DAHLEM
Beratende Ingenieure GmbH & Co.
Wasserwirtschaft KG

Bonsiepen 7
45136 Essen

Tel.: 0201/89 67 0
Fax: 0201/89 67 123

Statische Berechnung

Bauvorhaben: Klärwerk Leipzig-Rosental, Kapazitätserweiterung

Bauwerk: Rohr- und Kabelbrücke

Auftraggeber: Leipziger Wasserwerke

Bauherr: Leipziger Wasserwerke

Planung: Planungsgemeinschaft Rosental (PGR)

Statik: Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co.
Wasserwirtschaft KG

Projekt-Nr.: 14060

Die statische Berechnung umfasst folgende Seiten: 1 - 213, Anlage A1 bis A4

Diese statische Berechnung darf nur ungekürzt an Dritte weitergegeben werden.

DAHLEM

Aufgestellt: Essen, November 2019

DAHLEM

Ingenieurkammer-Bau
Nordrhein-Westfalen

INGENIEURKAMMER-BAU NORDRHEIN-WESTFALEN
BERATENDER INGENIEUR
100886

(Unterschrift Geschäftsführung/Geschäftsleitung)

i.A. Jens Neuhausen

(Unterschrift Sachbearbeiter)

Ingenieurkammer-Bau NRW
Dipl.-Ing.
Jens Neuhausen
qualifizierter
Tragwerksplaner
Mitgliedsnummer 713280

Geprüft durch _____

Datum _____

DAHLEM

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung 3

Positionspläne 9

Position 1 - Kabelbühne, Vertikalträger HEA 120 12

Position 2 - Kabelbühne, Gitterrost 17

Position 3 - Kabelbühne, Querträger IPE 200 19

Position 4 - Kabelbühne, Längsträger HEA 300 25

Position 5 - Kabelbühne, Längsträger HEA 300 31

Position 6 - Kabelbühne, Längsträger HEA 300 35

Position 7 - Kabelbühne, Längsträger HEA 300 39

Position 8 - Kabelbühne, Längsträger HEA 300 43

Position 9 - Kabelbühne, Längsträger HEA 300 47

Position 10 - Kabelbühne, Trägerstoß 51

Position 11 - Bereich 1, Stützen Rohrbrücke 54

Position 12 - Bereich 3, Stahlrahmen Rohrbrücke Auflager C (87), D (91) 95

Position 13 - Bereich 3, Stahlrahmen Rohrbrücke Auflager B (83), A 150

Anlagen

DAHLEM

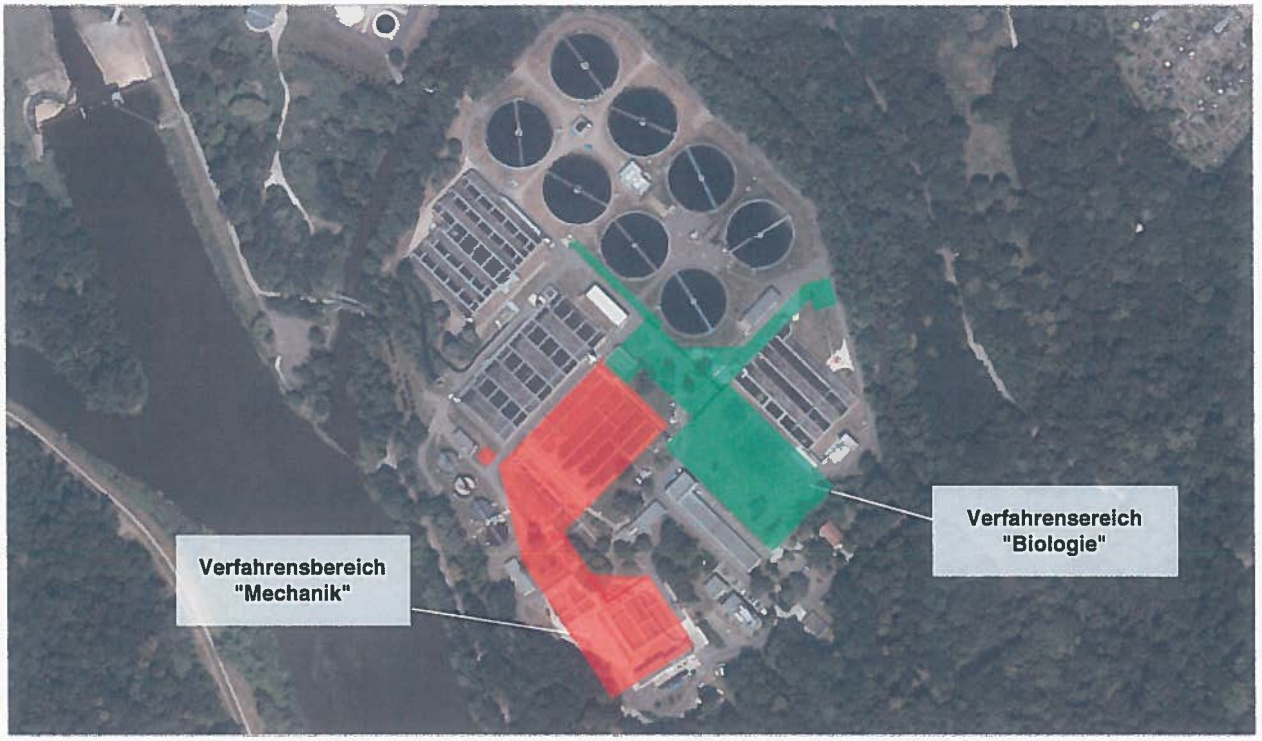
Vorbemerkung

Die Leipziger Wasserwerke betreiben mit dem Klärwerk Rosental eine Kläranlage, die die Abwässer aus dem Stadtgebiet Leipzig sowie angrenzenden Ortslagen mechanisch-biologisch reinigt. Verbunden mit dem Bevölkerungszuwachs im Stadtgebiet Leipzig in den letzten Jahren sowie den altersbedingten Verschleißerscheinungen ist eine Ertüchtigung und Erweiterung des Klärwerks unter Berücksichtigung erhöhter Behandlungskapazitäten erforderlich.

Im Rahmen der Ertüchtigung und Erweiterung des Klärwerks Rosental sind folgende Erweiterungen und Neubauten der nachstehenden Verfahrensbereiche geplant:

- **Ersatz/Neubau der mechanischen Stufe**
  mit: Hebewerk (Schneckenpumpwerk)
  Rechengebäude
  Sand- und Fettfang
  Vorklärung

- **Erweiterung/Neubau der biologischen Stufe**
  mit: Verteilerbauwerk
  Doppelstockbecken Biologie E (Kaskadenbelebung und Nachklärung mit 9 Straßen)
  Verdichter-/Energiestation C/E/F
  Fällmitteldosierstation
  Rohr- und Kabelbrücke



Die Planungsgemeinschaft Rosental (PGR), als Zusammenschluss der DAHLEM Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG, der TUTTAHS & MEYER Ingenieurgesellschaft mbH und der IBR Ingenieurbüro Redlich und Partner GmbH, wurde von den Leipziger Wasserwerken mit der Planung zur Erweiterung des Klärwerks Rosental beauftragt.

DAHLEM

Die vorliegende statische Berechnung beinhaltet die statischen Nachweise für die **Rohr- und Kabelbrücke zwischen Ablaufschacht, Verdichterstation und Biologie E**.

Die Rohr- und Kabelbrücke verläuft zwischen Ablaufschacht Biologie E und Biologie E in fünf Teilbereichen:

- **Bereich 1 zwischen Ablaufschacht Biologie E und Verdichterstation**
  Kragstützen aus Stahl zur Auflagerung der Rohrleitung DA 1220x10, Gründung mittels Fundament und Bohrpfahl.

- **Bereich 2 im Bereich der Verdichterstation**
  Auflagerung der Rohrleitung DA 1220x10 und Teilen der Kabelbrücke auf Kragträger bzw. 1-fach gestützen Balken aus Stahlbeton. Statische Nachweise in der Statik "Verdichterstation".

- **Bereich 3 zwischen Verdichterstation und Biologie E**
  Stahlrahmen zur Auflagerung der Rohrleitung DA 1220x10 und der Kabelbrücke, Gründung mittels Fundamentbalken und Bohrpfählen.

- **Bereich 4 an Nord-West-Seite der geplanten Biologie E**
  Auflagerung der Rohrleitung DA 1220x10 auf Stahlrahmen und Wänden der geplanten Biologie E. Statische Nachweise in der Statik "Biologie E".

- **Bereich 5 an Süd-West-Seite der geplanten Biologie E**
  Auflagerung der Rohrleitung DA 1220x10 auf Stahlrahmen und Wänden der geplanten Biologie E. Statische Nachweise in der Statik "Biologie E".

Die Rohrleitung DA 1220x10 ist selbsttragend und in der Rohrstatik der SIGMA Ingenieurgesellschaft nachgewiesen. In der vorliegenden Statik "Rohr- und Kabelbrücke" werden die statischen Nachweise für die Kabelbrücke sowie der Auflagerungen bzw. Gründungen für Rohr- und Kabelbrücke in den Bereichen 1 und 3 geführt. Als Berechnungsgrund-lagen dienen die 1/50 - Pläne des Objektplaners, die auch als Positionspläne verwendet werden.

Planungsgrundlagen

Die Berechnungen erfolgen auf Basis folgender Unterlagen:

- Rohrleitungsberechnung der SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH vom 03.07.2019
- Plan 1370 007/003 006 03 Lageplan, Lageplanausschnitt Biologie
- Plan 1370 007/003 049 02 Belebung, Hebewerk NK I bis IX, Nachklärung I bis IX
  Draufsicht Nachklärbecken I bis IX
- Plan 1370 007/003 049 04 Belebung, Hebewerk NK I bis IX, Nachklärung I bis IX
  Schnitte D-D bis G-G
- Plan 1370 007/003 074 02 Verdichterstation C, E/F, Grundrisse, Obergeschoss und Dach
- Plan 1370 007/003 074 03 Verdichterstation C, E/F, Schnitte, Ansichten

DAHLEM

Konstruktion

Kabelbrücke: Bediensteg mit Laufsteg aus Gitterrost (maximale Spannweite 1,50m) und vertikalen Stützen zur Auflagerung der Kabelbühnen. Tragkonstruktion aus Stahlträgern mit konstruktivem horizontalen Aussteifungsverband.

Bereich 1: Stahlstützen als Kragstützen mit Einspannung in Einzelfundament bzw. Bohrpfahl.

Bereich 3: Stahlrahmen mit Aussteifung mittels K-Verbänden in Querrichtung und in Längsrichtung als Kragstützen mit Einspannung in Fundamentbalken bzw. Bohrpfahl.

Baugrundgutachten

Es lag das Baugrundgutachten BG 1180-1/16 zum Teil B - Biologie des Erdbaulabor Leipzig GmbH vom 21. Oktober 2016, der 1. Nachtrag BG 1180-1_1.NT/17 zum Teil B - Biologie, der 2. Nachtrag BG 1180-1_2.NT/18 zum Teil B - Biologie, der 3. Nachtrag BG 1180-3.NT/18 zum Teil B - Biologie sowie die Angaben zur Verbaubemessung, übermittelt per Email am 12. September 2019, vor.

Demnach stellt sich der Baugrund als 4-Schichten-Modell dar (Baugrundgutachten BG 1180-1/16, Tabelle 2).

Tabelle 2: Baugrundschichtung

Baugrundschichten /Stratigrafie	*Teufenbereich der Baugrundschichten in m u. OK Fahrbahn Gelände / m NHN*	*erkundete Schicht-mächtigkeit in m*
Schicht 1 : Auffüllung (A) – fein-bis grobkörniger sowie organische Auffüllungsboden / Holozän	von GOK bis 5,9 / 106,8 – 98,9	von 0,6 bis 5,9
Schicht 2: Auelehm (Lf) / Holozän	von 0,6 bis 6,2 / 105,3 – 99,1	von 0 bis 3,7
Schicht 3 : Flussschotter (gG - mG) / Holozän - Pleistozän	von 3,2 bis 10,3 / 101,8 – 94,3	von 0 bis 6,2
Schicht 4 : Tertiärsande (mS) / Oligozän	von 8,55 bis 15,0 / 97,5 – 89,6	von 0 bis 5,6

Unter Berücksichtigung der Baugrundaufschlüsse in den Anlagen der vorgenannten Baugrundgutachten wird im Baubereich des Belebungsbeckens E folgender Baugrundaufbau angesetzt:

- Auffüllungen: GOK bis +102,00
- Auelehm: +102,00 bis +99,00
- Flussschotter: +99,00 bis +96,00
- Tertiärsande: ab +96,00

Die Baugrundkennwerte können der Tabelle 7 des Baugrundgutachten BG 1180-1/16 entnommen werden.

DAHLEM

Tabelle 7: Charakteristische Bodenkennwerte

Kennwerte / Zustandsgrößen	Auffüllung (Schicht 1)	Auelehm (Schicht 2)	Flussschotter (Schicht 3)	Tertiärsande (Schicht 4)
Teufenbereich (m u. OK Gel. / m NHN)	0,6 – 5,9 / 106,8 -98,9	0,6 – 6,2 / 105,3 – 99,1	3,2 – 10,3 / 101,8 – 94,3	8,55 – 15,0 / 97,55 bis 89,6
Bodenarten (DIN 4022)	U, S, G, Bauschutt, Beton, Papier, Klärschlamm usw.	U, ,t, s, g, o	gG-mG, gs-ms, f g, yx , (u) - mS, gs-mg, u'	mS, gs, fg bis mS, fs, u,
Bodengruppen (DIN 18196)	A, [GW]- [SU*] / [TM][OT], [F]	TA – TM, OU, OT, HZ	GW, GI, GU, (SW, SU) [3]	SE, SU
Bodenklassen (DIN 18300)	Kl. 2 – 5 [6]	Kl. 4 - 5 / 2 **	Kl. 3 (6)	Kl. 3 - 4
Durchlässigkeit k_f (m/s)	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-8}$	$10^{-6} - 10^{-9}$	$10^{-2} - 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-4}$
Frostgefährdung (ZTVE)	F 1 – F 3	F 3	F 1 – F 2	F 1 – F 2
Rohwichte γ (kN/m³)	11 – 20 / 2 - 10	18 / 9[1] (15 / 7)[2]	18 -19 / 9 -10[1]	19 / 10[1]
wirks. Steifemodul E_{sk} (MN/m²)	1 - 25	3 - 5 (1)[2]	60 - 10	100 - 150
wirks. Reibungswinkel ϕ'_k(°)	15 – 32,5	22,5 - 25 (15)[2]	35 (32,5)[3]	32,5
wirks. Kohäsion c'_k (kN/m²)	0 - 6	5 - 15 (0)[2]	0	0 - 3

- [1] Rohwichte unter Auftrieb;
- ( )[2] - Kennwerte für weiche bis breiige Auelehmschichtbereiche
- ( )[3] - Kennwerte für sandige Flussschotterbereiche

Für die Bemessung der Gründungspfähle werden die geotechnischen Vorgaben gemäß Tabelle 3 und Tabelle 4 des Baugrundgutachten BG 1180-1_2.NT/18 angesetzt.

Gemäß Baugrundgutachten beträgt die Mindesteinbindetiefe in die tragfähige Schicht (mittel dicht gelagerter Flussschotter und dicht gelagerter Tertiärsand) 2,50 m. Somit liegt die Unterkante des Bohrpfahls bei +92,50 m NHN.

DAHLEM

Tabelle 3: Charakteristische Werte für Pfahlmantelreibung und Pfahlspitzenwiderstand- Medienbrücke und Wasserkraftanlage

Bodenschicht	Bruchwert der Pfahlmantelreibung $\rho_{s,k}$ in kN/m²	Pfahlspitzendruck $\rho_{b,k}$ in kN/m²	bezogene Pfahlkopf-setzung s/D bzw. s/D$_F$	horizontaler Bettungsmodul k_s (1) in MN/m³
Auffüllung und Auelehm 105,6 m NHN bis 99,5 m NHN	-/-	-/-	-/-	0 bis 5 linear ansteigend von UK Bohrpfahlkopfplatte
Flussschotter bis 95,5 m NHN	-/-	-/-	- /-	konstant 60
Flussschotter bis 93,8 m NHN	58,3	-/-	- /-	konstant 80
Tertiärsande bis 90,6 m NHN	130	1.750 2.250 4.000	0,02 0,03 0,10	konstant 140

• (1) - Bettungsmodul bezogen auf einen Pfahldurchmesser von D = 1,0 m

➢ *Tabelle 4: Berechnungsansätze und Berechnungsergebnisse für die Bohrpfähle - Medienbrücke und Wasserkraftanlage*

Berechnungsansätze Berechnungsergebnisse	Bohrpfahl-durchmesser D = 0,60 m	Bohrpfahl-durchmesser D = 0,80 m	Bohrpfahl-durchmesser D = 1,00 m
angesetzte OK Bohrpfahl /Bohrebene (m NHN)	104,5 [1] / 102,0 [2]	104,5 [1] / 102,0 [2]	104,5 [1] / 102,0 [2]
Unterkante Pfahl (m NHN)	92,5	92,5	92,5
Einbindetiefe tragfähiger Flussschotter u. Tertiärsand (m)	3,0	3,0	3,0
Bohrpfahllänge (m)	12,0 [1] / 9,5 [2]	12,0 [1] / 9,5 [2]	12,0 [1] / 9,5 [2]
zulässige axiale Pfahltragfähigkeit (MN)	0,84	1,38	2,05
Pfahlkopfsetzung bei zulässiger Pfahltragfähigkeit (cm)	0,82	1,29	1,76

[1] – *Angaben für Medienbrücke,*

[2] – *Angaben für Wasserkraftanlage,*

Baustoffe

Bohrpfähle: Beton C 30/37, XC2 / XA1 / WF

Fundamente: Beton C 35/45, XC4 / XD2 / XA1 / XF2 / WF

Betonstahl: B500B

Profilstahl: S 235 JR

Normen und Richtlinien

▪ DIN EN 1990/NA	Eurocode Grundlagen der Tragwerksplanung
▪ DIN EN 1991-1-1 bis 7	Eurocode 1 Einwirkungen auf Tragwerke
▪ DIN EN 1992-1-1/NA	Eurocode 2 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbeton-tragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln
▪ DIN EN 1993-1-1/NA	Eurocode 3 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
▪ DIN EN 1997-1/NA	Eurocode 7 Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik Teil 1: Allgemeine Regel
▪ DIN 1054	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
▪ DIN EN 1536	Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Bohrpfähle
▪ DIN EN 14199	Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Mikropfähle
▪ EAU 2012 (11. Auflage)	Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen"
▪ EAB 2012 (5. Auflage)	Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Baugruben"
▪ EA Pfähle (2. Auflage)	Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Pfähle"

Hinweis: Bei der Ausführung sind sämtliche Bestimmungen der zutreffenden DIN-Normen gemäß neuester Fassung und Auflage zu berücksichtigen, auch wenn hierauf nicht ausdrücklich verwiesen wird.

Literatur: Grundbautaschenbuch, Schneider Bautabellen, Betonkalender

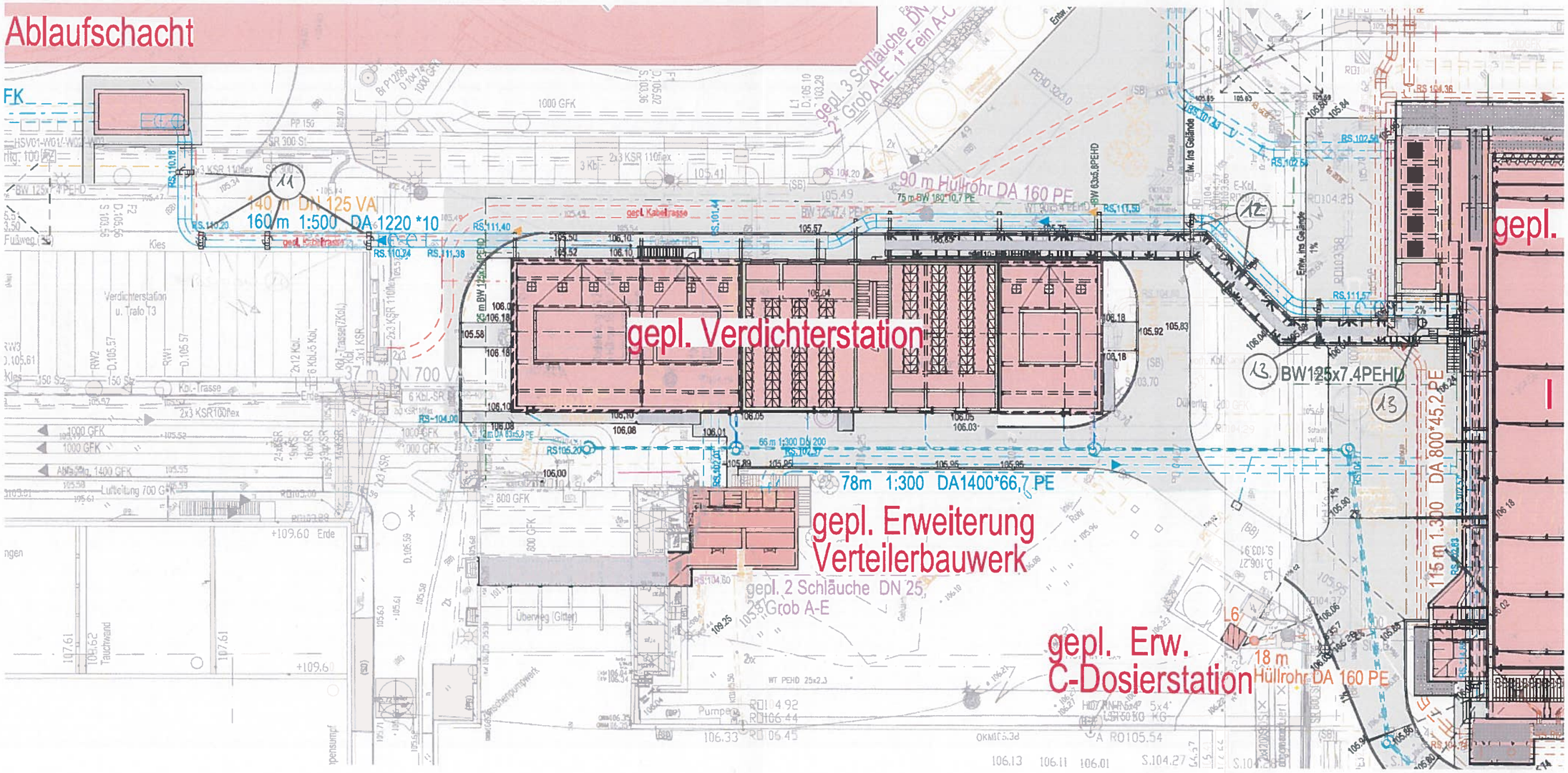
Software: DC-Pfahl
Friedrich + Lochner, Baustatische Berechnungsprogramme

Nachsatz

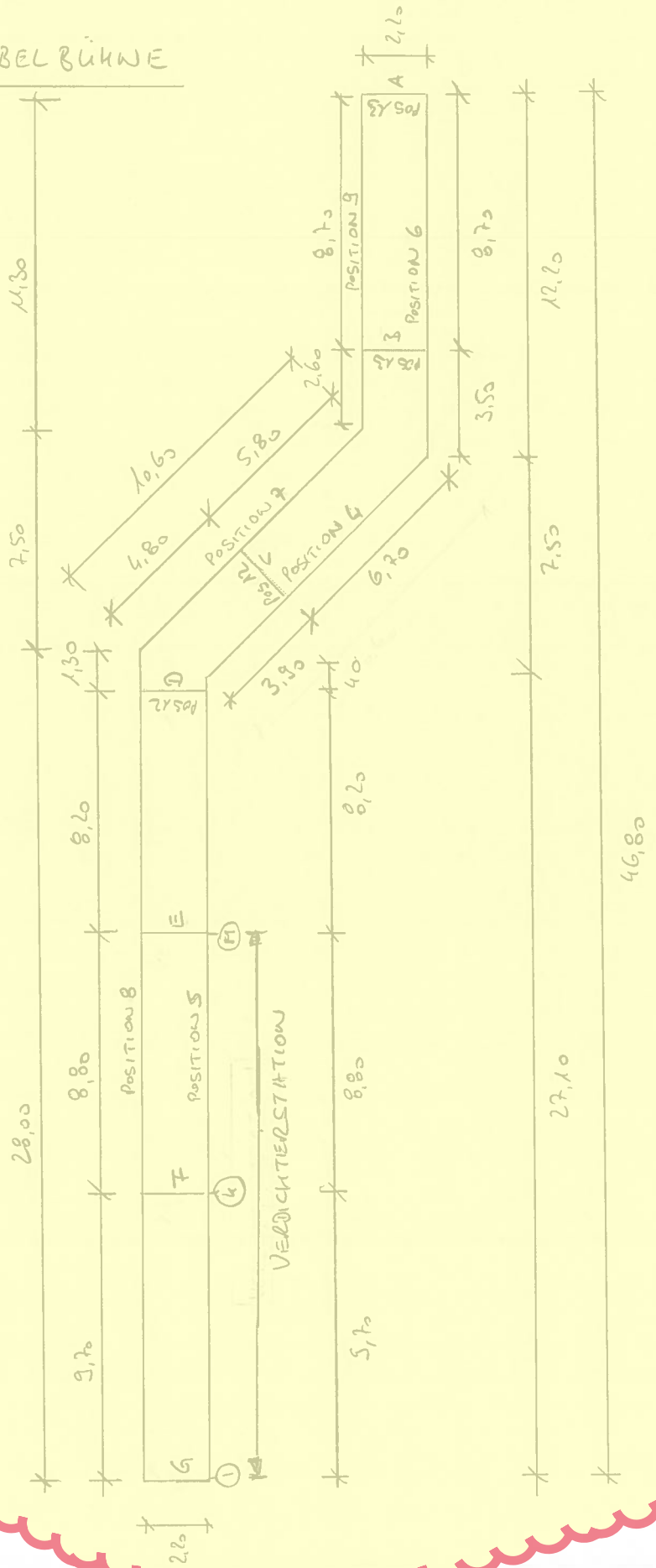
Bei Änderungen jeglicher Art ist der Aufsteller der statischen Berechnung zu informieren, da diese sonst nicht Bestandteil der Statik werden können. Dies gilt insbesondere für die angenommenen Bodenverhältnisse, wenn diese nicht zutreffend sind.

ÜBERSICHT ROHRBRÜCHE

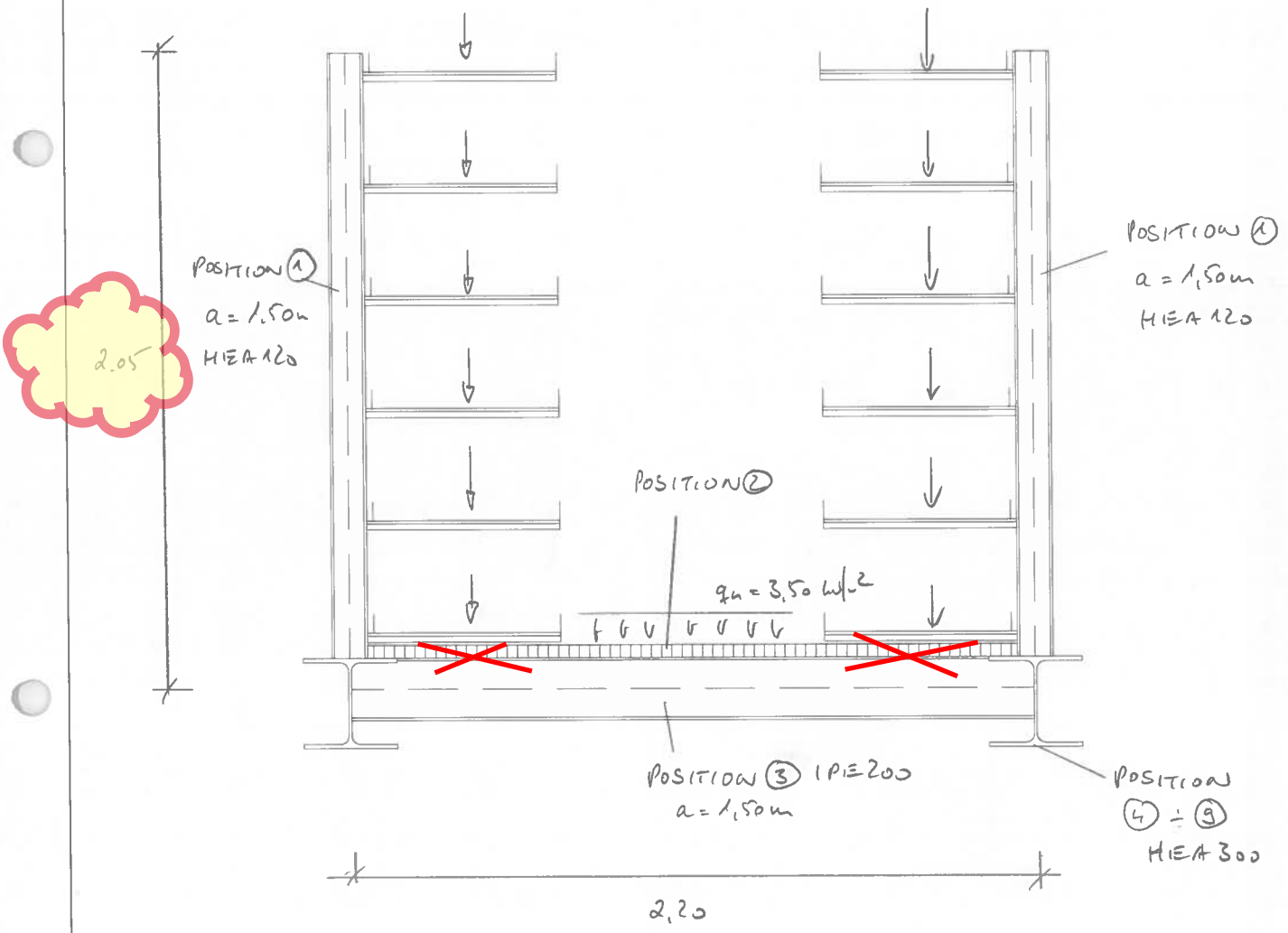
BEREICH 1 | BEREICH 2 - Gebläsestation - | BEREICH 3



VERLAUF KABELBÜHNE

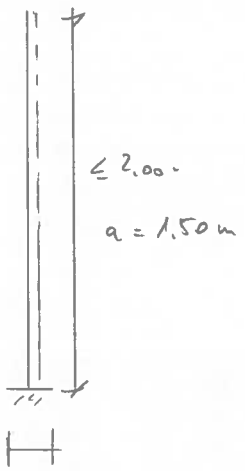


QUERSCHNITT KABELBÜHNE



POSITION 1 - Vertikalträger HEA 120

System + Abmessungen



Querschnitt / Material

HEA 120

Stahl S235 verzinkt

Belastung

- Eigengewicht $\bar{g}_k = 0{,}189$ kN/m
- aus Kabelbühne $6 \times G_k = 1{,}00$ kN/m $\cdot$ 1,50 m = 1,50 kN

  $M_{Gk} = 1{,}50$ kN $\cdot$ 0,50 m = 0,75 kNm
- aus Wind → s. nächste folgende Seite

1. Basisdaten

BAUVORHABEN:	**Rohrbrücke**		
ZUGRUNDELIEGENDE NORM:	Eurocode:	Wind:	DIN EN 1991-1-4:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-4:2010-12/NA (geschützt) nachfolgend EC1-1-4 genannt
		Schnee:	DIN EN 1991-1-3:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-3:2010-12/NA (geschützt) nachfolgend EC1-1-3 genannt

STANDORT:	Leipzig, Stadt	
AMTL. GEMEINDESCHLÜSSEL:	14713000	
TYP:	Kreisfreie Stadt	
LANDKREIS:	Leipzig, Stadt	
BUNDESLAND:	Sachsen	
ERDBEBENWARNUNG:	keine Erdbebengefährdung im Sinne DIN 4149	
HÖHE ÜBER NN:	106 m	
WINDZONE:	2	⇒ $v_{b,0}$ = 25.00 m/s
SCHNEELASTZONE:	2	⇒ s_k = 0.85 kN/m²

2. Windlasten

Lage: Binnenland Topographie: Regelfall

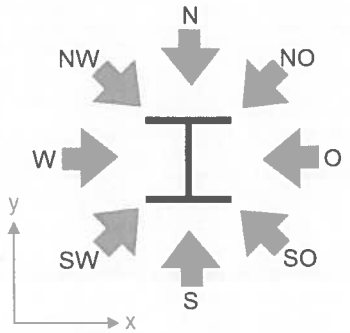
2.1 Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck

vereinfacht nach EC1-1-4 / NA.B.3.2 / Tab. NA.B.3 (für h < 25 m)

q(h) = q(b) = q(d) = q = 0.65 kN/m²

2.2 Kantige Querschnitte

2.2.1 Profil 1



Profilhöhe b = 11.40 cm
Profilbreite d = 12.00 cm
Länge l = 2.00 m
Höhe über Grund h = 10.00 m
⇒ q(h) = 0.65 kN/m²

Die Ermittlung der Kraftbeiwerte erfolgt nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 (deutscher nationaler Anhang) Tabelle NA.2; qx und qy sind als gleichzeitig wirkend anzunehmen; Ψ_λ nach DIN EN 1991-1-4:2010-12 Absatz 7.13

Voraussetzung für die Anwendbarkeit der hier ausgewiesenen Werte: d/b ≈ 1.00!

Wind-richtg.	Ψ_λ -	A_{ref} m²/m	$c_{fx,0}$ -	qx kN/m	$c_{fy,0}$ -	qy kN/m
N	0.83	0.120	0.00	**0.00**	-1.70	**-0.11**
NO	0.80	0.165	-1.50	**-0.13**	-1.50	**-0.13**
O	0.84	0.114	-1.70	**-0.11**	0.00	**0.00**
SO	0.80	0.165	-1.50	**-0.13**	1.50	**0.13**
S	0.83	0.120	0.00	**0.00**	1.70	**0.11**
SW	0.80	0.165	1.50	**0.13**	1.50	**0.13** → maßgebend
W	0.84	0.114	1.70	**0.11**	0.00	**0.00**
NW	0.80	0.165	1.50	**0.13**	-1.50	**-0.13**

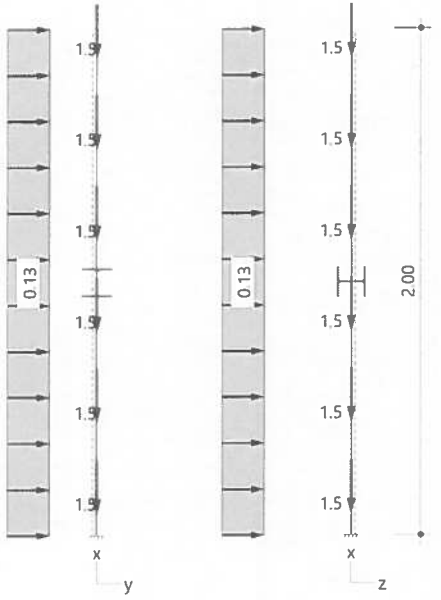
Position: 1 Vertikalträger HEA 120

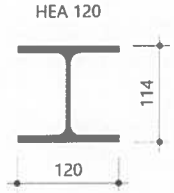
Stahlstütze STS+ 02/2019 (FRILO R-2019-2/P10)

Grundparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	2.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	l_{eff}/ 300

System Kragstütze





Stütze: Höhe = 2.00 m S235 HEA 120

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	-1	-1

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
110	G	ständig/vorübergehend	ständig, mit kleinen Schwankungen	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Q	ständig/vorübergehend	Windlasten	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00

Lasten

Lastarten

Art 3 = Einzellast bei a kN 2 = Gleichstreckenlast kN/m
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

Standard-Lastfälle und Lasten

Nr	Art	in/um	pi	a [m]	pj	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Ew	Zus
1	3	in x-Richtung	1.5	1.88		-		500	110	
2	3	in x-Richtung	1.5	1.52		-		500	110	
3	3	in x-Richtung	1.5	1.16		-		500	110	
4	3	in x-Richtung	1.5	0.80		-		500	110	
5	3	in x-Richtung	1.5	0.44		-		500	110	
6	3	in x-Richtung	1.5	0.08		-		500	110	
7	2	in y-Richtung	0.13	-		-			9	1
8	2	in z-Richtung	0.13	-		-		-57	9	1

Ergebnisse

Tragfähigkeit - Lastkombination ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Schnittgrößen - Lfk 1

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-12.7	0.4	-6.47	0.4	0.39
0.08	-12.7	0.4	-6.43	0.4	0.36
0.08	-10.6	0.4	-5.42	0.4	0.36
0.44	-10.5	0.3	-5.30	0.3	0.24
0.44	-8.5	0.3	-4.29	0.3	0.24
0.80	-8.4	0.2	-4.19	0.2	0.14
0.80	-6.4	0.2	-3.18	0.2	0.14
1.16	-6.3	0.2	-3.11	0.2	0.07
1.16	-4.3	0.2	-2.09	0.2	0.07
1.52	-4.2	0.1	-2.05	0.1	0.02
1.52	-2.2	0.1	-1.03	0.1	0.02
1.88	-2.1	0.02	-1.01	0.02	0.001
1.88	-0.03	0.02	-0.001	0.02	0.001
2.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00

Querschnittstragfähigkeit elastisch - Lfk 1 - γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-76.0	0.7	76.0	0.32
0.08	1	-74.9	0.7	74.9	0.32
0.08	1	-64.5	0.7	64.5	0.27
0.44	1	-60.2	0.6	60.2	0.26
0.44	1	-49.9	0.6	49.9	0.21
0.80	1	-46.4	0.4	46.4	0.20
0.80	1	-36.1	0.4	36.1	0.15
1.16	1	-33.5	0.3	33.5	0.14
1.16	1	-23.2	0.3	23.2	0.10
1.52	1	-21.5	0.2	21.5	0.09
1.52	1	-11.2	0.2	11.2	0.05
1.88	1	-10.4	0.04	10.4	0.04
1.88	1	-0.1	0.04	0.1	0.00
2.00	1	0.0	0.0	0.0	0.00

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
0.00	1	12.7	6.47	0.39	6.62	0.30	1

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 2.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
2.00	0.0	0.1	0.5	0.5	0.24	9

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{y,Cd}$ [cm]	η	Lfk
0.74	2.00	0.00	2.00	0.01	0.7	0.01	9

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
0.84	2.00	0.00	2.00	0.1	0.7	0.14	9

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-0.4	-	-	-	-
		Lf 1	110	-1.5	-	-0.75	-	-
		Lf 2	110	-1.5	-	-0.75	-	-
		Lf 3	110	-1.5	-	-0.75	-	-
		Lf 4	110	-1.5	-	-0.75	-	-
		Lf 5	110	-1.5	-	-0.75	-	-
		Lf 6	110	-1.5	-	-0.75	-	-
		Lasten mit Zus 1	9	-	0.3	-0.26	0.3	0.26

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Last:Faktor]
1	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.35 + 3:1.35 + 4:1.35 + 5:1.35 + 6:1.35 + 7:1.5 + 8:1.5
9	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 4:1.0 + 5:1.0 + 6:1.0 + 7:1.0 + 8:1.0

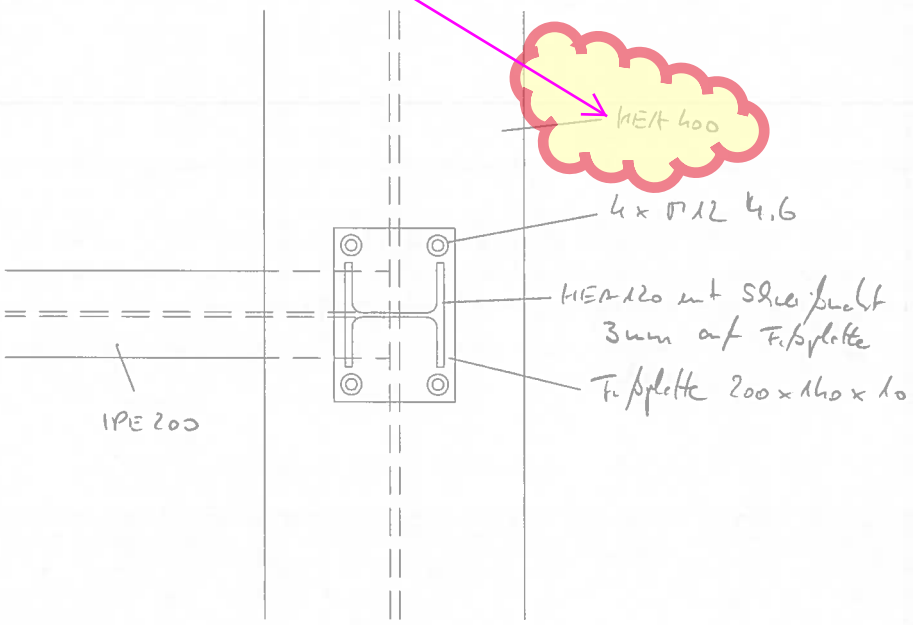
Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.32	0.30	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.24

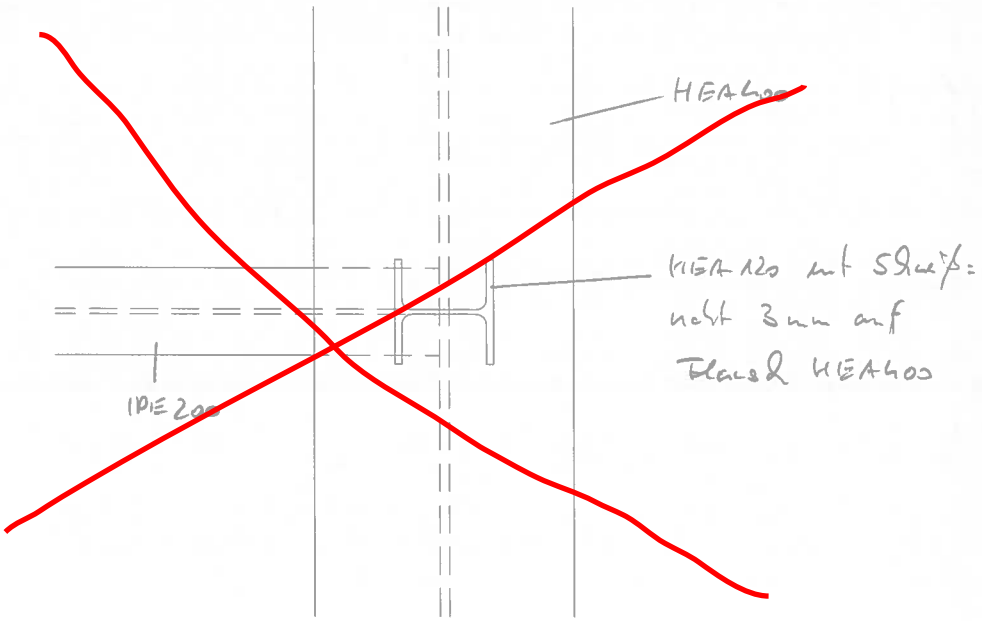
HEA300
mit Neuhausen
abgesprochen

Befestigung auf Längsträger

Variante 1 ✓

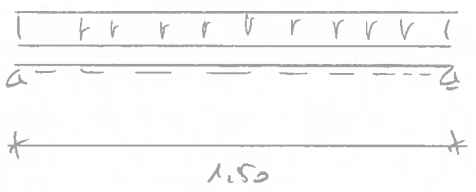


Variante 2



POSITION (2) - Gitterrost

System + Abmessungen



Querschnitt

Gitterrost Typ P340-33-3

- Tragstab 40 x 3 mm
- Maschenweite 33 x 33 mm

Nachweis → siehe Tragfähigkeitstabelle für Pressroste

Tragkrafttabelle für Pressroste

Gitterrosttyp	Tragstab	Maschen-teilung	ca. verz. Gewicht kg/m²	*	Stützweite in mm																				
					500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
P 220-22-3	20 x 2 mm	33 x 33 mm	16,5	Fv	18,05	12,53	9,21	7,05	5,57																
				f	0,19	0,28	0,38	0,50	0,63																
				Fp	1,75	1,40	1,17	1,00	0,88																
				f1	0,18	0,25	0,34	0,44	0,55																
P 225-33-3	25 x 2 mm	33 x 33 mm	19,4	Fv	28,20	19,59	14,39	11,02	8,70	7,05	5,83	4,90													
				f	0,16	0,22	0,30	0,40	0,50	0,62	0,75	0,90													
				Fp	2,72	2,17	1,81	1,55	1,36	1,21	1,09	0,99													
				f1	0,14	0,20	0,27	0,35	0,44	0,54	0,65	0,77													
P 230-33-3	30 x 2 mm	33 x 33 mm	22,4	Fv	40,61	28,20	20,72	15,86	12,53	10,15	8,39	7,05	6,01	5,18											
				f	0,13	0,19	0,25	0,33	0,42	0,52	0,63	0,75	0,88	1,02											
				Fp	3,88	3,10	2,59	2,22	1,94	1,72	1,55	1,41	1,29	1,19											
				f1	0,12	0,17	0,23	0,29	0,37	0,45	0,54	0,64	0,75	0,87											
P 240-33-3	40 x 2 mm	33 x 33 mm	28,1	Fv	72,20	50,14	36,84	28,20	22,28	18,05	14,92	12,53	10,68	9,21	8,02	7,05	6,25	5,57	5,00						
				f	0,10	0,14	0,19	0,25	0,31	0,39	0,47	0,56	0,66	0,76	0,87	0,99	1,12	1,26	1,40						
				Fp	6,77	5,41	4,51	3,87	3,38	3,01	2,71	2,46	2,26	2,08	1,93	1,80	1,69	1,59	1,50						
				f1	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,34	0,41	0,48	0,56	0,65	0,74	0,84	0,95	1,06	1,18						
P 320-33-3	20 x 3 mm	33 x 33 mm	21,3	Fv	27,07	18,80	13,81	10,58	8,36	6,77	5,59														
				f	0,19	0,28	0,38	0,50	0,63	0,78	0,94														
				Fp	2,63	2,10	1,75	1,50	1,32	1,17	1,05														
				f1	0,18	0,25	0,34	0,44	0,55	0,68	0,81														
P 325-33-3	25 x 3 mm	33 x 33 mm	25,4	Fv	42,30	29,38	21,58	16,53	13,06	10,58	8,74	7,34	6,26	5,40											
				f	0,16	0,22	0,30	0,40	0,50	0,62	0,75	0,90	1,05	1,22											
				Fp	4,08	3,26	2,72	2,33	2,04	1,81	1,63	1,48	1,36	1,25											
				f1	0,14	0,20	0,27	0,35	0,44	0,54	0,65	0,77	0,90	1,04											
P 330-33-3	30 x 3 mm	33 x 33 mm	29,5	Fv	60,92	42,30	31,08	23,80	18,80	15,23	12,59	10,58	9,01	7,77	6,77	5,95	5,27								
				f	0,13	0,19	0,25	0,33	0,42	0,52	0,63	0,75	0,88	1,02	1,17	1,33	1,50								
				Fp	5,82	4,65	3,88	3,32	2,91	2,59	2,33	2,12	1,94	1,79	1,66	1,55	1,45								
				f1	0,12	0,17	0,23	0,29	0,37	0,45	0,54	0,64	0,75	0,87	0,99	1,12	1,26								
P 340-33-3	40 x 3 mm	33 x 33 mm	37,8	Fv	108,30	75,21	55,25	42,30	33,43	27,07	22,38	18,80	16,02	13,81	12,03	10,58	9,37	8,36	7,50	6,77	6,14	5,59	5,12		
				f	0,10	0,14	0,19	0,25	0,31	0,39	0,47	0,56	0,66	0,76	0,87	0,99	1,12	1,26	1,40	1,55	1,71	1,88	2,06		
				Fp	10,15	8,12	6,77	5,80	5,08	4,51	4,06	3,69	3,38	3,12	2,90	2,71	2,54	2,39	2,26	2,14	2,03	1,93	1,85		
				f1	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,34	0,41	0,48	0,56	0,65	0,74	0,84	0,95	1,06	1,18	1,30	1,43	1,57	1,71		
P 440-33-4	40 x 4 mm	33 x 33 mm	48,7	Fv	144,40	100,28	73,67	56,41	44,57	36,10	29,83	25,07	21,36	18,42	16,04	14,10	12,49	11,14	10,00	9,02	8,19	7,46	6,82	6,27	5,78
				f	0,10	0,14	0,19	0,25	0,31	0,39	0,47	0,56	0,66	0,76	0,87	0,99	1,12	1,26	1,40	1,55	1,71	1,88	2,06	2,24	2,43
				Fp	13,54	10,83	9,02	7,74	6,77	6,02	5,41	4,92	4,51	4,17	3,87	3,61	3,38	3,19	3,01	2,85	2,71	2,58	2,46	2,35	2,26
				f1	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,34	0,41	0,48	0,56	0,65	0,74	0,84	0,95	1,06	1,18	1,30	1,43	1,57	1,71	1,86	2,02
P 530-33-5	30 x 5 mm	33 x 33 mm	48,3	Fv	101,53	70,51	51,80	39,66	31,34	25,38	20,98	17,63	15,02	12,95	11,28	9,92	8,78	7,83	7,03	6,35	5,76	5,24	4,80		
				f	0,13	0,19	0,25	0,33	0,42	0,52	0,63	0,75	0,88	1,02	1,17	1,33	1,50	1,68	1,87	2,07	2,28	2,51	2,74		
				Fp	9,70	7,76	6,47	5,54	4,85	4,31	3,88	3,53	3,23	2,98	2,77	2,59	2,42	2,28	2,16	2,04	1,94	1,85	1,76		
				f1	0,12	0,17	0,23	0,29	0,37	0,45	0,54	0,64	0,75	0,87	0,99	1,12	1,26	1,41	1,57	1,74	1,91	2,09	2,28		
P 540-33-5	40 x 5 mm	33 x 33 mm	62,0	Fv	180,50	125,35	92,09	70,51	55,71	45,12	37,29	31,34	26,70	23,02	20,06	17,63	15,61	13,93	12,50	11,28	10,23	9,32	8,53	7,83	7,22
				f	0,10	0,14	0,19	0,25	0,31	0,39	0,47	0,56	0,66	0,76	0,87	0,99	1,12	1,26	1,40	1,55	1,71	1,88	2,06	2,24	2,43
				Fp	16,92	13,54	11,28	9,67	8,46	7,52	6,77	6,15	5,64	5,21	4,83	4,51	4,23	3,98	3,76	3,56	3,38	3,22	3,08	2,94	2,82
				f1	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,34	0,41	0,48	0,56	0,65	0,74	0,84	0,95	1,06	1,18	1,30	1,43	1,57	1,71	1,86	2,02
P 550-33-5	50 x 5 mm	33 x 33 mm	82,9	Fv	282,03	195,85	143,89	110,17	87,05	70,51	58,27	48,96	41,72	35,97	31,34	27,54	24,40	21,76	19,53	17,63	15,99	14,57	13,33	12,24	11,28
				f	0,08	0,11	0,15	0,20	0,25	0,31	0,38	0,45	0,53	0,61	0,70	0,80	0,90	1,01	1,12	1,24	1,37	1,50	1,64	1,79	1,94
				Fp	25,94	20,75	17,29	14,82	12,97	11,53	10,38	9,43	8,65	7,98	7,41	6,92	6,48	6,10	5,76	5,46	5,19	4,94	4,72	4,51	4,32
				f1	0,07	0,10	0,14	0,18	0,22	0,27	0,33	0,39	0,45	0,52	0,59	0,67	0,76	0,85	0,94	1,04	1,15	1,26	1,37	1,49	1,61
P 560-33-5	60 x 5 mm	33 x 33 mm	96,6	Fv	406,12	282,03	207,20	158,64	125,35	101,53	83,91	70,51	60,08	51,80	45,12	39,66	35,13	31,34	28,12	25,38	23,02	20,98	19,19	17,63	16,24
				f	0,06	0,09	0,13	0,17	0,21	0,26	0,31	0,37	0,44	0,51	0,58	0,66	0,75	0,84	0,94	1,04	1,14	1,25	1,37	1,49	1,62
				Fp	36,68	29,34	24,45	20,96	18,34	16,30	14,67	13,34	12,23	11,29	10,48	9,78	9,17	8,63	8,15	7,72	7,34	6,99	6,67	6,38	6,11
				f1	0,06	0,08	0,11	0,15	0,18	0,23	0,27	0,32	0,38	0,43	0,50	0,56	0,63	0,71	0,79	0,87	0,96	1,05	1,14	1,24	1,34

Zeichenerklärung

Fv = Belastungswerte über gleichmäßig verteilte Last in kN/m²
f = Durchbiegung in cm bei Last Fv
Fp = Belastungswerte bei einer mittig angreifenden Einzellast in kN und einer Aufstandsfläche von 200 x 200 mm
f1 = Durchbiegungswerte in cm bei Last Fp

1 kN = 1000 N = ca. 100 kg

Grundlagen

Material S 235 JR

Teilsicherheitsbeiwerte nach **RAL-GZ 638**
Einwirkseite $\gamma Q = 1,5$
Wiederstandseite $\gamma M = 1,0$

Die der Planung zugrundeliegende **Auflagerlänge** für Metallroste muß mindestens 30 mm betragen. Im Betriebszustand darf die Auflagerlänge das Maß von 25 mm nicht unterschreiten. Abweichungen sind zulässig, wenn durch konstruktive Maßnahmen ein Verschieben der Metallroste in Tragrichtung zwangsläufig verhindert ist (siehe auch Merkblatt BGI 588).

Begehbarkeit

Gelb: Bezüglich der Begehbarkeit verweisen wir auf die Festlegungen der Berufsgenossenschaften im Merkblatt BGI 588 und auf die Güte- und Prüfbestimmungen für Gitterroste nach RAL-GZ 638. Hier wird angegeben, dass eine einwandfreie Begehbarkeit gewährleistet ist, wenn Gitterroste so bemessen sind, dass mindestens 1,5 kN Einzellast an ungünstigster Stelle aufgebracht werden kann. Die Lastangriffsfläche beträgt hierbei 200 x 200 mm. Die Durchbiegung unter Belastung darf nicht mehr als 1/200 der Stützweite und der Höhenunterschied von benachbarten Stoßstellen zwischen belasteten und unbelasteten Bodenbelägen nicht mehr als 4 mm betragen.

Grün: Bei dieser Begrenzung ist bei einer Einzellast von 1,5 kN auf einer Fläche von 200 x 200 mm die Durchbiegung kleiner als L/200.

Blau: Bei einer verteilten Nutzlast von 5kN/m² beträgt die maximale Durchbiegung bei dieser Begrenzung weniger 1/200 der Stützweite.

Multiplikationsfaktoren

Maschenteilung	verteilte Nutzlast	Einzellast
22,22	1,50	1,35
25,00	1,33	1,24
40,00	0,83	0,88
44,44	0,75	0,82
50,00	0,66	0,75
66,66	0,50	0,61

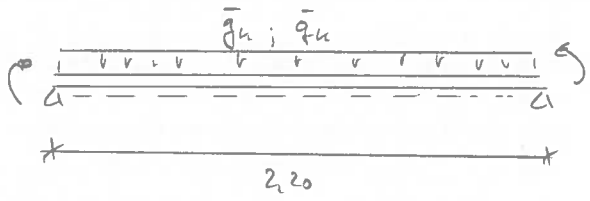
Für die Einzellasten können die Umrechnungsfaktoren nur angenähert in dieser Tabelle angegeben werden, da je nach Tragstabhöhe unterschiedlich viele benachbarte Stäbe mittragen.

Umrechnungsfaktoren für andere Werkstoffe

Werkstoff	Belastung	Durchbiegung
Edelstahl 1.4301	0,81	0,85
Edelstahl 1.4571	0,85	0,89
Aluminium AlMg 3G22	0,55	1,66

POSITION 3 - Querträger IPE 200

System + Abmessungen



Querschnitt / Material

IPE 200

Stahl S 235

Belastg.

- Eigengewicht $\bar{g}_k = 0{,}224$ kN/m
- aus Gitterrost $\bar{g}_k = 0{,}40$ kN/m² · 1,50 m = 0,60 kN/m

  $\bar{q}_k = 3{,}50$ kN/m² · 1,50 m = 5,25 kN/m
- aus POS 1 $M_{gk} = 4{,}5$ kNm

  $M_{qk} = 0{,}26$ kNm

Bemessg. → SEDV - POSITION 3

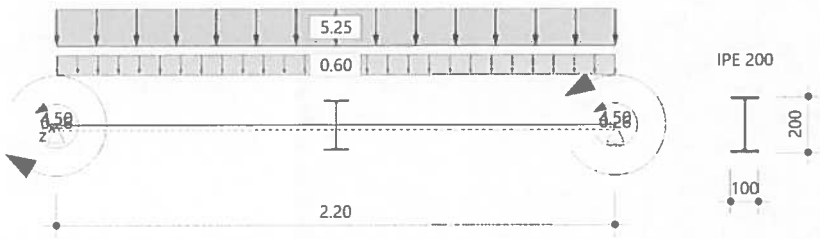
Position: 3 Querträger IPE 200

Einfeldträger Stahl STT+ 02/2019 (FRILO R-2019-2/P10)

Grundparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	2.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	l_{eff}/ 300

System



Träger: Länge = 2.20 m S235 IPE 200

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
110	G	ständig/vorübergehend	ständig, mit kleinen Schwankungen	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Q	ständig/vorübergehend	Windlasten	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00
14	Q	ständig/vorübergehend	sonstige veränderliche Einwirkungen	1.50	0.00	0.80	0.70	0.50

Lasten

Lastarten

Art 2 = Gleichstreckenlast kN/m 4 = Einzelmoment bei a kNm
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

Standard-Lastfälle und Lasten

Beschreibung	Nr	Art	in/um	pi	a [m]	pj	l [m]	Ew
	1	2	in z-Richtung	0.60	-		-	99
	2	2	in z-Richtung	5.25	-		-	14
	3	4	um die y-Achse	-4.50	-		-	110
	4	4	um die y-Achse	4.50	2.20		-	110
	5	4	um die y-Achse	0.26	-		-	9
	6	4	um die y-Achse	0.26	2.20		-	9

Ergebnisse

Tragfähigkeit - Lastkombination ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Schnittgrößen - Lfk 1

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	0.0	10.1	5.84	0.0	0.00
1.12	0.0	0.0	11.51	0.0	0.00
2.20	0.0	-9.7	6.31	0.0	0.00

Querschnittstragfähigkeit elastisch - Lfk 1 - γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-30.1	9.9	30.4	0.13
1.12	1	-59.3	0.0	59.3	0.25
2.20	1	-32.5	9.5	32.7	0.14

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
1.13	1	0.0	11.51	6.54	0.28	1

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 2.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
1.10	0.0	0.0	0.1	0.1	0.06	21

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
1.10	2.20	0.00	2.20	0.1	0.7	0.15	21

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Links	0.00	Eigengewicht	99	-	0.2	-	-	-
		Lf 1	99	-	0.7	-	-	-
		Lf 2	14	-	5.8	-	-	-
		Lf 3	110	-	-2.0	-	-	-
		Lf 4	110	-	2.0	-	-	-
		Lasten mit Zus 1	9	-	0.2	-	-	-
Rechts	2.20	Eigengewicht	99	-	0.2	-	-	-
		Lf 1	99	-	0.7	-	-	-
		Lf 2	14	-	5.8	-	-	-
		Lf 3	110	-	2.0	-	-	-
		Lf 4	110	-	-2.0	-	-	-
		Lasten mit Zus 1	9	-	-0.2	-	-	-

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Last:Faktor]
1	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.5 + 3:1.35 + 4:1.35 + 5:0.9 + 6:0.9
21	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 4:1.0 + 5:0.6 + 6:0.6

Zusammenfassung

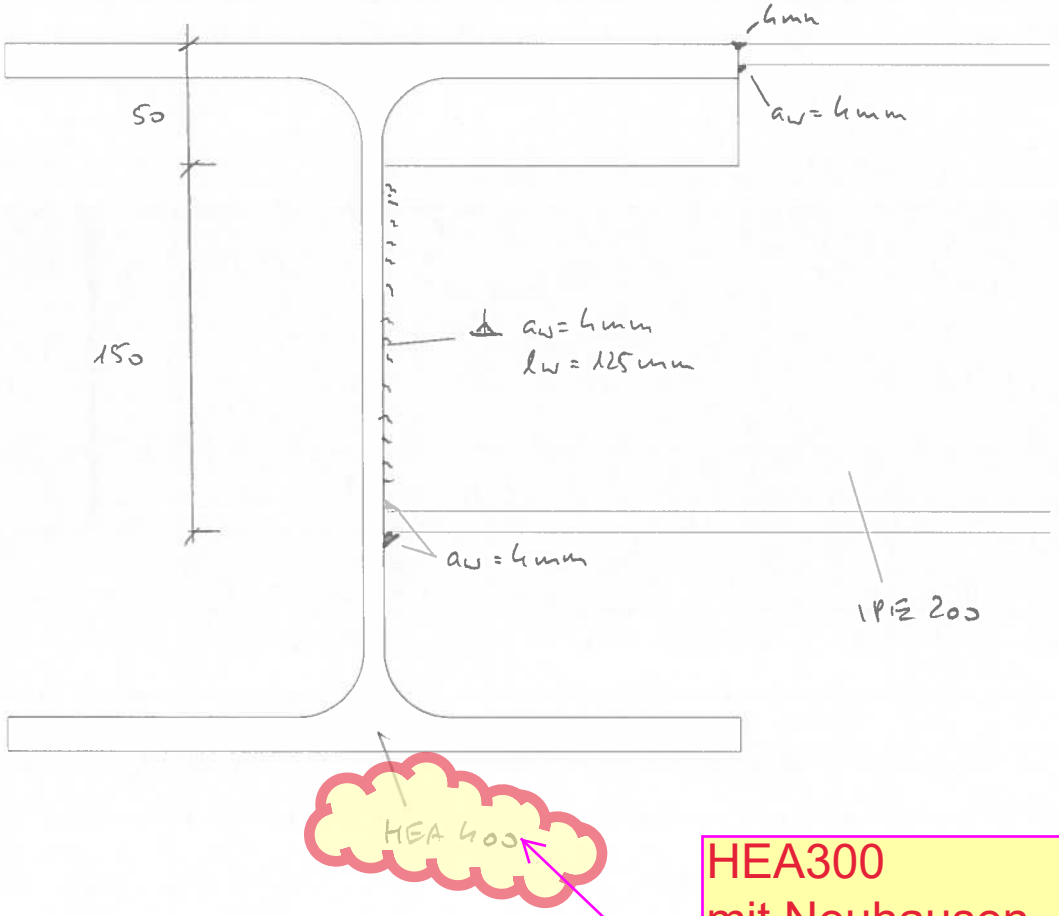
Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.25	0.28	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.15

Schweißnahtanschluß

zu übertragen sind die Kräfte

$M_{yd} \leq 7$ kNm

$V_{z,Sd} \leq 11$ kN



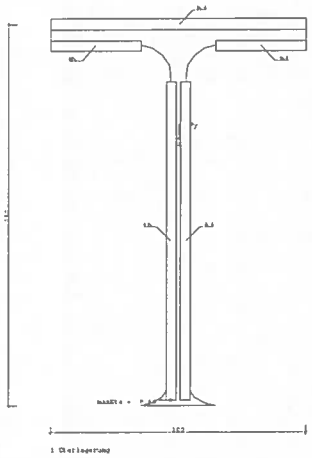
HEA300
mit Neuhausen
abgesprochen

→ Nachweis s. EDV-Position 3.1

Position: 3.1 Anschluss IPE 200 - HEA 300

Schweißnaht ST5 02/2019A (Frilo R-2019-2/P10)

Maßstab 1 : 2



System

Norm : DIN EN 1993
Profil : Iu 150 (sd)
A = 17.04 cm² Iy = 368.5 cm4 Iz = 71.3 cm4
h = 150.0 mm tw = 5.6 mm r = 12.0 mm
b = 100.0 mm tf = 8.5 mm
Blechdicke : t = 8.5 mm
Stahl : S235 fy = 235.0 fu = 360.0 N/mm² γ_{M0} = 1.00
fvw,d = 207.8 N/mm² β_w = 0.80 γ_{M2} = 1.25
τ_w wird mit V_z / A_{wz} und V_y / A_{wy} berechnet

Geometrie der Kehlnähte

lw = 125.0 mm aw = 4.0 mm Stegnaht beidseitig
lw = 100.0 mm aw = 4.0 mm Flanschnaht oben außen
lw = 35.2 mm aw = 4.0 mm Flanschnaht innen

Schweißnahtfläche
Aw = 16.82 cm2
Aw,z = 10.00 cm2
Aw,y = 6.82 cm2

Flächenmomente 2.Grades der Schweißnähte
Iw,y = 402.30 cm4
Iw,z = 66.72 cm4 Iw,yz = 0.00 cm4

Anschlußschnittkräfte γ_F-fach

	Lastfall	Nd[kN]	Myd[kNm]	Vzd[kN]	Mzd[kNm]	Vyd[kN]
1	1.Überlagerung	0.00	-7.00	-11.00	0.00	0.00

Ergebnisse Nr 1 1.Überlagerung

N= 0.00 M_y= -7.00 V_z= -11.00 M_z= 0.00 V_y= 0.00 [α,kN,kNm]

Spannungen an den Schweißnähten

σ_{wd} = 166.4 N/mm² Stegnaht beidseitig
$\tau_{wd,Vzd}$ = -11.0 kN / A_{wz} = 10.0 cm² = 11.0 N/mm²
σ_{wdV} = 166.8 N/mm² Stegnaht beidseitig

σ_{wd} = 166.4 N/mm² / $\sigma_{w,Rd}$ = 207.8 N/mm² η = 0.80 < 1
τ_{wd} = 11.0 N/mm² / $\tau_{w,Rd}$ = 207.8 N/mm² η = 0.05 < 1
σ_{wdV} = 166.8 N/mm² / $\sigma_{w,Rd}$ = 207.8 N/mm² η = 0.80 < 1

Nachweis der Kehlnähte nach 4.5.3.3 Vereinfachtes Verfahren

Biegung und Normalkraft
Fw,Ed,N = 6.66 kN/cm = 4.0 mm(aw) * 166.4 N/mm²
Fw,Rd = aw * fvw,d = 4.0 mm * 207.8 N/mm²
Fw,Ed,N = 6.66 kN/cm / Fw,Rd = 8.31 kN/cm η = 0.80 < 1

Schubbeanspruchung
Fw,Ed,Vz = -11.00 kN
Fw,Rd = Awz * fvw,d = 1000.0 mm² * 207.8 N/mm²
Fw,Ed,Vz = -11.00 kN / Fw,Rd = 207.85 kN η = 0.05 < 1

Kombinierte Beanspruchung
Fw,Ed = 6.67 kN/cm = 4.0 mm(aw) * 166.8 N/mm²
Fw,Rd = aw * fvw,d = 4.0 mm * 207.8 N/mm²
Fw,Ed = 6.67 kN/cm / Fw,Rd = 8.31 kN/cm η = 0.80 < 1

Nachweis des Profils Querschnittsklasse 1

Klassifizierung des Querschnitts

Nr	Lagerung	Beanspruchung [N/mm²,cm] σA	σE	τ	c	t	c/t	max c/t	α	psi	Beul	QKL
1	einseitig gelagert freier Rand	Druck -66.6	-66.6	5.3	3.5/	0.9 =	4.14	9.00	1.00	1.00	0.43	1
2	einseitig gelagert freier Rand	Druck -66.6	-66.6	5.3	3.5/	0.9 =	4.14	9.00	1.00	1.00	0.43	1
3	einseitig gelagert freier Rand	Zug -35.7	210.2	18.0	12.9/	0.6 =	23.12	0.00	0.00	-5.88	23.80	1

plast.Nulllinie y1= 0.0 z1 = -30.7 y2= 10.0 z2= -30.7 mm

Nachweis nach (6.1)

σ_d = 210.2 N/mm² / σ_{Rd} = 235.0 N/mm² η = 0.89 < 1
τ_d = 18.0 N/mm² / τ_{Rd} = 135.7 N/mm² η = 0.13 < 1
σ_{dV} = 210.2 N/mm² / σ_{Rd} = 235.0 N/mm² η = 0.89 < 1

Nachweis nach (6.2)

Vzpl = 133.0 VzRd = 133.0 kN
Vzd = -11.0 kN / VzRd = 133.0 kNm Vzd/VzRd = 0.08 < 1

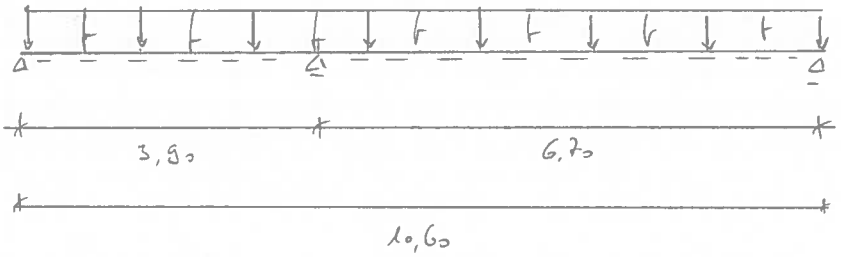
Mypl = 14.1 MyRd = 14.1 kNm
Myd = -7.0 kNm / MyRd = 14.1 kNm Myd/MyRd = 0.50 < 1

max Ed/FRd = 0.50 < 1

POSITION 4 - Lastträger HEA 300

Stützlängen anpassen siehe Plan T&M

System + Abmessungen



Querschnitt/Material

HEA 300

S 235

Belastung:

- Eigengewicht → wird programmintern berücksichtigt
- aus Pos 1: $G_k = 6 \times 1{,}00\ kN/m \cdot 1{,}50\ m + 0{,}199\ kN/m \cdot 2{,}00\ m$

  $G_k = 9{,}40\ kN$
- aus Pos 2: $G_k = 0{,}20\ kN + 0{,}70\ kN + 2{,}0\ kN = 2{,}90\ kN$

  $Q_k = 5{,}80\ kN$

$\rightarrow \Sigma G_k = 9{,}40 + 2{,}90 = 12{,}30\ kN$

$\underline{\underline{\bar{g}_k}} = 12{,}30\ kN / 1{,}50\ m = \underline{\underline{8{,}20\ kN/m}}$

$\Sigma Q_k = 5{,}80\ kN$

$\underline{\underline{\bar{q}_k}} = 5{,}80\ kN / 1{,}50\ m = \underline{\underline{3{,}90\ kN/m}}$

· Wird auf Träger

$\bar{w}_z = 0{,}37$ kN/m

1. Basisdaten

BAUVORHABEN: **Rohrbrücke**

ZUGRUNDELIEGENDE NORM: Eurocode: Wind: DIN EN 1991-1-4:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland"
hier: DIN EN 1991-1-4:2010-12/NA (geschützt)
nachfolgend EC1-1-4 genannt

Schnee: DIN EN 1991-1-3:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland"
hier: DIN EN 1991-1-3:2010-12/NA (geschützt)
nachfolgend EC1-1-3 genannt

STANDORT:	Leipzig, Stadt
AMTL. GEMEINDESCHLÜSSEL:	14713000
TYP:	Kreisfreie Stadt
LANDKREIS:	Leipzig, Stadt
BUNDESLAND:	Sachsen
ERDBEBENWARNUNG:	keine Erdbebengefährdung im Sinne DIN 4149
HÖHE ÜBER NN:	106 m
WINDZONE:	2 ⇒ $v_{b,0}$ = 25.00 m/s
SCHNEELASTZONE:	2 ⇒ s_k = 0.85 kN/m²

2. Windlasten

Lage: Binnenland Topographie: Regelfall

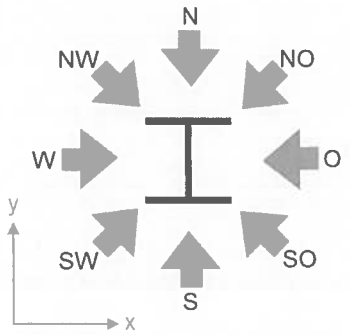
2.1 Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck

vereinfacht nach EC1-1-4 / NA.B.3.2 / Tab. NA.B.3 (für h < 25 m)

q(h) = q(b) = q(d) = q = 0.65 kN/m²

2.2 Kantige Querschnitte

2.2.1 Profil 1



Profilhöhe	b	= 29.00 cm
Profilbreite	d	= 30.00 cm
Länge	l	= 46.80 m
Höhe über Grund	h	= 10.00 m
	⇒ q(h)	= 0.65 kN/m²

Die Ermittlung der Kraftbeiwerte erfolgt nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 (deutscher nationaler Anhang) Tabelle NA.2; qx und qy sind als gleichzeitig wirkend anzunehmen; Ψ_λ nach DIN EN 1991-1-4:2010-12 Absatz 7.13

Voraussetzung für die Anwendbarkeit der hier ausgewiesenen Werte: d/b ≈ 1.00!

Windrichtg.	Ψ_λ -	A_{ref} m²/m	$c_{fx,0}$ -	qx kN/m	$c_{fy,0}$ -	qy kN/m
N	0.91	0.300	0.00	**0.00**	-1.70	**-0.30**
NO	0.91	0.417	-1.50	**-0.37**	-1.50	**-0.37**
O	0.91	0.290	-1.70	**-0.29**	0.00	**0.00**
SO	0.91	0.417	-1.50	**-0.37**	1.50	**0.37**
S	0.91	0.300	0.00	**0.00**	1.70	**0.30**
SW	0.91	0.417	1.50	**0.37**	1.50	**0.37**
W	0.91	0.290	1.70	**0.29**	0.00	**0.00**
NW	0.91	0.417	1.50	**0.37**	-1.50	**-0.37**

Position: 4 Längsträger HEA 300

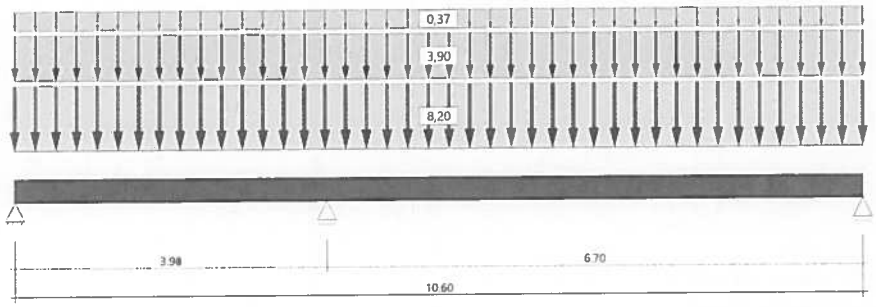
Mehrfeldträger Stahl STM+ 02/2019B (FRILO R-2019-2/P10)

System

Stahlträger über 2 Felder, DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08

Stahlgüte: S235

Systembild



Systemwerte

Querschnitte

Name	I_y [cm⁴]	I_z [cm⁴]	W_y [cm³]	W_z [cm³]	A [cm²]
HEA 300	18300.0	6310.0	1260.0	421.0	113.0
Querschnitt ist konstant über gesamte Trägerlänge.					

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	3.90	-1	-1	0.0	0.0	0.0
3	10.60	-1	-1	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

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

Belastung

Lasten

Streckenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	EG	Zus	Alt
System	1	GL		10.60	*	8.20		ständig		
	2	GL		10.60	*	3.90		sonstig		
	3	GL		10.60	*	0.37		Wind		
Last Nr. 2 wirkt feldweise.										

Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast
Art : 1 - Gleichstreckenlast (GL), 4 - Trapezlast (TL), 5 - Dreieckslast (DL)
A : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger
EG : Lasteinwirkung
Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe
Alt : Alternativgruppe

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 940 kg

Übersicht der verwendeten Einwirkungen

Einwirkungen

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35
Windlasten	0.60	0.20	0.00		1.50
sonstige veränderliche Einwirkungen	0.80	0.70	0.50		1.50

Einstellungen für die Nachweise

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	3.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	Kragarm l_{eff}/ 150
	δ_{lim} =	Felder l_{eff}/ 300

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.29	0.29	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.23

Tragsicherheit je Querschnitt (kompakt)

Bemessungssituation	Querschnitt	Stelle	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	η Qs	η Stabi	Lk
ständig/vorübergehend	HEA 300	Feld 2, x = 3.90	73.5	-78.35	0.29		6

28

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung

Lager	Einwirkung	$R_{z,max}$ [kN]	$R_{z,min}$ [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$M_{y,min}$ [kNm]
1	ständig	7.8	7.8	*	*
	Windlasten	0.3	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	6.9	-3.5	*	*
2	ständig	63.8	63.8	*	*
	Windlasten	2.6	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	27.4	0.0	*	*
3	ständig	24.7	24.7	*	*
	Windlasten	1.0	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	11.0	-0.4	*	*

Tragfähigkeit - Lastkombination ständig/vorübergehend

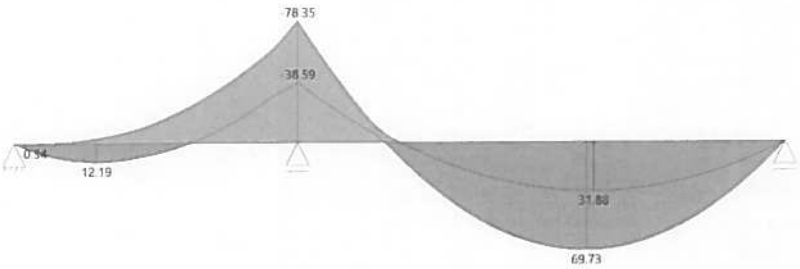
Schnittgrößen für γ-fache Lasten / Querschnittstragfähigkeit

Schnittgrößen/Querschnittstragfähigkeit elastisch

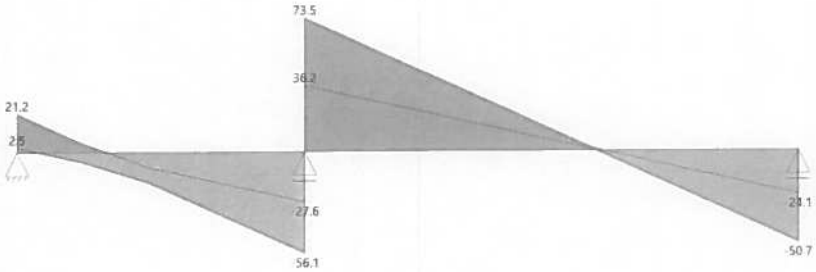
Feld	x [m]	Lk	Qkl	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
Feld 1	0.00	6	1	15.9	0.00	0.0	-6.7	11.7	0.05
	0.62	1	1	9.8	9.56	-7.6	-4.2	8.7	0.04
	0.86	6	1	0.0	6.84	-5.4	0.0	5.4	0.02
	1.03	1	1	2.3	12.05	-9.5	-1.0	9.6	0.04
	3.90	6	1	-56.1	-78.35	-62.1	23.8	63.0	0.27
Feld 2	3.90	6	1	73.5	-78.35	-62.1	-31.2	67.2	0.29
	7.88	6	1	0.0	68.06	-53.9	0.0	53.9	0.23
	10.60	4	1	-50.7	0.00	0.0	21.5	37.3	0.16

Momenten- und Querkraftsgrenzlinien

Umhüllende der Momente - Tragfähigkeit



Umhüllende der Querkräfte - Tragfähigkeit



Stabilität

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
3.90	1	0.0	78.35	6.54	0.29	6

Stabilitätsnachweis einachsige Biegung ohne Normalkraft (Gl. 6.54)

$M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) =$ **0.29**

$M_{y,Ed}$ = 78.35 kNm
M_{cr} = 672.23 kNm
λ_{lt} = 0.70
χ_{lt} = 0.90
$M_{y,Rk}$ = 326.14 kNm
γ_{M1} = 1.10

Nachweis für Lk 6 bei x = 3.90 m nach Gl. (6.54) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Umhüllende der Verformungen - Gebrauchstauglichkeit

Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 3.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
3.53	0.0	0.0	-0.5	0.5	0.17	8

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
3.53	6.70	0.00	6.70	0.5	2.2	0.23	8

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

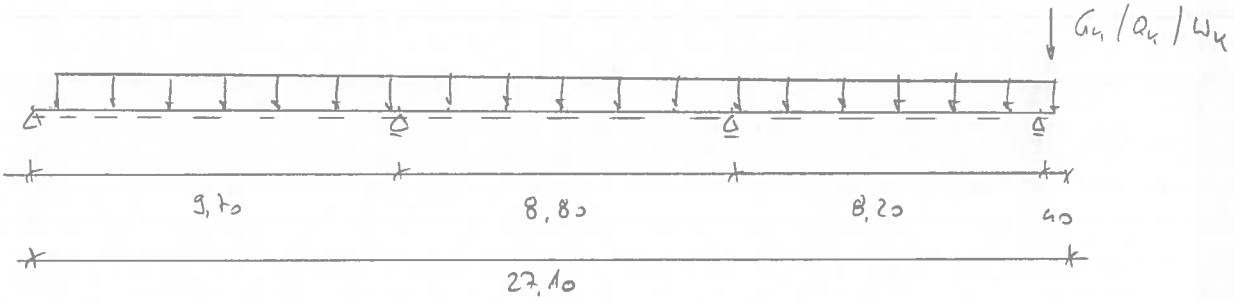
Maßgebliche Kombinationen

gen. Last	Lk 6	Lk 8
Eigengewicht	1.35	1.00
L 1	1.35	1.00
L 2	0.90	0.60
L 3	**1.50**	
L 4	**1.50**	**1.00**

Stützlängen anpassen siehe Plan T&M

POSITION 5 – Längsträger HEA 300

System + Abmessungen



Querschnitt / Material

HEA 300

S235

Belastung – wie Pos. 4 –

- Eigengewicht → wird programmintern berücksichtigt
- aus Pos 1/2

$\overline{g_k} = 3{,}20$ kN/m

$\overline{q_k} = 3{,}50$ kN/m

- aus Pos 4, Auflager 1

$G_k = 47{,}8$ kN

$Q_k = 6{,}9 / -3{,}5$ kN

$W_k = 0{,}3$ kN

- aus W-L

$\overline{w_k} = 0{,}37$ kN/m

Position: 5 Längsträger HEA 300

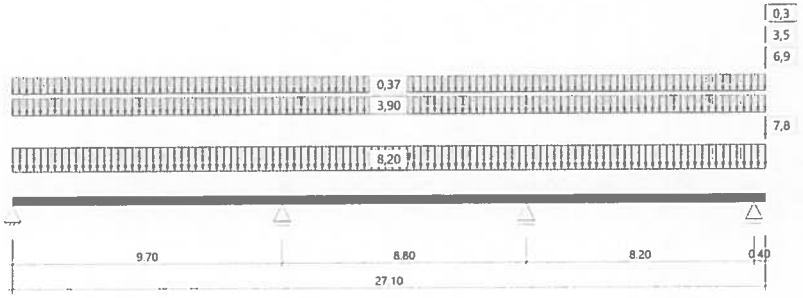
Mehrfeldträger Stahl STM+ 02/2019B (FRILO R-2019-2/P10)

System

Stahlträger über 3 Felder, DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08

Stahlgüte: S235

Systembild



Systemwerte

Querschnitte

Name	I_y [cm⁴]	I_z [cm⁴]	W_y [cm³]	W_z [cm³]	A [cm²]
HEA 300	18300.0	6310.0	1260.0	421.0	113.0
Querschnitt ist konstant über gesamte Trägerlänge.					

Felder

Feld	Länge [m]	Querschnitt
1	9.70	HEA 300
2	8.80	HEA 300
3	8.20	HEA 300
Kra Rechts	0.40	HEA 300

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	9.70	-1	-1	0.0	0.0	0.0
3	18.50	-1	-1	0.0	0.0	0.0
4	26.70	-1	-1	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

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

Belastung

Lasten

Einzellasten [kN] und Momente [kNm]

Bezug	Nr	Art	A [m]	W	[ ]	EG	Zus	Alt
Kragarm rechts	1	kraft	0.40	7.8	kN	ständig		
	2	kraft	0.40	6.9	kN	sonstig		1
	3	kraft	0.40	-3.5	kN	sonstig		1
	4	kraft	0.40	0.3	kN	Wind	1	

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

Streckenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	EG	Zus	Alt
System	5	GL		27.10	*	8.20		ständig		
	6	GL		27.10	*	3.90		sonstig		
	7	GL		27.10	*	0.37		Wind	1	
Last Nr. 6 wirkt feldweise.										

Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast
Art : 1 - Gleichstreckenlast (GL), 4 - Trapezlast (TL), 5 - Dreieckslast (DL)
A : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger
EG : Lasteinwirkung
Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe
Alt : Alternativgruppe

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 2404 kg

Übersicht der verwendeten Einwirkungen

Einwirkungen

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35
Windlasten	0.60	0.20	0.00		1.50
sonstige veränderliche Einwirkungen	0.80	0.70	0.50		1.50

Einstellungen für die Nachweise

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	3.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	Kragarm l_{eff}/ 150
	δ_{lim} =	Felder l_{eff}/ 300

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.60	0.75	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.78

Tragsicherheit je Querschnitt (kompakt)

Bemessungssituation	Querschnitt	Stelle	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	η Qs	η Stabi	Lk
ständig/vorübergehend	HEA 300	Feld 1, x = 9.70	-107.6	-176.00	0.60	0.75	4

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung

Lager	Einwirkung	$R_{z,max}$ [kN]	$R_{z,min}$ [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$M_{y,min}$ [kNm]
1	ständig	35.4	35.4	*	*
	Windlasten	1.4	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	16.7	-1.5	*	*
2	ständig	95.4	95.4	*	*
	Windlasten	3.9	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	43.8	-2.8	*	*
3	ständig	81.4	81.4	*	*
	Windlasten	3.3	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	40.0	-5.1	*	*
4	ständig	41.9	41.9	*	*
	Windlasten	1.7	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	23.7	-5.7	*	*

Tragfähigkeit - Lastkombination ständig/vorübergehend

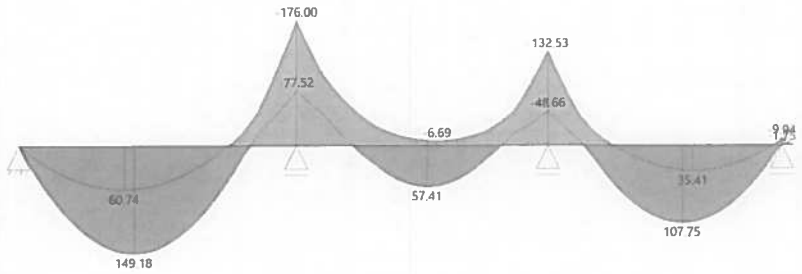
Schnittgrößen für γ-fache Lasten / Querschnittstragfähigkeit

Schnittgrößen/Querschnittstragfähigkeit elastisch

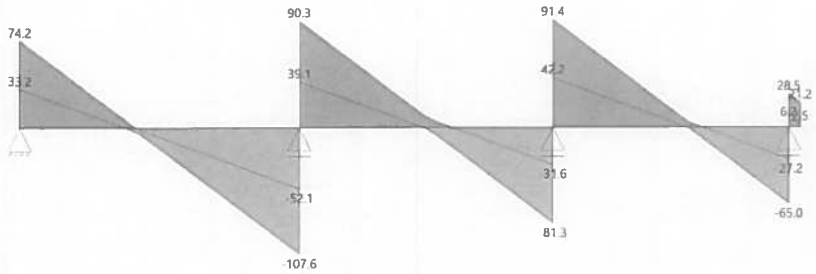
Feld	x [m]	Lk	Qkl	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
Feld 1	0.00	4	1	71.3	0.00	0.0	-30.3	52.5	0.22
	3.87	4	1	0.0	137.92	-109.3	0.0	109.3	0.47
	9.70	4	1	-107.6	-176.00	-139.5	45.7	141.0	0.60
Feld 2	9.70	4	1	90.3	-176.00	-139.5	-38.4	140.6	0.60
	14.33	5	1	-0.6	57.40	-45.5	0.3	45.5	0.19
	14.60	4	1	0.0	45.07	-35.7	0.0	35.7	0.15
	18.50	8	1	-81.3	-132.53	-105.0	34.5	106.2	0.45
Feld 3	18.50	8	1	91.4	-132.53	-105.0	-38.8	106.5	0.45
	23.25	1	1	-0.3	107.75	-85.4	0.1	85.4	0.36
	23.45	8	1	0.0	93.93	-74.4	0.0	74.4	0.32
	26.70	10	1	-65.0	-9.94	-7.9	27.6	47.8	0.20
Kragarm rechts	26.70	10	1	28.5	-9.94	-7.9	-12.1	21.0	0.09
	27.10	5	1	21.2	0.00	0.0	-9.0	15.6	0.07

Momenten- und Querkraftsgrenzlinien

Umhüllende der Momente - Tragfähigkeit



Umhüllende der Querkräfte - Tragfähigkeit



Stabilität

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
9.70	1	0.0	176.00	6.54	0.75	4

Stabilitätsnachweis einachsige Biegung ohne Normalkraft (Gl. 6.54)

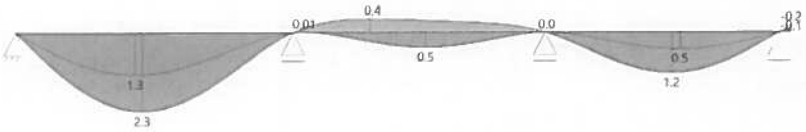
$M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) = 0.75$

$M_{y,Ed}$	=	176.00	kNm
M_{cr}	=	451.63	kNm
λ_{lt}	=	0.85	
χ_{lt}	=	0.79	
$M_{y,Rk}$	=	326.14	kNm
γ_{M1}	=	1.10	

Nachweis für Lk 4 bei x = 9.70 m nach Gl. (6.54) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Umhüllende der Verformungen - Gebrauchstauglichkeit



Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 3.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
4.59	0.0	0.0	-2.3	2.3	0.78	16

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
4.59	9.70	0.00	9.70	2.3	3.2	0.72	16

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

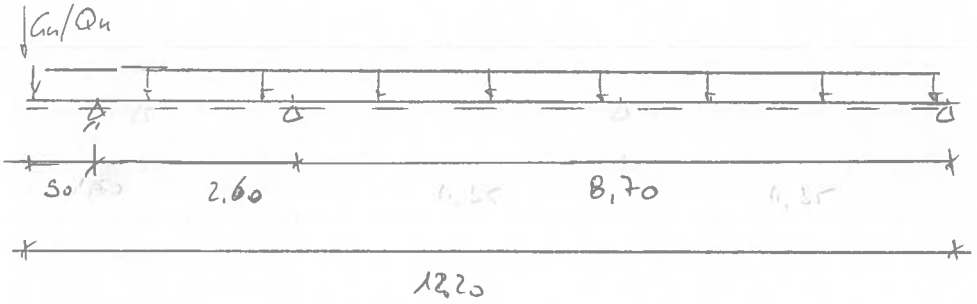
Maßgebliche Kombinationen

gen. Last	Lk 4	Lk 8	Lk 10	Lk 16
Eigengewicht	1.35	1.35	1.35	1.00
L 1	1.35	1.35	1.35	1.00
L 2	0.90	0.90	0.90	0.60
L 3	1.35	1.35	1.35	1.00
L 4	**1.50**		**1.50**	
L 5		**1.50**		**1.00**
L 6	0.90	0.90	0.90	0.60
L 7	**1.50**		**1.50**	**1.00**
L 8	**1.50**	**1.50**		
L 9		**1.50**	**1.50**	**1.00**
L 10	**1.50**		**1.50**	

Stützlängen anpassen siehe Plan T&M

POSITION 6 - Längsträger HEA 300

System + Abmessungen



Querschnitt / Material

HEA 300

S 235

Belastung: – wie Pos. 4 –

- Eigengewicht → wird programmintern berücksichtigt
- aus Pos 1 / 2

$\bar{g}_k = 8{,}20$ kN/m

$\bar{q}_k = 3{,}90$ kN/m

- aus Pos 4, Auflager 3

$G_k = 24{,}7$ kN

$Q_k = 14{,}0 / -0{,}4$ kN

$W_k = 1{,}0$ kN

- aus Wind

$\bar{w}_k = 0{,}37$ kN/m

Position: 6 Längsträger HEA 300

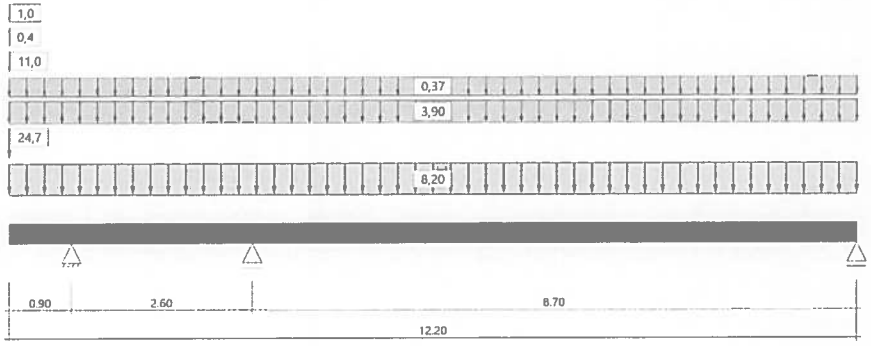
Mehrfeldträger Stahl STM+ 01/2020 (FRILO R-2020-1/P03)

System

Stahlträger über 2 Felder, DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08

Stahlgüte: S235

Systembild



Systemwerte

Querschnitte

Name	I_y [cm⁴]	I_z [cm⁴]	W_y [cm³]	W_z [cm³]	A [cm²]
HEA 300	18300.0	6310.0	1260.0	421.0	113.0

Querschnitt ist konstant über gesamte Trägerlänge.

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.90	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	3.50	-1	-1	0.0	0.0	0.0
3	12.20	-1	-1	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

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

Belastung

Lasten

Einzellasten [kN] und Momente [kNm]

Bezug	Nr	Art	A [m]	W	[ ]	EG	Zus	Alt
Kragarm links	1	kraft	0.00	24.7	kN	ständig		
	2	kraft	0.00	11.0	kN	sonstig		1
	3	kraft	0.00	-0.4	kN	sonstig		1
	4	kraft	0.00	1.0	kN	Wind	1	

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

Streckenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	EG	Zus	Alt
System	5	GL		12.20		8.20		ständig		
	6	GL		12.20		3.90		sonstig		
	7	GL		12.20		0.37		Wind	1	

Last Nr. 6 wirkt feldweise.
Last Nr. 5 und 7 wirken zusammenhängend.

Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast
Art : 1 - Gleichstreckenlast (GL), 4 - Trapezlast (TL), 5 - Dreiecklast (DL)
A : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger
EG : Lasteinwirkung
Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe
Alt : Alternativgruppe

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 1082 kg

Übersicht der verwendeten Einwirkungen

Einwirkungen

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35
Windlasten	0.60	0.20	0.00		1.50
sonstige veränderliche Einwirkungen	0.80	0.70	0.50		1.50

Schadensfolgeklasse CC 2 nach EN 1990 Tab. B1 -> K_{FI} = 1.0 Tab. B3

Bemessungsparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Schadensfolgeklasse	:	CC 2
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	3.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	Kragarm l_{eff}/ 150
	δ_{lim} =	Felder l_{eff}/ 300

28

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.46	0.55	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.49

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung

Lager	Einwirkung	$R_{z,max}$ [kN]	$R_{z,min}$ [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$M_{y,min}$ [kNm]
1	ständig	29.7	29.7		
	Windlasten	1.2	0.0		
	sonstige veränderliche Einwirkungen	24.2	-11.5		
2	ständig	73.8	73.8		
	Windlasten	3.0	0.0		
	sonstige veränderliche Einwirkungen	36.8	-5.1		
3	ständig	32.1	32.1		
	Windlasten	1.3	0.0		
	sonstige veränderliche Einwirkungen	13.9	-0.1		

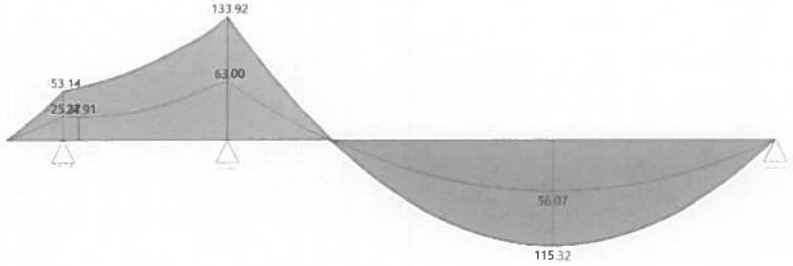
Tragsicherheit je Querschnitt (kompakt)

Bemessungssituation	Querschnitt	Stelle	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	η Qs	η Stabi	Lk
	HEA 300	Feld 2, x = 3.50	95.7	-133.92	0.46		10

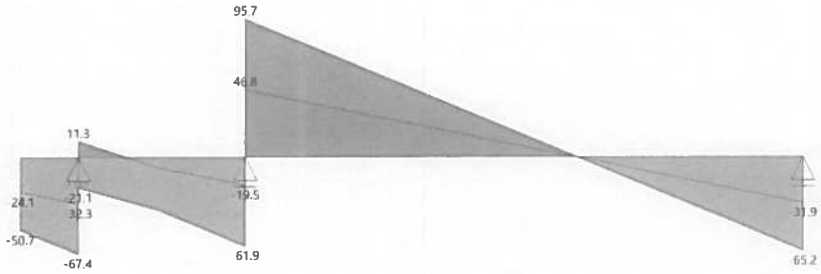
Tragfähigkeit - Lastkombination ständig/vorübergehend

Schnittgrößen

Umhüllende der Momente



Umhüllende der Querkräfte



Querschnittstragfähigkeit

Schnittgrößen/Querschnittstragfähigkeit elastisch

Feld	x [m]	Lk	Qkl	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
Kragarm links	0.00	1	1	-50.7	0.00	0.0	21.5	37.3	0.16
	0.90	1	1	-67.4	-53.14	-42.1	28.6	55.1	0.23
Feld 1	0.90	7	1	-13.9	-35.38	-28.0	5.9	28.2	0.12
	3.50	7	1	-61.9	-133.92	-106.1	26.3	106.8	0.45
Feld 2	3.50	7	1	95.7	-133.92	-106.1	-40.6	107.8	0.46
	8.68	7	1	0.0	114.03	-90.3	0.0	90.3	0.38
	12.20	5	1	-65.2	0.00	0.0	27.7	48.0	0.20

Stabilität

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
3.50	1	0.0	133.92	6.54	0.55	7

Stabilitätsnachweis einachsige Biegung ohne Normalkraft (Gl. 6.54)

$M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) = 0.55$

$M_{y,Ed}$	=	133.92	kNm
M_{cr}	=	515.77	kNm
λ_{lt}	=	0.80	
χ_{lt}	=	0.82	
$M_{y,Rk}$	=	326.14	kNm
γ_{M1}	=	1.10	

Nachweis für Lk 7 bei x = 3.50 m nach Gl. (6.54) erfüllt.

Grafik Verformungen

Umhüllende der Verformungen - Gebrauchstauglichkeit

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 3.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
8.08	0.0	0.0	-1.4	1.4	0.48	8

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
2.27	2.60	0.90	3.50	0.1	0.9	0.15	8
8.08	8.70	3.50	12.20	1.4	2.9	0.49	8

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

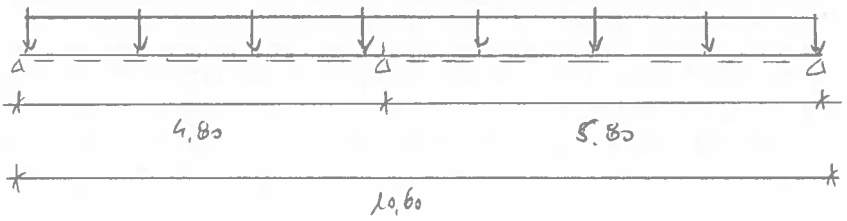
Maßgebliche Kombinationen

gen. Last	Lk 1	Lk 5	Lk 7	Lk 8
Eigengewicht	1.35	1.35	1.35	1.00
L 1	1.35	1.35	1.35	1.00
L 2	0.90	0.90	0.90	0.60
L 3	1.35	1.35	1.35	1.00
L 4	**1.50**	**1.50**		**1.00**
L 5			**1.50**	
L 6	0.90	0.90	0.90	0.60
L 7	**1.50**	**1.50**		**1.00**
L 8	**1.50**		**1.50**	
L 9	**1.50**	**1.50**	**1.50**	**1.00**

Stützlängen
anpassen
siehe Plan T&M

POSITION 7 - Längsträger HEA 300

System + Abmessungen



Querschnitt / Material

HEA 300

S 235

Belastung:

- wie Pos. 4 -

· Eigengewicht → wird programmintern berücksichtigt

· aus Pos 1 / 2

$\bar{g}_k = 8{,}20$ kN/m

$\bar{q}_k = 3{,}90$ kN/m

$\bar{w}_k = 0{,}37$ kN/m

Position: 7 Längsträger HEA 300

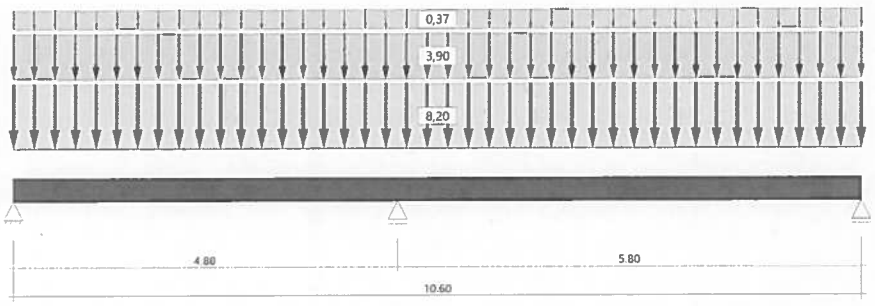
Mehrfeldträger Stahl STM+ 02/2019B (FRILO R-2019-2/P10)

System

Stahlträger über 2 Felder, DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08

Stahlgüte: S235

Systembild



Systemwerte

Querschnitte

Name	I_y [cm⁴]	I_z [cm⁴]	W_y [cm³]	W_z [cm³]	A [cm²]
HEA 300	18300.0	6310.0	1260.0	421.0	113.0
Querschnitt ist konstant über gesamte Trägerlänge.					

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	4.80	-1	-1	0.0	0.0	0.0
3	10.60	-1	-1	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

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

Belastung

Lasten

Streckenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	EG	Zus	Alt
System	1	GL		10.60	*	8.20		ständig		
	2	GL		10.60	*	3.90		sonstig		
	3	GL		10.60	*	0.37		Wind		
Last-Nr. 2 wirkt feldweise.										

Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast
Art : 1 - Gleichstreckenlast (GL), 4 - Trapezlast (TL), 5 - Dreieckslast (DL)
A : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger
EG : Lasteinwirkung
Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe
Alt : Alternativgruppe

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 940 kg

Übersicht der verwendeten Einwirkungen

Einwirkungen

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35
Windlasten	0.60	0.20	0.00		1.50
sonstige veränderliche Einwirkungen	0.80	0.70	0.50		1.50

Einstellungen für die Nachweise

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	3.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	Kragarm l_{eff}/ 150
	δ_{lim} =	Felder l_{eff}/ 300

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.25	0.24	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.14

Tragsicherheit je Querschnitt (kompakt)

Bemessungssituation	Querschnitt	Stelle	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	η Qs	η Stabi	Lk
ständig/vorübergehend	HEA 300	Feld 2, x = 4.80	65.0	-66.51	0.25		6

40

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung

Lager	Einwirkung	$R_{z,max}$ [kN]	$R_{z,min}$ [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$M_{y,min}$ [kNm]
1	ständig	15.0	15.0	*	*
	Windlasten	0.6	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	8.3	-1.9	*	*
2	ständig	60.6	60.6	*	*
	Windlasten	2.5	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	26.0	0.0	*	*
3	ständig	20.7	20.7	*	*
	Windlasten	0.8	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	9.8	-0.9	*	*

Tragfähigkeit - Lastkombination ständig/vorübergehend

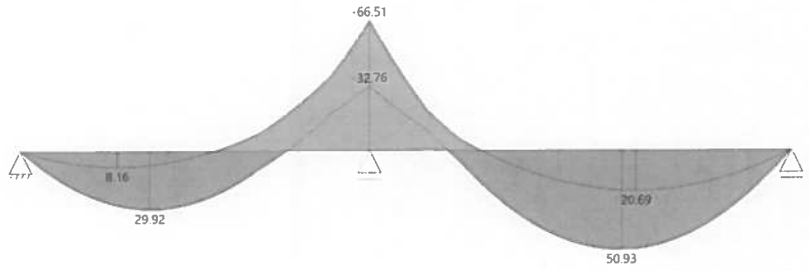
Schnittgrößen für γ-fache Lasten / Querschnittstragfähigkeit

Schnittgrößen/Querschnittstragfähigkeit elastisch

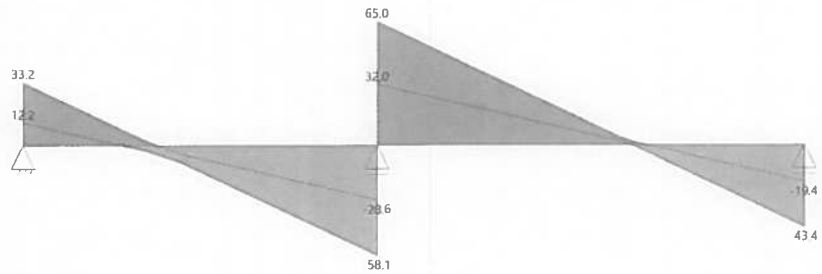
Feld	x [m]	Lk	Qkl	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
Feld 1	0.00	6	1	30.4	0.00	0.0	-12.9	22.4	0.10
	1.65	6	1	0.0	25.08	-19.9	0.0	19.9	0.08
	1.77	1	1	0.6	29.91	-23.7	-0.3	23.7	0.10
	4.80	6	1	-58.1	-66.51	-52.7	24.7	54.9	0.23
Feld 2	4.80	6	1	65.0	-66.51	-52.7	-27.6	58.4	0.25
	8.32	6	1	0.0	47.89	-37.9	0.0	37.9	0.16
	10.60	4	1	-43.4	0.00	0.0	18.4	31.9	0.14

Momenten- und Querkraftsgrenzlinien

Umhüllende der Momente - Tragfähigkeit



Umhüllende der Querkräfte - Tragfähigkeit



Stabilität

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
4.80	1	0.0	66.51	6.54	0.24	6

Stabilitätsnachweis einachsige Biegung ohne Normalkraft (Gl. 6.54)

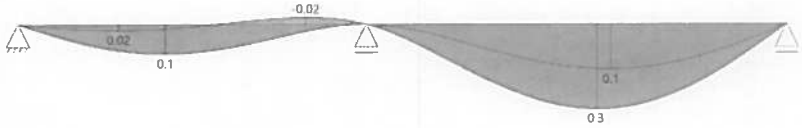
$M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) =$ **0.24**

$M_{y,Ed}$ = 66.51 kNm
M_{cr} = 896.24 kNm
λ_{lt} = 0.60
χ_{lt} = 0.94
$M_{y,Rk}$ = 326.14 kNm
γ_{M1} = 1.10

Nachweis für Lk 6 bei x = 4.80 m nach Gl. (6.54) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Umhüllende der Verformungen - Gebrauchstauglichkeit



Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 3.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
3.05	0.0	0.0	-0.3	0.3	0.09	10

41

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
3.05	5.80	0.00	5.80	0.3	1.9	0.14	10

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

Maßgebliche Kombinationen

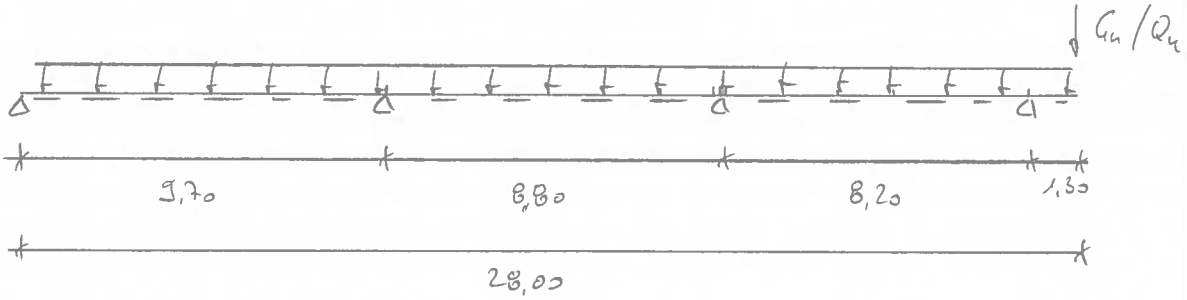
gen. Last	Lk 6	Lk 6	Lk 10
Eigengewicht	1.35	1.35	1.00
L 1	1.35	1.35	1.00
L 2	0.90	0.90	0.60
L 3	**1.50**	**1.50**	
L 4	**1.50**	**1.50**	**1.00**

42

POSITION 8 - Längsträger HEA 300

Stützlängen anpassen siehe Plan T&M

System + Abmessungen



Querschnitt / Material

HEA 300

S235

Belastung: - wie Pos. 4 -

· Eigengewicht → wird programmiert berücksichtigt

· aus Pos 1 / 2

$\bar{g}_k = 8{,}20$ kN/m $\quad \bar{w}_k = 0{,}37$ kN/m

$\bar{q}_k = 3{,}30$ kN/m

· aus Pos 7, Anlage 1

$G_k = 15{,}0$ kN

$Q_k = 8{,}3 / -1{,}9$ kN

$W_k = 0{,}60$ kN

· Wind

$w_k = 0{,}37$ kN/m

Position: 8 Längsträger HEA 300

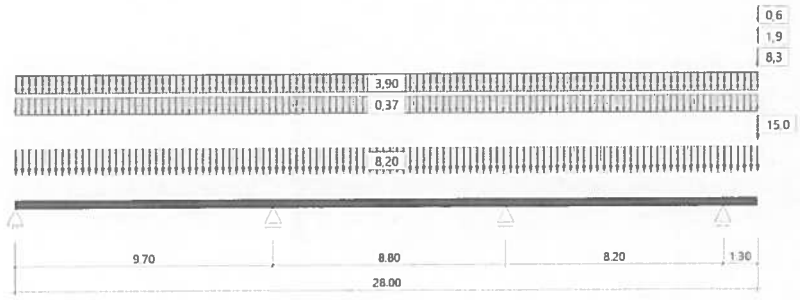
Mehrfeldträger Stahl STM+ 02/2019B (FRILO R-2019-2/P10)

System

Stahlträger über 3 Felder, DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08

Stahlgüte: S235

Systembild



Systemwerte

Querschnitte

Name	I_y [cm⁴]	I_z [cm⁴]	W_y [cm³]	W_z [cm³]	A [cm²]
HEA 300	18300.0	6310.0	1260.0	421.0	113.0
Querschnitt ist konstant über gesamte Trägerlänge.					

Felder

Feld	Länge [m]	Querschnitt
1	9.70	HEA 300
2	8.80	HEA 300
3	8.20	HEA 300
Kra Rechts	1.30	HEA 300

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	9.70	-1	-1	0.0	0.0	0.0
3	18.50	-1	-1	0.0	0.0	0.0
4	26.70	-1	-1	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

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

Belastung

Lasten

Einzellasten [kN] und Momente [kNm]

Bezug	Nr	Art	A [m]	W	[ ]	EG	Zus	Alt
Kragarm rechts	1	kraft	1.30	15.0	kN	ständig		
	2	kraft	1.30	8.3	kN	sonstig		1
	3	kraft	1.30	-1.9	kN	sonstig		1
	4	kraft	1.30	0.6	kN	Wind	1	

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

Streckenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	EG	Zus	Alt
System	5	GL		28.00	*	8.20		ständig		
	6	GL		28.00	*	3.90		sonstig		
	7	GL		28.00	*	0.37		Wind	1	

Last Nr. 6 wirkt feldweise.

Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast
Art : 1 - Gleichstreckenlast (GL), 4 - Trapezlast (TL), 5 - Dreiecklast (DL)
A : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger
EG : Lasteinwirkung
Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe
Alt : Alternativgruppe

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 2484 kg

Übersicht der verwendeten Einwirkungen

Einwirkungen

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35
Windlasten	0.60	0.20	0.00		1.50
sonstige veränderliche Einwirkungen	0.80	0.70	0.50		1.50

Einstellungen für die Nachweise

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	3.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	Kragarm l_{eff}/ 150
	δ_{lim} =	Felder l_{eff}/ 300

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.61	0.76	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.77

44

Tragsicherheit je Querschnitt (kompakt)

Bemessungssituation	Querschnitt	Stelle	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	η Qs	η Stabi	Lk
ständig/vorübergehend	HEA 300	Feld 1, x = 9.70	-107.9	-178.99	0.61	0.76	4

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung

Lager	Einwirkung	$R_{z,max}$ [kN]	$R_{z,min}$ [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$M_{y,min}$ [kNm]
1	ständig	35.3	35.3	*	*
	Windlasten	1.4	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	16.7	-1.6	*	*
2	ständig	96.4	96.4	*	*
	Windlasten	3.9	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	44.3	-2.9	*	*
3	ständig	76.9	76.9	*	*
	Windlasten	3.1	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	40.2	-7.1	*	*
4	ständig	60.8	60.8	*	*
	Windlasten	2.5	0.0	*	*
	sonstige veränderliche Einwirkungen	30.3	-4.2	*	*

Tragfähigkeit - Lastkombination ständig/vorübergehend

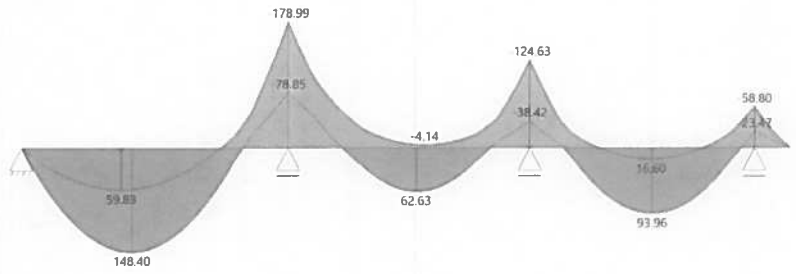
Schnittgrößen für γ-fache Lasten / Querschnittstragfähigkeit

Schnittgrößen/Querschnittstragfähigkeit elastisch

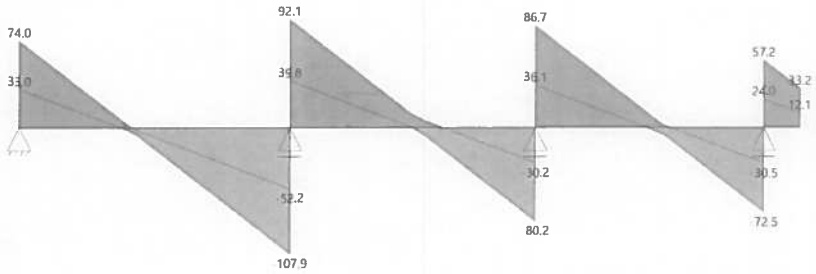
Feld	x [m]	Lk	Qkl	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	σd [N/mm²]	τd [N/mm²]	σd,v [N/mm²]	η
Feld 1	0.00	4	1	71.0	0.00	0.0	-30.2	52.2	0.22
	3.85	4	1	0.0	136.73	-108.3	0.0	108.3	0.46
	9.70	4	1	-107.9	-178.99	-141.8	45.8	143.4	0.61
Feld 2	9.70	4	1	92.1	-178.99	-141.8	-39.1	143.0	0.61
	14.69	4	1	0.0	50.81	-40.3	0.0	40.3	0.17
	18.50	8	1	-80.2	-124.63	-98.8	34.1	100.0	0.43
Feld 3	18.50	8	1	86.7	-124.63	-98.8	-36.8	100.2	0.43
	23.20	8	1	0.0	79.09	-62.7	0.0	62.7	0.27
	26.70	14	1	-72.5	-58.80	-46.6	30.8	59.8	0.25
Kragarm rechts	26.70	5	1	57.2	-58.80	-46.6	-24.3	51.5	0.22
	28.00	4	1	33.2	0.00	0.0	-14.1	24.4	0.10

Momenten- und Querkraftsgrenzlinien

Umhüllende der Momente - Tragfähigkeit



Umhüllende der Querkräfte - Tragfähigkeit



Stabilität

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
9.70	1	0.0	178.99	6.54	0.76	4

Stabilitätsnachweis einachsige Biegung ohne Normalkraft (Gl. 6.54)

$M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) = 0.76$

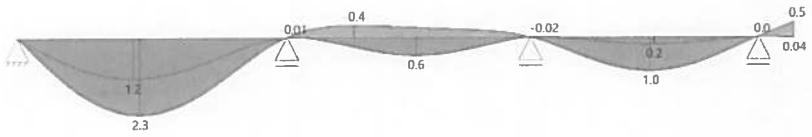
$M_{y,Ed}$ = 178.99 kNm
M_{cr} = 461.52 kNm
λ_{lt} = 0.84
χ_{lt} = 0.79
$M_{y,Rk}$ = 326.14 kNm
γ_{M1} = 1.10

Nachweis für Lk 4 bei x = 9.70 m nach Gl. (6.54) erfüllt.

45

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Umhüllende der Verformungen - Gebrauchstauglichkeit



Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 3.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
4.59	0.0	0.0	-2.3	2.3	0.77	15

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
4.59	9.70	0.00	9.70	2.3	3.2	0.72	15

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

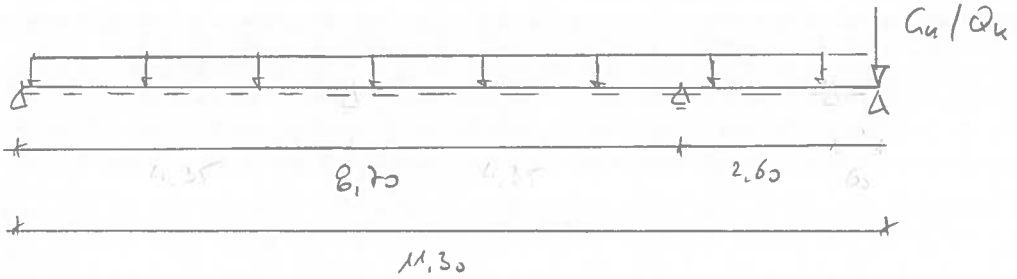
Maßgebliche Kombinationen

gen. Last	Lk 4	Lk 8	Lk 5	Lk 15
Eigengewicht	1.35	1.35	1.35	1.00
L 1	1.35	1.35	1.35	1.00
L 2	0.90	0.90	0.90	0.60
L 3	1.35	1.35	1.35	1.00
L 4	**1.50**		**1.50**	
L 5		**1.50**		**1.00**
L 6	0.90	0.90	0.90	0.60
L 7	**1.50**			**1.00**
L 8	**1.50**	**1.50**	**1.50**	
L 9		**1.50**		**1.00**
L 10	**1.50**		**1.50**	

Stützlängen anpassen siehe Plan T&M

POSITION 9 - Längsträger HEA 300

System + Abmessungen



Querschnitt / Material

HEA 300

S235

Belastg.

– wie Pos 4 –

- Eigengewicht → wird programmintern berücksichtigt
- aus Pos 1 / 2

$\bar{g}_k = 8{,}20$ kN/m $\bar{w}_k = 0{,}37$ kN/m

$\bar{q}_k = 3{,}80$ kN/m

- aus Pos 7, Auflager 3

$G_k = 20{,}7$ kN

$Q_k = 3{,}8 / -0{,}90$ kN

$W_k = 0{,}8$ kN

- Wind $\bar{w}_k = 0{,}37$ kN/m

Position: 9 Längsträger HEA 300

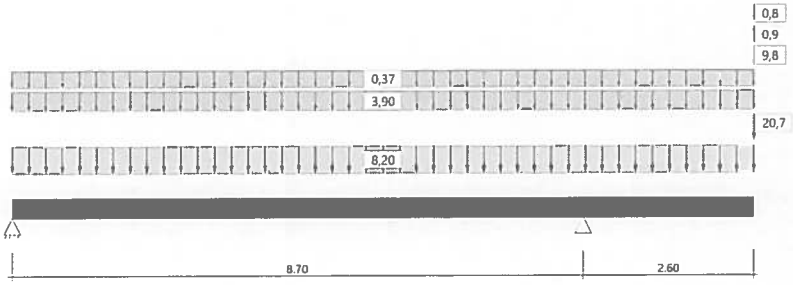
Mehrfeldträger Stahl STM+ 01/2020 (FRILO R-2020-1/P03)

System

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

Stahlgüte: S235

Systembild



Systemwerte

Querschnitte

Name	I_y [cm⁴]	I_z [cm⁴]	W_y [cm³]	W_z [cm³]	A [cm²]
HEA 300	18300.0	6310.0	1260.0	421.0	113.0

Querschnitt ist konstant über gesamte Trägerlänge.

Auflager (Lagerbedingungen)

Nr	x [m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	8.70	-1	-1	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

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

Belastung

Lasten

Einzellasten [kN] und Momente [kNm]

Bezug	Nr	Art	A [m]	W	[ ]	EG	Zus	Alt
System	1	kraft	11.30	20.7	kN	ständig		
	2	kraft	11.30	9.8	kN	sonstig		1
	3	kraft	11.30	-0.9	kN	sonstig		1
	4	kraft	11.30	0.8	kN	Wind	1	

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

Streckenlasten

Bezug	Nr	Art	A [m]	L1 [m]	L2 [m]	W1 [kN/m]	W2 [kN/m]	EG	Zus	Alt
System	5	GL		11.30		8.20		ständig		
	6	GL		11.30		3.90		sonstig		
	7	GL		11.30		0.37		Wind	1	

Last Nr. 6 wirkt feldweise.
Last Nr. 5 und 7 wirken zusammenhängend.

Bezug : Systembezogen (Vorderkante Träger) oder Feldlast
Art : 1 - Gleichstreckenlast (GL), 4 - Trapezlast (TL), 5 - Dreiecklast (DL)
A : Abstand zur Last von Feldanfang oder Vorderkante Träger
EG : Lasteinwirkung
Zus : Zusammengehörigkeitsgruppe
Alt : Alternativgruppe

Eigengewicht

Gesamtgewicht = 1002 kg

Übersicht der verwendeten Einwirkungen

Einwirkungen

Bezeichnung	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\gamma_{F,inf}$	$\gamma_{F,sup}$
ständig	1.00	1.00	1.00	1.00	1.35
Windlasten	0.60	0.20	0.00		1.50
sonstige veränderliche Einwirkungen	0.80	0.70	0.50		1.50

Schadensfolgeklasse CC 2 nach EN 1990 Tab. B1 -> K_{FI} = 1.0 Tab. B3

Bemessungsparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Schadensfolgeklasse	:	CC 2
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	3.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	Kragarm l_{eff}/ 150
	δ_{lim} =	Felder l_{eff}/ 300

48

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.60	0.69	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.81

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Einwirkung

Lager	Einwirkung	$R_{z,max}$ [kN]	$R_{z,min}$ [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$M_{y,min}$ [kNm]
1	ständig	29.8	29.8		
	Windlasten	1.2	0.0		
	sonstige veränderliche Einwirkungen	17.2	-4.4		
2	ständig	93.6	93.6		
	Windlasten	3.8	0.0		
	sonstige veränderliche Einwirkungen	41.3	-1.2		

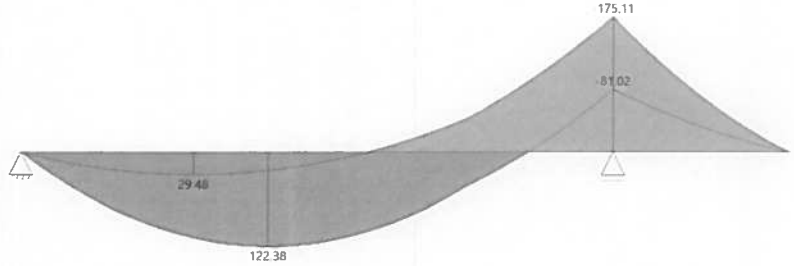
Tragsicherheit je Querschnitt (kompakt)

Bemessungssituation	Querschnitt	Stelle	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	η Qs	η Stabi	Lk
ständig/vorübergehend	HEA 300	Feld 1, x = 8.70	-100.4	-175.11	0.60	0.69	6

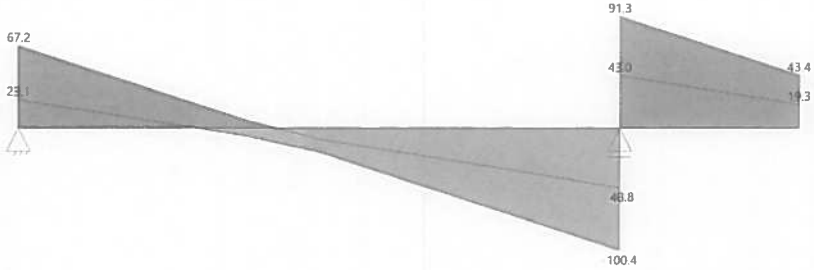
Tragfähigkeit - Lastkombination ständig/vorübergehend

Schnittgrößen

Umhüllende der Momente



Umhüllende der Querkräfte



Querschnittstragfähigkeit

Schnittgrößen/Querschnittstragfähigkeit elastisch

Feld	x [m]	Lk	Qkl	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
Feld 1	0.00	4	1	60.1	0.00	0.0	-25.5	44.2	0.19
	2.75	1	1	16.5	114.99	-91.1	-7.0	91.2	0.39
	3.21	1	1	8.1	120.62	-95.6	-3.4	95.6	0.41
	3.26	4	1	0.0	97.99	-77.6	0.0	77.6	0.33
	8.70	4	1	-100.4	-175.11	-138.7	42.6	140.1	0.60
Kragarm rechts	8.70	4	1	91.3	-175.11	-138.7	-38.8	139.9	0.60
	11.30	4	1	43.4	0.00	0.0	-18.4	31.9	0.14

Stabilität

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
8.70	1	0.0	175.11	6.54	0.69	4

Stabilitätsnachweis einachsige Biegung ohne Normalkraft (Gl. 6.54)

$M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) =$ **0.69**

$M_{y,Ed}$	=	175.11	kNm
M_{cr}	=	633.67	kNm
λ_{lt}	=	0.72	
χ_{lt}	=	0.86	
$M_{y,Rk}$	=	326.14	kNm
γ_{M1}	=	1.10	

Nachweis für Lk 4 bei x = 8.70 m nach Gl. (6.54) erfüllt.

Grafik Verformungen

Umhüllende der Verformungen - Gebrauchstauglichkeit

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 3.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
4.12	0.0	0.0	-1.5	1.5	0.51	5

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
4.12	8.70	0.00	8.70	1.5	2.9	0.53	5

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

Maßgebliche Kombinationen

gen. Last	Lk 1	Lk 4	Lk 5
Eigengewicht	1.35	1.35	1.00
L 1	1.35	1.35	1.00
L 2	0.90	0.90	0.60
L 3	**1.50**	**1.50**	**1.00**
L 4		**1.50**	
L 5	1.35	1.35	1.00
L 6		**1.50**	
L 7	**1.50**		**1.00**
L 8	0.90	0.90	0.60

50

POSITION 10 - Trägerstoß

Im Übergang zwischen Träger Pos 4 mit Träger Pos 5 und 6 bzw. zwischen Träger Pos 7 mit Träger Pos 8 und 9 ist planmäßig ein Stoß erforderlich.

Die Verbindung wird als Stirnplattenstoß mit folgenden Kräften bemessen:

$V_{Ed} = 50,7\ kN \approx 60\ kN$ Pos 4, Auflager 3

$N_{Ed} = 20\ kN$

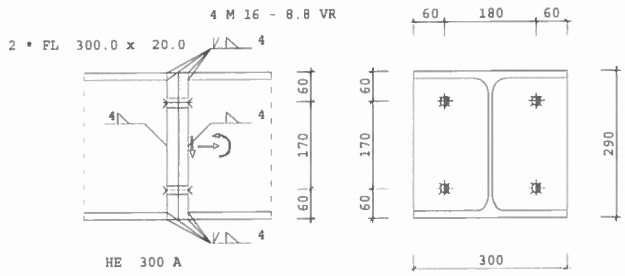
$M_{yd} = 20\ kNm$

Position: 10 Trägerstoß Pos. 4 bzw. Pos.7

Schraubanschlüsse Stahl ST9 02/2019A (Frilo R-2019-2/P10)

STIRNPLATTENSTOSS DIN EN 1993

Maßstab 1 : 10



SYSTEM : Träger	HE 300 A		Trägerneigung	0.0 Grad
			bündige Stirnplatte	
Stirnplatte	**h/b/d/ü**	**290.0 / 300.0 /**	**20.0 /**	0.0 mm
Schweißnaht	aF / aS		4.0 /	4.0 mm

MATERIAL :S235	fy = 235.00	fu = 360.00	E_Modul = 210000 (N/mm2)
Korrelationsbeiwert für Schweißnähte	βW = 0.80		
Teilsicherheitsbeiwerte	γM0 = 1.00	γM1 = 1.10	γM2 = 1.25

SCHRAUBE : 4 M 16 - 8.8 VR	fybk	fubk	F_Klasse	Fv (N/mm2,kN)
Gewinde in Fuge	64	80	8.8	88

EINWIRKUNG :	Nd	Vzd	Myd (kN,m)
	20.00	60.00	20.00

SCHRAUBENBILD :	2 Reihen	je 2 Schrauben	dL = 18.0 (mm)
(Stegrichtung) **e1/e2/e3/e4**	0.0 /	60.0 / **170.0** /	60.0
(Stegrichtung) a1/a2/a3	0.0 /	60.0 / 60.0	
(Gurtrichtung) **w1/w2/w3**	**180.0** /	0.0 / 60.0	

(Schraubenabstände ohne Berücksichtigung der Schweißnahtdicken)

äquivalente T-Stummel im Anschluss Stirnplatte :

hrz. N_d= 20.0 kN < 0.05 * $N_{pl,d}$ im Trägerquerschnitt = 132.2 kN

Berechnungsoptionen (Vorgaben)
Zugschrauben MRd im Bereich Anschlusshöhe * f ansetzen : f = 0.50

Querkraft nur über zugfreie Schrauben abtragen (nur bei Nd <= 0)
ohne Begrenzung VRd auf plastische Schubtragfähigkeit vom Träger
Nachweis Schweißnaht der Stirnplatte mittels IAW vom Gesamtnahtbild

äquivalente T-Stummel im Anschluss Stirnplatte :

Nr	Reihen	e	e,min	m	n	M_{pl1Rd}*)	min(F_{tRd},B_{tRd})
1	1	60.0	60.0	81.2	60.0 mm	23500.00	90.43 kN

*) M_{pl1Rd} = M_{plRd} / L_{eff} im jeweiligen Fließmuster in Nmm/mm

Schraubenreihen im T-Stummel Nr 1 :
effektive Längen, cp kreisförmig - Versagensmodus 1

Nr	$l_{eff,einzeln}$	$l_{eff,grp,oben}$	$l_{eff,grp.mitte}$	$l_{eff,grp,unten}$	
2	510.3	-	-	-	mm

effektive Längen, nc nichtkreisförmig - Versagensmodus 1 und 2

Nr	$l_{eff,einzeln}$	$l_{eff,grp,oben}$	$l_{eff,grp.mitte}$	$l_{eff,grp,unten}$	
2	480.5	-	-	-	mm

Steifeneinfluß

Nr	λ1	λ2	α
2	0.6	0.3	5.9

Grenzzugkraft wirksamer Schraubenreihen :

Nr	F_{tRd}	Versagensmodus
2	180.86 kN	Schrauben auf Zug

Komponenten im Riegel :

Querschnittsklasse	$V_{pl\,Rd}$	M_{clRd}	$M_{clRd,red}$	F_{cFbRd}
1	505.78 kN	326.14	326.14 kNm	1181.65 kN

Momentenbeanspruchung Gesamtanschluss :

h,druck	$F_{tRd,zug}$	$F_{cRd,druck}$
7.00 mm	180.86 kN	170.86 kN

M_{asd}	$M_{aRd,elastisch}$	$M_{aRd,plastisch}$	η
-22.76 kNm	26.89 kNm	40.33 kNm	0.85

Querkraftbeanspruchung :
wirksame Schraubenreihen

Nr	|- e1,platte	Randabstand e2,platte -|	|- e,platte	Lochabstand e3 -|	
1	60.0	60.0	170.0	180.0	mm

Nr	k1*α,platte	$F_{bRd,platte}$	F_{vRd}
1	2.50	460.80	120.58 kN

52

V_{Sd}	V_{Rd}	η
60.00 kN	**120.58 kN**	**0.50**

Nachweis Gesamt-Schweißnahtbild im Anschluss Träger-Stirnplatte :

A	zs	Iy	f_{vwd}
59.64 cm²	-0.0 mm	8907.09 cm²	207.8 N/mm²
σw	**τw**	**σw,v**	**η**
35.91 N/mm²	36.06 N/mm²	44.87 N/mm²	**0.22**

Rotationssteifigkeit unter Momentenbeanspruchung :
zusätzliche Normalkraft Nd bis max.5% Npld vom Träger berücksichtigt

Steifigkeitskoeffizienten wirksamer Schraubenreihen

Nr	k3	k5l	k5r	k10	
2	0.000	6.456	6.456	4.222	mm

keq	zeq	Sj,ini	Sj,n
1.829	223.0 mm	19103.28	6367.76 kNm/rad

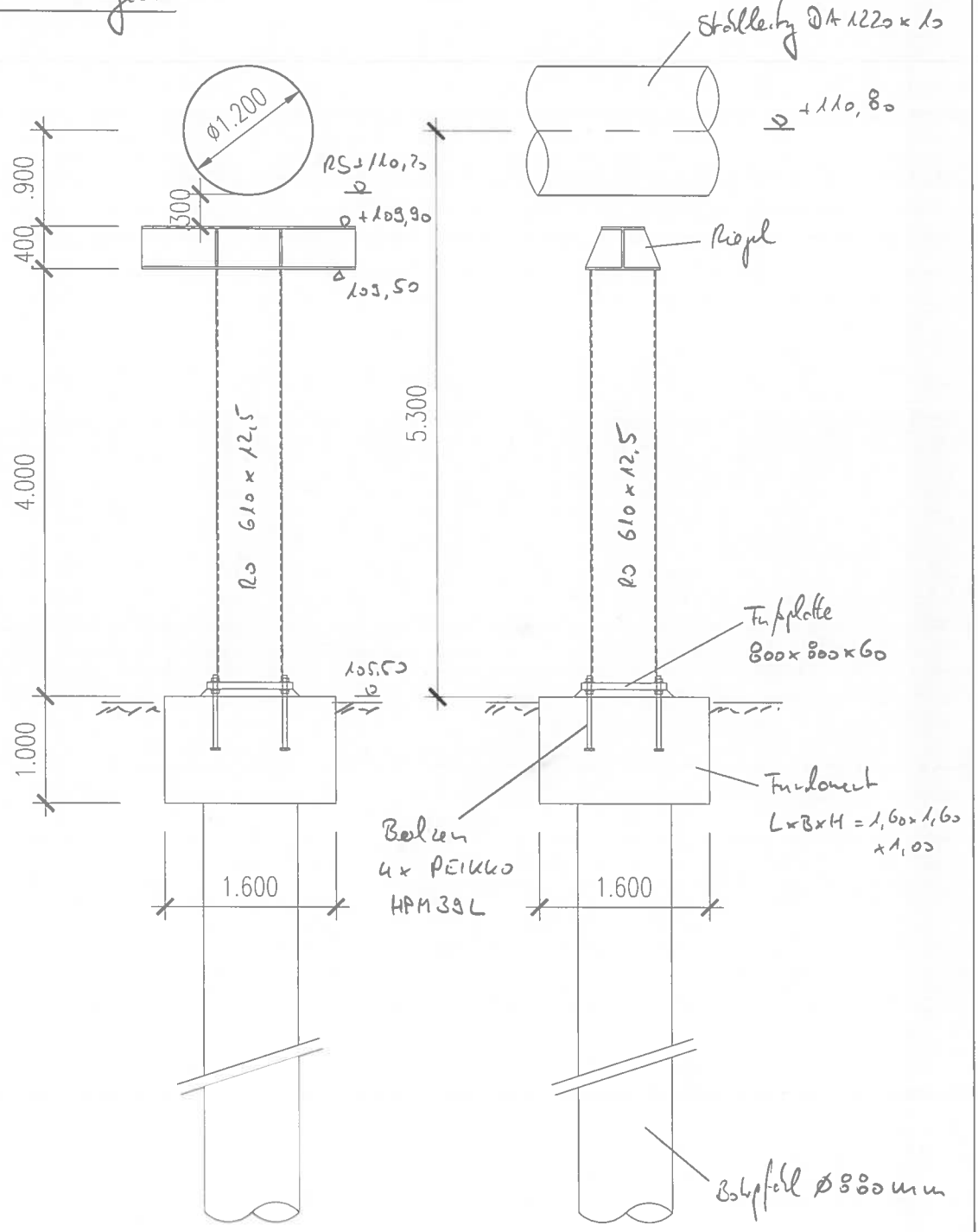
SPANNUNG IM TRÄGER :	SigmaX	Tau	SigmaV	Eta (N/mm2)
zulässig	235.00	135.68	235.00	
im Träger vorhanden	17.65	25.53	44.26	0.19

MAXIMALE AUSLASTUNG

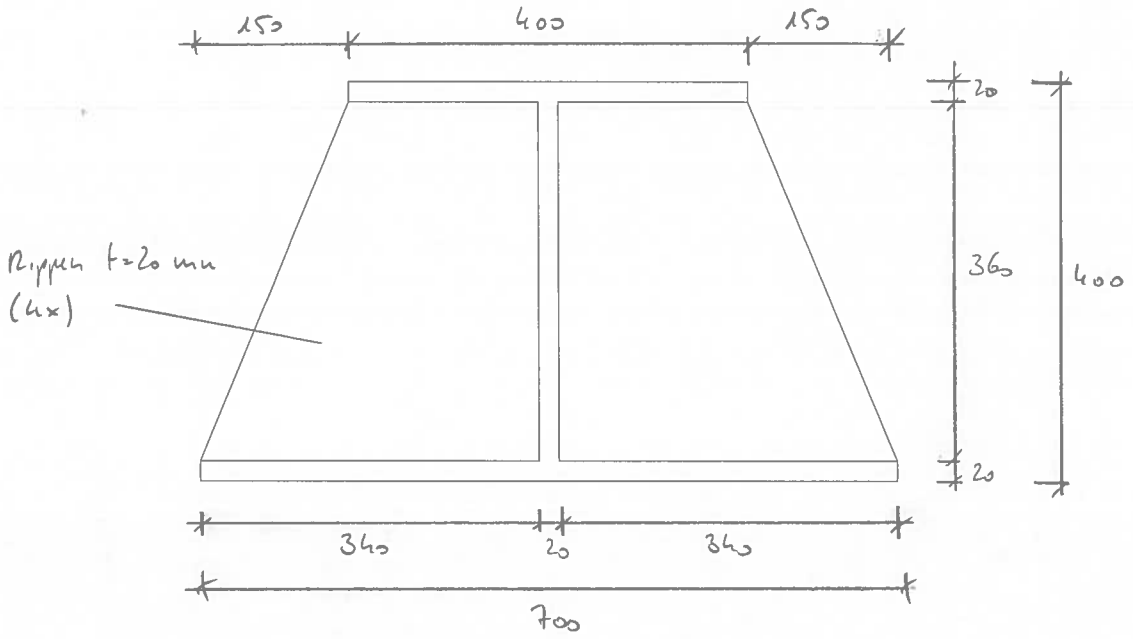
aus Verbindung : Eta = 0.85 <= 1 Nachweis erfüllt

POSITION 11 – Bereich 1, Stützen für Rohrleitung

System + Abmessungen



Riegelabmessungen



Länge Riegel L = 2,00 m

Querschnitt / Material

Stahlriegel (s.o.), S235

Stahlstütze RO 610 x 12,5, S235

Fußplatte FL 800 x 800 x 60, S 235

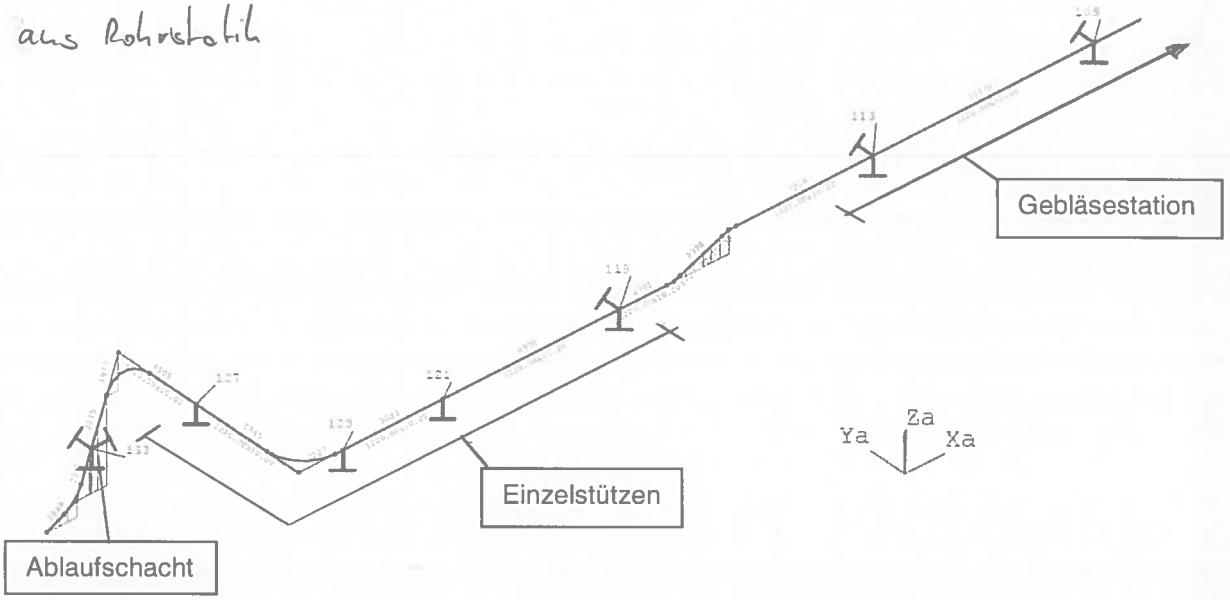
Fundament 1,60 x 1,60 x 1,00, C35/45, XC4/XD1/XF2/XA1/WF

Bohrpfahl Ø880 mm, C30/37 XC2/XF1/XA1

Vergußbeton Pagel-Vergoss V1/50

Belastungen

. aus Rohrstatik



Pos. 11.1

```
S t r a n g  10     P u n k t   119    AR
Stuetze im absoluten Koordinatensystem

Gleitlager mit Führung
```

Lastf.-Bezeichn.	WX PX mm Grd	WY PY mm Grd	WZ PZ mm Grd	AQX AMX kN kNm	AQY AMY kN kNm	AQZ AMZ kN kNm
Gewicht	-0.78 0.00	-0.00 0.01	-0.00 0.00	0.000 0.000	-0.847 0.000	-173.504 0.000
Betrieb max	-12.20 -0.04	-0.77 0.01	-0.03 0.01	-57.423 0.000	-3.629 0.000	-191.793 0.000
Abfahren	-1.96 -0.00	-0.65 0.01	-0.03 0.00	47.777 0.000	0.574 0.000	-159.267 0.000
Betrieb min	12.94 0.04	1.24 0.01	-0.03 -0.02	46.562 0.000	4.465 0.000	-155.917 0.000
Wind_X	0.02 -0.00	0.00 0.00	-0.00 -0.00	0.000 0.000	0.336 0.000	-0.818 0.000
Wind_Y	0.01 -0.00	0.00 0.00	-0.00 -0.01	0.000 0.000	9.360 0.000	-0.125 0.000
Schnee	-0.03 0.00	-0.00 0.00	-0.00 0.00	0.000 0.000	-0.019 0.000	-6.671 0.000
Extremwert	12.97 0.04	1.24 0.01	-0.03 -0.02	-57.423 0.000	13.831 0.000	-198.464 0.000

Pos. 11.2

S t r a n g 10 P u n k t 121 AR
Stuetze im absoluten Koordinatensystem

Gleitlager

Lastf.-Bezeichn.	WX PX mm Grd	WY PY mm Grd	WZ PZ mm Grd	AQX AMX kN kNm	AQY AMY kN kNm	AQZ AMZ kN kNm
Gewicht	-0.78	-0.74	-0.00	0.000	0.000	-68.840
	0.00	0.00	0.01	0.000	0.000	0.000
Betrieb max	-15.58	-2.80	-0.01	-23.014	-4.141	-77.961
	-0.04	0.00	0.01	0.000	0.000	0.000
Abfahren	-2.02	-0.37	-0.01	19.628	3.562	-67.153
	-0.00	0.00	-0.00	0.000	0.000	0.000
Betrieb min	16.92	3.69	-0.01	18.019	3.933	-61.474
	0.04	0.00	-0.01	0.000	0.000	0.000
Wind_X	0.03	0.44	-0.00	0.000	0.000	-2.015
	-0.00	-0.00	-0.00	0.000	0.000	0.000
Wind_Y	0.01	1.03	-0.00	0.000	0.000	-0.195
	-0.00	-0.00	-0.01	0.000	0.000	0.000
Schnee	-0.03	-0.04	-0.00	0.000	0.000	-2.490
	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
Extremwert	16.95	4.81	-0.01	-23.014	-4.141	-80.452
	-0.05	0.00	-0.02	0.000	0.000	0.000

Pos. 11.3

S t r a n g 10 P u n k t 123 AR
Stuetze im absoluten Koordinatensystem

Gleitlager

Lastf.-Bezeichn.	WX PX mm Grd	WY PY mm Grd	WZ PZ mm Grd	AQX AMX kN kNm	AQY AMY kN kNm	AQZ AMZ kN kNm
Gewicht	-0.78	-1.26	-0.00	0.000	0.000	-92.303
	-0.00	-0.00	0.01	0.000	0.000	0.000
Betrieb max	-17.52	-3.78	-0.01	-24.078	-5.189	-82.073
	-0.05	0.00	0.01	0.000	0.000	0.000
Abfahren	-2.04	0.19	-0.02	28.713	7.351	-98.798
	-0.00	-0.00	-0.01	0.000	0.000	0.000
Betrieb min	19.20	4.78	-0.02	29.341	7.306	-100.795
	0.04	-0.01	-0.01	0.000	0.000	0.000
Wind_X	0.03	0.78	0.00	0.000	0.000	3.658
	-0.00	0.00	-0.00	0.000	0.000	0.000
Wind_Y	0.01	1.50	-0.00	0.000	0.000	-0.888
	-0.00	0.00	-0.00	0.000	0.000	0.000
Schnee	-0.03	-0.07	-0.00	0.000	0.000	-4.102
	0.00	-0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
Extremwert	19.23	6.47	-0.02	29.341	7.351	-104.897
	-0.05	-0.01	-0.01	0.000	0.000	0.000

Pos. 11.4

S t r a n g 10 P u n k t 127 AR
Stuetze im absoluten Koordinatensystem

Gleitlager

Lastf.-Bezeichn.	WX PX mm Grd	WY PY mm Grd	WZ PZ mm Grd	AQX AMX kN kNm	AQY AMY kN kNm	AQZ AMZ kN kNm
Gewicht	-2.43	-1.64	-0.00	0.000	0.000	-106.829
	0.02	-0.05	0.02	0.000	0.000	0.000
Betrieb max	-3.40	0.34	-0.02	-30.687	3.083	-103.000
	0.00	0.04	-0.16	0.000	0.000	0.000
Abfahren	-3.40	0.34	-0.02	8.597	-15.513	-91.733
	0.02	-0.06	0.02	0.000	0.000	0.000
Betrieb min	0.89	-0.27	-0.02	31.209	-9.459	-108.839
	0.03	-0.13	0.21	0.000	0.000	0.000
Wind_X	1.05	1.05	-0.00	0.000	0.000	-3.559
	-0.00	0.01	-0.01	0.000	0.000	0.000
Wind_Y	0.45	1.64	0.00	0.000	0.000	5.049
	0.00	0.00	-0.00	0.000	0.000	0.000
Schnee	-0.17	-0.09	-0.00	0.000	0.000	-3.370
	0.00	-0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
Extremwert	-4.55	-3.58	-0.02	31.209	-15.513	-115.016
	0.03	-0.14	0.22	0.000	0.000	0.000

- Wind auf Stütze / Podest

  o.u.N $\underline{\underline{q = 0{,}50\ kN/m}}$

  Podest $\underline{\underline{Q}} = 0{,}50\ kN/m \cdot 2{,}00\ m = \underline{\underline{1{,}00\ kN}}$

- Eigengewicht Podest

  $G_u = 0{,}0292\ m^2 \cdot 2{,}00\ m \cdot 78{,}5\ kN/m^3 + 4 \times 0{,}0954\ m^2 \cdot 0{,}02\ m \cdot 78{,}5\ kN/m^3$

  $\underline{\underline{G_u = 5{,}18\ kN}}$

- Abzug Stützeneigengewicht

  $\underline{\underline{\Delta G}} = -0{,}02346\ m^2 \cdot 1{,}80\ m \cdot 78{,}5\ kN/m^3 = \underline{\underline{-2{,}39\ kN}}$

Position: 11.1 Bereich 1, Stahlstütze 119

Stahlstütze STS+ 02/2019 (FRILO R-2019-2/P11)

Grundparameter

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

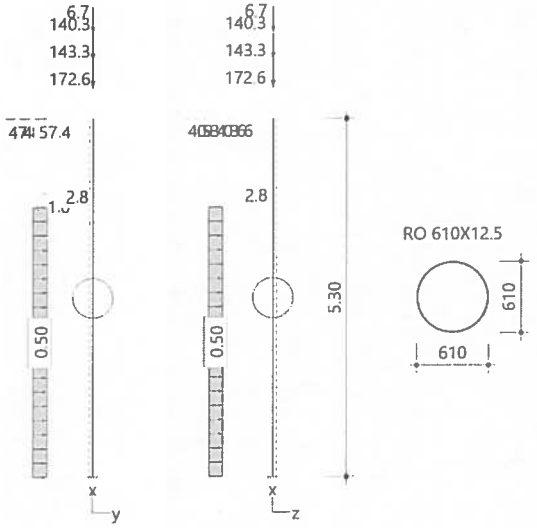
Einstellungen zur Tragsicherheit

Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B

Einstellungen zur Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	2.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	l_{eff}/ 300

System Kragstütze



Stütze: Höhe = 5.30 m

Material S235

	E_k =	210000 N/mm²		G_k =	80769 N/mm²
	γ =	78.50 kN/m³		μ =	0.30
Streckgrenze	t ≤	40 mm		f_{yk} =	235.00 N/mm²
Zugfestigkeit	t ≤	40 mm		f_{uk} =	360.00 N/mm²

Querschnitt - RO 610X12.5

Durchmesser/Wandung	d =	610 mm		s =	13 mm
Fertigungsprozess		warm			
Fläche	A =	234.6 cm²			
Statische Werte	I_y =	104754.7 cm⁴		W_y =	3435.0 cm³

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	-1	-1

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Q	ständig/vorübergehend	Windlasten	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00
10	Q	ständig/vorübergehend	Schnee H < 1000 m	1.50	0.00	0.50	0.20	0.00
14	Q	ständig/vorübergehend	sonstige veränderliche Einwirkungen	1.50	0.00	0.80	0.70	0.50

Lasten

Lastarten

Art 3 = Einzellast bei a kN 14 = Kopflast kN
5 = Streckenlast von a bis a+l kN/m
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

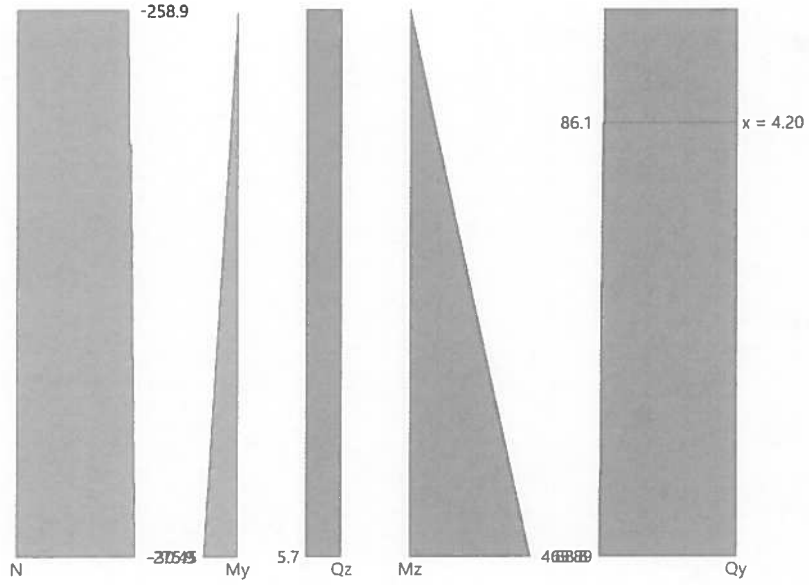
Standard-Lastfälle und Lasten

Beschreibung	Nr	Art	in/um	pi	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Riegel/delta Stütze	1	3	in x-Richtung	2.8	4.00		-	99		
Betrieb max AQZ	2	14	in x-Richtung	172.6	5.30		-	14	1	1
Betrieb max AQX	3	14	in y-Richtung	57.4	5.30		-	14	1	1
Betrieb max AQY	4	14	in z-Richtung	3.6	5.30		-	14	1	1
Abfahren AQZ	5	14	in x-Richtung	143.3	5.30		-	14	1	2
Abfahren AQX	6	14	in y-Richtung	47.8	5.30		-	14	1	2
Abfahren AQY	7	14	in z-Richtung	0.6	5.30		-	14	1	2
Betrieb min AQZ	8	14	in x-Richtung	140.3	5.30		-	14	1	3
Betrieb min AQX	9	14	in y-Richtung	46.6	5.30		-	14	1	3
Betrieb min AQY	10	14	in z-Richtung	4.5	5.30		-	14	1	3
Wind_X AQY	11	14	in z-Richtung	0.3	5.30		-	9	2	4
Wind_X auf Stütze	12	5	in y-Richtung	0.50	-	0.50	4.00	9	2	4
Wind_X auf Riegel	13	3	in y-Richtung	1.0	4.20		-	9	2	4
Wind_Y AQY	14	14	in z-Richtung	9.4	5.30		-	9	2	5
Wind_Y auf Stütze	15	5	in z-Richtung	0.50	-	0.50	4.00	9	2	5
Schnee	16	14	in x-Richtung	6.7	5.30		-	10		

Ergebnisse

Tragfähigkeit - Lastkombination ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Lfk 28 - Querschnittstragfähigkeit



Schnittgrößen - Lfk 28

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-275.9	5.7	-30.45	88.8	463.89
4.00	-265.9	5.7	-7.47	87.0	112.15
4.00	-262.1	5.7	-7.47	87.0	112.15
4.20	-261.7	5.7	-6.32	87.0	94.75
4.20	-261.7	5.7	-6.32	86.1	94.75
5.30	-258.9	5.7	0.00	86.1	0.00

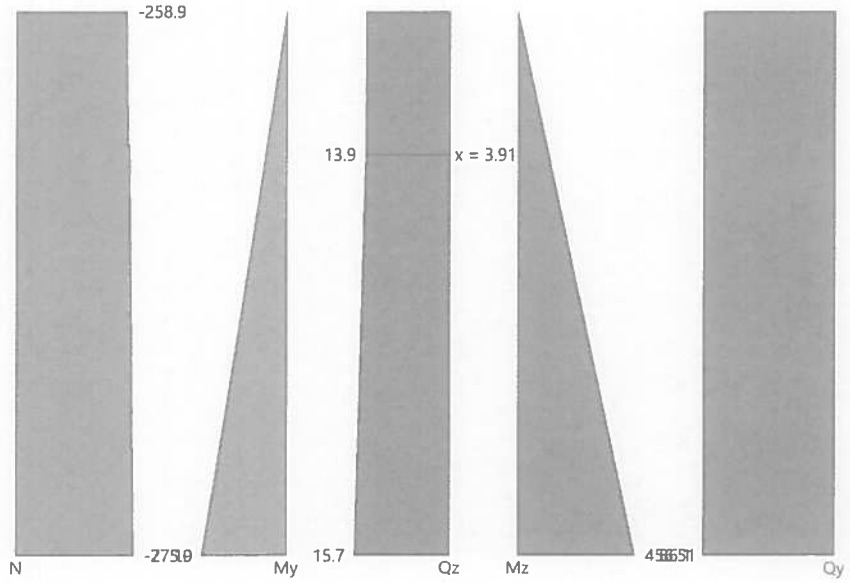
Querschnittstragfähigkeit elastisch - Lfk 28 - γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,v}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-146.8	7.7	146.8	0.62
4.00	1	-44.0	7.5	44.0	0.19
4.00	1	-43.8	7.5	43.8	0.19
4.20	1	-38.7	7.5	38.8	0.16
4.20	1	-38.7	7.4	38.8	0.16
5.30	1	-11.0	7.4	16.9	0.07

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
0.00	1	275.7	77.10	456.51	6.62	0.38	30

Lfk 30 - Stabilität



Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.61)

$N_{Ed} / (\chi_y * N_{Rd}) + k_{yy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{yz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.29**

N_{Ed}	=	275.7	kN	N_{Rk}	=	5514.0	kN
$N_{cr,y}$	=	20117.0	kN				
s_{ky}	=	10.39	m				
λ_y	=	0.52					
χ_y	=	0.92					
k_{yy}	=	0.60		k_{yz}	=	0.37	
$M_{y,Ed}$	=	77.10	kNm	$M_{z,Ed}$	=	456.51	kNm
M_{cr}	=	151229.28	kNm				
χ_{lt}	=	1.00					
$M_{y,Rk}$	=	1047.24	kNm	$M_{z,Rk}$	=	1047.24	kNm
γ_{M1}	=	1.10					

Nachweis für Lfk 30 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.61) erfüllt.

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.62)

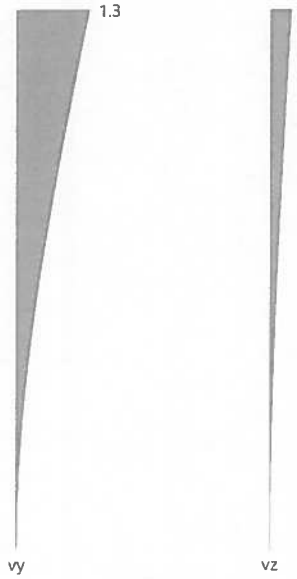
$N_{Ed} / (\chi_z * N_{Rd}) + k_{zy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{zz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = 0.38$

N_{Ed} =	275.7	kN	N_{Rk} =	5514.0	kN
$N_{cr,z}$ =	20117.0	kN			
s_{kz} =	10.39	m			
λ_z =	0.52				
χ_z =	0.92				
k_{zy} =	0.36		k_{zz} =	0.62	
$M_{y,Ed}$ =	77.10	kNm	$M_{z,Ed}$ =	456.51	kNm
M_{cr} =	151229.28	kNm			
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	1047.24	kNm	$M_{z,Rk}$ =	1047.24	kNm
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 30 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.62) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Lfk 110 - Verformung



Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 2.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
5.30	-0.02	1.3	0.1	1.3	0.66	110

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{y,Cd}$ [cm]	η	Lfk
2.23	5.30	0.00	5.30	0.3	1.8	0.14	110

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
2.23	5.30	0.00	5.30	0.1	1.8	0.03	104

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-9.8	-	-	-	-
		Riegel/delta Stütze	99	-2.8	-	-	-	-
		Schnee	10	-6.7	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 1	14	-172.6	3.6	-19.23	57.4	304.34
		Lasten mit Zus 2	14	-143.3	0.6	-3.04	47.8	253.22
		Lasten mit Zus 3	14	-140.3	4.5	-23.66	46.6	246.78
		Lasten mit Zus 4	9	-	0.3	-1.78	3.0	8.20
		Lasten mit Zus 5	9	-	11.4	-53.61	-	-

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Lager	x [m]	Lk	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Lfk 6	-280.9	5.4	-28.85	86.1	456.51
		Lfk 28	-275.9	5.7	-30.45	88.8	463.89
		Lfk 22	-190.3	22.4	-108.81	55.9	296.13

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Last:Faktor]
28	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.5 + 3:1.5 + 4:1.5 + 11:0.9 + 12:0.9 + 13:0.9
30	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.5 + 3:1.5 + 4:1.5 + 14:0.9 + 15:0.9
110	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 4:1.0 + 11:0.6 + 12:0.6 + 13:0.6
104	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 8:0.8 + 9:0.8 + 10:0.8 + 14:1.0 + 15:1.0 + 16:0.5
6	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.5 + 3:1.5 + 4:1.5 + 16:0.75
22	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 8:1.2 + 9:1.2 + 10:1.2 + 14:1.5 + 15:1.5 + 16:0.75

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.62	0.38	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.66

Position: 11.2 Bereich 1, Stahlstütze 121

Stahlstütze STS+ 02/2019 (FRILO R-2019-2/P11)

Grundparameter

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

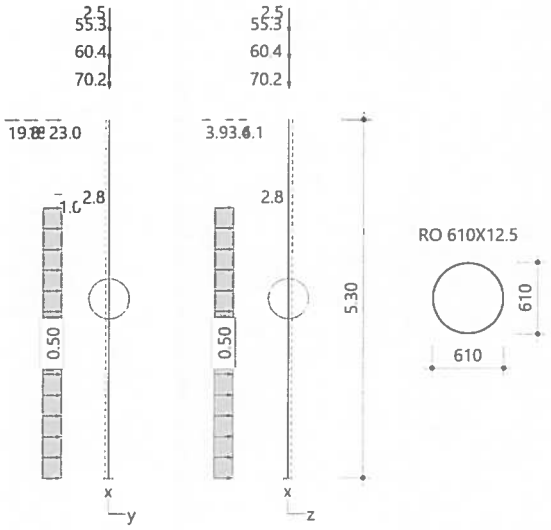
Einstellungen zur Tragsicherheit

Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B

Einstellungen zur Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	2.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	l_{eff}/ 300

System Kragstütze



Stütze: Höhe = 5.30 m

Material S235

	E_k =	210000 N/mm²		G_k =	80769 N/mm²
	γ =	78.50 kN/m³		μ =	0.30
Streckgrenze	t ≤	40 mm		f_{yk} =	235.00 N/mm²
Zugfestigkeit	t ≤	40 mm		f_{uk} =	360.00 N/mm²

Querschnitt - RO 610X12.5

Durchmesser/Wandung	d =	610 mm		s =	13 mm
Fertigungsprozess		warm			
Fläche	A =	234.6 cm²			
Statische Werte	I_y =	104754.7 cm⁴		W_y =	3435.0 cm³

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	-1	-1

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Q	ständig/vorübergehend	Windlasten	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00
10	Q	ständig/vorübergehend	Schnee H < 1000 m	1.50	0.00	0.50	0.20	0.00
14	Q	ständig/vorübergehend	sonstige veränderliche Einwirkungen	1.50	0.00	0.80	0.70	0.50

Lasten

Lastarten

Art 3 = Einzellast bei a kN 14 = Kopflast kN
5 = Streckenlast von a bis a+l kN/m
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

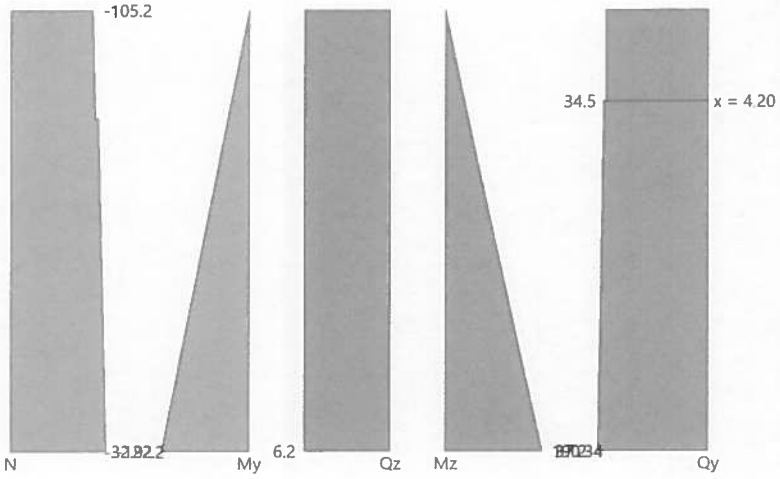
Standard-Lastfälle und Lasten

Beschreibung	Nr	Art	in/um	pi	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Riegel/delta Stütze	1	3	in x-Richtung	2.8	4.00		-	99		
Betrieb max AQZ	2	14	in x-Richtung	70.2	5.30		-	14	1	1
Betrieb max AQX	3	14	in y-Richtung	23.0	5.30		-	14	1	1
Betrieb max AQY	4	14	in z-Richtung	4.1	5.30		-	14	1	1
Abfahren AQZ	5	14	in x-Richtung	60.4	5.30		-	14	1	2
Abfahren AQX	6	14	in y-Richtung	19.8	5.30		-	14	1	2
Abfahren AQY	7	14	in z-Richtung	3.6	5.30		-	14	1	2
Betrieb min AQZ	8	14	in x-Richtung	55.3	5.30		-	14	1	3
Betrieb min AQX	9	14	in y-Richtung	18.0	5.30		-	14	1	3
Betrieb min AQY	10	14	in z-Richtung	3.9	5.30		-	14	1	3
Wind_X auf Stütze	11	5	in y-Richtung	0.50	-	0.50	4.00	9	2	4
Wind_X auf Riegel	12	3	in y-Richtung	1.0	4.20		-	9	2	4
Wind_Y auf Stütze	13	5	in z-Richtung	0.50	-	0.50	4.00	9	2	
Schnee	14	14	in x-Richtung	2.5	5.30		-	10		

Ergebnisse

Tragfähigkeit - Lastkombination ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Lfk 28 - Querschnittstragfähigkeit



Schnittgrößen - Lfk 28

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-122.2	6.2	-32.92	37.2	190.34
4.00	-112.2	6.2	-8.07	35.4	45.06
4.00	-108.5	6.2	-8.07	35.4	45.06
4.20	-108.0	6.2	-6.83	35.4	37.97
4.20	-108.0	6.2	-6.83	34.5	37.97
5.30	-105.2	6.2	0.00	34.5	0.00

Querschnittstragfähigkeit elastisch - Lfk 28 - γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-60.6	3.2	60.6	0.26
4.00	1	-17.9	3.1	17.9	0.08
4.00	1	-17.7	3.1	17.8	0.08
4.20	1	-15.7	3.1	15.7	0.07
4.20	1	-15.7	3.0	15.7	0.07
5.30	1	-4.5	3.0	6.8	0.03

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
0.00	1	122.1	32.92	190.34	6.62	0.16	28

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.61)

$N_{Ed} / (\chi_y * N_{Rd}) + k_{yy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{yz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.12**

N_{Ed} =	122.1	kN	N_{Rk} =	5514.0	kN
$N_{cr,y}$ =	21211.9	kN			
s_{ky} =	10.12	m			
λ_y =	0.51				
χ_y =	0.92				
k_{yy} =	0.60		k_{yz} =	0.36	
$M_{y,Ed}$ =	32.92	kNm	$M_{z,Ed}$ =	190.34	kNm
M_{cr} =	146759.60	kNm			
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	1047.24	kNm	$M_{z,Rk}$ =	1047.24	kNm
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 28 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.61) erfüllt.

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.62)

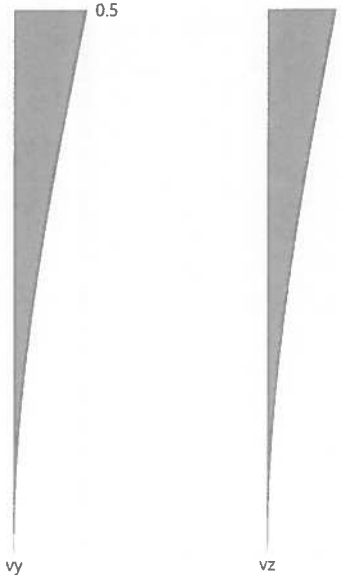
$N_{Ed} / (\chi_z * N_{Rd}) + k_{zy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{zz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.16**

N_{Ed} =	122.1	kN	N_{Rk} =	5514.0	kN
$N_{cr,z}$ =	21211.9	kN			
s_{kz} =	10.12	m			
λ_z =	0.51				
χ_z =	0.92				
k_{zy} =	0.36		k_{zz} =	0.60	
$M_{y,Ed}$ =	32.92	kNm	$M_{z,Ed}$ =	190.34	kNm
M_{cr} =	146759.60	kNm			
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	1047.24	kNm	$M_{z,Rk}$ =	1047.24	kNm
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 28 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.62) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Lfk 110 - Verformung



Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 2.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
5.30	-0.01	0.5	0.1	0.5	0.27	110

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{y,Cd}$ [cm]	η	Lfk
2.23	5.30	0.00	5.30	0.1	1.8	0.06	110

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
2.23	5.30	0.00	5.30	0.02	1.8	0.01	112

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-9.8	-	-	-	-
		Riegel/delta Stütze	99	-2.8	-	-	-	-
		Wind_Y auf Stütze	9	-	2.0	-4.00	-	-
		Schnee	10	-2.5	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 1	14	-70.2	4.1	-21.95	23.0	121.97
		Lasten mit Zus 2	14	-60.4	3.6	-18.88	19.8	105.09
		Lasten mit Zus 3	14	-55.3	3.9	-20.84	18.0	95.50
		Lasten mit Zus 4	9	-	-	-	3.0	8.20

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Lager	x [m]	Lk	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Lfk 6	-124.1	6.2	-32.92	34.5	182.96
		Lfk 28	-122.2	6.2	-32.92	37.2	190.34
		Lfk 30	-122.2	8.0	-36.52	34.5	182.96

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Last:Faktor]
28	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.5 + 3:1.5 + 4:1.5 + 11:0.9 + 12:0.9
110	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 4:1.0 + 11:0.6 + 12:0.6
112	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 4:1.0 + 13:0.6
6	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.5 + 3:1.5 + 4:1.5 + 14:0.75
30	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.5 + 3:1.5 + 4:1.5 + 13:0.9

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.26	0.16	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.27

Position: 11.3 Bereich 1, Stahlstütze 123

Stahlstütze STS+ 02/2019 (FRILO R-2019-2/P11)

Grundparameter

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

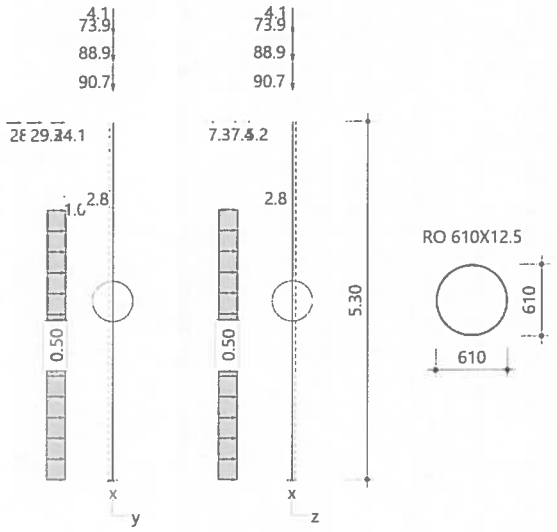
Einstellungen zur Tragsicherheit

Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B

Einstellungen zur Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch	
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	2.0	cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	l_{eff}/ 300	

System Kragstütze



Stütze: Höhe = 5.30 m

Material S235

	E_k =	210000 N/mm²	G_k =	80769 N/mm²
	γ =	78.50 kN/m³	μ =	0.30
Streckgrenze	t ≤	40 mm	f_{yk} =	235.00 N/mm²
Zugfestigkeit	t ≤	40 mm	f_{uk} =	360.00 N/mm²

Querschnitt - RO 610X12.5

Durchmesser/Wandung	d =	610 mm	s =	13 mm
Fertigungsprozess		warm		
Fläche	A =	234.6 cm²		
Statische Werte	I_y =	104754.7 cm⁴	W_y =	3435.0 cm³

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	-1	-1

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Q	ständig/vorübergehend	Windlasten	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00
10	Q	ständig/vorübergehend	Schnee H < 1000 m	1.50	0.00	0.50	0.20	0.00
14	Q	ständig/vorübergehend	sonstige veränderliche Einwirkungen	1.50	0.00	0.80	0.70	0.50

Lasten

Lastarten

Art 3 = Einzellast bei a kN 14 = Kopflast kN
5 = Streckenlast von a bis a+l kN/m
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

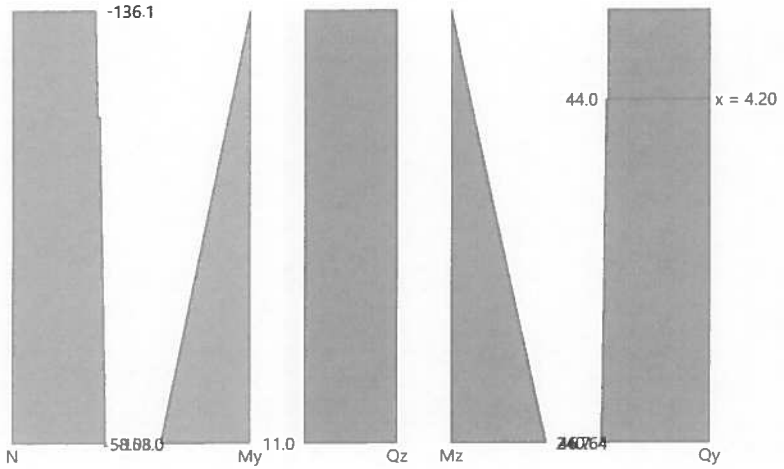
Standard-Lastfälle und Lasten

Beschreibung	Nr	Art	in/um	pl	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Riegel/delta Stütze	1	3	in x-Richtung	2.8	4.00		-	99		
Betrieb max AQZ	2	14	in x-Richtung	73.9	5.30		-	14	1	1
Betrieb max AQX	3	14	in y-Richtung	24.1	5.30		-	14	1	1
Betrieb max AQY	4	14	in z-Richtung	5.2	5.30		-	14	1	1
Abfahren AQZ	5	14	in x-Richtung	88.9	5.30		-	14	1	2
Abfahren AQX	6	14	in y-Richtung	28.7	5.30		-	14	1	2
Abfahren AQY	7	14	in z-Richtung	7.4	5.30		-	14	1	2
Betrieb min AQZ	8	14	in x-Richtung	90.7	5.30		-	14	1	3
Betrieb min AQX	9	14	in y-Richtung	29.3	5.30		-	14	1	3
Betrieb min AQY	10	14	in z-Richtung	7.3	5.30		-	14	1	3
Wind_X auf Stütze	11	5	in y-Richtung	0.50	-	0.50	4.00	9	2	4
Wind_X auf Riegel	12	3	in y-Richtung	1.0	4.20		-	9	2	4
Wind_Y auf Stütze	13	5	in z-Richtung	0.50	-	0.50	4.00	9	2	
Schnee	14	14	in x-Richtung	4.1	5.30		-	10		

Ergebnisse

Tragfähigkeit - Lastkombination ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Lfk 38 - Querschnittstragfähigkeit



Schnittgrößen - Lfk 38

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-153.0	11.0	-58.08	46.7	240.64
4.00	-143.1	11.0	-14.25	44.9	57.39
4.00	-139.3	11.0	-14.25	44.9	57.39
4.20	-138.8	11.0	-12.05	44.9	48.41
4.20	-138.8	11.0	-12.05	44.0	48.41
5.30	-136.1	11.0	0.00	44.0	0.00

Querschnittstragfähigkeit elastisch - Lfk 38 - γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-77.7	4.1	77.7	0.33
4.00	1	-23.1	3.9	23.1	0.10
4.00	1	-23.0	3.9	23.0	0.10
4.20	1	-20.3	3.9	20.3	0.09
4.20	1	-20.3	3.9	20.3	0.09
5.30	1	-5.8	3.9	8.9	0.04

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
0.00	1	152.9	58.08	240.64	6.62	0.21	38

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.61)

$N_{Ed} / (\chi_y * N_{Rd}) + k_{yy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{yz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.16**

N_{Ed} =	152.9	kN	N_{Rk} =	5514.0	kN
$N_{cr,y}$ =	20802.6	kN			
s_{ky} =	10.22	m			
λ_y =	0.51				
χ_y =	0.92				
k_{yy} =	0.61		k_{yz} =	0.36	
$M_{y,Ed}$ =	58.08	kNm	$M_{z,Ed}$ =	240.64	kNm
M_{cr} =	146759.60	kNm			
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	1047.24	kNm	$M_{z,Rk}$ =	1047.24	kNm
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 38 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.61) erfüllt.

