

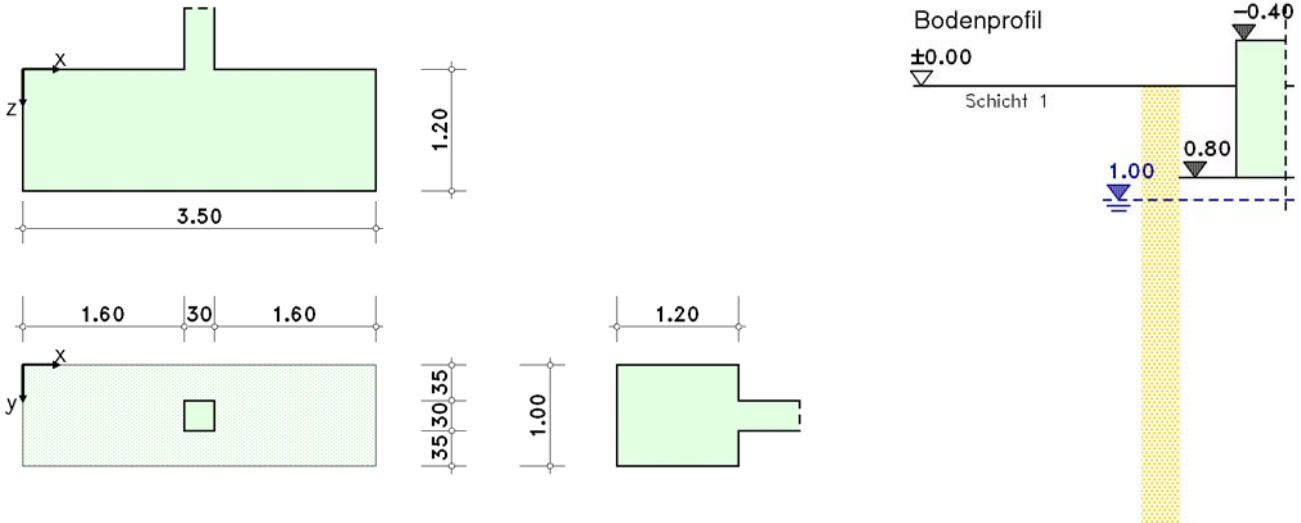
Einzelfundament

Stahlbetonbemessung nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 mit NA-Deutschland (DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04)

Äußere Standsicherheit nach DIN EN 1997-1:2014-03 mit NA-Deutschland

Ergänzende Regeln nach DIN 1054:2021-04, DIN 4017:2006-03 und DIN 4019:2015-05

Maßstab 1:75



Betonfestigkeitsklasse C30/37

Betonstahlsorte B500A

1. Bodensituation

Die Einbindetiefe des Fundamentes beträgt $t = 0.80$ m.

Der Grundwasserstand (unter OK Boden) liegt bei $t_w = 1.00$ m.

1.1. Bezeichnung und Kennwerte der Bodenschichten

Schicht	z m	γ kN/m ³	γ' kN/m ³	ϕ °	c_k kN/m ²	E_m MN/m ²	δ_p °
Schicht 1	0.00	19.00	11.00	32.5	---	10.00	auto

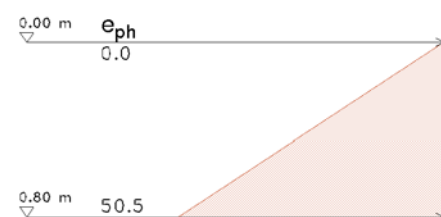
z - Kote an Oberkante der Schicht γ - Wichte γ' - Wichte unter Auftrieb ϕ - Reibungswinkel

c_k - char. Kohäsion des dränierten Bodens E_m - mittl. Zusammendrückungsmodul δ_p - Wandreibungswinkel auf der passiven Seite

1.2. Charakteristischer Erdwiderstand

Der Erdwiderstand wird für ebene Gleitflächen ermittelt.

Wandreibungswinkel $\delta = 0.00 \cdot \phi'_k$



$\Sigma(\gamma \cdot h)$ Summe Bodengewicht in der betrachteten Tiefe
 K_{pgh} Erddruckbeiwert entspr. [1] Abschn. 6.2.1, Gl. (7) (Ansatz nach Müller-Breslau)
 e_{ph} horiz. Erddruckordinate

z m	$\Sigma(\gamma \cdot h)$ kN/m ²	K_{pgh} -	e_{ph} kN/m ²
0.00	0.00	3.322	0.00
0.80	15.20	3.322	50.50

Der resultierende maximale Erdwiderstand ergibt sich zu $E_{phg} = 20.20$ kN/m, bei $z_s = 0.53$ m.

2. Belastung

2.1. Einwirkungsstruktur

Auf der linken Seite sind die Einwirkungen und Lastfälle in einer Baumstruktur dargestellt. Auf der rechten Seite sind deren überlagerungsspezifische Eigenschaften angegeben.

verwendete Symbole: Einwirkung Lastfall

1: ständige Lasten

ständige Lasten

1: Ständig

additiv

Auf der linken Seite sind die Einwirkungen und Lastfälle in einer Baumstruktur dargestellt. Auf der rechten Seite sind deren überlagerungsspezifische Eigenschaften angegeben.

