to be deformed when subjected to the design loading. PROFIS Engineering calculates the minimum required anchor plate thickness with CBFEM to limit the stress of the anchor plate based on the assumptions explained above. The proof if the rigid base plate assumption is valid is not carried out by PROFIS Engineering. Input data and results must be checked for agreement with the existing conditions and for plausibility!
- Die in diesem Bericht dargestellten Gleichungen beruhen auf metrischen Einheiten. Wenn Eingaben in zölligen Einheiten angezeigt werden, sollte sich der Benutzer bewusst sein, dass die Gleichungen in ihrem metrischen Format bleiben.
- Die Lastenleitung in den Untergrund muss gewährleistet sein gemäß EN 1992-4, Anhang A.
- Achtung! Im Falle von Druckkräften muss der Nachweis der Knicksicherheit, lokalen Druckkrafteinleitung und Kraftweiterleitung im Bauteil (inkl. Durchstanzen) zusätzlich erbracht werden.
- Sofern in der entsprechenden ETA nicht anders angegeben, ist die Bemessung nur gültig, solange der Durchmesser des Loches in der Ankerplatte kleiner ist als die Werte in Tabelle 6.1 der Norm EN 1992-4. Für größere Durchmesser der Durchgangslöcher siehe Abs. 6.2.2 der Norm EN 1992-4.
- Die Liste der Zubehörteile in diesem Bericht ist nur zur Information des Anwenders. Die Setzanweisungen, die mit dem Produkt mitgeliefert werden, sind stets zu beachten, um eine korrekte Installation zu gewährleisten.
- Zur Bestimmung des $\psi_{re,v}$ (Betonkantenbruch) wird die in den Bemessungseinstellungen definierte Mindestbetondeckung als Betondeckung der Randbewehrung verwendet.
- Die Reinigung ist gemäß Gebrauchsanweisung durchzuführen. (2-maliges Ausblasen mit ölfreier Druckluft (min. 6 bar), 2-maliges Ausbürsten und 2-maliges Ausblasen mit ölfreier Druckluft (min. 6 bar)).
- Die zulässigen Verbundspannungswerte sind von den vorliegenden Kurz- und Langzeittemperaturen abhängig.
- Randbewehrung zur Verhinderung des Spaltens des Betons nicht erforderlich!
- Die Dübelbemessungsverfahren in PROFIS Engineering erfordern starre Ankerplatten gemäß den geltenden Vorschriften (AS 5216:2018, ETAG 001/Anhang C, EOTA TR029 usw.). Dies bedeutet, dass die Ankerplatte ausreichend steif sein sollte, um eine Lastverteilung auf die Dübel durch elastische/plastische Verschiebungen zu verhindern. Der Anwender akzeptiert, dass die Ankerplatte durch technische Beurteilung als nahezu starr betrachtet wird."
- Die charakteristischen Verbundspannungswerte sind abhängig von der geplanten Nutzungsdauer in Jahren: 50

Nachweis der Verankerung: OK!

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. | Fax: |
Befestigung: Hilti-Programm Zwischenkonsole
Pos. Nr.:

Seite: 10
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

7 Installationsdaten

Ankerplatte, Stahl: S 235; $E = 210.000,00 \text{ N/mm}^2$; $f_{yk} = 235,00 \text{ N/mm}^2$
Profil: Vierkantstahl, 50 x 10; $(L \times B \times D) = 50,0 \text{ mm} \times 10,0 \text{ mm}$

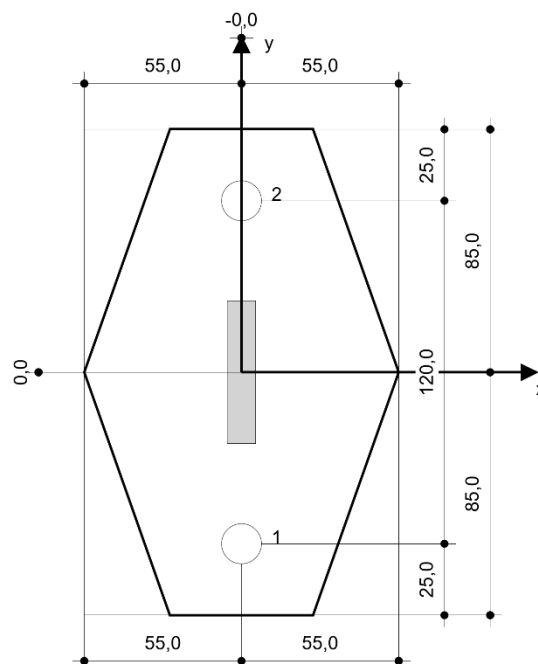
Durchmesser Durchgangsloch (Vorsteckmontage): $d_i = 14,0 \text{ mm}$
Durchmesser Durchgangsloch (Durchsteckmontage): $d_f = 16,0 \text{ mm}$
Plattendicke (Eingabe): 15,0 mm
Bohrmethode: Hammergebohrt
Reinigungsart: Druckluftreinigung des Bohrloches ist erforderlich