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.62)

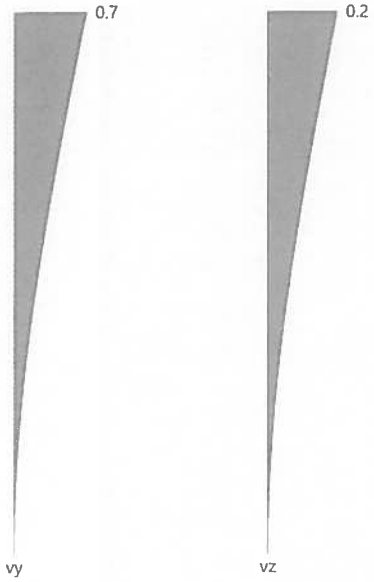
$N_{Ed} / (\chi_z * N_{Rd}) + k_{zy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{zz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.21**

N_{Ed} =	152.9	kN	N_{Rk} =	5514.0	kN
$N_{cr,z}$ =	20802.6	kN			
s_{kz} =	10.22	m			
λ_z =	0.51				
χ_z =	0.92				
k_{zy} =	0.36		k_{zz} =	0.61	
$M_{y,Ed}$ =	58.08	kNm	$M_{z,Ed}$ =	240.64	kNm
M_{cr} =	146759.60	kNm			
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	1047.24	kNm	$M_{z,Rk}$ =	1047.24	kNm
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 38 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.62) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Lfk 120 - Verformung



Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 2.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
5.30	-0.01	0.7	0.2	0.7	0.35	120

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{y,Cd}$ [cm]	η_f	Lfk
2.23	5.30	0.00	5.30	0.1	1.8	0.07	120

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
2.23	5.30	0.00	5.30	0.03	1.8	0.02	117

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-9.8	-	-	-	-
		Riegel/delta Stütze	99	-2.8	-	-	-	-
		Wind_Y auf Stütze	9	-	2.0	-4.00	-	-
		Schnee	10	-4.1	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 1	14	-73.9	5.2	-27.50	24.1	127.61
		Lasten mit Zus 2	14	-88.9	7.4	-38.96	28.7	152.18
		Lasten mit Zus 3	14	-90.7	7.3	-38.72	29.3	155.51
		Lasten mit Zus 4	9	-	-	-	3.0	8.20

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Lager	x [m]	Lk	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Lfk 18	-156.1	11.0	-58.08	44.0	233.26
		Lfk 38	-153.0	11.0	-58.08	46.7	240.64
		Lfk 35	-150.3	12.8	-62.04	43.1	228.27

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Last:Faktor]
38	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 8:1.5 + 9:1.5 + 10:1.5 + 11:0.9 + 12:0.9
120	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 8:1.0 + 9:1.0 + 10:1.0 + 11:0.6 + 12:0.6
117	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 5:1.0 + 6:1.0 + 7:1.0 + 13:0.6
18	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 8:1.5 + 9:1.5 + 10:1.5 + 14:0.75
35	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 5:1.5 + 6:1.5 + 7:1.5 + 13:0.9

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.33	0.21	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.35

67

Position: 11.4 Bereich 1, Stahlstütze 127

Stahlstütze STS+ 02/2019 (FRILO R-2019-2/P11)

Grundparameter

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	alle gleiches γ_F ($\gamma_{G,sup}$ oder $\gamma_{G,inf}$)

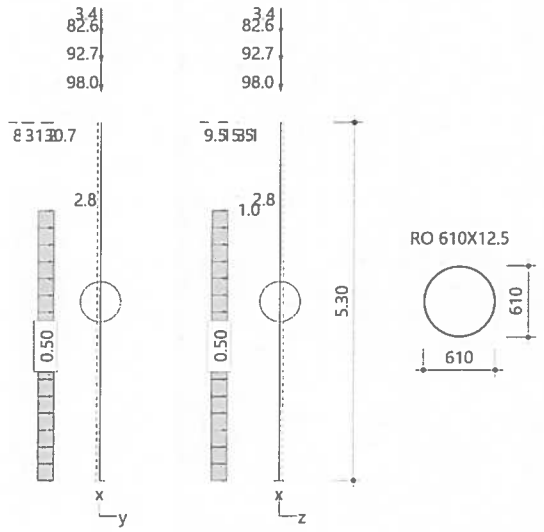
Einstellungen zur Tragsicherheit

Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B

Einstellungen zur Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch	
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	2.0	cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	l_{eff}/ 300	

System Kragstütze



Stütze: Höhe = 5.30 m

Material S235

	E_k =	210000 N/mm²		G_k =	80769 N/mm²
	γ =	78.50 kN/m³		μ =	0.30
Streckgrenze	t ≤	40 mm		f_{yk} =	235.00 N/mm²
Zugfestigkeit	t ≤	40 mm		f_{uk} =	360.00 N/mm²

Querschnitt - RO 610X12.5

Durchmesser/Wandung	d =	610 mm		s =	13 mm
Fertigungsprozess		warm			
Fläche	A =	234.6 cm²			
Statische Werte	I_y =	104754.7 cm⁴		W_y =	3435.0 cm³

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	-1	-1

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Q	ständig/vorübergehend	Windlasten	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00
10	Q	ständig/vorübergehend	Schnee H < 1000 m	1.50	0.00	0.50	0.20	0.00
14	Q	ständig/vorübergehend	sonstige veränderliche Einwirkungen	1.50	0.00	0.80	0.70	0.50

Lasten

Lastarten

Art 3 = Einzellast bei a kN 14 = Kopflast kN
5 = Streckenlast von a bis a+l kN/m
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

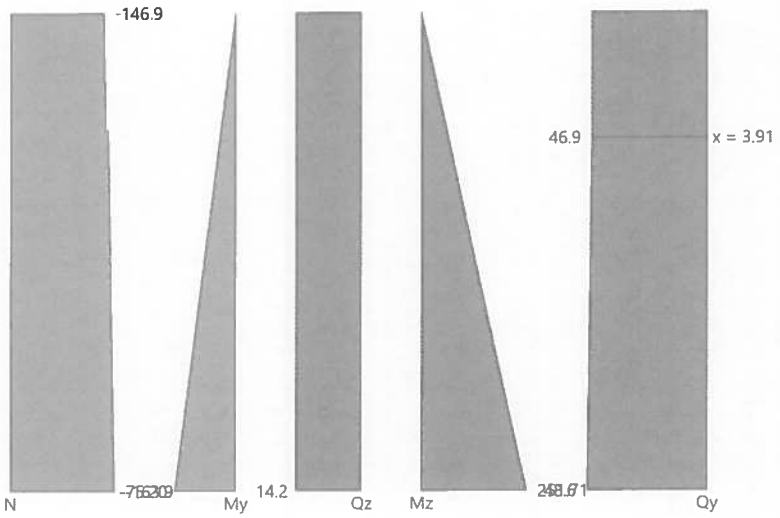
Standard-Lastfälle und Lasten

Beschreibung	Nr	Art	in/um	pl	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Riegel/delta Stütze	1	3	in x-Richtung	2.8	4.00		-	99		
Betrieb max AQZ	2	14	in x-Richtung	92.7	5.30		-	14	1	1
Betrieb max AQX	3	14	in y-Richtung	30.7	5.30		-	14	1	1
Betrieb max AQY	4	14	in z-Richtung	3.1	5.30		-	14	1	1
Abfahren AQZ	5	14	in x-Richtung	82.6	5.30		-	14	1	2
Abfahren AQX	6	14	in y-Richtung	8.6	5.30		-	14	1	2
Abfahren AQY	7	14	in z-Richtung	15.5	5.30		-	14	1	2
Betrieb min AQZ	8	14	in x-Richtung	98.0	5.30		-	14	1	3
Betrieb min AQX	9	14	in y-Richtung	31.2	5.30		-	14	1	3
Betrieb min AQY	10	14	in z-Richtung	9.5	5.30		-	14	1	3
Wind_X auf Stütze	11	5	in z-Richtung	0.50	-	0.50	4.00	9	2	4
Wind_X auf Riegel	12	3	in z-Richtung	1.0	4.20		-	9	2	4
Wind_Y auf Stütze	13	5	in y-Richtung	0.50	-	0.50	4.00	9	2	
Schnee	14	14	in x-Richtung	3.4	5.30		-	10		

Ergebnisse

Tragfähigkeit - Lastkombination ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Lfk 40 - Querschnittstragfähigkeit



Schnittgrößen - Lfk 40

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-163.9	14.2	-75.20	48.6	251.71
4.00	-153.9	14.2	-18.45	46.8	60.86
4.00	-150.2	14.2	-18.45	46.8	60.86
5.30	-146.9	14.2	0.00	46.8	0.00

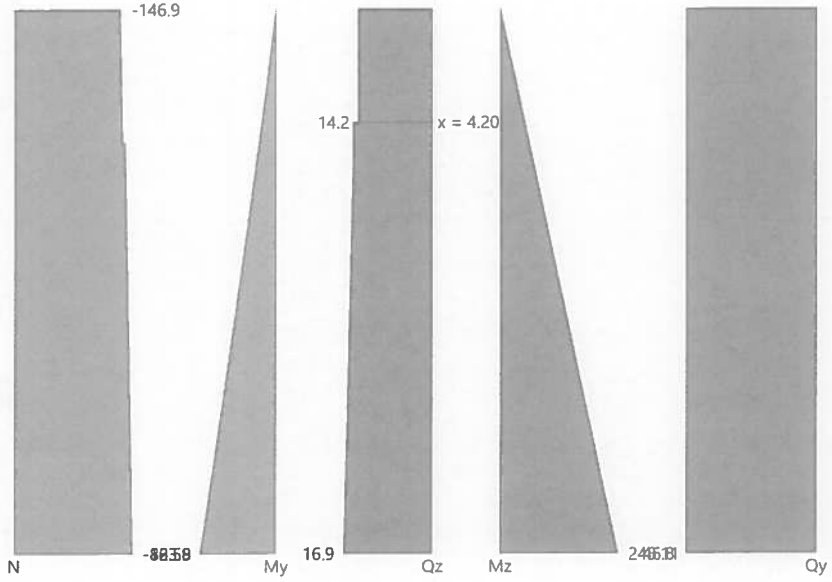
Querschnittstragfähigkeit elastisch - Lfk 40 - γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-83.1	4.3	83.1	0.35
4.00	1	-25.0	4.2	25.0	0.11
4.00	1	-24.8	4.2	24.8	0.11
5.30	1	-6.3	4.2	9.6	0.04

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
0.00	1	163.7	82.58	248.11	6.62	0.23	38

Lfk 38 - Stabilität



Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.61)

$N_{Ed} / (\chi_y * N_{Rd}) + k_{yy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{yz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.18**

N_{Ed}	=	163.7	kN	N_{Rk}	=	5514.0	kN
$N_{cr,y}$	=	20697.6	kN				
s_{ky}	=	10.24	m				
λ_y	=	0.52					
χ_y	=	0.92					
k_{yy}	=	0.59		k_{yz}	=	0.37	
$M_{y,Ed}$	=	82.58	kNm	$M_{z,Ed}$	=	248.11	kNm
M_{cr}	=	152669.80	kNm				
χ_{lt}	=	1.00					
$M_{y,Rk}$	=	1047.24	kNm	$M_{z,Rk}$	=	1047.24	kNm
γ_{M1}	=	1.10					

Nachweis für Lfk 38 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.61) erfüllt.

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.62)

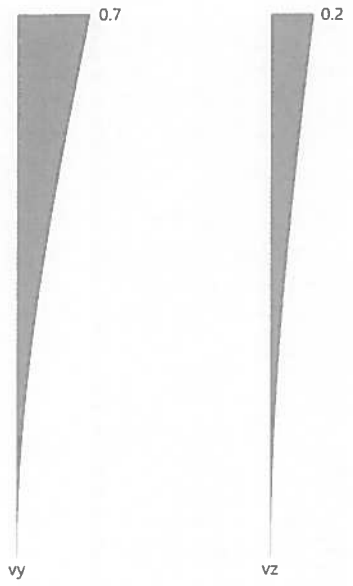
$N_{Ed} / (\chi_z * N_{Rd}) + k_{zy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{zz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = 0.23$

N_{Ed} =	163.7	kN	N_{Rk} =	5514.0	kN
$N_{cr,z}$ =	20697.6	kN			
s_{kz} =	10.24	m			
λ_z =	0.52				
χ_z =	0.92				
k_{zy} =	0.35		k_{zz} =	0.61	
$M_{y,Ed}$ =	82.58	kNm	$M_{z,Ed}$ =	248.11	kNm
M_{cr} =	152669.80	kNm			
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	1047.24	kNm	$M_{z,Rk}$ =	1047.24	kNm
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 38 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.62) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Lfk 122 - Verformung



Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 2.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
5.30	-0.01	0.7	0.2	0.7	0.37	122

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{y,Cd}$ [cm]	η	Lfk
2.23	5.30	0.00	5.30	0.1	1.8	0.08	122

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
2.23	5.30	0.00	5.30	0.1	1.8	0.04	115

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-9.8	-	-	-	-
		Riegel/delta Stütze	99	-2.8	-	-	-	-
		Wind_Y auf Stütze	9	-	-	-	2.0	4.00
		Schnee	10	-3.4	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 1	14	-92.7	3.1	-16.34	30.7	162.64
		Lasten mit Zus 2	14	-82.6	15.5	-82.22	8.6	45.56
		Lasten mit Zus 3	14	-98.0	9.5	-50.13	31.2	165.41
		Lasten mit Zus 4	9	-	3.0	-8.20	-	-

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Lager	x [m]	Lk	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Lfk 18	-166.4	14.2	-75.20	46.8	248.11
		Lfk 40	-163.9	14.2	-75.20	48.6	251.71
		Lfk 33	-140.8	26.0	-130.71	12.9	68.35

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Last:Faktor]
40	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 8:1.5 + 9:1.5 + 10:1.5 + 13:0.9
38	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 8:1.5 + 9:1.5 + 10:1.5 + 11:0.9 + 12:0.9
122	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 8:1.0 + 9:1.0 + 10:1.0 + 13:0.6
115	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 5:1.0 + 6:1.0 + 7:1.0 + 11:0.6 + 12:0.6
18	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 8:1.5 + 9:1.5 + 10:1.5 + 14:0.75
33	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 5:1.5 + 6:1.5 + 7:1.5 + 11:0.9 + 12:0.9

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.35	0.23	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.37

Bemessung Fußplatte und Verankerung Stütze

maßgebende Kräfte aus Stütze S119 (Pos. 11.1)

S119 Betrieb max 1+4

$N_{Ed} = -1{,}35 \cdot (9{,}8 + 2{,}8) - 1{,}5 \cdot 172{,}6 = -275{,}91$ kN

$H_{x,d} = 1{,}5 \cdot (3{,}6 + 0{,}5 \cdot 0{,}3) = 5{,}63$ kN

$H_{y,d} = 1{,}5 \cdot (57{,}4 + 0{,}5 \cdot 3{,}0) = 88{,}35$ kN

$M_{x,d} = 1{,}5 \cdot (304{,}34 + 0{,}50 \cdot 8{,}20) = 462{,}66$ kNm

$M_{y,d} = 1{,}5 \cdot (19{,}23 + 0{,}5 \cdot 1{,}78) = 30{,}18$ kNm

S119 Betrieb max 1+5

$N_{Ed} = -1{,}35 \cdot (9{,}8 + 2{,}8) - 1{,}5 \cdot 172{,}6 = -275{,}91$ kN

$H_{x,d} = 1{,}5 \cdot (3{,}6 + 0{,}5 \cdot 14{,}4) = 13{,}95$ kN

$H_{y,d} = 1{,}5 \cdot (57{,}4 + 0) = 86{,}10$ kN

$M_{x,d} = 1{,}5 \cdot (304{,}34 + 0) = 456{,}51$ kNm

$M_{y,d} = 1{,}5 \cdot (19{,}23 + 0{,}5 \cdot 53{,}61) = 69{,}05$ kNm

S119 Abfahren 2+4

$N_{Ed} = -1{,}35 \cdot (9{,}8 + 2{,}8) - 1{,}5 \cdot 143{,}3 = -231{,}96$ kN

$H_{x,d} = 1{,}5 \cdot (0{,}6 + 0{,}5 \cdot 0{,}3) = 1{,}13$ kN

$H_{y,d} = 1{,}5 \cdot (47{,}8 + 0{,}5 \cdot 3{,}0) = 73{,}95$ kN

$M_{x,d} = 1{,}5 \cdot (253{,}22 + 0{,}5 \cdot 8{,}2) = 385{,}98$ kNm

$M_{y,d} = 1{,}5 \cdot (3{,}04 + 0{,}5 \cdot 1{,}78) = 5{,}90$ kNm

Slg Abfahren 2+5

$N_{Ed} = -1{,}35 \cdot (9{,}8 + 2{,}8) - 1{,}5 \cdot 143{,}3 = -231{,}96$ kN

$H_{x,d} = 1{,}5 \cdot (0{,}6 + 0{,}5 \cdot 11{,}4) = 9{,}45$ kN

$H_{y,d} = 1{,}5 \cdot (47{,}8 + 0) = 71{,}7$ kN

$M_{x,d} = 1{,}5 \cdot (253{,}22 + 0) = 379{,}83$ kNm

$M_{y,d} = 1{,}5 \cdot (3{,}04 + 0{,}50 \cdot 53{,}61) = 44{,}76$ kNm

Slg Betrieb min 3+4

$N_{Ed} = -1{,}35 \cdot (9{,}8 + 2{,}8) - 1{,}5 \cdot 149{,}3 = -227{,}46$ kN

$H_{x,d} = 1{,}5 \cdot (4{,}5 + 0{,}5 \cdot 0{,}3) = 6{,}88$ kN

$H_{y,d} = 1{,}5 \cdot (46{,}6 + 0{,}5 \cdot 3{,}0) = 72{,}15$ kN

$M_{x,d} = 1{,}5 \cdot (246{,}78 + 0{,}5 \cdot 8{,}20) = 376{,}32$ kNm

$M_{y,d} = 1{,}5 \cdot (23{,}66 + 0{,}5 \cdot 1{,}78) = 36{,}83$ kNm

Slg Betrieb max 3+5

$N_{Ed} = -1{,}35 \cdot (9{,}8 + 2{,}8) - 1{,}5 \cdot 140{,}3 = -227{,}46$ kN

$H_{x,d} = 1{,}5 \cdot (4{,}5 + 0{,}5 \cdot 11{,}4) = 15{,}3$ kN

$H_{y,d} = 1{,}5 \cdot (46{,}6 + 0) = 69{,}9$ kN

$M_{x,d} = 1{,}5 \cdot (246{,}78 + 0) = 370{,}17$ kNm

$M_{y,d} = 1{,}5 \cdot (23{,}66 + 0{,}5 \cdot 53{,}61) = 75{,}70$ kNm

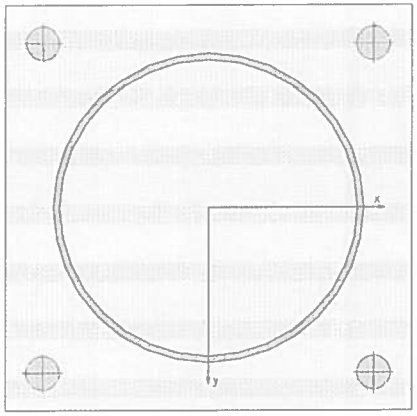
POS. 11.5: STÜTZE RO 610X12.5

4H-EC3FP Version: 6/2013-2d

Stahlstützenfuß mit Fußplatte

Stahlnachweise nach DIN EN 1993-1:2010-12 mit NA-Deutschland

Draufsicht Fußplatte
Maßstab 1:10



Stützenquerschnitt
genormtes Profil: R 610.0 x 12.5(w), der Güte S235

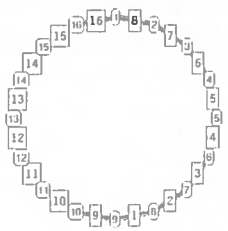
Fußplatte
b_x = 800 mm b_y = 800 mm t = 60 mm, der Güte S235

Mörtelfuge
t_F = 60 mm

Untergrund/Bettung
Entsprechend des Betons C35/45

Anker
4 Anker, FK 8.8, M36, ohne Schaft
mit einer Länge von 520 mm
Randabstände a_x/a_y = 75/75 mm

Querschnittsbeschreibung des Stützenprofils (R 610.0 x 12.5(w))



Knotenkoordinaten

Nr.	x	y
-	mm	mm
1	-0.0	-298.8
2	114.3	-276.0
3	211.2	-211.2
4	276.0	-114.3
5	298.7	-0.0
6	276.0	114.3
7	211.2	211.2
8	114.3	276.0
9	-0.0	298.7
10	-114.3	276.0
11	-211.2	211.2
12	-276.0	114.3
13	-298.8	0.0
14	-276.0	-114.3
15	-211.2	-211.2
16	-114.3	-276.0

Linienelemente

Nr.	KnoA	KnoE	Dicke
-	-	-	mm
1	9	8	12.5
2	8	7	12.5
3	7	6	12.5
4	6	5	12.5
5	5	4	12.5
6	4	3	12.5
7	3	2	12.5
8	2	1	12.5
9	9	10	12.5
10	10	11	12.5
11	11	12	12.5
12	12	13	12.5
13	13	14	12.5
14	14	15	12.5
15	15	16	12.5
16	16	1	12.5

1. Belastung

1.1. Bemessungswerte der Stützenlast

Angriffspunkt im Schwerpunkt der Stütze

LK	Bezeichnung.	Bemessungssit.	$N_{St,d}$ kN	$H_{x,St,d}$ kN	$H_{y,St,d}$ kN	$M_{x,St,d}$ kNm	$M_{y,St,d}$ kNm
1	S119 Betrieb max 1+4	ständig	275.91	5.63	88.35	462.66	-30.18
2	S119 Betrieb max 1+5	ständig	275.91	13.95	86.10	456.51	-69.05
3	S119 Abfahren 2+4	ständig	231.96	1.13	73.95	385.98	-5.90
4	S119 Abfahren 2+5	ständig	231.96	9.45	71.70	379.83	-44.77
5	S119 Betrieb min 3+4	ständig	227.46	6.98	72.15	376.32	-36.83
6	S119 Betrieb min 3+5	ständig	227.46	15.30	69.90	370.17	-75.70

2. Nachweis

2.1. Materialsicherheitsbeiwerte

Bemessungssit.	γ_{M0}	γ_{M2}	γ_c
ständig	1.00	1.25	1.50

2.2. Schweißnaht zwischen Stützenschaft und Fußplatte

Bemessung nach dem richtungsbezogenen Verfahren entsprechend Abschnitt 4.5.3.2

$\sigma_{V,w,Ed} = (\sigma_\perp^2+3\,\tau_\perp^2+3\,\tau_\parallel^2)^{0.5}$,
$f_{1,w,Rd} = f_u/(\beta_w\gamma_{M2})$
$f_{2,w,Rd} = 0.9\,f_u/\gamma_{M2}$
$U = \max[\,\sigma_{V,w,Ed}/f_{1,w,Rd},\ \sigma_\perp/f_{2,w,Rd}\,]$

Die Verbindung wird mit einer umlaufenden Kehlnaht ausgeführt.
Die Schweißnahtdicke beträgt 8 mm.
Die Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

Mindestwert der Schweißnahtdicke a_{min} = 8.0 = 8.0 mm

LK	$\sigma_\perp$ kN/cm²	$\tau_\perp$ kN/cm²	$\tau_\parallel$ kN/cm²	$\sigma_{V,w,Ed}$ kN/cm²	$f_{1,w,Rd}$ kN/cm²	$f_{2,w,Rd}$ kN/cm²	U
1	-15.30	-15.30	-0.00	30.59	36.00	25.92	0.85
2	-15.24	-15.24	0.01	30.47	36.00	25.92	0.85
3	-12.74	-12.74	-0.00	25.49	36.00	25.92	0.71
4	-12.64	-12.64	0.01	25.27	36.00	25.92	0.70
5	-12.49	-12.49	-0.00	24.97	36.00	25.92	0.69
6	-12.48	-12.48	0.01	24.95	36.00	25.92	0.69

Maximale Ausnutzung U = 0.85 < 1.00

a_w - Schweißnahtdicke $\sigma_\perp$ - Normalspannungen senkrecht zur Naht $\tau_\perp$ - Schubspannungen senkrecht zur Naht
$\tau_\parallel$ - Schubspannungen parallel zur Naht U - Ausnutzung

2.3. FE-Berechnung

Die Berechnung der Pressungen unter der Fußplatte und der maßgebenden Schnittgrößen in der Fußplatte erfolgt durch eine FEM-Berechnung mit Steifeziffer-verfahren. Die Anfangsbettung der Platte ergibt sich aus dem E-Modul des Betons unter der Fußplatte. Für die Flächenbettung gilt Zugfederausschaltung. Die Anker werden durch Punktfedern berücksichtigt, die nur auf Zug wirken.

Die Platte wird in 34 Elemente in X-Richtung und 34 Elemente in Y-Richtung eingeteilt.
Die Betonpressung wird begrenzt auf die zulässige Teilflächenpressung mit lim $\sigma_{c,d} = f_{Rd,u}$.
Die Ersatzfeder für die Anker wird angesetzt mit c = E·A/l = 3297.81 kN/cm.

2.3.1. Spannungen in der Fußplatte (Elast.-Elast.)

Schnittgrößen

LK	x_{Fp} cm	y_{Fp} cm	m_{xx} kNcm/cm	m_{yy} kNcm/cm	m_{xy} kNcm/cm	v_x kN/cm	v_y kN/cm
1	24.7	71.8	-3.01	1.65	2.20	-0.33	0.81
2	24.7	71.8	-2.64	6.61	2.65	-0.21	1.84
3	24.7	71.8	-2.08	4.03	3.27	0.05	1.03
4	24.7	71.8	-1.50	12.51	4.49	0.15	1.85
5	24.7	71.8	-1.13	16.42	5.96	0.31	1.84
6	24.7	71.8	-0.40	22.21	4.21	0.28	1.01

Spannungen und Ausnutzungen

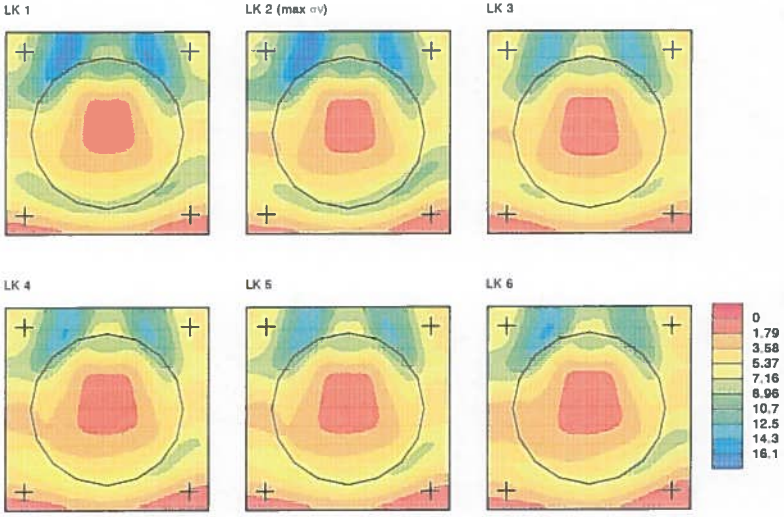
$\sigma_V = (\sigma_x^2+\sigma_y^2-\sigma_x\,\sigma_y+3\,(\tau_{xy}^2+\tau_{xz}^2+\tau_{yz}^2))^{0.5}$
$\sigma_{Rd} = f_y/\gamma_{M0}$
$\tau_{Rd} = f_y/(3^{0.5}\gamma_{M0})$
$U = \max\,\{\,\sigma_\perp/\sigma_{Rd};\ \tau_\perp/\tau_{Rd};\ \sigma_V/\sigma_{Rd}\,\}$

LK	x_{Fp} cm	y_{Fp} cm	σ_1 kN/cm²	τ_1 kN/cm²	σ_V kN/cm²	σ_{Rd} kN/cm²	τ_{Rd} kN/cm²	U -
1	24.7	71.8	17.95	8.59	17.58	21.50	12.41	0.83
2	24.7	71.8	18.36	8.71	17.91	21.50	12.41	0.85
3	24.7	71.8	14.63	7.04	14.36	21.50	12.41	0.68
4	24.7	71.8	15.02	7.15	14.68	21.50	12.41	0.70
5	24.7	71.8	14.77	7.05	14.44	21.50	12.41	0.69
6	24.7	71.8	15.24	7.20	14.84	21.50	12.41	0.71

Maximale Ausnutzung U = 0.85 < 1.00

x_{Fp}/y_{Fp} - Koordinaten auf der Fußplatte m_{xx}/m_{yy} - Momente m_{xy} - Drillmoment v_x/v_y - Querkraft
σ_1 - Hauptnormalspannung τ_1 - Hauptschubspannung σ_V - Vergleichsspannung σ_{Rd} - Grenznormalspannung
U - Ausnutzung

Spannungsverteilung - σ_V [kN/cm²]



2.3.2. Betonpressung unter der Fußplatte

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c$
$U_{fjd} = \sigma_{c,m}/f_{jd}$
$U_{A,Druck}$ = vorh ($A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$) / zul ($A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$)

Bemessungswert der Beton- bzw. Mörtelfestigkeit unter Lagerpressung: $f_{jd} = 1.0 \cdot f_{cd}$

Nachweis nur bei Pressungsflächen größer als 5% der Plattenfläeche (A_{Druck} > 320.0 cm²)

Beschränkung für stark belastete Pressungsbereiche:
Das zulässige Verhältnis der Fläche mit Betonpressungen größer als der Bemessungswert ($A_{\sigma c>fjd}$) zur gesamten Druckfläche (A_{Druck}) beträgt: zul ($A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$) = 5%

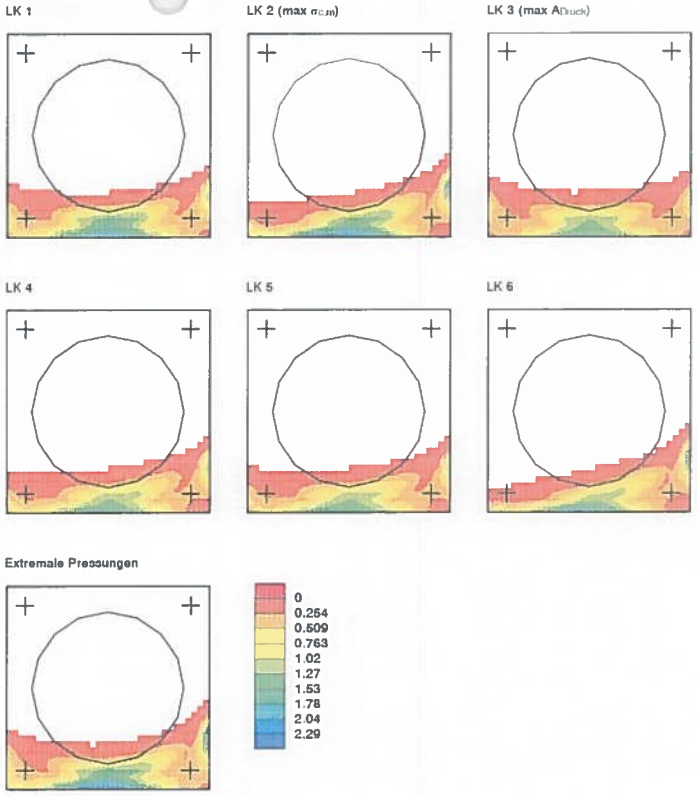
LK	lim $\sigma_{c,d}$ kN/cm²	A_{Druck} cm²	F_{Druck} kN	$A_{\sigma c>fjd}$ cm²	$\sigma_{c,max}$ kN/cm²	$\sigma_{c,m}$ kN/cm²	f_{jd} kN/cm²	U_{fjd} -	$A_{\sigma c>fjd}$ / A_{Druck} %
1	5.95	1588.9	829.79	-	1.94	0.522	1.98	0.26	0.00
2	5.95	1494.8	824.62	60.9	2.29	0.552	1.98	0.28	4.07
3	5.95	1616.6	692.49	-	1.57	0.428	1.98	0.22	0.00
4	5.95	1539.1	685.97	-	1.75	0.446	1.98	0.22	0.00
5	5.95	1544.6	677.33	-	1.70	0.439	1.98	0.22	0.00
6	5.95	1428.4	674.97	11.1	1.99	0.473	1.98	0.24	0.78

Maximale Ausnutzung U_{fjd} = 0.28 < 1.00

Maximaler Anteil der Druckfläche mit $\sigma_c > f_{jd}$: $A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$ = 4.07 < 5.00 %
Zugehörige Ausnutzung $U_{A,Druck}$ = 0.81 < 1.00

A_{Druck} - Fläche mit Betonpressungen F_{Druck} - Res. Druckkraft auf den Beton $\sigma_{c,max}$ - maximale Betonpressung
$\sigma_{c,m}$ - mittlere Betonpressung U_{fjd} - Ausnutzung mittl. Lagerpressung
$U_{A,Druck}$ - Ausnutzung der zul. Pressungsfläche mit $\sigma_c > f_{jd}$

Pressungsverteilung [kN/cm²]

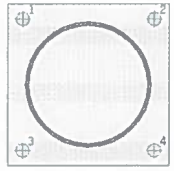


2.3.3. Ankerzugkräfte

$F_{t,Rd} = k2 \cdot f_{ub} \cdot A_s/\gamma_{M2}$
$U = F_{t,Ed,max}/F_{t,Rd}$

Spannungsquerschnitt für M36: A_s = 8.17 cm²
Es werden keine Senkschrauben verwendet: k2 = 0.90

Nummerierung



LK	$F_{t,Ed,1}$ kN	$F_{t,Ed,2}$ kN	$F_{t,Ed,3}$ kN	$F_{t,Ed,4}$ kN	$F_{t,Rd}$ kN	U_{max} -
1	290.93	262.95	---	---	470.36	0.62
2	306.64	242.07	---	---	470.36	0.65
3	232.98	227.55	---	---	470.36	0.50
4	247.77	206.24	---	---	470.36	0.53
5	241.96	207.91	---	---	470.36	0.51
6	259.71	187.80	---	---	470.36	0.55

Maximale Ausnutzung U = 0.65 < 1.00

f_{ub} - Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffes $F_{t,Ed}$ - Zugkraft des Ankers $F_{t,Rd}$ - Grenzzugkraft der Anker
U_{max} - max. Ausnutzung

2.4. Nachweis der Schubeinleitung

Der Nachweis der Schubeinleitung wird im Rahmen dieser Berechnung nicht geführt.

3. Zusammenfassung

Alle geführten Nachweise und Bemessungen konnten erfolgreich durchgeführt werden.

Maximale Ausnutzungen bei den einzelnen Nachweisen	
Schweißnaht zwischen Stütze und Fußplatte	85%
Spannungen in der Fußplatte	85%
Pressungen unter der Fußplatte	28%
Zul. Pressungsfläche mit $\sigma_c > f_{jd}$	81%
Ankerzugkräfte	65%

Aufsteller:
Firma: Dahlem Beratende Ingenieure
Adresse: Bonsiepen 7 45136 Essen
Tel.: 0201/89670
E-Mail:
Name:

Projekt:
Bezeichnung: KW Rosental - Rohrbrücke, Bereich 1
Lage: 119, 121, 123, 127
Ansprechpartner:
Anmerkungen:
Angewendete Norm: EN Eurocodes + NA of Germany
Einheiten: SI

Die Bemessung gilt ausschliesslich für das ausgewählte Peikko Produkt. Tragfähigkeiten von scheinbar gleichwertigen Fremdprodukten können abweichen. Für alternative Produkte kann der Anbieter der Software keine Haftung übernehmen.

Zusammenfassung

Name	Bemessungssituation	#	Lastfall:	Seite Nr.	Maximale Ausnutzung	Status
Stütze 1	Endzustand	1	S119 Betrieb max 1+4	5	84%	OK
	Endzustand	2	S119 Betrieb max 1+5	7	86%	OK
	Endzustand	3	S119 Abfahren 2+4	9	73%	OK
	Endzustand	4	S119 Abfahren 2+5	11	73%	OK
	Endzustand	5	S119 Betrieb min 3+4	13	73%	OK
	Endzustand	6	S119 Betrieb min 3+5	15	73%	OK

Stütze 1

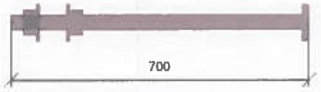
Anmerkung: Anzahl der Stützen: 1

Peikko Produkte

Bolzen: 4 x HPM39L

Summe

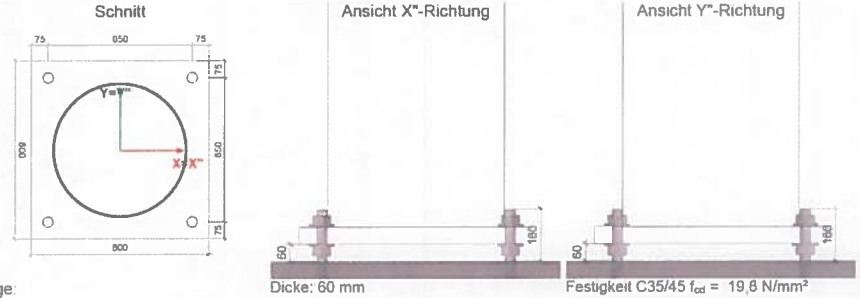
Produkt	Anzahl
HPM39L	4



Minimalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes : T_{min} = 350 Nm
Maximalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes : T_{max} = 1000 Nm
Einbauschablone: PPL39-4 650x650 oder PPK39-4 650x650

Material und Geometrie
Stütze: D 610

f_{cd}= 17 N/mm²

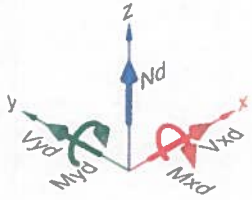


Fuge:
Dicke: 60 mm
Festigkeit C35/45 f_{cd} = 19,8 N/mm²

X; Y = lokales Koordinatensystem des Anschlussprofils
X"; Y" = lokales System der Anker

Lastfälle Beachte:Lasten werden im lokalen Koordinatensystem des Profils definiert.

(Bemessungswerte)



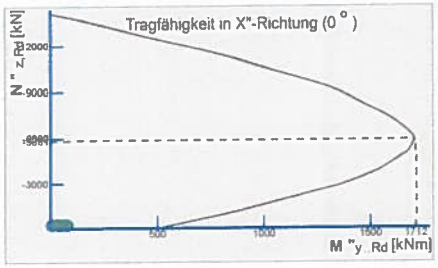
Endzustand

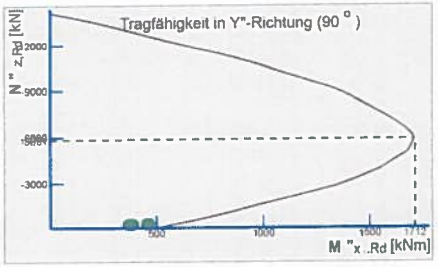
#	Name	N_d [kN]	M_{xd} [kNm]	M_{yd} [kNm]	V_{xd} [kN]	V_{yd} [kN]
1	S119 Betrieb max 1+4	-275,9	462,7	30,2	5,6	-88,4
2	S119 Betrieb max 1+5	-275,9	456,5	69,1	14,0	-86,1
3	S119 Abfahren 2+4	-232,0	386,0	5,9	1,1	-74,0
4	S119 Abfahren 2+5	-232,0	379,8	44,8	9,5	-71,7
5	S119 Betrieb min 3+4	-227,5	376,3	36,8	7,0	-72,2
6	S119 Betrieb min 3+5	-227,5	370,2	75,7	15,3	-69,9

Montagezustand

Kein Lastfall definiert

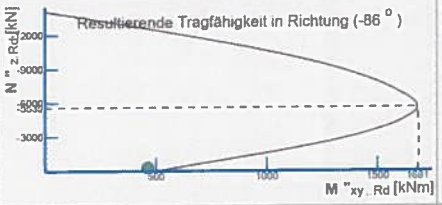
Tragfähigkeitsdiagramm



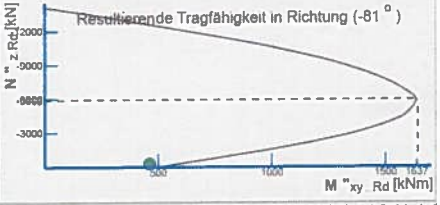


Tragfähigkeitsdiagramm mit Lastfällen

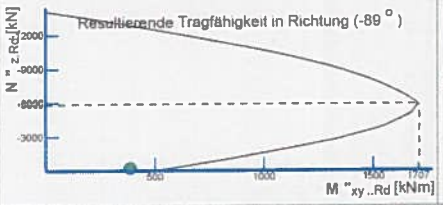
S119 Betrieb max 1+4 : Nd=-275,9, Mxd=462,7, Myd=30,2, Vx
(Lasten im Koordianten System des Profils)
S119 Betrieb max 1+4 : N"d=-275,9, M"xd=462,7, M"yd=30,2,
(Lasten im Koordianten System der Anker)



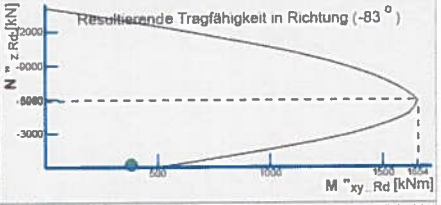
S119 Betrieb max 1+5 : Nd=-275,9, Mxd=456,5, Myd=69,1, Vx
(Lasten im Koordianten System des Profils)
S119 Betrieb max 1+5 : N"d=-275,9, M"xd=456,5, M"yd=69,1,
(Lasten im Koordianten System der Anker)



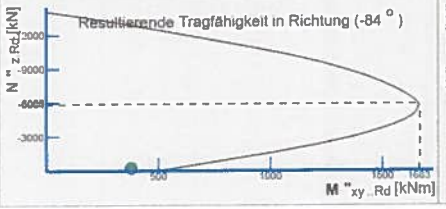
S119 Abfahren 2+4 : Nd=-232,0, Mxd=386,0, Myd=5,9, Vxd=1,
(Lasten im Koordianten System des Profils)
S119 Abfahren 2+4 : N"d=-232,0, M"xd=386,0, M"yd=5,9, V"xd
(Lasten im Koordianten System der Anker)



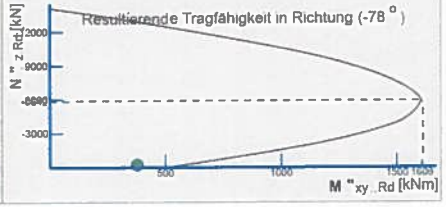
S119 Abfahren 2+5 : Nd=-232,0, Mxd=379,8, Myd=44,8, Vxd=
(Lasten im Koordianten System des Profils)
S119 Abfahren 2+5 : N"d=-232,0, M"xd=379,8, M"yd=44,8, V"x
(Lasten im Koordianten System der Anker)



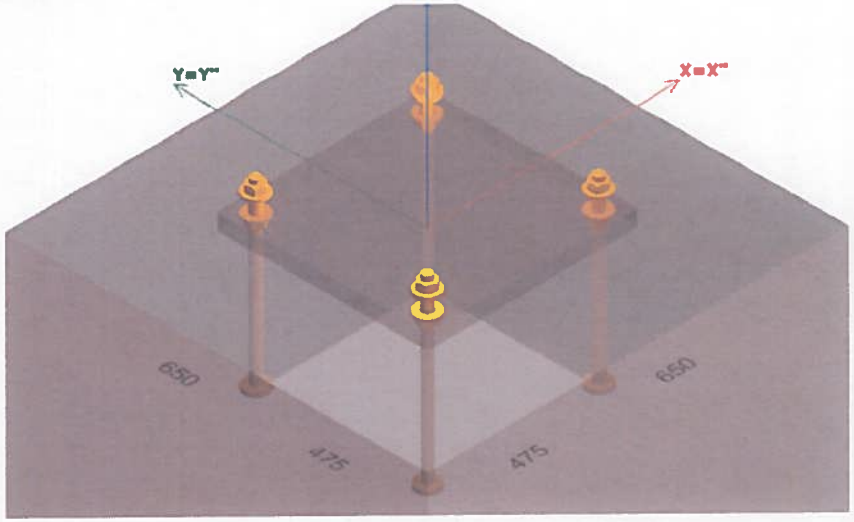
S119 Betrieb min 3+4 : Nd=-227,5, Mxd=376,3, Myd=36,8, Vxd
(Lasten im Koordianten System des Profils)
S119 Betrieb min 3+4 : N"d=-227,5, M"xd=376,3, M"yd=36,8,
(Lasten im Koordianten System der Anker)



S119 Betrieb min 3+5 : Nd=-227,5, Mxd=370,2, Myd=75,7, Vxd
(Lasten im Koordianten System des Profils)
S119 Betrieb min 3+5 : N"d=-227,5, M"xd=370,2, M"yd=75,7,
(Lasten im Koordianten System der Anker)



Betonkörper



Beton	C35/45
Ungerissen	Nein
Größtkorndurchmesser	32 mm
Fundamentabmessung in Richtung X-Achse (b)	1600 mm
Fundamentabmessung in Richtung Y-Achse (h)	1600 mm
Höhe des Fundamentes	1000 mm
Außermittigkeit der geschraubten Stütze (e_x)	0 mm
Außermittigkeit der geschraubten Stütze (e_y)	0 mm

Nachweis der Bolzentragfähigkeit

Endzustand Bolzen

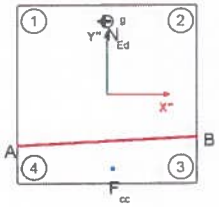
22

Lastfall: #1 : S119 Betrieb max 1+4 : Nd=-275,9, Mxd=462,7, Myd=30,2, Vxd=5,6, Vyd=-88,4

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-275,91	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	55,18	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	88,53	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	33,35	kN



Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-400,0 / -229,0); B(400,0 / -186,3)
Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N_{Ed}(-10,6/325,0)
Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(25,5/-329,0)

Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	293,9	351,4	83,7	8,34	124,5	6,7	66,4
2	275,4	351,4	78,4	8,34	124,5	6,7	62,7
3	-72,0	351,4	20,5	8,34	124,5	6,7	n/r
4	-53,5	351,4	15,2	8,34	124,5	6,7	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	293,9	918,9	32,0	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	569,3	355,8	160,0	
2)Rückhängebewehrung	293,9	407,2	72,2	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	27,3	174,8	n/r	
Spalten				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	569,3	354,8	160,4	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	142,3	699,3	20,0	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	284,7	1923,2	15,0	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	33,3	1036,8	3,2	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	33,3	372,2	8,9	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	33,3	368,3	9,1	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	2,1	372,2	0,6	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	33,3	149,1	22,4	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	8,1	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	8,2	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	0,5	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	20,6	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N^{2/3}+\beta_V^{2/3}\leq 1$		83,6	Ok

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	1378,4 [kN]	h'_{ef}	316,7 [mm]	h'_{ef}	316,7 [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	5105,1 [mm²]	h_{ef}	502,0 [mm]	h_{ef}	502,0 [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	h	1000,0 [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	k_{cr}	8,5	$s'_{cr,sp}$	950,1 [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	918,9 [kN]	$s'_{cr,N}$	950,1 [mm]	$c'_{cr,sp}$	475,1 [mm]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	293,9 [kN]	$c'_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A0_{c,sp}$	902500 [mm²]	n	n/a
		$S_{min,N}$	650,0 [mm]	$A_{c,sp}$	1520000 [mm²]	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$C_{min,N}$	475,0 [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	0,99	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	e_N	10,58	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$A_{c,N}$	1520000 [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	1,00	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	0,99	$\Psi_{s,sp}$	1,00	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		e_N	10,58	$\Psi_{h,sp}$	1,00	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	321,31 [kN]	$N_{0Rkc,c}$	321,31 [kN]	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$N_{Rd,c}$	355,8 [kN]	$N_{Rd,sp}$	354,8 [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	569,3 [kN]	$Ng_{E,d}$	569,3 [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	2560000 [mm²]	l_f	320,0 [mm]
$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	c_1	666,7 [mm]
$c_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A_{c,V}$	0 [mm²]
$s_{cr,N}$	950,1 [mm]	$A0_{c,V}$	2000000 [mm²]
h_{ef}	502,0 [mm]	$\Psi_{s,V}$	0,84
k_3	2,0	$\Psi_{h,V}$	1,00
$N0_{rk,c}$	321,31 [kN]	$\Psi_{a,V}$	1,00
$\gamma_{m,c,p}$	1,50	$\Psi_{ec,V}$	1,00
$V_{Rd,cp}$	1036,8 [kN]	$\Psi_{re,V}$	1,00
$V_{S,d}$	33,3 [kN]	$V0_{Rk,c}$	331,4 [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50
		$V_{Rd,c}$	149,1 [kN]
		Vg_{Ed}	33,3 [kN]

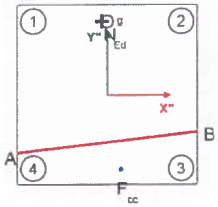
Begründung:
n/r - Nachweis nicht erforderlich
n/a - Nicht maßgebende Versagensart
(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

Lastfall: #2 : S119 Betrieb max 1+5 : Nd=-275,9, Mxd=456,5, Myd=69,1, Vxd=14,0, Vyd=-86,1

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-275,91	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	55,18	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	87,22	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	32,04	kN



Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-400,0 / -255,6); B(400,0 / -159,7)
Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N^{g}_{Ed}(-23,8/325,0)
Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(80,0/-327,8)

Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	301,2	351,4	85,7	8,01	124,5	6,4	67,7
2	260,1	351,4	74,0	8,01	124,5	6,4	59,3
3	-82,4	351,4	23,4	8,01	124,5	6,4	n/r
4	-41,3	351,4	11,8	8,01	124,5	6,4	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	301,2	918,9	32,8	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	561,3	349,7	160,5	
2)Rückhängebewehrung	301,2	407,2	74,0	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	27,3	174,8	n/r	
Spalten				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	561,3	348,8	160,9	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	140,3	699,3	20,0	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	280,6	1923,2	15,0	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	32,0	1036,8	3,1	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	31,6	372,2	8,5	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	32,0	349,5	9,2	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	5,1	372,2	1,4	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	32,0	150,5	21,3	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	7,7	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	8,3	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	1,3	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	19,7	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N^{2/3}+\beta_V^{2/3}\leq 1$		83,2	Ok

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	1378,4 [kN]	h'_{ef}	316,7 [mm]	h'_{ef}	316,7 [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	5105,1 [mm²]	h_{ef}	502,0 [mm]	h_{ef}	502,0 [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	h	1000,0 [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	k_{cr}	8,5	$s'_{cr,sp}$	950,1 [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	918,9 [kN]	$s'_{cr,N}$	950,1 [mm]	$c'_{cr,sp}$	475,1 [mm]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	301,2 [kN]	$c'_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A0_{c,sp}$	902500 [mm²]	n	n/a
		$S_{min,N}$	650,0 [mm]	$A_{c,sp}$	1520000 [mm²]	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$C_{min,N}$	475,0 [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	0,97	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	e_N	23,79	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$A_{c,N}$	1520000 [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	1,00	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	0,97	$\Psi_{s,sp}$	1,00	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		e_N	23,79	$\Psi_{h,sp}$	1,00	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$N_{0Rk,c,c}$	321,31 [kN]	$N_{0Rk,c}$	321,31 [kN]	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$N_{Rd,c}$	349,7 [kN]	$N_{Rd,sp}$	348,8 [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	561,3 [kN]	$Ng_{E,d}$	561,3 [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	2560000 [mm²]	l_f	320,0 [mm]
$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	c_1	666,7 [mm]
$c_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A_{c,V}$	0 [mm²]
$s_{cr,N}$	950,1 [mm]	$A0_{c,V}$	2000000 [mm²]
h_{ef}	502,0 [mm]	$\Psi_{s,V}$	0,84
k_3	2,0	$\Psi_{h,V}$	1,00
$N0_{rk,c}$	321,31 [kN]	$\Psi_{a,V}$	1,01
$\gamma_{m,c,p}$	1,50	$\Psi_{ec,V}$	1,00
$V_{Rd,cp}$	1036,8 [kN]	$\Psi_{re,V}$	1,00
$V_{S,d}$	32,0 [kN]	$V0_{Rk,c}$	331,4 [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50
		$V_{Rd,c}$	150,5 [kN]
		Vg_{Ed}	32,0 [kN]

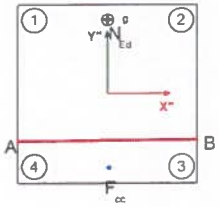
Begründung:
n/r - Nachweis nicht erforderlich
n/a - Nicht maßgebende Versagensart
(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

Lastfall: #3 : S119 Abfahren 2+4 : Nd=-232,0, Mxd=386,0, Myd=5,9, Vxd=1,1, Vyd=-74,0

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c\,Ed}$	-231,96	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f\,Rd}$	46,39	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	73,96	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd\,f}$	27,57	kN



Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-400,0 / -213,5); B(400,0 / -203,6)
Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N^{0}_{Ed}(-2,4/325,0)
Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(6,0/-329,4)

Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	238,6	351,4	67,9	6,89	124,5	5,5	54,0
2	235,1	351,4	66,9	6,89	124,5	5,5	53,3
3	-53,5	351,4	15,2	6,89	124,5	5,5	n/r
4	-49,9	351,4	14,2	6,89	124,5	5,5	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	238,6	918,9	26,0	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	473,7	359,6	131,7	
2)Rückhängebewehrung	238,6	407,2	58,6	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	27,3	174,8	n/r	
Spalten				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	473,7	358,7	132,1	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	118,4	699,3	17,0	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	236,9	1923,2	12,0	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	27,6	1036,8	2,7	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	27,6	372,2	7,4	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	27,6	372,0	7,4	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,4	372,2	0,1	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	27,6	148,9	18,5	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	6,7	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	6,7	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	0,1	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	17,1	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N^{2/3}+\beta_V^{2/3}\leq 1$		73,2	Ok

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	1378,4 [kN]	h'_{ef}	316,7 [mm]	h'_{ef}	316,7 [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	5105,1 [mm²]	h_{ef}	502,0 [mm]	h_{ef}	502,0 [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	h	1000,0 [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	k_{cr}	8,5	$s'_{cr,sp}$	950,1 [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	918,9 [kN]	$s'_{cr,N}$	950,1 [mm]	$c'_{cr,sp}$	475,1 [mm]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	238,6 [kN]	$c'_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A0_{c,sp}$	902500 [mm²]	n	n/a
		$S_{min,N}$	650,0 [mm]	$A_{c,sp}$	1520000 [mm²]	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$C_{min,N}$	475,0 [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	1,00	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	e_N	2,44	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$A_{c,N}$	1520000 [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	1,00	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	1,00	$\Psi_{s,sp}$	1,00	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		e_N	2,44	$\Psi_{h,sp}$	1,00	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	321,31 [kN]	$N_{0Rkc,c}$	321,31 [kN]	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$N_{Rd,c}$	359,6 [kN]	$N_{Rd,sp}$	358,7 [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	473,7 [kN]	$Ng_{E,d}$	473,7 [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	473,7 [kN]				

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	2560000 [mm²]	l_f	320,0 [mm]
$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	c_1	666,7 [mm]
$c_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A_{c,V}$	0 [mm²]
$s_{cr,N}$	950,1 [mm]	$A0_{c,V}$	2000000 [mm²]
h_{ef}	502,0 [mm]	$\Psi_{s,V}$	0,84
k_3	2,0	$\Psi_{h,V}$	1,00
$N0_{rk,c}$	321,31 [kN]	$\Psi_{a,V}$	1,00
$\gamma_{m,c,p}$	1,50	$\Psi_{ec,V}$	1,00
$V_{Rd,cp}$	1036,8 [kN]	$\Psi'_{re,V}$	1,00
$V_{S,d}$	27,6 [kN]	$V0_{Rk,c}$	331,4 [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50
		$V_{Rd,c}$	148,9 [kN]
		Vg_{Ed}	27,6 [kN]

Begründung:
n/r - Nachweis nicht erforderlich
n/a - Nicht maßgebende Versagensart
(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

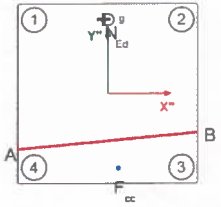
Lastfall: #4 : S119 Abfahren 2+5 : Nd=-232,0, Mxd=379,8, Myd=44,8, Vxd=9,5, Vyd=-71,7

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-231,96	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	46,39	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	72,32	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	25,93	kN

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-400,0 / -245,8); B(400,0 / -170,3)
Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N^{g}_{Ed}(-18,7/325,0)
Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(46,6/-329,1)



Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	245,7	351,4	69,9	6,48	124,5	5,2	55,2
2	218,9	351,4	62,3	6,48	124,5	5,2	49,7
3	-64,3	351,4	18,3	6,48	124,5	5,2	n/r
4	-37,6	351,4	10,7	6,48	124,5	5,2	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	245,7	918,9	26,7	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	464,6	352,0	132,0	
2)Rückhängebewehrung	245,7	407,2	60,3	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	27,3	174,8	n/r	
Spalten				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	464,6	351,1	132,3	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	116,2	699,3	17,0	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	232,3	1923,2	12,0	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	25,9	1036,8	2,5	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	25,7	372,2	6,9	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	25,9	356,6	7,3	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	3,4	372,2	0,9	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	25,9	150,0	17,3	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	6,2	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	6,6	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	0,8	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	16,0	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N^{2/3}+\beta_V^{2/3}\leq 1$		72,5	Ok

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	1378,4 [kN]	h'_{ef}	316,7 [mm]	h'_{ef}	316,7 [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	5105,1 [mm²]	h_{ef}	502,0 [mm]	h_{ef}	502,0 [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	h	1000,0 [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	k_{cr}	8,5	$s'_{cr,sp}$	950,1 [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	918,9 [kN]	$s'_{cr,N}$	950,1 [mm]	$c'_{cr,sp}$	475,1 [mm]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	245,7 [kN]	$c'_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A0_{c,sp}$	902500 [mm²]	n	n/a
		$S_{min,N}$	650,0 [mm]	$A_{c,sp}$	1520000 [mm²]	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$C_{min,N}$	475,0 [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	0,98	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	e_N	18,72	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$A_{c,N}$	1520000 [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	1,00	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	0,98	$\Psi_{s,sp}$	1,00	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		e_N	18,72	$\Psi_{h,sp}$	1,00	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	321,31 [kN]	$N_{0Rkc,c}$	321,31 [kN]	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$N_{Rd,c}$	352,0 [kN]	$N_{Rd,sp}$	351,1 [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	464,6 [kN]	$Ng_{E,d}$	464,6 [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	2560000 [mm²]	l_f	320,0 [mm]
$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	c_1	666,7 [mm]
$c_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A_{c,V}$	0 [mm²]
$s_{cr,N}$	950,1 [mm]	$A0_{c,V}$	2000000 [mm²]
h_{ef}	502,0 [mm]	$\Psi_{s,V}$	0,84
k_3	2,0	$\Psi_{h,V}$	1,00
$N0_{rk,c}$	321,31 [kN]	$\Psi_{a,V}$	1,01
$\gamma_{m,c,p}$	1,50	$\Psi_{ec,V}$	1,00
$V_{Rd,cp}$	1036,8 [kN]	$\Psi_{re,V}$	1,00
$V_{s,d}$	25,9 [kN]	$V0_{Rk,c}$	331,4 [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50
		$V_{Rd,c}$	150,0 [kN]
		Vg_{Ed}	25,9 [kN]

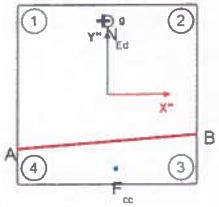
Begründung:
n/r - Nachweis nicht erforderlich
n/a - Nicht maßgebende Versagensart
(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

Lastfall: #5 : S119 Betrieb min 3+4 : Nd=-227,5, Mxd=376,3, Myd=36,8, Vxd=7,0, Vyd=-72,2

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-227,46	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	45,49	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	72,49	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	27	kN



Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-400,0 / -240,0); B(400,0 / -176,8)
Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N_{Ed}(-15,6/325,0)
Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(38,6/-329,4)

Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	241,7	351,4	68,8	6,75	124,5	5,4	54,6
2	219,5	351,4	62,5	6,75	124,5	5,4	50,0
3	-61,5	351,4	17,5	6,75	124,5	5,4	n/r
4	-39,3	351,4	11,2	6,75	124,5	5,4	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	241,7	918,9	26,3	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	461,2	353,4	130,5	
2)Rückhängebewehrung	241,7	407,2	59,4	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	27,3	174,8	n/r	
Spalten				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	461,2	352,5	130,8	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	115,3	699,3	16,0	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	230,6	1923,2	12,0	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	27,0	1036,8	2,6	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	26,9	372,2	7,2	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	27,0	363,5	7,4	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	2,6	372,2	0,7	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	27,0	149,5	18,1	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	6,5	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	6,7	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	0,6	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	16,7	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N^{2/3}+\beta_V^{2/3}\leq 1$		73,0	Ok

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	1378,4 [kN]	h'_{ef}	316,7 [mm]	h'_{ef}	316,7 [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	5105,1 [mm²]	h_{ef}	502,0 [mm]	h_{ef}	502,0 [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	h	1000,0 [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	k_{cr}	8,5	$s'_{cr,sp}$	950,1 [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	918,9 [kN]	$s'_{cr,N}$	950,1 [mm]	$c'_{cr,sp}$	475,1 [mm]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	241,7 [kN]	$c'_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A0_{c,sp}$	902500 [mm²]	n	n/a
		$S_{min,N}$	650,0 [mm]	$A_{c,sp}$	1520000 [mm²]	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$C_{min,N}$	475,0 [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	0,98	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	e_N	15,64	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$A_{c,N}$	1520000 [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	1,00	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	0,98	$\Psi_{s,sp}$	1,00	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		e_N	15,64	$\Psi_{h,sp}$	1,00	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$N_{0Rk,c,c}$	321,31 [kN]	$N_{0Rk,c}$	321,31 [kN]	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$N_{Rd,c}$	353,4 [kN]	$N_{Rd,sp}$	352,5 [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	461,2 [kN]	$Ng_{E,d}$	461,2 [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	2560000 [mm²]	l_f	320,0 [mm]
$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	c_1	666,7 [mm]
$c_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A_{c,V}$	0 [mm²]
$s_{cr,N}$	950,1 [mm]	$A0_{c,V}$	2000000 [mm²]
h_{ef}	502,0 [mm]	$\Psi_{s,V}$	0,84
k_3	2,0	$\Psi_{h,V}$	1,00
$N0_{rk,c}$	321,31 [kN]	$\Psi_{s,V}$	1,00
$\gamma_{m,c,p}$	1,50	$\Psi_{ec,V}$	1,00
$V_{Rd,cp}$	1036,8 [kN]	$\Psi_{re,V}$	1,00
$V_{S,d}$	27,0 [kN]	$V0_{Rk,c}$	331,4 [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50
		$V_{Rd,c}$	149,5 [kN]
		Vg_{Ed}	27,0 [kN]

Begründung:
n/r - Nachweis nicht erforderlich
n/a - Nicht maßgebende Versagensart
(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

82

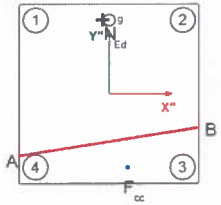
Lastfall: #6 : S119 Betrieb min 3+5 : Nd=-227,5, Mxd=370,2, Myd=75,7, Vxd=15,3, Vyd=-69,9

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-227,46	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	45,49	kN
Resultierende Querkraft	V_{ed}	71,55	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	26,06	kN

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-400,0 / -271,7); B(400,0 / -146,6)
Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N^{g}_{Ed}(-30,9/325,0)
Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(82,4/-326,7)



Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	248,7	351,4	70,8	6,52	124,5	5,2	55,8
2	205,5	351,4	58,5	6,52	124,5	5,2	47,0
3	-70,9	351,4	20,2	6,52	124,5	5,2	n/r
4	-27,6	351,4	7,9	6,52	124,5	5,2	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	248,7	918,9	27,1	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	454,2	346,5	131,1	
2)Rückhängebewehrung	248,7	407,2	61,1	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	27,3	174,8	n/r	
Spalten				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	454,2	345,6	131,4	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	113,6	699,3	16,0	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	227,1	1923,2	12,0	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	26,1	1036,8	2,5	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	25,5	372,2	6,8	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	26,1	334,3	7,8	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	5,6	372,2	1,5	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	26,1	151,8	17,2	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	6,2	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	7,1	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	1,4	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	15,8	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N^{2/3}+\beta_V^{2/3}\leq 1$		72,7	Ok

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	1378,4 [kN]			h'_{ef}	316,7 [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	5105,1 [mm²]	h'_{ef}	316,7 [mm]	h_{ef}	502,0 [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	h_{ef}	502,0 [mm]	h	1000,0 [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	$s'_{cr,sp}$	950,1 [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	918,9 [kN]	k_{cr}	8,5	$c'_{cr,sp}$	475,1 [mm]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	248,7 [kN]	$s'_{cr,N}$	950,1 [mm]	$A0_{c,sp}$	902500 [mm²]	n	n/a
		$c'_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A_{c,sp}$	1520000 [mm²]	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$S_{min,N}$	650,0 [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	0,96	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$C_{min,N}$	475,0 [mm]	e_N	30,93	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	1,00	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		$A_{c,N}$	1520000 [mm²]	$\Psi_{s,sp}$	1,00	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	0,96	$\Psi_{h,sp}$	1,00	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		e_N	30,93	$N_{0Rkc,c}$	321,31 [kN]	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$N_{0Rkc,c}$	321,31 [kN]	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$N_{Rd,sp}$	345,6 [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$N_{Rd,c}$	346,5 [kN]	$Ng_{E,d}$	454,2 [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	454,2 [kN]				

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	2560000 [mm²]	l_f	320,0 [mm]
$A0_{c,N}$	902500 [mm²]	c_1	666,7 [mm]
$c_{cr,N}$	475,1 [mm]	$A_{c,V}$	0 [mm²]
$s_{cr,N}$	950,1 [mm]	$A0_{c,V}$	2000000 [mm²]
h_{ef}	502,0 [mm]	$\Psi_{s,V}$	0,84
k_3	2,0	$\Psi_{h,V}$	1,00
$N0_{rk,c}$	321,31 [kN]	$\Psi_{a,V}$	1,02
$\gamma_{m,c,p}$	1,50	$\Psi_{ec,V}$	1,00
$V_{Rd,cp}$	1036,8 [kN]	$\Psi_{re,V}$	1,00
$V_{S,d}$	26,1 [kN]	$V0_{Rk,c}$	331,4 [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50
		$V_{Rd,c}$	151,8 [kN]
		Vg_{Ed}	26,1 [kN]

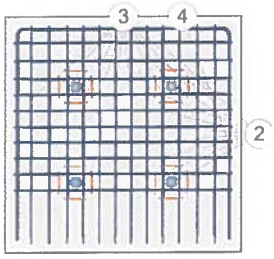
Begründung:
n/r - Nachweis nicht erforderlich
n/a - Nicht maßgebende Versagensart
(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

Zulagebewehrung der Ankerbolzen

Betondeckung seitlich	55 mm
Betondeckung oben	55 mm
Betondeckung unten	55 mm
Stahlgüte	B500B

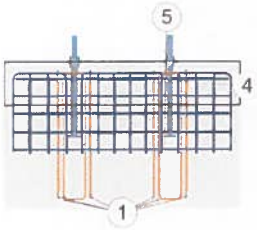
f_{yd}= 434,8

Schnitt



Ansicht X"-Richtung

Ansicht Y"-Richtung

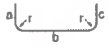


Bewehrungsangaben

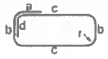
Pos	Biegeform	ø [mm]	a [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]	r [mm]	L [mm]	pcs	[kg]/ pcs	[kg]
1	C	14	168	162	876	168	28	2.271	16	2,75	43,97
2	B	16	537	1.490	537	0	32	2.500	10	3,95	39,51
3	B	16	459	1.490	459	0	32	2.344	12	3,70	44,44
4	B	16	1.444	1.444	1.444	0	32	4.268	1	6,74	6,74
5	B	16	1.458	1.458	1.458	0	32	4.310	4	6,81	27,24
									Gesamtgewicht		161,91

Biegeform A

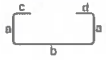
Biegeform B



Biegeform C



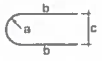
Biegeform D



Biegeform E

Biegeform L

Biegeform U



89

Nachweis Schneifacht Stütze - Regal

maßgebende Kräfte aus Stütze S119 (105 11.1) in Höhe 109,50 (x=4,00)

$N_{Ed} = -265,9$ kN

$V_{zEd} = 5,7$ kN

$M_{yEd} = 7,47$ kNm

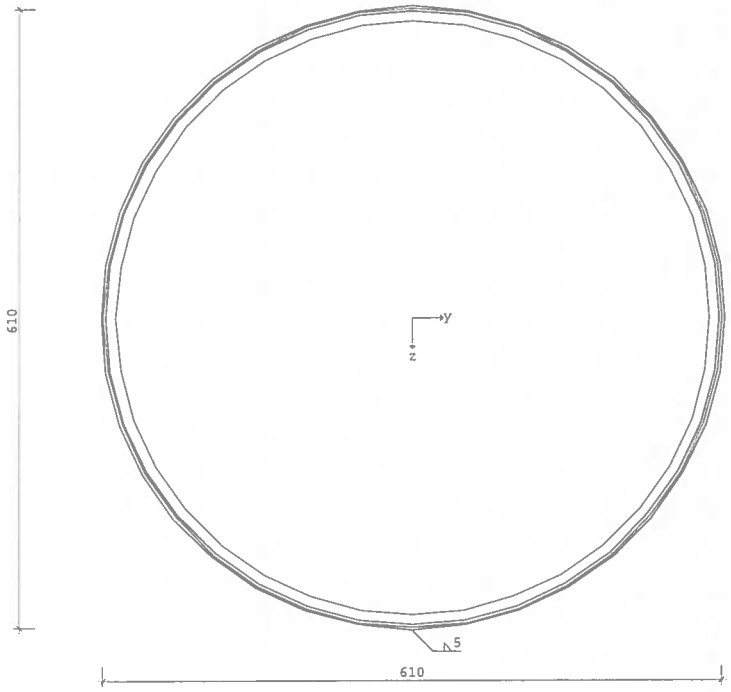
$V_{yEd} = 87$ kN

$M_{zEd} = 112,5$ kNm

Position: 11.7 Anschluss Stütze-Riegel

Schweißnaht ST5 01/2020 (Frilo R-2020-1/P03)

Maßstab 1 : 5



System

Norm : DIN EN 1993
Profil : RO 609.6 X 12.5
A = 234.00 cm² Iy = 104500.0 cm4 Iz = 104500.0 cm4
D = 609.6 mm t = 12.5 mm
Blechdicke : t = 20.0 mm
Stahl : S235 fy = 235.0 fu = 360.0 N/mm² γ_{M0} = 1.00
fvw,d = 207.8 N/mm² β_w = 0.80 γ_{M2} = 1.25
τ_w wird mit V_z / A_{wz} und V_y / A_{wy} berechnet

Geometrie der Kehlnähte

Durchmesser = 614.6 mm aw = 5.0 mm umlaufende Kehlnaht

System

Schweißnahtfläche
Aw = 95.80 cm2

Flächenmomente 2.Grades der Schweißnähte
Iw,y = 44480.00 cm4
Iw,z = 44480.00 cm4 Iw,yz = 0.00 cm4

Anschlußschnittkräfte γ_F-fach

	Lastfall	Nd[kN]	Myd[kNm]	Vzd[kN]	Mzd[kNm]	Vyd[kN]
1	1.Überlagerung	-265.90	7.47	5.70	-112.50	87.00

Ergebnisse Nr 1 1.Überlagerung

N= -265.90 M_y= 7.47 V_z= 5.70 M_z= -112.50 V_y= 87.00 [d,kN,kNm]

Spannungen an den Schweißnähten

σ_{wd} = -105.0 N/mm² umlaufende Kehlnaht
$\tau_{wd,m}$ = 87.2 kN / 95.8 cm² = 9.1 N/mm²
σ_{wdV} = 105.4 N/mm² umlaufende Kehlnaht

σ_{wd} = -105.0 N/mm² / $\sigma_{w,Rd}$ = 207.8 N/mm² η = 0.51 < 1
τ_{wd} = 9.1 N/mm² / $\tau_{w,Rd}$ = 207.8 N/mm² η = 0.04 < 1
σ_{wdV} = 105.4 N/mm² / $\sigma_{w,Rd}$ = 207.8 N/mm² η = 0.51 < 1

Nachweis der Kehlnähte nach 4.5.3.3 Vereinfachtes Verfahren

Biegung und Normalkraft
Fw,Ed,N = -5.25 kN/cm = 5.0 mm(aw) * -105.0 N/mm²
Fw,Rd = aw * fvw,d = 5.0 mm * 207.8 N/mm²
Fw,Ed,N = -5.25 kN/cm / Fw,Rd = 10.39 kN/cm η = 0.51 < 1

Schubbeanspruchung
Fw,Ed,V = 87.19 kN
Fw,Rd = Aw * fvw,d = 9580.0 mm² * 207.8 N/mm²
Fw,Ed,Vz = 87.19 kN / Fw,Rd = 1991.17 kN η = 0.04 < 1

Kombinierte Beanspruchung
Fw,Ed = 5.27 kN/cm = 5.0 mm(aw) * 105.4 N/mm²
Fw,Rd = aw * fvw,d = 5.0 mm * 207.8 N/mm²
Fw,Ed = 5.27 kN/cm / Fw,Rd = 10.39 kN/cm η = 0.51 < 1

Nachweis des Profils Querschnittsklasse 1

Klassifizierung des Querschnitts

vorh c/t = 48.8 max c/t = 50.0 QKL = 1

plast.Nulllinie y1= 0.0 z1 = 0.0 y2= 0.0 z2= 0.0 mm

Nachweis nach (6.1)

σ_d = -44.2 N/mm² / σ_{Rd} = 235.0 N/mm² η = 0.19 < 1
τ_d = 7.5 N/mm² / τ_{Rd} = 135.7 N/mm² η = 0.06 < 1
σ_{dV} = 44.2 N/mm² / σ_{Rd} = 235.0 N/mm² η = 0.19 < 1

Nachweis nach (6.2)

Npl = 5499.0 NRd = 5499.0 kN
Nd = -265.9 kN / NRd = 5499.0 kNm Nd/NRd = 0.05 < 1

Vzpl = 2021.2 VzRd = 2021.2 kN
Vzd = 5.7 kN / VzRd = 2021.2 kNm Vzd/VzRd = 0.00 < 1

Vypl = 2021.2 VyRd = 2021.2 kN
Vyd = 87.0 kN / VyRd = 2021.2 kNm Vyd/VyRd = 0.04 < 1

Mypl = 1045.8 MyRd = 1045.8 kNm
Myd = 7.5 kNm / MyRd = 1045.8 kNm Myd/MyRd = 0.01 < 1

Mzpl = 1045.8 MzRd = 1045.8 kNm
Mzd = -112.5 kNm / MzRd = 1045.8 kNm Mzd/MzRd = 0.11 < 1

Doppelbiegung MNRd (6.41) α = 2.000 β = 2.000
Md / MRd = 0.01 < 1

max Ed/FRd = 0.16 < 1

Bemessung Bohrpfahl

maßgebende Kräfte aus Stütze S119 (Pos 11.1)

S119 Betrieb max 1+4

$N_{G,k} = 9,8 + 2,8 = 12,6\ kN + \left(1,60m \cdot 1,60m - \pi \cdot \frac{0,88^2}{4}\right) \cdot 1,0m \cdot 25\ \frac{kN}{m^3} = 61,39\ kN$

$N_{Q,k} = 172,6\ kN$

$H_{Q,k} = \sqrt{(3,6 + 0,5 \cdot 0,3)^2 + (57,4 + 0,5 \cdot 3,0)^2} = 59,02\ kN$ maßgebend!

$M_{Q,k} = \sqrt{(304,34 + 0,50 \cdot 8,20)^2 + (19,23 + 0,5 \cdot 1,78)^2} = 309,10\ kNm$

S119 Betrieb max 1+5

$N_{G,k} = (9,8 + 2,8) + \left(1,60 \cdot 1,60 - \pi \cdot \frac{0,88^2}{4}\right) \cdot 1,0 \cdot 25 = 61,39\ kN$

$N_{Q,k} = 172,6\ kN$

$H_{Q,k} = \sqrt{(3,6 + 0,5 \cdot 11,4)^2 + (57,4)^2} = 58,15\ kN$

$M_{Q,k} = \sqrt{(304,34)^2 + (19,23 + 0,5 \cdot 53,61)^2} = 307,80\ kNm$

S119 Abfahren 2+4

$N_{G,k} = (9,8 + 2,8) + \left(1,60 \cdot 1,60 - \pi \cdot \frac{0,88^2}{4}\right) \cdot 1,0 \cdot 25 = 61,39\ kN$

$N_{Q,k} = 143,3\ kN$

$H_{Q,k} = \sqrt{(0,6 + 0,5 \cdot 0,3)^2 + (47,8 + 0,50 \cdot 3,0)^2} = 49,31\ kN$

$M_{Q,k} = \sqrt{(253,22 + 0,5 \cdot 8,2)^2 + (3,04 + 0,5 \cdot 1,78)^2} = 257,35\ kNm$

S119 Abfahren 2+5

$N_{G,k} = (9,8 + 2,8) + (1,60 \cdot 1,60 - \pi \cdot \frac{0,882}{4}) \cdot 1,0 \cdot 25 = 61,39$ kN

$N_{Q,k} = 143,3$ kN

$H_{Q,k} = \sqrt{(0,6 + 0,5 \cdot 11,4)^2 + (47,8)^2} = 48,21$ kN

$M_{Q,k} = \sqrt{(253,22)^2 + (3,04 + 0,5 \cdot 53,61)^2} = 254,32$ kNm

S119 Betrieb min 3+4

$N_{G,k} = (9,8 + 2,8) + (1,60 \cdot 1,60 - \pi \cdot \frac{0,882}{4}) \cdot 1,0 \cdot 25 = 61,39$ kN

$N_{Q,k} = 140,3$ kN

$H_{Q,k} = \sqrt{(4,5 + 0,5 \cdot 0,3)^2 + (46,6 + 0,5 \cdot 3,0)^2} = 48,32$ kN

$M_{Q,k} = \sqrt{(246,78 + 0,5 \cdot 8,20)^2 + (23,66 + 0,5 \cdot 1,78)^2} = 252,08$ kNm

S119 Betrieb min 3+5

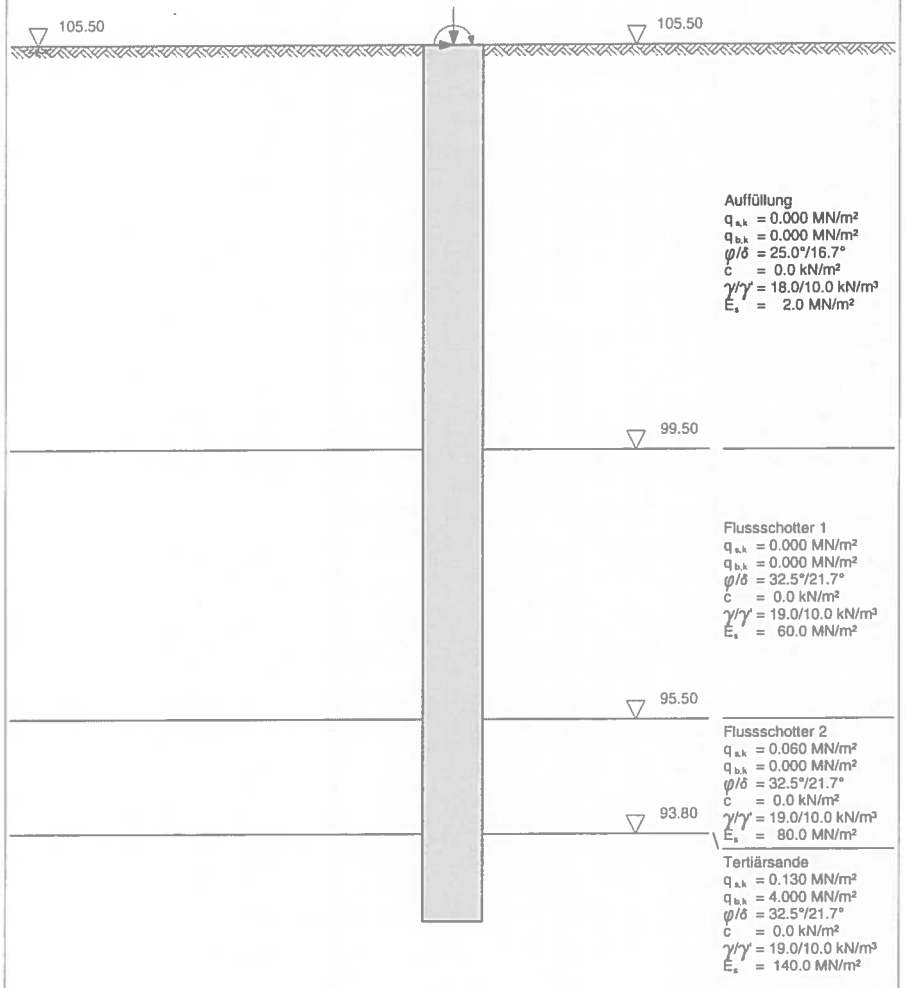
$N_{G,k} = (9,8 + 2,8) + (1,60 \cdot 1,60 - \pi \cdot \frac{0,882}{4}) \cdot 1,0 \cdot 25 = 61,39$ kN

$N_{Q,k} = 140,3$ kN

$H_{Q,k} = \sqrt{(4,5 + 0,5 \cdot 11,4)^2 + (46,6)^2} = 47,70$ kN

$M_{Q,k} = \sqrt{(246,78)^2 + (23,66 + 0,5 \cdot 53,61)^2} = 251,89$ kN

Lf-Name	Hg	Vg	Mg	Hq	Vq	Mq
1	0.00	70.00	0.00	60.00	180.00	310.00



Maßstab 1:75

Programm DC-Pfahl *** Copyright 2000-2019 DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: H:\Projekte\14060\Berechnungen\Tragwerksplanung\04_Genehmigungsplanung\02_Rohrbrücke \Position_11.8.dbp

Bohrpfahl nach DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) und DIN 1054:2010

Erddruck nach DIN 4085:2017

Verfahren für äußere Standsicherheit und für Schnittgrößen:
Berechnung mit Nachweisverfahren 2
Kombination mit Teilsicherheitsbeiwerten der Gruppen A1 + M1 + R2

Pfahldurchmesser:	0.880 m
Umfang:	2.765 m
Pfahllänge:	13.00 m
Wichte Pfahl:	25.00 kN/m³
Betongüte:	C30/37
E-Modul:	33000.0 MN/m²
Stahlsorte:	500 (B)
Randabstand Bewehrungsachse:	0.10 m

Geländeoberkante auf	105.50 m
Grundwassertiefe:	105.50 m

Schichten

Name	Tiefe [m]	char.Mantelreib. [MN/m²]	char.Spitzendruck [MN/m²]	char.Spitzendruck für s=0.02D	s=0.03D	s=0.10D
Auffüllung	6.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Flussschotter 1	10.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Flussschotter 2	11.70	0.0600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Tertiärsande	20.00	0.1300	4.0000	1.7500	2.2500	4.0000

Name	φ [°]	δ [°]	c [kN/m²]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	E_s [MN/m²]	$k_{s,o/u}$ [MN/m³]
Auffüllung	25.0	16.7	0.0	18.0	10.0	2.0	2.3
Flussschotter 1	32.5	21.7	0.0	19.0	10.0	60.0	68.2
Flussschotter 2	32.5	21.7	0.0	19.0	10.0	80.0	90.9
Tertiärsande	32.5	21.7	0.0	19.0	10.0	140.0	159.1

Lastfall	BS
1	P

Lasten

Lastfall		V [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	G	70.00	0.00	0.00
	Q	180.00	60.00	310.00

Teilsicherheitsbeiwerte für äußere Standsicherheit (GEO) im Nachweisverfahren 2

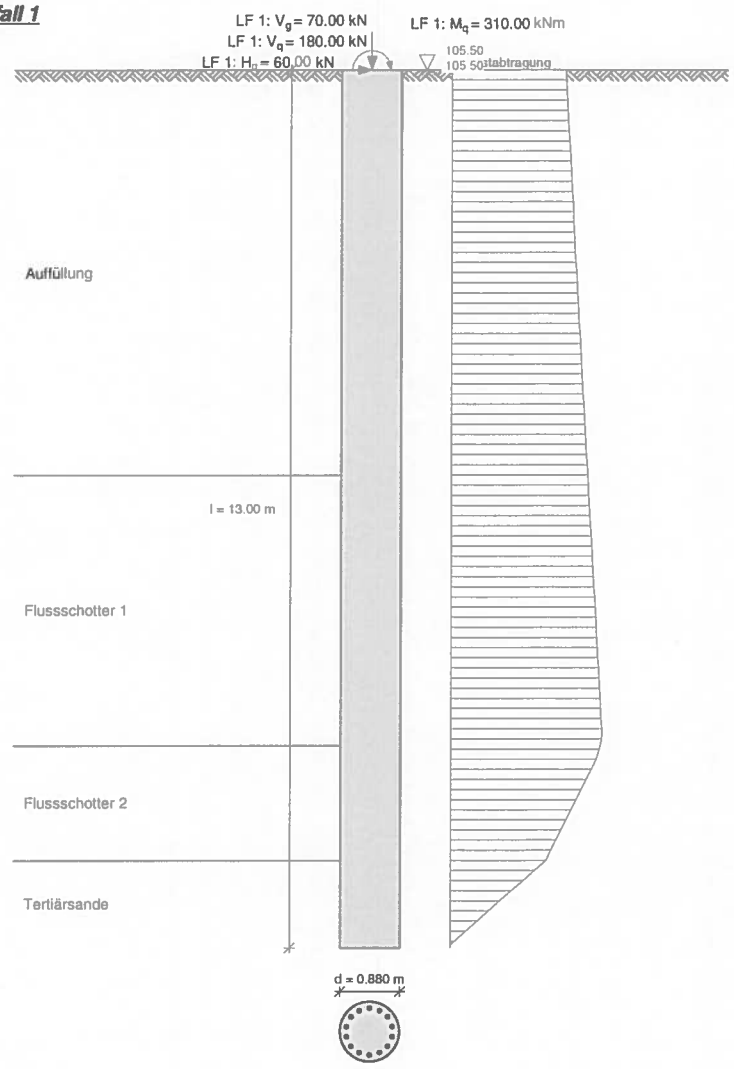
γ-	G	Q	G,stb	s	s,t	b
BS-P	1.350	1.500	1.000	1.400	1.500	1.400
BS-T	1.200	1.300	1.000	1.400	1.500	1.400
BS-A	1.100	1.100	1.000	1.400	1.500	1.400
BS-T/A	1.150	1.200	1.000	1.400	1.500	1.400

Teilsicherheitsbeiwerte für Schnittgrößen (STR) im Nachweisverfahren 2

γ-	G	Q	G,stb	φ	c	cu	Ep
BS-P	1.350	1.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.400
BS-T	1.200	1.300	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300
BS-A	1.100	1.100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.200
BS-T/A	1.150	1.200	1.000	1.000	1.000	1.000	1.250

γ-	Teilsicherheitsbeiwert für ...
G	ständige Einwirkungen
Q	veränderliche Einwirkungen
G,stb	ständige, stabilisierende Einwirkungen
s	Pfahlwiderstand Mantelreibung auf Druck
s,t	Pfahlwiderstand Mantelreibung auf Zug
b	Pfahlwiderstand Spitzendruck
φ	Reibungswinkel
c	Kohäsion
cu	Kohäsion undräniert
Ep	Erdwiderstand

Lastfall 1



Maßstab 1:75

Ansatz von geometrischen Imperfektionen:
Exzentrizität: 0.100 m, ΔM = V*e = 25.00 kNm
Neigung: 0.020, ΔH = V*n = 5.00 kN
ΔV = H*n = -1.20 kN

Nachweis der äußeren Tragfähigkeit im Nachweisverfahren 2

Pfahllänge l = 13.00 m

Nachweis für Mantelreibung und Spitzendruck:
$P_d + G_d = E_d$ = 522.81 kN
R_d = 2272.90 kN
E_d/R_d = 0.23 < 1.00 ***** Nachweis erfüllt *****

Aufnehmbare Mantelreibung:

Schicht	l [m]	vorh.q_s [MN/m²]	Reibungskraft Q_d [kN]
Auffüllung	6.00	0.000	0.00
Flussschotter 1	4.00	0.000	0.00
Flussschotter 2	1.70	0.043	201.42
Tertiärsande	1.30	0.093	333.73
Aufn. Spitzendruckkraft S [kN]:			1737.75
Summe = R_d			2272.90 kN

Vorh. Spitzendruckkraft vorh.S = E_d - Summe(Q_d) = 0.00 kN
Resultierender Spitzendruck = vorh. S/A = 0.000 MN/m² < zul. Spitzendruck = 2.857 MN/m²

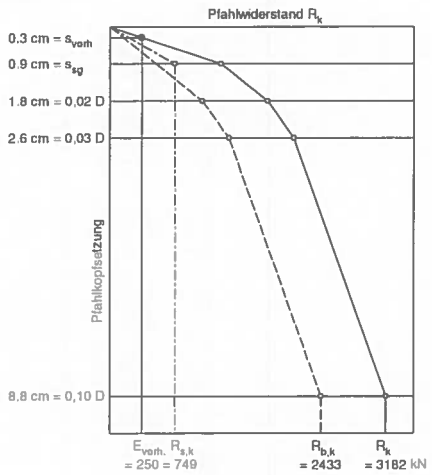
Setzung aus Widerstandsetzungslinie: s = 0.252 cm

Anpassung der Bettungsspannungen an den ebenen passiven Erddruck

Nachweis des Erdwiderstands mit Nachweisverfahren 2:
$B_{h,d}$ / $E_{ph,d}$ = 243.62 kN / 3002.95 kN = 0.08 < 1.0
(bis zum Drehpunkt bei z = 8.12 m)
Berechnet mit dem räumlichen passiven Erddruck nach DIN 4085:2017 mit
b_{kr} = 2.435 m, μ_{pgh} = 3.369, μ_{pch} = 4.615
***** Nachweis erfüllt *****

Pfahlkopfverformungen:
Kopfverschiebung = 16.8 mm
Kopfverdrehung = 0.0038 = 0.2°

Widerstandsetzungslinie



Nachweis der inneren Tragfähigkeit nach DIN EN 1992 (Eurocode 2)

Sicherheitsbeiwert für Widerstände, Beton: 1.50
Sicherheitsbeiwert für Widerstände, Stahl: 1.15

Bemessungsschnittgrößen: M_d = 673.97 kNm, N_d = -407.04 kN (z = 3.60 m). V_d = 146.11 kN (z = 8.20 m).

Biegebemessung:
tot. ω = 0.1606
erf. Gesamtbew. A_s = 38.19 cm²

Querkraftbemessung für maßg. V:
$V_{Rdc,max}$ = 1155.556 kN > V_d
Druckstrebenneigung ϑ = 18.43°
erf. Querkraftbew. A_{ss} = 0.00 cm²/m **

Abschnittsweise Bemessung

Tiefe [m]	Moment M_d [kNm]	Normalkraft N_d [kN]	Querkraft V_d [kN]	Biegebew. [cm²]	Querkraftbew. [cm²/m]
0.00	501.45	-362.70	97.29	25.21	0.00 **
0.40	539.75	-367.63	93.17	28.14	0.00 **
0.80	574.74	-372.55	80.82	30.82	0.00 **
1.20	603.87	-377.48	65.09	33.06	0.00 **
1.60	627.02	-382.41	50.96	34.85	0.00 **
2.00	644.84	-387.33	38.36	36.16	0.00 **
2.40	657.90	-392.26	27.19	37.13	0.00 **
2.80	666.77	-397.19	17.37	37.73	0.00 **
3.20	671.96	-402.11	8.81	38.12	0.00 **
3.60	673.97	-407.04	1.43	38.19	0.00 **
4.00	673.25	-411.97	-4.87	37.98	0.00 **
4.40	670.21	-416.89	-10.17	37.60	0.00 **
4.80	665.24	-421.82	-14.55	37.12	0.00 **
5.20	658.68	-426.74	-18.12	36.43	0.00 **
5.60	650.84	-431.67	-20.96	35.67	0.00 **
6.00	642.00	-436.60	-23.14	34.91	0.00 **
6.40	622.48	-441.52	-71.86	33.20	0.00 **
6.80	586.43	-446.45	-106.20	30.13	0.00 **
7.20	539.12	-451.38	-128.55	26.23	0.00 **
7.60	484.89	-456.30	-141.15	21.86 *	0.00 **
8.00	427.23	-461.23	-146.01	17.32 *	0.00 **
8.40	368.87	-466.16	-144.94	12.85 *	0.00 **
8.80	311.86	-471.08	-139.50	8.62 *	0.00 **
9.20	257.67	-476.01	-131.06	4.74 *	0.00 **
9.60	207.27	-480.94	-120.72	1.26 *	0.00 **
10.00	161.22	-478.21	-109.42	0.00 *	0.00 **
10.40	120.53	-443.40	-94.03	0.00 *	0.00 **
10.80	85.94	-400.93	-79.06	0.00 *	0.00 **
11.20	57.16	-358.46	-65.05	0.00 *	0.00 **
11.60	33.72	-316.00	-52.38	0.00 *	0.00 **
12.00	16.20	-232.06	-35.28	0.00 *	0.00 **
12.40	5.47	-134.30	-18.88	0.00 *	0.00 **
12.80	0.68	-36.54	-5.58	0.00 *	0.00 **
13.00	0.00	0.00	0.00	0.00 *	0.00 **

* erf. Bewehrung < Mindestbewehrung nach EN 1536 = 25.00 cm²
** Information: erf. Querkraftbewehrung < Mindest-Querkraftbew. nach DIN EN 1992 = 8.12 cm²/m

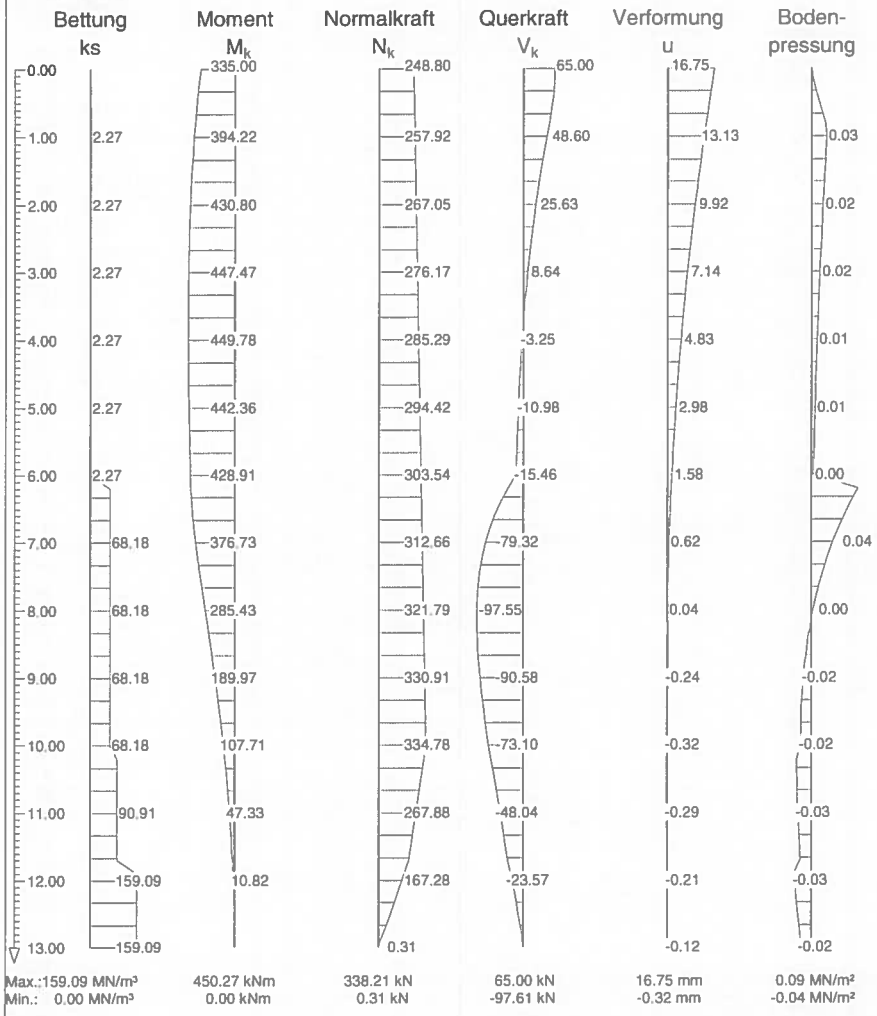
Längsbewehrung: gewählt 14 ø 20 mm = 43.99 cm²

Querkraftbewehrung: gewählt ø 10 mm, Ganghöhe 15 cm = 10.47 cm²/m von 0.00 m bis ___ m

gewählt ø ___mm, Ganghöhe ___ cm = ___ cm²/m von ___ m bis ___ m

Schnittgrößen mit elastischer Bettung

(charakteristisch)



Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG
Bonsiepen 7 45136 Essen Tel. 020178967-0 Fax 0201/8967-123

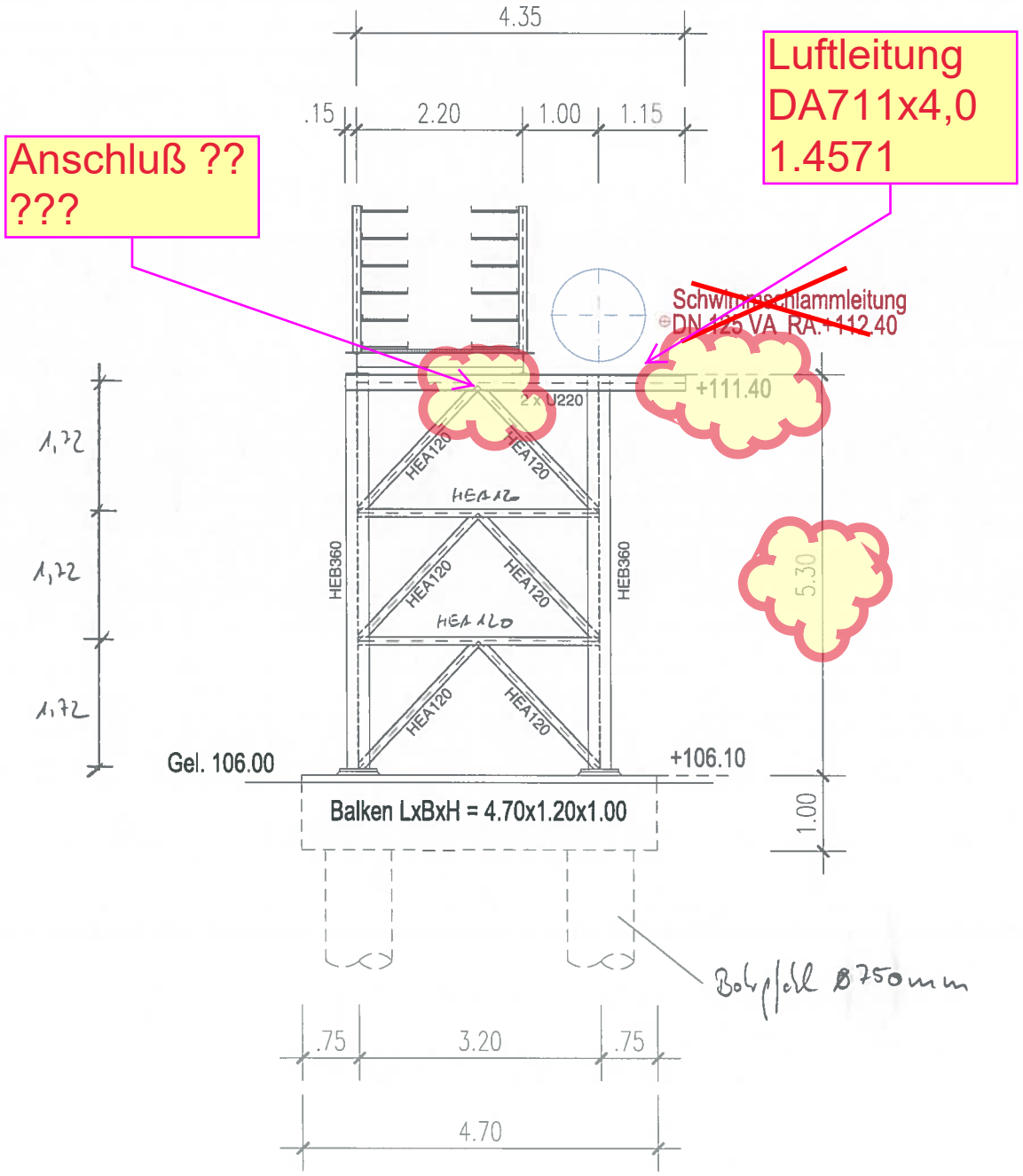
Tiefe z [m]	Bettung k_s [MN/m³]	Moment M_k [kNm]	Normalkraft N_k [kN]	Querkraft V_k [kN]	Verformung u [mm]	Bodenpress. [MN/m²]
0.00	0.00	335.00	248.80	65.00	16.75	0.00
0.40	0.75	360.59	252.45	62.25	15.26	0.01
0.80	1.93	383.96	256.10	54.00	13.83	0.03
1.20	2.27	403.42	259.75	43.49	12.46	0.03
1.60	2.27	418.90	263.40	34.05	11.15	0.03
2.00	2.27	430.80	267.05	25.63	9.92	0.02
2.40	2.27	439.53	270.70	18.16	8.75	0.02
2.80	2.27	445.45	274.34	11.60	7.66	0.02
3.20	2.27	448.92	277.99	5.89	6.64	0.02
3.60	2.27	450.27	281.64	0.96	5.70	0.01
4.00	2.27	449.78	285.29	-3.25	4.83	0.01
4.40	2.27	447.76	288.94	-6.79	4.03	0.01
4.80	2.27	444.43	292.59	-9.72	3.31	0.01
5.20	2.27	440.05	296.24	-12.11	2.66	0.01
5.60	2.27	434.81	299.89	-14.00	2.08	0.00
6.00	2.27	428.91	303.54	-15.46	1.58	0.00
6.40	68.18	415.87	307.19	-48.00	1.14	0.08
6.80	68.18	391.79	310.84	-70.95	0.78	0.05
7.20	68.18	360.18	314.49	-85.88	0.48	0.03
7.60	68.18	323.95	318.14	-94.30	0.23	0.02
8.00	68.18	285.43	321.79	-97.55	0.04	0.00
8.40	68.18	246.44	325.43	-96.83	-0.10	-0.01
8.80	68.18	208.35	329.08	-93.20	-0.20	-0.01
9.20	68.18	172.15	332.73	-87.56	-0.27	-0.02
9.60	68.18	138.47	336.38	-80.65	-0.30	-0.02
10.00	68.18	107.71	334.78	-73.10	-0.32	-0.02
10.40	90.91	80.53	311.17	-62.82	-0.32	-0.03
10.80	90.91	57.42	282.31	-52.82	-0.30	-0.03
11.20	90.91	38.19	253.45	-43.46	-0.28	-0.03
11.60	90.91	22.53	224.59	-35.00	-0.25	-0.02
11.90	159.09	13.18	183.98	-26.56	-0.22	-0.04
12.30	159.09	4.91	117.19	-15.10	-0.19	-0.03
12.70	159.09	0.82	50.40	-5.69	-0.15	-0.02
13.00	159.09	0.00	0.31	0.00	-0.12	-0.02

DC

Position (12) - Stahlrahmen Auflager C(87), D(91)

System + Abmessungen

Auflager C (87), D (91)



Querschnitt / Material

Riegel oben 2x U220, S235

Stützen HEB 360, S235

Aussteifungsverband HEA 120, S235

Fußplatte 660 x 500 x 60, S235

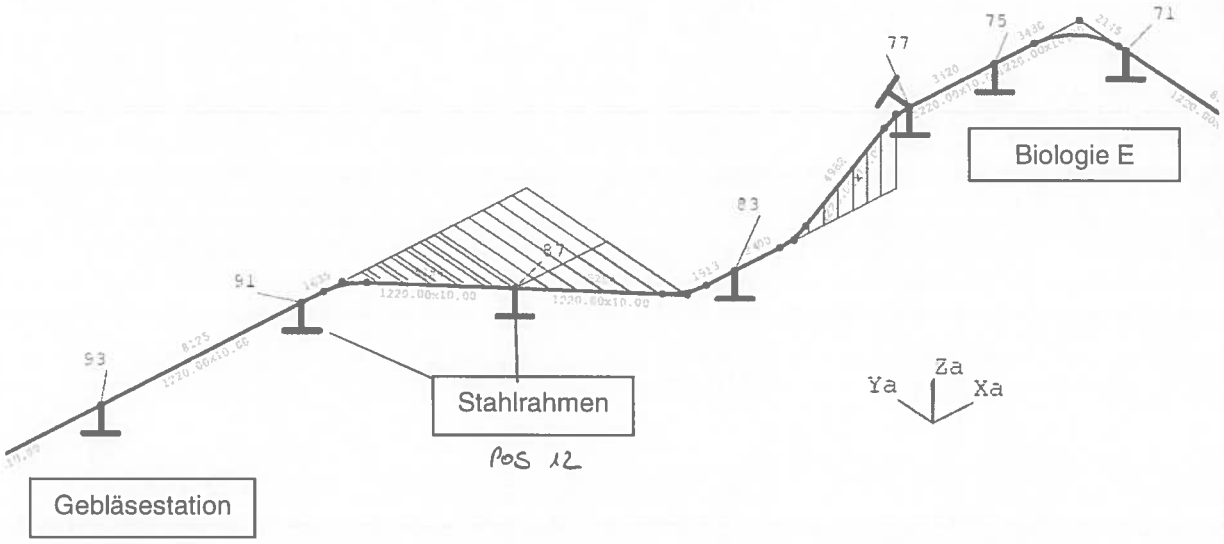
Fundament 4,70 x 1,20 x 1,00, C35/45, XC1/XD1/XF2/XA1/WF

Bohrpfahl ø 800 mm, C30/37, XC2/XF1/XA1

Verankerung Pfahl-Verguss V1/50

Belastungen

. aus Rohrstatik



S t r a n g 10 P u n k t 91 AR
Stuetze im absoluten Koordinatensystem

Gleitlager

Lastf.-Bezeichn.	WX PX mm Grd	WY PY mm Grd	WZ PZ mm Grd	AQX AMX kN kNm	AQY AMY kN kNm	AQZ AMZ kN kNm
Gewicht	-0.00	-0.33	-0.00	0.000	0.000	-105.776
	0.00	-0.00	-0.00	0.000	0.000	0.000
Betrieb max	12.39	10.29	-0.02	27.153	22.544	-117.637
	-0.00	0.00	0.04	0.000	0.000	0.000
Abfahren	2.03	0.98	-0.02	-22.689	-20.367	-101.628
	-0.00	-0.00	-0.02	0.000	0.000	0.000
Betrieb min	-14.98	-11.97	-0.02	-21.335	-17.052	-91.030
	0.02	-0.00	-0.04	0.000	0.000	0.000
Wind_X	0.13	1.69	0.00	0.000	0.000	0.195
	0.00	-0.00	0.01	0.000	0.000	0.000
Wind_Y	0.23	7.54	0.00	0.000	0.000	1.313
	0.01	-0.00	0.03	0.000	0.000	0.000
Schnee	-0.00	-0.01	-0.00	0.000	0.000	-4.058
	0.00	-0.00	-0.00	0.000	0.000	0.000
Extremwert	-15.25	-19.70	-0.02	27.153	22.544	-121.695
	0.03	-0.00	0.07	0.000	0.000	0.000

S t r a n g 10 P u n k t 87 AR
Stuetze im absoluten Koordinatensystem

Starre Stütze WZ

Lastf.-Bezeichn.	WX PX mm Grd	WY PY mm Grd	WZ PZ mm Grd	AQX AMX kN kNm	AQY AMY kN kNm	AQZ AMZ kN kNm
Gewicht	0.08	-0.27	-0.00	0.000	0.000	-88.851
	-0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
Betrieb max	6.75	1.65	-0.01	19.856	4.844	-68.124
	-0.01	0.00	-0.13	0.000	0.000	0.000
Abfahren	3.31	1.88	-0.02	-29.141	1.983	-97.366
	-0.01	0.00	0.02	0.000	0.000	0.000
Betrieb min	-6.06	0.98	-0.02	-33.295	5.394	-112.459
	0.01	-0.01	0.18	0.000	0.000	0.000
Wind_X	0.58	2.35	0.00	0.000	0.000	0.869
	0.00	-0.00	0.01	0.000	0.000	0.000
Wind_Y	0.17	8.10	0.00	0.000	0.000	1.318
	0.01	-0.01	-0.00	0.000	0.000	0.000
Schnee	0.00	-0.01	-0.00	0.000	0.000	-3.592
	-0.00	-0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
Extremwert	7.36	10.32	-0.02	-33.295	5.394	-116.051
	-0.02	-0.02	0.19	0.000	0.000	0.000

Lokales Koordinaten-system

S t r a n g 10 P u n k t 87 AR
Spez. Koordinatensystem : KS_3
Xs= 0.707 -0.707 0.005 Ys= 0.707 0.707 0.000 Zs= -0.003 0.003 1.000
Leitung: System 1 - 1

Lastf.-Bezeichn.	WX PX mm Grd	WY PY mm Grd	WZ PZ mm Grd	QX MX kN kNm	QY MY kN kNm	QZ MZ kN kNm
Gewicht	0.25	-0.13	-0.00	-0.438	0.000	-88.850
	-0.00	-0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
Betrieb max	3.61	5.94	-0.03	10.279	17.465	-68.175
	-0.01	-0.01	-0.13	0.000	0.000	0.000
Abfahren	1.01	3.67	-0.02	-22.488	-19.204	-97.256
	-0.01	-0.00	0.02	0.000	0.000	0.000
Betrieb min	-4.98	-3.59	0.01	-27.912	-19.729	-112.323
	0.01	0.00	0.18	0.000	0.000	0.000
Wind_X	-1.26	2.07	0.01	0.004	0.000	0.869
	0.00	0.00	0.01	0.000	0.000	0.000
Wind_Y	-5.61	5.85	0.03	0.006	0.000	1.318
	0.01	0.00	-0.00	0.000	0.000	0.000
Schnee	0.01	-0.00	-0.00	-0.018	0.000	-3.592
	-0.00	-0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
Extremwert	-10.73	12.15	-0.06	-27.930	-19.729	-115.914
	0.03	-0.01	0.19	0.000	0.000	0.000

- aus Kabelbühne auf Rahmen C (B7)

  aus Pos. 7 Auflager 2: $G_k = 60{,}6$ kN
  $Q_k = 26{,}0$ kN
  $W_k = 2{,}5$ kN

  aus Pos. 4 Auflager 2: $G_k = 63{,}8$ kN
  $Q_k = 27{,}4$ kN
  $W_k = 2{,}6$ kN

- aus Kabelbühne auf Rahmen D (S1)

  aus Pos. 8 Auflager 4: $G_k = 60{,}8$ kN
  $Q_k = 30{,}3$ kN
  $W_k = 2{,}5$ kN

  aus Pos. 5 Auflager 4: $G_k = 41{,}9$ kN
  $Q_k = 23{,}2$ kN
  $W_k = 1{,}7$ kN

- aus Wind auf Kabelbühne

  vereinfachend $2 \times H_w \leq 5$ kN

- aus Wind auf Stahlrahmen

  → siehe nächste Seite

1. Basisdaten

BAUVORHABEN:	**KW Rosental (Leipzig)**		
ZUGRUNDELIEGENDE NORM:	Eurocode:	Wind:	DIN EN 1991-1-4:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-4:2010-12/NA (geschützt) nachfolgend EC1-1-4 genannt
		Schnee:	DIN EN 1991-1-3:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-3:2010-12/NA (geschützt) nachfolgend EC1-1-3 genannt
STANDORT:	Leipzig, Stadt		
AMTL. GEMEINDESCHLÜSSEL:	14713000		
TYP:	Kreisfreie Stadt		
LANDKREIS:	Leipzig, Stadt		
BUNDESLAND:	Sachsen		
ERDBEBENWARNUNG:	keine Erdbebengefährdung im Sinne DIN 4149		
HÖHE ÜBER NN:	106 m		
WINDZONE:	2	⇒ $v_{b,0}$ = 25.00 m/s	
SCHNEELASTZONE:	2	⇒ s_k = 0.85 kN/m²	

2. Windlasten

Lage: Binnenland Topographie: Regelfall

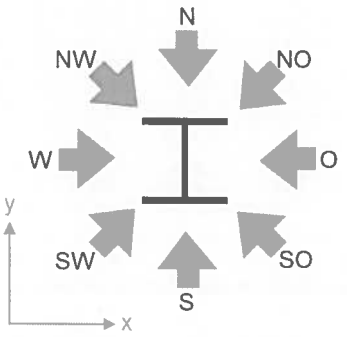
2.1 Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck

vereinfacht nach EC1-1-4 / NA.B.3.2 / Tab. NA.B.3 (für h < 25 m)

q(h) = q(b) = q(d) = q = 0.90 kN/m²

2.2 Kantige Querschnitte

2.2.1 Profil 1



Profilhöhe b = 36.00 cm
Profilbreite d = 30.00 cm
Länge l = 5.30 m
Höhe über Grund h = 6.00 m
⇒ q(h) = 0.90 kN/m²

Die Ermittlung der Kraftbeiwerte erfolgt nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 (deutscher nationaler Anhang) Tabelle NA.2; qx und qy sind als gleichzeitig wirkend anzunehmen; Ψ_λ nach DIN EN 1991-1-4:2010-12 Absatz 7.13

Voraussetzung für die Anwendbarkeit der hier ausgewiesenen Werte: d/b ≈ 1.00!

Wind-richtg.	Ψ_λ -	A_{ref} m²/m	$c_{fx,0}$ -	qx kN/m	$c_{fy,0}$ -	qy kN/m
N	0.84	0.300	0.00	**0.00**	-1.70	**-0.38**
NO	0.79	0.467	-1.50	**-0.50**	-1.50	**-0.50**
O	0.82	0.360	-1.70	**-0.45**	0.00	**0.00**
SO	0.79	0.467	-1.50	**-0.50**	1.50	**0.50**
S	0.84	0.300	0.00	**0.00**	1.70	**0.38**
SW	0.79	0.467	1.50	**0.50**	1.50	**0.50**
W	0.82	0.360	1.70	**0.45**	0.00	**0.00**
NW	0.79	0.467	1.50	**0.50**	-1.50	**-0.50**

Bemessg Für die Bemessg werden vereinfachend folgende Lasten angesetzt

· aus Kabelbühne $G_k \leq 65$ kN

$Q_k \leq 30$ kN

$W_{k,1} \leq 3$ kN

· H-Last Wind auf Kabelbühne

$2 \times W_{k,h} \leq 5$ kN

· aus Rohrleitg

Betrieb max $Q_z \leq 120$ kN

$Q_y \leq 25$ kN

($Q_x \leq 30$ kN)

Abfahren $Q_z \leq 105$ kN

$Q_y \leq -25$ kN

($Q_x \leq -25$ kN)

Betrieb min $Q_z \leq 115$ kN

$Q_y \leq -25$ kN

($Q_x \leq -30$ kN)

Die Bemessung des Stahlrahmens erfolgt in der Ebene. Der Stabilitätsnachweis der Stützen erfolgt am Ersatzstab unter Berücksichtigung der Knickfigur (senkrecht zur Rahmenebene).

POSITION 12 – Bemessung Rahmenebene

POSITION 12.1 – Stabilitätsnachweis Stütze 1 (Stab 1-2-3)

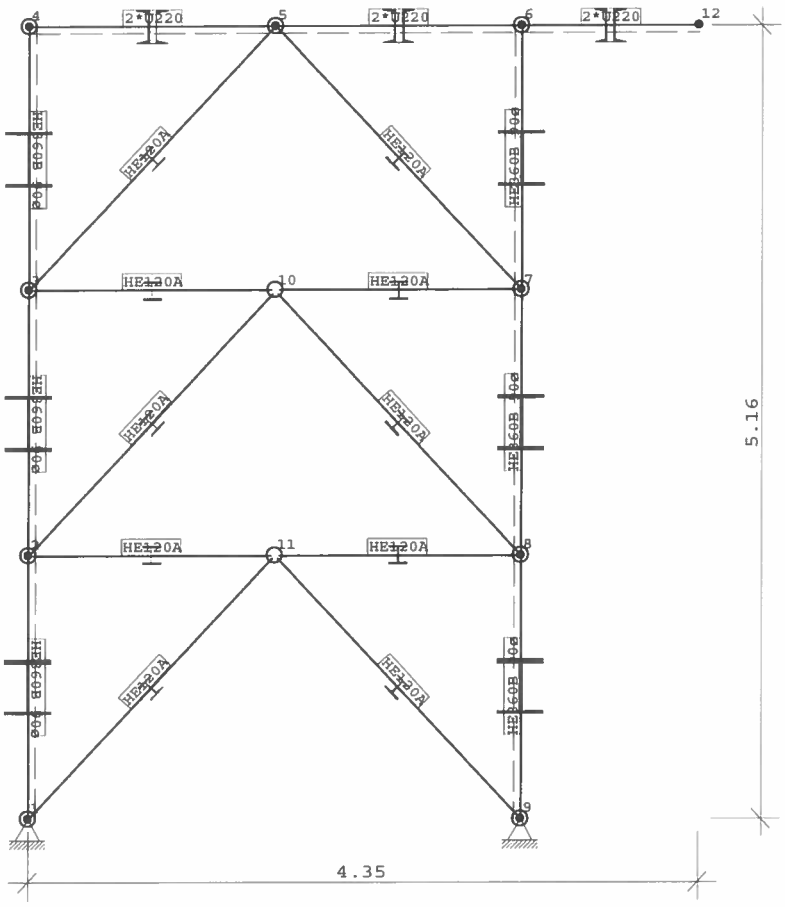
POSITION 12.2 – Stabilitätsnachweis Stütze 2 (Stab 7-8-9)

POSITION 12.3 – Stabilitätsnachweis Diagonale (Stab 14 maßgebend)

Position: 12 Rohrbrücke Auflager C (87), D (91)

Ebenes Stabwerk ESK1 02/2019A (Frilo R-2020-1/P03)

System M 1 : 50



BAUSTOFF : S235 E-Modul E = 21000 kN/cm2 γM = 1.10
spez. Gewicht : 7.85 kg/dm3

QUERSCHNITTSWERTE

Quersch. Nr.	Mat	Profil Name	I (cm4)	A (cm2)	Aq (cm2)	h (cm)	Wo (cm3)	Wu (cm3)
1	1	HE 360 B	10140	181.0	113.0	30.0	676.0	676.0
2	1	2*U220	5380	74.8	37.4	22.0	490.0	490.0
3	1	HE120A	606.0	25.3	5.55	11.4	106.0	106.0

Um 90 Grad gedrehte Profile: Nr 1

SYSTEM

Stab Nr.	Projektionen Lx (m)	Lz (m)	Querschnitt Q1	Q2	Knoten Ende 1	Ende 2
1	0.000	1.720	1	1	1.0	2.0
2	0.000	1.720	1	1	2.0	3.0
3	0.000	1.720	1	1	3.0	4.0
4	1.600	0.000	2	2	4.1	5.0
5	1.600	0.000	2	2	5.0	6.0
6	1.150	0.000	2	2	6.0	12.0
7	0.000	-1.720	1	1	6.1	7.0
8	0.000	-1.720	1	1	7.0	8.0
9	0.000	-1.720	1	1	8.0	9.0
10*	1.600	0.000	3	3	3.0	10.0
11*	1.600	0.000	3	3	10.0	7.0
12*	1.600	0.000	3	3	2.0	11.0
13*	1.600	0.000	3	3	11.0	8.0
14*	1.600	1.720	3	3	3.0	5.0
15*	1.600	-1.720	3	3	5.0	7.0
16*	1.600	1.720	3	3	2.0	10.0
17*	1.600	-1.720	3	3	10.0	8.0
18*	1.600	1.720	3	3	1.0	11.0
19*	1.600	-1.720	3	3	11.0	9.0

Fachwerkstäbe: Stäbe, deren Nummer mit * gekennzeichnet sind.

AUFLAGER : -1 = starr , 0 = frei , > 0 = elastisch (kN/cm , kNcm)

Knoten	horizontal	vertikal	drehend
1	-1	-1	0
9	-1	-1	0

Gewicht der Konstruktion G = 2129 kg

103

BELASTUNG Nr. 1 Lastfall: Ständige Lasten

Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten γ = 1.35
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN
Art: 1=Einzellast (kN) 3=Voll-Trapezlast (kN/m)
2=Einzelmomen(kNm) 4=Teil-Trapezlast (kN/m)
Richtung: 1=horizontal 2=vertikal bezogen auf Projektionen H, L
3=längs 4=quer bezogen auf Stablänge

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
5	1	2	65.000		0.600	

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
4	0.000	65.000	0.000

Eigenlastfaktor in z-Richtung Fak_g_z = 1.00

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	151.288

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 1 : Ständige Lasten

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	0.166	95.497	
9	-0.166	55.790	
Summe :	0.000	151.288	

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 1 : Ständige Lasten

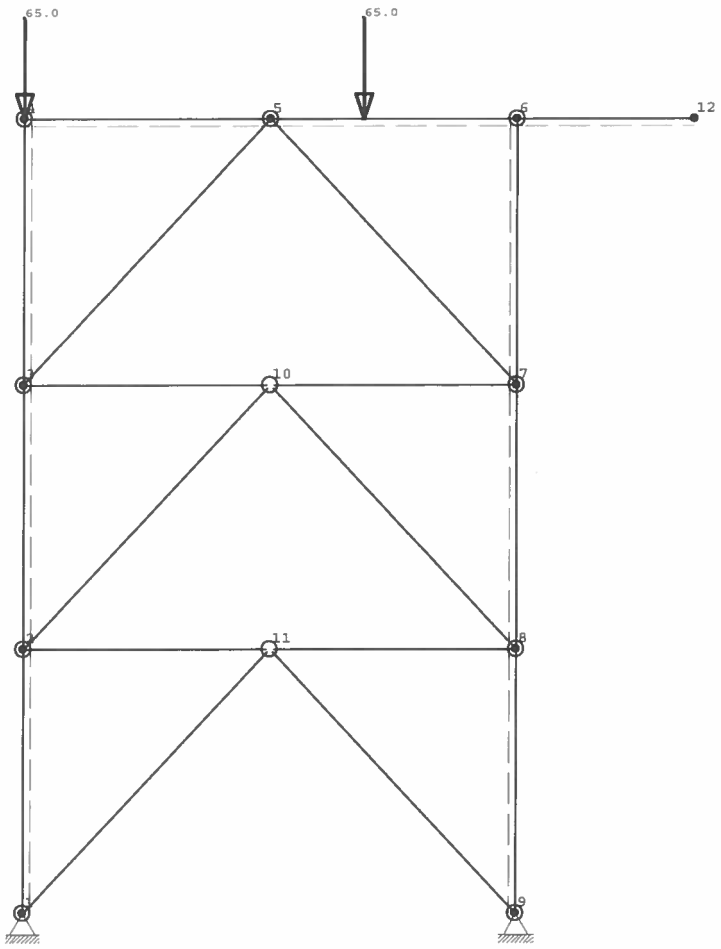
Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	0.58	-94.82	0.00
	1	2	0.58	-92.38	0.99
2	1	2	-1.41	-91.59	0.99
	1	3	-1.41	-89.15	-1.43
3	1	3	0.83	-63.71	-1.43
	1	4	0.83	-61.27	0.00
4	2	4	-3.73	0.83	0.00
	2	5	-4.67	0.83	-6.73
5	2	5	45.06	0.93	-6.73
	2	6	-20.88	0.93	-0.39
6	2	6	0.68	0.00	-0.39
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	-0.93	-21.56	0.00
	1	7	-0.93	-24.00	-1.59
8	1	7	1.41	-49.54	-1.59
	1	8	1.41	-51.99	0.83

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 1 : Ständige Lasten

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
9	1	8	-0.49	-52.77	0.83
	1	9	-0.49	-55.21	0.00
10	3	3		21.06	
11	3	10		21.06	
12	3	2		2.35	
13	3	11		2.26	
14	3	3		-34.38	
15	3	5		-34.18	
16	3	2		-0.71	
17	3	10		-0.36	
18	3	1		-0.77	
19	3	11		-0.30	

104

Belastung Lastfall Nr. 1 M 1 : 33



BELASTUNG Nr. 2 Lastfall: Betrieb max

Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
6	25.000	120.000	25.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	25.000	120.000

Maximale Verschiebung im Stab 6 bei x = 1.00 * L Max_f = 0.16 cm

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 2 : Betrieb max

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	12.259	-48.125	
9	12.741	168.125	
Summe :	25.000	120.000	

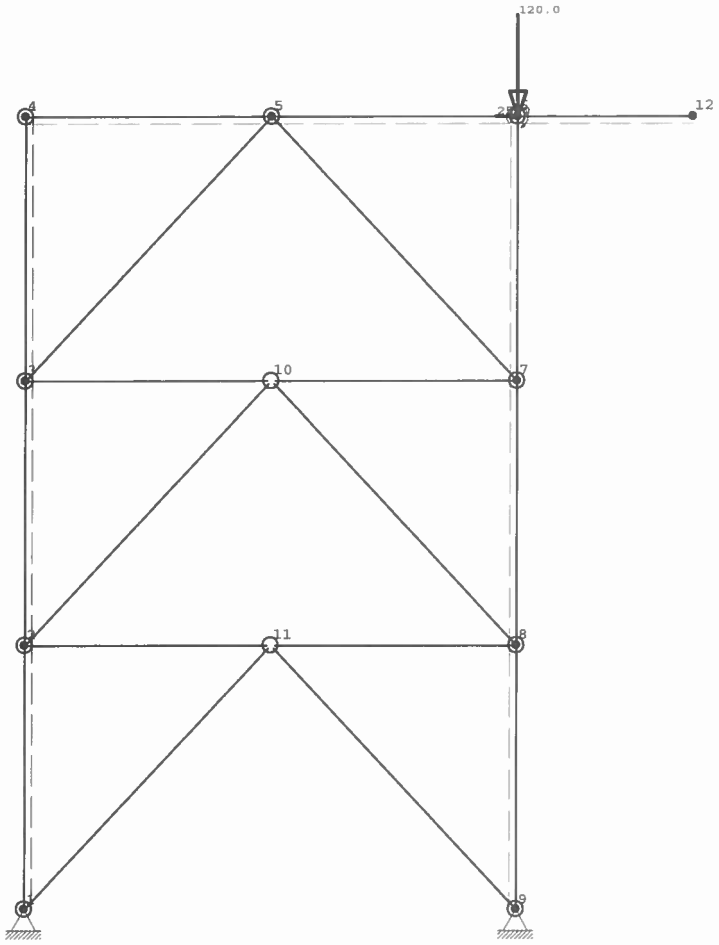
SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 2 : Betrieb max

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	-0.48	34.43	0.00
		.50	-0.48	34.43	-0.42
	1	2	-0.48	34.43	-0.83
2	1	2	0.89	21.20	-0.83
		.50	0.89	21.20	-0.07
	1	3	0.89	21.20	0.69
3	1	3	-0.40	-2.72	0.69
		.50	-0.40	-2.72	0.35
	1	4	-0.40	-2.72	0.00
4	2	4	2.72	-0.40	0.00
		.50	2.72	-0.40	2.18
	2	5	2.72	-0.40	4.36
5	2	5	-18.35	24.51	4.36
		.50	-18.35	24.51	-10.32
	2	6	-18.35	24.51	-25.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	0.49	-138.35	0.00
		.50	0.49	-138.35	0.42
	1	7	0.49	-138.35	0.84

157

SCHNITTGRÖSSEN Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Th. 1.Ord. Q (kN)	N (kN)	Lastfall 2 : Betrieb max M (kNm)
8	1	7	-0.49	-141.20	0.84
		.50	-0.49	-141.20	0.42
	1	8	-0.49	-141.20	0.00
9	1	8	0.00	-154.43	0.00
		.50	0.00	-154.43	0.00
	1	9	0.00	-154.43	0.00
10	3	3	0.00	-20.97	0.00
11	3	10	0.00	3.64	0.00
12	3	2	0.00	-13.67	0.00
13	3	11	0.00	11.81	0.00
14	3	3	0.00	32.68	0.00
15	3	5	0.00	-3.90	0.00
16	3	2	0.00	18.06	0.00
17	3	10	0.00	-18.06	0.00
18	3	1	0.00	18.71	0.00
19	3	11	0.00	-18.71	0.00

Belastung Lastfall Nr. 2 M 1 : 33



106

BELASTUNG Nr. 3 Lastfall: Abfahren

Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
6	-25.000	105.000	-25.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	-25.000	105.000

Maximale Verschiebung im Stab 6 bei x = 1.00 * L Max_f = 0.12 cm

AUFLAGERKRÄFTE Th 1.Ord. Lastfall 3 : Abfahren

Knoten Nr	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	-12.251	48.125	
9	-12.749	56.875	
Summe :	-25.000	105.000	

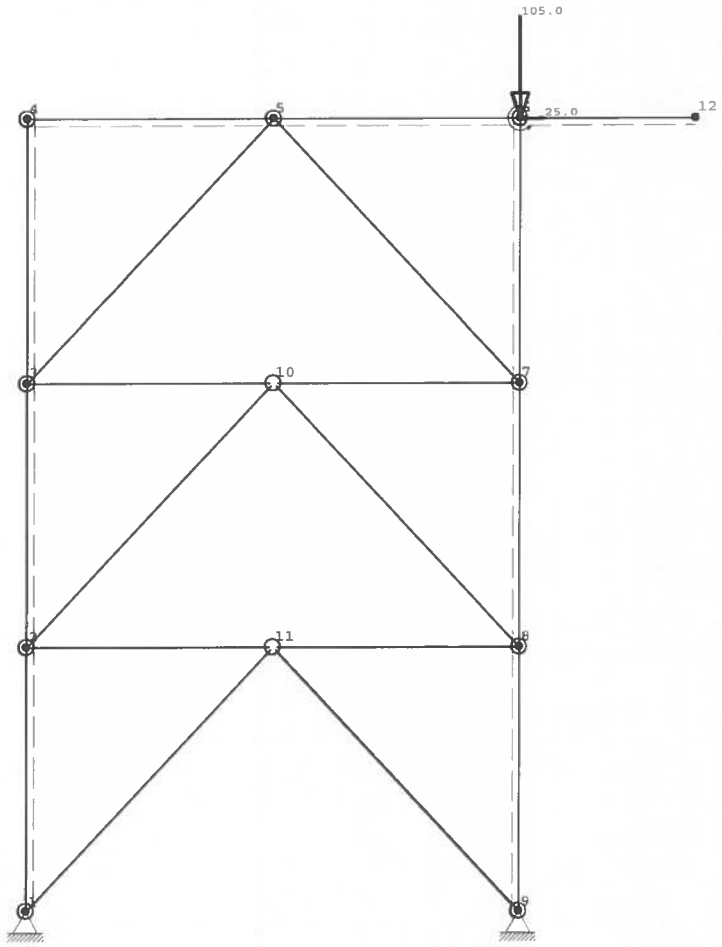
SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord Lastfall 3 : Abfahren

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	0.23	-34.70	0.00
		.50	0.23	-34.70	0.20
	1	2	0.23	-34.70	0.40
2	1	2	-0.91	-21.48	0.40
		.50	-0.91	-21.48	-0.38
	1	3	-0.91	-21.48	-1.17
3	1	3	0.68	3.11	-1.17
		.50	0.68	3.11	-0.58
	1	4	0.68	3.11	0.00
4	2	4	-3.11	0.68	0.00
		.50	-3.11	0.68	-2.49
	2	5	-3.11	0.68	-4.97
5	2	5	18.73	-24.76	-4.97
		.50	18.73	-24.76	10.01
	2	6	18.73	-24.76	25.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	-0.24	-86.27	0.00
		.50	-0.24	-86.27	-0.21
	1	7	-0.24	-86.27	-0.42

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 3 : Abfahren

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
8	1	7	0.51	-83 52	-0 42
		.50	0.51	-83 52	0 02
	1	8	0 51	-83 52	0 45
9	1	8	-0 26	70 30	0 45
		.50	-0 26	70 30	0 23
	1	9	-0 26	70 30	0 00
10	3	3	0 00	21.29	0 00
11	3	10	0 00	-3.31	0.00
12	3	2	0.00	13.44	0.00
13	3	11	0.00	-11.53	0.00
14	3	3	0.00	33 59	0.00
15	3	5	0.00	3.76	0.00
16	3	2	0.00	-18.06	0.00
17	3	10	0.00	18.06	0.00
18	3	1	0.00	-18.33	0.00
19	3	11	0.00	18.33	0.00

Belastung Lastfall Nr. 3 M 1 : 33



BELASTUNG Nr. 4 Lastfall: Betrieb min

Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
6	-25.000	115.000	-25.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	-25.000	115.000

Maximale Verschiebung im Stab 6 bei x = 1.00 * L Max_f = 0.11 cm

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 4 : Betrieb min

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	-12.251	48.125	
9	-12.749	66.875	
Summe :	-25.000	115.000	

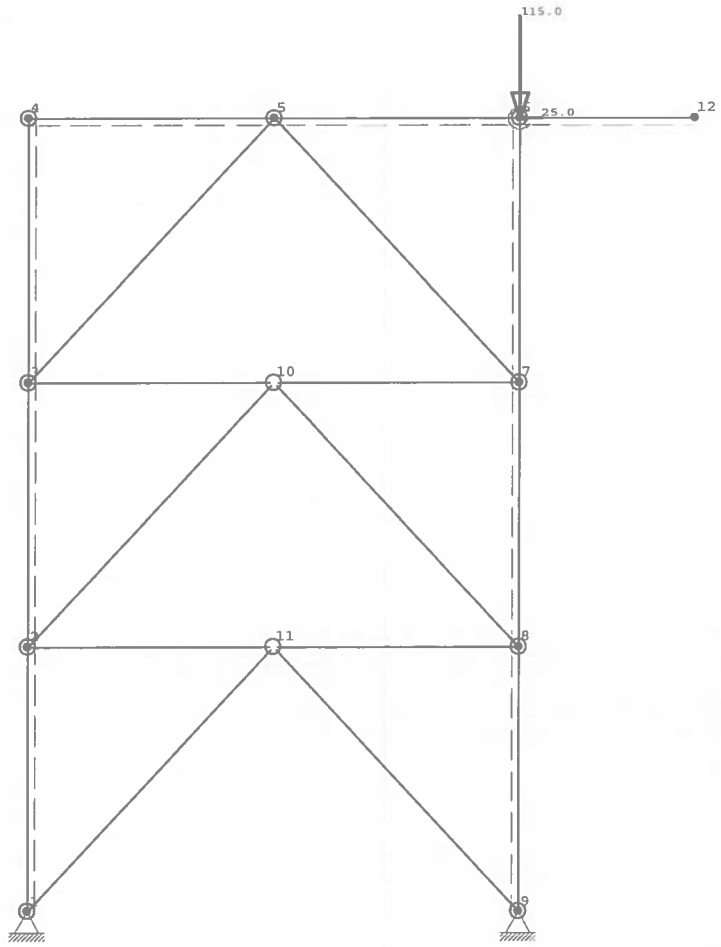
SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 4 : Betrieb min

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	0.22	-34.72	0.00
		.50	0.22	-34.72	0.19
	1	2	0.22	-34.72	0.38
2	1	2	-0.91	-21.50	0.38
		.50	-0.91	-21.50	-0.40
	1	3	-0.91	-21.50	-1.19
3	1	3	0.69	3.13	-1.19
		.50	0.69	3.13	-0.59
	1	4	0.69	3.13	0.00
4	2	4	-3.13	0.69	0.00
		.50	-3.13	0.69	-2.50
	2	5	-3.13	0.69	-5.00
5	2	5	18.75	-24.77	-5.00
		.50	18.75	-24.77	10.00
	2	6	18.75	-24.77	25.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	-0.23	-96.25	0.00
		.50	-0.23	-96.25	-0.20
	1	7	-0.23	-96.25	-0.40

188

SCHNITTGRÖSSEN Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Th. 1.Ord. Q (kN)	N (kN)	Lastfall 4 : Betrieb min M (kNm)
8	1	7	0.51	-93.50	-0.40
		.50	0.51	-93.50	0.04
	1	8	0.51	-93.50	0.47
9	1	8	-0.28	-80.28	0.47
		.50	-0.28	-80.28	0.24
	1	9	-0.28	-80.28	0.00
10	3	3	0.00	21.30	0.00
11	3	10	0.00	-3.30	0.00
12	3	2	0.00	13.43	0.00
13	3	11	0.00	-11.51	0.00
14	3	3	0.00	-33.63	0.00
15	3	5	0.00	3.75	0.00
16	3	2	0.00	-18.06	0.00
17	3	10	0.00	18.06	0.00
18	3	1	0.00	-18.31	0.00
19	3	11	0.00	18.31	0.00

Belastung Lastfall Nr. 4 M 1 : 33



67

BELASTUNG Nr. 5 Lastfall: Wind +X

Einwirkung Nr. 9 Windlasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN
Art: 1=Einzellast (kN) 3=Voll-Trapezlast (kN/m)
2=Einzelmomen(kNm) 4=Teil-Trapezlast (kN/m)
Richtung: 1=horizontal 2=vertikal bezogen auf Projektionen H, L
3=längs 4=quer bezogen auf Stablänge

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
5	1	1	5.000		0.600	
5	1	2	3.000		0.600	
1	3	4	0.500	0.500		
2	3	4	0.500	0.500		
3	3	4	0.500	0.500		
7	3	4	-0.500	-0.500		
8	3	4	-0.500	-0.500		
9	3	4	-0.500	-0.500		

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
4	5.000	3.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	15.160	6.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 5 : Wind +X

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	7.606	-16.348	
9	7.554	22.348	
Summe :	15.160	6.000	

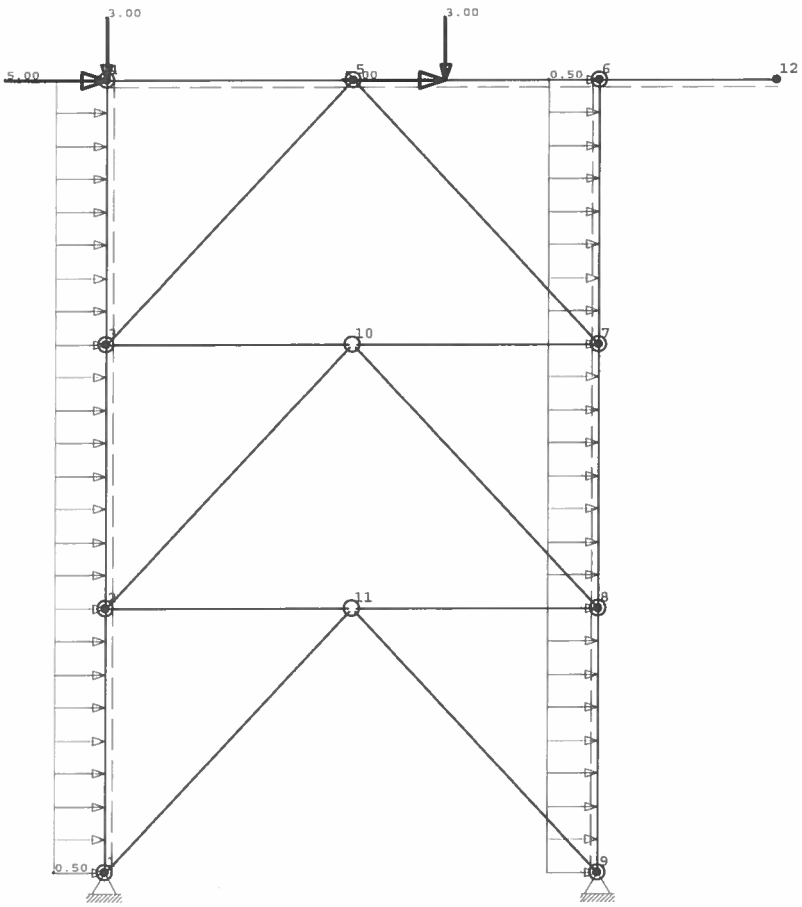
SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 5 : Wind +X

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	0.39	8.59	0.00
		.50	-0.04	8.59	0.15
	1	2	-0.47	8.59	-0.07
2	1	2	0.45	1.93	-0.07
		.50	0.02	1.93	0.13
	1	3	-0.41	1.93	-0.03
3	1	3	0.45	-2.81	-0.03
		.50	0.02	-2.81	0.17
	1	4	-0.41	-2.81	0.00

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 5 : Wind +X

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
4	2	4	-0.19	-5.41	0.00
		.50	-0.19	-5.41	-0.16
	2	5	-0.19	-5.41	-0.31
5	2	5	2.07	5.51	-0.31
		.50	-0.93	0.51	0.74
	2	6	-0.93	0.51	0.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	-0.51	-0.93	0.00
		.50	-0.08	-0.93	-0.25
	1	7	0.35	-0.93	-0.14
8	1	7	-0.25	-7.93	-0.14
		.50	0.18	-7.93	-0.17
	1	8	0.61	-7.93	0.16
9	1	8	-0.53	-14.59	0.16
		.50	-0.10	-14.59	-0.10
	1	9	0.33	-14.59	0.00
10	3	3	0.00	-5.26	0.00
11	3	10	0.00	7.12	0.00
12	3	2	0.00	-7.12	0.00
13	3	11	0.00	7.32	0.00
14	3	3	0.00	6.47	0.00
15	3	5	0.00	-9.56	0.00
16	3	2	0.00	9.09	0.00
17	3	10	0.00	-9.09	0.00
18	3	1	0.00	10.60	0.00
19	3	11	0.00	-10.60	0.00

Belastung Lastfall Nr. 5 M 1 : 33



BELASTUNG Nr. 6 Lastfall: Wind -X

Einwirkung Nr. 9 Windlasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN
Art: 1=Einzellast (kN) 3=Voll-Trapezlast (kN/m)
2=Einzelmomen(kNm) 4=Teil-Trapezlast (kN/m)
Richtung: 1=horizontal 2=vertikal bezogen auf Projektionen H, L
3=längs 4=quer bezogen auf Stablänge

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
5	1	1	-5.000		0.600	
5	1	2	3.000		0.600	
1	3	4	-0.500	-0.500		
2	3	4	-0.500	-0.500		
3	3	4	-0.500	-0.500		
7	3	4	0.500	0.500		
8	3	4	0.500	0.500		
9	3	4	0.500	0.500		

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
4	-5.000	3.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	-15.160	6.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 6 : Wind -X

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	-7.557	24.223	
9	-7.603	-18.223	
Summe :	-15.160	6.000	

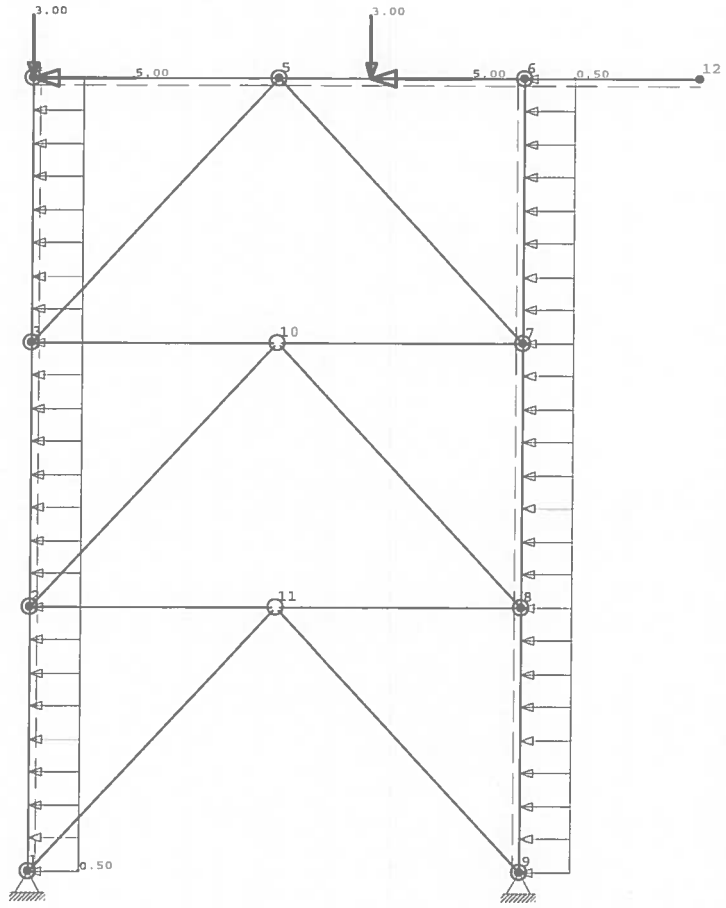
SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 6 : Wind -X

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	-0.33	-16.46	0.00
		.50	0.10	-16.46	-0.10
	1	2	0.53	-16.46	0.17
2	1	2	-0.58	-9.80	0.17
		.50	-0.15	-9.80	-0.15
	1	3	0.28	-9.80	-0.10
3	1	3	-0.37	-2.81	-0.10
		.50	0.06	-2.81	-0.23
	1	4	0.49	-2.81	0.00

SCHNITTGRÖSSEN Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Th. 1.Ord. Q (kN)	N (kN)	Lastfall 6 : Wind -X M (kNm)
4	2	4	-0.19	5.49	0.00
		.50	-0.19	5.49	-0.15
	2	5	-0.19	5.49	-0.31
5	2	5	2.07	-5.43	-0.31
		.50	-0.93	-0.43	0.75
	2	6	-0.93	-0.43	0.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	0.43	-0.93	0.00
		.50	0.00	-0.93	0.18
	1	7	-0.43	-0.93	-0.01
8	1	7	0.38	3.80	-0.01
		.50	-0.05	3.80	0.14
	1	8	-0.48	3.80	-0.09
9	1	8	0.48	10.46	-0.09
		.50	0.05	10.46	0.14
	1	9	-0.38	10.46	0.00
10	3	3	0.00	7.16	0.00
11	3	10	0.00	-5.22	0.00
12	3	2	0.00	7.30	0.00
13	3	11	0.00	-7.15	0.00
14	3	3	0.00	-9.55	0.00
15	3	5	0.00	6.47	0.00
16	3	2	0.00	-9.09	0.00
17	3	10	0.00	9.09	0.00
18	3	1	0.00	-10.61	0.00
19	3	11	0.00	10.61	0.00

Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG | Bonsiepen 7, 45136 Essen | Tel.: 0201/89670 Fax: 0201/8967-123 | Proj.Nr.:
Projekt: 10_Rohrbrücke | ASB-Nr.: | Datum: 13.12.2019

Belastung Lastfall Nr. 6 M 1 : 33



112

BELASTUNG Nr. 7 Lastfall: Verkehr Kabelbühne

Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN
Art: 1=Einzellast (kN) 3=Voll-Trapezlast (kN/m)
2=Einzelmomen(kNm) 4=Teil-Trapezlast (kN/m)
Richtung: 1=horizontal 2=vertikal bezogen auf Projektionen H, L
3=längs 4=quer bezogen auf Stablänge

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge,b
5	1	2	30.000		0.600	

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
4	0.000	30.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	60.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 7 : Verkehr Kabelbühne

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	0.245	39.375	
9	-0.245	20.625	
Summe :	0.000	60.000	

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 7 : Verkehr Kabelbühne

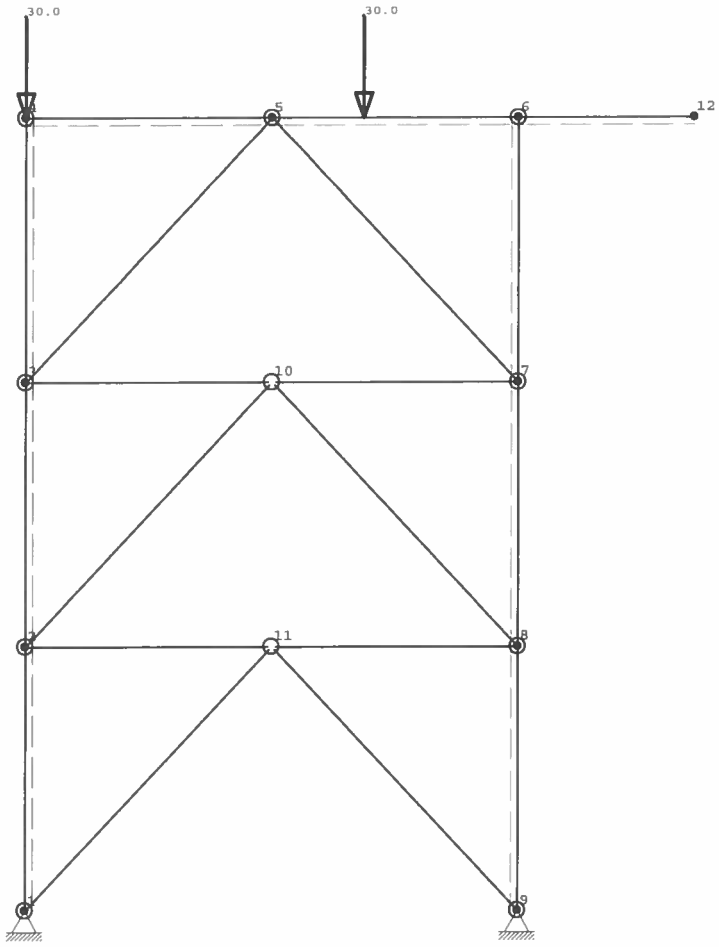
Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	0.27	-39.35	0.00
		.50	0.27	-39.35	0.23
	1	2	0.27	-39.35	0.46
2	1	2	-0.65	-39.35	0.46
		.50	-0.65	-39.35	-0.10
	1	3	-0.65	-39.35	-0.65
3	1	3	0.38	-28.07	-0.65
		.50	0.38	-28.07	-0.33
	1	4	0.38	-28.07	0.00
4	2	4	-1.93	0.38	0.00
		.50	-1.93	0.38	-1.55
	2	5	-1.93	0.38	-3.10
5	2	5	20.68	0.42	-3.10
		.50	-9.32	0.42	7.45

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 7 : Verkehr Kabelbühne

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
	2	6	-9.32	0.42	0.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	-0.42	-9.32	0.00
		.50	-0.42	-9.32	-0.36
	1	7	-0.42	-9.32	-0.73
8	1	7	0.65	-20.65	-0.73
		.50	0.65	-20.65	-0.17
	1	8	0.65	-20.65	0.39
9	1	8	-0.22	-20.65	0.39
		.50	-0.22	-20.65	0.19
	1	9	-0.22	-20.65	0.00
10	3	3	0.00	9.48	0.00
11	3	10	0.00	9.47	0.00
12	3	2	0.00	0.91	0.00
13	3	11	0.00	0.87	0.00
14	3	3	0.00	-15.41	0.00
15	3	5	0.00	-15.48	0.00
16	3	2	0.00	0.00	0.00
17	3	10	0.00	0.00	0.00
18	3	1	0.00	-0.03	0.00
19	3	11	0.00	0.03	0.00

A13

Belastung Lastfall Nr. 7 M 1 : 33



BELASTUNG Nr. 8 Lastfall: Schnee

Einwirkung Nr. 10 Schnee bis NN +1000m γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
6	0.000	5.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	5.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 8 : Schnee

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	0.000	0.000	
9	0.000	5.000	
Summe :	0.000	5.000	

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 8 : Schnee

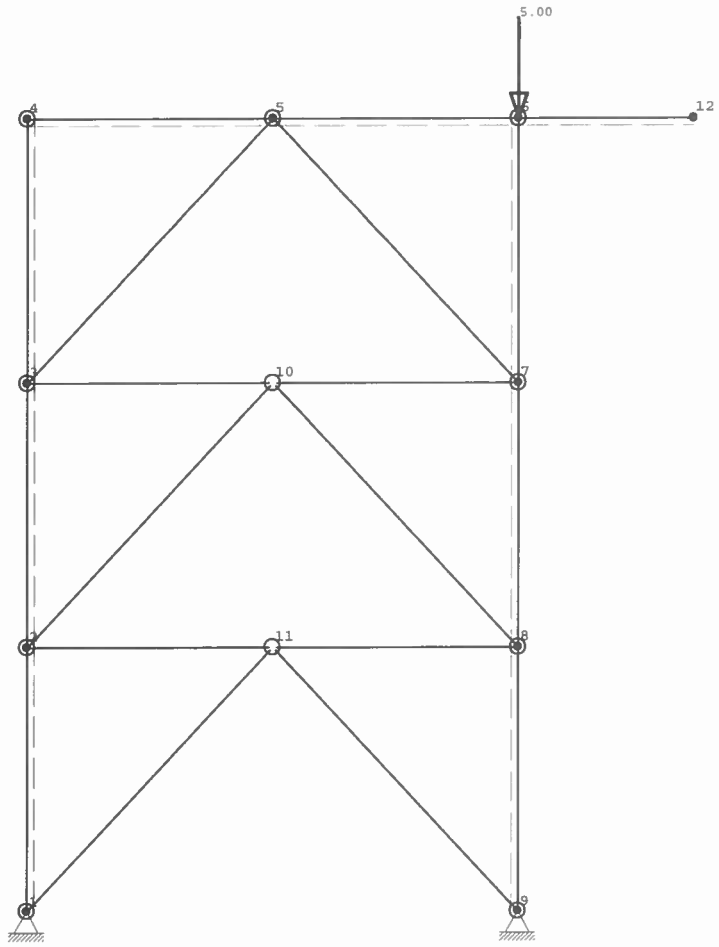
Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.		Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1		1	-0.01	-0.01	0.00
		.50		-0.01	-0.01	0.00
	1		2	-0.01	-0.01	-0.01
2	1		2	0.00	-0.01	-0.01
		.50		0.00	-0.01	-0.01
	1		3	0.00	-0.01	-0.01
3	1		3	0.01	0.01	-0.01
		.50		0.01	0.01	-0.01
	1		4	0.01	0.01	0.00
4	2		4	-0.01	0.01	0.00
		.50		-0.01	0.01	-0.01
	2		5	-0.01	0.01	-0.01
5	2		5	0.01	-0.01	-0.01
		.50		0.01	-0.01	-0.01
	2		6	0.01	-0.01	0.00
6	2		6	0.00	0.00	0.00
		.50		0.00	0.00	0.00
	2		12	0.00	0.00	0.00
7	1		6	0.01	-4.99	0.00
		.50		0.01	-4.99	0.00
	1		7	0.01	-4.99	0.01
8	1		7	0.00	-4.99	0.01
		.50		0.00	-4.99	0.01

119

SCHNITTGRÖSSEN Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Th. 1.Ord. Q (kN)	N (kN)	Lastfall 8 : Schnee M (kNm)
	1	8	0.00	-4.99	0.01
9	1	8	-0.01	-4.99	0.01
		.50	-0.01	-4.99	0.01
	1	9	-0.01	-4.99	0.00
10	3	3	0.00	0.01	0.00
11	3	10	0.00	0.01	0.00
12	3	2	0.00	-0.01	0.00
13	3	11	0.00	0.01	0.00
14	3	3	0.00	-0.02	0.00
15	3	5	0.00	0.00	0.00
16	3	2	0.00	0.00	0.00
17	3	10	0.00	0.00	0.00
18	3	1	0.00	0.01	0.00
19	3	11	0.00	-0.01	0.00

Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG | Bonsiepen 7 45136 Essen | Tel.: 0201/89670 Fax: 0201/8967-123 | Proj.Nr.:
Projekt: 10_Rohrbrücke | ASB-Nr.: | Datum: 13.12.2019

Belastung Lastfall Nr. 8 M 1 : 33



AS

MAX , MIN ÜBERLAGERUNG aus 8 Lastfällen : Überlagerung

Lastfall Nr					
1 :	LF g *	1.35	: Ständige Lasten	EW g
Nr 2 :	A 1 *	1.50	: Betrieb max	EW N
Nr 3 :	A 1 *	1.50	: Abfahren	EW N
Nr 4 :	A 1 *	1.50	: Betrieb min	EW N
Nr 5 :	A 2 *	1.50	: Wind +X	EW I
Nr 6 :	A 2 *	1.50	: Wind -X	EW I
Nr 7 :	LF p *	1.50	: Verkehr Kabelbühne	EW N
Nr 8 :	LF p *	1.50	: Schnee	EW J

Die Liste der Einwirkungen wird hier nur informativ ausgedruckt;
die Überlagerung wird mit den oben definierten Faktoren gerechnet.

Einwirkungen:

Nr	Kl	Bezeichnung	ψ0	ψ1	ψ2	γ
g		Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
I	4	Windlasten	0,60	0,20	0,00	1,50
J	3	Schnee bis NN +1000m	0,50	0,20	0,00	1,50
N	8	sonstige veränderliche Laste	0,80	0,70	0,50	1,50

AUFLAGERKRÄFTE * = max/min Werte

Knoten Nr.	H (kN)	V (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
1	30.39*	91.27		2 5 1 7 8
	-29.49*	237.44		3 6 1
	-29.12	296.51*		4 6 1 7
	30.02	32.21*		2 5 1
9	30.22*	361.03		2 5 1
	-31.12*	186.73		4 6 1 7 8
	29.85	399.46*		2 5 1 7 8
	-11.63	47.98*		6 1

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
1	1	-63.49*	0.63	0.00	5 2 1
	1	-263.8*	1.00	0.00	6 4 1 7 8
	1	-226.2	2.11*	0.00	5 3 1 7
	1	-101.1	-0.45*	0.00	6 2 1 8
	1	-204.8	0.61	0.00*	6 4 1
	1	-204.8	0.61	0.00*	6 4 1
	0.50	-61.84*	-0.01	0.27	5 2 1
	0.50	-262.2*	1.65	1.14	6 4 1 7 8
	0.50	-262.1	1.67*	1.16	6 3 1 7
	0.50	-61.85	-0.02*	0.26	5 2 1 8
	0.50	-224.6	1.46	1.54*	5 3 1 7
	0.50	-99.42	0.19	-0.11*	6 2 1 8
1	2	-60.19*	-0.66	-0.02	5 2 1
	2	-260.5*	2.29	2.84	6 4 1 7 8
	2	-260.5	2.32*	2.88	6 3 1 7
	2	-60.20	-0.67*	-0.03	5 2 1 8
	2	-260.5	2.32	2.88*	6 3 1 7
	2	-60.20	-0.67	-0.03*	5 2 1 8
2	2	-88.95*	0.11	-0.02	5 2 1
	2	-229.6*	-5.12	2.84	6 4 1 7 8
	2	-88.95	0.11*	-0.02	5 2 1
	2	-229.6	-5.12*	2.84	6 4 1 7 8
	2	-229.6	-5.11	2.88*	6 3 1 7
	2	-88.96	0.11	-0.03*	5 2 1 8
	0.50	-87.30*	-0.54	-0.20	5 2 1
	0.50	-228.0*	-4.47	-1.29	6 4 1 7 8
	0.50	-87.30	-0.54*	-0.20	5 2 1
	0.50	-228.0	-4.47*	-1.29	6 4 1 7 8
	0.50	-119.1	-1.87	-0.10*	5 1
	0.50	-228.0	-4.47	-1.29*	6 4 1 7 8
2	3	-85.65*	-1.18	-0.94	5 2 1
	3	-226.3*	-3.83	-4.86	6 4 1 7 8
	3	-103.3	-0.16*	-1.04	6 2 1
	3	-208.7	-4.85*	-4.76	5 4 1 7 8
	3	-88.55	-0.57	-0.89*	2 1
	3	-226.3	-3.83	-4.86*	6 4 1 7 8
3	3	-81.31*	2.17	-3.73	4 1 8
	3	-136.4*	0.53	-2.02	6 2 1 7
	3	-127.6	3.41*	-4.76	5 4 1 7 8

A6

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	3	-94.30	-0.04*	-1.04	6 2 1
	3	-90.09	0.52	-0.89*	2 1
	3	-127.6	2.18	-4.86*	6 4 1 7 8
	0.50	-79.66*	2.17	-1.87	4 1 8
	0.50	-134.7*	1.17	-1.29	6 2 1 7
	0.50	-126.0	2.82*	-2.70	6 4 1 7 8
	0.50	-88.44	0.52*	-0.45	2 1
	0.50	-92.65	0.55	-0.19*	5 2 1
	0.50	-126.0	2.82	-2.70*	6 4 1 7 8
3	4	-78.01*	2.17	0.00	4 1 8
	4	-133.1*	1.82	0.00	6 2 1 7
	4	-124.3	3.47*	0.00	6 4 1 7 8
	4	-91.00	-0.10*	0.00	5 2 1
	4	-82.23	2.89	0.00*	6 4 1
	4	-82.23	2.89	0.00*	6 4 1
4	4	10.97*	-12.93	0.00	6 4 1 7 8
	4	-7.60*	-1.25	0.00	5 2 1
	4	0.52	-0.96*	0.00	2 1
	4	-5.38	-12.94*	0.00	5 4 1 7 8
	4	10.39	-10.02	0.00*	6 4 1
	4	10.39	-10.02	0.00*	6 4 1
	0.50	10.97*	-13.57	-10.60	6 4 1 7 8
	0.50	-7.60*	-1.88	-1.25	5 2 1
	0.50	0.52	-1.59*	-1.02	2 1
	0.50	-5.38	-13.57*	-10.60	5 4 1 7 8
	0.50	0.52	-1.59	-1.02*	2 1
	0.50	-5.38	-13.57	-10.60*	5 4 1 7 8
4	5	10.97*	-14.20	-21.71	6 4 1 7 8
	5	-7.60*	-2.52	-3.01	5 2 1
	5	0.52	-2.23*	-2.55	2 1
	5	-5.38	-14.20*	-21.71	5 4 1 7 8
	5	0.52	-2.23	-2.55*	2 1
	5	-5.38	-14.20	-21.71*	5 4 1 7 8
5	5	46.91*	67.44	-7.66	5 2 1 7
	5	-44.05*	92.07	-17.07	6 4 1 8
	5	-27.01	123.1*	-21.71	5 4 1 7 8
	5	38.01	33.31*	-2.55	2 1
	5	38.01	33.31	-2.55*	2 1
	5	-27.01	123.1	-21.71*	5 4 1 7 8

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	0.50	39.41*	-70.45	18.59	5 2 1 7
	0.50	-36.55*	-0.82	37.88	6 4 1 8
	0.50	-35.91	0.58*	36.77	4 1 8
	0.50	38.01	-70.45*	18.59	6 2 1 7
	0.50	-35.89	-14.83	49.09*	6 3 1 7
	0.50	38.00	-55.07	6.28*	2 1 8
5	6	39.41*	-71.08	-38.02	5 2 1 7
	6	-36.55*	-1.45	36.98	6 4 1 8
	6	-35.91	-0.05*	36.98	4 1 8
	6	38.01	-71.08*	-38.02	6 2 1 7
	6	-36.54	-1.46	36.98*	6 4 1
	6	37.37	-57.11	-38.02*	6 2 1
6	6	0.00*	0.91	-0.52	6 4 1
	6	0.00*	0.91	-0.52	6 4 1
	6	0.00	0.91*	-0.52	6 4 1
	6	0.00	0.91*	-0.52	6 4 1
	6	0.00	0.91	-0.52*	6 4 1
	6	0.00	0.91	-0.52*	6 4 1
	0.50	0.00*	0.46	-0.13	6 4 1
	0.50	0.00*	0.46	-0.13	6 4 1
	0.50	0.00	0.46*	-0.13	6 4 1
	0.50	0.00	0.46*	-0.13	6 4 1
	0.50	0.00	0.46	-0.13*	6 4 1
	0.50	0.00	0.46	-0.13*	6 4 1
6	12	0.00*	0.00	0.00	6 4 1
	12	0.00*	0.00	0.00	6 4 1
	12	0.00	0.00*	0.00	6 4 1
	12	0.00	0.00*	0.00	6 4 1
	12	0.00	0.00	0.00*	6 4 1
	12	0.00	0.00	0.00*	6 4 1
7	6	-29.10*	-1.25	0.00	1
	6	-259.5*	-0.50	0.00	6 2 1 7 8
	6	-245.5	0.13*	0.00	6 2 1 8
	6	-173.9	-3.01*	0.00	5 3 1 7
	6	-174.9	-0.96	0.00*	6 4 1
	6	-174.9	-0.96	0.00*	6 4 1
	0.50	-30.75*	-1.25	-1.07	1
	0.50	-261.1*	-1.14	-0.71	6 2 1 7 8
	0.50	-245.8	-0.50*	-0.43	2 1 8
	0.50	-175.5	-2.37*	-2.31	5 3 1 7

147

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	0.50	-247.2	-0.51	-0.16*	6 2 1 8
	0.50	-175.5	-2.37	-2.31*	5 3 1 7
7	7	-32.40*	-1.25	-2.15	1
	7	-262.8*	-1.79	-1.97	6 2 1 7 8
	7	-248.8	0.02*	-1.07	5 2 1 8
	7	-177.2	-2.90*	-3.88	6 3 1 7
	7	-247.4	-0.50	-0.87*	2 1 8
	7	-177.2	-1.72	-4.07*	5 3 1 7
8	7	-61.18*	2.48	-2.16	6 1
	7	-329.0*	1.76	-2.16	5 2 1 7 8
	7	-239.9	4.21*	-3.84	6 4 1 7 8
	7	-290.6	0.79*	-1.09	5 2 1
	7	-286.2	1.17	-0.87*	2 1 8
	7	-235.0	3.25	-4.07*	5 3 1 7
	0.50	-62.83*	1.84	-0.31	6 1
	0.50	-330.7*	2.40	-0.37	5 2 1 7 8
	0.50	-259.2	3.90*	-0.95	5 4 1 7 8
	0.50	-274.6	1.10*	0.33	6 2 1
	0.50	-282.1	1.10	0.35*	6 2 1 8
	0.50	-111.4	3.14	-1.02*	5 1 7
8	8	-64.48*	1.19	1.00	6 1
	8	-332.3*	3.05	1.97	5 2 1 7 8
	8	-260.8	4.54*	2.68	5 4 1 7 8
	8	-276.3	0.46*	1.00	6 2 1
	8	-260.8	4.54	2.68*	5 4 1 7 8
	8	-64.48	1.19	1.00*	6 1
9	8	-55.55*	0.07	1.00	6 1
	8	-363.2*	-1.79	1.97	5 2 1 7 8
	8	-55.55	0.07*	1.00	6 1
	8	-252.0	-2.20*	2.68	5 4 1 7 8
	8	-252.0	-2.20	2.68*	5 4 1 7 8
	8	-55.55	0.07	1.00*	6 1
	0.50	-57.20*	-0.58	0.78	6 1
	0.50	-364.9*	-1.15	0.71	5 2 1 7 8
	0.50	-57.20	-0.58*	0.78	6 1
	0.50	-253.7	-1.56*	1.06	5 4 1 7 8
	0.50	-216.1	-1.34	1.43*	6 4 1 7 8
	0.50	-94.77	-0.80	0.41*	5 1
9	9	-58.85*	-1.22	0.00	6 1

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	9	-366.5*	-0.50	0.00	5 2 1 7 8
	9	-96.42	-0.15*	0.00	5 1
	9	-217.7	-1.98*	0.00	6 4 1 7 8
	9	-179.3	-1.64	0.00*	6 4 1
	9	-179.3	-1.64	0.00*	6 4 1
10	3	85.34*	0.21	0.00	6 4 1 7 8
	3	-10.91*	0.21	0.00	5 2 1
	3	71.11	0.21*	0.00	6 4 1
	3	71.11	0.21*	0.00	6 4 1
	3	71.11	0.21	0.00*	6 4 1
	3	71.11	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	85.34*	0.00	0.09	6 4 1 7 8
	0.50	-10.91*	0.00	0.09	5 2 1
	0.50	71.11	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	71.11	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	71.11	0.00	0.09*	6 4 1
	0.50	71.11	0.00	0.09*	6 4 1
10	10	85.34*	-0.21	0.00	6 4 1 7 8
	10	-10.91*	-0.21	0.00	5 2 1
	10	71.11	-0.21*	0.00	6 4 1
	10	71.11	-0.21*	0.00	6 4 1
	10	71.11	-0.21	0.00*	6 4 1
	10	71.11	-0.21	0.00*	6 4 1
11	10	58.78*	0.21	0.00	5 2 1 7 8
	10	15.63*	0.21	0.00	6 3 1
	10	15.65	0.21*	0.00	6 4 1
	10	15.65	0.21*	0.00	6 4 1
	10	15.65	0.21	0.00*	6 4 1
	10	15.65	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	58.78*	0.00	0.09	5 2 1 7 8
	0.50	15.63*	0.00	0.09	6 3 1
	0.50	15.65	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	15.65	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	15.65	0.00	0.09*	6 4 1
	0.50	15.65	0.00	0.09*	6 4 1
11	7	58.78*	-0.21	0.00	5 2 1 7 8
	7	15.63*	-0.21	0.00	6 3 1
	7	15.65	-0.21*	0.00	6 4 1
	7	15.65	-0.21*	0.00	6 4 1

178

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	7	15.65	-0.21	0.00*	6 4 1
	7	15.65	-0.21	0.00*	6 4 1
12	2	35.66*	0.21	0.00	6 3 1 7
	2	-28.02*	0.21	0.00	5 2 1 8
	2	34.28	0.21*	0.00	6 4 1
	2	34.28	0.21*	0.00	6 4 1
	2	34.28	0.21	0.00*	6 4 1
	2	34.28	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	35.66*	0.00	0.09	6 3 1 7
	0.50	-28.02*	0.00	0.09	5 2 1 8
	0.50	34.28	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	34.28	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	34.28	0.00	0.09*	6 4 1
	0.50	34.28	0.00	0.09*	6 4 1
12	11	35.66*	-0.21	0.00	6 3 1 7
	11	-28.02*	-0.21	0.00	5 2 1 8
	11	34.28	-0.21*	0.00	6 4 1
	11	34.28	-0.21*	0.00	6 4 1
	11	34.28	-0.21	0.00*	6 4 1
	11	34.28	-0.21	0.00*	6 4 1
13	11	33.07*	0.21	0.00	5 2 1 7 8
	11	-24.96*	0.21	0.00	6 3 1
	11	-24.94	0.21*	0.00	6 4 1
	11	-24.94	0.21*	0.00	6 4 1
	11	-24.94	0.21	0.00*	6 4 1
	11	-24.94	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	33.07*	0.00	0.09	5 2 1 7 8
	0.50	-24.96*	0.00	0.09	6 3 1
	0.50	-24.94	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	-24.94	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	-24.94	0.00	0.09*	6 4 1
	0.50	-24.94	0.00	0.09*	6 4 1
13	8	33.07*	-0.21	0.00	5 2 1 7 8
	8	-24.96*	-0.21	0.00	6 3 1
	8	-24.94	-0.21*	0.00	6 4 1
	8	-24.94	-0.21*	0.00	6 4 1
	8	-24.94	-0.21	0.00*	6 4 1
	8	-24.94	-0.21	0.00*	6 4 1
14	3	12.31*	0.21	0.00	5 2 1
	3	-134.3*	0.21	0.00	6 4 1 7 8

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	3	-111.2	0.21*	0.00	6 4 1
	3	-111.2	0.21*	0.00	6 4 1
	3	-111.2	0.21	0.00*	6 4 1
	3	-111.2	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	12.54*	0.00	0.13	5 2 1
	0.50	-134.1*	0.00	0.13	6 4 1 7 8
	0.50	-111.0	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-111.0	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-111.0	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	-111.0	0.00	0.13*	6 4 1
14	5	12.77*	-0.21	0.00	5 2 1
	5	-133.9*	-0.21	0.00	6 4 1 7 8
	5	-110.7	-0.21*	0.00	6 4 1
	5	-110.7	-0.21*	0.00	6 4 1
	5	-110.7	-0.21	0.00*	6 4 1
	5	-110.7	-0.21	0.00*	6 4 1
15	5	-30.80*	0.21	0.00	6 3 1
	5	-89.55*	0.21	0.00	5 2 1 7 8
	5	-30.81	0.21*	0.00	6 4 1
	5	-30.81	0.21*	0.00	6 4 1
	5	-30.81	0.21	0.00*	6 4 1
	5	-30.81	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	-31.03*	0.00	0.13	6 3 1
	0.50	-89.78*	0.00	0.13	5 2 1 7 8
	0.50	-31.04	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-31.04	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-31.04	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	-31.04	0.00	0.13*	6 4 1
15	7	-31.26*	-0.21	0.00	6 3 1
	7	-90.02*	-0.21	0.00	5 2 1 7 8
	7	-31.27	-0.21*	0.00	6 4 1
	7	-31.27	-0.21*	0.00	6 4 1
	7	-31.27	-0.21	0.00*	6 4 1
	7	-31.27	-0.21	0.00*	6 4 1
16	2	39.77*	0.21	0.00	5 2 1 8
	2	-41.67*	0.21	0.00	6 3 1 7
	2	-41.67	0.21*	0.00	6 4 1
	2	-41.67	0.21*	0.00	6 4 1
	2	-41.67	0.21	0.00*	6 4 1