Dübeltyp und Größe: HIT-HY 200-A V3 + HAS-U A4 M12
Artikelnummer: Kein Standardartikel verfügbar. Bitte
Lieferzeiten beachten.
Maximales Montagedrehmoment: 40 Nm
Durchmesser Bohrloch im Untergrund: 14,0 mm
Bohrlochtiefe im Untergrund: 150,0 mm
Minimale Bauteildicke gem. ETA: 180,0 mm

Hilti HAS-U A4 Gewindestange with HIT-HY 200-A V3 Injektionssystem with 150 mm embedment hef, M12, Rostfreier Stahl, Hammerbohren
installation per Gebrauchsanweisung

7.1 Erforderliches Zubehör

Bohren	Reinigen	Installieren
- Geeigneter Hammerbohrer - Hammerbohrer geeigneten Durchmessers	- Druckluft mit erforderlichen Zubehörteilen um das Loch von unten auszublasen - Drahtbürste korrekter Durchmesser	- Auspressgeräte einschließlich Kassette und Mischer - Für tiefe Bohrlocher ist ein Stauzapfen erforderlich - Drehmomentschlüssel



Koordinaten Dübel [mm]

Dübel	x	y	c _{-x}	c _{+x}	c _{-y}	c _{+y}
1	0,0	-60,0	250,0	250,0	355,0	475,0
2	0,0	60,0	250,0	250,0	475,0	355,0

4.3 Untere Konsole

www.hilti.de

Firma:		Seite:	1
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm untere Konsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

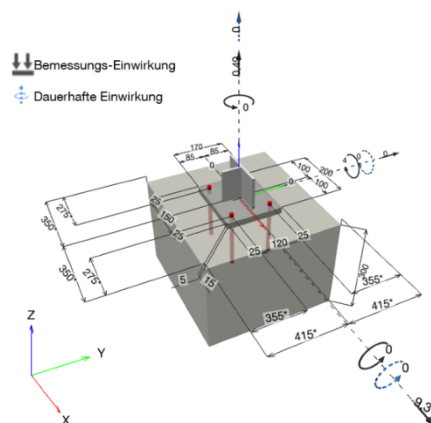
Kommentare des Planers:

1 Eingabedaten

Dübeltyp und Größe:	HIT-HY 200-A V3 + HAS-U A4 M12	
Nutzungsdauer in Jahren:	50	
Artikelnummer:	Kein Standardartikel verfügbar. Bitte Lieferzeiten beachten.	
Ausschreibungstext:	Hilti HAS-U A4 Gewindestange with HIT-HY 200-A V3 Injektionssystem with 150 mm embedment hef, M12, Rostfreier Stahl, Hammerbohren installation per Gebrauchsanweisung	
Effektive Verankerungstiefe:	$h_{ef,act} = 150,0 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{mm}$)	
Werkstoff:	A4	
Zulassungs-Nr.:	Hilti Technische Daten	
Ausgestellt Gültig:	- -	
Nachweis:	Bemessungsverfahren Erweiterte Norm EN 1992-4, chemisch	
Abstandsmontage:	Abstandsmontage mit Unterfütterung; Einspanngrad (Ankerplatte): 1,00; $e_b = 5,0 \text{ mm}$; $t = 15,0 \text{ mm}$ Mörteldruckfestigkeit = $120,00 \text{ N/mm}^2$	
Ankerplatte ^{CBFEM} :	$l_x \times l_y \times t = 200,0 \text{ mm} \times 170,0 \text{ mm} \times 15,0 \text{ mm}$;	
Profil:	1/2 HEA (1/2 IPBI), 1/2 HEA 140 (1/2 IPBI 140); (L x B x D x FD) = $66,5 \text{ mm} \times 140,0 \text{ mm} \times 8,5 \text{ mm} \times 8,5 \text{ mm}$	
Untergrund:	gerissener Beton, C12/15, $f_{c,cyl} = 12,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 300,0 \text{ mm}$, Temp. kurz/lang: 40/24 °C, Teilsicherheitsbeiwert für Werkstoff $\gamma_c = 1,500$; $\gamma_{c,seismic} = 1,500$	
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	