A19

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	2	-41.67	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	40.00*	0.00	0.13	5 2 1 8
	0.50	-41.44*	0.00	0.13	6 3 1 7
	0.50	-41.44	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-41.44	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-41.44	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	-41.44	0.00	0.13*	6 4 1
16	10	40.23*	-0.21	0.00	5 2 1 8
	10	-41.21*	-0.21	0.00	6 3 1 7
	10	-41.21	-0.21*	0.00	6 4 1
	10	-41.21	-0.21*	0.00	6 4 1
	10	-41.21	-0.21	0.00*	6 4 1
	10	-41.21	-0.21	0.00*	6 4 1
17	10	40.23*	0.21	0.00	6 3 1 7
	10	-41.21*	0.21	0.00	5 2 1 8
	10	40.22	0.21*	0.00	6 4 1
	10	40.22	0.21*	0.00	6 4 1
	10	40.22	0.21	0.00*	6 4 1
	10	40.22	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	39.99*	0.00	0.13	6 3 1 7
	0.50	-41.45*	0.00	0.13	5 2 1 8
	0.50	39.99	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	39.99	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	39.99	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	39.99	0.00	0.13*	6 4 1
17	8	39.76*	-0.21	0.00	6 3 1 7
	8	-41.68*	-0.21	0.00	5 2 1 8
	8	39.76	-0.21*	0.00	6 4 1
	8	39.76	-0.21*	0.00	6 4 1
	8	39.76	-0.21	0.00*	6 4 1
	8	39.76	-0.21	0.00*	6 4 1
18	1	42.93*	0.21	0.00	5 2 1 8
	1	-44.50*	0.21	0.00	6 3 1 7
	1	-44.42	0.21*	0.00	6 4 1
	1	-44.42	0.21*	0.00	6 4 1
	1	-44.42	0.21	0.00*	6 4 1
	1	-44.42	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	43.16*	0.00	0.13	5 2 1 8
	0.50	-44.27*	0.00	0.13	6 3 1 7

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	0.50	-44.19	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-44.19	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-44.19	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	-44.19	0.00	0.13*	6 4 1
18	11	43.39*	-0.21	0.00	5 2 1 8
	11	-44.03*	-0.21	0.00	6 3 1 7
	11	-43.96	-0.21*	0.00	6 4 1
	11	-43.96	-0.21*	0.00	6 4 1
	11	-43.96	-0.21	0.00*	6 4 1
	11	-43.96	-0.21	0.00*	6 4 1
19	11	43.05*	0.21	0.00	6 3 1 7
	11	-44.38*	0.21	0.00	5 2 1 8
	11	42.98	0.21*	0.00	6 4 1
	11	42.98	0.21*	0.00	6 4 1
	11	42.98	0.21	0.00*	6 4 1
	11	42.98	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	42.82*	0.00	0.13	6 3 1 7
	0.50	-44.61*	0.00	0.13	5 2 1 8
	0.50	42.75	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	42.75	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	42.75	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	42.75	0.00	0.13*	6 4 1
19	9	42.59*	-0.21	0.00	6 3 1 7
	9	-44.84*	-0.21	0.00	5 2 1 8
	9	42.52	-0.21*	0.00	6 4 1
	9	42.52	-0.21*	0.00	6 4 1
	9	42.52	-0.21	0.00*	6 4 1
	9	42.52	-0.21	0.00*	6 4 1

123

Baustoff Nr. 1 S235 fyk = 235 N/mm2

Querschnitte

Art		Mat Nr.	fyd (N/mm2)	Npl (kN)	Mpłyd (kNm)	Vplzd (kN)	Mplzd (kNm)	Vpłyd (kN)
-4	HE360B	1	235	4254	243	1832	632	827
6	U220	1	235	879	69	273	15	227
3	HE120A	1	235	595	28	114	14	261

Nachweis nach DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08 6.2.1 (6.1) γM0 = 1.00

Stab Nr.	x (m)	QNr. (-)	N,ed (kN)	My,ed (kNm)	Vz,ed (kN)	QKL (-)	σV (N/mm2)	τ	η (-)	Komb Nr.
1	0.000	1	-263.8	0.0	1.0	1	15	0	0.06	6
	0.860	1	-262.1	1.2	1.7	1	16	0	0.07	10
	1.720	1	-260.5	2.9	2.3	1	19	0	0.08	10
2	0.000	1	-229.6	2.9	-5.1	1	17	1	0.07	10
	0.860	1	-228.0	-1.3	-4.5	1	14	0	0.06	6
	1.720	1	-226.3	-4.9	-3.8	1	20	0	0.08	6
3	0.000	1	-127.6	-4.9	2.2	1	14	0	0.06	6
	0.860	1	-126.0	-2.7	2.8	1	11	0	0.05	6
	1.720	1	-133.1	0.0	1.8	1	7	0	0.03	12
4	0.000	2	11.0	0.0	-12.9	1	7	4	0.03	6
	0.800	2	11.0	-10.6	-13.6	1	24	4	0.10	6
	1.600	2	11.0	-21.7	-14.2	1	46	4	0.20	6
5	0.000	2	-43.4	-21.7	123.1	1	66	37	0.28	6
	0.800	2	-35.9	49.1	-14.8	1	105	4	0.45	10
	1.600	2	39.4	-38.0	-71.1	1	87	21	0.37	16
6	0.000	2	0.0	-0.5	0.9	1	1	0	0.00	13
	0.575	2	0.0	-0.1	0.5	1	0	0	0.00	15
7	0.000	1	-259.5	0.0	-1.9	1	14	0	0.06	17
	0.860	1	-261.1	-1.4	-1.3	1	16	0	0.07	17
	1.720	1	-262.8	-2.2	-0.6	1	18	0	0.08	17
8	0.000	1	-329.0	-2.2	1.8	1	21	0	0.09	17
	0.860	1	-330.7	-0.4	2.4	1	19	0	0.08	17
	1.720	1	-332.3	2.0	3.0	1	21	0	0.09	17
9	0.000	1	-363.2	2.0	-1.8	1	23	0	0.10	17
	0.860	1	-364.9	0.7	-1.1	1	21	0	0.09	17
	1.720	1	-366.5	0.0	-0.5	1	20	0	0.09	17
10	0.000	3	85.3	0.0	0.2	1	34	0	0.14	6
	0.800	3	85.3	0.1	0.0	1	35	0	0.15	6
	1.600	3	85.3	0.0	-0.2	1	34	0	0.14	6
11	0.000	3	58.8	0.0	0.2	1	23	0	0.10	17
	0.800	3	58.8	0.1	0.0	1	24	0	0.10	17
	1.600	3	58.8	0.0	-0.2	1	23	0	0.10	17
12	0.000	3	35.7	0.0	0.2	1	14	0	0.06	10
	0.800	3	35.7	0.1	0.0	1	15	0	0.06	10
	1.600	3	35.7	0.0	-0.2	1	14	0	0.06	10
13	0.000	3	33.1	0.0	0.2	1	13	0	0.06	17
	0.800	3	33.1	0.1	0.0	1	14	0	0.06	17
	1.600	3	33.1	0.0	-0.2	1	13	0	0.06	17
14	0.000	3	-134.3	0.0	0.2	1	53	0	0.23	6
	1.174	3	-134.1	0.1	0.0	1	54	0	0.23	6
	2.349	3	-133.9	0.0	-0.2	1	53	0	0.22	6
15	0.000	3	-89.6	0.0	0.2	1	35	0	0.15	17
	1.174	3	-89.8	0.1	0.0	1	37	0	0.16	17
	2.349	3	-90.0	0.0	-0.2	1	36	0	0.15	17
16	0.000	3	-41.7	0.0	0.2	1	16	0	0.07	10
	1.174	3	-41.4	0.1	0.0	1	18	0	0.08	10
	2.349	3	-41.2	0.0	-0.2	1	16	0	0.07	10

Nachweis nach DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08 6.2.1 (6.1) γM0 = 1.00

Stab Nr.	x (m)	QNr. (-)	N,ed (kN)	My,ed (kNm)	Vz,ed (kN)	QKL (-)	σV (N/mm2)	τ	η (-)	Komb Nr.
17	0.000	3	-41.2	0.0	0.2	1	16	0	0.07	15
	1.174	3	-41.4	0.1	0.0	1	18	0	0.08	15
	2.349	3	-41.7	0.0	-0.2	1	16	0	0.07	15
18	0.000	3	-44.5	0.0	0.2	1	18	0	0.08	10
	1.174	3	-44.3	0.1	0.0	1	19	0	0.08	10
	2.349	3	-44.0	0.0	-0.2	1	17	0	0.07	10
19	0.000	3	-44.4	0.0	0.2	1	18	0	0.08	15
	1.174	3	-44.6	0.1	0.0	1	19	0	0.08	15
	2.349	3	-44.8	0.0	-0.2	1	18	0	0.08	15

Liste der maßgebenden Kombinationen

6: 1 4 6 7 8
10: 1 3 6 7
12: 1 2 6 7
13: 1 2 6 7 8
15: 1 2 5 8
16: 1 2 5 7
17: 1 2 5 7 8

121

VERSCHIEBUNGEN v (cm) und Verdrehungen Phi * = max/min Werte

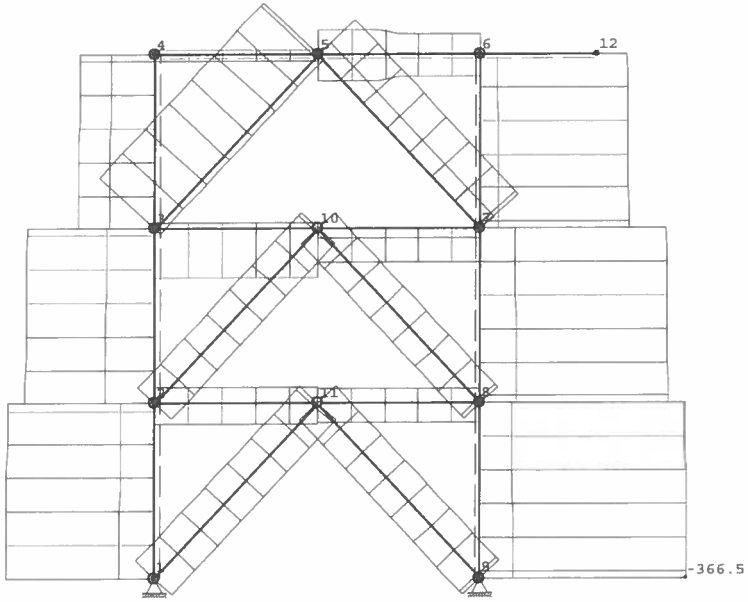
Knoten Nr.	u (cm)	v (cm)	Phi	zugehörige Lastfälle
1	0.000*	0.000	0.00022	2 5 1
	0.000*	0.000	-0.00020	3 6 1
	0.000	0.000*	-0.00020	4 6 1
	0.000	0.000*	0.00022	2 5 1
	0.000	0.000	0.00022*	2 5 1
	0.000	0.000	-0.00020*	4 6 1
2	0.037*	0.003	0.00021	2 5 1
	-0.039*	0.012	-0.00030	3 6 1 7
	-0.039	0.012*	-0.00030	4 6 1 7
	0.037	0.003*	0.00021	2 5 1
	0.037	0.003	0.00021*	2 5 1
	-0.039	0.009	-0.00028*	3 6 1
3	0.074*	0.007	0.00023	2 5 1 8
	-0.091*	0.022	-0.00020	3 6 1 7
	-0.091	0.022*	-0.00020	4 6 1 7
	0.074	0.007*	0.00023	2 5 1
	0.074	0.007	0.00023*	2 5 1
	-0.086	0.017	-0.00019*	3 6 1
4	0.117*	0.011	0.00026	2 5 1 8
	-0.103*	0.028	0.00001	3 6 1 7
	-0.101	0.028*	0.00001	4 6 1 7
	0.117	0.011*	0.00025	2 5 1
	0.117	0.011	0.00025*	2 5 1
	-0.100	0.021	-0.00002*	3 6 1
5	0.116*	0.039	0.00031	2 5 1 8
	-0.101*	0.093	0.00142	3 6 1 7
	-0.100	0.094*	0.00143	4 6 1 7 8
	0.081	0.036*	0.00026	2 1
	-0.030	0.094	0.00144*	4 5 1 7
	0.081	0.036	0.00026*	2 1
6	0.121*	0.040	0.00074	2 5 1 8
	-0.105*	0.027	-0.00333	3 6 1 7
	0.119	0.043*	0.00018	2 5 1 7 8
	-0.040	0.007*	-0.00113	6 1
	0.085	0.037	0.00078*	2 1
	-0.105	0.027	-0.00333*	3 6 1 7
7	0.088*	0.031	0.00025	2 5 1 7 8
	-0.060*	0.016	-0.00019	3 6 1
	0.088	0.031*	0.00025	2 5 1 7 8
	-0.019	0.005*	-0.00007	6 1
	0.084	0.028	0.00025*	2 5 1
	-0.060	0.016	-0.00019*	3 6 1
8	0.038*	0.016	0.00027	2 5 1 7
	-0.036*	0.007	-0.00016	3 6 1
	0.038	0.017*	0.00027	2 5 1 7 8
	-0.013	0.003*	-0.00004	6 1
	0.038	0.015	0.00025*	2 5 1
	-0.036	0.007	-0.00016*	3 6 1
9	0.000*	0.000	0.00021	2 5 1
	0.000*	0.000	-0.00024	4 6 1

VERSCHIEBUNGEN v (cm) und Verdrehungen Phi * = max/min Werte

Knoten Nr.	u (cm)	v (cm)	Phi	zugehörige Lastfälle
	0.000	0.000*	0.00021	2 5 1
	0.000	0.000*	-0.00009	6 1
	0.000	0.000	0.00021*	2 5 1
	0.000	0.000	-0.00024*	4 6 1
10	0.071*	0.010	0.00000	2 5 1 8
	-0.065*	0.012	0.00000	3 6 1 7
	-0.018	0.013*	0.00000	4 5 1 7 8
	-0.001	0.006*	0.00000	1
	-0.064	0.010	0.00000*	4 6 1
	-0.064	0.010	0.00000*	4 6 1
11	0.028*	0.000	0.00000	2 5 1
	-0.028*	0.000	0.00000	3 6 1
	0.008	0.000*	0.00000	2 6 1
	0.000	0.000*	0.00000	1
	-0.028	0.000	0.00000*	4 6 1
	-0.028	0.000	0.00000*	4 6 1
12	0.121*	0.126	0.00076	2 5 1 8
	-0.105*	-0.355	-0.00332	3 6 1 7
	0.085	0.130*	0.00080	2 1 8
	-0.105	-0.355*	-0.00332	3 6 1 7
	0.085	0.129	0.00080*	2 1
	-0.105	-0.355	-0.00332*	3 6 1 7

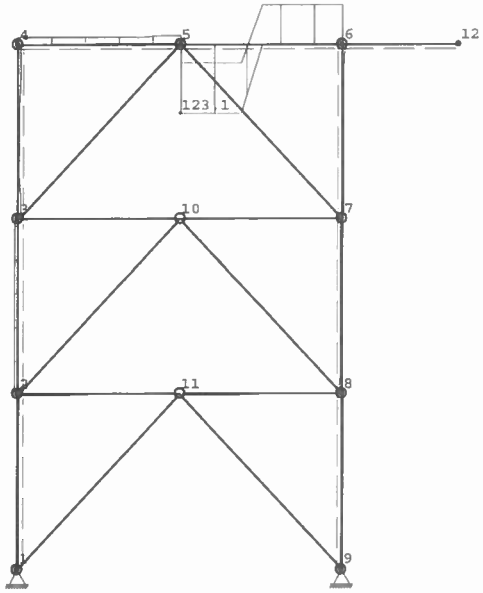
122

max/min-Überlagerung: Überlagerung
Normalkraft N (kN) M 1 : 33



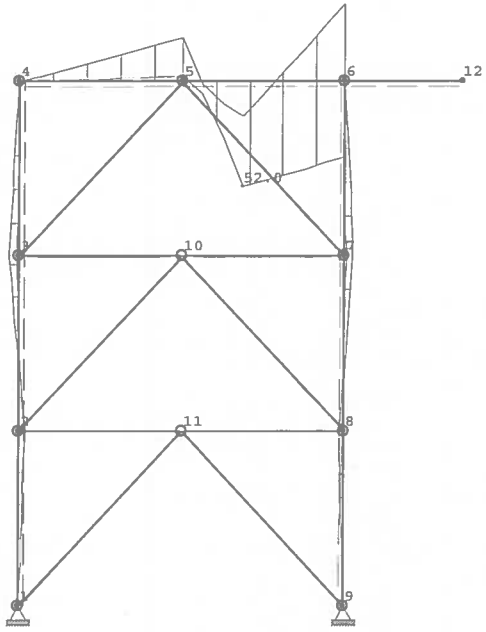
Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG | Bonsiepen 7, 45136 Essen | Tel.: 0201/89670 Fax: 0201/8967-123 | Proj.Nr.:
Projekt: 10_Rohrbrücke | ASB-Nr.: | Datum: 13.12.2019

max/min-Überlagerung: Überlagerung
Querkraft Q (kN) M 1 : 50



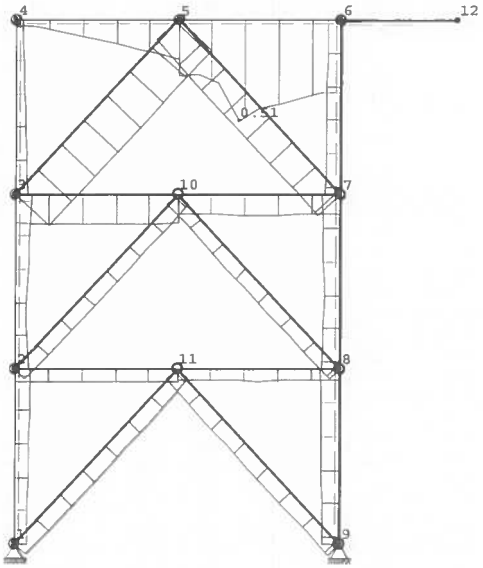
173

max/min-Überlagerung: Überlagerung
Momente M (kNm) M 1 : 50



Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG | Bonsiepen 7, 45136 Essen | Tel.: 0201/89670 Fax: 0201/8967-123 | Proj.Nr.:
Projekt: 10_Rohrbrücke | ASB-Nr.: | Datum: 13.12.2019

max/min-Überlagerung: Überlagerung
Spannungen Eta M 1 : 50



124

Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG
Bonsiepen 7
45136 Essen
Tel.: 0201/89670
Fax: 0201/8967-123

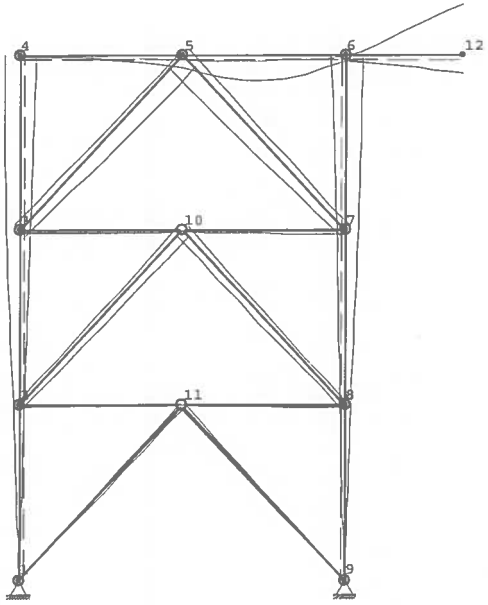
Proj.Nr.:

Projekt: 10_Rohrbrücke

ASB-Nr.:

Datum: 13.12.2019

max/min-Überlagerung: Überlagerung
Verschiebung (cm) M 1 : 50



Position: 12

Block

Seite: 45

Archiv-Nr.

Vorgang:

Position: 12.1 Stütze 1 (Stab 1-3) HEB 360

Stahlstütze STS+ 01/2020 (FRILO R-2020-1/P03)

Grundparameter

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
$\Psi_2 = 0.5$ für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	untereinander mit $\gamma_{G,sup}$ und $\gamma_{G,inf}$

Einstellungen zur Tragsicherheit

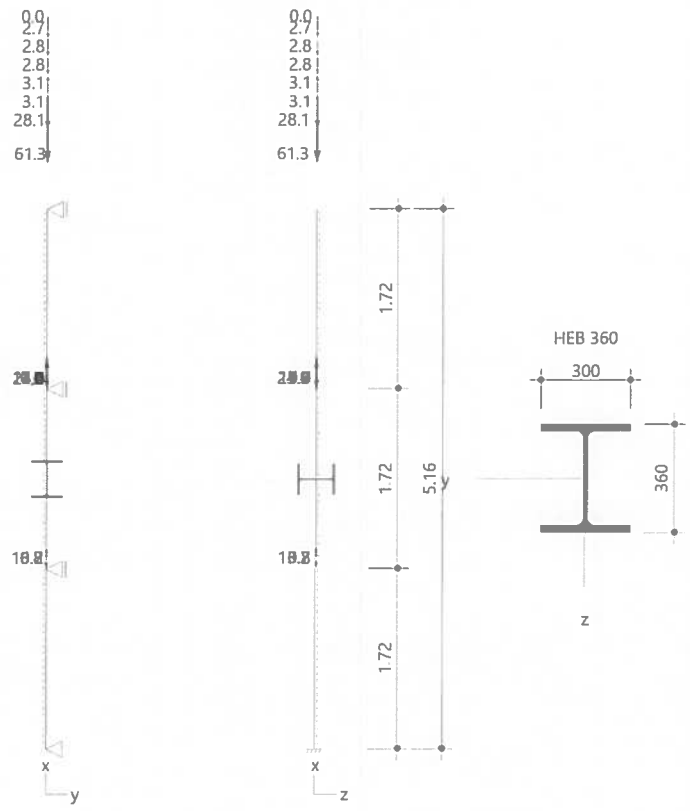
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B

Einstellungen zur Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch	
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	2.0	cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	l_{eff}/ 300	

System Allgemeine Stütze

Stahlrahmen Bereich 3: Stütze 1 Stab 1-2-3
Herausgelöste Stütze HEB 360



Stütze: Höhe = 5.16 m
Seitliche Halterung in y-Richtung : in den Drittelspunkten am Schubmittelpunkt

Material S235

	E_k =	210000	N/mm²	G_k =	80769	N/mm²
	γ =	78.50	kN/m³	μ =	0.30	
Streckgrenze	t ≤	40	mm	f_{yk} =	235.00	N/mm²
Zugfestigkeit	t ≤	40	mm	f_{uk} =	360.00	N/mm²

126

Querschnitt - HEB 360

Profil	h =	360	mm				
Steg (lichte Höhe)	h_1 =	261	mm	s =	13	mm	
Ober- und Untergurt	b =	300	mm	t =	23	mm	
Ausrundung	r =	27	mm				
Fläche	A =	180.6	cm^2				
Statische Werte	I_y =	43190.0	cm^4	W_y =	2400.0	cm^3	
	I_z =	10140.0	cm^4	W_z =	676.0	cm^3	

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	-1	0.0
2	5.16	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0
10	1.72	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0
11	3.44	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Q	ständig/vorübergehend	Windlasten	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00
10	Q	ständig/vorübergehend	Schnee H < 1000 m	1.50	0.00	0.50	0.20	0.00
14	Q	ständig/vorübergehend	sonstige veränderliche Einwirkungen	1.50	0.00	0.80	0.70	0.50

Lasten

Lastarten

Art 14 = Kopflast kN 3 = Einzellast bei a kN
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

Standard-Lastfälle und Lasten

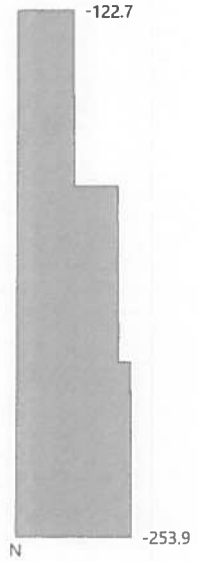
Beschreibung	Nr	Art	in/um	pi	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Pos. 12: LF1 Ständige Lasten	1	14	in x-Richtung	61.3	5.16		-	99		1
Pos. 12: LF1 Ständige Lasten	2	3	in x-Richtung	25.4	3.44		-	99		1
Pos. 12: LF1 Ständige Lasten	3	3	in x-Richtung	0.8	1.72		-	99		1
Pos. 12: LF2 Betrieb max	4	14	in x-Richtung	2.7	5.16		-	14	1	2
Pos. 12: LF2 Betrieb max	5	3	in x-Richtung	-23.9	3.44		-	14	1	2
Pos. 12: LF2 Betrieb max	6	3	in x-Richtung	-13.2	1.72		-	14	1	2
Pos. 12: LF3 Abfahren	7	14	in x-Richtung	-3.1	5.16		-	14	1	3
Pos. 12: LF3 Abfahren	8	3	in x-Richtung	24.6	3.44		-	14	1	3
Pos. 12: LF3 Abfahren	9	3	in x-Richtung	13.2	1.72		-	14	1	3
Pos. 12: LF4 Betrieb min	10	14	in x-Richtung	-3.1	5.16		-	14	1	4
Pos. 12: LF4 Betrieb min	11	3	in x-Richtung	24.6	3.44		-	14	1	4
Pos. 12: LF4 Betrieb min	12	3	in x-Richtung	13.2	1.72		-	14	1	4
Pos. 12: LF5 Wind +X	13	14	in x-Richtung	2.8	5.16		-	9	2	5
Pos. 12: LF5 Wind +X	14	3	in x-Richtung	-4.7	3.44		-	9	2	5
Pos. 12: LF5 Wind +X	15	3	in x-Richtung	-6.7	1.72		-	9	2	5
Pos. 12: LF6 Wind -X	16	14	in x-Richtung	2.8	5.16		-	9	2	6
Pos. 12: LF6 Wind -X	17	3	in x-Richtung	7.0	3.44		-	9	2	6
Pos. 12: LF6 Wind -X	18	3	in x-Richtung	6.7	1.72		-	9	2	6
Pos. 12: LF7 Verkehr Kabelbühne	19	14	in x-Richtung	28.1	5.16		-	14		7
Pos. 12: LF7 Verkehr Kabelbühne	20	3	in x-Richtung	11.3	3.44		-	14		7
Pos. 12: LF8 Schnee	21	14	in x-Richtung	-0.01	5.16		-	10		8

Beschreibung	Nr	Art	in/um	pi	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Pos. 12: LF8 Schnee	22	3	in x-Richtung	0.02	3.44		-	10		8

Ergebnisse

Tragfähigkeit - Lastkombination ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Lfk 66 - Querschnittstragfähigkeit



Schnittgrößen - Lfk 66

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-253.9	0.0	0.00	0.0	0.00
1.72	-250.6	0.0	0.00	0.0	0.00
1.72	-223.7	0.0	0.00	0.0	0.00
3.44	-220.4	0.0	0.00	0.0	0.00
3.44	-125.9	0.0	0.00	0.0	0.00
5.16	-122.7	0.0	0.00	0.0	0.00

127

Querschnittstragfähigkeit elastisch - Lfk 66 - γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,v}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-14.1	0.0	14.1	0.06
1.72	1	-13.9	0.0	13.9	0.06
1.72	1	-12.4	0.0	12.4	0.05
3.44	1	-12.2	0.0	12.2	0.05
3.44	1	-7.0	0.0	7.0	0.03
5.16	1	-6.8	0.0	6.8	0.03

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
0.00	1	253.8	0.00	6.46	0.08	66

Stabilitätsnachweis zentrische Normalkraft (Gl. 6.46)

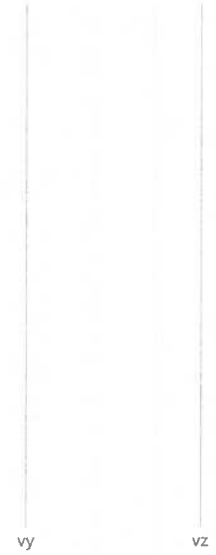
$N_{Ed} / (\chi_y * N_{Rd})$ = **0.08** $N_{Ed} / (\chi_T * N_{Rd})$ = **0.08**

N_{Ed}	=	253.8 kN	N_{Rk}	=	4244.1 kN
s_{ky}	=	8.34 m			
λ_y	=	0.57	λ_T	=	0.57
$N_{cr,y}$	=	12876.7 kN	$N_{cr,T}$	=	14558.2 kN
χ_y	=	0.85	χ_T	=	0.82
γ_{M1}	=	1.10			

Nachweis für Lfk 66 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.46) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Lfk 406 - Verformung



Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 2.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
5.16	-0.02	0.0	0.0	0.02	0.01	406

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-7.3	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 1	99	-87.5	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 2	14	34.4	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 3	14	-34.7	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 4	14	-34.7	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 5	9	8.6	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 6	9	-16.5	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 7	14	-39.4	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 8	10	-0.01	-	-	-	-

128

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Lager	x [m]	Lk	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Lfk 66	-253.9	-	-	-	-

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Last:Faktor]
66	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.35 + 3:1.35 + 10:1.5 + 11:1.5 + 12:1.5 + 16:0.9 + 17:0.9 + 18:0.9 + 19:1.5 + 20:1.5
406	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 10:1.0 + 11:1.0 + 12:1.0 + 16:0.6 + 17:0.6 + 18:0.6 + 19:1.0 + 20:1.0

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.06	0.08	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.01

129

Position: 12.2 Stütze 2 (Stab 7-9) HEB 360

Stahlstütze STS+ 01/2020 (FRILO R-2020-1/P03)

Grundparameter

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	untereinander mit $\gamma_{G,sup}$ und $\gamma_{G,inf}$

Einstellungen zur Tragsicherheit

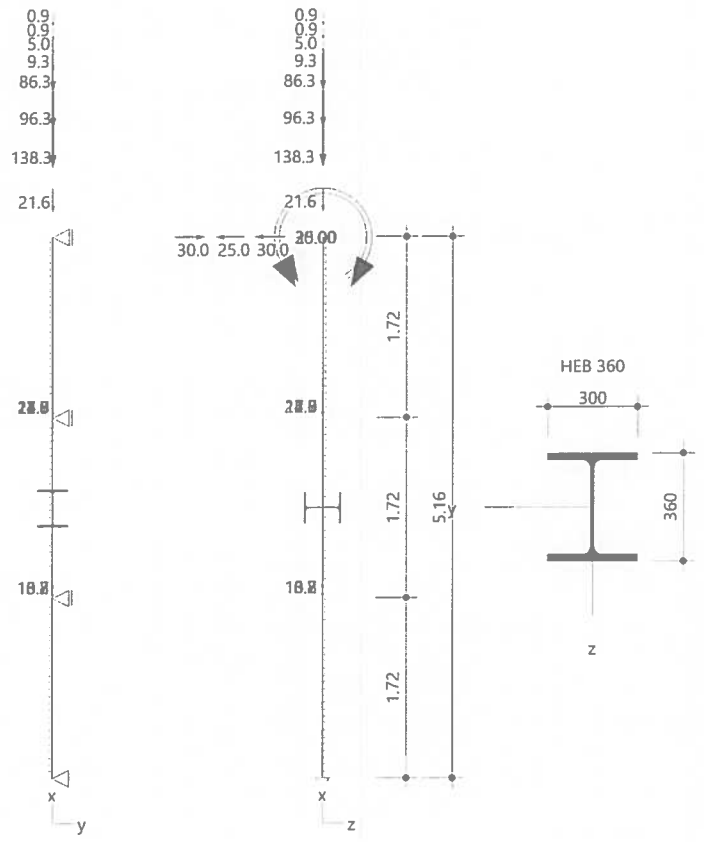
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B

Einstellungen zur Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit		:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim}	=	2.0 cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim}	=	l_{eff}/ 300

System Allgemeine Stütze

Stahlrahmen Bereich 3: Stütze 2 Stab 7-8-9
Herausgelöste Stütze HEB 360



Stütze: Höhe = 5.16 m
Seitliche Halterung in y-Richtung : in den Drittelspunkten am Schubmittelpunkt

Material S235

	E_k	=	210000 N/mm²	G_k	=	80769 N/mm²
	γ	=	78.50 kN/m³	μ	=	0.30
Streckgrenze	t	≤	40 mm	f_{yk}	=	235.00 N/mm²
Zugfestigkeit	t	≤	40 mm	f_{uk}	=	360.00 N/mm²

A30

Querschnitt - HEB 360

Profil	h =	360	mm				
Steg (lichte Höhe)	h_1 =	261	mm	s =	13	mm	
Ober- und Untergurt	b =	300	mm	t =	23	mm	
Ausrundung	r =	27	mm				
Fläche	A =	180.6	cm^2				
Statische Werte	I_y =	43190.0	cm^4	W_y =	2400.0	cm^3	
	I_z =	10140.0	cm^4	W_z =	676.0	cm^3	

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	-1	0.0
2	5.16	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0
10	1.72	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0
11	3.44	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Q	ständig/vorübergehend	Windlasten	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00
10	Q	ständig/vorübergehend	Schnee H < 1000 m	1.50	0.00	0.50	0.20	0.00
14	Q	ständig/vorübergehend	sonstige veränderliche Einwirkungen	1.50	0.00	0.80	0.70	0.50

Lasten

Lastarten

Art 14 = Kopflast kN 3 = Einzellast bei a kN
4 = Einzelmoment bei a kNm
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

Standard-Lastfälle und Lasten

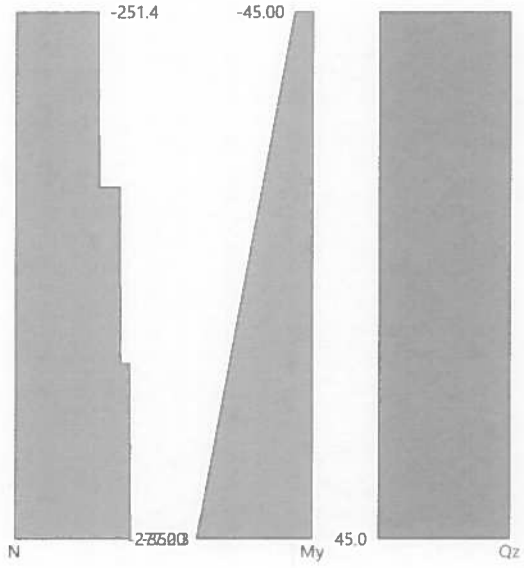
Beschreibung	Nr	Art	in/um	pl	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Pos. 12: LF1 Ständige Lasten	1	14	in x-Richtung	21.6	5.16		-	99		1
Pos. 12: LF1 Ständige Lasten	2	3	in x-Richtung	25.5	3.44		-	99		1
Pos. 12: LF1 Ständige Lasten	3	3	in x-Richtung	0.8	1.72		-	99		1
Pos. 12: LF2 Betrieb max	4	14	in x-Richtung	138.4	5.16		-	14	1	2
Pos. 12: LF2 Betrieb max	5	3	in x-Richtung	2.9	3.44		-	14	1	2
Pos. 12: LF2 Betrieb max	6	3	in x-Richtung	13.2	1.72		-	14	1	2
Betrieb max, Längskraft QX	7	14	in z-Richtung	30.0	5.16		-	14	1	2
Betrieb max, M aus Längskraft QX	8	4	um die y-Achse	-30.00	5.16		-	14	1	2
Pos. 12: LF3 Abfahren	9	14	in x-Richtung	86.3	5.16		-	14	1	3
Pos. 12: LF3 Abfahren	10	3	in x-Richtung	-2.8	3.44		-	14	1	3
Pos. 12: LF3 Abfahren	11	3	in x-Richtung	-13.2	1.72		-	14	1	3
Abfahren, Längskraft QX	12	14	in z-Richtung	-25.0	5.16		-	14	1	3
Abfahren, M aus Längskraft QX	13	4	um die y-Achse	25.00	5.16		-	14	1	3
Pos. 12: LF4 Betrieb min	14	14	in x-Richtung	96.3	5.16		-	14	1	4
Pos. 12: LF4 Betrieb min	15	3	in x-Richtung	-2.8	3.44		-	14	1	4
Pos. 12: LF4 Betrieb min	16	3	in x-Richtung	-13.2	1.72		-	14	1	4
Betrieb min, Längskraft QX	17	14	in z-Richtung	-30.0	5.16		-	14	1	4
Betrieb min, M aus Längskraft QX	18	4	um die y-Achse	30.00	5.16		-	14	1	4
Pos. 12: LF5 Wind +X	19	14	in x-Richtung	0.9	5.16		-	9	2	5
Pos. 12: LF5 Wind +X	20	3	in x-Richtung	7.0	3.44		-	9	2	5

Beschreibung	Nr	Art	in/um	pl	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Pos. 12: LF5 Wind +X	21	3	in x-Richtung	6.7	1.72		-	9	2	5
Pos. 12: LF6 Wind -X	22	14	in x-Richtung	0.9	5.16		-	9	2	6
Pos. 12: LF6 Wind -X	23	3	in x-Richtung	-4.7	3.44		-	9	2	6
Pos. 12: LF6 Wind -X	24	3	in x-Richtung	-6.7	1.72		-	9	2	6
Pos. 12: LF7 Verkehr Kabelbühne	25	14	in x-Richtung	9.3	5.16		-	14		7
Pos. 12: LF7 Verkehr Kabelbühne	26	3	in x-Richtung	11.3	3.44		-	14		7
Pos. 12: LF8 Schnee	27	14	in x-Richtung	5.0	5.16		-	10		8

Ergebnisse

Tragfähigkeit - Lastkombination ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Lfk 54 - Querschnittstragfähigkeit



Schnittgrößen - Lfk 54

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-350.3	45.0	-277.20	0.0	0.00
1.72	-347.0	45.0	-199.80	0.0	0.00
1.72	-320.1	45.0	-199.80	0.0	0.00
3.44	-316.8	45.0	-122.40	0.0	0.00
3.44	-254.7	45.0	-122.40	0.0	0.00
5.16	-251.4	45.0	-45.00	0.0	0.00

131

Querschnittstragfähigkeit elastisch - Lfk 54 - γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-134.9	11.0	135.0	0.57
1.72	1	-102.5	11.0	102.6	0.44
1.72	1	-101.0	11.0	101.1	0.43
3.44	1	-68.6	11.0	68.7	0.29
3.44	1	-65.1	11.0	65.3	0.28
5.16	1	-32.7	11.0	33.0	0.14

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
0.00	1	350.2	277.20	6.62	0.49	54

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.61)

$N_{Ed} / (\chi_y * N_{Rd}) + k_{yy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{yz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.45**

N_{Ed} =	350.2 kN		N_{Rk} =	4244.1 kN	
$N_{cr,y}$ =	10487.2 kN				
s_{ky} =	9.24 m				
λ_y =	0.64				
χ_y =	0.82				
k_{yy} =	0.70		k_{yz} =	0.00	
$M_{y,Ed}$ =	277.20 kNm		$M_{z,Ed}$ =	0.00 kNm	
M_{cr} =	20131.31 kNm				
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	631.80 kNm		$M_{z,Rk}$ =	242.78 kNm	
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 54 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.61) erfüllt.

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.62)

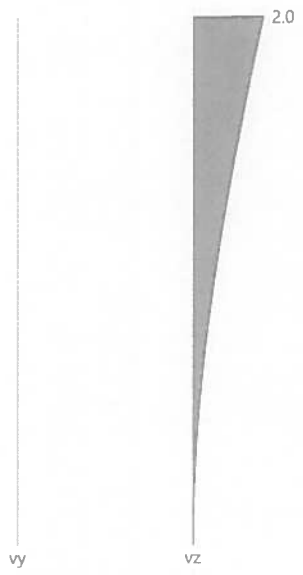
$N_{Ed} / (\chi_z * N_{Rd}) + k_{zy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{zz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.49**

N_{Ed} =	350.2 kN		N_{Rk} =	4244.1 kN	
$N_{cr,z}$ =	79056.2 kN				
s_{kz} =	1.63 m				
λ_z =	0.23				
χ_z =	0.98				
k_{zy} =	0.83		k_{zz} =	0.00	
$M_{y,Ed}$ =	277.20 kNm		$M_{z,Ed}$ =	0.00 kNm	
M_{cr} =	20131.31 kNm				
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	631.80 kNm		$M_{z,Rk}$ =	242.78 kNm	
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 54 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.62) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Lfk 394 - Verformung



Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 2.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
5.16	-0.03	0.0	2.0	2.0	0.98	394

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
2.17	5.16	0.00	5.16	0.4	1.7	0.23	347

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-7.3	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 1	99	-47.9	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 2	14	-154.4	30.0	-184.80	-	-
		Lasten mit Zus 3	14	-70.3	-25.0	154.00	-	-
		Lasten mit Zus 4	14	-80.3	-30.0	184.80	-	-
		Lasten mit Zus 5	9	-14.6	-	-	-	-

132

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
		Lasten mit Zus 6	9	10.5	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 7	14	-20.7	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 8	10	-5.0	-	-	-	-

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Lager	x [m]	Lk	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Lfk 54	-350.3	45.0	-277.20	-	-
		Lfk 7	-340.9	45.0	-277.20	-	-
		Lfk 19	-229.7	-45.0	277.20	-	-

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Last:Faktor]
54	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.35 + 3:1.35 + 4:1.5 + 5:1.5 + 6:1.5 + 7:1.5 + 8:1.5 + 19:0.9 + 20:0.9 + 21:0.9 + 25:1.5 + 26:1.5
394	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 4:1.0 + 5:1.0 + 6:1.0 + 7:1.0 + 8:1.0 + 19:0.6 + 20:0.6 + 21:0.6 + 25:1.0 + 26:1.0
347	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 4:1.0 + 5:1.0 + 6:1.0 + 7:1.0 + 8:1.0 + 25:1.0 + 26:1.0 + 27:0.5
7	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.35 + 3:1.35 + 4:1.5 + 5:1.5 + 6:1.5 + 7:1.5 + 8:1.5 + 25:1.5 + 26:1.5 + 27:0.75
19	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.35 + 3:1.35 + 14:1.5 + 15:1.5 + 16:1.5 + 17:1.5 + 18:1.5 + 25:1.5 + 26:1.5 + 27:0.75

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.57	0.49	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.98

Position: 12.3 Stabilität Diagonale HEA 120

Stabilitätsnachweis STX+ 01/20 (FRILO R-2020-1/P03)

Grundparameter

Einstellungen zur Tragsicherheit

Querschnittsbemessung : elastisch
Stabilitätsnachweis nach : 6.3.3 - Anhang B

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm : DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik : DIN EN 1990/NA:2010-12

System

Stahlrahmen Bereich 3: Diagonale Stab 14

Maßstab 1 : 25

Trägerlänge : 2.50 m

Material S235

	E_k =	210000 N/mm²	G_k =	80769 N/mm²	
	γ =	78.50 kN/m³	μ =	0.30	
Streckgrenze	t ≤	40 mm	f_{yk} =	235.00 N/mm²	
	t ≤	80 mm	f_{yk} =	215.00 N/mm²	
Zugfestigkeit	t ≤	40 mm	f_{uk} =	360.00 N/mm²	
	t ≤	80 mm	f_{uk} =	360.00 N/mm²	

Querschnitt - HEA 120

Profil	h =	114 mm			
Steg (lichte Höhe)	h_1 =	74 mm	s =	5 mm	
Ober- und Untergurt	b =	120 mm	t =	8 mm	
Ausrundung	r =	12 mm			
Fläche	A =	25.3 cm²			
Statische Werte	I_y =	606.0 cm⁴	W_y =	106.0 cm³	
	I_z =	231.0 cm⁴	W_z =	38.5 cm³	

Lagerbedingungen - Verschiebungen,Verdrehungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	2.50	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Schnittgrößen

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.13	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.26	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.39	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.53	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.63	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.66	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.79	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.92	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.05	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.18	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.25	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.32	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.45	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.58	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.71	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.84	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.88	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.97	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
2.11	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
2.24	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
2.37	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00
2.50	-135.0	0.0	0.00	0.0	0.00

Ergebnisse

Stabilitätsnachweis zentrische Normalkraft (Gl. 6.46)

$N_{Ed} / (\chi_T * N_{Rd})$ = **0.30** $N_{Ed} / (\chi_T * N_{Rd})$ = **0.41**

N_{Ed} =	135.0 kN		N_{Rk} =	594.6 kN	
λ_T =	0.53		λ_T =	0.88	
$N_{cr,T}$ =	2111.1 kN		$N_{cr,T}$ =	766.0 kN	
χ_T =	0.83		χ_T =	0.61	
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis bei x = 0.00 m nach Gl. (6.46) erfüllt.

Tragsicherheitsnachweis nach Abschnitt 6.1

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,v}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-53.4	0.0	53.4	0.23
2.50	1	-53.4	0.0	53.4	0.23

134

Bemessung Fußplatte und Verankerung Stütze

aus POSITION 12

Stütze 1 (Stoß 1-2-3), Knoten 1

Betrieb max: $N_{Ed} = 32{,}21$ kN, $H_{x,d} = 30{,}02$ kN } Pos 12 (LF 2,5,1)

Betrieb min: $N_{Ed} = 296{,}51$ kN, $H_{x,d} = -29{,}12$ kN } Pos 12 (LF 4,6,1,7)

Stütze 2 (Stoß 7-8-9), Knoten 9

Betrieb max: $N_{Ed} = 399{,}46$ kN, $H_{x,d} = 29{,}85$ kN } Pos 12 (LF 2,5,1,7,8)

$H_{y,d} = 45$ kN, $M_{x,d} = 277{,}20$ kNm } Q_x/M aus Rohrstatik

Betrieb min: $N_{Ed} = 186{,}73$ kN, $H_{x,d} = -31{,}12$ kN } Pos 12 (LF 4,6,1,7,8)

$H_{y,d} = -45$ kN, $M_{x,d} = -277{,}20$ kNm } Q_x/M aus Rohrstatik

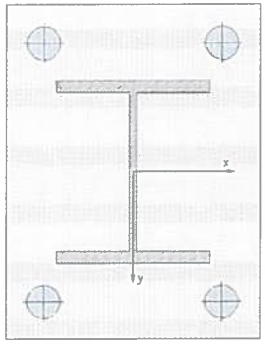
POS. 12.4: STÜTZE 1 (1-2-3) + 2 (7-8-9)

4H-EC3FP Version: 6/2013-2d

Stahlstützenfuß mit Fußplatte

Stahlnachweise nach DIN EN 1993-1:2010-12 mit NA-Deutschland

Draufsicht Fußplatte
Maßstab 1:10



Stützenquerschnitt
genormtes Profil: HE360B, der Güte S235

Fußplatte
b_x = 500 mm b_y = 660 mm t_F = 50 mm, der Güte S235

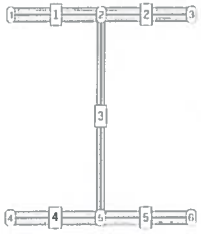
Mörtelfuge
t_F = 60 mm

Untergrund/Bettung
Entsprechend des Betons C35/45

Anker
4 Anker, FK 8.8, M36, ohne Schaft
mit einer Länge von 520 mm
Randabstände a_x/a_y = 75/75 mm

Seite 96
60 mm

Querschnittsbeschreibung des Stützenprofils (HE360B)



Knotenkoordinaten

Nr.	x mm	y mm
1	-150.0	-168.8
2	0.0	-168.8
3	150.0	-168.8
4	-150.0	168.8
5	0.0	168.8
6	150.0	168.8

Linienelemente

Nr.	KnoA	KnoE	Dicke mm
1	1	2	22.5
2	3	2	22.5
3	2	5	12.5
4	4	5	22.5
5	6	5	22.5

1. Belastung

1.1. Bemessungswerte der Stützenlast

Angriffspunkt im Schwerpunkt der Stütze

LK	Bezeichnung.	Bemessungssit.	$N_{St,d}$ kN	$H_{x,St,d}$ kN	$H_{y,St,d}$ kN	$M_{x,St,d}$ kNm	$M_{y,St,d}$ kNm
1	Stütze 1 Betrieb max	ständig	32.21	30.02	0.00	0.00	0.00
2	Stütze 1 Betrieb min	ständig	296.51	-29.12	0.00	0.00	0.00
3	Stütze 2 Betrieb max	ständig	399.46	29.85	45.00	277.20	0.00
4	Stütze 2 Betrieb min	ständig	186.73	-31.12	-45.00	-277.20	0.00

2. Nachweis

2.1. Materialsicherheitsbeiwerte

Bemessungssit.	γ_{M0}	γ_{M2}	γ_c
ständig	1.00	1.25	1.50

2.2. Schweißnaht zwischen Stützenschaft und Fußplatte

Bemessung nach dem richtungsbezogenen Verfahren entsprechend Abschnitt 4.5.3.2

$\sigma_{V,w,Ed} = (\sigma_\perp^2 + 3\,\tau_\perp^2 + 3\,\tau_\parallel^2)^{0.5}$,
$f_{1,w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2})$
$f_{2,w,Rd} = 0.9\, f_u/\gamma_{M2}$
$U = \max\{\, \sigma_{V,w,Ed}/f_{1,w,Rd},\ \sigma_\perp/f_{2,w,Rd} \,\}$

Die Verbindung wird mit einer Doppelkehlnaht voll ausgeführt (keine Endkrater).
Die Schweißnahtdicke beträgt am Flansch 8 mm und am Steg 8 mm.
Die Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

Mindestwert der Schweißnahtdicke a_{min} = 7.0 < 8.0 mm

LK	$\sigma_\perp$ kN/cm²	$\tau_\perp$ kN/cm²	$\tau_\parallel$ kN/cm²	$\sigma_{V,w,Ed}$ kN/cm²	$f_{1,w,Rd}$ kN/cm²	$f_{2,w,Rd}$ kN/cm²	Maßgeb.	U
1	-0.18	-0.18	-0.35	0.71	36.00	25.92	Flansch	0.02
2	-1.65	-1.65	0.34	3.35	36.00	25.92	Flansch	0.09
3	-15.20	-15.20	-0.35	30.40	36.00	25.92	Flansch	0.84
4	-14.01	-14.01	0.36	28.04	36.00	25.92	Flansch	0.78

Maximale Ausnutzung U = 0.84 < 1.00

a_w - Schweißnahtdicke $\sigma_\perp$ - Normalspannungen senkrecht zur Naht $\tau_\perp$ - Schubspannungen senkrecht zur Naht
$\tau_\parallel$ - Schubspannungen parallel zur Naht U - Ausnutzung

2.3. FE-Berechnung

Die Berechnung der Pressungen unter der Fußplatte und der maßgebenden Schnittgrößen in der Fußplatte erfolgt durch eine FEM-Berechnung mit Steifeziffervorfahren. Die Anfangsbettung der Platte ergibt sich aus dem E-Modul des Betons unter der Fußplatte. Für die Flächenbettung gilt Zugfederausschaltung. Die Anker werden durch Punktfedern berücksichtigt, die nur auf Zug wirken.

Die Platte wird in 37 Elemente in X-Richtung und 45 Elemente in Y-Richtung eingeteilt.
Die Betonpressung wird begrenzt auf die zulässige Teilflächenpressung mit $\lim \sigma_{c,d} = f_{Rd,u}$.
Die Ersatzfeder für die Anker wird angesetzt mit c = E·A/l = 3297.81 kN/cm.

2.3.1. Spannungen in der Fußplatte (Elast.-Elast.)

Schnittgrößen

LK	x_{Fp} cm	y_{Fp} cm	m_{xx} kNcm/cm	m_{yy} kNcm/cm	m_{xy} kNcm/cm	v_x kN/cm	v_y kN/cm
1	8.8	50.6	0.03	0.01	-0.02	0.01	0.01
2	8.8	15.4	0.26	0.18	-0.22	0.05	0.06
3	25.0	13.9	0.56	3.48	-0.88	0.25	1.04
4	25.0	52.1	6.07	5.53	-6.41	2.70	-1.34

Spannungen und Ausnutzungen

$\sigma_V = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\,(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2))^{0.5}$
$\sigma_{Rd} = f_y/\gamma_{M0}$
$\tau_{Rd} = f_y/(3^{0.5}\gamma_{M0})$
$U = \max\{\, \sigma_1/\sigma_{Rd};\ \tau_1/\tau_{Rd};\ \sigma_V/\sigma_{Rd} \,\}$

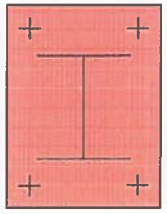
LK	x_{Fp} cm	y_{Fp} cm	σ_1 kN/cm²	τ_1 kN/cm²	σ_V kN/cm²	σ_{Rd} kN/cm²	τ_{Rd} kN/cm²	U
1	8.8	50.6	0.10	0.01	0.09	21.50	12.41	0.00
2	8.8	15.4	0.95	0.10	0.87	21.50	12.41	0.04
3	25.0	13.9	16.77	5.11	14.64	21.50	12.41	0.78
4	25.0	52.1	17.91	5.48	15.64	21.50	12.41	0.83

Maximale Ausnutzung U = 0.83 < 1.00

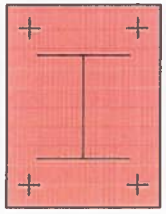
x_{Fp}/y_{Fp} - Koordinaten auf der Fußplatte m_{xx}/m_{yy} - Momente m_{xy} - Drillmoment v_x/v_y - Querkraft
σ_1 - Hauptnormalspannung τ_1 - Hauptschubspannung σ_V - Vergleichsspannung σ_{Rd} - Grenznormalspannung
U - Ausnutzung

Spannungsverteilung - σv [kN/cm²]

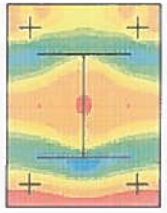
LK 1



LK 2

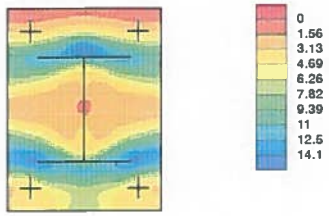


LK 3



136

LK 4 (max σV)



2.3.2. Betonpressung unter der Fußplatte

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c$
$U_{fjd} = \sigma_{c,m}/f_{jd}$
$U_{A,Druck}$ = vorh ($A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$) / zul ($A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$)

Bemessungswert der Beton- bzw. Mörtelfestigkeit unter Lagerpressung: $f_{jd} = 1.0 \cdot f_{cd}$

Nachweis nur bei Pressungsflächen größer als 5% der Plattenfläeche (A_{Druck} > 165.0 cm²)

Beschränkung für stark belastete Pressungsbereiche:
Das zulässige Verhältnis der Fläche mit Betonpressungen größer als der Bemessungswert ($A_{\sigma c>fjd}$) zur gesamten Druckfläche (A_{Druck}) beträgt: zul ($A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$) = 5%

LK	lim $\sigma_{c,d}$ kN/cm²	A_{Druck} cm²	F_{Druck} kN	$A_{\sigma c>fjd}$ cm²	$\sigma_{c,max}$ kN/cm²	$\sigma_{c,m}$ kN/cm²	f_{jd} kN/cm²	U_{fjd} -	$A_{\sigma c>fjd}$ / A_{Druck} %
1	5.95	3300.0	32.21	-	0.03	0.010	1.98	0.00	0.00
2	5.95	3300.0	296.51	-	0.29	0.090	1.98	0.05	0.00
3	5.95	1135.7	793.19	25.8	2.40	0.698	1.98	0.35	2.27
4	5.95	1050.5	660.70	2.0	2.05	0.629	1.98	0.32	0.19

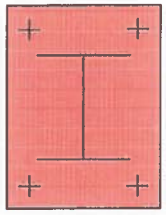
Maximale Ausnutzung U_{fjd} = 0.35 < 1.00

Maximaler Anteil der Druckfläche mit $\sigma_c > f_{jd}$: $A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$ = 2.27 < 5.00 %
Zugehörige Ausnutzung $U_{A,Druck}$ = 0.45 < 1.00

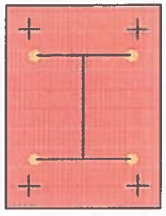
A_{Druck} - Fläche mit Betonpressungen F_{Druck} - Res. Druckkraft auf den Beton $\sigma_{c,max}$ - maximale Betonpressung
$\sigma_{c,m}$ - mittlere Betonpressung U_{fjd} - Ausnutzung mittl. Lagerpressung
$U_{A,Druck}$ - Ausnutzung der zul. Pressungsfläche mit $\sigma_c > f_{jd}$

Pressungsverteilung [kN/cm²]

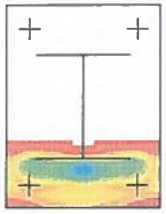
LK 1 (max A_{Druck})



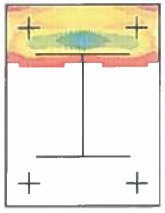
LK 2



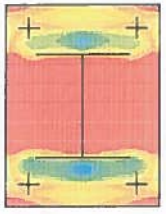
LK 3 (max $\sigma_{c,m}$)

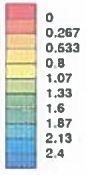


LK 4



Extremale Pressungen





2.3.3. Ankerzugkräfte

$F_{t,Rd} = k2 \cdot f_{ub} \cdot A_s/\gamma_{M2}$
$U = F_{t,Ed,max}/F_{t,Rd}$

Spannungsquerschnitt für M36: A_s = 8.17 cm²
Es werden keine Senkschrauben verwendet: k2 = 0.90

Nummerierung

LK	$F_{t,Ed,1}$ kN	$F_{t,Ed,2}$ kN	$F_{t,Ed,3}$ kN	$F_{t,Ed,4}$ kN	$F_{t,Rd}$ kN	U_{max} -
1	---	---	---	---	470.36	0.00
2	---	---	---	---	470.36	0.00
3	196.87	196.87	---	---	470.36	0.42
4	---	---	236.99	236.99	470.36	0.50

Maximale Ausnutzung U = 0.50 < 1.00

f_{ub} - Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffes $F_{t,Ed,i}$ - Zugkraft des Ankers $F_{t,Rd}$ - Grenzzugkraft der Anker
U_{max} - max. Ausnutzung

2.4. Nachweis der Schubeinleitung

Der Nachweis der Schubeinleitung wird im Rahmen dieser Berechnung nicht geführt.

3. Zusammenfassung

Alle geführten Nachweise und Bemessungen konnten erfolgreich durchgeführt werden.

Maximale Ausnutzungen bei den einzelnen Nachweisen	
Schweißnaht zwischen Stütze und Fußplatte	84%
Spannungen in der Fußplatte	83%
Pressungen unter der Fußplatte	35%
Zul. Pressungsfläche mit $\sigma_c > f_{jd}$	45%
Ankerzugkräfte	50%

137

Aufsteller:
Firma: Dahlem Beratende Ingenieure
Adresse: Bonsiepen 7 45136 Essen
Tel.: 0201/89670
E-Mail:
Name:

Projekt:
Bezeichnung: KW Rosental - Rohrbrücke, Bereich 3
Lage: Auflager C (87), D (91)
Ansprechpartner:
Anmerkungen:
Angewendete Norm: EN Eurocodes + NA of Germany
Einheiten: SI

Die Bemessung gilt ausschliesslich für das ausgewählte Peikko Produkt. Tragfähigkeiten von scheinbar gleichwertigen Fremdprodukten können abweichen. Für alternative Produkte kann der Anbieter der Software keine Haftung übernehmen.

Zusammenfassung

Name	Bemessungssituation	#	Lastfall:	Seite Nr.	Maximale Ausnutzung	Status
Stütze 1	Endzustand	1	Stütze 1 Betrieb max	4	22%	OK
	Endzustand	2	Stütze 1 Betrieb min	6	4%	OK
	Endzustand	3	Stütze 2 Betrieb max	8	50%	OK
	Endzustand	4	Stütze 2 Betrieb min	10	63%	OK

Stütze 1

Anmerkung:

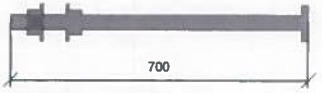
Anzahl der Stützen: 1

Peikko Produkte

Bolzen: 4 x HPM39L

Summe

Produkt	Anzahl
HPM39L	4

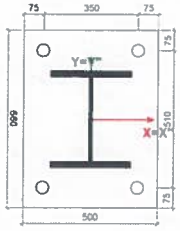


Minimalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes : T_{min} = 350 Nm
Maximalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes : T_{max} = 1000 Nm
Einbauschablone: PPL39-4 350x510 oder PPK39-4 350x510

Material und Geometrie
Stütze: 300x360

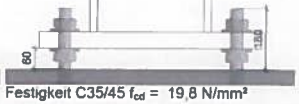
f_{cd}= 17 N/mm²

Schnitt



Ansicht X"-Richtung

Ansicht Y"-Richtung



Fuge:

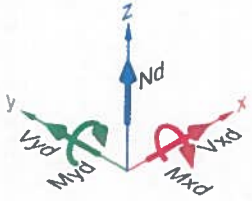
Dicke: 60 mm

Festigkeit C35/45 f_{cd} = 19,8 N/mm²

X; Y = lokales Koordinatensystem des Anschlussprofils
X"; Y" = lokales System der Anker

Lastfälle Beachte:Lasten werden im lokalen Koordinatensystem des Profils definiert.

(Bemessungswerte)



Endzustand

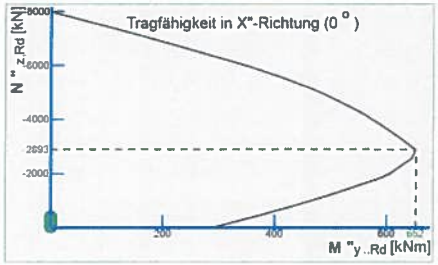
#	Name	N_d [kN]	M_{xd} [kNm]	M_{yd} [kNm]	V_{xd} [kN]	V_{yd} [kN]
1	Stütze 1 Betrieb max	-32,2	0,0	0,0	30,0	0,0
2	Stütze 1 Betrieb min	-296,5	0,0	0,0	-29,2	0,0
3	Stütze 2 Betrieb max	-399,5	277,2	0,0	29,9	-45,0
4	Stütze 2 Betrieb min	-186,7	-277,2	0,0	-31,1	45,0

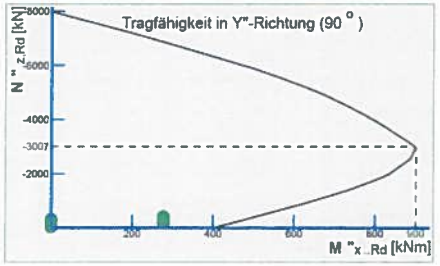
Montagezustand

Kein Lastfall definiert

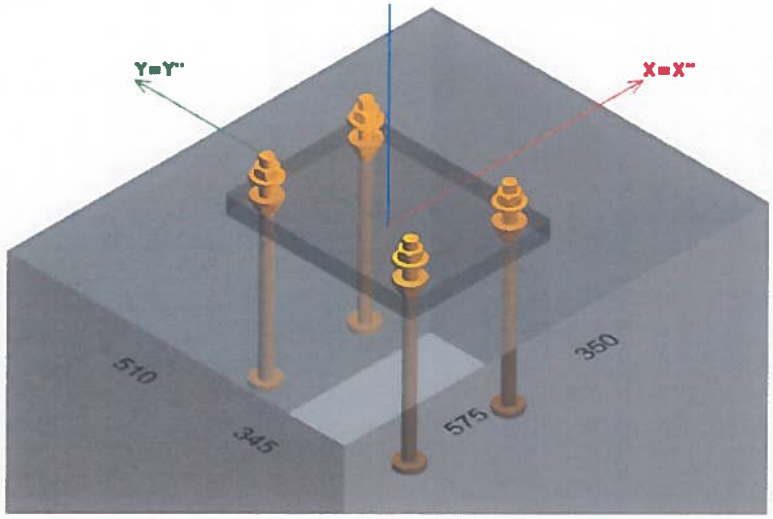
Tragfähigkeitsdiagramm

138





Betonkörper



Beton	C35/45
Ungerissen	Nein
Größtkorndurchmesser	32 mm
Fundamentabmessung in Richtung X-Achse (b)	1500 mm
Fundamentabmessung in Richtung Y-Achse (h)	1200 mm
Höhe des Fundamentes	1000 mm
Außermittigkeit der geschraubten Stütze (e_x)	0 mm
Außermittigkeit der geschraubten Stütze (e_y)	0 mm

Nachweis der Bolzentragfähigkeit

Endzustand Bolzen

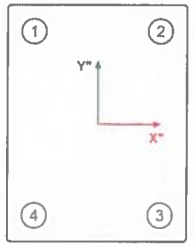
Lastfall: #1 : Stütze 1 Betrieb max : Nd=-32,2, Mxd=0,0, Myd=0,0, Vxd=30,0, Vyd=0,0

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-32,21	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	6,44	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	30,02	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	23,58	kN

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(0,1/0,1)



Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	-0,868	383,4	0,2	5,89	124,5	4,7	n/r
2	-0,870	383,4	0,2	5,89	124,5	4,7	n/r
3	-0,869	383,4	0,2	5,89	124,5	4,7	n/r
4	-0,867	383,4	0,2	5,89	124,5	4,7	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	0,0	0,0	0,0	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	0,0	0,0	n/r	
2)Rückhängebewehrung	0,0	407,2	0,0	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	27,3	174,8	15,6	
Spalten				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1)Fundament	0,0	0,0	n/r	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	0,0	1748,4	n/r	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	0,0	1923,2	n/r	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	23,6	568,3	4,1	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	0,0	0,0	n/r	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	23,6	106,5	22,1	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	23,6	361,4	6,5	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	23,6	361,4	6,5	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	0,0	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	14,3	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	6,2	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	6,2	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_V \leq 1$		22,1	Ok

139

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	1378,4 [kN]	h'_{ef}	n/a [mm]	h'_{ef}	n/a [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	5105,1 [mm²]	h_{ef}	n/a [mm]	h_{ef}	n/a [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	h	n/a [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	k_{cr}	n/a	$s'_{cr,sp}$	n/a [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	918,9 [kN]	$s'_{cr,N}$	n/a [mm]	$c'_{cr,sp}$	n/a [mm]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	0,0 [kN]	$c'_{cr,N}$	n/a [mm]	$A0_{c,sp}$	n/a [mm²]	n	n/a
		$S_{min,N}$	n/a [mm]	$A_{c,sp}$	n/a [mm²]	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$C_{min,N}$	n/a [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	n/a	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	n/a [mm²]	e_N	n/a	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$A_{c,N}$	n/a [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	n/a	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	n/a	$\Psi_{s,sp}$	n/a	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		e_N	n/a	$\Psi_{h,sp}$	n/a	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	n/a [kN]	$N_{0Rkc,c}$	n/a [kN]	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$N_{Rd,c}$	n/a [kN]	$N_{Rd,sp}$	n/a [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	n/a [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	1800000 [mm²]	l_f	320,0 [mm]
$A0_{c,N}$	2268036 [mm²]	c_1	666,7 [mm]
$c_{cr,N}$	753,0 [mm]	$A_{c,V}$	0 [mm²]
$s_{cr,N}$	1506,0 [mm]	$A0_{c,V}$	2000000 [mm²]
h_{ef}	n/a [mm]	$\Psi_{s,V}$	0,80
k_3	2,0	$\Psi_{h,V}$	1,00
$N0_{rk,c}$	641,33 [kN]	$\Psi_{a,V}$	1,00
$\gamma_{m,c,p}$	1,50	$\Psi_{ec,V}$	1,00
$V_{Rd,cp}$	568,3 [kN]	$\Psi_{re,V}$	1,00
$V_{S,d}$	23,6 [kN]	$V0_{Rk,c}$	331,4 [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50
		$V_{Rd,c}$	106,5 [kN]
		Vg_{Ed}	23,6 [kN]

Begründung:

n/r - Nachweis nicht erforderlich

n/a - Nicht maßgebende Versagensart

(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

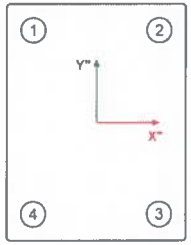
Lastfall: #2 : Stütze 1 Betrieb min : Nd=-296,5, Mxd=0,0, Myd=0,0, Vxd=-29,2, Vyd=0,0

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-296,51	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	59,3	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	29,21	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	0	kN

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{ac}(0,0/0,0)



Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	-8,06	383,4	2,1	0,0	124,5	0,0	n/r
2	-8,06	383,4	2,1	0,0	124,5	0,0	n/r
3	-8,06	383,4	2,1	0,0	124,5	0,0	n/r
4	-8,06	383,4	2,1	0,0	124,5	0,0	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	0,0	0,0	0,0	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	0,0	0,0	n/r	
2)Rückhängebewehrung	0,0	407,2	0,0	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	27,3	174,8	15,6	
Spalten				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1)Fundament	0,0	0,0	n/r	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	0,0	1748,4	n/r	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	0,0	1923,2	n/r	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	0,0	0,0	n/r	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	0,0	0,0	n/r	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	0,0	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	0,0	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	0,0	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	0,0	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N \leq 1$		0,0	Ok

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	1378,4 [kN]	h'_{ef}	n/a [mm]	h'_{ef}	n/a [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	5105,1 [mm²]	h_{ef}	n/a [mm]	h_{ef}	n/a [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	h	n/a [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	k_{cr}	n/a	$s'_{cr,sp}$	n/a [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	918,9 [kN]	$s'_{cr,N}$	n/a [mm]	$c'_{cr,sp}$	n/a [mm]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	0,0 [kN]	$c'_{cr,N}$	n/a [mm]	$A0_{c,sp}$	n/a [mm²]	n	n/a
		$S_{min,N}$	n/a [mm]	$A_{c,sp}$	n/a [mm²]	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$C_{min,N}$	n/a [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	n/a	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	n/a [mm²]	e_N	n/a	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$A_{c,N}$	n/a [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	n/a	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	n/a	$\Psi_{s,sp}$	n/a	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		e_N	n/a	$\Psi_{h,sp}$	n/a	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	n/a [kN]	$N_{0Rkc,c}$	n/a [kN]	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$N_{0Rkc,c}$	n/a [kN]	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$N_{Rd,sp}$	n/a [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$N_{Rd,c}$	n/a [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	n/a [kN]				

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	n/a [mm²]	l_f	n/a [mm]
$A0_{c,N}$	n/a [mm²]	c_1	n/a [mm]
$c_{cr,N}$	n/a [mm]	$A_{c,V}$	n/a [mm²]
$s_{cr,N}$	n/a [mm]	$A0_{c,V}$	n/a [mm²]
h_{ef}	n/a [mm]	$\Psi_{s,V}$	n/a
k_3	n/a	$\Psi_{h,V}$	n/a
$N0_{rk,c}$	n/a [kN]	$\Psi_{a,V}$	n/a
$\gamma_{m,c,p}$	n/a	$\Psi_{ec,V}$	n/a
$V_{Rd,cp}$	n/a [kN]	$\Psi_{re,V}$	n/a
$V_{S,d}$	n/a [kN]	$V0_{Rk,c}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	n/a
		$V_{Rd,c}$	n/a [kN]
		Vg_{Ed}	n/a [kN]

Begründung:

n/r - Nachweis nicht erforderlich

n/a - Nicht maßgebende Versagensart

(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

Lastfall: #3 : Stütze 2 Betrieb max : Nd=-399,5, Mxd=277,2, Myd=0,0, Vxd=29,9, Vyd=-45,0

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

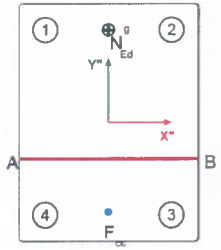
Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-399,46	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	79,89	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	54	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	0	kN

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-250,0 / -98,7); B(250,0 / -98,7)

Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N^{0}_{Ed}(0,0/255,0)

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(0,0/-247,6)



Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	176,3	351,4	50,2	0,0	124,5	0,0	n/r
2	176,3	351,4	50,2	0,0	124,5	0,0	n/r
3	-77,9	351,4	22,2	0,0	124,5	0,0	n/r
4	-77,9	351,4	22,2	0,0	124,5	0,0	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	176,3	918,9	19,2	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	352,6	262,0	134,6	
2)Rückhängebewehrung	176,3	407,2	43,3	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	27,3	174,8	n/r	
Spalten				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	352,6	261,3	135,0	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	176,3	1680,9	11,0	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	176,3	1923,2	9,0	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	0,0	0,0	n/r	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	0,0	0,0	n/r	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	0,0	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	0,0	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	0,0	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	0,0	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N \leq 1$		19,2	Ok

144

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	1378,4 [kN]	h'_{ef}	383,3 [mm]	h'_{ef}	383,3 [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	5105,1 [mm²]	h_{ef}	502,0 [mm]	h_{ef}	502,0 [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	h	1000,0 [mm]	h	1000,0 [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	$s'_{cr,sp}$	1149,9 [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	918,9 [kN]	k_{cr}	8,5	$c'_{cr,sp}$	575,0 [mm]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	176,3 [kN]	$s'_{cr,N}$	1149,9 [mm]	$A0_{c,sp}$	1322500 [mm²]	n	n/a
		$c'_{cr,N}$	575,0 [mm]	$A_{c,sp}$	1380000 [mm²]	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$S_{min,N}$	350,0 [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	1,00	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$C_{min,N}$	345,0 [mm]	e_N	0,00	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$A0_{c,N}$	1322500 [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	1,00	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		$A_{c,N}$	1380000 [mm²]	$\Psi_{s,sp}$	0,88	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	1,00	$\Psi_{h,sp}$	1,00	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		e_N	0,00	$N_{0Rkc,c}$	427,95 [kN]	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$N_{0Rkc,c}$	427,95 [kN]	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$N_{Rd,sp}$	261,3 [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$N_{Rd,c}$	262,0 [kN]	$Ng_{E,d}$	352,6 [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	352,6 [kN]				

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	n/a [mm²]	l_f	n/a [mm]
$A0_{c,N}$	n/a [mm²]	c_1	n/a [mm]
$c_{cr,N}$	n/a [mm]	$A_{c,V}$	n/a [mm²]
$s_{cr,N}$	n/a [mm]	$A0_{c,V}$	n/a [mm²]
h_{ef}	502,0 [mm]	$\Psi_{s,V}$	n/a
k_3	n/a	$\Psi_{h,V}$	n/a
$N0_{rk,c}$	n/a [kN]	$\Psi_{a,V}$	n/a
$\gamma_{m,c,p}$	n/a	$\Psi_{ec,V}$	n/a
$V_{Rd,cp}$	n/a [kN]	$\Psi_{re,V}$	n/a
$V_{S,d}$	n/a [kN]	$V0_{Rk,c}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	n/a
		$V_{Rd,c}$	n/a [kN]
		Vg_{Ed}	n/a [kN]

Begründung:

n/r - Nachweis nicht erforderlich

n/a - Nicht maßgebende Versagensart

(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

Lastfall: #4 : Stütze 2 Betrieb min : Nd=-186,7, Mxd=-277,2, Myd=0,0, Vxd=-31,1, Vyd=45,0

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

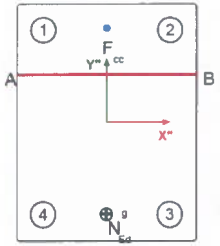
Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-186,73	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	37,35	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	54,71	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	17,36	kN

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-250,0 / 133,1); B(250,0 / 133,1)

Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N^g_{Ed}(0,0/-255,0)

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(0,0/259,7)



Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	-70,0	351,4	19,9	4,34	124,5	3,5	n/r
2	-70,0	351,4	19,9	4,34	124,5	3,5	n/r
3	222,8	351,4	63,4	4,34	124,5	3,5	48,8
4	222,8	351,4	63,4	4,34	124,5	3,5	48,8

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	222,8	918,9	24,2	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	445,5	262,0	170,1	
2)Rückhängebewehrung	222,8	407,2	54,7	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	27,3	174,8	n/r	
Spalten				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	445,5	261,3	170,5	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	222,8	1660,9	13,0	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	222,8	1923,2	12,0	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	17,4	625,9	2,8	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	17,4	162,1	10,7	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	14,3	266,2	5,4	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	17,4	169,4	10,3	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	9,9	361,4	2,7	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	6,9	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	3,5	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	9,7	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	2,6	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N^{2/3}+\beta_V^{2/3}\leq 1$		61,4	Ok

142

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	1378,4 [kN]	h'_{ef}	383,3 [mm]	h'_{ef}	383,3 [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	5105,1 [mm²]	h_{ef}	502,0 [mm]	h_{ef}	502,0 [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	h	1000,0 [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	k_{cr}	8,5	$s'_{cr,sp}$	1149,9 [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	918,9 [kN]	$s'_{cr,N}$	1149,9 [mm]	$c'_{cr,sp}$	575,0 [mm]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	222,8 [kN]	$c'_{cr,N}$	575,0 [mm]	$A0_{c,sp}$	1322500 [mm²]	n	n/a
		$S_{min,N}$	350,0 [mm]	$A_{c,sp}$	1380000 [mm²]	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$C_{min,N}$	345,0 [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	1,00	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	1322500 [mm²]	e_N	0,00	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$A_{c,N}$	1380000 [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	1,00	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	1,00	$\Psi_{s,sp}$	0,88	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		e_N	0,00	$\Psi_{h,sp}$	1,00	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	427,95 [kN]	$N_{0Rk,c}$	427,95 [kN]	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$N_{0Rkc,c}$	427,95 [kN]	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$N_{Rd,sp}$	261,3 [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$N_{Rd,c}$	262,0 [kN]	$Ng_{E,d}$	445,5 [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	445,5 [kN]				

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	1800000 [mm²]	l_f	320,0 [mm]
$A0_{c,N}$	1322500 [mm²]	c_1	666,7 [mm]
$c_{cr,N}$	575,0 [mm]	$A_{c,V}$	0 [mm²]
$s_{cr,N}$	1149,9 [mm]	$A0_{c,V}$	2000000 [mm²]
h_{ef}	502,0 [mm]	$\Psi_{s,V}$	0,80
k_3	2,0	$\Psi_{h,V}$	1,00
$N0_{rk,c}$	427,95 [kN]	$\Psi_{a,V}$	1,52
$\gamma_{m,cp}$	1,50	$\Psi_{ec,V}$	1,00
$V_{Rd,cp}$	625,9 [kN]	$\Psi_{re,V}$	1,00
$V_{S,d}$	17,4 [kN]	$V0_{Rk,c}$	331,4 [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50
		$V_{Rd,c}$	162,1 [kN]
		Vg_{Ed}	17,4 [kN]

Begründung:

n/r - Nachweis nicht erforderlich

n/a - Nicht maßgebende Versagensart

(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

Zulagebewehrung der Ankerbolzen

Betondeckung seitlich	55 mm
Betondeckung oben	55 mm
Betondeckung unten	55 mm
Stahlgüte	B500B

f_{yd}= 434,8

Schnitt Ansicht X"-Richtung Ansicht Y"-Richtung

Bewehrungsangaben

Pos	Biegeform	ø [mm]	a [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]	r [mm]	L [mm]	pcs	[kg]/ pcs	[kg]
1	C	14	168	162	876	168	28	2.271	16	2,75	43,97
2	B	16	537	1.390	537	0	32	2.400	9	3,79	34,14
3	B	16	537	1.090	537	0	32	2.100	11	3,32	36,51
4	C	16	192	1.344	1.044	192	32	5.000	1	7,90	7,9
5	C	16	192	1.358	1.058	192	32	5.056	4	7,99	31,96

Gesamtgewicht :154,48

Biegeform A Biegeform B Biegeform C Biegeform D Biegeform E Biegeform L Biegeform U

A43

Bemessung Bohrpfahl

maßgebend Stütze 2 (Stab 7-8-9), Bemessung max

$N_{G,k} = 55{,}79\ kN + 4{,}70m/2 \cdot 1{,}00m \cdot 1{,}20m \cdot 25\ kN/m^3 = 126{,}29\ kN$
(POS. 12 LF1)

$N_{Q,k} = 168{,}125\ kN + 22{,}348\ kN + 20{,}625\ kN + 5{,}00\ kN = 216{,}098\ kN$
(POS 12 LF2) (POS 12 LF5) (POS 12 LF7) (POS 12 LF8)

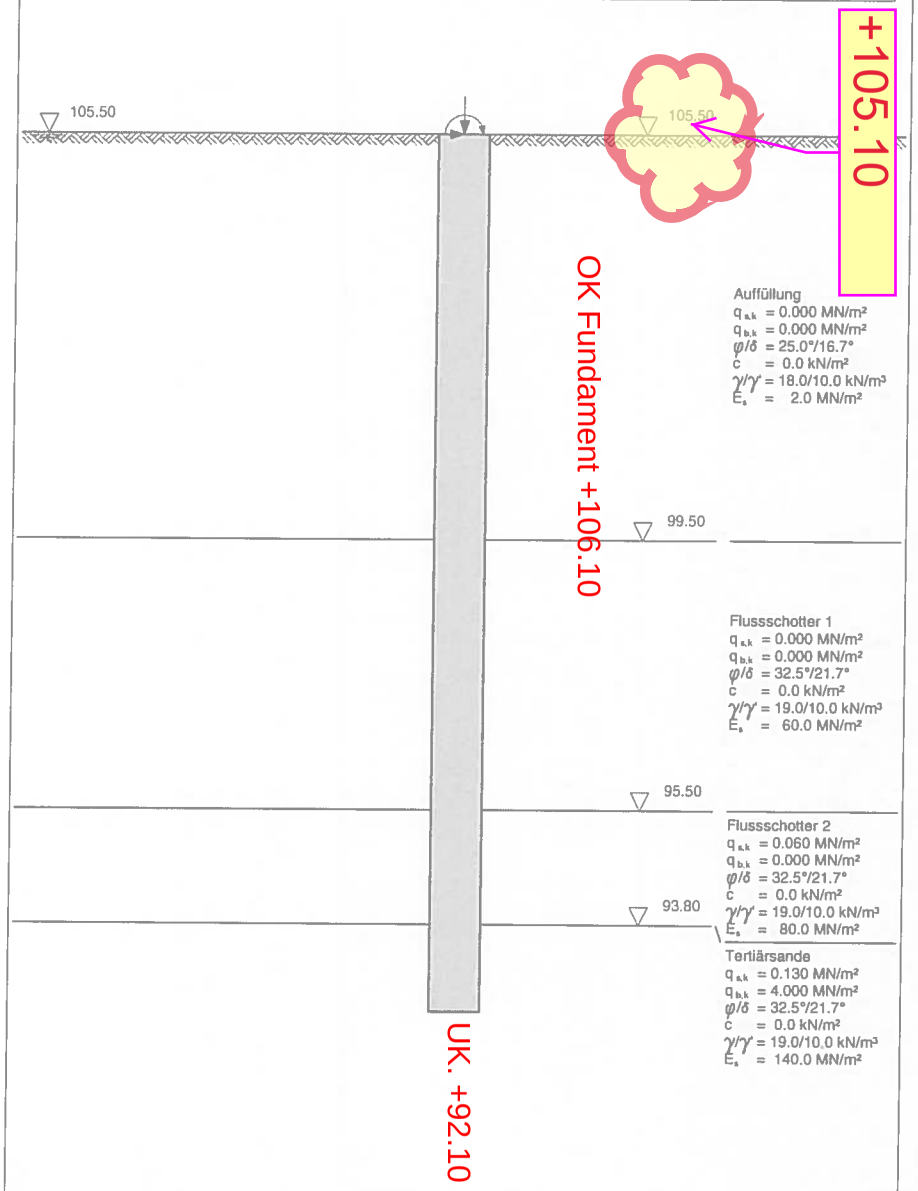
$H_{Q,k,x} = 12{,}741\ kN + 7{,}554\ kN = 20{,}295\ kN$
(POS 12 LF2) (POS 12 LF5)

$H_{Q,k,y} = 30\ kN$

$H_{Q,k} = \sqrt{20{,}295^2 + 30^2} = 36{,}22\ kN$

$M_{Q,k} = 184{,}80\ kNm$

Lf-Name	Hg	Vg	Mg	Hq	Vq	Mq
1	0.00	130.00	0.00	40.00	220.00	190.00



Maßstab 1:75

Programm DC-Pfahl *** Copyright 2000-2019 DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: H:\Projekte\14060\Berechnungen\Tragwerksplanung\04_Genehmigungsplanung\02_Rohrbrücke \Position_12.6.dbp

Bohrpfahl nach DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) und DIN 1054:2010

Erddruck nach DIN 4085:2017

Verfahren für äußere Standsicherheit und für Schnittgrößen:
Berechnung mit Nachweisverfahren 2
Kombination mit Teilsicherheitsbeiwerten der Gruppen A1 + M1 + R2

Pfahldurchmesser:	0.750 m
Umfang:	2.356 m
Pfahllänge:	13.00 m
Wichte Pfahl:	25.00 kN/m³
Betongüte:	C30/37
E-Modul:	33000.0 MN/m²
Stahlsorte:	500 (B)
Randabstand Bewehrungsachse:	0.10 m

Geländeoberkante auf	105.50 m
Grundwassertiefe:	105.50 m

Schichten

Name	Tiefe [m]	char.Mantelreib. [MN/m²]	char.Spitzendruck [MN/m²]	char.Spitzendruck für s=0.02D	s=0.03D	s=0.10D
Auffüllung	6.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Flussschotter 1	10.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Flussschotter 2	11.70	0.0600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Tertiärsande	20.00	0.1300	4.0000	1.7500	2.2500	4.0000

Name	φ [°]	δ [°]	c [kN/m²]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	E_s [MN/m²]	$k_{s,o/u}$ [MN/m³]
Auffüllung	25.0	16.7	0.0	18.0	10.0	2.0	2.7
Flussschotter 1	32.5	21.7	0.0	19.0	10.0	60.0	80.0
Flussschotter 2	32.5	21.7	0.0	19.0	10.0	80.0	106.7
Tertiärsande	32.5	21.7	0.0	19.0	10.0	140.0	186.7

Lastfall	BS
1	P

Lasten

Lastfall		V [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	G	130.00	0.00	0.00
	Q	220.00	40.00	190.00

Teilsicherheitsbeiwerte für äußere Standsicherheit (GEO) im Nachweisverfahren 2

γ-	G	Q	G,stb	s	s,t	b
BS-P	1.350	1.500	1.000	1.400	1.500	1.400
BS-T	1.200	1.300	1.000	1.400	1.500	1.400
BS-A	1.100	1.100	1.000	1.400	1.500	1.400
BS-T/A	1.150	1.200	1.000	1.400	1.500	1.400

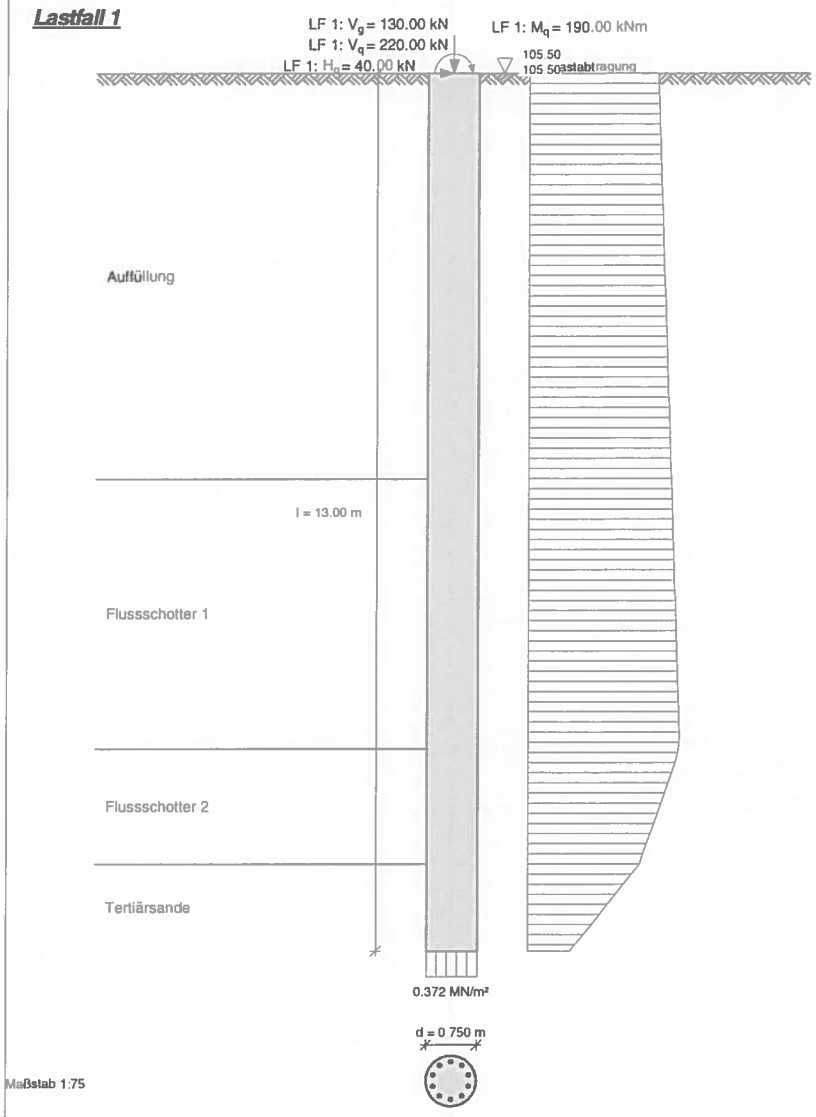
145

Teilsicherheitsbeiwerte für Schnittgrößen (STR) im Nachweisverfahren 2

γ-	G	Q	G,stb	φ	c	cu	Ep
BS-P	1.350	1.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.400
BS-T	1.200	1.300	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300
BS-A	1.100	1.100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.200
BS-T/A	1.150	1.200	1.000	1.000	1.000	1.000	1.250

γ-	Teilsicherheitsbeiwert für ...
G	ständige Einwirkungen
Q	veränderliche Einwirkungen
G,stb	ständige, stabilisierende Einwirkungen
s	Pfahlwiderstand Mantelreibung auf Druck
s,t	Pfahlwiderstand Mantelreibung auf Zug
b	Pfahlwiderstand Spitzendruck
φ	Reibungswinkel
c	Kohäsion
cu	Kohäsion undräniert
Ep	Erdwiderstand

Lastfall 1



Ansatz von geometrischen Imperfektionen:
Exzentrizität: 0.100 m, ΔM = V*e = 35.00 kNm
Neigung: 0.020, ΔH = V*n = 7.00 kN
ΔV = H*n = -0.80 kN

146

Nachweis der äußeren Tragfähigkeit im Nachweisverfahren 2

Pfahllänge l = 13.00 m

Nachweis für Mantelreibung und Spitzendruck:
$P_d + G_d = E_d$ = 620.60 kN
R_d = 1718.34 kN
E_d/R_d = 0.36 < 1.00 ***** Nachweis erfüllt *****

Aufnehmbare Mantelreibung:

Schicht	l [m]	vorh.q_s [MN/m²]	Reibungskraft Q_d [kN]
Auffüllung	6.00	0.000	0.00
Flussschotter 1	4.00	0.000	0.00
Flussschotter 2	1.70	0.043	171.67
Tertiärsande	1.30	0.093	284.43

Aufn. Spitzendruckkraft S [kN]: 1262.25

Summe = R_d 1718.34 kN

Vorh. Spitzendruckkraft vorh.S = E_d - Summe(Q_d) = 164.51 kN
Resultierender Spitzendruck = vorh. S/A = 0.372 MN/m² < zul. Spitzendruck = 2.857 MN/m²

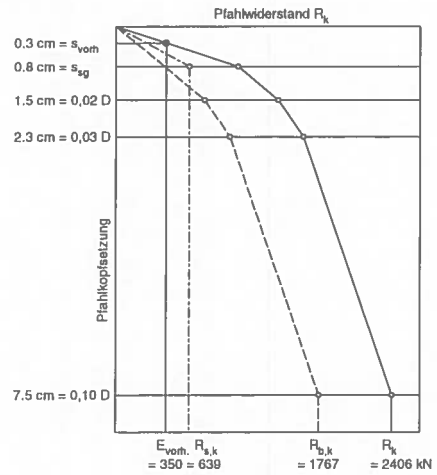
Setzung aus Widerstandsetzungslinie: s = 0.337 cm

Anpassung der Bettungsspannungen an den ebenen passiven Erddruck

Nachweis des Erdwiderstands mit Nachweisverfahren 2:
$B_{h,d} / E_{ph,d}$ = 166.13 kN / 2183.23 kN = 0.08 < 1.0
(bis zum Drehpunkt bei z = 7.56 m)
Berechnet mit dem räumlichen passiven Erddruck nach DIN 4085:2017 mit
b_{kr} = 2.268 m, μ_{pgh} = 3.491, μ_{pch} = 4.801
***** Nachweis erfüllt *****

Pfahlkopfverformungen:
Kopfverschiebung = 16.5 mm
Kopfverdrehung = 0.0042 = 0.2°

Widerstandsetzungslinie



Nachweis der inneren Tragfähigkeit nach DIN EN 1992 (Eurocode 2)

Sicherheitsbeiwert für Widerstände, Beton: 1.50
Sicherheitsbeiwert für Widerstände, Stahl: 1.15

Bemessungsschnittgrößen: M_d = 434.64 kNm, N_d = -529.35 kN (z = 2.80 m). V_d = 95.88 kN (z = 7.60 m).