^{CBFEM} - Die Dübelberechnung basiert auf einer komponentenbasierten Finite-Elemente-Methode (CBFEM)

Geometrie [mm] & Belastungen [kN, kNm]



www.hilti.de

Firma:		Seite:	2
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. / Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm untere Konsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

1.1 Lastkombination

Fall	Beschreibung	Kräfte [kN] / Momente [kNm]	Erdbeben	Feuer	Max. Ausnutzung [%]
1	Kombination 1	$N = 0,000; V_x = 9,310; V_y = 0,490;$ $M_x = -0,210; M_y = 4,000; M_z = 0,000;$ $N_{sus} = 0,000; M_{x,sus} = 0,000; M_{y,sus} = 0,000;$	nein	keine	86
2	<u>Kombination 2</u>	<u>$N = 0,490; V_x = 9,310; V_y = 0,000;$</u> <u>$M_x = 0,000; M_y = 4,000; M_z = 0,000;$</u> <u>$N_{sus} = 0,000; M_{x,sus} = 0,000; M_{y,sus} = 0,000;$</u>	<u>nein</u>	<u>keine</u>	<u>88</u>

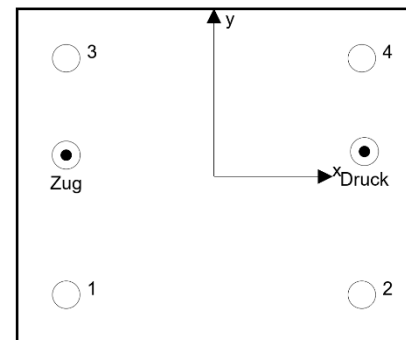
2 Lastfall/Resultierende Dübelkräfte

Überprüfung Lastfall: 2 Kombination 2

Resultierende Dübelkräfte [kN]

Normalkraft: +Zug -Druck

Dübel	Normalkraft	Querkraft	Querkraft x	Querkraft y
1	10,960	2,317	2,316	0,050
2	-0,001	2,330	2,330	-0,013
3	15,802	2,327	2,326	-0,057
4	-0,003	2,338	2,338	0,020



resultierende Zugkraft in (x/y)=(-75,0/10,9): 26,757 [kN]

resultierende Druckkraft in (x/y)=(76,3/12,7): 26,727 [kN]

Die Dübelkraft wird auf Grundlage einer komponentenbasierten Finite-Elemente-Methode (CBFEM) berechnet

www.hilti.de

Firma:		Seite:	3
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm untere Konsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

3 Zugbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.1)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_N [%]	Status
Stahlversagen*	15,802	31,551	51	OK
Kombiniertes Versagen Herausz. - Betonausbr.**	26,762	36,022	75	OK
Betonversagen**	26,762	52,398	52	OK
Spaltversagen**	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (Dübel unter Zug)

3.1 Stahlversagen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$N_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
59,000	1,870	31,551	15,802

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. / Fax:
Befestigung: Hilti-Programm untere Konsole
Pos. Nr.:

Seite: 4
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

3.2 Kombiniertes Versagen Heraus. - Betonausbr.

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,Np} \cdot \psi_{ec1,Np} \cdot \psi_{ec2,Np} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.13)}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.14)}$$

$$\psi_{sus} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.14a)}$$

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{sus} \cdot \tau_{Rk}} \leq 3 \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.15)}$$

$$\psi_{g,Np}^0 = \psi_{g,Np}^0 - \left(\frac{s}{s_{cr,Np}} \right)^{0,5} \cdot (\psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.17)}$$

$$\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}} \right)^{1,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.18)}$$