Biegebemessung:
tot. ω = 0.1468
erf. Gesamtbew. A_s = 25.35 cm²

Querkraftbemessung für maßg. V:
$V_{Rdc,max}$ = 799.839 kN > V_d
Druckstrebenneigung ϑ = 18.43°
erf. Querkraftbew. A_{ss} = 0.00 cm²/m **

Abschnittsweise Bemessung

Tiefe [m]	Moment M_d [kNm]	Normalkraft N_d [kN]	Querkraft V_d [kN]	Biegebew. [cm²]	Querkraftbew. [cm²/m]
0.00	335.55	-504.30	70.11	15.77 *	0.00 **
0.40	363.07	-507.88	66.61	18.42 *	0.00 **
0.80	387.78	-511.46	56.12	20.80 *	0.00 **
1.20	407.17	-515.04	41.13	22.73	0.00 **
1.60	420.91	-518.61	27.85	24.14	0.00 **
2.00	429.66	-522.19	16.17	24.93	0.00 **
2.40	434.05	-525.77	5.99	25.34	0.00 **
2.80	434.64	-529.35	-2.80	25.35	0.00 **
3.20	431.98	-532.93	-10.31	24.95	0.00 **
3.60	426.56	-536.51	-16.64	24.31	0.00 **
4.00	418.81	-540.08	-21.91	23.45	0.00 **
4.40	409.16	-543.66	-26.22	22.32	0.00 **
4.80	397.95	-547.24	-29.67	21.09 *	0.00 **
5.20	385.52	-550.82	-32.37	19.72 *	0.00 **
5.60	372.15	-554.40	-34.40	18.30 *	0.00 **
6.00	358.07	-557.98	-35.88	16.79 *	0.00 **
6.40	337.29	-561.56	-65.89	14.64 *	0.00 **
6.80	306.90	-565.13	-84.33	11.62 *	0.00 **
7.20	271.05	-568.71	-93.61	8.12 *	0.00 **
7.60	232.95	-572.29	-95.88	4.55 *	0.00 **
8.00	195.02	-575.87	-93.05	1.16 *	0.00 **
8.40	158.97	-579.45	-86.72	0.00 *	0.00 **
8.80	125.94	-583.03	-78.20	0.00 *	0.00 **
9.20	96.56	-586.60	-68.57	0.00 *	0.00 **
9.60	71.12	-590.18	-58.66	0.00 *	0.00 **
10.00	49.59	-587.24	-49.10	0.00 *	0.00 **
10.40	32.33	-556.95	-37.42	0.00 *	0.00 **
10.80	19.46	-520.13	-27.21	0.00 *	0.00 **
11.20	10.33	-483.32	-18.74	0.00 *	0.00 **
11.60	4.21	-446.51	-12.16	0.00 *	0.00 **
12.00	0.81	-374.35	-5.18	0.00 *	0.00 **
12.40	-0.22	-290.41	-0.55	0.00 *	0.00 **
12.80	-0.09	-206.48	0.61	0.00 *	0.00 **
13.00	0.00	-164.51	0.00	0.00 *	0.00 **

* erf. Bewehrung < Mindestbewehrung nach EN 1536 = 22.09 cm²
** Information: erf. Querkraftbewehrung < Mindest-Querkraftbew. nach DIN EN 1992 = 6.90 cm²/m

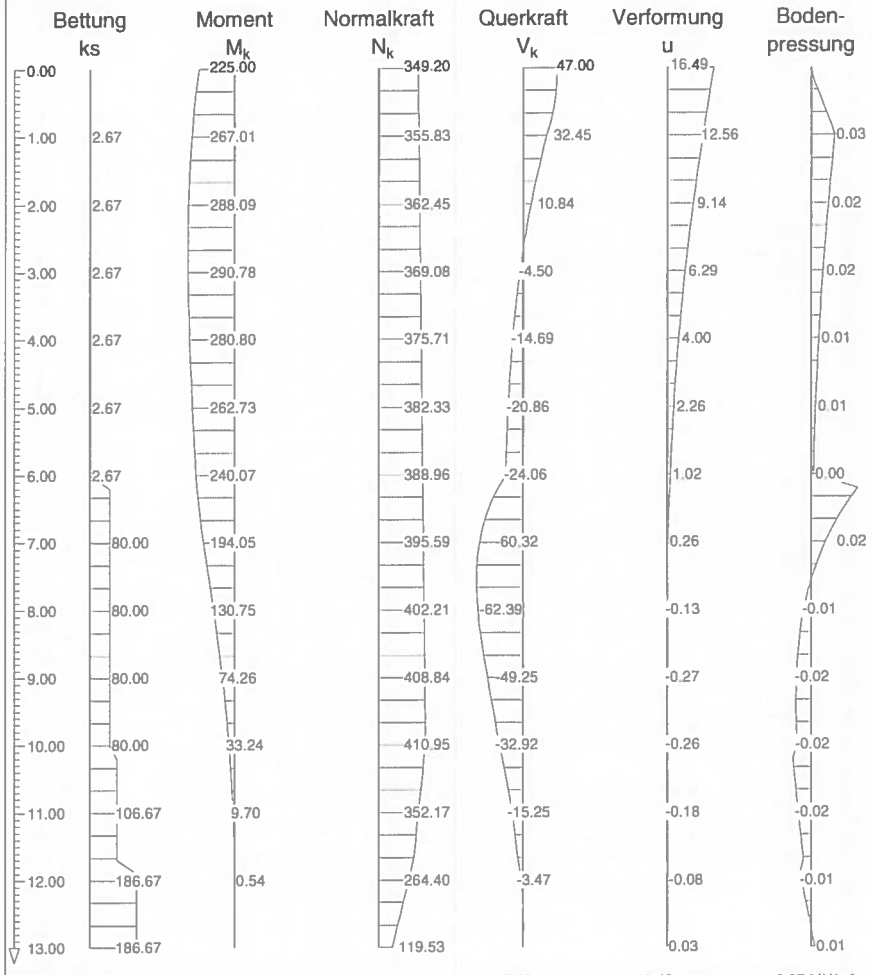
Längsbewehrung: gewählt 10 ø 20 mm = 31.42 cm²

Querkraftbewehrung: gewählt ø 10 mm, Ganghöhe 15 cm = 10.47 cm²/m von 0.00 m bis ___ m

gewählt ø ___mm, Ganghöhe ___ cm = ___ cm²/m von ___ m bis ___ m

Schnittgrößen mit elastischer Bettung

(charakteristisch)



Max.:	186.67 MN/m³	291.52 kNm	414.14 kN	47.00 kN	16.49 mm	0.07 MN/m²
Min.:	0.00 MN/m³	-0.18 kNm	119.53 kN	-64.29 kN	-0.28 mm	-0.03 MN/m²

168

Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG
Bonsiepen 7 45136 Essen Tel. 020178967-0 Fax 0201/8967-123

Tiefe z [m]	Bettung k_s [MN/m³]	Moment M_k [kNm]	Normalkraft N_k [kN]	Querkraft V_k [kN]	Verformung u [mm]	Bodenpress. [MN/m²]
0.00	0.00	225.00	349.20	47.00	16.49	0.00
0.40	0.77	243.45	351.85	44.66	14.86	0.01
0.80	2.00	260.01	354.50	37.62	13.31	0.03
1.20	2.67	273.01	357.15	27.57	11.83	0.03
1.60	2.67	282.22	359.80	18.67	10.44	0.03
2.00	2.67	288.09	362.45	10.84	9.14	0.02
2.40	2.67	291.03	365.10	4.01	7.93	0.02
2.80	2.67	291.42	367.76	-1.88	6.81	0.02
3.20	2.67	289.64	370.41	-6.91	5.79	0.02
3.60	2.67	286.00	373.06	-11.16	4.85	0.01
4.00	2.67	280.80	375.71	-14.69	4.00	0.01
4.40	2.67	274.33	378.36	-17.58	3.24	0.01
4.80	2.67	266.81	381.01	-19.90	2.56	0.01
5.20	2.67	258.48	383.66	-21.71	1.97	0.01
5.60	2.67	249.51	386.31	-23.07	1.46	0.00
6.00	2.67	240.07	388.96	-24.06	1.02	0.00
6.40	80.00	226.13	391.61	-44.18	0.66	0.05
6.80	80.00	205.76	394.26	-56.54	0.38	0.03
7.20	80.00	181.72	396.91	-62.76	0.15	0.01
7.60	80.00	156.18	399.56	-64.29	-0.02	0.00
8.00	80.00	130.75	402.21	-62.39	-0.13	-0.01
8.40	80.00	106.58	404.87	-58.14	-0.21	-0.02
8.80	80.00	84.43	407.52	-52.43	-0.26	-0.02
9.20	80.00	64.74	410.17	-45.97	-0.28	-0.02
9.60	80.00	47.68	412.82	-39.33	-0.27	-0.02
10.00	80.00	33.24	410.95	-32.92	-0.26	-0.02
10.40	106.67	21.67	390.15	-25.08	-0.23	-0.02
10.80	106.67	13.04	364.83	-18.24	-0.20	-0.02
11.20	106.67	6.92	339.51	-12.57	-0.16	-0.02
11.60	106.67	2.82	314.19	-8.15	-0.12	-0.01
11.90	186.67	0.88	278.89	-4.54	-0.09	-0.02
12.30	186.67	-0.12	220.94	-0.85	-0.05	-0.01
12.70	186.67	-0.11	162.99	0.51	0.00	0.00
13.00	186.67	0.00	119.53	0.00	0.03	0.01

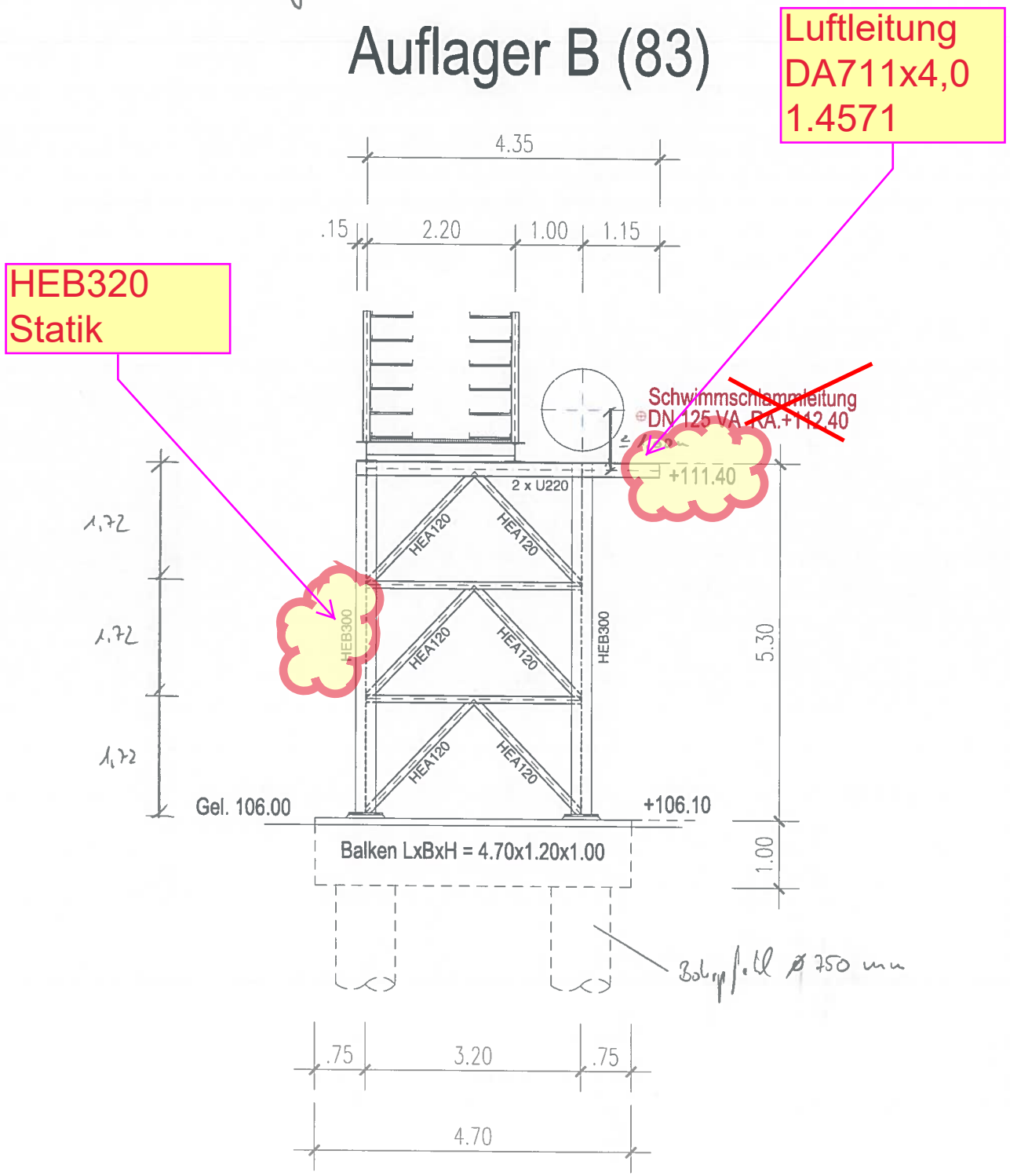
DC

149

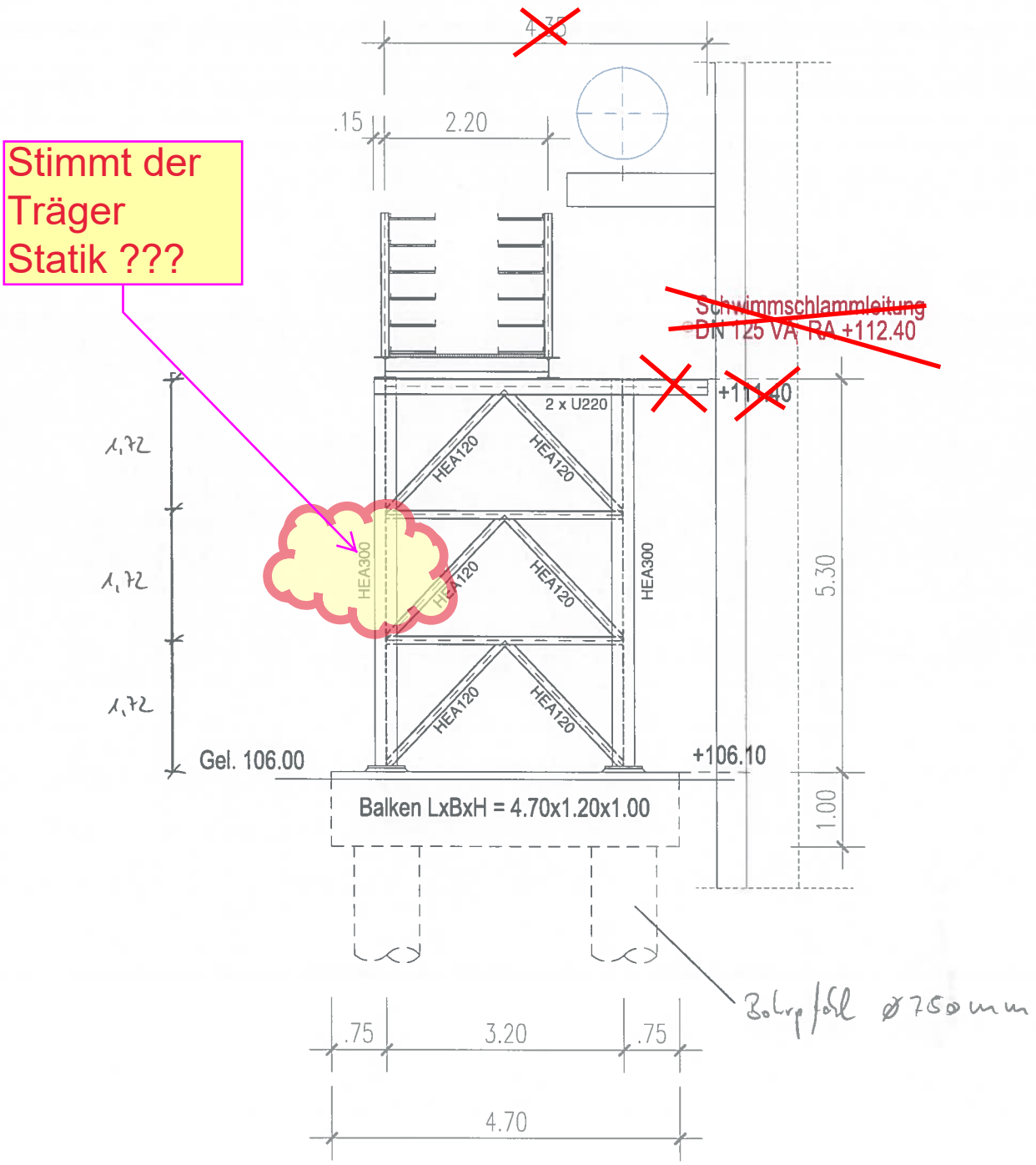
Position (13) - Stahlrahmen Auflager B (83), A

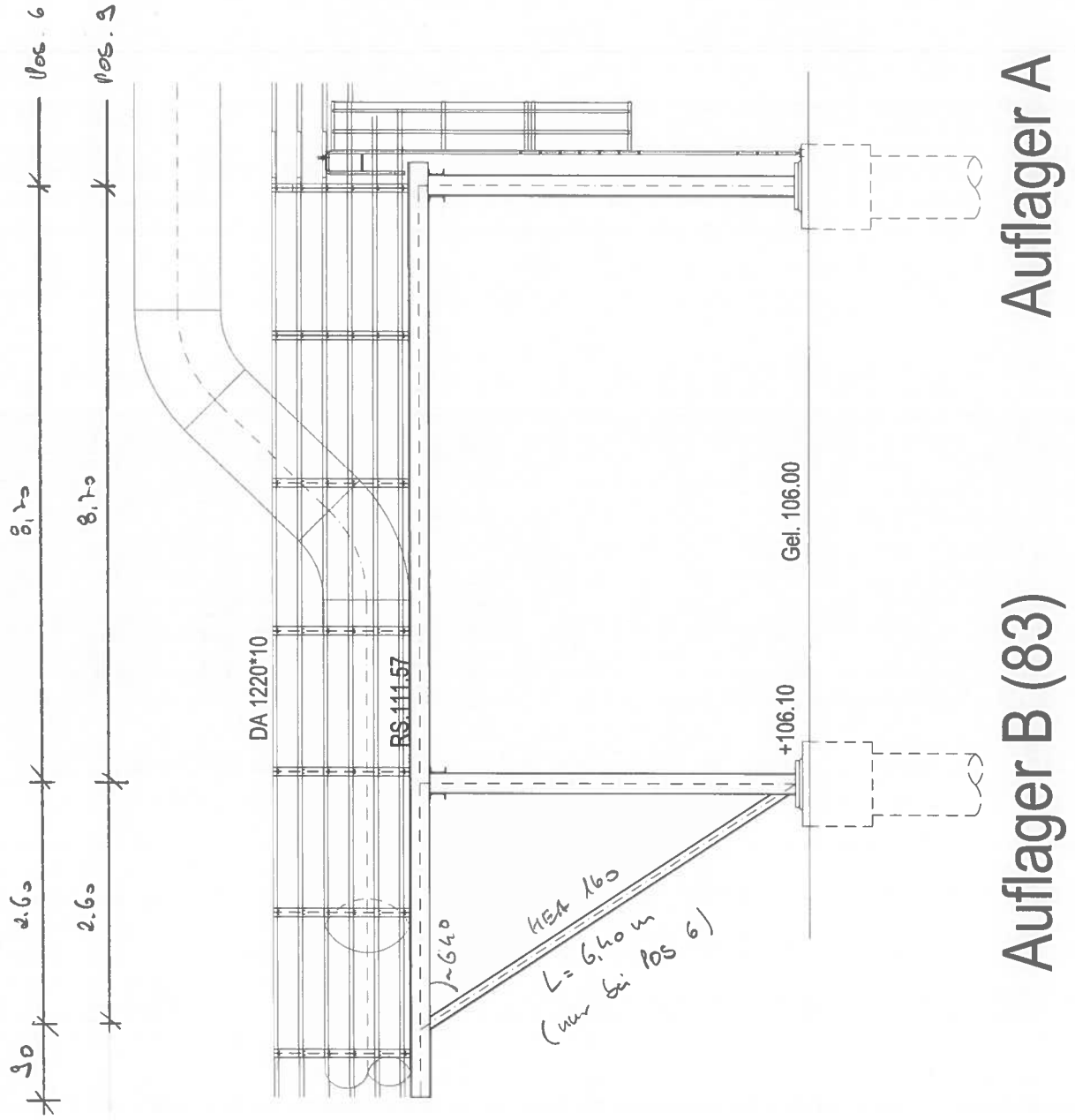
System + Abmessungen

Auflager B (83)



Auflager A


Stimmt der Träger Statik ???
4.75
.15
2.20
Schwimmschlammleitung
DN 125 VA RA +112.40
+111.40
2 x U220
HEA120
HEA300
1,72
1,72
1,72
5.30
Gel. 106.00
+106.10
1.00
Balken LxBxH = 4.70x1.20x1.00
Bohrpfahl Ø 750 mm
.75
3.20
.75
4.70


Pos. 6
Pos. 9
8,20
8,20
2,60
2,60
30
DA 1220*10
RS 111,57
Gel. 106.00
+106.10
~640
HEA 160
L = 6,40 m
(nur bei POS 6)
Auflager A
Auflager B (83)

Querschnitt / Material

Riegel oben 2x U220, S235

Stützen HEB 320, S235

Aussteifungsverband Querrichtung HEA 120, S235

Längsrichtung HEA 160, S235

Fußplatte

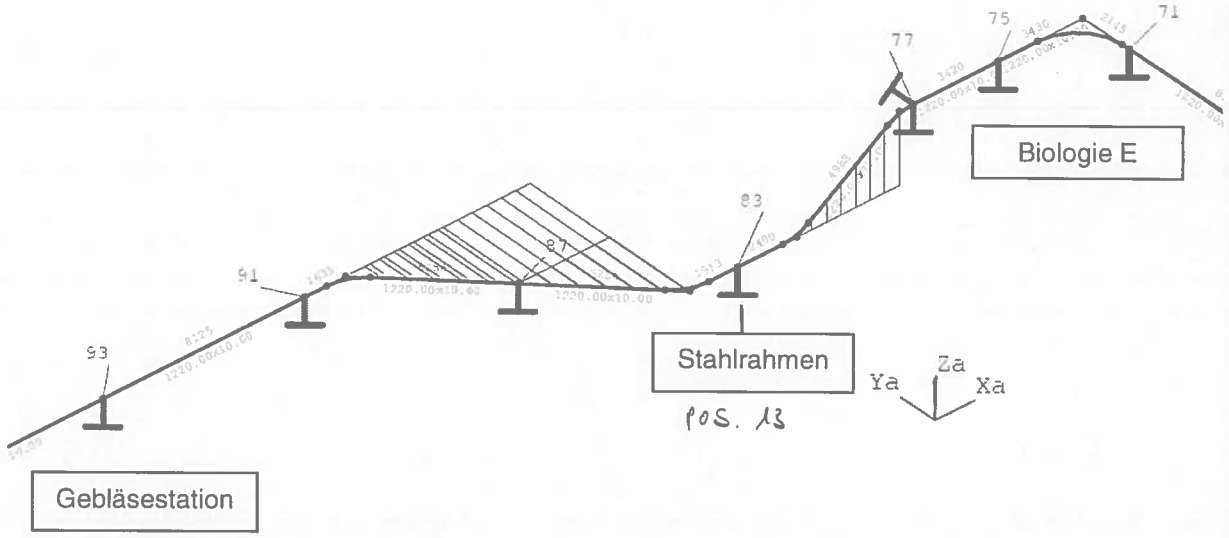
Fundament 4,70 x 1,20 x 1,00, C35/45, XC1/XD1/XF2/XA1/WF

Bohrpfahl Ø880mm, C30/37, XC2/XF1/XA1

Vergußbeton Pagel-Verguss V1/50

Belastungen

. aus Rohrstatik



S t r a n g 10 P u n k t 83 AR
Stuetze im absoluten Koordinatensystem

Gleitlager

Lastf.-Bezeichn.	WX PX mm Grd	WY PY mm Grd	WZ PZ mm Grd	AQX AMX kN kNm	AQY AMY kN kNm	AQZ AMZ kN kNm
Gewicht	0.17	-0.18	-0.00	0.000	0.000	-117.448
	-0.01	0.02	-0.00	0.000	0.000	0.000
Betrieb max	1.69	-6.10	-0.03	12.101	-43.773	-151.403
	-0.01	0.04	0.04	0.000	0.000	0.000
Abfahren	4.11	2.02	-0.02	8.620	28.627	-100.299
	-0.01	0.01	-0.02	0.000	0.000	0.000
Betrieb min	2.23	12.98	-0.01	3.976	23.124	-78.193
	0.01	-0.01	-0.04	0.000	0.000	0.000
Wind_X	0.83	2.18	-0.00	0.000	0.000	-1.245
	0.01	-0.00	-0.02	0.000	0.000	0.000
Wind_Y	-0.39	6.27	-0.00	0.000	0.000	-1.948
	0.02	-0.00	-0.04	0.000	0.000	0.000
Schnee	0.01	-0.00	-0.00	0.000	0.000	~5 -4.390
	-0.00	0.00	-0.00	0.000	0.000	0.000
Extremwert	5.02	19.62	-0.03	12.101	-43.773	-155.793
	-0.03	0.04	-0.09	0.000	0.000	0.000

· aus Kabelbühne

aus Pos. 6 Auflager 2 $G_k = 73{,}8$ kN ≈ 75 kN

$Q_k = 36{,}8$ kN ≈ 40 kN

$W_k = 3{,}0$ kN ≈ 5 kN

aus Pos. 9 Auflager 2 $G_k = 93{,}6$ kN ≈ 95 kN

$Q_k = 41{,}3$ kN ≈ 45 kN

$W_k = 3{,}8$ kN ≈ 5 kN

· aus Wind auf Kabelbühne

vereinfachend $2 \times H_W = 5$ kN

· aus Wind auf Stahlrahmen

→ siehe nächstfolgende Seite

· vereinfachend aus Rohrstatik

Betrieb max $Q_z \leq 155$ kN

$Q_y \leq 45$ kN

$Q_x \leq 15$ kN

Abfahren $Q_z \leq 105$ kN

$Q_y \leq 30$ kN

$Q_x \leq 10$ kN

Betrieb min $Q_z \leq 80$ kN

$Q_y \leq 25$ kN

$Q_x \leq 5$ kN

1. Basisdaten

BAUVORHABEN:	**KW Rosental (Leipzig)**		
ZUGRUNDELIEGENDE NORM:	Eurocode:	Wind:	DIN EN 1991-1-4:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-4:2010-12/NA (geschützt) nachfolgend EC1-1-4 genannt
		Schnee:	DIN EN 1991-1-3:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-3:2010-12/NA (geschützt) nachfolgend EC1-1-3 genannt

STANDORT:	Leipzig, Stadt
AMTL. GEMEINDESCHLÜSSEL:	14713000
TYP:	Kreisfreie Stadt
LANDKREIS:	Leipzig, Stadt
BUNDESLAND:	Sachsen
ERDBEBENWARNUNG:	keine Erdbebengefährdung im Sinne DIN 4149
HÖHE ÜBER NN:	106 m
WINDZONE:	2 ⇒ $v_{b,0}$ = 25.00 m/s
SCHNEELASTZONE:	2 ⇒ s_k = 0.85 kN/m²

2. Windlasten

Lage: Binnenland Topographie: Regelfall

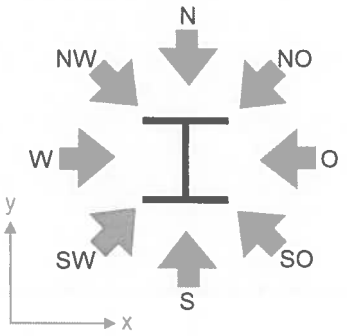
2.1 Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck

vereinfacht nach EC1-1-4 / NA.B.3.2 / Tab. NA.B.3 (für h < 25 m)

q(h) = q(b) = q(d) = q = 0.65 kN/m²

2.2 Kantige Querschnitte

2.2.1 Profil 1



Profilhöhe	b =	30.00 cm
Profilbreite	d =	30.00 cm
Länge	l =	5.30 m
Höhe über Grund	h =	6.00 m
	⇒ q(h) =	0.65 kN/m²

Die Ermittlung der Kraftbeiwerte erfolgt nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 (deutscher nationaler Anhang) Tabelle NA.2; qx und qy sind als gleichzeitig wirkend anzunehmen; Ψ_λ nach DIN EN 1991-1-4:2010-12 Absatz 7.13

Voraussetzung für die Anwendbarkeit der hier ausgewiesenen Werte: d/b ≈ 1.00!

Wind-richtg.	Ψ_λ -	A_{ref} m²/m	$c_{fx,0}$ -	qx kN/m	$c_{fy,0}$ -	qy kN/m
N	0.84	0.300	0.00	**0.00**	-1.70	**-0.28**
NO	0.80	0.424	-1.50	**-0.33**	-1.50	**-0.33**
O	0.84	0.300	-1.70	**-0.28**	0.00	**0.00**
SO	0.80	0.424	-1.50	**-0.33**	1.50	**0.33**
S	0.84	0.300	0.00	**0.00**	1.70	**0.28**
SW	0.80	0.424	1.50	**0.33**	1.50	**0.33**
W	0.84	0.300	1.70	**0.28**	0.00	**0.00**
NW	0.80	0.424	1.50	**0.33**	-1.50	**-0.33**

Die Bemessung des Stahlrahmens erfolgt in der Ebene. Der Stabilitätsnachweis der Stäben erfolgt am Ersatzstab unter Berücksichtigung der Knicklängenkraft (senkrecht zur Rahmenebene).

POSITION 13 - Bemessung Rahmenebene

POSITION 13.1 - Stabilitätsnachweis Diagonale Längsrichtung

POSITION 13.2 - Stabilitätsnachweis Stütze 1 (St.S 1-2-3)

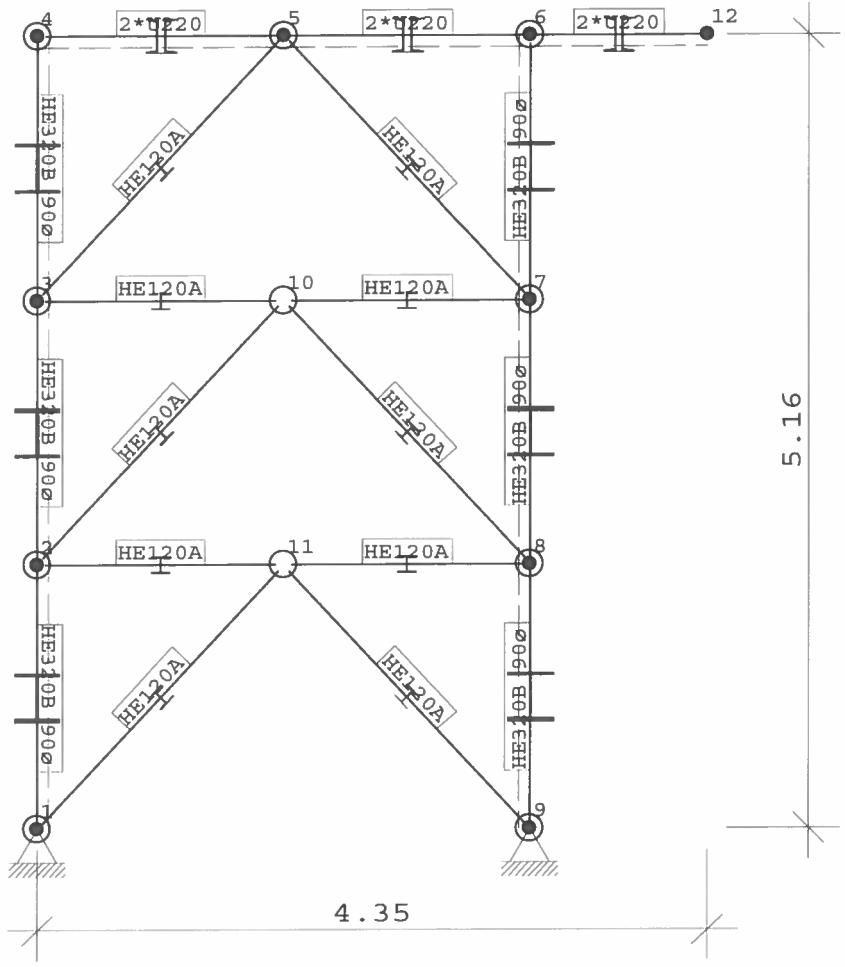
POSITION 13.3 - Stabilitätsnachweis Stütze 2 (St.S 7-8-9)

POSITION 13.4 - Stabilitätsnachweis Diagonale (St.S 14 nachfolgend)

Position: 13 Rohrbrücke Auflager B (83)

Ebenes Stabwerk ESK1 02/2019A (Frilo R-2020-1/P03)

System M 1 : 50



BAUSTOFF : S235 E-Modul E = 21000 kN/cm2 γM = 1.10
spez. Gewicht : 7.85 kg/dm3

QUERSCHNITTSWERTE

Quersch. Nr.	Mat	Profil Name	I (cm4)	A (cm2)	Aq (cm2)	h (cm)	Wo (cm3)	Wu (cm3)
1	1	HE 320 B	9240	161.0	103.0	30.0	616.0	616.0
2	1	2*U220	5380	74.8	37.4	22.0	490.0	490.0
3	1	HE120A	606.0	25.3	5.55	11.4	106.0	106.0

Um 90 Grad gedrehte Profile: Nr 1

SYSTEM

Stab Nr.	Projektionen Lx (m)	Lz (m)	Querschnitt Q1	Q2	Knoten Ende 1	Ende 2
1	0.000	1.720	1	1	1.0	2.0
2	0.000	1.720	1	1	2.0	3.0
3	0.000	1.720	1	1	3.0	4.0
4	1.600	0.000	2	2	4.1	5.0
5	1.600	0.000	2	2	5.0	6.0
6	1.150	0.000	2	2	6.0	12.0
7	0.000	-1.720	1	1	6.1	7.0
8	0.000	-1.720	1	1	7.0	8.0
9	0.000	-1.720	1	1	8.0	9.0
10*	1.600	0.000	3	3	3.0	10.0
11*	1.600	0.000	3	3	10.0	7.0
12*	1.600	0.000	3	3	2.0	11.0
13*	1.600	0.000	3	3	11.0	8.0
14*	1.600	1.720	3	3	3.0	5.0
15*	1.600	-1.720	3	3	5.0	7.0
16*	1.600	1.720	3	3	2.0	10.0
17*	1.600	-1.720	3	3	10.0	8.0
18*	1.600	1.720	3	3	1.0	11.0
19*	1.600	-1.720	3	3	11.0	9.0

Fachwerkstäbe: Stäbe, deren Nummer mit * gekennzeichnet sind.

AUFLAGER : -1 = starr , 0 = frei , > 0 = elastisch (kN/cm , kNcm)

Knoten	horizontal	vertikal	drehend
1	-1	-1	0
9	-1	-1	0

Gewicht der Konstruktion G = 1967 kg

158

BELASTUNG Nr. 1 Lastfall: Ständige Lasten

Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten γ = 1.35
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN
Art: 1=Einzellast (kN) 3=Voll-Trapezlast (kN/m)
2=Einzelmomen(kNm) 4=Teil-Trapezlast (kN/m)
Richtung: 1=horizontal 2=vertikal bezogen auf Projektionen H, L
3=längs 4=quer bezogen auf Stablänge

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
5	1	2	95.000		0.600	

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
4	0.000	75.000	0.000

Eigenlastfaktor in z-Richtung Fak_g_z = 1.00

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	189.668

Maximale Verschiebung im Stab 6 bei x = 1.00 * L Max_f = 0.12 cm

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 1 : Ständige Lasten

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	0.358	114.062	
9	-0.358	75.605	
Summe :	0.000	189.668	

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 1 : Ständige Lasten

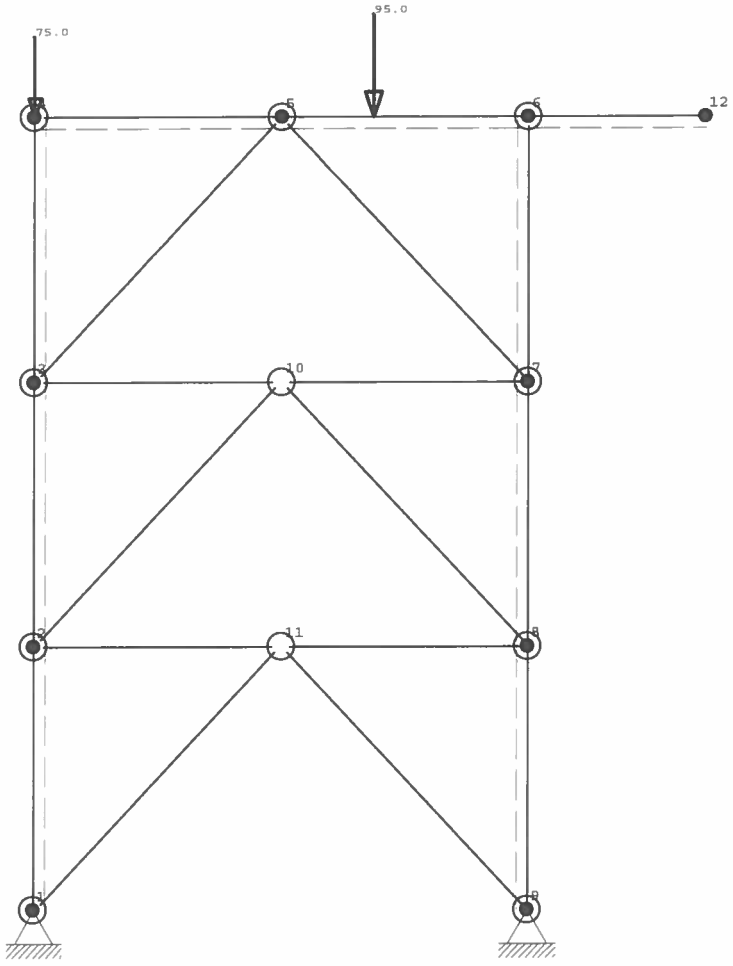
Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	0.77	-113.39	0.00
	1	2	0.77	-111.21	1.32
2	1	2	-1.90	-110.43	1.32
	1	3	-1.90	-108.26	-1.95
3	1	3	1.14	-71.52	-1.95
	1	4	1.14	-69.35	0.00
4	2	4	-5.65	1.14	0.00
	2	5	-6.59	1.14	-9.79
5	2	5	65.72	1.23	-9.79
	2	6	-30.22	1.23	-0.39
6	2	6	0.68	0.00	-0.39
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	-1.23	-30.89	0.00

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 1 : Ständige Lasten

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
	1	7	-1.23	-33.07	-2.11
8	1	7	1.91	-69.90	-2.11
	1	8	1.91	-72.07	1.16
9	1	8	-0.68	-72.85	1.16
	1	9	-0.68	-75.03	0.00
10	3	3		30.77	
11	3	10		30.76	
12	3	2		3.04	
13	3	11		2.95	
14	3	3		-49.80	
15	3	5		-49.60	
16	3	2		-0.71	
17	3	10		-0.36	
18	3	1		-0.77	
19	3	11		-0.30	

ESY

Belastung Lastfall Nr. 1 M 1 : 33



BELASTUNG Nr. 2 Lastfall: Betrieb max

Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
6	-45.000	155.000	-45.000

Summe aller äußeren Lasten (kN)

Gesamt	Fx	Fz
	-45.000	155.000

Maximale Verschiebung im Stab 6 bei x = 1.00 * L Max_f = 0.21 cm

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 2 : Betrieb max

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	-22.083	86.625	
9	-22.917	68.375	
Summe :	-45.000	155.000	

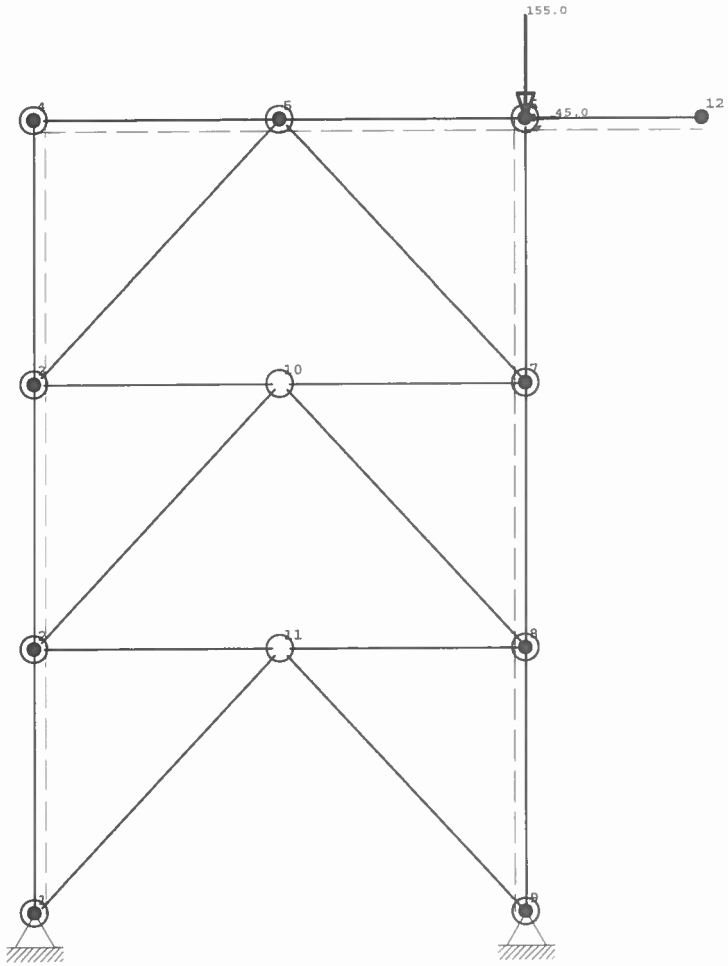
SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 2 : Betrieb max

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	0.43	-62.43	0.00
		.50	0.43	-62.43	0.37
	1	2	0.43	-62.43	0.74
2	1	2	-1.53	-38.61	0.74
		.50	-1.53	-38.61	-0.58
	1	3	-1.53	-38.61	-1.89
3	1	3	1.10	5.56	-1.89
		.50	1.10	5.56	-0.95
	1	4	1.10	5.56	0.00
4	2	4	-5.56	1.10	0.00
		.50	-5.56	1.10	-4.45
	2	5	-5.56	1.10	-8.89
5	2	5	33.68	-44.57	-8.89
		.50	33.68	-44.57	18.05
	2	6	33.68	-44.57	45.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	-0.43	-121.32	0.00
		.50	-0.43	-121.32	-0.37
	1	7	-0.43	-121.32	-0.74

SCHNITTGRÖSSEN Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Th. 1.Ord. Q (kN)	N (kN)	Lastfall 2 : Betrieb max M (kNm)
8	1	7	0.84	-116.39	-0.74
		.50	0.84	-116.39	-0.02
	1	8	0.84	-116.39	0.70
9	1	8	-0.41	-92.57	0.70
		.50	-0.41	-92.57	0.35
	1	9	-0.41	-92.57	0.00
10	3	3	0.00	38.46	0.00
11	3	10	0.00	-5.85	0.00
12	3	2	0.00	24.11	0.00
13	3	11	0.00	-20.91	0.00
14	3	3	0.00	-60.32	0.00
15	3	5	0.00	6.73	0.00
16	3	2	0.00	-32.53	0.00
17	3	10	0.00	32.53	0.00
18	3	1	0.00	-33.05	0.00
19	3	11	0.00	33.05	0.00

Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG | Bonsiepen 7, 45136 Essen | Tel.: 0201/89670 Fax: 0201/8967-123 | Proj.Nr.:
Projekt: 10_Rohrbrücke | ASB-Nr.: | Datum: 13.12.2019

Belastung Lastfall Nr. 2 M 1 : 33



BELASTUNG Nr. 3 Lastfall: Abfahren

Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
6	30.000	105.000	30.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	30.000	105.000

Maximale Verschiebung im Stab 6 bei x = 1.00 * L Max_f = 0.19 cm

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 3 : Abfahren

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	14.730	-57.750	
9	15.270	162.750	
Summe :	30.000	105.000	

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 3 : Abfahren

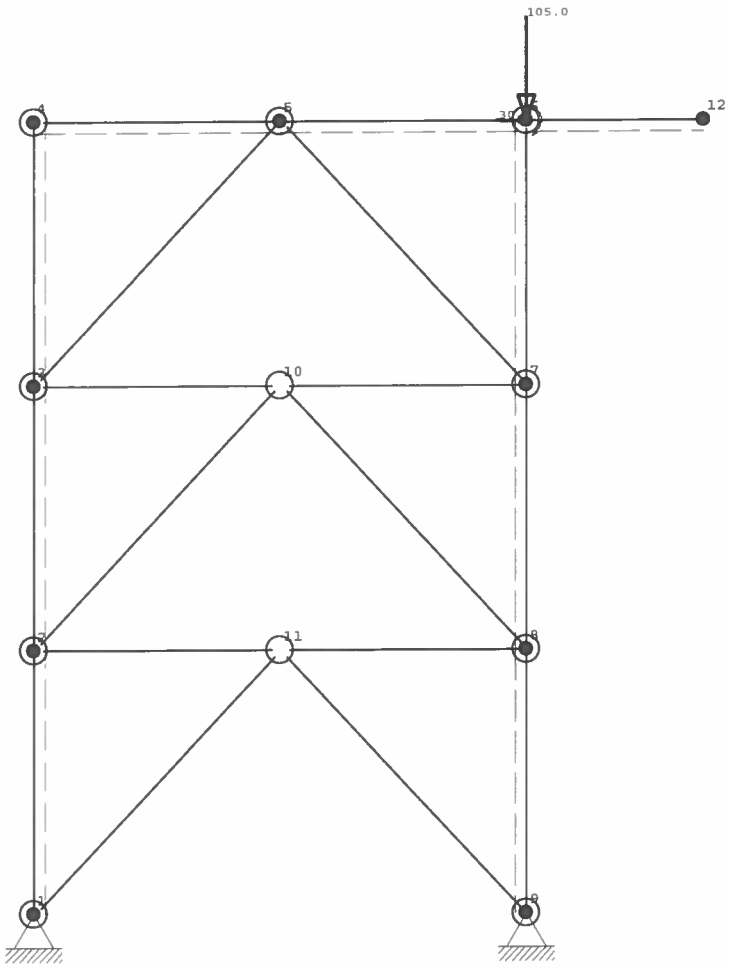
Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	-0.52	41.35	0.00
		.50	-0.52	41.35	-0.45
	1	2	-0.52	41.35	-0.90
2	1	2	1.00	25.47	-0.90
		.50	1.00	25.47	-0.04
	1	3	1.00	25.47	0.81
3	1	3	-0.47	-3.30	0.81
		.50	-0.47	-3.30	0.41
	1	4	-0.47	-3.30	0.00
4	2	4	3.30	-0.47	0.00
		.50	3.30	-0.47	2.64
	2	5	3.30	-0.47	5.29
5	2	5	-22.05	29.48	5.29
		.50	-22.05	29.48	-12.36
	2	6	-22.05	29.48	-30.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	0.52	-127.05	0.00
		.50	0.52	-127.05	0.45
	1	7	0.52	-127.05	0.90

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 3 : Abfahren

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
8	1	7	-0.54	-130.47	0.90
		.50	-0.54	-130.47	0.43
	1	8	-0.54	-130.47	-0.03
9	1	8	0.02	-146.35	-0.03
		.50	0.02	-146.35	-0.01
	1	9	0.02	-146.35	0.00
10	3	3	0.00	-25.30	0.00
11	3	10	0.00	4.24	0.00
12	3	2	0.00	-16.29	0.00
13	3	11	0.00	14.22	0.00
14	3	3	0.00	39.30	0.00
15	3	5	0.00	-4.67	0.00
16	3	2	0.00	21.69	0.00
17	3	10	0.00	-21.69	0.00
18	3	1	0.00	22.39	0.00
19	3	11	0.00	-22.39	0.00

162

Belastung Lastfall Nr. 3 M 1 : 33



BELASTUNG Nr. 4 Lastfall: Betrieb min

Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
6	25.000	80.000	25.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	25.000	80.000

Maximale Verschiebung im Stab 6 bei x = 1.00 * L Max_f = 0.16 cm

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 4 : Betrieb min

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	12.275	-48.125	
9	12.725	128.125	
Summe :	25.000	80.000	

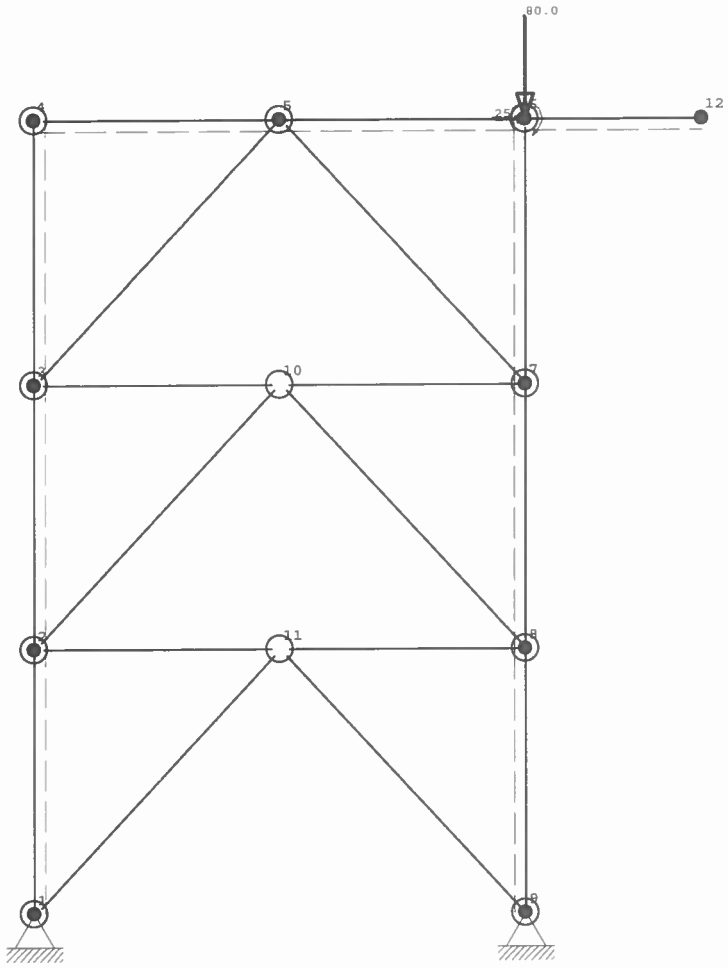
SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 4 : Betrieb min

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	-0.43	34.47	0.00
		.50	-0.43	34.47	-0.37
	1	2	-0.43	34.47	-0.73
2	1	2	0.83	21.24	-0.73
		.50	0.83	21.24	-0.02
	1	3	0.83	21.24	0.69
3	1	3	-0.40	-2.77	0.69
		.50	-0.40	-2.77	0.35
	1	4	-0.40	-2.77	0.00
4	2	4	2.77	-0.40	0.00
		.50	2.77	-0.40	2.21
	2	5	2.77	-0.40	4.43
5	2	5	-18.39	24.57	4.43
		.50	-18.39	24.57	-10.29
	2	6	-18.39	24.57	-25.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	0.43	-98.39	0.00
		.50	0.43	-98.39	0.37
	1	7	0.43	-98.39	0.73

173

SCHNITTGRÖSSEN Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Th. 1.Ord. Q (kN)	N (kN)	Lastfall 4 : Betrieb min M (kNm)
8	1	7	-0.45	-101.24	0.73
		.50	-0.45	-101.24	0.35
	1	8	-0.45	-101.24	-0.04
9	1	8	0.02	-114.47	-0.04
		.50	0.02	-114.47	-0.02
	1	9	0.02	-114.47	0.00
10	3	3	0.00	-21.10	0.00
11	3	10	0.00	3.52	0.00
12	3	2	0.00	-13.57	0.00
13	3	11	0.00	11.84	0.00
14	3	3	0.00	32.79	0.00
15	3	5	0.00	-3.89	0.00
16	3	2	0.00	18.07	0.00
17	3	10	0.00	-18.07	0.00
18	3	1	0.00	18.65	0.00
19	3	11	0.00	-18.65	0.00

Belastung Lastfall Nr. 4 M 1 : 33



164

BELASTUNG Nr. 5 Lastfall: Wind +X

Einwirkung Nr. 9 Windlasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN
Art: 1=Einzellast (kN) 2=Einzelmomen(kNm) 3=Voll-Trapezlast (kN/m) 4=Teil-Trapezlast (kN/m)
Richtung: 1=horizontal 2=vertikal 3=längs 4=quer bezogen auf Projektionen H, L bezogen auf Stablänge

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
5	1	1	5.000		0.600	
5	1	2	5.000		0.600	
1	3	4	0.330	0.330		
2	3	4	0.330	0.330		
3	3	4	0.330	0.330		
7	3	4	-0.330	-0.330		
8	3	4	-0.330	-0.330		
9	3	4	-0.330	-0.330		

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
4	5.000	5.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	13.406	10.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 5 : Wind +X

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	6.742	-12.308	
9	6.663	22.308	
Summe :	13.406	10.000	

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 5 : Wind +X

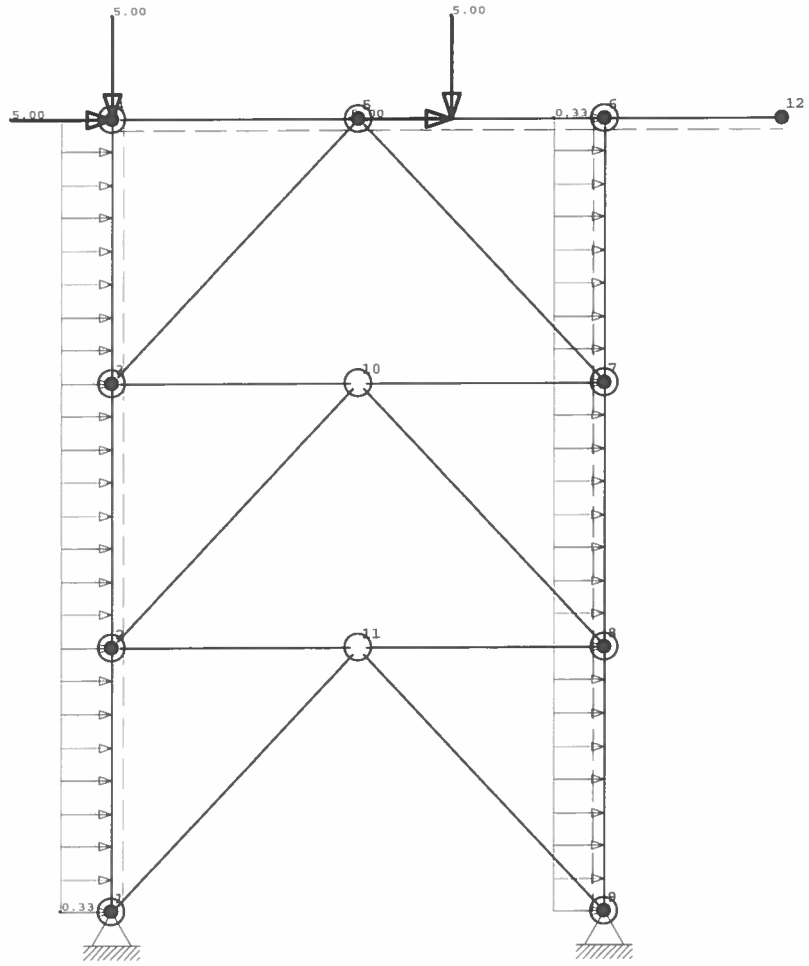
Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	0.26	5.34	0.00
		.50	-0.02	5.34	0.10
	1	2	-0.30	5.34	-0.03
2	1	2	0.27	-0.85	-0.03
		.50	-0.02	-0.85	0.07
	1	3	-0.30	-0.85	-0.06
3	1	3	0.32	-4.68	-0.06
		.50	0.04	-4.68	0.09
	1	4	-0.25	-4.68	0.00

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 5 : Wind +X

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
4	2	4	-0.32	-5.25	0.00
		.50	-0.32	-5.25	-0.26
	2	5	-0.32	-5.25	-0.52
5	2	5	3.45	5.39	-0.52
		.50	-1.55	0.39	1.24
	2	6	-1.55	0.39	0.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	-0.39	-1.55	0.00
		.50	-0.10	-1.55	-0.21
	1	7	0.18	-1.55	-0.18
8	1	7	-0.08	-9.15	-0.18
		.50	0.20	-9.15	-0.12
	1	8	0.49	-9.15	0.17
9	1	8	-0.38	-15.34	0.17
		.50	-0.10	-15.34	-0.04
	1	9	0.18	-15.34	0.00
10	3	3	0.00	-4.18	0.00
11	3	10	0.00	7.33	0.00
12	3	2	0.00	-6.33	0.00
13	3	11	0.00	6.63	0.00
14	3	3	0.00	5.23	0.00
15	3	5	0.00	-10.38	0.00
16	3	2	0.00	8.46	0.00
17	3	10	0.00	-8.46	0.00
18	3	1	0.00	9.51	0.00
19	3	11	0.00	-9.51	0.00

165

Belastung Lastfall Nr. 5 M 1 : 33



BELASTUNG Nr. 6 Lastfall: Wind -X

Einwirkung Nr. 9 Windlasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN
Art: 1=Einzellast (kN) 2=Einzelmomen(kNm) 3=Voll-Trapezlast (kN/m) 4=Teil-Trapezlast (kN/m)
Richtung: 1=horizontal 2=vertikal 3=längs 4=quer bezogen auf Projektionen H, L bezogen auf Stablänge

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
5	1	1	-5.000		0.600	
5	1	2	5.000		0.600	
1	3	4	-0.330	-0.330		
2	3	4	-0.330	-0.330		
3	3	4	-0.330	-0.330		
7	3	4	0.330	0.330		
8	3	4	0.330	0.330		
9	3	4	0.330	0.330		

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
4	-5.000	5.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	-13.406	10.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 6 : Wind -X

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	-6.666	25.433	
9	-6.739	-15.433	
Summe :	-13.406	10.000	

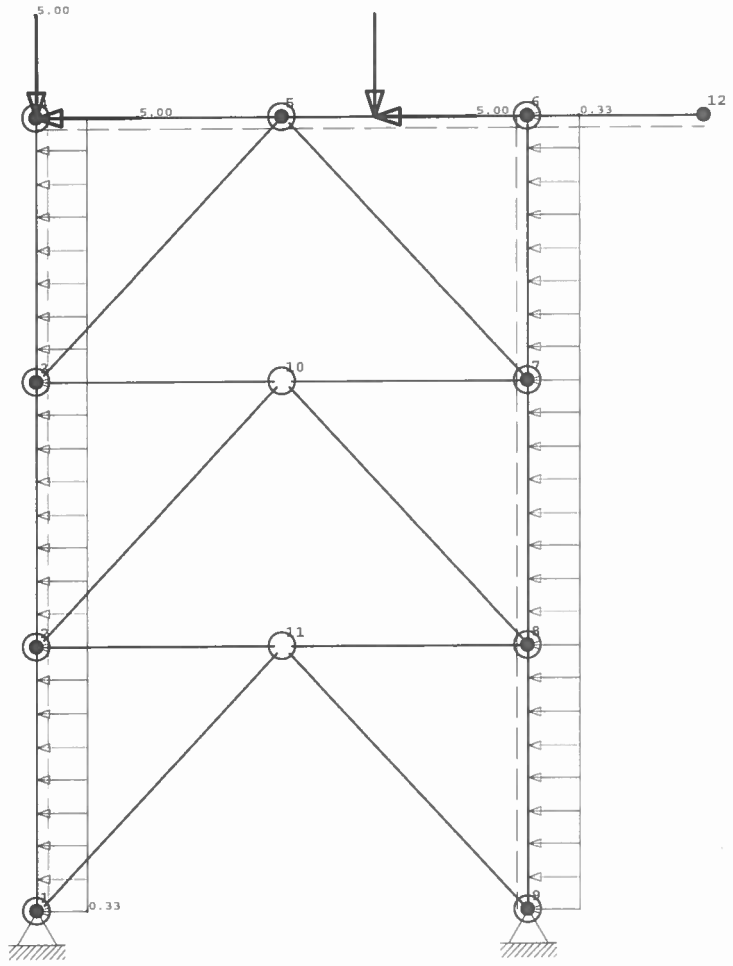
SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 6 : Wind -X

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	-0.18	-18.46	0.00
		.50	0.10	-18.46	-0.03
	1	2	0.39	-18.46	0.18
2	1	2	-0.47	-12.27	0.18
		.50	-0.18	-12.27	-0.10
	1	3	0.10	-12.27	-0.13
3	1	3	-0.21	-4.68	-0.13
		.50	0.08	-4.68	-0.19
	1	4	0.36	-4.68	0.00

99Y

SCHNITTGRÖSSEN Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Th. 1.Ord. Q (kN)	N (kN)	Lastfall 6 : Wind -X M (kNm)
4	2	4	-0.32	5.36	0.00
		.50	-0.32	5.36	-0.26
	2	5	-0.32	5.36	-0.52
5	2	5	3.45	-5.26	-0.52
		.50	-1.55	-0.26	1.24
	2	6	-1.55	-0.26	0.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	0.26	-1.55	0.00
		.50	-0.03	-1.55	0.10
	1	7	-0.31	-1.55	-0.05
8	1	7	0.28	2.27	-0.05
		.50	0.00	2.27	0.07
	1	8	-0.29	2.27	-0.05
9	1	8	0.31	8.46	-0.05
		.50	0.03	8.46	0.10
	1	9	-0.25	8.46	0.00
10	3	3	0.00	7.37	0.00
11	3	10	0.00	-4.15	0.00
12	3	2	0.00	6.61	0.00
13	3	11	0.00	-6.36	0.00
14	3	3	0.00	-10.37	0.00
15	3	5	0.00	5.22	0.00
16	3	2	0.00	-8.46	0.00
17	3	10	0.00	8.46	0.00
18	3	1	0.00	-9.52	0.00
19	3	11	0.00	9.52	0.00

Belastung Lastfall Nr. 6 M 1 : 33



167

BELASTUNG Nr. 7 Lastfall: Verkehr Kabelbühne

Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

STABLASTEN
Art: 1=Einzellast (kN) 3=Voll-Trapezlast (kN/m)
2=Einzelmomen(kNm) 4=Teil-Trapezlast (kN/m)
Richtung: 1=horizontal 2=vertikal bezogen auf Projektionen H, L
3=längs 4=quer bezogen auf Stablänge

Stab	Art	Richtung	p1	p2	Abstand a	Länge b
5	1	2	45.000		0.600	

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
4	0.000	40.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	85.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 7 : Verkehr Kabelbühne

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	0.343	54.063	
9	-0.343	30.938	
Summe :	0.000	85.000	

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 7 : Verkehr Kabelbühne

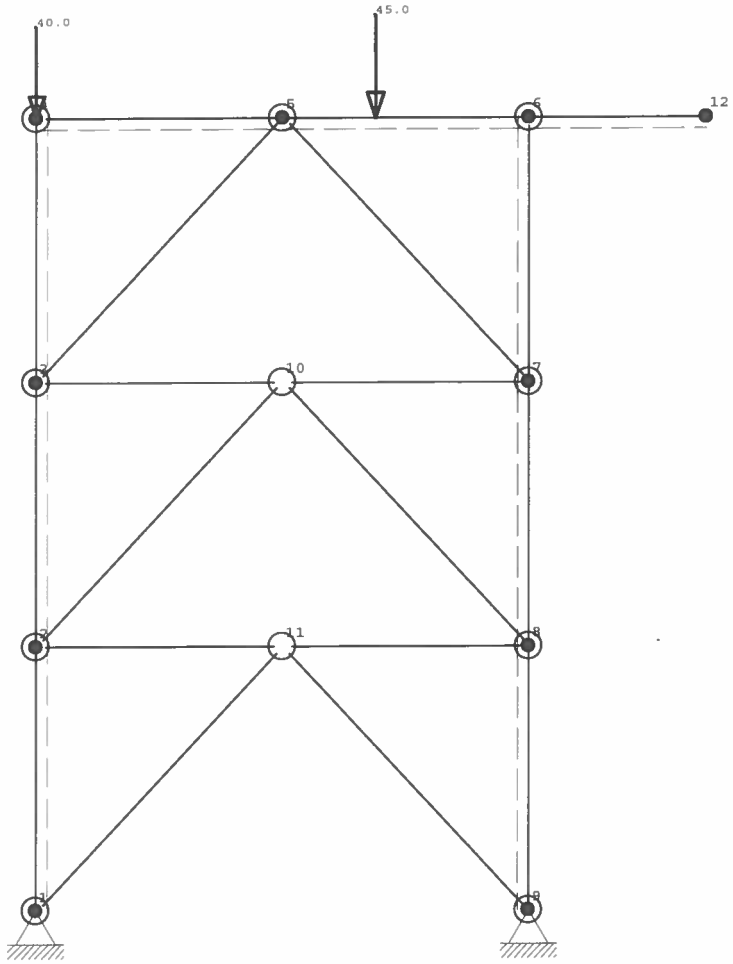
Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	0.37	-54.03	0.00
		.50	0.37	-54.03	0.32
	1	2	0.37	-54.03	0.64
2	1	2	-0.90	-54.03	0.64
		.50	-0.90	-54.03	-0.14
	1	3	-0.90	-54.03	-0.91
3	1	3	0.53	-37.10	-0.91
		.50	0.53	-37.10	-0.45
	1	4	0.53	-37.10	0.00
4	2	4	-2.90	0.53	0.00
		.50	-2.90	0.53	-2.32
	2	5	-2.90	0.53	-4.64
5	2	5	31.03	0.58	-4.64
		.50	-13.97	0.58	11.18

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 7 : Verkehr Kabelbühne

Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
	2	6	-13.97	0.58	0.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	-0.58	-13.97	0.00
		.50	-0.58	-13.97	-0.50
	1	7	-0.58	-13.97	-1.00
8	1	7	0.90	-30.97	-1.00
		.50	0.90	-30.97	-0.23
	1	8	0.90	-30.97	0.54
9	1	8	-0.32	-30.97	0.54
		.50	-0.32	-30.97	0.27
	1	9	-0.32	-30.97	0.00
10	3	3	0.00	14.33	0.00
11	3	10	0.00	14.33	0.00
12	3	2	0.00	1.27	0.00
13	3	11	0.00	1.21	0.00
14	3	3	0.00	-23.13	0.00
15	3	5	0.00	-23.21	0.00
16	3	2	0.00	0.00	0.00
17	3	10	0.00	0.00	0.00
18	3	1	0.00	-0.04	0.00
19	3	11	0.00	0.04	0.00

168

Belastung Lastfall Nr. 7 M 1 : 33



BELASTUNG Nr. 8 Lastfall: Schnee

Einwirkung Nr. 10 Schnee bis NN +1000m γ = 1.50
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

KNOTENLASTEN

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
6	0.000	5.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)

Gesamt	Fx	Fz
	0.000	5.000

AUFLAGERKRÄFTE Th. 1.Ord. Lastfall 8 : Schnee

Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	0.000	0.000	
9	0.000	5.000	
Summe :	0.000	5.000	

SCHNITTGRÖSSEN Th. 1.Ord. Lastfall 8 : Schnee

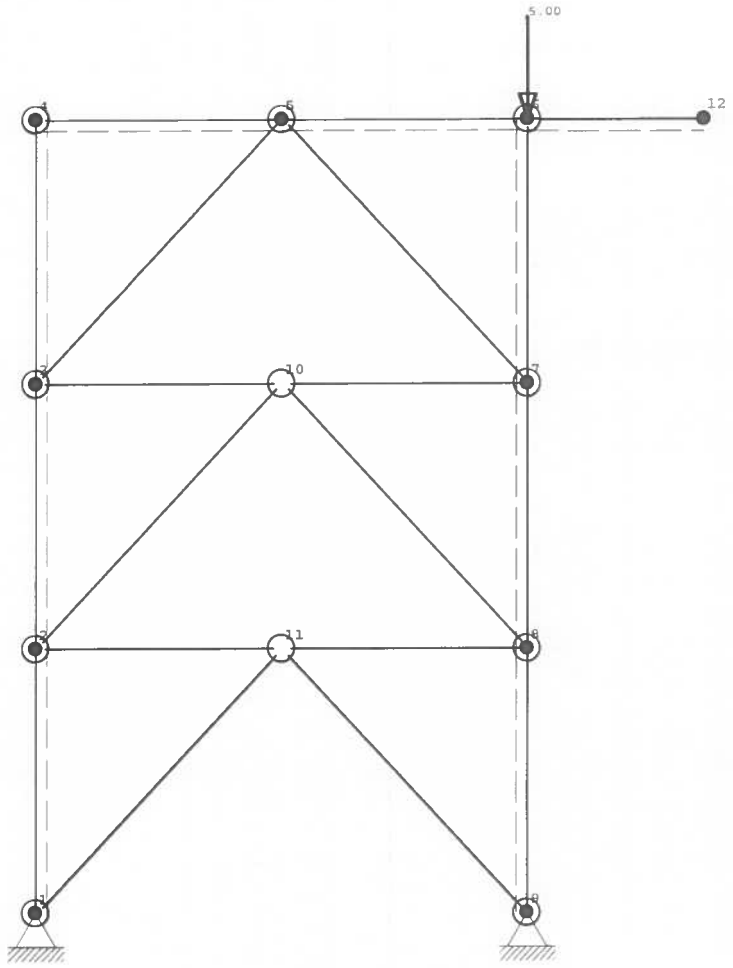
Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	-0.01	-0.01	0.00
		.50	-0.01	-0.01	0.00
	1	2	-0.01	-0.01	-0.01
2	1	2	0.00	-0.01	-0.01
		.50	0.00	-0.01	-0.01
	1	3	0.00	-0.01	-0.01
3	1	3	0.01	0.01	-0.01
		.50	0.01	0.01	-0.01
	1	4	0.01	0.01	0.00
4	2	4	-0.01	0.01	0.00
		.50	-0.01	0.01	-0.01
	2	5	-0.01	0.01	-0.02
5	2	5	0.01	-0.01	-0.02
		.50	0.01	-0.01	-0.01
	2	6	0.01	-0.01	0.00
6	2	6	0.00	0.00	0.00
		.50	0.00	0.00	0.00
	2	12	0.00	0.00	0.00
7	1	6	0.01	-4.99	0.00
		.50	0.01	-4.99	0.00
	1	7	0.01	-4.99	0.01
8	1	7	0.00	-4.99	0.01
		.50	0.00	-4.99	0.01

169

SCHNITTGRÖSSEN Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Th. 1.Ord. Q (kN)	N (kN)	Lastfall 8 : Schnee M (kNm)
	1	8	0.00	-4.99	0.01
9	1	8	-0.01	-4.99	0.01
		.50	-0.01	-4.99	0.01
	1	9	-0.01	-4.99	0.00
10	3	3	0.00	0.01	0.00
11	3	10	0.00	0.01	0.00
12	3	2	0.00	-0.01	0.00
13	3	11	0.00	0.01	0.00
14	3	3	0.00	-0.02	0.00
15	3	5	0.00	0.00	0.00
16	3	2	0.00	0.00	0.00
17	3	10	0.00	0.00	0.00
18	3	1	0.00	0.01	0.00
19	3	11	0.00	-0.01	0.00

Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG
Bonsiepen 7 45136 Essen
Tel.: 0201/89670 Fax: 0201/8967-123
Proj.Nr.:
Projekt: 10_Rohrbrücke
ASB-Nr.:
Datum: 13.12.2019

Belastung Lastfall Nr. 8 M 1 : 33



A3

MAX , MIN ÜBERLAGERUNG aus 8 Lastfällen : Überlagerung

Lastfall Nr	1 :	LF g *	1.35	: Ständige Lasten	EW g
Nr	2 :	A 1 *	1.50	: Betrieb max	EW N
Nr	3 :	A 1 *	1.50	: Abfahren	EW N
Nr	4 :	A 1 *	1.50	: Betrieb min	EW N
Nr	5 :	A 2 *	1.50	: Wind +X	EW I
Nr	6 :	A 2 *	1.50	: Wind -X	EW I
Nr	7 :	LF p *	1.50	: Verkehr Kabelbühne	EW N
Nr	8 :	LF p *	1.50	: Schnee	EW J

Die Liste der Einwirkungen wird hier nur informativ ausgedruckt;
die Überlagerung wird mit den oben definierten Faktoren gerechnet.