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.19)}$$

$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.20)}$$

$$\psi_{ec1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.21)}$$

$$\psi_{ec2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,Np}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.21)}$$

$A_{p,N} [\text{mm}^2]$	$A_{p,N}^0 [\text{mm}^2]$	$\tau_{Rk,ucr,20} [\text{N/mm}^2]$	$s_{cr,Np} [\text{mm}]$	$c_{cr,Np} [\text{mm}]$	$c_{min} [\text{mm}]$	$f_{c,cyl} [\text{N/mm}^2]$
182.726	138.128	18,00	371,7	185,8	275,0	12,00
ψ_c	$\tau_{Rk,cr} [\text{N/mm}^2]$	k_3	$\tau_{Rk,c} [\text{N/mm}^2]$	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
0,775	7,36	7,700	8,67	1,090	1,039	
$e_{c1,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
0,0	1,000	10,9	0,945	1,000	1,000	
ψ_{sus}^0	α_{sus}	ψ_{sus}				
0,800	0,000	1,000				
$N_{Rk,p}^0 [\text{kN}]$	$N_{Rk,p} [\text{kN}]$	γ_{Mp}	$N_{Rd,p} [\text{kN}]$	$N_{Ed} [\text{kN}]$		
41,612	54,032	1,500	36,022	26,762		

Gruppe Dübel-ID

1, 3

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. | Fax: |
Befestigung: Hilti-Programm untere Konsole
Pos. Nr.:

Seite: 5
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

3.3 Betonversagen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.2)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,1}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,2}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 2,0 - \frac{z}{1,5 \cdot h_{ef}} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.7)}$$

$A_{c,N} [\text{mm}^2]$	$A_{c,N}^0 [\text{mm}^2]$	$c_{cr,N} [\text{mm}]$	$s_{cr,N} [\text{mm}]$	$f_{c, cyl} [\text{N/mm}^2]$		
256.500	202.500	225,0	450,0	12,00		
$e_{c1,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N} [\text{mm}]$	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$z [\text{mm}]$
0,0	1,000	10,9	0,954	1,000	1,000	151,3
$\psi_{M,N}$	k_1	$N_{Rk,c}^0 [\text{kN}]$	γ_{Mc}	$N_{Rd,c} [\text{kN}]$	$N_{Ed} [\text{kN}]$	
1,327	7,700	49,002	1,500	52,398	26,762	

Gruppe Dübel-ID
1, 3

www.hilti.de

Firma:		Seite:	6
Adresse:		Bearbeiter:	
Tel. I Fax:		E-Mail:	
Befestigung:	Hilti-Programm untere Konsole	Datum:	15.05.2026
Pos. Nr.:			

4 Querbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.2)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_v [%]	Status
Stahlversagen ohne Hebelarm*	2,338	18,910	13	OK
Stahlversagen mit Hebelarm*	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite**	9,310	110,346	9	OK
Betonkantenbruch, Richtung x+**	9,310	24,510	38	OK

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (relevante Dübel)

4.1 Stahlversagen ohne Hebelarm

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.2}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.35)}$$

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	k_7	$V_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
29,500	1,000	29,500	1,560	18,910	2,338

4.2 Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite (Betonausbruch maßgebend)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.2}$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot \min \{N_{Rk,c}; N_{Rk,p}\} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.39c)}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot l_{ef}^{1.5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.2)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{V,1}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{V,2}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.7)}$$

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k_8	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]	
342.000	202.500	225,0	450,0	2,000	12,00	
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$\psi_{M,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	1,000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{Mc,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
7,700	49,002	1,500	110,346	9,310		
Gruppe Dübel-ID						
1-4						

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. | Fax: |
Befestigung: Hilti-Programm untere Konsole
Pos. Nr.:

Seite: 7
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

4.3 Betonkantenbruch, Richtung x+

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.2}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.40)}$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_g \cdot d_{nom}^\alpha \cdot l_f^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.41)}$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1} \right)^{0,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.42)}$$

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1} \right)^{0,2} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.43)}$$

$$A_{c,V}^0 = 4,5 \cdot c_1^2 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.44)}$$

$$\psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.45)}$$

$$\psi_{h,V} = \left(\frac{1,5 \cdot c_1}{h} \right)^{0,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.46)}$$

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_v}{3 \cdot c_1} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.47)}$$

$$\psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_v)^2 + (0,5 \cdot \sin \alpha_v)^2}} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.48)}$$

$$c_1 = \max \left(\frac{c_{2,max}}{1,5}, \frac{h}{1,5}, \frac{s_{2,max}}{3} \right) \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.50)}$$

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_g	α	β	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]	c_1 [mm]
144,0	12,00	1,700	0,078	0,055	12,00	275,0
c_1 [mm]	$A_{c,V}$ [mm ²]	$A_{c,V}^0$ [mm ²]	$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$
236,7	249.000	252.050	1,000	1,088	0,1	1,000
α_v [°]	$\psi_{\alpha,V}$	$\psi_{re,V}$				
0,20	1,000	1,000				
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Ed} [kN]			
34,222	1,500	24,510	9,310			
Gruppe Dübel-ID						
2, 4						

www.hilti.de

Firma:	Seite: 8
Adresse:	Bearbeiter:
Tel. Fax:	E-Mail:
Befestigung: Hilti-Programm untere Konsole	Datum: 15.05.2026
Pos. Nr.:	

5 Kombinierte Zug- und Querbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.3)

Stahlversagen

β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0,501	0,123	2,000	27	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

Betonversagen

β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0,743	0,380	1,500	88	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

6 Warnungen / Hinweise

- The anchor design methods in PROFIS Engineering require rigid anchor plates per current regulations (EN1992-4, ACI318, IS1946, AS 5216:2021, ETAG 001/Annex C, EOTA TR029 etc.). This means load re-distribution on the anchors due to elastic deformations of the anchor plate are not considered - the anchor plate is assumed to be sufficiently stiff, in order not to be deformed when subjected to the design loading. PROFIS Engineering calculates the minimum required anchor plate thickness with CBFEM to limit the stress of the anchor plate based on the assumptions explained above. The proof if the rigid base plate assumption is valid is not carried out by PROFIS Engineering. Input data and results must be checked for agreement with the existing conditions and for plausibility!
- Die in diesem Bericht dargestellten Gleichungen beruhen auf metrischen Einheiten. Wenn Eingaben in zölligen Einheiten angezeigt werden, sollte sich der Benutzer bewusst sein, dass die Gleichungen in ihrem metrischen Format bleiben.
- Die Lasteinleitung in den Untergrund muss gewährleistet sein gemäß EN 1992-4, Anhang A.
- Achtung! Im Falle von Druckkräften muss der Nachweis der Knicksicherheit, lokalen Druckkrafteinleitung und Kraftweiterleitung im Bauteil (inkl. Durchstanzen) zusätzlich erbracht werden.
- Sofern in der entsprechenden ETA nicht anders angegeben, ist die Bemessung nur gültig, solange der Durchmesser des Loches in der Ankerplatte kleiner ist als die Werte in Tabelle 6.1 der Norm EN 1992-4. Für größere Durchmesser der Durchgangslöcher siehe Abs. 6.2.2 der Norm EN 1992-4.
- Die Liste der Zubehörteile in diesem Bericht ist nur zur Information des Anwenders. Die Setzanweisungen, die mit dem Produkt mitgeliefert werden, sind stets zu beachten, um eine korrekte Installation zu gewährleisten.
- Zur Bestimmung des $\psi_{re,V}$ (Betonkantenbruch) wird die in den Bemessungseinstellungen definierte Mindestbetondeckung als Betondeckung der Randbewehrung verwendet.
- Die Reinigung ist gemäß Gebrauchsanweisung durchzuführen. (2-maliges Ausblasen mit ölfreier Druckluft (min. 6 bar), 2-maliges Ausbürsten und 2-maliges Ausblasen mit ölfreier Druckluft (min. 6 bar)).
- Die zulässigen Verbundspannungswerte sind von den vorliegenden Kurz- und Langzeitemperaturen abhängig.
- Randbewehrung zur Verhinderung des Spaltens des Betons nicht erforderlich!
- Die Dübelbemessungsverfahren in PROFIS Engineering erfordern starre Ankerplatten gemäß den geltenden Vorschriften (AS 5216:2018, ETAG 001/Anhang C, EOTA TR029 usw.). Dies bedeutet, dass die Ankerplatte ausreichend steif sein sollte, um eine Lastverteilung auf die Dübel durch elastische/plastische Verschiebungen zu verhindern. Der Anwender akzeptiert, dass die Ankerplatte durch technische Beurteilung als nahezu starr betrachtet wird."
- Die charakteristischen Verbundspannungswerte sind abhängig von der geplanten Nutzungsdauer in Jahren: 50