Einwirkungen:

Nr	Kl	Bezeichnung	ψ0	ψ1	ψ2	γ
g		Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
I	4	Windlasten	0,60	0,20	0,00	1,50
J	3	Schnee bis NN +1000m	0,50	0,20	0,00	1,50
N	8	sonstige veränderliche Laste	0,80	0,70	0,50	1,50

AUFLAGERKRÄFTE * = max/min Werte

Knoten Nr.	H (kN)	V (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
1	33.21*	129.99		3 5 1 7 8
	-42.64*	322.07		2 6 1
	-42.13	403.17*		2 6 1 7
	32.69	48.90*		3 5 1
9	32.42*	379.65		3 5 1
	-45.48*	235.39		2 6 1 7 8
	31.90	433.56*		3 5 1 7 8
	-10.59	78.92*		6 1

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
1	1	-83.03*	0.65	0.00	5 3 1
	1	-355.5*	1.96	0.00	6 2 1 7 8
	1	-319.7	2.63*	0.00	5 2 1 7
	1	-118.7	-0.03*	0.00	6 3 1 8
	1	-129.1	0.13	0.00*	6 4 1
	1	-129.1	0.13	0.00*	6 4 1
	0.50	-81.56*	0.22	0.37	5 3 1
	0.50	-354.0*	2.38	1.86	6 2 1 7 8
	0.50	-354.0	2.39*	1.87	6 2 1 7
	0.50	-81.57	0.21*	0.37	5 3 1 8
	0.50	-318.3	2.20	2.08*	5 2 1 7
	0.50	-117.3	0.40	0.16*	6 3 1 8
1	2	-80.09*	-0.20	0.38	5 3 1
	2	-352.5*	2.81	4.10	6 2 1 7 8
	2	-352.5	2.82*	4.11	6 2 1 7
	2	-80.10	-0.21*	0.37	5 3 1 8
	2	-352.5	2.82	4.11*	6 2 1 7
	2	-80.10	-0.21	0.37*	5 3 1 8
2	2	-110.9*	-1.08	0.43	3 1
	2	-306.5*	-6.91	4.10	6 2 1 7 8
	2	-112.1	-0.68*	0.38	5 3 1
	2	-306.5	-6.91*	4.10	6 2 1 7 8
	2	-306.4	-6.91	4.11*	6 2 1 7
	2	-112.2	-0.68	0.37*	5 3 1 8
	0.50	-109.4*	-1.08	-0.49	3 1
	0.50	-305.0*	-6.48	-1.66	6 2 1 7 8
	0.50	-109.4	-1.08*	-0.49	3 1
	0.50	-305.0	-6.48*	-1.66	6 2 1 7 8
	0.50	-148.9	-2.60	-0.32*	5 1
	0.50	-305.0	-6.48	-1.66*	6 2 1 7 8
2	3	-107.9*	-1.08	-1.42	3 1
	3	-303.5*	-6.06	-7.06	6 2 1 7 8
	3	-126.3	-0.92*	-1.62	6 3 1
	3	-286.4	-6.66*	-6.95	5 2 1 7 8
	3	-107.9	-1.08	-1.42*	3 1
	3	-303.5	-6.06	-7.06*	6 2 1 7 8
3	3	-88.20*	3.19	-5.49	2 1 8
	3	-164.2*	1.31	-2.98	6 3 1 7
	3	-150.9	4.47*	-6.95	5 2 1 7 8

141

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	3	-108.5	0.52*	-1.62	6 3 1
	3	-101.5	0.83	-1.42*	3 1
	3	-150.9	3.68	-7.06*	6 2 1 7 8
	0.50	-86.74*	3.19	-2.75	2 1 8
	0.50	-162.7*	1.73	-1.67	6 3 1 7
	0.50	-149.4	4.10*	-3.71	6 2 1 7 8
	0.50	-100.0	0.83*	-0.71	3 1
	0.50	-107.1	0.88	-0.58*	5 3 1
	0.50	-149.4	4.10	-3.71*	6 2 1 7 8
3	4	-85.27*	3.19	0.00	2 1 8
	4	-161.2*	2.16	0.00	6 3 1 7
	4	-147.9	4.53*	0.00	6 2 1 7 8
	4	-105.6	0.46*	0.00	5 3 1
	4	-104.8	1.47	0.00*	6 4 1
	4	-104.8	1.47	0.00*	6 4 1
4	4	12.03*	-20.82	0.00	6 2 1 7 8
	4	-7.04*	-3.16	0.00	5 3 1
	4	0.83	-2.67*	0.00	3 1
	4	-3.88	-20.82*	0.00	5 2 1 7 8
	4	8.97	-3.96	0.00*	6 4 1
	4	8.97	-3.96	0.00*	6 4 1
	0.50	12.03*	-21.45	-16.91	6 2 1 7 8
	0.50	-7.04*	-3.79	-2.78	5 3 1
	0.50	0.83	-3.31*	-2.39	3 1
	0.50	-3.88	-21.45*	-16.91	5 2 1 7 8
	0.50	0.83	-3.31	-2.39*	3 1
	0.50	-3.88	-21.45	-16.91*	5 2 1 7 8
4	5	12.03*	-22.09	-34.32	6 2 1 7 8
	5	-7.04*	-4.43	-6.07	5 3 1
	5	0.83	-3.94*	-5.29	3 1
	5	-3.88	-22.09*	-34.33	5 2 1 7 8
	5	0.83	-3.94	-5.29*	3 1
	5	-3.88	-22.09	-34.33*	5 2 1 7 8
5	5	54.83*	107.4	-13.04	5 3 1 7
	5	-73.09*	144.4	-27.36	6 2 1 8
	5	-56.25	191.0*	-34.33	5 2 1 7 8
	5	45.88	55.65*	-5.29	3 1
	5	45.88	55.65	-5.29*	3 1
	5	-56.25	191.0	-34.33*	5 2 1 7 8

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	0.50	47.33*	-96.52	31.95	5 3 1 7
	0.50	-65.59*	8.05	60.79	6 2 1 8
	0.50	-65.21	10.38*	58.92	2 1 8
	0.50	46.37	-96.53*	31.95	6 3 1 7
	0.50	-64.71	-12.92	77.57*	6 2 1 7
	0.50	45.87	-73.22	13.31*	3 1 8
5	6	47.33*	-97.16	-45.52	5 3 1 7
	6	-65.59*	7.42	66.98	6 2 1 8
	6	-65.21	9.75*	66.98	2 1 8
	6	46.37	-97.16*	-45.52	6 3 1 7
	6	-65.58	7.40	66.98*	6 2 1
	6	45.49	-76.20	-45.52*	6 3 1
6	6	0.00*	0.91	-0.52	6 4 1
	6	0.00*	0.91	-0.52	6 4 1
	6	0.00	0.91*	-0.52	6 4 1
	6	0.00	0.91*	-0.52	6 4 1
	6	0.00	0.91	-0.52*	6 4 1
	6	0.00	0.91	-0.52*	6 4 1
	0.50	0.00*	0.46	-0.13	6 4 1
	0.50	0.00*	0.46	-0.13	6 4 1
	0.50	0.00	0.46*	-0.13	6 4 1
	0.50	0.00	0.46*	-0.13	6 4 1
	0.50	0.00	0.46	-0.13*	6 4 1
	0.50	0.00	0.46	-0.13*	6 4 1
6	12	0.00*	0.00	0.00	6 4 1
	12	0.00*	0.00	0.00	6 4 1
	12	0.00	0.00*	0.00	6 4 1
	12	0.00	0.00*	0.00	6 4 1
	12	0.00	0.00	0.00*	6 4 1
	12	0.00	0.00	0.00*	6 4 1
7	6	-41.70*	-1.66	0.00	1
	6	-263.1*	-1.36	0.00	6 3 1 7 8
	6	-242.1	-0.48*	0.00	6 3 1 8
	6	-247.0	-3.75*	0.00	5 2 1 7
	6	-191.6	-0.63	0.00*	6 4 1
	6	-191.6	-0.63	0.00*	6 4 1
	0.50	-43.17*	-1.66	-1.43	1
	0.50	-264.5*	-1.78	-1.35	6 3 1 7 8
	0.50	-241.2	-0.87*	-0.75	3 1 8
	0.50	-248.4	-3.33*	-3.05	5 2 1 7

172

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	0.50	-243.6	-0.91	-0.60*	6 3 1 8
	0.50	-248.4	-3.33	-3.05*	5 2 1 7
7	7	-44.64*	-1.66	-2.85	1
	7	-266.0*	-2.21	-3.07	6 3 1 7 8
	7	-245.0	-0.60*	-1.76	5 3 1 8
	7	-249.9	-3.64*	-5.53	6 2 1 7
	7	-242.7	-0.87	-1.49*	3 1 8
	7	-249.9	-2.90	-5.73*	5 2 1 7
8	7	-90.96*	2.99	-2.92	6 1
	7	-357.7*	2.99	-3.26	5 3 1 7 8
	7	-319.5	5.59*	-5.52	6 2 1 7 8
	7	-303.8	1.64*	-1.77	5 3 1
	7	-297.6	1.76	-1.49*	3 1 8
	7	-329.1	5.05	-5.73*	5 2 1 7
	0.50	-92.42*	2.57	-0.53	6 1
	0.50	-359.2*	3.41	-0.51	5 3 1 7 8
	0.50	-338.1	5.48*	-1.19	5 2 1 7 8
	0.50	-288.1	1.76*	0.12	6 3 1
	0.50	-295.6	1.76	0.13*	6 3 1 8
	0.50	-330.6	5.47	-1.20*	5 2 1 7
8	8	-93.89*	2.14	1.49	6 1
	8	-360.7*	3.84	2.61	5 3 1 7 8
	8	-339.5	5.90*	3.71	5 2 1 7 8
	8	-289.6	1.33*	1.45	6 3 1
	8	-339.5	5.90	3.71*	5 2 1 7 8
	8	-245.7	1.47	1.43*	6 4 1
9	8	-85.66*	-0.44	1.49	6 1
	8	-394.8*	-1.95	2.61	5 3 1 7 8
	8	-257.4	-0.41*	1.43	6 4 1
	8	-314.2	-2.58*	3.71	5 2 1 7 8
	8	-314.2	-2.58	3.71*	5 2 1 7 8
	8	-257.4	-0.41	1.43*	6 4 1
	0.50	-87.13*	-0.87	0.93	6 1
	0.50	-396.3*	-1.52	1.12	5 3 1 7 8
	0.50	-258.8	-0.83*	0.90	6 4 1
	0.50	-315.6	-2.15*	1.67	5 2 1 7 8
	0.50	-279.9	-1.96	1.87*	6 2 1 7 8
	0.50	-294.5	-1.03	0.70*	5 4 1
9	9	-88.60*	-1.29	0.00	6 1

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	9	-397.8*	-1.09	0.00	5 3 1 7 8
	9	-296.0	-0.60*	0.00	5 4 1
	9	-281.4	-2.39*	0.00	6 2 1 7 8
	9	-260.3	-1.26	0.00*	6 4 1
	9	-260.3	-1.26	0.00*	6 4 1
10	3	131.8*	0.21	0.00	6 2 1 7 8
	3	-2.70*	0.21	0.00	5 3 1
	3	20.94	0.21*	0.00	6 4 1
	3	20.94	0.21*	0.00	6 4 1
	3	20.94	0.21	0.00*	6 4 1
	3	20.94	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	131.8*	0.00	0.09	6 2 1 7 8
	0.50	-2.70*	0.00	0.09	5 3 1
	0.50	20.94	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	20.94	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	20.94	0.00	0.09*	6 4 1
	0.50	20.94	0.00	0.09*	6 4 1
10	10	131.8*	-0.21	0.00	6 2 1 7 8
	10	-2.70*	-0.21	0.00	5 3 1
	10	20.94	-0.21*	0.00	6 4 1
	10	20.94	-0.21*	0.00	6 4 1
	10	20.94	-0.21	0.00*	6 4 1
	10	20.94	-0.21	0.00*	6 4 1
11	10	80.40*	0.21	0.00	5 3 1 7 8
	10	26.54*	0.21	0.00	6 2 1
	10	40.59	0.21*	0.00	6 4 1
	10	40.59	0.21*	0.00	6 4 1
	10	40.59	0.21	0.00*	6 4 1
	10	40.59	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	80.40*	0.00	0.09	5 3 1 7 8
	0.50	26.54*	0.00	0.09	6 2 1
	0.50	40.59	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	40.59	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	40.59	0.00	0.09*	6 4 1
	0.50	40.59	0.00	0.09*	6 4 1
11	7	80.40*	-0.21	0.00	5 3 1 7 8
	7	26.54*	-0.21	0.00	6 2 1
	7	40.59	-0.21*	0.00	6 4 1
	7	40.59	-0.21*	0.00	6 4 1

123

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	7	40.59	-0.21	0.00*	6 4 1
	7	40.59	-0.21	0.00*	6 4 1
12	2	52.09*	0.21	0.00	6 2 1 7
	2	-29.84*	0.21	0.00	5 3 1 8
	2	-6.33	0.21*	0.00	6 4 1
	2	-6.33	0.21*	0.00	6 4 1
	2	-6.33	0.21	0.00*	6 4 1
	2	-6.33	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	52.09*	0.00	0.09	6 2 1 7
	0.50	-29.84*	0.00	0.09	5 3 1 8
	0.50	-6.33	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	-6.33	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	-6.33	0.00	0.09*	6 4 1
	0.50	-6.33	0.00	0.09*	6 4 1
12	11	52.09*	-0.21	0.00	6 2 1 7
	11	-29.84*	-0.21	0.00	5 3 1 8
	11	-6.33	-0.21*	0.00	6 4 1
	11	-6.33	-0.21*	0.00	6 4 1
	11	-6.33	-0.21	0.00*	6 4 1
	11	-6.33	-0.21	0.00*	6 4 1
13	11	37.07*	0.21	0.00	5 3 1 7 8
	11	-36.93*	0.21	0.00	6 2 1
	11	12.19	0.21*	0.00	6 4 1
	11	12.19	0.21*	0.00	6 4 1
	11	12.19	0.21	0.00*	6 4 1
	11	12.19	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	37.07*	0.00	0.09	5 3 1 7 8
	0.50	-36.93*	0.00	0.09	6 2 1
	0.50	12.19	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	12.19	0.00*	0.09	6 4 1
	0.50	12.19	0.00	0.09*	6 4 1
	0.50	12.19	0.00	0.09*	6 4 1
13	8	37.07*	-0.21	0.00	5 3 1 7 8
	8	-36.93*	-0.21	0.00	6 2 1
	8	12.19	-0.21*	0.00	6 4 1
	8	12.19	-0.21*	0.00	6 4 1
	8	12.19	-0.21	0.00*	6 4 1
	8	12.19	-0.21	0.00*	6 4 1
14	3	-0.44*	0.21	0.00	5 3 1
	3	-208.0*	0.21	0.00	6 2 1 7 8

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	3	-33.61	0.21*	0.00	6 4 1
	3	-33.61	0.21*	0.00	6 4 1
	3	-33.61	0.21	0.00*	6 4 1
	3	-33.61	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	-0.21*	0.00	0.13	5 3 1
	0.50	-207.8*	0.00	0.13	6 2 1 7 8
	0.50	-33.38	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-33.38	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-33.38	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	-33.38	0.00	0.13*	6 4 1
14	5	0.02*	-0.21	0.00	5 3 1
	5	-207.5*	-0.21	0.00	6 2 1 7 8
	5	-33.15	-0.21*	0.00	6 4 1
	5	-33.15	-0.21*	0.00	6 4 1
	5	-33.15	-0.21	0.00*	6 4 1
	5	-33.15	-0.21	0.00*	6 4 1
15	5	-49.03*	0.21	0.00	6 2 1
	5	-124.4*	0.21	0.00	5 3 1 7 8
	5	-64.96	0.21*	0.00	6 4 1
	5	-64.96	0.21*	0.00	6 4 1
	5	-64.96	0.21	0.00*	6 4 1
	5	-64.96	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	-49.26*	0.00	0.13	6 2 1
	0.50	-124.6*	0.00	0.13	5 3 1 7 8
	0.50	-65.19	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-65.19	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-65.19	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	-65.19	0.00	0.13*	6 4 1
15	7	-49.49*	-0.21	0.00	6 2 1
	7	-124.8*	-0.21	0.00	5 3 1 7 8
	7	-65.42	-0.21*	0.00	6 4 1
	7	-65.42	-0.21*	0.00	6 4 1
	7	-65.42	-0.21	0.00*	6 4 1
	7	-65.42	-0.21	0.00*	6 4 1
16	2	44.26*	0.21	0.00	5 3 1 8
	2	-62.43*	0.21	0.00	6 2 1 7
	2	13.47	0.21*	0.00	6 4 1
	2	13.47	0.21*	0.00	6 4 1
	2	13.47	0.21	0.00*	6 4 1

174

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	2	13.47	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	44.49*	0.00	0.13	5 3 1 8
	0.50	-62.20*	0.00	0.13	6 2 1 7
	0.50	13.70	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	13.70	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	13.70	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	13.70	0.00	0.13*	6 4 1
16	10	44.72*	-0.21	0.00	5 3 1 8
	10	-61.97*	-0.21	0.00	6 2 1 7
	10	13.93	-0.21*	0.00	6 4 1
	10	13.93	-0.21*	0.00	6 4 1
	10	13.93	-0.21	0.00*	6 4 1
	10	13.93	-0.21	0.00*	6 4 1
17	10	60.98*	0.21	0.00	6 2 1 7
	10	-45.71*	0.21	0.00	5 3 1 8
	10	-14.92	0.21*	0.00	6 4 1
	10	-14.92	0.21*	0.00	6 4 1
	10	-14.92	0.21	0.00*	6 4 1
	10	-14.92	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	60.75*	0.00	0.13	6 2 1 7
	0.50	-45.94*	0.00	0.13	5 3 1 8
	0.50	-15.15	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-15.15	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-15.15	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	-15.15	0.00	0.13*	6 4 1
17	8	60.52*	-0.21	0.00	6 2 1 7
	8	-46.17*	-0.21	0.00	5 3 1 8
	8	-15.38	-0.21*	0.00	6 4 1
	8	-15.38	-0.21*	0.00	6 4 1
	8	-15.38	-0.21	0.00*	6 4 1
	8	-15.38	-0.21	0.00*	6 4 1
18	1	46.83*	0.21	0.00	5 3 1 8
	1	-64.96*	0.21	0.00	6 2 1 7
	1	12.65	0.21*	0.00	6 4 1
	1	12.65	0.21*	0.00	6 4 1
	1	12.65	0.21	0.00*	6 4 1
	1	12.65	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	47.06*	0.00	0.13	5 3 1 8
	0.50	-64.73*	0.00	0.13	6 2 1 7

SCHNITTGRÖSSEN * = max/min Werte

Stab Nr.	Knoten Nr.	N (kN)	Q (kN)	M (kNm)	zugehörige Lastfälle
	0.50	12.88	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	12.88	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	12.88	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	12.88	0.00	0.13*	6 4 1
18	11	47.29*	-0.21	0.00	5 3 1 8
	11	-64.50*	-0.21	0.00	6 2 1 7
	11	13.11	-0.21*	0.00	6 4 1
	11	13.11	-0.21*	0.00	6 4 1
	11	13.11	-0.21	0.00*	6 4 1
	11	13.11	-0.21	0.00*	6 4 1
19	11	63.52*	0.21	0.00	6 2 1 7
	11	-48.28*	0.21	0.00	5 3 1 8
	11	-14.09	0.21*	0.00	6 4 1
	11	-14.09	0.21*	0.00	6 4 1
	11	-14.09	0.21	0.00*	6 4 1
	11	-14.09	0.21	0.00*	6 4 1
	0.50	63.29*	0.00	0.13	6 2 1 7
	0.50	-48.51*	0.00	0.13	5 3 1 8
	0.50	-14.32	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-14.32	0.00*	0.13	6 4 1
	0.50	-14.32	0.00	0.13*	6 4 1
	0.50	-14.32	0.00	0.13*	6 4 1
19	9	63.06*	-0.21	0.00	6 2 1 7
	9	-48.74*	-0.21	0.00	5 3 1 8
	9	-14.55	-0.21*	0.00	6 4 1
	9	-14.55	-0.21*	0.00	6 4 1
	9	-14.55	-0.21	0.00*	6 4 1
	9	-14.55	-0.21	0.00*	6 4 1

275

Baustoff Nr. 1 S235 fyk = 235 N/mm2

Querschnitte

Art		Mat Nr.	fyd (N/mm2)	Npl (kN)	Mplyd (kNm)	Vplzd (kN)	Mplzd (kNm)	Vplyd (kN)
-4	HE320B	1	235	3784	221	1669	506	698
6	U220	1	235	879	69	273	15	227
3	HE120A	1	235	595	28	114	14	261

Nachweis nach DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08 6.2.1 (6.1) γM0 = 1.00

Stab Nr.	x (m)	QNr. (-)	N,ed (kN)	My,ed (kNm)	Vz,ed (kN)	QKL (-)	σV (N/mm2)	τ	η (-)	Komb Nr.
1	0.000	1	-355.5	0.0	2.0	1	22	0	0.09	13
	0.860	1	-354.0	1.9	2.4	1	25	0	0.11	12
	1.720	1	-352.5	4.1	2.8	1	29	0	0.12	12
2	0.000	1	-306.4	4.1	-6.9	1	26	1	0.11	12
	0.860	1	-305.0	-1.7	-6.5	1	22	1	0.09	13
	1.720	1	-303.5	-7.1	-6.1	1	30	1	0.13	13
3	0.000	1	-150.9	-7.1	3.7	1	21	0	0.09	13
	0.860	1	-149.4	-3.7	4.1	1	15	0	0.06	13
	1.720	1	-161.2	0.0	2.2	1	10	0	0.04	3
4	0.000	2	12.0	0.0	-20.8	1	11	6	0.05	13
	0.800	2	12.0	-16.9	-21.5	1	37	6	0.16	13
	1.600	2	12.0	-34.3	-22.1	1	72	7	0.31	13
5	0.000	2	-72.2	-34.3	191.0	1	104	58	0.44	13
	0.800	2	-64.7	77.6	-12.9	1	167	4	0.71	12
	1.600	2	-65.6	67.0	7.4	1	146	2	0.62	11
6	0.000	2	0.0	-0.5	0.9	1	1	0	0.00	15
	0.575	2	0.0	-0.1	0.5	1	0	0	0.00	14
7	0.000	1	-263.1	0.0	-2.3	1	16	0	0.07	8
	0.860	1	-255.9	-3.0	-3.3	1	21	0	0.09	15
	1.720	1	-257.4	-5.7	-2.9	1	25	0	0.11	15
8	0.000	1	-336.6	-5.7	5.0	1	30	1	0.13	15
	0.860	1	-359.2	-0.5	3.4	1	23	0	0.10	8
	1.720	1	-339.5	3.7	5.9	1	27	1	0.12	15
9	0.000	1	-394.8	2.6	-1.9	1	29	0	0.12	8
	0.860	1	-396.3	1.1	-1.5	1	26	0	0.11	8
	1.720	1	-397.8	0.0	-1.1	1	25	0	0.10	8
10	0.000	3	131.8	0.0	0.2	1	52	0	0.22	13
	0.800	3	131.8	0.1	0.0	1	53	0	0.22	13
	1.600	3	131.8	0.0	-0.2	1	52	0	0.22	13
11	0.000	3	80.4	0.0	0.2	1	32	0	0.14	8
	0.800	3	80.4	0.1	0.0	1	33	0	0.14	8
	1.600	3	80.4	0.0	-0.2	1	32	0	0.14	8
12	0.000	3	52.1	0.0	0.2	1	21	0	0.09	12
	0.800	3	52.1	0.1	0.0	1	21	0	0.09	12
	1.600	3	52.1	0.0	-0.2	1	21	0	0.09	12
13	0.000	3	37.1	0.0	0.2	1	15	0	0.06	8
	0.800	3	37.1	0.1	0.0	1	15	0	0.07	8
	1.600	3	37.1	0.0	-0.2	1	15	0	0.06	8
14	0.000	3	-208.0	0.0	0.2	1	82	0	0.35	13
	1.174	3	-207.8	0.1	0.0	1	83	0	0.36	13
	2.349	3	-207.5	0.0	-0.2	1	82	0	0.35	13
15	0.000	3	-124.4	0.0	0.2	1	49	0	0.21	8
	1.174	3	-124.6	0.1	0.0	1	50	0	0.22	8
	2.349	3	-124.8	0.0	-0.2	1	49	0	0.21	8
16	0.000	3	-62.4	0.0	0.2	1	25	0	0.10	12
	1.174	3	-62.2	0.1	0.0	1	26	0	0.11	12
	2.349	3	-62.0	0.0	-0.2	1	25	0	0.10	12

Nachweis nach DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08 6.2.1 (6.1) γM0 = 1.00

Stab Nr.	x (m)	QNr. (-)	N,ed (kN)	My,ed (kNm)	Vz,ed (kN)	QKL (-)	σV (N/mm2)	τ	η (-)	Komb Nr.
17	0.000	3	61.0	0.0	0.2	1	24	0	0.10	12
	1.174	3	60.8	0.1	0.0	1	25	0	0.11	12
	2.349	3	60.5	0.0	-0.2	1	24	0	0.10	12
18	0.000	3	-65.0	0.0	0.2	1	26	0	0.11	12
	1.174	3	-64.7	0.1	0.0	1	27	0	0.11	12
	2.349	3	-64.5	0.0	-0.2	1	26	0	0.11	12
19	0.000	3	63.5	0.0	0.2	1	25	0	0.11	12
	1.174	3	63.3	0.1	0.0	1	26	0	0.11	12
	2.349	3	63.1	0.0	-0.2	1	25	0	0.11	12

Liste der maßgebenden Kombinationen

3: 1 3 6 7
8: 1 3 5 7 8
11: 1 2 6 8
12: 1 2 6 7
13: 1 2 6 7 8
14: 1 2 5 7
15: 1 2 5 7 8

VERSCHIEBUNGEN v (cm) und Verdrehungen Phi * = max/min Werte

Knoten Nr.	u (cm)	v (cm)	Phi	zugehörige Lastfälle
1	0.000*	0.000	0.00024	3 5 1
	0.000*	0.000	-0.00029	2 6 1
	0.000	0.000*	-0.00029	2 6 1
	0.000	0.000*	0.00024	3 5 1
	0.000	0.000	0.00024*	3 5 1
	0.000	0.000	-0.00029*	2 6 1
2	0.040*	0.004	0.00022	3 5 1
	-0.057*	0.018	-0.00045	2 6 1 7
	-0.057	0.018*	-0.00045	2 6 1 7
	0.040	0.004*	0.00022	3 5 1
	0.040	0.004	0.00022*	3 5 1
	-0.057	0.014	-0.00042*	2 6 1
3	0.078*	0.010	0.00026	3 5 1 8
	-0.137*	0.034	-0.00031	2 6 1 7
	-0.137	0.034*	-0.00031	2 6 1 7
	0.078	0.010*	0.00026	3 5 1
	0.078	0.010	0.00026*	3 5 1
	-0.129	0.025	-0.00029*	2 6 1
4	0.129*	0.015	0.00031	3 5 1 8
	-0.153*	0.041	0.00001	2 6 1 7
	-0.153	0.041*	0.00001	2 6 1 7
	0.095	0.015*	0.00026	3 1
	0.129	0.015	0.00031*	3 5 1
	-0.150	0.030	-0.00003*	2 6 1
5	0.129*	0.057	0.00054	3 5 1 8
	-0.152*	0.145	0.00226	2 6 1 7
	-0.151	0.145*	0.00226	2 6 1 7 8
	0.095	0.053*	0.00047	3 1
	-0.085	0.145	0.00227*	2 5 1 7
	0.095	0.053	0.00047*	3 1
6	0.134*	0.046	0.00056	3 5 1 8
	-0.158*	0.042	-0.00548	2 6 1 7
	0.131	0.052*	-0.00027	3 5 1 7 8
	-0.038	0.011*	-0.00167	6 1
	0.100	0.043	0.00064*	3 1
	-0.158	0.042	-0.00548*	2 6 1 7
7	0.101*	0.038	0.00028	3 5 1 7 8
	-0.088*	0.025	-0.00028	2 6 1
	0.101	0.038*	0.00028	3 5 1 7 8
	-0.012	0.009*	-0.00007	6 1
	0.095	0.033	0.00028*	3 5 1
	-0.088	0.025	-0.00028*	2 6 1
8	0.042*	0.020	0.00032	3 5 1 7
	-0.053*	0.011	-0.00023	2 6 1
	0.042	0.020*	0.00032	3 5 1 7 8
	-0.011	0.004*	-0.00001	6 1
	0.042	0.017	0.00029*	3 5 1
	-0.053	0.011	-0.00023*	2 6 1
9	0.000*	0.000	0.00022	3 5 1
	0.000*	0.000	-0.00035	2 6 1

VERSCHIEBUNGEN v (cm) und Verdrehungen Phi * = max/min Werte

Knoten Nr.	u (cm)	v (cm)	Phi	zugehörige Lastfälle
	0.000	0.000*	0.00022	3 5 1
	0.000	0.000*	-0.00009	6 1
	0.000	0.000	0.00022*	3 5 1
	0.000	0.000	-0.00035*	2 6 1
10	0.078*	0.012	0.00000	3 5 1 8
	-0.097*	0.019	0.00000	2 6 1 7
	-0.054	0.019*	0.00000	2 5 1 7 8
	-0.001	0.008*	0.00000	1
	0.025	0.011	0.00000*	4 6 1
	0.025	0.011	0.00000*	4 6 1
11	0.031*	0.000	0.00000	3 5 1
	-0.042*	0.000	0.00000	2 6 1
	-0.042	0.000*	0.00000	2 6 1
	0.000	0.000*	0.00000	1
	0.009	0.000	0.00000*	4 6 1
	0.009	0.000	0.00000*	4 6 1
12	0.134*	0.112	0.00058	3 5 1 8
	-0.158*	-0.586	-0.00546	2 6 1 7
	0.101	0.120*	0.00066	3 1 8
	-0.158	-0.586*	-0.00546	2 6 1 7
	0.100	0.118	0.00066*	3 1
	-0.158	-0.586	-0.00546*	2 6 1 7

197

Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co.
Wasserwirtschaft KG
Bonsiepen 7
45136 Essen
Tel.: 0201/89670
Fax: 0201/8967-123

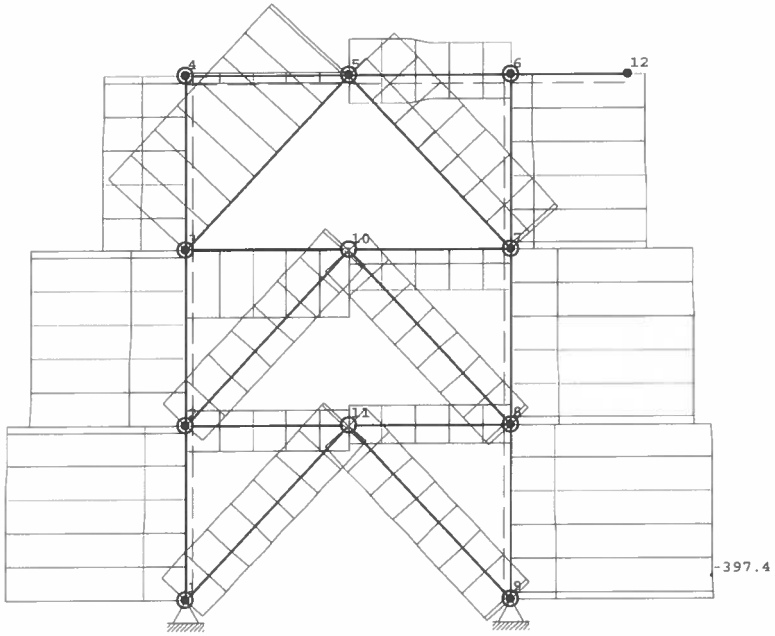
Proj.Nr.:

Projekt: 10_Rohrbrücke

ASB-Nr.:

Datum: 13.12.2019

max/min-Überlagerung: Überlagerung
Normalkraft N (kN) M 1 : 33



Position: 13

Block

Seite: 41

Archiv-Nr.

Vorgang:

Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co.
Wasserwirtschaft KG
Bonsiepen 7
45136 Essen
Tel.: 0201/89670
Fax: 0201/8967-123

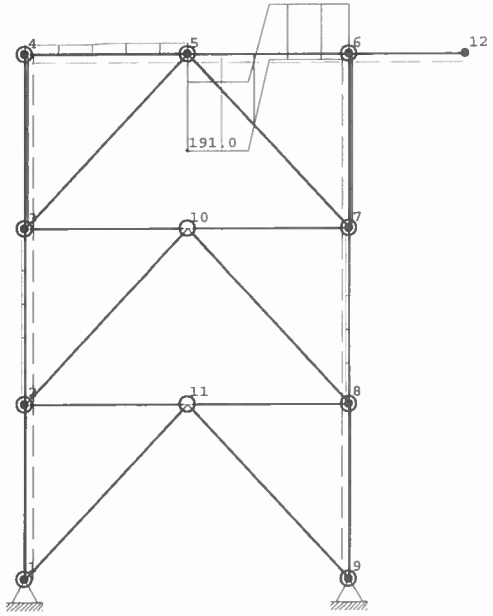
Proj.Nr.:

Projekt: 10_Rohrbrücke

ASB-Nr.:

Datum: 13.12.2019

max/min-Überlagerung: Überlagerung
Querkraft Q (kN) M 1 : 50



Position: 13

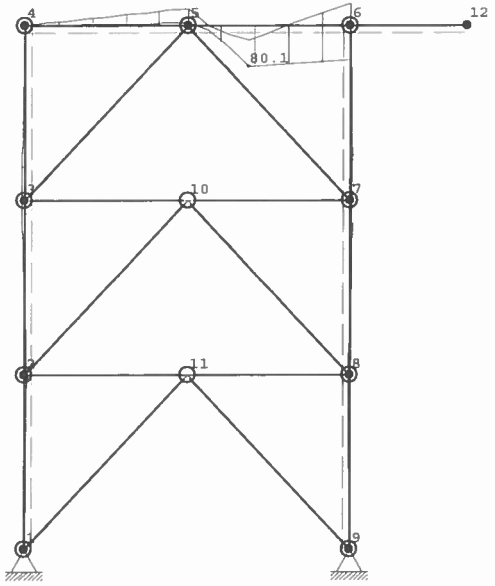
Block

Seite: 42

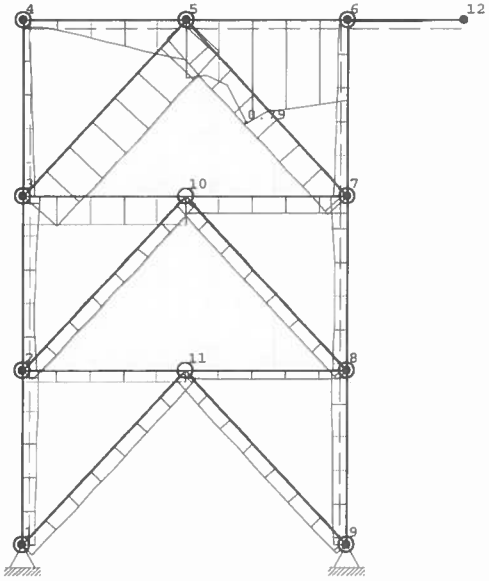
Archiv-Nr.

Vorgang:

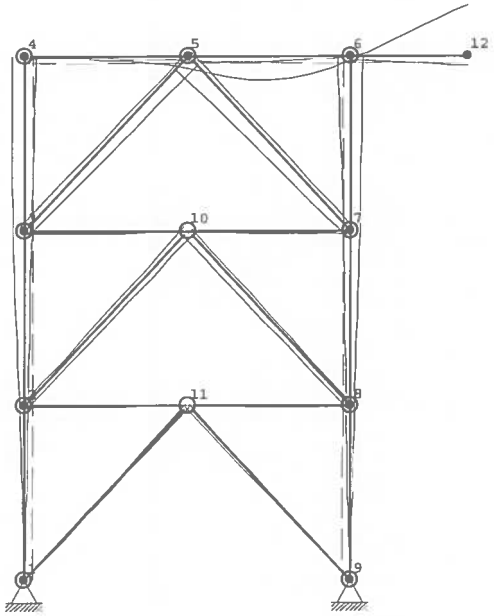
max/min-Überlagerung: Überlagerung
Momente M (kNm) M 1 : 50



max/min-Überlagerung: Überlagerung
Spannungen Eta M 1 : 50

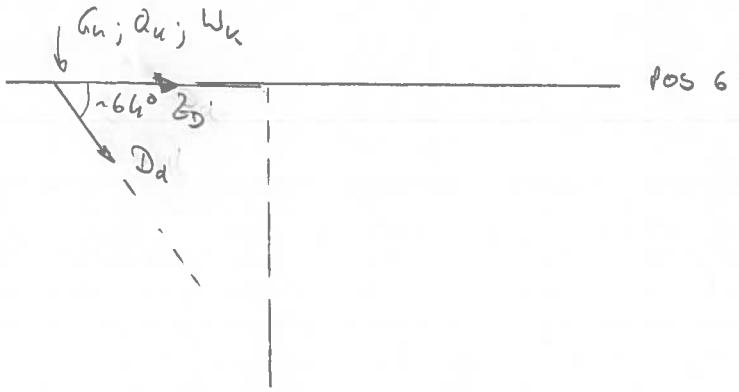


max/min-Überlagerung: Überlagerung
Verschiebung (cm) M 1 : 50



183

Bemessung Diagonale



aus POSITION 6, Auflager 1

$G_k = 29{,}7$ kN

$Q_k = 24{,}2$ kN

$W_k = 1{,}2$ kN

$\Rightarrow D_d = -[1{,}35 \cdot 29{,}7 + 1{,}50 \cdot (24{,}2 + 1{,}2)] / \sin 64°$

$\underline{\underline{D_d = -87 \text{ kN}}}$ Bemessung s. GDV - POSITION 13.1

$\underline{\underline{Z_d}} = 87 \text{ kN} \cdot \cos 64 = \underline{\underline{38{,}14 \text{ kN}}}$

Position: 13.1 Bemessung Diagonale Längsrichtung

Stabilitätsnachweis STX+ 01/20 (FRILO R-2020-1/P03)

Grundparameter

Einstellungen zur Tragsicherheit

Querschnittsbemessung : elastisch
Stabilitätsnachweis nach : 6.3.3 - Anhang B

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm : DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik : DIN EN 1990/NA:2010-12

System

Maßstab 1 : 50

Trägerlänge : 6.40 m

Material S235

E_k = 210000 N/mm² G_k = 80769 N/mm²
γ = 78.50 kN/m³ μ = 0.30

Streckgrenze $t \leq$ 40 mm f_{yk} = 235.00 N/mm²
$t \leq$ 80 mm f_{yk} = 215.00 N/mm²
Zugfestigkeit $t \leq$ 40 mm f_{uk} = 360.00 N/mm²
$t \leq$ 80 mm f_{uk} = 360.00 N/mm²

Querschnitt - HEA 160

Profil h = 152 mm
Steg (lichte Höhe) h_1 = 104 mm s = 6 mm
Ober- und Untergurt b = 160 mm t = 9 mm
Ausrundung r = 15 mm
Fläche A = 38.8 cm²
Statische Werte I_y = 1670.0 cm⁴ W_y = 220.0 cm³
I_z = 616.0 cm⁴ W_z = 76.9 cm³

Lagerbedingungen - Verschiebungen,Verdrehungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	6.40	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Schnittgrößen

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.34	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.67	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.01	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.35	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.60	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.68	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
2.02	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
2.36	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
2.69	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
3.03	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
3.20	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
3.37	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
3.71	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
4.04	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
4.38	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
4.72	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
4.80	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
5.05	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
5.39	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
5.73	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
6.06	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00
6.40	-100.0	0.0	0.00	0.0	0.00

Ergebnisse

Stabilitätsnachweis zentrische Normalkraft (Gl. 6.46)

$N_{Ed} / (\chi_y * N_{Rd})$ = **0.21** $N_{Ed} / (\chi_T * N_{Rd})$ = **0.47**

N_{Ed} = 100.0 kN N_{Rk} = 911.8 kN
s_{ky} = 6.40 m
λ_y = 1.04 λ_T = 1.71
$N_{cr,y}$ = 845.0 kN $N_{cr,T}$ = 311.7 kN
χ_y = 0.57 χ_T = 0.26
γ_{M1} = 1.10

Nachweis bei x = 0.00 m nach Gl. (6.46) erfüllt.

Tragsicherheitsnachweis nach Abschnitt 6.1

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,v}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-25.8	0.0	25.8	0.11
6.40	1	-25.8	0.0	25.8	0.11

182

Position: 13.2 Stütze 1 (Stab 1-3) HEB 320

Stahlstütze STS+ 01/2020 (FRILO R-2020-1/P03)

Grundparameter

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	untereinander mit $\gamma_{G,sup}$ und $\gamma_{G,inf}$

Einstellungen zur Tragsicherheit

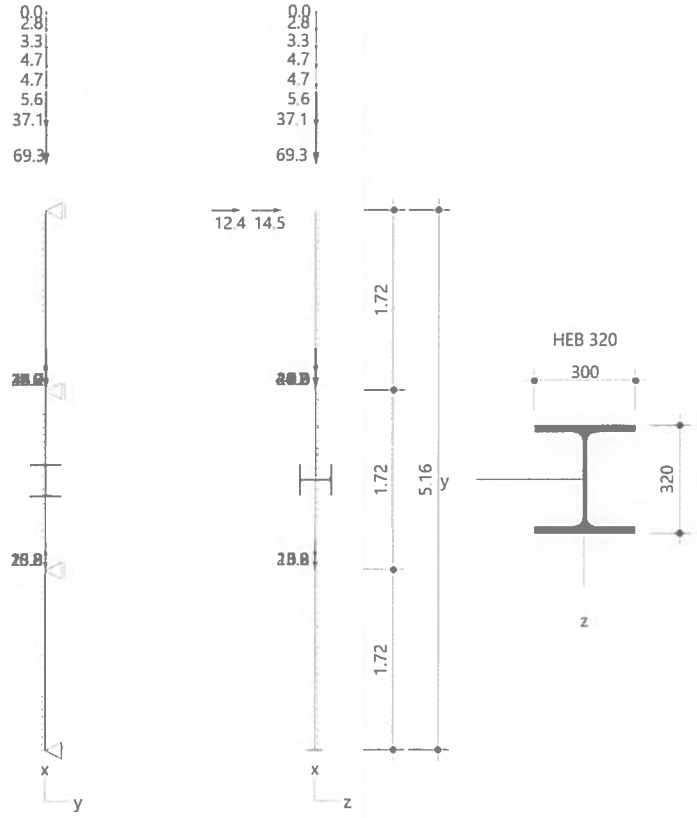
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B

Einstellungen zur Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch	
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	2.0	cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	l_{eff}/ 300	

System Allgemeine Stütze

Stahlrahmen Bereich 3: Stütze 1 Stab 1-2-3
Herausgelöste Stütze HEB 300



Stütze: Höhe = 5.16 m
Seitliche Halterung in y-Richtung : in den Drittelspunkten am Schubmittelpunkt

Material S235

	E_k =	210000	N/mm²	G_k =	80769	N/mm²
	γ =	78.50	kN/m³	μ =	0.30	
Streckgrenze	t ≤	40	mm	f_{yk} =	235.00	N/mm²
Zugfestigkeit	t ≤	40	mm	f_{uk} =	360.00	N/mm²

183

Querschnitt - HEB 320

Profil	h =	320 mm				
Steg (lichte Höhe)	h_1 =	225 mm	s =	12 mm		
Ober- und Untergurt	b =	300 mm	t =	21 mm		
Ausrundung	r =	27 mm				
Fläche	A =	161.3 cm²				
Statische Werte	I_y =	30820.0 cm⁴	W_y =	1926.0 cm³		
	I_z =	9239.0 cm⁴	W_z =	616.0 cm³		

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	-1	0.0
2	5.16	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0
10	1.72	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0
11	3.44	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Einwirkungen(Ew)

id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Q	ständig/vorübergehend	Windlasten	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00
10	Q	ständig/vorübergehend	Schnee H < 1000 m	1.50	0.00	0.50	0.20	0.00
14	Q	ständig/vorübergehend	sonstige veränderliche Einwirkungen	1.50	0.00	0.80	0.70	0.50

Lasten

Lastarten

Art 14 = Kopflast kN 3 = Einzellast bei a kN
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

Standard-Lastfälle und Lasten

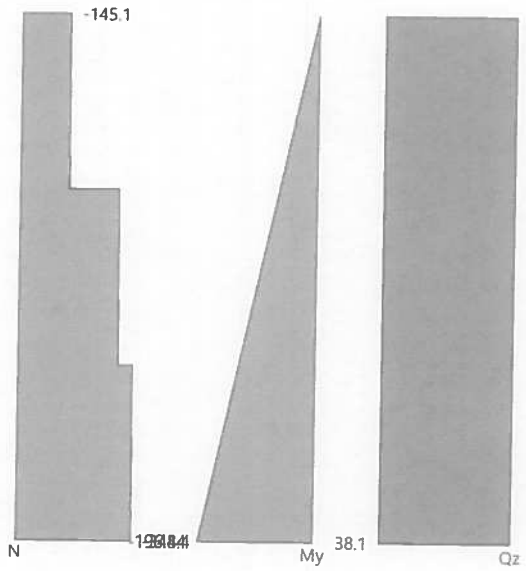
Beschreibung	Nr	Art	in/um	pi	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Pos. 13: LF1 Ständige Lasten	1	14	in x-Richtung	69.4	5.16		-	99		1
Pos. 13: LF1 Ständige Lasten	2	3	in x-Richtung	36.7	3.44		-	99		1
Pos. 13: LF1 Ständige Lasten	3	3	in x-Richtung	0.8	1.72		-	99		1
Pos. 13.1: H-Last Gk	4	14	in z-Richtung	14.5	5.16		-	99		
Pos. 13: LF2 Betrieb max	5	14	in x-Richtung	-5.6	5.16		-	14	1	2
Pos. 13: LF2 Betrieb max	6	3	in x-Richtung	44.2	3.44		-	14	1	2
Pos. 13: LF2 Betrieb max	7	3	in x-Richtung	23.8	1.72		-	14	1	2
Pos. 13: LF3 Abfahren	8	14	in x-Richtung	3.3	5.16		-	14	1	3
Pos. 13: LF3 Abfahren	9	3	in x-Richtung	-28.7	3.44		-	14	1	3
Pos. 13: LF3 Abfahren	10	3	in x-Richtung	-15.9	1.72		-	14	1	3
Pos. 13: LF4 Betrieb min	11	14	in x-Richtung	2.8	5.16		-	14	1	4
Pos. 13: LF4 Betrieb min	12	3	in x-Richtung	-24.0	3.44		-	14	1	4
Pos. 13: LF4 Betrieb min	13	3	in x-Richtung	-13.2	1.72		-	14	1	4
Pos. 13: LF5 Wind +X	14	14	in x-Richtung	4.7	5.16		-	9	2	5
Pos. 13: LF5 Wind +X	15	3	in x-Richtung	-3.8	3.44		-	9	2	5
Pos. 13: LF5 Wind +X	16	3	in x-Richtung	-6.2	1.72		-	9	2	5
Pos. 13: LF6 Wind -X	17	14	in x-Richtung	4.7	5.16		-	9	2	6
Pos. 13: LF6 Wind -X	18	3	in x-Richtung	7.6	3.44		-	9	2	6
Pos. 13: LF6 Wind -X	19	3	in x-Richtung	6.2	1.72		-	9	2	6
Pos. 13: LF7 Verkehr Kabelbühne	20	14	in x-Richtung	37.1	5.16		-	14		7
Pos. 13: LF7 Verkehr Kabelbühne	21	3	in x-Richtung	16.9	3.44		-	14		7

Beschreibung	Nr	Art	in/um	pi	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Pos. 13.1: H-Last Qk	22	14	in z-Richtung	12.4	5.16		-	14		
Pos. 13: LF8 Schnee	23	14	in x-Richtung	-0.01	5.16		-	10		8
Pos. 13: LF8 Schnee	24	3	in x-Richtung	0.02	3.44		-	10		8

Ergebnisse

Tragfähigkeit - Lastkombination ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Lfk 104 - Querschnittstragfähigkeit



Schnittgrößen - Lfk 104

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-344.4	38.1	-196.84	0.0	0.00
1.72	-341.5	38.1	-131.22	0.0	0.00
1.72	-299.1	38.1	-131.22	0.0	0.00
3.44	-296.1	38.1	-65.61	0.0	0.00
3.44	-148.1	38.1	-65.61	0.0	0.00
5.16	-145.1	38.1	0.00	0.0	0.00

187

Querschnittstragfähigkeit elastisch - Lfk 104 - γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-123.5	11.3	123.6	0.53
1.72	1	-89.3	11.3	89.4	0.38
1.72	1	-86.7	11.3	86.8	0.37
3.44	1	-52.4	11.3	52.6	0.22
3.44	1	-43.2	11.3	43.5	0.19
5.16	1	-9.0	11.3	21.5	0.09

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
0.00	1	344.3	196.84	6.62	0.45	104

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.61)

$N_{Ed} / (\chi_y * N_{Rd}) + k_{yy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{yz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.39**

N_{Ed} =	344.3	kN	N_{Rk} =	3790.6	kN
$N_{cr,y}$ =	9785.1	kN			
s_{ky} =	8.08	m			
λ_y =	0.62				
χ_y =	0.83				
k_{yy} =	0.63		k_{yz} =	0.00	
$M_{y,Ed}$ =	196.84	kNm	$M_{z,Ed}$ =	0.00	kNm
M_{cr} =	17451.13	kNm			
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	506.21	kNm	$M_{z,Rk}$ =	220.83	kNm
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 104 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.61) erfüllt.

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.62)

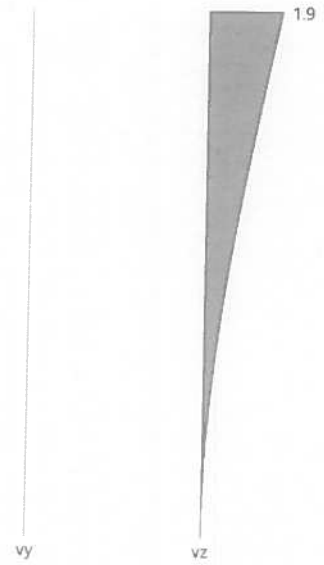
$N_{Ed} / (\chi_z * N_{Rd}) + k_{zy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{zz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.45**

N_{Ed} =	344.3	kN	N_{Rk} =	3790.6	kN
$N_{cr,z}$ =	76247.9	kN			
s_{kz} =	1.58	m			
λ_z =	0.22				
χ_z =	0.99				
k_{zy} =	0.82		k_{zz} =	0.00	
$M_{y,Ed}$ =	196.84	kNm	$M_{z,Ed}$ =	0.00	kNm
M_{cr} =	17451.13	kNm			
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	506.21	kNm	$M_{z,Rk}$ =	220.83	kNm
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 104 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.62) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Lfk 1488 - Verformung



Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 2.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
5.16	-0.03	0.0	1.9	1.9	0.95	1488

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
2.17	5.16	0.00	5.16	0.4	1.7	0.21	1385

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-6.5	-	-	-	-
		Pos. 13.1: H-Last Gk	99	-	14.5	-74.77	-	-
		Pos. 13.1: H-Last Qk	14	-	12.4	-63.93	-	-
		Lasten mit Zus 1	99	-106.9	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 2	14	-62.4	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 3	14	41.4	-	-	-	-

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
		Lasten mit Zus 4	14	34.5	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 5	9	5.3	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 6	9	-18.5	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 7	14	-54.0	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 8	10	-0.01	-	-	-	-

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Lager	x [m]	Lk	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Lfk 104	-344.4	38.1	-196.84	-	-
		Lfk 1	-234.1	38.1	-196.84	-	-

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Last:Faktor]
104	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.35 + 3:1.35 + 4:1.35 + 5:1.5 + 6:1.5 + 7:1.5 + 17:0.9 + 18:0.9 + 19:0.9 + 20:1.5 + 21:1.5 + 22:1.5
1488	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 4:1.0 + 5:1.0 + 6:1.0 + 7:1.0 + 17:0.6 + 18:0.6 + 19:0.6 + 20:1.0 + 21:1.0 + 22:1.0
1385	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 4:1.0 + 20:1.0 + 21:1.0 + 22:1.0 + 23:0.5 + 24:0.5
1	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.35 + 3:1.35 + 4:1.35 + 20:1.5 + 21:1.5 + 22:1.5 + 23:0.75 + 24:0.75

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.53	0.45	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.95

987

Position: 13.3 Stütze 2 (Stab 7-9) HEB 320

Stahlstütze STS+ 01/2020 (FRILO R-2020-1/P03)

Grundparameter

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Ψ_2 = 0.5 für Schnee (AE)	:	nicht angesetzt
Kombination ständiger Lasten	:	untereinander mit $\gamma_{G,sup}$ und $\gamma_{G,inf}$

Einstellungen zur Tragsicherheit

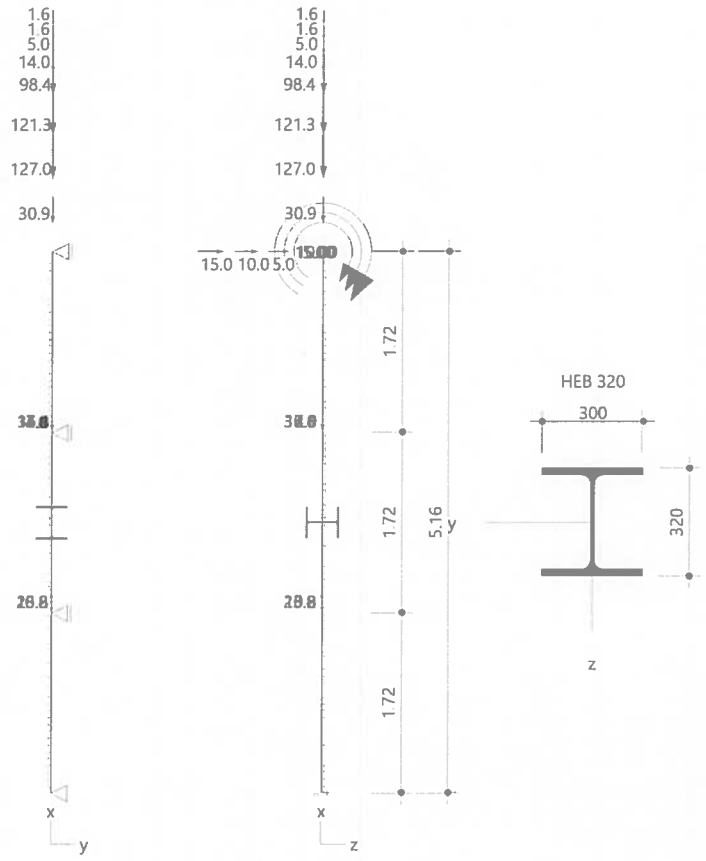
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Stabilitätsnachweis nach	:	6.3.3 - Anhang B

Einstellungen zur Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch	
Nachweis Absolutverformung mit	δ_{lim} =	2.0	cm
Nachweis Relativverformung (Durchbiegung) mit	δ_{lim} =	l_{eff}/ 300	

System Allgemeine Stütze

Stahlrahmen Bereich 3: Stütze 2 Stab 7-8-9
Herausgelöste Stütze HEB 300



Stütze: Höhe = 5.16 m
Seitliche Halterung in y-Richtung : in den Drittelspunkten am Schubmittelpunkt

Material S235

	E_k =	210000	N/mm²	G_k =	80769	N/mm²
	γ =	78.50	kN/m³	μ =	0.30	
Streckgrenze	t ≤	40	mm	f_{yk} =	235.00	N/mm²
Zugfestigkeit	t ≤	40	mm	f_{uk} =	360.00	N/mm²

487

Querschnitt - HEB 320

Profil	h =	320 mm				
Steg (lichte Höhe)	h_1 =	225 mm	s =	12 mm		
Ober- und Untergurt	b =	300 mm	t =	21 mm		
Ausrundung	r =	27 mm				
Fläche	A =	161.3 cm^2				
Statische Werte	I_y =	30820.0 cm^4	W_y =	1926.0 cm^3		
	I_z =	9239.0 cm^4	W_z =	616.0 cm^3		

Lagerbedingungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	-1	0.0
2	5.16	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0
10	1.72	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0
11	3.44	0.00	-1	0.00	0.0	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Einwirkungen(Ew)

Id	Typ	Bemessungssituation	Name	γ_{sup}	γ_{inf}	ψ_0	ψ_1	ψ_2
99	G	ständig/vorübergehend	ständig	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00
9	Q	ständig/vorübergehend	Windlasten	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00
10	Q	ständig/vorübergehend	Schnee H < 1000 m	1.50	0.00	0.50	0.20	0.00
14	Q	ständig/vorübergehend	sonstige veränderliche Einwirkungen	1.50	0.00	0.80	0.70	0.50

Lasten

Lastarten

Art 14 = Kopflast kN 3 = Einzellast bei a kN
4 = Einzelmoment bei a kNm
Das Eigengewicht wird automatisch berücksichtigt.

Standard-Lastfälle und Lasten

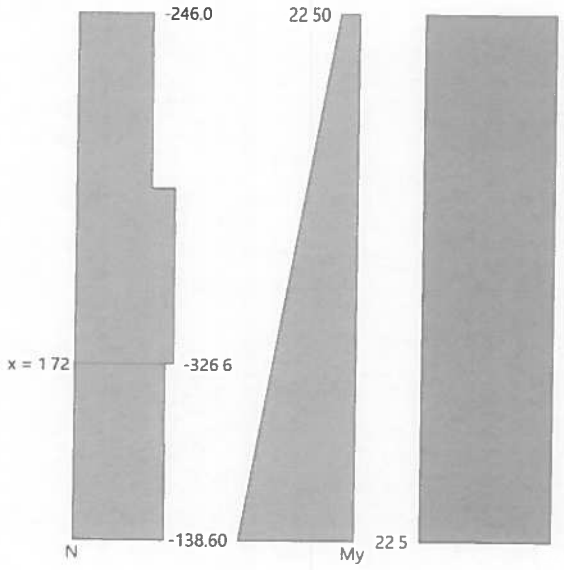
Beschreibung	Nr	Art	in/um	pl	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Pos. 13: LF1 Ständige Lasten	1	14	in x-Richtung	30.9	5.16		-	99		1
Pos. 13: LF1 Ständige Lasten	2	3	in x-Richtung	36.8	3.44		-	99		1
Pos. 13: LF1 Ständige Lasten	3	3	in x-Richtung	0.8	1.72		-	99		1
Pos. 13: LF2 Betrieb max	4	14	in x-Richtung	121.3	5.16		-	14	1	2
Pos. 13: LF2 Betrieb max	5	3	in x-Richtung	-4.9	3.44		-	14	1	2
Pos. 13: LF2 Betrieb max	6	3	in x-Richtung	-23.8	1.72		-	14	1	2
Betrieb max, Längskraft QX	7	14	in z-Richtung	15.0	5.16		-	14	1	2
Betrieb max, M aus Längskraft QX	8	4	um die y-Achse	-15.00	5.16		-	14	1	2
Pos. 13: LF3 Abfahren	9	14	in x-Richtung	127.0	5.16		-	14	1	3
Pos. 13: LF3 Abfahren	10	3	in x-Richtung	3.4	3.44		-	14	1	3
Pos. 13: LF3 Abfahren	11	3	in x-Richtung	15.9	1.72		-	14	1	3
Abfahren, Längskraft QX	12	14	in z-Richtung	10.0	5.16		-	14	1	3
Abfahren, M aus Längskraft QX	13	4	um die y-Achse	-10.00	5.16		-	14	1	3
Pos. 13: LF4 Betrieb min	14	14	in x-Richtung	98.4	5.16		-	14	1	4
Pos. 13: LF4 Betrieb min	15	3	in x-Richtung	2.9	3.44		-	14	1	4
Pos. 13: LF4 Betrieb min	16	3	in x-Richtung	13.2	1.72		-	14	1	4
Betrieb min, Längskraft QX	17	14	in z-Richtung	5.0	5.16		-	14	1	4
Betrieb min, M aus Längskraft QX	18	4	um die y-Achse	-5.00	5.16		-	14	1	4
Pos. 13: LF5 Wind +X	19	14	in x-Richtung	1.6	5.16		-	9	2	5
Pos. 13: LF5 Wind +X	20	3	in x-Richtung	7.6	3.44		-	9	2	5

Beschreibung	Nr	Art	in/um	pl	a [m]	pj	l [m]	Ew	Alt	Zus
Pos. 13: LF5 Wind +X	21	3	in x-Richtung	6.2	1.72		-	9	2	5
Pos. 13: LF6 Wind -X	22	14	in x-Richtung	1.6	5.16		-	9	2	6
Pos. 13: LF6 Wind -X	23	3	in x-Richtung	-3.8	3.44		-	9	2	6
Pos. 13: LF6 Wind -X	24	3	in x-Richtung	-6.2	1.72		-	9	2	6
Pos. 13: LF7 Verkehr Kabelbühne	25	14	in x-Richtung	14.0	5.16		-	14		7
Pos. 13: LF7 Verkehr Kabelbühne	26	3	in x-Richtung	17.0	3.44		-	14		7
Pos. 13: LF8 Schnee	27	14	in x-Richtung	5.0	5.16		-	10		8

Ergebnisse

Tragfähigkeit - Lastkombination ständige/vorübergehende Bemessungssituation

Lfk 54 - Querschnittstragfähigkeit



Schnittgrößen - Lfk 54

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-300.4	22.5	-138.60	0.0	0.00
1.72	-297.5	22.5	-99.90	0.0	0.00
1.72	-326.6	22.5	-99.90	0.0	0.00
3.44	-323.7	22.5	-61.20	0.0	0.00
3.44	-248.9	22.5	-61.20	0.0	0.00
5.16	-246.0	22.5	-22.50	0.0	0.00

188

Querschnittstragfähigkeit elastisch - Lfk 54 - γ_{M0} = 1,00

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-90.6	6.7	90.6	0.39
1.72	1	-70.3	6.7	70.4	0.30
1.72	1	-72.1	6.7	72.2	0.31
3.44	1	-51.8	6.7	51.9	0.22
3.44	1	-47.2	6.7	47.3	0.20
5.16	1	-26.9	6.7	27.1	0.12

Stabilitätsnachweis

x [m]	Qkl	N_{Ed} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	Gl	η	Lfk
0.00	1	326.5	138.60	6.62	0.35	54

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.61)

$N_{Ed} / (\chi_y * N_{Rd}) + k_{yy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{yz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.34**

N_{Ed} =	326.5 kN		N_{Rk} =	3790.6 kN	
$N_{cr,y}$ =	7080.7 kN				
s_{ky} =	9.50 m				
λ_y =	0.73				
χ_y =	0.77				
k_{yy} =	0.71		k_{yz} =	0.00	
$M_{y,Ed}$ =	138.60 kNm		$M_{z,Ed}$ =	0.00 kNm	
M_{cr} =	16386.07 kNm				
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	506.21 kNm		$M_{z,Rk}$ =	220.83 kNm	
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 54 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.61) erfüllt.

Stabilitätsnachweis Biegung ohne/mit Normalkraft (Gl. 6.62)

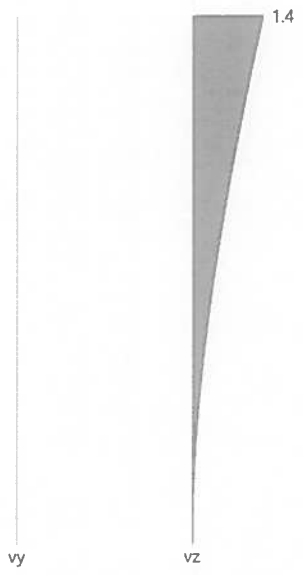
$N_{Ed} / (\chi_z * N_{Rd}) + k_{zy} * M_{y,Ed} / (\chi_{lt} * M_{y,Rd}) + k_{zz} * M_{z,Ed} / M_{z,Rd}$ = **0.35**

N_{Ed} =	326.5 kN		N_{Rk} =	3790.6 kN	
$N_{cr,z}$ =	71968.6 kN				
s_{kz} =	1.63 m				
λ_z =	0.23				
χ_z =	0.98				
k_{zy} =	0.83		k_{zz} =	0.00	
$M_{y,Ed}$ =	138.60 kNm		$M_{z,Ed}$ =	0.00 kNm	
M_{cr} =	16386.07 kNm				
χ_{lt} =	1.00				
$M_{y,Rk}$ =	506.21 kNm		$M_{z,Rk}$ =	220.83 kNm	
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis für Lfk 54 bei x = 0.00 m nach Gl. (6.62) erfüllt.

Gebrauchstauglichkeit - Lastkombination charakteristisch

Lfk 394 - Verformung



Verformungsnachweis - Absolutverformung f_{Cd} = 2.0 cm

x [m]	$f_{x,Ed}$ [cm]	$f_{y,Ed}$ [cm]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{res,Ed}$ [cm]	η	Lfk
5.16	-0.03	0.0	1.4	1.4	0.69	394

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

x [m]	l_{eff} [m]	$l_{eff,x0}$ [m]	$l_{eff,x1}$ [m]	$f_{z,Ed}$ [cm]	$f_{z,Cd}$ [cm]	η	Lfk
2.17	5.16	0.00	5.16	0.3	1.7	0.16	347

Auflagerkräfte

Auflagerkräfte - charakteristisch je Lastfall

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Eigengewicht	99	-6.5	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 1	99	-68.5	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 2	14	-92.6	15.0	-92.40	-	-
		Lasten mit Zus 3	14	-146.4	10.0	-61.60	-	-
		Lasten mit Zus 4	14	-114.5	5.0	-30.80	-	-
		Lasten mit Zus 5	9	-15.3	-	-	-	-

189

Lager	x [m]	Lf	Ew	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
		Lasten mit Zus 6	9	8.5	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 7	14	-31.0	-	-	-	-
		Lasten mit Zus 8	10	-5.0	-	-	-	-

Auflagerkräfte - Bemessungswerte

Lager	x [m]	Lk	R_x [kN]	R_z [kN]	M_y [kNm]	R_y [kN]	M_z [kNm]
Fuss	0.00	Lfk 59	-381.1	15.0	-92.40	-	-
		Lfk 7	-290.3	22.5	-138.60	-	-

Übersicht maßgeblicher Lastfallkombinationen

Lfk	Bemessungssituation	[Last:Faktor]
54	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.35 + 3:1.35 + 4:1.5 + 5:1.5 + 6:1.5 + 7:1.5 + 8:1.5 + 19:0.9 + 20:0.9 + 21:0.9 + 25:1.5 + 26:1.5
394	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 4:1.0 + 5:1.0 + 6:1.0 + 7:1.0 + 8:1.0 + 19:0.6 + 20:0.6 + 21:0.6 + 25:1.0 + 26:1.0
347	charakteristisch	Eigengewicht:1.0 + 1:1.0 + 2:1.0 + 3:1.0 + 4:1.0 + 5:1.0 + 6:1.0 + 7:1.0 + 8:1.0 + 25:1.0 + 26:1.0 + 27:0.5
59	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.35 + 3:1.35 + 9:1.5 + 10:1.5 + 11:1.5 + 12:1.5 + 13:1.5 + 19:0.9 + 20:0.9 + 21:0.9 + 25:1.5 + 26:1.5
7	ständig/vorübergehend	Eigengewicht:1.35 + 1:1.35 + 2:1.35 + 3:1.35 + 4:1.5 + 5:1.5 + 6:1.5 + 7:1.5 + 8:1.5 + 25:1.5 + 26:1.5 + 27:0.75

Zusammenfassung

Nachweis	Bemessungssituation	Querschnitt	Stabilität	Verformung
Tragfähigkeit	ständig/vorübergehend	0.39	0.35	
Gebrauchstauglichkeit	charakteristisch			0.69

Position: 13.4 Stabilität Diagonale HEA 120

Stabilitätsnachweis STX+ 01/20 (FRILO R-2020-1/P03)

Grundparameter

Einstellungen zur Tragsicherheit

Querschnittsbemessung : elastisch
Stabilitätsnachweis nach : 6.3.3 - Anhang B

Norm und Sicherheitskonzept

Bemessungsnorm : DIN EN 1993-1-1/NA:2015-08
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik : DIN EN 1990/NA:2010-12

System

Stahlrahmen Bereich 3: Diagonale Stab 14

Maßstab 1 : 25

Trägerlänge : 2.50 m

Material S235

	E_k =	210000	N/mm²	G_k =	80769	N/mm²
	γ =	78.50	kN/m³	μ =	0.30	
Streckgrenze	t ≤	40	mm	f_{yk} =	235.00	N/mm²
	t ≤	80	mm	f_{yk} =	215.00	N/mm²
Zugfestigkeit	t ≤	40	mm	f_{uk} =	360.00	N/mm²
	t ≤	80	mm	f_{uk} =	360.00	N/mm²

Querschnitt - HEA 120

Profil	h =	114	mm			
Steg (lichte Höhe)	h_1 =	74	mm	s =	5	mm
Ober- und Untergurt	b =	120	mm	t =	8	mm
Ausrundung	r =	12	mm			
Fläche	A =	25.3	cm²			
Statische Werte	I_y =	606.0	cm⁴	W_y =	106.0	cm³
	I_z =	231.0	cm⁴	W_z =	38.5	cm³

Lagerbedingungen - Verschiebungen,Verdrehungen

Nr	x [m]	Verschiebungen *) ux [kN/m]	uy [kN/m]	uz [kN/m]	Verdrehungen *) Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]
1	0.00	-1	-1	-1	-1	0.0	0.0
2	2.50	0.00	-1	-1	-1	0.0	0.0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Schnittgrößen

x [m]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
0.00	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.13	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.26	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.39	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.53	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.63	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.66	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.79	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
0.92	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.05	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.18	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.25	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.32	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.45	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.58	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.71	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.84	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.88	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
1.97	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
2.11	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
2.24	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
2.37	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00
2.50	-210.0	0.0	0.00	0.0	0.00

Ergebnisse

Stabilitätsnachweis zentrische Normalkraft (Gl. 6.46)

$N_{Ed} / (\chi_T * N_{Rd})$ = **0.47** $N_{Ed} / (\chi_z * N_{Rd})$ = **0.64**

N_{Ed} =	210.0	kN	N_{Rk} =	594.6	kN
			s_{kz} =	2.50	m
λ_T =	0.53		λ_z =	0.88	
$N_{cr,T}$ =	2111.1	kN	$N_{cr,z}$ =	766.0	kN
χ_T =	0.83		χ_z =	0.61	
γ_{M1} =	1.10				

Nachweis bei x = 0.00 m nach Gl. (6.46) erfüllt.

Tragsicherheitsnachweis nach Abschnitt 6.1

x [m]	Qkl	σ_d [N/mm²]	τ_d [N/mm²]	$\sigma_{d,V}$ [N/mm²]	η
0.00	1	-83.0	0.0	83.0	0.35
2.50	1	-83.0	0.0	83.0	0.35

157

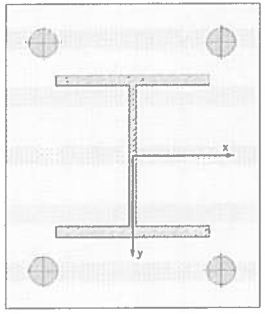
POS. 13.5: STÜTZE 1 (1-2-3) + 2 (7-8-9)

4H-EC3FP Version: 6/2013-2g

Stahlstützenfuß mit Fußplatte

Stahlnachweise nach DIN EN 1993-1:2010-12 mit NA-Deutschland

Draufsicht Fußplatte
Maßstab 1:10



Stützenquerschnitt
genormtes Profil: HE320B, der Güte S235

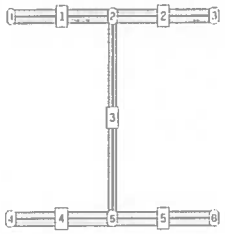
Fußplatte
b_x = 500 mm b_y = 600 mm t = 40 mm, der Güte S235

Mörtelfuge
t_F = 50 mm

Untergrund/Bettung
Entsprechend des Betons C35/45

Anker
4 Anker, FK 8.8, M30, ohne Schaft
mit einer Länge von 350 mm
Randabstände a_x/a_y = 75/75 mm

Querschnittsbeschreibung des Stützenprofils (HE320B)



Knotenkoordinaten

Nr.	x	y
-	mm	mm
1	-150.0	-149.8
2	0.0	-149.8
3	150.0	-149.8
4	-150.0	149.8
5	0.0	149.8
6	150.0	149.8

Linienelemente

Nr.	KnoA	KnoE	Dicke
-	-	-	mm
1	1	2	20.5
2	3	2	20.5
3	2	5	11.5
4	4	5	20.5
5	6	5	20.5

1. Belastung

1.1. Bemessungswerte der Stützenlast

Angriffspunkt im Schwerpunkt der Stütze

LK	Bezeichnung.	Bemessungssit.	$N_{St,d}$ kN	$H_{x,St,d}$ kN	$H_{y,St,d}$ kN	$M_{x,St,d}$ kNm	$M_{y,St,d}$ kNm
1	Stütze 1 Abfahren	ständig	89.00	32.69	19.56	0.00	0.00
2	Stütze 1 Betrieb max	ständig	481.37	-42.13	38.14	0.00	0.00
3	Stütze 2 Abfahren 1	ständig	379.65	32.42	15.00	92.40	0.00
4	Stütze 2 Abfahren 2	ständig	433.56	31.90	15.00	92.40	0.00
5	Stütze 2 Betrieb max	ständig	235.39	-45.48	22.50	138.60	0.00

2. Nachweis

2.1. Materialsicherheitsbeiwerte

Bemessungssit.	γ_{M0}	γ_{M2}	γ_c
ständig	1.00	1.25	1.50

2.2. Schweißnaht zwis[illegible] Stützenschaft und Fußplatte

Bemessung nach dem r[illegible]gebezogenen Verfahren entsprechend Abschnitt 4.5.3.2

$\sigma_{V,w,Ed} = (\sigma_\perp^2+3\,\tau_\perp^2+3\,\tau_\parallel^2)^{0.5}$,
$f_{1,w,Rd} = f_u/(\beta_w\gamma_{M2})$
$f_{2,w,Rd} = 0.9\,f_u/\gamma_{M2}$
$U = \max\{\,\sigma_{V,w,Ed}/f_{1,w,Rd},\ \sigma_\perp/f_{2,w,Rd}\,\}$

Die Verbindung wird mit einer Doppelkehlnaht voll ausgeführt (keine Endkrater).
Die Schweißnahtdicke beträgt am Flansch 8 mm und am Steg 8 mm.
Die Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

Mindestwert der Schweißnahtdicke a_{min} = 6.0 < 8.0 mm

LK	$\sigma_\perp$ kN/cm²	$\tau_\perp$ kN/cm²	$\tau_\parallel$ kN/cm²	$\sigma_{V,w,Ed}$ kN/cm²	$f_{1,w,Rd}$ kN/cm²	$f_{2,w,Rd}$ kN/cm²	Maßgeb.	U
1	-0.52	-0.52	0.54	1.40	36.00	25.92	Steg	0.04
2	-2.80	-2.80	1.06	5.89	36.00	25.92	Steg	0.16
3	-7.16	-7.16	-0.38	14.34	36.00	25.92	Flansch	0.40
4	-7.48	-7.48	-0.37	14.96	36.00	25.92	Flansch	0.42
5	-8.80	-8.80	0.53	17.62	36.00	25.92	Flansch	0.49

Maximale Ausnutzung U = 0.49 < 1.00

a_w - Schweißnahtdicke $\sigma_\perp$ - Normalspannungen senkrecht zur Naht $\tau_\perp$ - Schubspannungen senkrecht zur Naht
$\tau_\parallel$ - Schubspannungen parallel zur Naht U - Ausnutzung

2.3. FE-Berechnung

Die Berechnung der Pressungen unter der Fußplatte und der maßgebenden Schnittgrößen in der Fußplatte erfolgt durch eine FEM-Berechnung mit Steifeziflerverfahren. Die Anfangsbettung der Platte ergibt sich aus dem E-Modul des Betons unter der Fußplatte. Für die Flächenbettung gilt Zugfederausschaltung. Die Anker werden durch Punktfedern berücksichtigt, die nur auf Zug wirken.

Die Platte wird in 37 Elemente in X-Richtung und 46 Elemente in Y-Richtung eingeteilt.
Die Betonpressung wird begrenzt auf die zulässige Teilflächenpressung mit $\lim \sigma_{c,d} = f_{Rd,u}$.
Die Ersatzfeder für die Anker wird angesetzt mit c = E·A/l = 3366.00 kN/cm.

2.3.1. Spannungen in der Fußplatte (Elast.-Elast.)

Schnittgrößen

LK	x_{Fp} cm	y_{Fp} cm	m_{xx} kNcm/cm	m_{yy} kNcm/cm	m_{xy} kNcm/cm	v_x kN/cm	v_y kN/cm
1	8.8	15.0	0.05	0.03	-0.04	0.01	0.01
2	8.8	15.0	0.29	0.21	-0.27	0.07	0.07
3	25.0	13.7	0.48	0.68	-0.61	0.11	0.18
4	25.0	13.7	0.54	0.97	-0.81	0.13	0.22
5	8.8	45.0	0.36	2.50	-0.75	0.16	0.65

Spannungen und Ausnutzungen

$\sigma_V = (\sigma_x^2+\sigma_y^2-\sigma_x\sigma_y+3\,(\tau_{xy}^2+\tau_{xz}^2+\tau_{yz}^2))^{0.5}$
$\sigma_{Rd} = f_y/\gamma_{M0}$
$\tau_{Rd} = f_y/(3^{0.5}\gamma_{M0})$
$U = \max\{\,\sigma_1/\sigma_{Rd};\ \tau_1/\tau_{Rd};\ \sigma_V/\sigma_{Rd}\,\}$

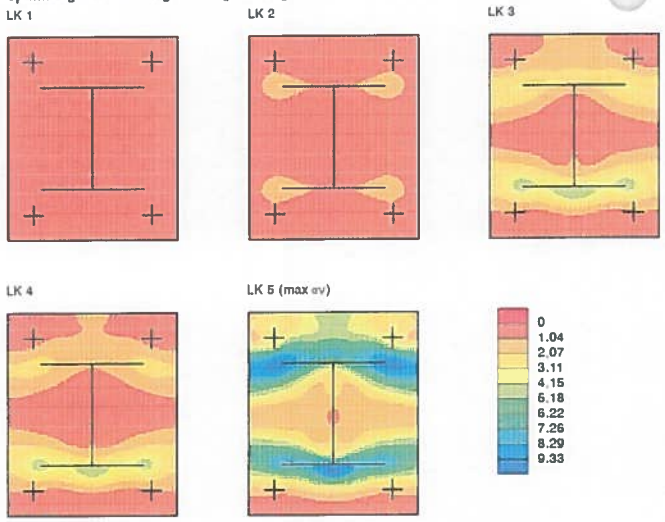
LK	x_{Fp} cm	y_{Fp} cm	σ_1 kN/cm²	τ_1 kN/cm²	σ_V kN/cm²	σ_{Rd} kN/cm²	τ_{Rd} kN/cm²	U
1	8.8	15.0	0.38	0.04	0.35	23.50	13.57	0.02
2	8.8	15.0	2.04	0.20	1.87	23.50	13.57	0.08
3	25.0	13.7	5.94	1.82	5.19	23.50	13.57	0.25
4	25.0	13.7	5.51	1.69	4.81	23.50	13.57	0.23
5	8.8	45.0	11.94	3.35	10.37	23.50	13.57	0.50

Maximale Ausnutzung U = 0.50 < 1.00

x_{Fp}/y_{Fp} - Koordinaten auf der Fußplatte m_{xx}/m_{yy} - Momente m_{xy} - Drillmoment
v_x/v_y - Querkraft σ_1 - Hauptnormalspannung τ_1 - Hauptschubspannung σ_V - Vergleichsspannung
σ_{Rd} - Grenznormalspannung U - Ausnutzung

282

Spannungsverteilung - σ_V [kN/cm²]



2.3.2. Betonpressung unter der Fußplatte

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c$
$U_{fjd} = \sigma_{c,m}/f_{jd}$
$U_{A,Druck}$ = vorh ($A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$) / zul ($A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$)

Bemessungswert der Beton- bzw. Mörtelfestigkeit unter Lagerpressung: $f_{jd} = 1.0 \cdot f_{cd}$

Nachweis nur bei Pressungsflächen größer als 5% der Plattenfläeche (A_{Druck} > 150.0 cm²)

Beschränkung für stark belastete Pressungsbereiche:
Das zulässige Verhältnis der Fläche mit Betonpressungen größer als der Bemessungswert ($A_{\sigma c>fjd}$) zur gesamten Druckfläche (A_{Druck}) beträgt: zul ($A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$) = 5%

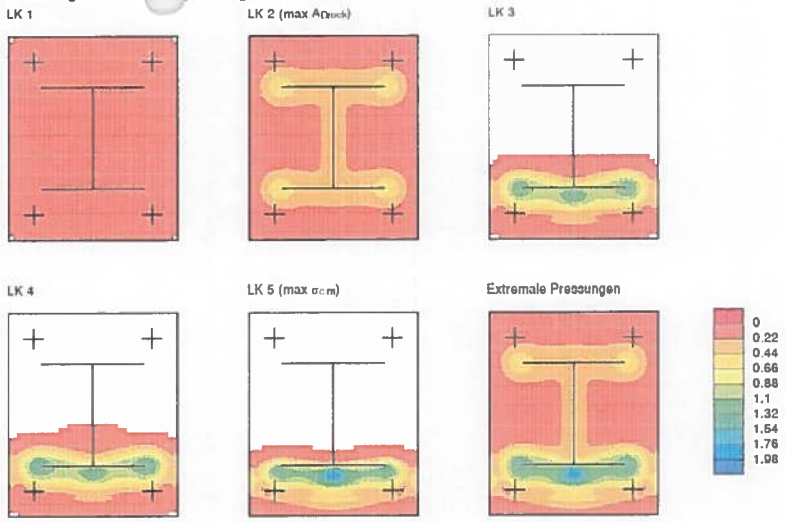
LK	lim $\sigma_{c,d}$ kN/cm²	A_{Druck} cm²	F_{Druck} kN	$A_{\sigma c>fjd}$ cm²	$\sigma_{c,max}$ kN/cm²	$\sigma_{c,m}$ kN/cm²	f_{jd} kN/cm²	U_{fjd}	$A_{\sigma c>fjd}$ / A_{Druck} %
1	5.95	2985.9	89.00	-	0.12	0.030	1.98	0.02	0.00
2	5.95	2992.9	481.37	-	0.65	0.161	1.98	0.08	0.00
3	5.95	1221.5	451.08	-	1.42	0.369	1.98	0.19	0.00
4	5.95	1251.5	487.55	-	1.50	0.390	1.98	0.20	0.00
5	5.95	1017.0	459.54	-	1.98	0.452	1.98	0.23	0.00

Maximale Ausnutzung U_{fjd} = 0.23 < 1.00

Maximaler Anteil der Druckfläche mit $\sigma_c > f_{jd}$: $A_{\sigma c>fjd}/A_{Druck}$ = 0.00 < 5.00 %
Zugehörige Ausnutzung $U_{A,Druck}$ = 0.00 < 1.00

A_{Druck} - Fläche mit Betonpressungen F_{Druck} - Res. Druckkraft auf den Beton $\sigma_{c,max}$ - maximale Betonpressung
$\sigma_{c,m}$ - mittlere Betonpressung U_{fjd} - Ausnutzung mittl. Lagerpressung
$U_{A,Druck}$ - Ausnutzung der zul. Pressungsfläche mit $\sigma_c > f_{jd}$

Pressungsverteilung [kN/cm²]



2.3.3. Ankerzugkräfte

$F_{t,Rd} = k2 \cdot f_{ub} \cdot A_s/\gamma_{M2}$
$U = F_{t,Ed,max}/F_{t,Rd}$

Spannungsquerschnitt für M30: A_s = 5.61 cm²
Es werden keine Senkschrauben verwendet: k2 = 0.90

Nummerierung

LK	$F_{t,Ed,1}$ kN	$F_{t,Ed,2}$ kN	$F_{t,Ed,3}$ kN	$F_{t,Ed,4}$ kN	$F_{t,Rd}$ kN	U_{max} -
1	---	---	---	---	323.14	0.00
2	---	---	---	---	323.14	0.00
3	35.72	35.72	---	---	323.14	0.11
4	27.00	27.00	---	---	323.14	0.08
5	112.07	112.07	---	---	323.14	0.35

Maximale Ausnutzung U = 0.35 < 1.00

f_{ub} - Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffes $F_{t,Ed,i}$ - Zugkraft des Ankers $F_{t,Rd}$ - Grenzzugkraft der Anker
U_{max} - max. Ausnutzung

2.4. Nachweis der Schubeinleitung

Der Nachweis der Schubeinleitung wird im Rahmen dieser Berechnung nicht geführt.

3. Zusammenfassung

Alle geführten Nachweise und Bemessungen konnten erfolgreich durchgeführt werden.

Maximale Ausnutzungen bei den einzelnen Nachweisen	
Schweißnaht zwischen Stütze und Fußplatte	49%
Spannungen in der Fußplatte	50%
Pressungen unter der Fußplatte	23%
Ankerzugkräfte	35%

Aufsteller:
Firma: Dahlem Beratende Ingenieure
Adresse: Bonsiepen 7 45136 Essen
Tel.: 0201/89670
E-Mail:
Name:

Projekt:
Bezeichnung: KW Rosental - Rohrbrücke, Bereich 3
Lage: Auflager B (83), A
Ansprechpartner:
Anmerkungen:
Angewendete Norm: EN Eurocodes + NA of Germany
Einheiten: SI

Die Bemessung gilt ausschliesslich für das ausgewählte Peikko Produkt. Tragfähigkeiten von scheinbar gleichwertigen Fremdprodukten können abweichen. Für alternative Produkte kann der Anbieter der Software keine Haftung übernehmen.

Zusammenfassung

Name	Bemessungssituation	#	Lastfall:	Seite Nr.	Maximale Ausnutzung	Status
Stütze 1	Endzustand	1	Stütze 1 Abfahren	4	18%	OK
	Endzustand	2	Stütze 1 Betrieb max	6	8%	OK
	Endzustand	3	Stütze 2 Abfahren 1	8	22%	OK
	Endzustand	4	Stütze 2 Abfahren 2	10	22%	OK
	Endzustand	5	Stütze 2 Betrieb max	12	45%	OK

Stütze 1

Anmerkung:

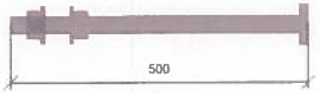
Anzahl der Stützen: 1

Peikko Produkte

Bolzen: 4 x HPM30L

Summe

Produkt	Anzahl
HPM30L	4

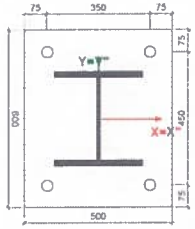


Minimalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes : T_{min} = 250 Nm
Maximalwert des aufzubringenden Torsionsmomentes : T_{max} = 450 Nm
Einbauschablone: PPL30-4 350x450 oder PPK30-4 350x450

Material und Geometrie
Stütze: 300x320

f_{cd}= 17 N/mm²

Schnitt



Ansicht X"-Richtung

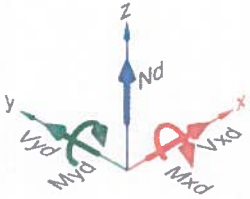
Ansicht Y"-Richtung

Fuge: Dicke: 50 mm Festigkeit C35/45 f_{cd} = 19,8 N/mm²

X; Y = lokales Koordinatensystem des Anschlussprofils
X"; Y" = lokales System der Anker

Lastfälle Beachte:Lasten werden im lokalen Koordinatensystem des Profils definiert.