Nachweis der Verankerung: OK!

www.hilti.de

Firma:
Adresse:
Tel. | Fax:
Befestigung: Hilti-Programm untere Konsole
Pos. Nr.:

Seite: 9
Bearbeiter:
E-Mail:
Datum: 15.05.2026

7 Installationsdaten

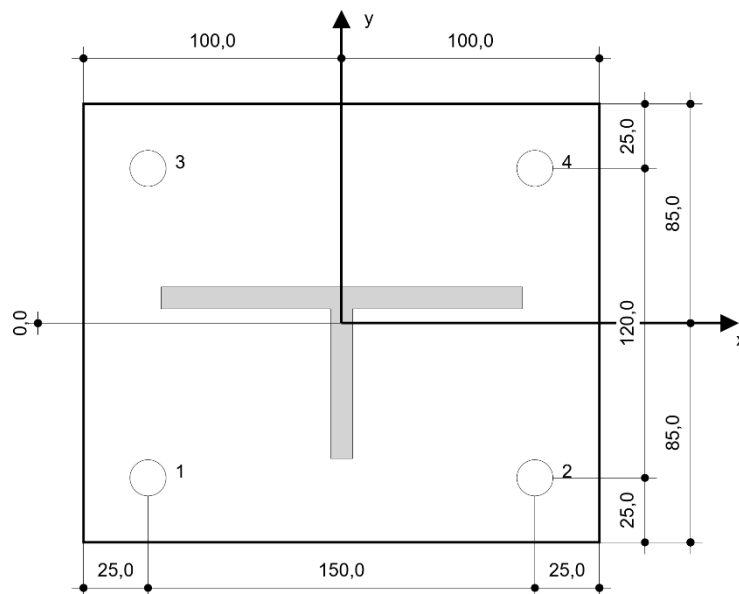
Ankerplatte, Stahl: S 235; E = 210.000,00 N/mm²; $f_{yk} = 235,00$ N/mm²
 Profil: 1/2 HEA (1/2 IPB), 1/2 HEA 140 (1/2 IPB 140); (L x B x D x FD) = 66,5 mm x 140,0 mm x 8,5 mm x 8,5 mm
 Durchmesser Durchgangsloch (Vorsteckmontage) : $d_f = 14,0$ mm
 Durchmesser Durchgangsloch (Durchsteckmontage) : $d_f = 16,0$ mm
 Plattendicke (Eingabe): 15,0 mm
 Bohrmethode: Hammergebohrt
 Reinigungsart: Druckluftreinigung des Bohrloches ist erforderlich

Dübeltyp und Größe: HIT-HY 200-A V3 + HAS-U A4 M12
 Artikelnummer: Kein Standardartikel verfügbar. Bitte Lieferzeiten beachten.
 Maximales Montagedrehmoment: 40 Nm
 Durchmesser Bohrloch im Untergrund: 14,0 mm
 Bohrlochtiefe im Untergrund: 150,0 mm
 Minimale Bauteildicke gem. ETA: 251,8 mm

Hilti HAS-U A4 Gewindestange with HIT-HY 200-A V3 Injektionssystem with 150 mm embedment hef, M12, Rostfreier Stahl, Hammerbohren installation per Gebrauchsanweisung

7.1 Erforderliches Zubehör

Bohren	Reinigen	Installieren
- Geeigneter Hammerbohrer - Hammerbohrer geeigneten Durchmessers	- Druckluft mit erforderlichen Zubehörfteilen um das Loch von unten auszublasen - Drahtbürste korrekter Durchmesser	- Auspressgeräte einschließlich Kassette und Mischer - Für tiefe Bohrlöcher ist ein Stauzapfen erforderlich - Drehmomentschlüssel



Koordinaten Dübel [mm]

Dübel	x	y	c _{-x}	c _{+x}	c _{-y}	c _{+y}
1	-75,0	-60,0	275,0	425,0	355,0	475,0
2	75,0	-60,0	425,0	275,0	355,0	475,0
3	-75,0	60,0	275,0	425,0	475,0	355,0
4	75,0	60,0	425,0	275,0	475,0	355,0