(Bemessungswerte)



Endzustand

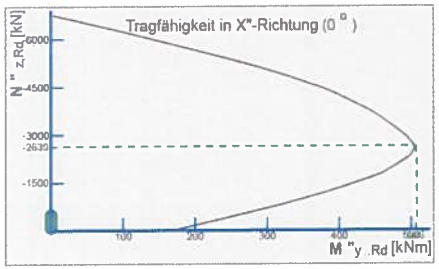
#	Name	N_d [kN]	M_{xd} [kNm]	M_{yd} [kNm]	V_{xd} [kN]	V_{yd} [kN]
1	Stütze 1 Abfahren	-89,0	0,0	0,0	32,7	-19,6
2	Stütze 1 Betrieb max	-481,4	0,0	0,0	-42,1	-38,1
3	Stütze 2 Abfahren 1	-379,7	92,4	0,0	32,4	-15,0
4	Stütze 2 Abfahren 2	-433,6	92,4	0,0	31,9	-15,0
5	Stütze 2 Betrieb max	-235,4	138,6	0,0	-45,5	-22,5

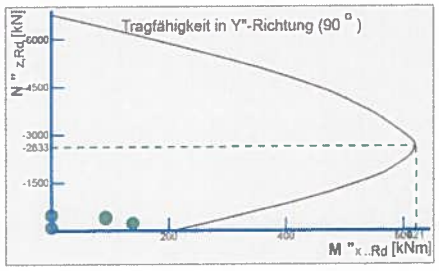
Montagezustand

Kein Lastfall definiert

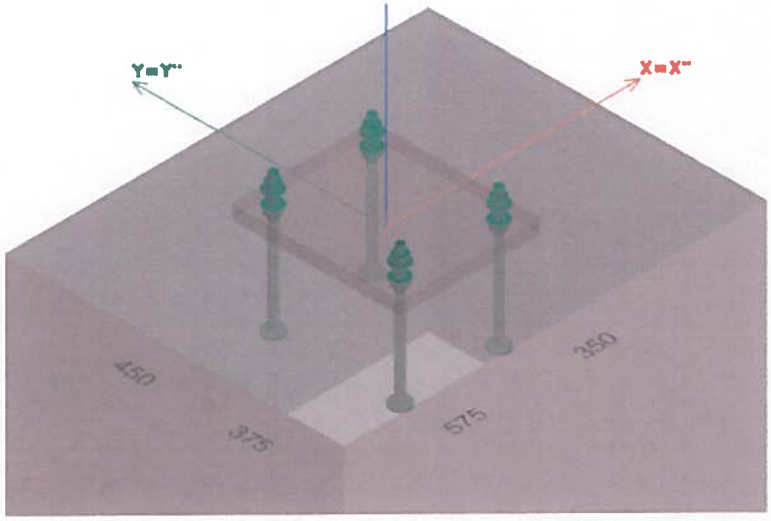
Tragfähigkeitsdiagramm

154





Betonkörper



Beton	C35/45
Ungerissen	Nein
Großtkorndurchmesser	32 mm
Fundamentabmessung in Richtung X-Achse (b)	1500 mm
Fundamentabmessung in Richtung Y-Achse (h)	1200 mm
Höhe des Fundamentes	1000 mm
Außermittigkeit der geschraubten Stütze (e_x)	0 mm
Außermittigkeit der geschraubten Stütze (e_y)	0 mm

Nachweis der Bolzentragfähigkeit

Endzustand Bolzen

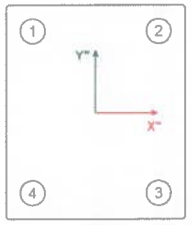
Lastfall: #1 : Stütze 1 Abfahren : Nd=-89,0, Mxd=0,0, Myd=0,0, Vxd=32,7, Vyd=-19,6

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-89	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	17,8	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	38,1	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	20,3	kN

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(0,0/0,0)



Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	-1,58	220,4	0,7	5,07	71,6	7,1	n/r
2	-1,58	220,4	0,7	5,07	71,6	7,1	n/r
3	-1,58	220,4	0,7	5,07	71,6	7,1	n/r
4	-1,58	220,4	0,7	5,07	71,6	7,1	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	0,0	0,0	0,0	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	0,0	0,0	n/r	
2)Rückhängebewehrung	0,0	224,0	0,0	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	23,1	174,8	13,2	
Spalten				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1)Fundament	0,0	0,0	n/r	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung ‖ X	0,0	1049,0	n/r	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung ‖ Y	0,0	1748,4	n/r	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	20,3	693,3	2,9	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	10,4	251,7	4,1	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	20,3	114,1	17,8	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	17,4	337,9	5,2	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	20,3	218,8	9,3	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	2,7	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	11,4	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	4,5	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	8,2	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_V \leq 1$		17,8	Ok

155

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	821,9 [kN]	h_{ef}	n/a [mm]	h_{ef}	n/a [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	3044,2 [mm²]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	h	n/a [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	k_{cr}	n/a	$s_{cr,sp}$	n/a [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	$s_{cr,N}$	n/a [mm]	$c_{cr,sp}$	n/a [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	548,0 [kN]	$c_{cr,N}$	n/a [mm]	$A0_{c,sp}$	n/a [mm²]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	0,0 [kN]	$S_{min,N}$	n/a [mm]	$A_{c,sp}$	n/a [mm²]	n	n/a
		$C_{min,N}$	n/a [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	n/a	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	n/a [mm²]	e_N	n/a	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A_{c,N}$	n/a [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	n/a	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	n/a	$\Psi_{s,sp}$	n/a	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		e_N	n/a	$\Psi_{h,sp}$	n/a	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	n/a [kN]	$N_{0Rkc,c}$	n/a [kN]	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$N_{Rd,c}$	n/a [kN]	$N_{Rd,sp}$	n/a [kN]	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$Ng_{E,d}$	n/a [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
						$Ng_{E,d}$	n/a [kN]

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	1626000 [mm²]	l_f	256,0 [mm]
$A0_{c,N}$	1010025 [mm²]	c_1	666,7 [mm]
$c_{cr,N}$	502,5 [mm]	$A_{c,V}$	0 [mm²]
$s_{cr,N}$	1005,0 [mm]	$A0_{c,V}$	2000000 [mm²]
h_{ef}	n/a [mm]	$\Psi_{s,V}$	0,81
k_3	2,0	$\Psi_{h,V}$	1,00
$N0_{rk,c}$	349,62 [kN]	$\Psi_{a,V}$	1,13
$\gamma_{m,c,p}$	1,50	$\Psi_{ec,V}$	1,00
$V_{Rd,cp}$	693,3 [kN]	$\Psi_{re,V}$	1,00
$V_{S,d}$	20,3 [kN]	$V0_{Rk,c}$	309,8 [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50
		$V_{Rd,c}$	114,1 [kN]
		Vg_{Ed}	20,3 [kN]

Begründung:

n/r - Nachweis nicht erforderlich

n/a - Nicht maßgebende Versagensart

(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

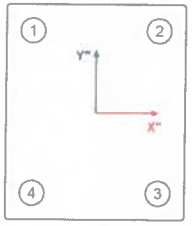
Lastfall: #2 : Stütze 1 Betrieb max : Nd=-481,4, Mxd=0,0, Myd=0,0, Vxd=-42,1, Vyd=-38,1

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-481,37	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	96,27	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	56,83	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	0	kN

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(0,0/0,0)



Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	-8,66	220,4	3,9	0,0	71,6	0,0	n/r
2	-8,66	220,4	3,9	0,0	71,6	0,0	n/r
3	-8,66	220,4	3,9	0,0	71,6	0,0	n/r
4	-8,65	220,4	3,9	0,0	71,6	0,0	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	0,0	0,0	0,0	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	0,0	0,0	n/r	
2)Rückhängebewehrung	0,0	224,0	0,0	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	23,1	174,8	13,2	
Spalten				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1)Fundament	0,0	0,0	n/r	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	0,0	1049,0	n/r	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	0,0	1748,4	n/r	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	0,0	0,0	n/r	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	0,0	0,0	n/r	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	0,0	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	0,0	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	0,0	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	0,0	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N \leq 1$		0,0	Ok

196

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	821,9 [kN]	h_{ef}	n/a [mm]	h_{ef}	n/a [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	3044,2 [mm²]	h	n/a [mm]	h	n/a [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	$s_{cr,sp}$	n/a [mm]	s_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	k_{cr}	n/a	$c_{cr,sp}$	n/a [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	548,0 [kN]	$s_{cr,N}$	n/a [mm]	$A0_{c,sp}$	n/a [mm²]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	0,0 [kN]	$c_{cr,N}$	n/a [mm]	$A_{c,sp}$	n/a [mm²]	n	n/a
		$s_{men,N}$	n/a [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	n/a	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$c_{min,N}$	n/a [mm]	e_N	n/a	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	n/a [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	n/a	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$A_{c,N}$	n/a [mm²]	$\Psi_{s,sp}$	n/a	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	n/a	$\Psi_{h,sp}$	n/a	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		e_N	n/a	$N_{0Rkc,c}$	n/a [kN]	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	n/a [kN]	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$N_{Rd,sp}$	n/a [kN]	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$N_{Rd,c}$	n/a [kN]	$Ng_{E,d}$	n/a [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	n/a [kN]			$Ng_{E,d}$	n/a [kN]

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	n/a [mm²]	l_f	n/a [mm]
$A0_{c,N}$	n/a [mm²]	c_1	n/a [mm]
$c_{cr,N}$	n/a [mm]	$A_{c,V}$	n/a [mm²]
$s_{cr,N}$	n/a [mm]	$A0_{c,V}$	n/a [mm²]
h_{ef}	n/a [mm]	$\Psi_{s,V}$	n/a
k_3	n/a	$\Psi_{h,V}$	n/a
$N0_{rk,c}$	n/a [kN]	$\Psi_{a,V}$	n/a
$\gamma_{m,c,p}$	n/a	$\Psi_{ec,V}$	n/a
$V_{Rd,cp}$	n/a [kN]	$\Psi_{re,V}$	n/a
$V_{s,d}$	n/a [kN]	$V0_{Rk,c}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	n/a
		$V_{Rd,c}$	n/a [kN]
		Vg_{Ed}	n/a [kN]

Begründung:

n/r - Nachweis nicht erforderlich

n/a - Nicht maßgebende Versagensart

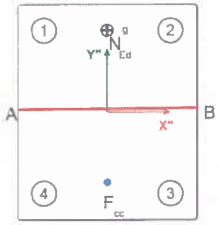
(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

Lastfall: #3 : Stütze 2 Abfahren 1 : Nd=-379,7, Mxd=92,4, Myd=0,0, Vxd=32,4, Vyd=-15,0

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-379,65	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	75,93	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	35,72	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	0	kN



Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-250,0 / 8,3); B(250,0 / 10,0)
Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N^g_{Ed}(-0,5/225,0)
Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(0,5/-194,6)

Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	20,5	202,0	10,2	0,0	71,6	0,0	n/r
2	20,4	202,0	10,1	0,0	71,6	0,0	n/r
3	-22,3	202,0	11,0	0,0	71,6	0,0	n/r
4	-22,1	202,0	11,0	0,0	71,6	0,0	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	20,5	548,0	3,7	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	40,9	253,3	16,2	
2)Rückhängebewehrung	20,5	224,0	9,2	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	23,1	174,8	n/r	
Spalten				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	40,9	330,8	12,4	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	10,2	611,9	2,0	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	20,5	1748,4	1,0	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	0,0	0,0	n/r	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	0,0	0,0	n/r	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	0,0	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	0,0	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	0,0	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	0,0	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N \leq 1$		3,7	Ok

197

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	821,9 [kN]	h_{ef}	335,0 [mm]	h_{ef}	335,0 [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	3044,2 [mm²]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	h	1000,0 [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	k_{cr}	8,5	$s_{cr,sp}$	1005,0 [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	$s_{cr,N}$	1005,0 [mm]	$c_{cr,sp}$	502,5 [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	548,0 [kN]	$c_{cr,N}$	502,5 [mm]	$A0_{c,sp}$	1010025 [mm²]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	20,5 [kN]	$S_{min,N}$	350,0 [mm]	$A_{c,sp}$	1189012 [mm²]	n	n/a
		$C_{min,N}$	375,0 [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	1,00	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	1010025 [mm²]	e_N	0,49	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A_{c,N}$	1189012 [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	1,00	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	1,00	$\Psi_{s,sp}$	0,92	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		e_N	0,49	$\Psi_{h,sp}$	1,31	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	349,62 [kN]	$N_{0Rkc,c}$	349,62 [kN]	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	349,62 [kN]	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$N_{Rd,sp}$	330,8 [kN]	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$N_{Rd,c}$	253,3 [kN]	$Ng_{E,d}$	40,9 [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	40,9 [kN]			$Ng_{E,d}$	n/a [kN]

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	n/a [mm²]	l_f	n/a [mm]
$A0_{c,N}$	n/a [mm²]	c_1	n/a [mm]
$c_{cr,N}$	n/a [mm]	$A_{c,V}$	n/a [mm²]
$s_{cr,N}$	n/a [mm]	$A0_{c,V}$	n/a [mm²]
h_{ef}	335,0 [mm]	$\Psi_{s,V}$	n/a
k_3	n/a	$\Psi_{h,V}$	n/a
$N0_{rk,c}$	n/a [kN]	$\Psi_{a,V}$	n/a
$\gamma_{m,c,p}$	n/a	$\Psi_{ec,V}$	n/a
$V_{Rd,cp}$	n/a [kN]	$\Psi_{re,V}$	n/a
$V_{S,d}$	n/a [kN]	$V0_{Rk,c}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	n/a
		$V_{Rd,c}$	n/a [kN]
		Vg_{Ed}	n/a [kN]

Begründung:

n/r - Nachweis nicht erforderlich

n/a - Nicht maßgebende Versagensart

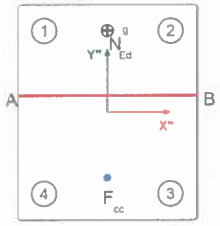
(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

Lastfall: #4 : Stütze 2 Abfahren 2 : Nd=-433,6, Mxd=92,4, Myd=0,0, Vxd=31,9, Vyd=-15,0

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-433,56	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	86,71	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	35,25	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	0	kN



Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-250,0 / 47,0); B(250,0 / 47,1)

Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N_{Ed}(0,0/225,0)

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(0,0/-181,4)

Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	14,8	202,0	7,3	0,0	71,6	0,0	n/r
2	14,8	202,0	7,3	0,0	71,6	0,0	n/r
3	-22,6	202,0	11,2	0,0	71,6	0,0	n/r
4	-22,6	202,0	11,2	0,0	71,6	0,0	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	14,8	548,0	2,7	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	29,5	253,5	11,7	
2)Rückhängebewehrung	14,8	224,0	6,6	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	23,1	174,8	n/r	
Spalten				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	29,5	331,1	8,9	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	7,4	611,9	1,0	
3) Zugehönge Spaltzugbewehrung || Y	14,8	1748,4	1,0	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	0,0	0,0	n/r	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	0,0	0,0	n/r	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	0,0	0,0	n/r	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	0,0	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	0,0	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	0,0	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	0,0	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N \leq 1$		2,7	Ok

158

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen		Kegelförmiger Betonausbruch		Spalten		Lokaler Betonausbruch	
$N_{Rk,p}$	821,9 [kN]	h_{ef}	335,0 [mm]	h_{ef}	335,0 [mm]	h_{ef}	n/a [mm]
A_h	3044,2 [mm²]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]	h	1000,0 [mm]	$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0	k_{cr}	8,5	$s_{cr,sp}$	1005,0 [mm]	S_1	n/a [mm]
$\gamma_{M,p}$	1,50	$s_{cr,N}$	1005,0 [mm]	$c_{cr,sp}$	502,5 [mm]	c_1	n/a [mm]
$N_{Rd,p}$	548,0 [kN]	$c_{cr,N}$	502,5 [mm]	$A0_{c,sp}$	1010025 [mm²]	A_h	n/a [mm²]
Nh_{Ed}	14,8 [kN]	$S_{min,N}$	350,0 [mm]	$A_{c,sp}$	1189012 [mm²]	n	n/a
		$C_{min,N}$	375,0 [mm]	$\Psi_{ec,sp}$	1,00	$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A0_{c,N}$	1010025 [mm²]	e_N	0,00	$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
		$A_{c,N}$	1189012 [mm²]	$\Psi_{re,sp}$	1,00	$\Psi_{s,Nb}$	n/a
		$\Psi_{ec,N}$	1,00	$\Psi_{s,sp}$	0,92	$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
		e_N	0,00	$\Psi_{h,sp}$	1,31	$\Psi_{g,Nb}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	349,62 [kN]	$N_{0Rkc,c}$	349,62 [kN]	$\Psi_{ucr,N}$	n/a
		$N_{0Rkc,c}$	349,62 [kN]	$\gamma_{M,sp}$	1,50	$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	1,50	$N_{Rd,sp}$	331,1 [kN]	$\gamma_{M,c}$	1,50
		$N_{Rd,c}$	253,5 [kN]	$Ng_{E,d}$	29,5 [kN]	$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
		$Ng_{E,d}$	29,5 [kN]			$Ng_{E,d}$	n/a [kN]

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch		Betonkantenbruch	
$A_{c,N}$	n/a [mm²]	l_f	n/a [mm]
$A0_{c,N}$	n/a [mm²]	c_1	n/a [mm]
$c_{cr,N}$	n/a [mm]	$A_{c,V}$	n/a [mm²]
$s_{cr,N}$	n/a [mm]	$A0_{c,V}$	n/a [mm²]
h_{ef}	335,0 [mm]	$\Psi_{s,V}$	n/a
k_3	n/a	$\Psi_{h,V}$	n/a
$N0_{rk,c}$	n/a [kN]	$\Psi_{s,V}$	n/a
$\gamma_{m,c,p}$	n/a	$\Psi_{ec,V}$	n/a
$V_{Rd,cp}$	n/a [kN]	$\Psi_{re,V}$	n/a
$V_{S,d}$	n/a [kN]	$V0_{Rk,c}$	n/a [kN]
		$\gamma_{M,c}$	n/a
		$V_{Rd,c}$	n/a [kN]
		Vg_{Ed}	n/a [kN]

Begründung:

n/r - Nachweis nicht erforderlich

n/a - Nicht maßgebende Versagensart

(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

Lastfall: #5 : Stütze 2 Betrieb max : Nd=-235,4, Mxd=138,6, Myd=0,0, Vxd=-45,5, Vyd=-22,5

Stahlversagen: Tragfähigkeit ausreichend **Betonversagen: Tragfähigkeit ausreichend**

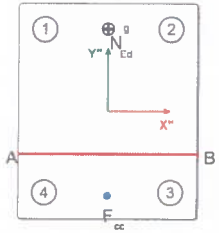
Nachweis der Stahltragfähigkeit

Betondruckkraft	$N_{c,Ed}$	-235,39	kN
Reibungskoeffizient (Fußplatte-Vergußmörtel)	C_{fd}	0,2	
Schubtragfähigkeit des Fugenquerschnittes	$F_{f,Rd}$	47,08	kN
Resultierende Querkraft	V_{sd}	50,74	kN
Resultierende Querkraft bei Berücksichtigung der Reibung	$V_{sd,f}$	3,66	kN

Neutrale Achse in (X"/Y") = A(-250,0 / -116,7); B(250,0 / -116,7)

Resultierende Zugkraft in (X"/Y") = N_{Ed}(0,0/225,0)

Resultierende Druckkraft (Beton) in (X"/Y") = F_{cc}(0,0/-234,5)



Bolzen Pos.	Einwirkende Normalkraft [kN]	Zugtragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Querkraft [kN]	Querkrafttragfähigkeit Stahl [kN]	Ausnutzungsgrad der Querkrafttragfähigkeit [%]	Interaktion [%]
1	91,3	202,0	45,2	0,916	71,6	1,3	33,6
2	91,3	202,0	45,2	0,916	71,6	1,3	33,6
3	-28,9	202,0	14,3	0,916	71,6	1,3	n/r
4	-28,9	202,0	14,3	0,916	71,6	1,3	n/r

Überprüfung Betonversagen

Nachweise	Lasten [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzungsgrad [%]	Status
Herausziehen	91,3	548,0	16,7	Ok
Versagen durch Betonausbruch (Zugbeanspruchung)				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	182,6	253,5	72,0	
2)Rückhängebewehrung	91,3	224,0	40,8	
3)Erforderlich nach Fachwerkmodell	23,1	174,8	n/r	
Spalten				Ok
Durch Bewehrung abgedeckt:				
1)Fundament	182,6	331,1	55,2	
2) Zugehörige Spaltzugbewehrung || X	45,7	611,9	7,0	
3) Zugehörige Spaltzugbewehrung || Y	91,3	1748,4	5,0	
Lokaler Betonausbruch	0,0	0,0	n/r	Ok
Rückwärtiger Betonausbruch(Querbeanspruchung)	3,7	693,3	0,5	Ok
Betonkantenbruch (Querbeanspruchung)				Ok
Betonversagen maßgebend:				
1) -X (Links) Rand (Unbewehrter Beton)	3,7	110,2	3,3	
2) +X (Rechts) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	1,6	251,7	0,6	
3) +Y (oben) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	3,3	337,9	1,0	
4) +Y (unten) Rand (Beton ohne Zusatzbewehrung)	3,7	237,0	1,5	
5) zugewiesene Randbewehrung (-X)	2,1	0,0	n/r	
6) zugewiesene Randbewehrung (+X)	0,4	0,0	n/r	
7) zugewiesene Randbewehrung (+Y)	0,9	0,0	n/r	
8) zugewiesene Randbewehrung (-Y)	1,4	0,0	n/r	
Kombinierte Tragfähigkeit	$\beta_N^{2/3}+\beta_V^{2/3}\leq 1$		40,6	Ok

139

Zugtragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.2)

Bemessungswerte

Herausziehen	
$N_{Rk,p}$	821,9 [kN]
A_h	3044,2 [mm²]
$\Psi_{ucr,N}$	1,0
$\gamma_{M,p}$	1,50
$N_{Rd,p}$	548,0 [kN]
Nh_{Ed}	91,3 [kN]

Kegelförmiger Betonausbruch	
h_{ef}	335,0 [mm]
$f_{ck\ Würfel}$	45,0 [N/mm²]
k_{cr}	8,5
$s_{cr,N}$	1005,0 [mm]
$c_{cr,N}$	502,5 [mm]
$S_{min,N}$	350,0 [mm]
$C_{min,N}$	375,0 [mm]
$A0_{c,N}$	1010025 [mm²]
$A_{c,N}$	1189012 [mm²]
$\Psi_{ec,N}$	1,00
e_N	0,01
$N_{0Rkc,c}$	349,62 [kN]
$\gamma_{M,c}$	1,50
$N_{Rd,c}$	253,5 [kN]
$Ng_{E,d}$	182,6 [kN]

Spalten	
h_{ef}	335,0 [mm]
h	1000,0 [mm]
$s_{cr,sp}$	1005,0 [mm]
$c_{cr,sp}$	502,5 [mm]
$A0_{c,sp}$	1010025 [mm²]
$A_{c,sp}$	1189012 [mm²]
$\Psi_{ec,sp}$	1,00
e_N	0,01
$\Psi_{re,sp}$	1,00
$\Psi_{s,sp}$	0,92
$\Psi_{h,sp}$	1,31
$N_{0Rkc,c}$	349,62 [kN]
$\gamma_{M,sp}$	1,50
$N_{Rd,sp}$	331,1 [kN]
$Ng_{E,d}$	182,6 [kN]

Lokaler Betonausbruch	
h_{ef}	n/a [mm]
$f_{ck,Würfel}$	45,0 [N/mm²]
S_1	n/a [mm]
c_1	n/a [mm]
A_h	n/a [mm²]
n	n/a
$A0_{c,Nb}$	n/a [mm²]
$A_{c,Nb}$	n/a [mm²]
$\Psi_{s,Nb}$	n/a
$\Psi_{ec,Nb}$	n/a
$\Psi_{g,Nb}$	n/a
$\Psi_{ucr,N}$	n/a
$N_{0rk,cb}$	n/a [kN]
$\gamma_{M,c}$	1,50
$N_{Rd,cb}$	n/a [kN]
$Ng_{E,d}$	n/a [kN]

Quertragfähigkeit (nach CEN/TS 1992-4-2:2009, Abschnitt 6.3)

Bemessungswerte

Rückwärtiger Betonausbruch	
$A_{c,N}$	1626000 [mm²]
$A0_{c,N}$	1010025 [mm²]
$c_{cr,N}$	502,5 [mm]
$s_{cr,N}$	1005,0 [mm]
h_{ef}	335,0 [mm]
k_3	2,0
$N0_{rk,c}$	349,62 [kN]
$\gamma_{m,c,p}$	1,50
$V_{Rd,cp}$	693,3 [kN]
$V_{S,d}$	3,7 [kN]

Betonkantenbruch	
l_f	256,0 [mm]
c_1	666,7 [mm]
$A_{c,V}$	0 [mm²]
$A0_{c,V}$	2000000 [mm²]
$\Psi_{s,V}$	0,81
$\Psi_{h,V}$	1,00
$\Psi_{a,V}$	1,09
$\Psi_{ec,V}$	1,00
$\Psi_{re,V}$	1,00
$V0_{Rk,c}$	309,8 [kN]
$\gamma_{M,c}$	1,50
$V_{Rd,c}$	110,2 [kN]
Vg_{Ed}	3,7 [kN]

Begründung:

n/r - Nachweis nicht erforderlich

n/a - Nicht maßgebende Versagensart

(-) - Keine ausreichende Tragfähigkeit gegen maßgebende Versagensart

Zulagebewehrung der Ankerbolzen

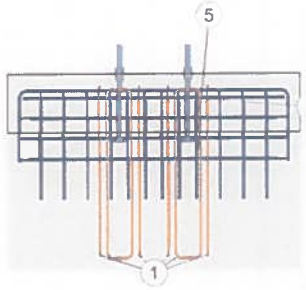
Betondeckung seitlich	55 mm
Betondeckung oben	55 mm
Betondeckung unten	55 mm
Stahlgüte	B500B

f_{yd}= 434,8

Schnitt

Ansicht X"-Richtung

Ansicht Y"-Richtung



Bewehrungsangaben

Pos	Biegeform	ø [mm]	a [mm]	b [mm]	c [mm]	d [mm]	r [mm]	L [mm]	pcs	[kg]/ pcs	[kg]
1	C	14	168	142	876	168	28	2.231	16	2,70	43,2
2	B	16	370	1.390	370	0	32	2.066	8	3,27	26,12
3	B	16	549	1.090	549	0	32	2.124	12	3,36	40,27
4	B	16	1.044	1.344	1.044	0	32	3.368	1	5,32	5,32
5	B	16	1.058	1.358	1.058	0	32	3.410	3	5,39	16,17

Gesamtgewicht :131,08

Biegeform A

Biegeform B

Biegeform C

Biegeform D

Biegeform E

Biegeform L

Biegeform U

202

Bemessung Bohrpfahl

LF1: Stütze 1, Betrieb max

$N_{g,k} = 114{,}06\ kN + 29{,}7\ kN + 4{,}20m/2 \cdot 1{,}20m \cdot 1{,}00m \cdot 25\ kN/m^3 = 214{,}26\ kN$
(Pos 13 LF1) (Diagonale)

$N_{Q,k} = 86{,}63\ kN + (24{,}2 + 1{,}2)\ kN + 25{,}43\ kN + 54{,}06\ kN = 191{,}52\ kN$
(Pos 13 LF2) (Diagonale) (Pos. 13 LF6) (Pos 13 LF7)

$H_{Q,k,x} = 22{,}92\ kN + 6{,}74\ kN = 29{,}66\ kN$
(Pos 13 LF2) (Pos 13 LF6)

$H_{Q,k,y} = [29{,}7 + (24{,}2 + 1{,}2)] \cdot \frac{\cos 64}{\sin 64} = 26{,}87\ kN$

$H_{Q,k} = \sqrt{29{,}66^2 + 26{,}87^2} = 40{,}02\ kN$

LF2: Stütze 2, Abfahren 2

$N_{G,k} = 75{,}61\ kN + 4{,}20m/2 \cdot 1{,}20m \cdot 1{,}00m \cdot 25\ kN/m^3 = 146{,}11\ kN$
(Pos 13 LF1)

$N_{Q,k} = 162{,}75\ kN + 22{,}81\ kN + 30{,}94\ kN + 5{,}20\ kN = 221\ kN$
(Pos 13 LF3) (Pos 13 LF5) (Pos 13 LF7) (Pos 13 LF8)

$H_{Q,k,x} = 15{,}27\ kN + 6{,}66\ kN = 21{,}93\ kN$
(Pos 13 LF3) (Pos 13 LF5)

$H_{Q,k,y} = 10\ kN$

$H_{Q,k} = \sqrt{21{,}93^2 + 10^2} = 24{,}10\ kN$ $M_{Q,k} = 61{,}60\ kNm$

LF 3: Stütze 2, Betrieb max

$N_{a,k} = 75{,}61\ kN + 4{,}70m/2 \cdot 1{,}20m \cdot 1{,}00m \cdot 25\ kN/m^3 = 146{,}11\ kN$
(Pos 13 LF1)

$N_{Q,k} = 68{,}38\ kN - 15{,}43\ kN + 30{,}94\ kN + 5{,}00\ kN = 88{,}89\ kN$
(Pos 13 LF2) (Pos 13 LF6) (Pos 13 LF4) (Pos 13 LF8)

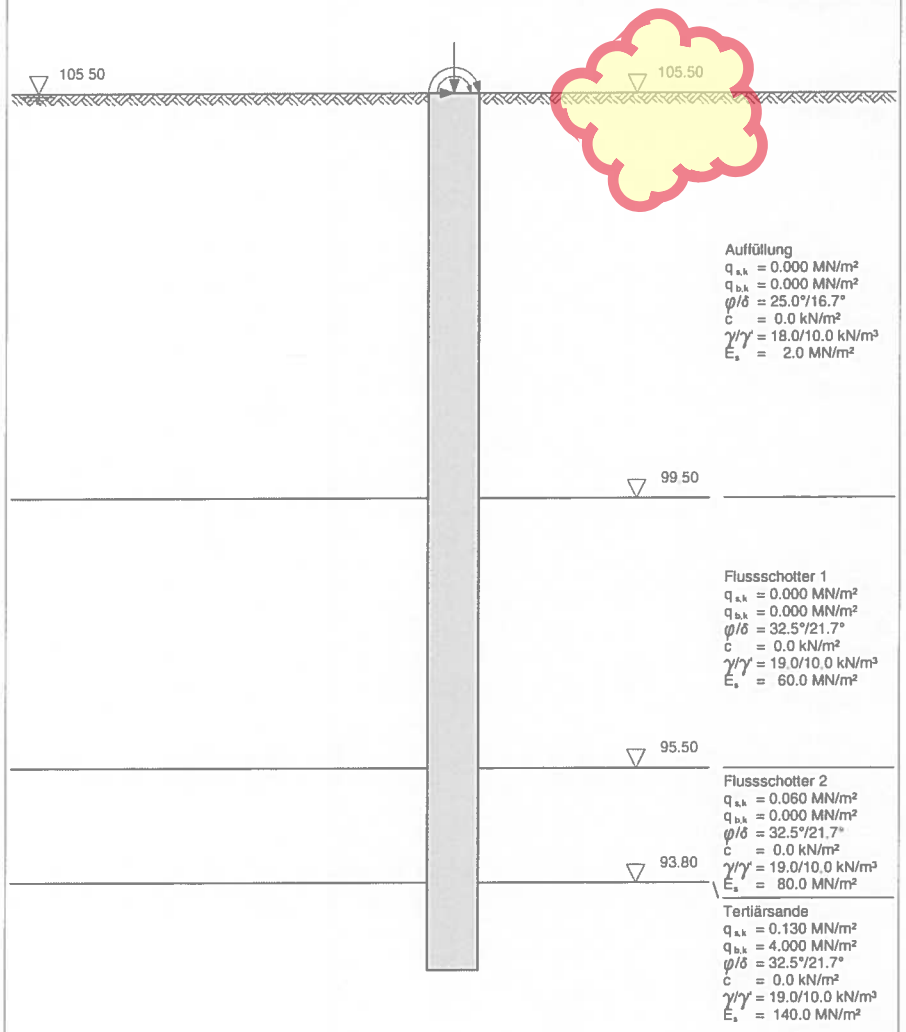
$H_{Q,k,x} = 22{,}82\ kN + 6{,}74\ kN = 29{,}66\ kN$
(Pos 13 LF2) (Pos 13 LF6)

$H_{a,k,y} = 15\ kN$

$H_{a,k} = \sqrt{29{,}66^2 + 15^2} = 33{,}24\ kN$

$M_{Q,k} = 92{,}40\ kNm$

Lf-Name	Hg	Vg	Mg	Hq	Vq	Mq
1	0.00	220.00	0.00	50.00	200.00	0.00
2	0.00	150.00	0.00	30.00	230.00	65.00
3	0.00	150.00	0.00	40.00	100.00	100.00



Maßstab 1:75

Programm DC-Pfahl *** Copyright 2000-2019 DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: H:\Projekte\14060\Berechnungen\Tragwerksplanung\04_Genehmigungsplanung\02_Rohrbrücke \Position_13.7.dbp

Bohrpfahl nach DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) und DIN 1054:2010

Erddruck nach DIN 4085:2017

Verfahren für äußere Standsicherheit und für Schnittgrößen:
Berechnung mit Nachweisverfahren 2
Kombination mit Teilsicherheitsbeiwerten der Gruppen A1 + M1 + R2

Pfahldurchmesser:	0.750 m
Umfang:	2.356 m
Pfahllänge:	13.00 m
Wichte Pfahl:	25.00 kN/m³
Betongüte:	C30/37
E-Modul:	33000.0 MN/m²
Stahlsorte:	500 (B)
Randabstand Bewehrungsachse:	0.10 m
Geländeoberkante auf	105.50 m
Grundwassertiefe:	105.50 m

Schichten

Name	Tiefe [m]	char.Mantelreib. [MN/m²]	char.Spitzendruck [MN/m²]	char.Spitzendruck für s=0.02D	s=0.03D	s=0.10D
Auffüllung	6.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Flussschotter 1	10.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Flussschotter 2	11.70	0.0600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Tertiärsande	20.00	0.1300	4.0000	1.7500	2.2500	4.0000

Name	φ [°]	δ [°]	c [kN/m²]	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	E_s [MN/m²]	$k_{s,o/u}$ [MN/m³]
Auffüllung	25.0	16.7	0.0	18.0	10.0	2.0	2.7
Flussschotter 1	32.5	21.7	0.0	19.0	10.0	60.0	80.0
Flussschotter 2	32.5	21.7	0.0	19.0	10.0	80.0	106.7
Tertiärsande	32.5	21.7	0.0	19.0	10.0	140.0	186.7

Lastfall	BS
1	P
2	P
3	P

Lasten

Lastfall		V [kN]	Q [kN]	M [kNm]
1	G	220.00	0.00	0.00
	Q	200.00	50.00	0.00
2	G	150.00	0.00	0.00
	Q	230.00	30.00	65.00
3	G	150.00	0.00	0.00
	Q	100.00	40.00	100.00

Teilsicherheitsbeiwerte für äußere Standsicherheit (GEO) im Nachweisverfahren 2

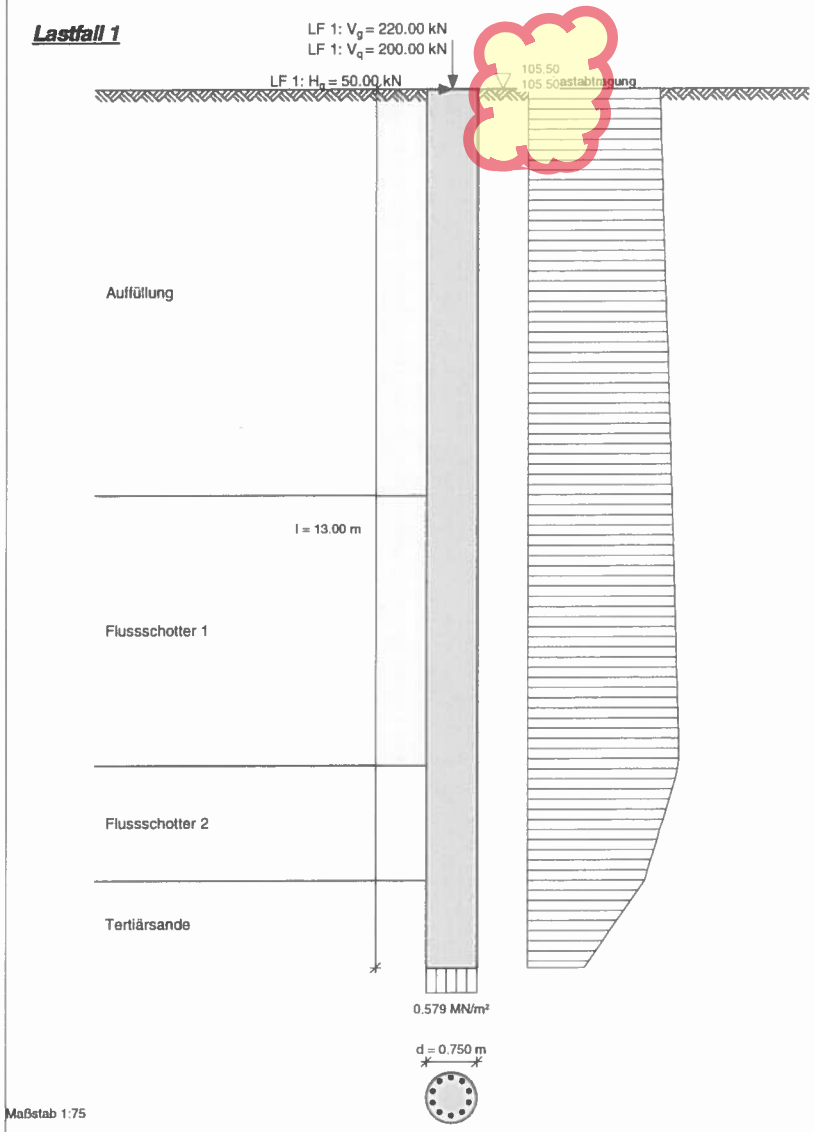
γ-	G	Q	G,stb	s	s,t	b
BS-P	1.350	1.500	1.000	1.400	1.500	1.400
BS-T	1.200	1.300	1.000	1.400	1.500	1.400
BS-A	1.100	1.100	1.000	1.400	1.500	1.400
BS-T/A	1.150	1.200	1.000	1.400	1.500	1.400

Teilsicherheitsbeiwerte für Schnittgrößen (STR) im Nachweisverfahren 2

γ-	G	Q	G,stb	φ	c	cu	Ep
BS-P	1.350	1.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.400
BS-T	1.200	1.300	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300
BS-A	1.100	1.100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.200
BS-T/A	1.150	1.200	1.000	1.000	1.000	1.000	1.250

γ-	Teilsicherheitsbeiwert für ...
G	ständige Einwirkungen
Q	veränderliche Einwirkungen
G,stb	ständige, stabilisierende Einwirkungen
s	Pfahlwiderstand Mantelreibung auf Druck
s,t	Pfahlwiderstand Mantelreibung auf Zug
b	Pfahlwiderstand Spitzendruck
φ	Reibungswinkel
c	Kohäsion
cu	Kohäsion undräniert
Ep	Erdwiderstand

Lastfall 1



Maßstab 1:75

Ansatz von geometrischen Imperfektionen:
Exzentrizität: 0.100 m, ΔM = V*e = 42.00 kNm
Neigung: 0.020, ΔH = V*n = 8.40 kN
ΔV = H*n = -1.00 kN

24

Nachweis der äußeren Tragfähigkeit im Nachweisverfahren 2

Pfahllänge l = 13.00 m

Nachweis für Mantelreibung und Spitzendruck:
$P_d + G_d = E_d$ = 711.80 kN
R_d = 1718.34 kN
E_d/R_d = 0.41 < 1.00 *** Nachweis erfüllt ***

Aufnehmbare Mantelreibung:

Schicht	l [m]	vorh.q_s [MN/m²]	Reibungskraft Q_d [kN]
Auffüllung	6.00	0.000	0.00
Flussschotter 1	4.00	0.000	0.00
Flussschotter 2	1.70	0.043	171.67
Tertiärsande	1.30	0.093	284.43

Aufn. Spitzendruckkraft S [kN]: 1262.25

Summe = R_d 1718.34 kN

Vorh. Spitzendruckkraft vorh.S = E_d - Summe(Q_d) = 255.71 kN
Resultierender Spitzendruck = vorh. S/A = 0.579 MN/m² < zul. Spitzendruck = 2.857 MN/m²

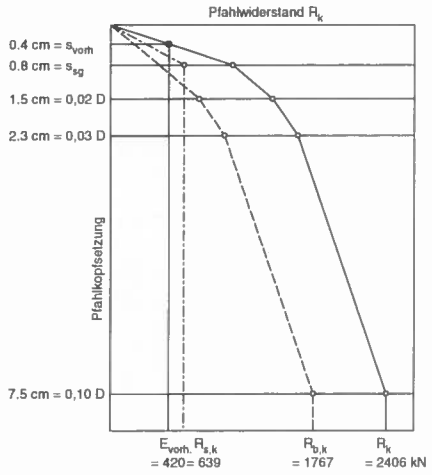
Setzung aus Widerstandsetzungslinie: s = 0.391 cm

Anpassung der Bettungsspannungen an den ebenen passiven Erddruck

Nachweis des Erdwiderstands mit Nachweisverfahren 2:
$B_{h,d} / E_{ph,d}$ = 155.77 kN / 2550.23 kN = 0.06 < 1.0
(bis zum Drehpunkt bei z = 7.91 m)
Berechnet mit dem räumlichen passiven Erddruck nach DIN 4085:2017 mit
b_{kr} = 2.374 m, μ_{pgh} = 3.593, μ_{pch} = 4.928
*** Nachweis erfüllt ***

Pfahlkopfverformungen:
Kopfverschiebung = 11.6 mm
Kopfverdrehung = 0.0025 = 0.1°

Widerstandsetzungslinie



205

Nachweis der inneren Tragfähigkeit nach DIN EN 1992 (Eurocode 2)

Sicherheitsbeiwert für Widerstände, Beton: 1.50
Sicherheitsbeiwert für Widerstände, Stahl: 1.15

Bemessungsschnittgrößen: M_d = 260.33 kNm, N_d = -645.60 kN (z = 5.60 m). V_d = 86.94 kN (z = 0.00 m).

Biegebemessung:
tot. ω = 0.0312
erf. Gesamtbew. A_s = 5.39 cm² (< Mindestbewehrung nach EN 1536 = 22.09 cm²)

Querkraftbemessung für maßg. V:
$V_{Rdc,max}$ = 393.574 kN > V_d
Druckstrebenneigung ϑ = 18.43°
erf. Querkraftbew. A_{ss} = 0.00 cm²/m **

Abschnittsweise Bemessung

Tiefe [m]	Moment M_d [kNm]	Normalkraft N_d [kN]	Querkraft V_d [kN]	Biegebew. [cm²]	Querkraftbew. [cm²/m]
0.00	59.70	-595.50	86.94	0.00 *	0.00 **
0.40	93.95	-599.08	83.47	0.00 *	0.00 **
0.80	125.44	-602.66	73.25	0.00 *	0.00 **
1.20	152.52	-606.24	62.33	0.00 *	0.00 **
1.60	175.45	-609.81	52.50	0.00 *	0.00 **
2.00	194.66	-613.39	43.71	0.27 *	0.00 **
2.40	210.55	-616.97	35.91	1.56 *	0.00 **
2.80	223.52	-620.55	29.07	2.62 *	0.00 **
3.20	233.92	-624.13	23.11	3.47 *	0.00 **
3.60	242.12	-627.71	17.99	4.10 *	0.00 **
4.00	248.42	-631.28	13.65	4.61 *	0.00 **
4.40	253.13	-634.86	10.03	4.98 *	0.00 **
4.80	256.53	-638.44	7.05	5.20 *	0.00 **
5.20	258.85	-642.02	4.66	5.34 *	0.00 **
5.60	260.33	-645.60	2.80	5.39 *	0.00 **
6.00	261.16	-649.18	1.40	5.39 *	0.00 **
6.40	255.31	-652.76	-28.85	4.77 *	0.00 **
6.80	239.40	-656.33	-49.20	3.24 *	0.00 **
7.20	217.02	-659.91	-61.51	1.15 *	0.00 **
7.60	191.03	-663.49	-67.50	0.00 *	0.00 **
8.00	163.66	-667.07	-68.67	0.00 *	0.00 **
8.40	136.55	-670.65	-66.38	0.00 *	0.00 **
8.80	110.87	-674.23	-61.73	0.00 *	0.00 **
9.20	87.36	-677.80	-55.66	0.00 *	0.00 **
9.60	66.43	-681.38	-48.91	0.00 *	0.00 **
10.00	48.24	-678.44	-42.06	0.00 *	0.00 **
10.40	33.18	-648.15	-33.35	0.00 *	0.00 **
10.80	21.44	-611.33	-25.49	0.00 *	0.00 **
11.20	12.64	-574.52	-18.74	0.00 *	0.00 **
11.60	6.28	-537.71	-13.27	0.00 *	0.00 **
12.00	2.26	-465.55	-7.06	0.00 *	0.00 **
12.40	0.45	-381.61	-2.38	0.00 *	0.00 **
12.80	0.01	-297.68	-0.22	0.00 *	0.00 **
13.00	0.00	-255.71	0.00	0.00 *	0.00 **

* erf. Bewehrung < Mindestbewehrung nach EN 1536 = 22.09 cm²
** Information: erf. Querkraftbewehrung < Mindest-Querkraftbew. nach DIN EN 1992 = 6.90 cm²/m

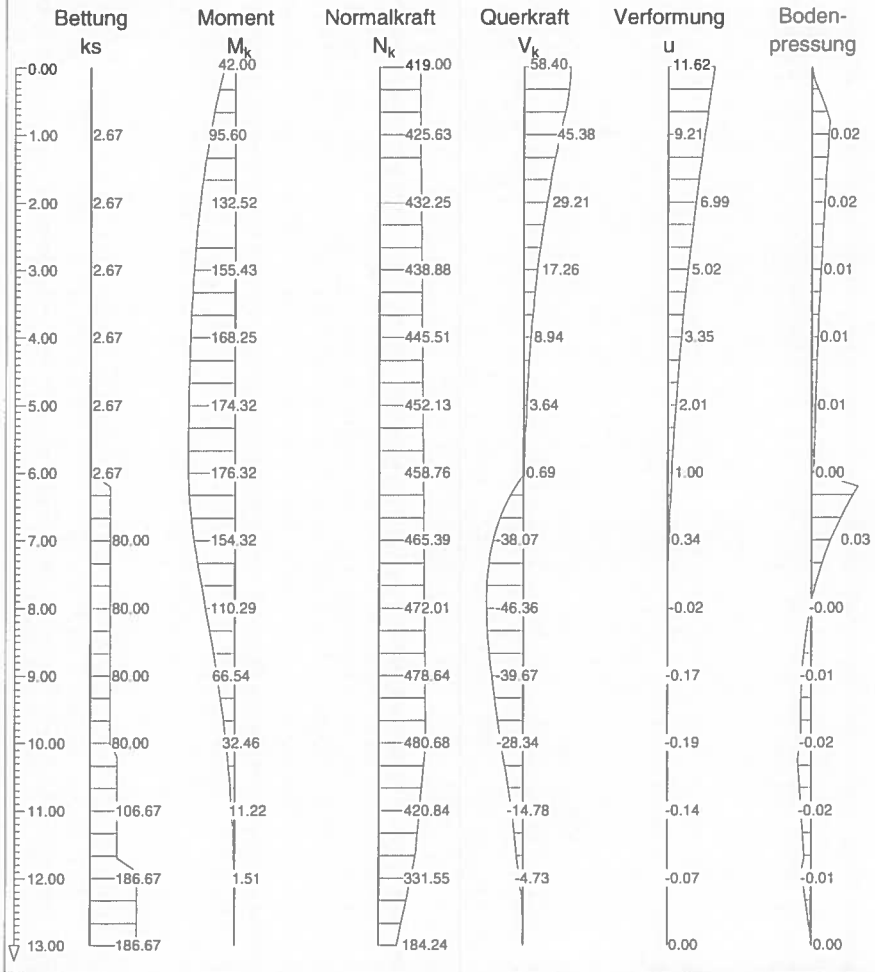
Längsbewehrung: gewählt 10 ø 20 mm = 31.42 cm²

Querkraftbewehrung: gewählt ø 10 mm, Ganghöhe 15 cm = 10.47 cm²/m von 0.00 m bis ___ m

gewählt ø ___mm, Ganghöhe ___ cm = ___ cm²/m von ___ m bis ___ m

Schnittgrößen mit elastischer Bettung

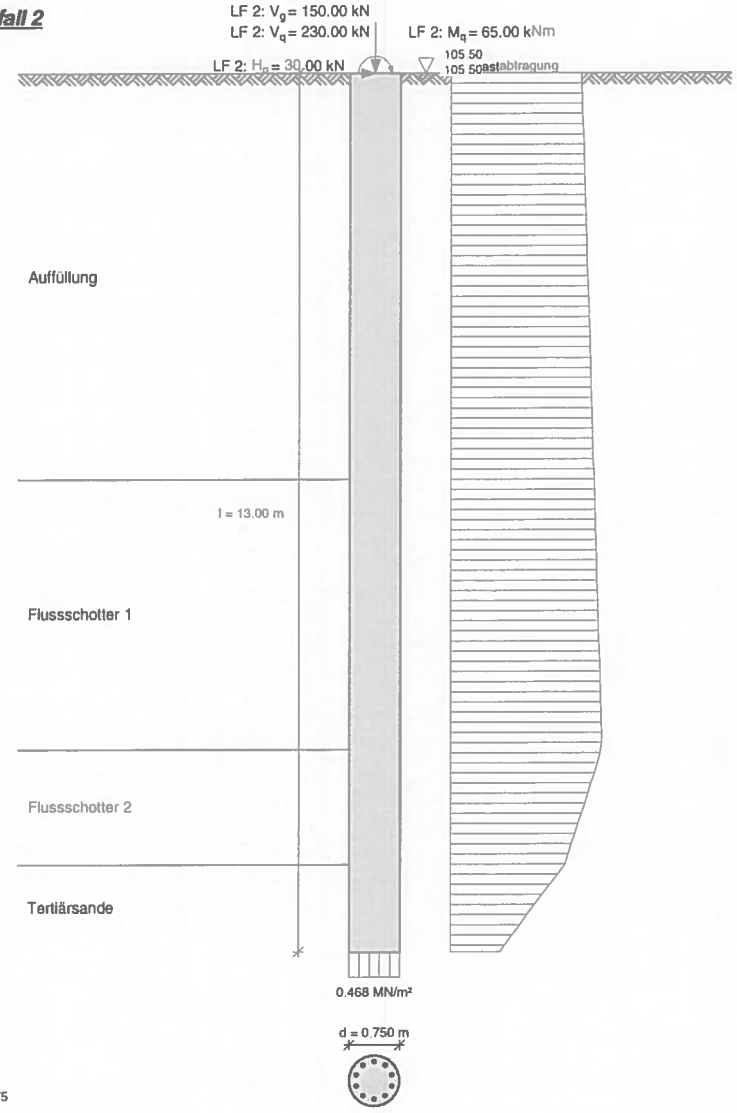
(charakteristisch)



	Bettung ks	Moment M_k	Normalkraft N_k	Querkraft V_k	Verformung u	Boden-pressung
Max.:	186.67 MN/m³	176.32 kNm	483.94 kN	58.40 kN	11.62 mm	0.07 MN/m²
Min.:	0.00 MN/m³	-0.00 kNm	184.24 kN	-46.36 kN	-0.19 mm	-0.02 MN/m²

Tiefe z [m]	Bettung k_s [MN/m³]	Moment M_k [kNm]	Normalkraft N_k [kN]	Querkraft V_k [kN]	Verformung u [mm]	Bodenpress. [MN/m²]
0.00	0.00	42.00	419.00	58.40	11.62	0.00
0.40	1.08	65.01	421.65	56.06	10.64	0.01
0.80	2.67	86.15	424.30	49.16	9.68	0.03
1.20	2.67	104.31	426.95	41.78	8.75	0.02
1.60	2.67	119.67	429.60	35.14	7.85	0.02
2.00	2.67	132.52	432.25	29.21	6.99	0.02
2.40	2.67	143.13	434.90	23.95	6.17	0.02
2.80	2.67	151.77	437.56	19.34	5.39	0.01
3.20	2.67	158.68	440.21	15.32	4.66	0.01
3.60	2.67	164.10	442.86	11.87	3.98	0.01
4.00	2.67	168.25	445.51	8.94	3.35	0.01
4.40	2.67	171.32	448.16	6.50	2.77	0.01
4.80	2.67	173.50	450.81	4.49	2.25	0.01
5.20	2.67	174.97	453.46	2.89	1.78	0.00
5.60	2.67	175.86	456.11	1.63	1.36	0.00
6.00	2.67	176.32	458.76	0.69	1.00	0.00
6.40	80.00	172.28	461.41	-19.65	0.70	0.06
6.80	80.00	161.48	464.06	-33.33	0.45	0.04
7.20	80.00	146.34	466.71	-41.59	0.25	0.02
7.60	80.00	128.78	469.36	-45.59	0.09	0.01
8.00	80.00	110.29	472.01	-46.36	-0.02	0.00
8.40	80.00	92.00	474.67	-44.78	-0.10	-0.01
8.80	80.00	74.68	477.32	-41.63	-0.16	-0.01
9.20	80.00	58.82	479.97	-37.53	-0.18	-0.01
9.60	80.00	44.71	482.62	-32.97	-0.19	-0.02
10.00	80.00	32.46	480.68	-28.34	-0.19	-0.02
10.40	106.67	22.31	459.50	-22.46	-0.18	-0.02
10.80	106.67	14.41	433.73	-17.16	-0.15	-0.02
11.20	106.67	8.49	407.96	-12.60	-0.13	-0.01
11.60	106.67	4.21	382.19	-8.92	-0.10	-0.01
11.90	186.67	1.98	346.28	-5.73	-0.08	-0.01
12.30	186.67	0.46	287.36	-2.17	-0.05	-0.01
12.70	186.67	0.02	228.43	-0.29	-0.02	0.00
13.00	186.67	0.00	184.24	0.00	0.00	0.00

Lastfall 2



Ansatz von geometrischen Imperfektionen:
Exzentrizität: 0.100 m, $\Delta M = V \cdot e =$ 38.00 kNm
Neigung: 0.020, $\Delta H = V \cdot n =$ 7.60 kN
$\Delta V = H \cdot n =$ -0.60 kN

207

Nachweis der äußeren Tragfähigkeit im Nachweisverfahren 2

Pfahllänge l = 13.00 m

Nachweis für Mantelreibung und Spitzendruck:
$P_d + G_d = E_d$ = 662.90 kN
R_d = 1718.34 kN
E_d/R_d = 0.39 < 1.00 *** Nachweis erfüllt ***

Aufnehmbare Mantelreibung:

Schicht	l [m]	vorh.q_s [MN/m²]	Reibungskraft Q_d [kN]
Auffüllung	6.00	0.000	0.00
Flussschotter 1	4.00	0.000	0.00
Flussschotter 2	1.70	0.043	171.67
Tertiärsande	1.30	0.093	284.43

Aufn. Spitzendruckkraft S [kN]: 1262.25

Summe = R_d 1718.34 kN

Vorh. Spitzendruckkraft vorh.S = E_d - Summe(Q_d) = 206.81 kN
Resultierender Spitzendruck = vorh. S/A = 0.468 MN/m² < zul. Spitzendruck = 2.857 MN/m²

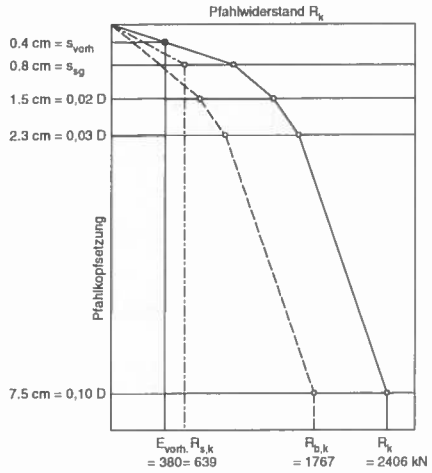
Setzung aus Widerstandsetzungslinie: s = 0.360 cm

Anpassung der Bettungsspannungen an den ebenen passiven Erddruck

Nachweis des Erdwiderstands mit Nachweisverfahren 2:
$B_{h,d} / E_{ph,d}$ = 113.95 kN / 2311.24 kN = 0.05 < 1.0
(bis zum Drehpunkt bei z = 7.69 m)
Berechnet mit dem räumlichen passiven Erddruck nach DIN 4085:2017 mit
b_{kr} = 2.306 m, μ_{pgh} = 3.528, μ_{pch} = 4.847
*** Nachweis erfüllt ***

Pfahlkopfverformungen:
Kopfverschiebung = 10.0 mm
Kopfverdrehung = 0.0024 = 0.1°

Widerstandsetzungslinie



Nachweis der inneren Tragfähigkeit nach DIN EN 1992 (Eurocode 2)

Sicherheitsbeiwert für Widerstände, Beton: 1.50
Sicherheitsbeiwert für Widerstände, Stahl: 1.15

Bemessungsschnittgrößen: M_d = 241.27 kNm, N_d = -575.23 kN (z = 3.20 m). V_d = 57.84 kN (z = 7.60 m).

Biegebemessung:
tot. ω = 0.0304
erf. Gesamtbew. A_s = 5.25 cm² (< Mindestbewehrung nach EN 1536 = 22.09 cm²)

Querkraftbemessung für maßg. V:
$V_{Rdc,max}$ = 718.177 kN > V_d
Druckstrebenneigung ϑ = 18.43°
erf. Querkraftbew. A_{ss} = 0.00 cm²/m **

Abschnittsweise Bemessung

Tiefe [m]	Moment M_d [kNm]	Normalkraft N_d [kN]	Querkraft V_d [kN]	Biegebew. [cm²]	Querkraftbew. [cm²/m]
0.00	152.25	-546.60	55.95	0.00 *	0.00 **
0.40	174.10	-550.18	52.47	0.00 *	0.00 **
0.80	193.28	-553.76	43.16	1.52 *	0.00 **
1.20	208.68	-557.34	34.01	2.77 *	0.00 **
1.60	220.63	-560.91	25.87	3.73 *	0.00 **
2.00	229.50	-564.49	18.66	4.43 *	0.00 **
2.40	235.67	-568.07	12.35	4.87 *	0.00 **
2.80	239.49	-571.65	6.86	5.17 *	0.00 **
3.20	241.27	-575.23	2.15	5.25 *	0.00 **
3.60	241.31	-578.81	-1.85	5.15 *	0.00 **
4.00	239.87	-582.38	-5.21	4.96 *	0.00 **
4.40	237.22	-585.96	-7.97	4.63 *	0.00 **
4.80	233.57	-589.54	-10.20	4.22 *	0.00 **
5.20	229.12	-593.12	-11.96	3.74 *	0.00 **
5.60	224.05	-596.70	-13.31	3.22 *	0.00 **
6.00	218.52	-600.28	-14.30	2.64 *	0.00 **
6.40	208.40	-603.86	-34.92	1.68 *	0.00 **
6.80	191.58	-607.43	-48.07	0.12 *	0.00 **
7.20	170.74	-611.01	-55.26	0.00 *	0.00 **
7.60	147.99	-614.59	-57.84	0.00 *	0.00 **
8.00	124.92	-618.17	-57.01	0.00 *	0.00 **
8.40	102.70	-621.75	-53.78	0.00 *	0.00 **
8.80	82.10	-625.33	-49.02	0.00 *	0.00 **
9.20	63.59	-628.90	-43.40	0.00 *	0.00 **
9.60	47.41	-632.48	-37.49	0.00 *	0.00 **
10.00	33.59	-629.54	-31.69	0.00 *	0.00 **
10.40	22.37	-599.25	-24.51	0.00 *	0.00 **
10.80	13.87	-562.43	-18.16	0.00 *	0.00 **
11.20	7.71	-525.62	-12.84	0.00 *	0.00 **
11.60	3.45	-488.81	-8.63	0.00 *	0.00 **
12.00	0.95	-416.65	-4.06	0.00 *	0.00 **
12.40	0.03	-332.71	-0.88	0.00 *	0.00 **
12.80	-0.03	-248.78	0.19	0.00 *	0.00 **
13.00	0.00	-206.81	0.00	0.00 *	0.00 **

* erf. Bewehrung < Mindestbewehrung nach EN 1536 = 22.09 cm²
** Information: erf. Querkraftbewehrung < Mindest-Querkraftbew. nach DIN EN 1992 = 6.90 cm²/m

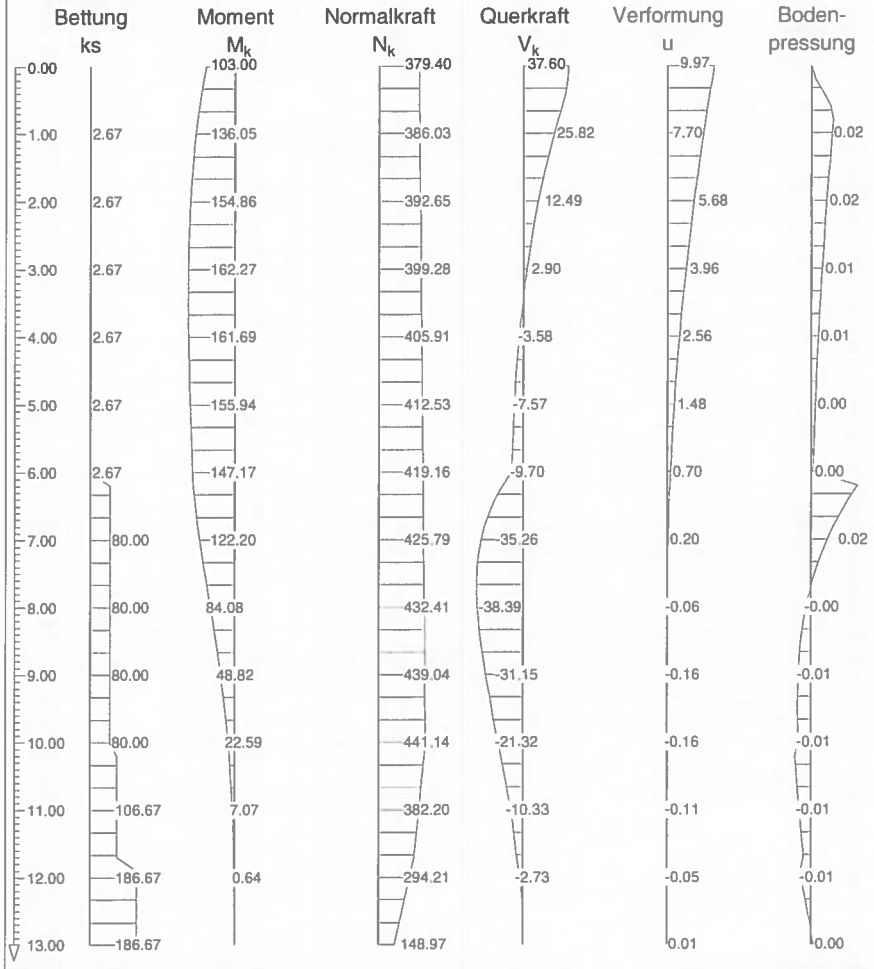
Längsbewehrung: gewählt 10 ø 20 mm = 31.42 cm²

Querkraftbewehrung: gewählt ø 10 mm, Ganghöhe 15 cm = 10.47 cm²/m von 0.00 m bis ___ m

gewählt ø ___ mm, Ganghöhe ___ cm = ___ cm²/m von ___ m bis ___ m

Schnittgrößen mit elastischer Bettung

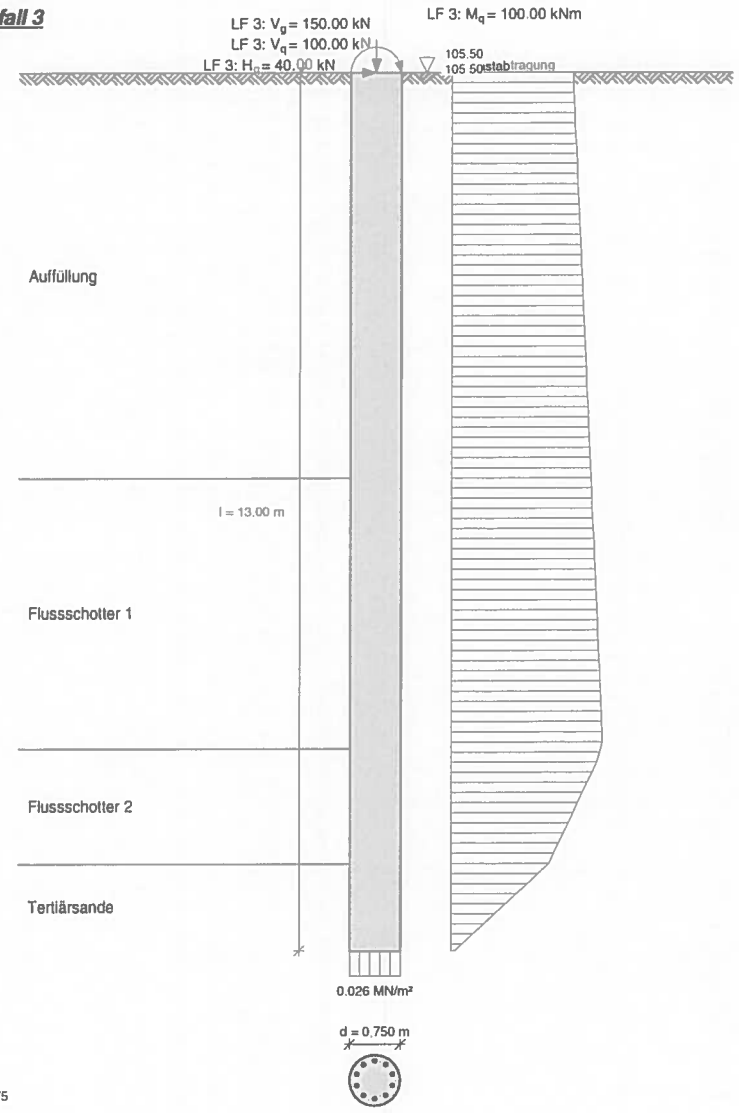
(charakteristisch)



	Bettung ks	Moment M_k	Normalkraft N_k	Querkraft V_k	Verformung u	Boden-pressung
Max.:	186.67 MN/m³	162.83 kNm	444.34 kN	37.60 kN	9.97 mm	0.05 MN/m²
Min.:	0.00 MN/m³	-0.04 kNm	148.97 kN	-38.96 kN	-0.17 mm	-0.02 MN/m²

Tiefe z [m]	Bettung k_s [MN/m³]	Moment M_k [kNm]	Normalkraft N_k [kN]	Querkraft V_k [kN]	Verformung u [mm]	Bodenpress. [MN/m²]
0.00	0.00	103.00	379.40	37.60	9.97	0.00
0.40	1.27	117.69	382.05	35.26	9.04	0.01
0.80	2.67	130.57	384.70	28.98	8.13	0.02
1.20	2.67	140.91	387.35	22.82	7.27	0.02
1.60	2.67	148.92	390.00	17.34	6.45	0.02
2.00	2.67	154.86	392.65	12.49	5.68	0.02
2.40	2.67	158.99	395.30	8.24	4.96	0.01
2.80	2.67	161.53	397.96	4.54	4.28	0.01
3.20	2.67	162.69	400.61	1.37	3.66	0.01
3.60	2.67	162.69	403.26	-1.32	3.09	0.01
4.00	2.67	161.69	405.91	-3.58	2.56	0.01
4.40	2.67	159.88	408.56	-5.44	2.09	0.01
4.80	2.67	157.39	411.21	-6.94	1.67	0.00
5.20	2.67	154.36	413.86	-8.13	1.30	0.00
5.60	2.67	150.92	416.51	-9.03	0.97	0.00
6.00	2.67	147.17	419.16	-9.70	0.70	0.00
6.40	80.00	140.33	421.81	-23.57	0.47	0.04
6.80	80.00	128.99	424.46	-32.41	0.28	0.02
7.20	80.00	114.94	427.11	-37.24	0.13	0.01
7.60	80.00	99.61	429.76	-38.96	0.02	0.00
8.00	80.00	84.08	432.41	-38.39	-0.06	0.00
8.40	80.00	69.11	435.07	-36.21	-0.12	-0.01
8.80	80.00	55.24	437.72	-33.00	-0.15	-0.01
9.20	80.00	42.79	440.37	-29.22	-0.16	-0.01
9.60	80.00	31.90	443.02	-25.23	-0.17	-0.01
10.00	80.00	22.59	441.14	-21.32	-0.16	-0.01
10.40	106.67	15.04	420.28	-16.49	-0.14	-0.02
10.80	106.67	9.32	394.90	-12.22	-0.12	-0.01
11.20	106.67	5.18	369.51	-8.63	-0.10	-0.01
11.60	106.67	2.32	344.13	-5.80	-0.08	-0.01
11.90	186.67	0.91	308.73	-3.44	-0.06	-0.01
12.30	186.67	0.08	250.64	-0.95	-0.03	-0.01
12.70	186.67	-0.04	192.54	0.13	-0.01	0.00
13.00	186.67	0.00	148.97	0.00	0.01	0.00

Lastfall 3



Maßstab 1:75

Ansatz von geometrischen Imperfektionen:
Exzentrizität: 0.100 m, $\Delta M = V \cdot e =$ 25.00 kNm
Neigung: 0.020, $\Delta H = V \cdot n =$ 5.00 kN
$\Delta V = H \cdot n =$ -0.80 kN

c72

Nachweis der äußeren Tragfähigkeit im Nachweisverfahren 2

Pfahllänge l = 13.00 m

Nachweis für Mantelreibung und Spitzendruck:
$P_d + G_d = E_d$ = 467.60 kN
R_d = 1718.34 kN
E_d/R_d = 0.27 < 1.00 *** Nachweis erfüllt ***

Aufnehmbare Mantelreibung:

Schicht	l [m]	vorh.q_s [MN/m²]	Reibungskraft Q_d [kN]
Auffüllung	6.00	0.000	0.00
Flussschotter 1	4.00	0.000	0.00
Flussschotter 2	1.70	0.043	171.67
Tertiärsande	1.30	0.093	284.43

Aufn. Spitzendruckkraft S [kN]: 1262.25

Summe = R_d 1718.34 kN

Vorh. Spitzendruckkraft vorh.S = E_d - Summe(Q_d) = 11.51 kN
Resultierender Spitzendruck = vorh. S/A = 0.026 MN/m² < zul. Spitzendruck = 2.857 MN/m²

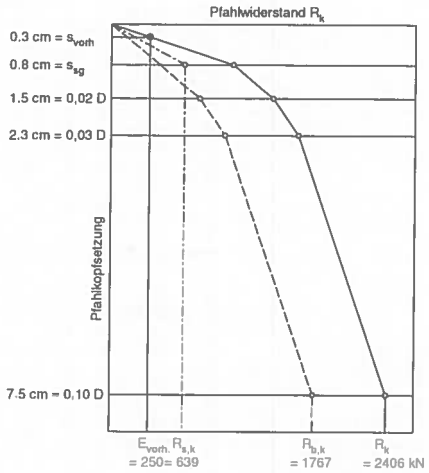
Setzung aus Widerstandsetzungslinie: s = 0.260 cm

Anpassung der Bettungsspannungen an den ebenen passiven Erddruck

Nachweis des Erdwiderstands mit Nachweisverfahren 2:
$B_{h,d} / E_{ph,d}$ = 138.01 kN / 2315.21 kN = 0.06 < 1.0
(bis zum Drehpunkt bei z = 7.69 m)
Berechnet mit dem räumlichen passiven Erddruck nach DIN 4085:2017 mit
$b_{k,r}$ = 2.307 m, μ_{pgh} = 3.529, μ_{pch} = 4.848
*** Nachweis erfüllt ***

Pfahlkopfverformungen:
Kopfverschiebung = 12.2 mm
Kopfverdrehung = 0.0029 = 0.2°

Widerstandsetzungslinie



Nachweis der inneren Tragfähigkeit nach DIN EN 1992 (Eurocode 2)

Sicherheitsbeiwert für Widerstände, Beton: 1.50
Sicherheitsbeiwert für Widerstände, Stahl: 1.15

Bemessungsschnittgrößen: M_d = 294.51 kNm, N_d = -379.93 kN (z = 3.20 m). V_d = 70.77 kN (z = 7.60 m).

Biegebemessung:
tot. ω = 0.0843
erf. Gesamtbew. A_S = 14.56 cm² (< Mindestbewehrung nach EN 1536 = 22.09 cm²)

Querkraftbemessung für maßg. V:
$V_{Rdc,max}$ = 743.016 kN > V_d
Druckstrebenneigung ϑ = 18.43°
erf. Querkraftbew. A_{SS} = 0.00 cm²/m **

Abschnittsweise Bemessung

Tiefe [m]	Moment M_d [kNm]	Normalkraft N_d [kN]	Querkraft V_d [kN]	Biegebew. [cm²]	Querkraftbew. [cm²/m]
0.00	185.25	-351.30	67.05	5.46 *	0.00 **
0.40	211.54	-354.88	63.56	7.62 *	0.00 **
0.80	235.05	-358.46	53.13	9.61 *	0.00 **
1.20	254.02	-362.04	41.94	11.23 *	0.00 **
1.60	268.76	-365.61	31.97	12.49 *	0.00 **
2.00	279.75	-369.19	23.15	13.42 *	0.00 **
2.40	287.43	-372.77	15.42	14.08 *	0.00 **
2.80	292.22	-376.35	8.70	14.44 *	0.00 **
3.20	294.51	-379.93	2.93	14.56 *	0.00 **
3.60	294.68	-383.51	-1.98	14.51 *	0.00 **
4.00	293.04	-387.08	-6.09	14.28 *	0.00 **
4.40	289.90	-390.66	-9.47	13.88 *	0.00 **
4.80	285.55	-394.24	-12.21	13.41 *	0.00 **
5.20	280.21	-397.82	-14.37	12.83 *	0.00 **
5.60	274.12	-401.40	-16.02	12.19 *	0.00 **
6.00	267.46	-404.98	-17.23	11.49 *	0.00 **
6.40	255.16	-408.56	-42.55	10.27 *	0.00 **
6.80	234.63	-412.13	-58.72	8.36 *	0.00 **
7.20	209.16	-415.71	-67.57	6.02 *	0.00 **
7.60	181.33	-419.29	-70.77	3.58 *	0.00 **
8.00	153.10	-422.87	-69.78	1.18 *	0.00 **
8.40	125.89	-426.45	-65.86	0.00 *	0.00 **
8.80	100.66	-430.03	-60.04	0.00 *	0.00 **
9.20	78.00	-433.60	-53.18	0.00 *	0.00 **
9.60	58.17	-437.18	-45.94	0.00 *	0.00 **
10.00	41.23	-434.24	-38.84	0.00 *	0.00 **
10.40	27.48	-403.95	-30.05	0.00 *	0.00 **
10.80	17.05	-367.13	-22.28	0.00 *	0.00 **
11.20	9.48	-330.32	-15.76	0.00 *	0.00 **
11.60	4.26	-293.51	-10.61	0.00 *	0.00 **
12.00	1.18	-221.35	-5.01	0.00 *	0.00 **
12.40	0.05	-137.41	-1.10	0.00 *	0.00 **
12.80	-0.04	-53.48	0.23	0.00 *	0.00 **
13.00	0.00	-11.51	0.00	0.00 *	0.00 **

* erf. Bewehrung < Mindestbewehrung nach EN 1536 = 22.09 cm²
** Information: erf. Querkraftbewehrung < Mindest-Querkraftbew. nach DIN EN 1992 = 6.90 cm²/m

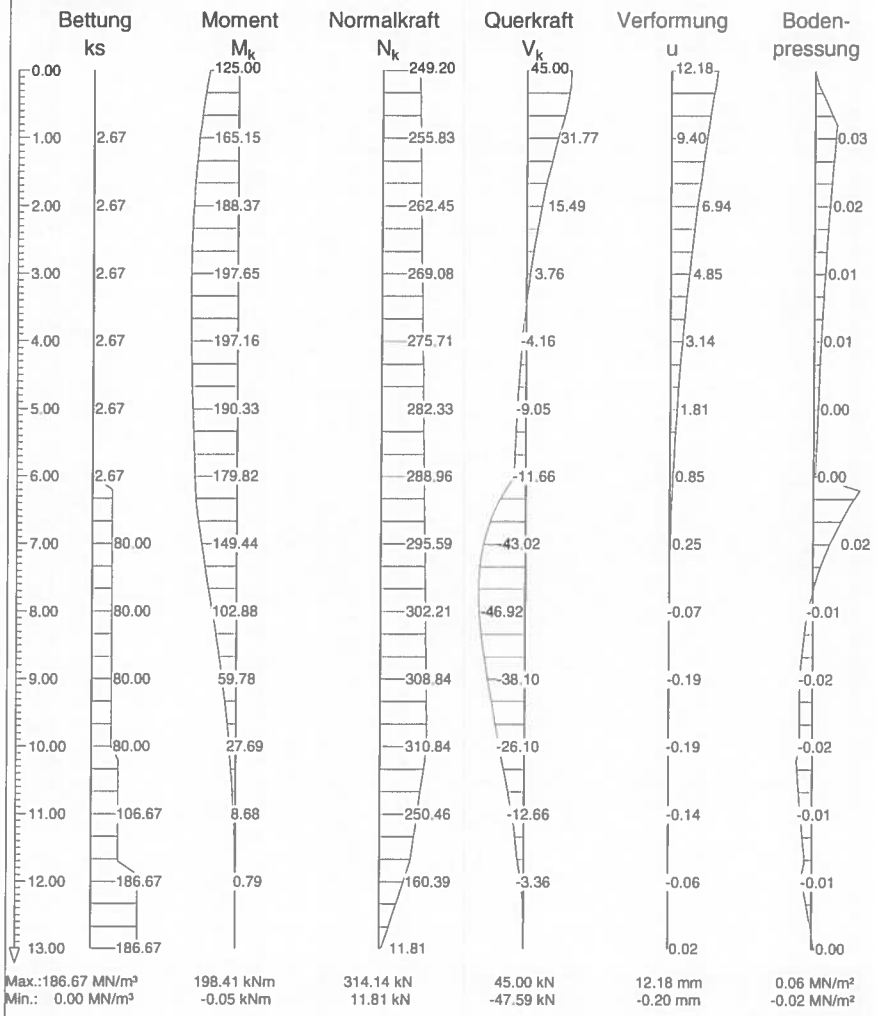
Längsbewehrung: gewählt 10 ø 20 mm = 31.42 cm²

Querkraftbewehrung: gewählt ø 10 mm, Ganghöhe 15 cm = 10.47 cm²/m von 0.00 m bis ___ m

gewählt ø ___mm, Ganghöhe ___ cm = ___ cm²/m von ___ m bis ___ m

Schnittgrößen mit elastischer Bettung

(charakteristisch)



212

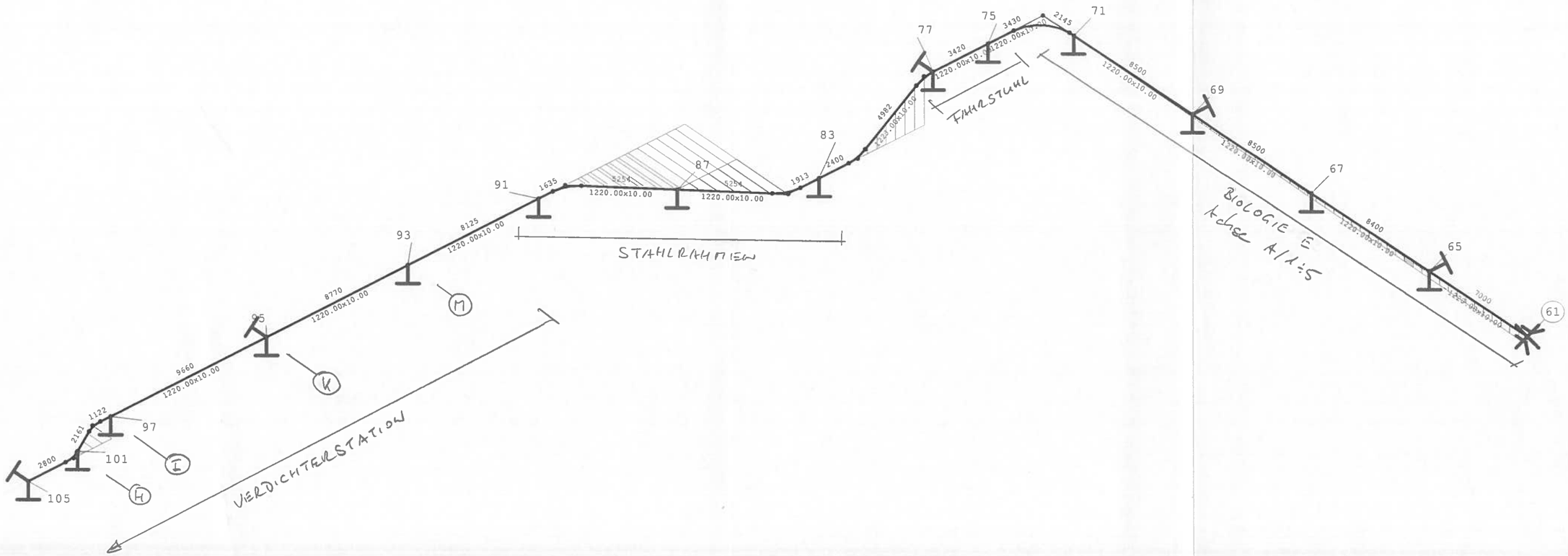
Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG
Bonsiepen 7 45136 Essen Tel. 020178967-0 Fax 0201/8967-123

Tiefe z [m]	Bettung k_s [MN/m³]	Moment M_k [kNm]	Normalkraft N_k [kN]	Querkraft V_k [kN]	Verformung u [mm]	Bodenpress. [MN/m²]
0.00	0.00	125.00	249.20	45.00	12.18	0.00
0.40	1.04	142.65	251.85	42.66	11.04	0.01
0.80	2.67	158.41	254.50	35.64	9.94	0.03
1.20	2.67	171.14	257.15	28.12	8.88	0.02
1.60	2.67	181.02	259.80	21.41	7.89	0.02
2.00	2.67	188.37	262.45	15.49	6.94	0.02
2.40	2.67	193.50	265.10	10.29	6.06	0.02
2.80	2.67	196.69	267.76	5.77	5.24	0.01
3.20	2.67	198.21	270.41	1.89	4.48	0.01
3.60	2.67	198.29	273.06	-1.40	3.78	0.01
4.00	2.67	197.16	275.71	-4.16	3.14	0.01
4.40	2.67	195.02	278.36	-6.44	2.56	0.01
4.80	2.67	192.06	281.01	-8.28	2.05	0.01
5.20	2.67	188.45	283.66	-9.73	1.59	0.00
5.60	2.67	184.32	286.31	-10.84	1.19	0.00
6.00	2.67	179.82	288.96	-11.66	0.85	0.00
6.40	80.00	171.53	291.61	-28.66	0.57	0.05
6.80	80.00	157.71	294.26	-39.51	0.34	0.03
7.20	80.00	140.58	296.91	-45.45	0.16	0.01
7.60	80.00	121.86	299.56	-47.59	0.02	0.00
8.00	80.00	102.88	302.21	-46.92	-0.07	-0.01
8.40	80.00	84.59	304.87	-44.27	-0.14	-0.01
8.80	80.00	67.63	307.52	-40.35	-0.18	-0.01
9.20	80.00	52.40	310.17	-35.74	-0.20	-0.02
9.60	80.00	39.07	312.82	-30.87	-0.20	-0.02
10.00	80.00	27.69	310.84	-26.10	-0.19	-0.02
10.40	106.67	18.45	289.47	-20.19	-0.17	-0.02
10.80	106.67	11.44	263.46	-14.97	-0.15	-0.02
11.20	106.67	6.36	237.46	-10.58	-0.12	-0.01
11.60	106.67	2.85	211.46	-7.12	-0.09	-0.01
11.90	186.67	1.12	175.24	-4.23	-0.07	-0.01
12.30	186.67	0.10	115.82	-1.17	-0.04	-0.01
12.70	186.67	-0.05	56.39	0.15	-0.01	0.00
13.00	186.67	0.00	11.81	0.00	0.02	0.00

DC

213

A1



Behälterstutzen
Starre Stütze
Festpunkt

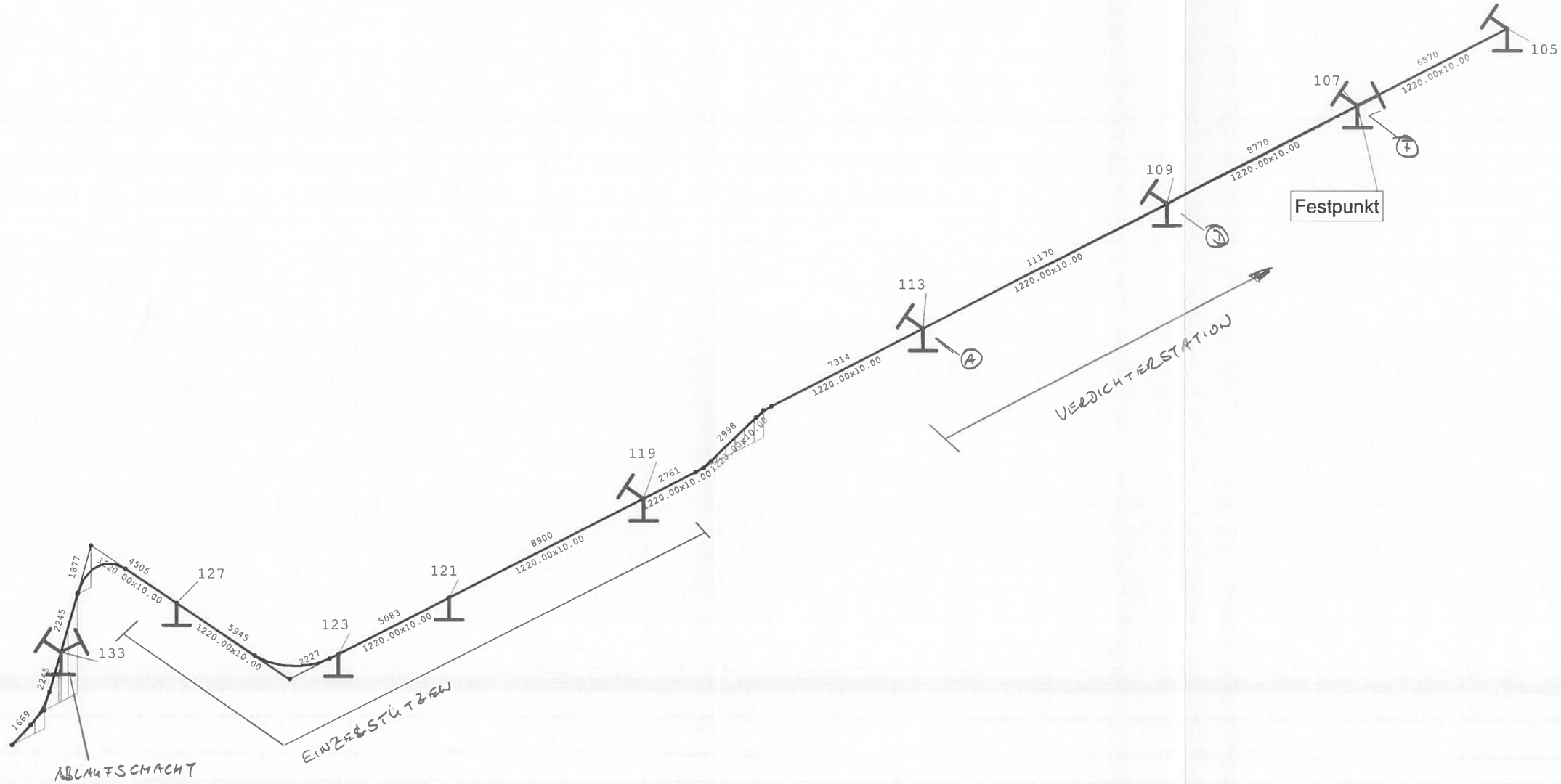
Ya Za Xa

SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH	SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH Bertha-von-Suttner-Allee 19 D 59423 Unna	ROHR2
Auftrag:	190204.TUM	Datum : 03.07.19
Projekt:	Erweiterung Klärwerk Rosental	
Zeichnung:	System 1 - 1	

SIGMA Programm ROHR2 32.1 - SIGMA www.rohr2.de

System: D:\auft-2019\190204.TUM\Erweiterung_KWRosental\Erweiterung_KWRosental_5\Erweiterung_KWRosental_5.r2w, Anzahl Berechungspunkte: 135

A2



Ya Za Xa

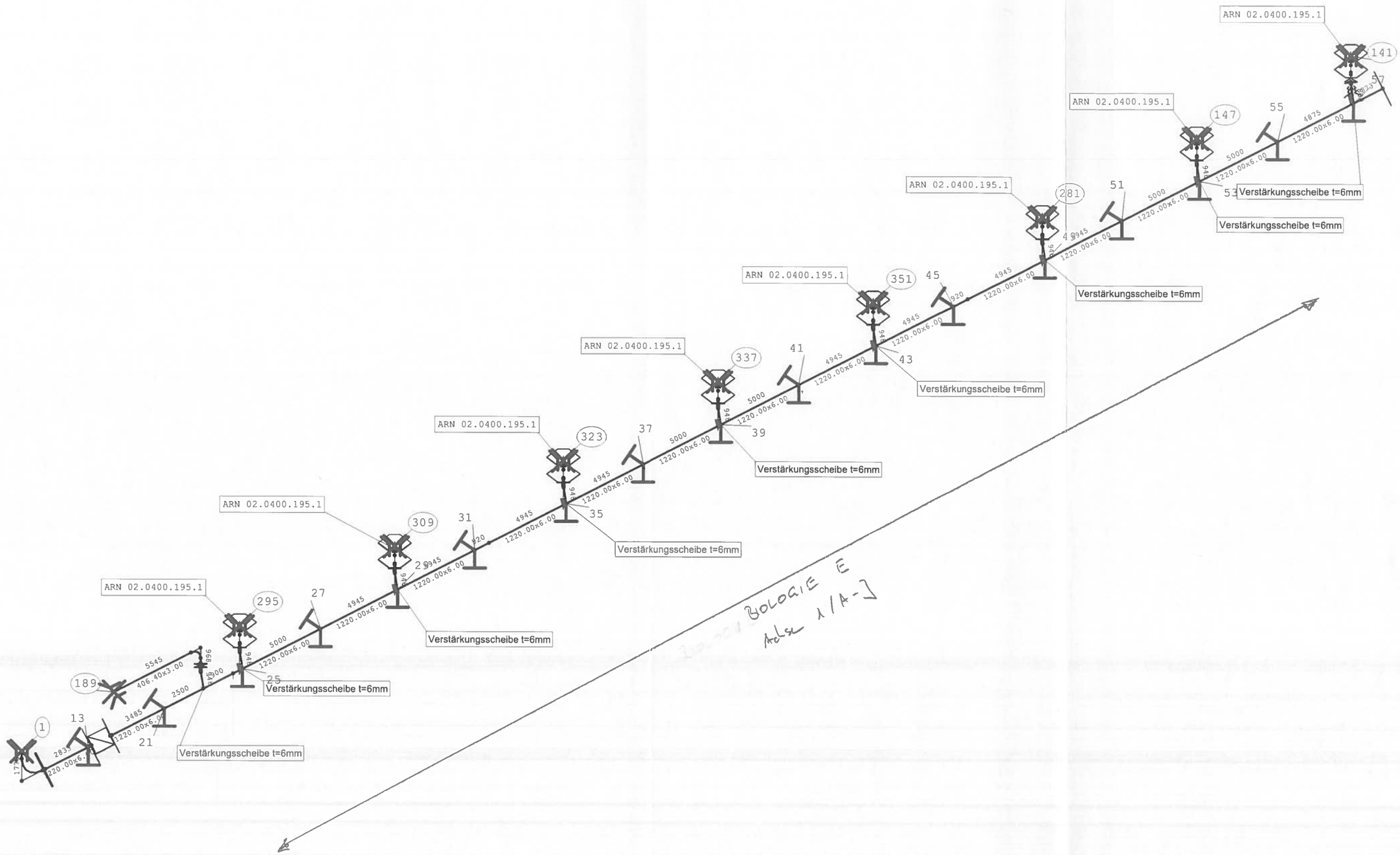
⊤ Starre Stütze

SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH	SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH Bertha-von-Suttner-Allee 19 D 59423 Unna	ROHR2
Auftrag:	190204.TUM	Datum : 03.07.19
Projekt:	Erweiterung Klärwerk Rosental	
Zeichnung:	System 1 - 2	

SIGMA Programm ROHR2 32.1 - SIGMA www.rohr2.de

System: D:\auft-2019\190204 TUM\Erweiterung_KWRosental\Erweiterung_KWRosental_5\Erweiterung_KWRosental_5.r2w, Anzahl Berechungspunkte: 135

A3



Behälterstutzen
Starre Stütze
Festpunkt

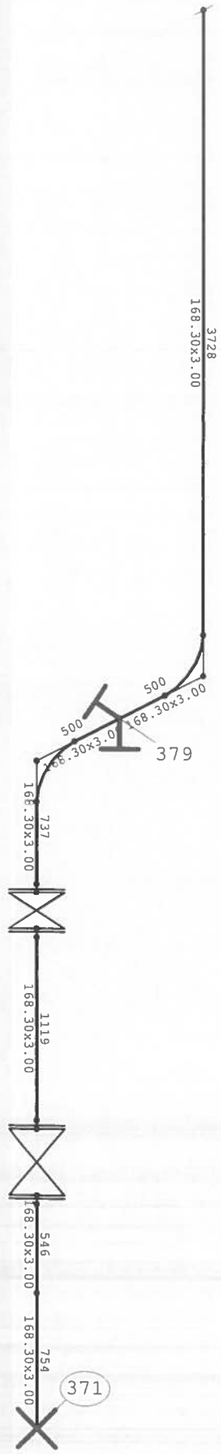
Ya Za Xa

SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH	SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH Bertha-von-Suttner-Allee 19 D 59423 Unna	ROHR2
Auftrag:	190204.TUM	Datum : 03.07.19
Projekt:	Erweiterung Klärwerk Rosental	
Zeichnung:	System 2	

SIGMA Programm ROHR2 32.1 - SIGMA www.rohr2.de

System: D:\auft-2019\190204.TUM\Erweiterung_KWRosental\Erweiterung_KWRosental_5\Erweiterung_KWRosental_5.r2w, Anzahl Berechungspunkte: 135

A4



Ya Za Xa

⊤ Starre Stütze

X Festpunkt

SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH	SIGMA Ingenieurgesellschaft mbH Bertha-von-Suttner-Allee 19 D 59423 Unna	ROHR2
Auftrag:	190204.TUM	Datum : 03.07.19
Projekt:	Erweiterung Klärwerk Rosental	
Zeichnung:	DN150	

SIGMA Programm ROHR2 32.1 - SIGMA www.rohr2.de

System: D:\auft-2019\190204.TUM\Erweiterung_KWRosental\Erweiterung_KWRosental_5\Erweiterung_KWRosental_5.r2w, Anzahl Berechungspunkte: 135