5 Nachweis der Konsolen

Die Konsolen wurden vom Hersteller auf folgende Lasten nachgewiesen:

Endkonsolen

Zugkraftkraft in Richtung der Seilachse:	$P_{X,Ed} = 13,60 \text{ kN}$
Horizontalkraft parallel zur Fassade:	$P_{Y,Ed} = 1,45 \text{ kN}$
Horizontalkraft orthogonal zur Fassade:	$P_{Z,Ed} = 1,45 \text{ kN}$

Zwischenkonsolen

Zugkraftkraft in Richtung der Seilachse:	$P_{X,Ed} = 0,00 \text{ kN}$
Horizontalkraft parallel zur Fassade:	$P_{Y,Ed} = 2,68 \text{ kN}$
Horizontalkraft orthogonal zur Fassade:	$P_{Z,Ed} = 2,68 \text{ kN}$

Folgende Systeme wurden vom Hersteller statisch nachgewiesen:

Grenzzugkraft 6x19+WSC, Ø 8,00mm: $Z_{S,Rd} = 21,84 \text{ kN}$

Windzone	Lastklasse	Seillänge [m]	Zwischen-konsolen	Seilkraft [kN]	Ausnutzung [%]
WZ 1	2	20	3	12,50	57
WZ 1	3	20	3	13,40	61
WZ 2	2	20	5	12,80	59
WZ 2	3	20	5	13,70	63
WZ 3	2	20	7	12,40	57
WZ 3	3	20	7	13,20	60
WZ 4	2	20	8	12,60	58
WZ 4	3	20	8	13,50	62

WZ 2	5	18	8	13,20	60
------	---	----	---	-------	----

Gemäß Herstellerstatik beträgt die maximale Ausnutzung 92 % (maßgebend: Fußplatte, $t = 15 \text{ mm}$); ohne die Fußplatte liegt sie bei 80 %. Die Vertikalkraft ist im vorliegenden Fall etwas geringer als in der Herstellerstatik, allerdings hat der Hersteller eine höhere Betonfestigkeitsklassen ($\geq C20/25$) vorausgesetzt. Um eine ungleichmäßige Lastverteilung über die vier Dübel der oberen Endkonsole zu vermeiden, ist die Fußplatte mit einer erhöhten Dicke von $t = 20 \text{ mm}$ auszuführen. Außerdem sind M16-Gewindestangen für die obere Endkonsole zu verwenden. Die Schraublöcher in der Fußplatte der oberen Endkonsole sind entsprechend anzupassen ($\varnothing = 18 \text{ mm}$), der Nachweis der Konsolen gilt ohne gesonderte Nachrechnung als erfüllt.

6 Materialliste

Rankhilfensystem **GRENCABLE® HEAVY W-425** mit:

- 1 x Seil Ø 8 mm inkl. Befestigung u. Spannsystem
- 1 x Endkonsole Standardausfertigung als **untere Endkonsole**
- 1 x Endkonsole abweichend zur Standardausfertigung mit Fußplattendicke $t = 20$ mm und Loch-Ø = 18 mm als **obere Endkonsole**
- 3 x Zwischenkonsole
- 5 x Thermoplatten (5 mm)

Für die **obere Endkonsole**:

Hilti HAS-U A4 M16×300 mit HIT-HY 200-A V3

- 4 x Artikel (Anker) 2223922 HAS-U A4 M16×300
- 4 x Artikel (Mörtel) 2378170 HIT-HY 200-A V3

Gewindestange M16, Rostfreier Stahl A4, Einbindetiefe $h_{ef} = 220$ mm

Für die **Zwischenkonsolen** und die **untere Endkonsole**:

Hilti HAS-U A4 M12×200 mit HIT-HY 200-A V3

- 10 x Artikel (Anker) 2223846 HAS-U A4 M12×200
- 10 x Artikel (Mörtel) 2378170 HIT-HY 200-A V3

Gewindestange M12, Rostfreier Stahl A4, Einbindetiefe $h_{ef} = 150$ mm

7 Schlusseite

Aufgestellte Seiten: 01 – 79

Mainz, 15.05.2026



Dr.-Ing. L. Loh