2: Nutzlasten

4: Nutzlast

3: Windlasten

7: Wind +x-Richtung

8: Wind -x-Richtung

4: Schneelast

9: Schnee

sonstige veränderliche Einwirkungen

additiv

veränderliche Windlasten

alternativ in Gruppe A

alternativ in Gruppe A

veränderliche Schneelasten

additiv

2.2. Schnee Norddeutsches Tiefland

Der Lastfall 9 wird entsprechend [2], NDP zu 4.3(1), alternativ auch als außergewöhnliche Einwirkung berücksichtigt

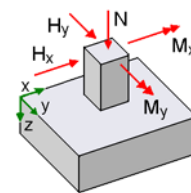
2.3. Bemessungssituation der Lastfälle für äußere Standsicherheit

Lastf.	Bezeichnung	BS-P	BS-T	Lastf.	Bezeichnung	BS-P	BS-T
1	Ständig	x		8	Wind -x-Richtung	x	
4	Nutzlast	x		9	Schnee	x	
7	Wind +x-Richtung	x					

2.4. Charakteristische Stützenlast

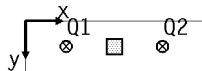
Angriffspunkt im Schwerpunkt der Stütze auf OK Fundamentplatte

Lastf.	N _{st} kN	H _{x,St} kN	H _{y,St} kN	M _{x,St} kNm	M _{y,St} kNm
1	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	100.00	0.00	0.00	0.00	25.00
7	0.00	36.00	0.00	0.00	-30.00
8	0.00	-36.00	0.00	0.00	30.00
9	80.00	0.00	0.00	0.00	25.00



2.5. Zusätzliche Einzel- und Linienlasten

Lastfall 4: Nutzlast

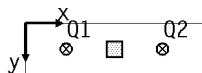


Einzellasten

Nr	x cm	y cm	Q _v kN	Q _x kN	Q _y kN	M _x kNm	M _y kNm
1	80.0	50.0	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	270.0	50.0	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.6. Zusätzliche Einzel- und Linienlasten

Lastfall 7: Wind +x-Richtung

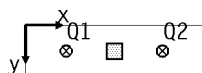


Einzellasten

Nr	x cm	y cm	Q _v kN	Q _x kN	Q _y kN	M _x kNm	M _y kNm
1	80.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	270.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.7. Zusätzliche Einzel- und Linienlasten

Lastfall 8: Wind -x-Richtung



Einzellasten

Nr	x cm	y cm	Q _v kN	Q _x kN	Q _y kN	M _x kNm	M _y kNm
1	80.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	270.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.8. Einschränkungen für die Lastkombination

- Mindestens ein Lastfall der führenden Einwirkung muß ungünstig wirken.
- Folgende Lastfälle wirken immer ungünstig: 1

2.9. Eigengewicht

Das Gewicht der Fundamentplatte wird mit $\gamma_c = 25.00 \text{ kN/m}^3$ berücksichtigt.
Es liegt keine Erdauflast vor.

Die Resultierende aus Eigengewicht in der Bodenfuge beträgt $N_{0,Eigen,k} = 105.00 \text{ kN}$.

Das Eigengewicht wird im Lastfall 1 mit berücksichtigt.

3. Bemessung der Fundamentplatte

3.1. Materialsicherheitsbeiwerte

Bemessungssit.	γ_c	γ_s
ständig und vorübergehend	1.50	1.15
außergewöhnlich	1.30	1.00

3.2. Bemessungswerte Stahlbetonbemessung

Die Mobilisierung des Erdwiderstandes wird vernachlässigt.

3.2.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+1.5 · Lf4
2	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf7
3	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+1.5 · Lf4+0.5 · 1.5 · Lf9
4	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf7+0.5 · 1.5 · Lf9
5	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf8
6	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf8+0.5 · 1.5 · Lf9
7	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+1.5 · Lf7
8	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+1.5 · Lf7
9	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+1.5 · Lf7+0.5 · 1.5 · Lf9
10	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+1.5 · Lf7+0.5 · 1.5 · Lf9
11	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+1.5 · Lf8
12	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+1.5 · Lf8
13	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+1.5 · Lf8+0.5 · 1.5 · Lf9
14	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+1.5 · Lf8+0.5 · 1.5 · Lf9
15	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+1.5 · Lf9
16	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+1.5 · Lf9
17	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+0.6 · 1.5 · Lf7+1.5 · Lf9
18	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf7+1.5 · Lf9
19	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+0.6 · 1.5 · Lf8+1.5 · Lf9
20	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf8+1.5 · Lf9
21	außergewöhnlich	Lf1+0.7 · Lf4+2.3 · Lf9
22	außergewöhnlich	Lf1+0.2 · Lf7+2.3 · Lf9
23	außergewöhnlich	Lf1+0.5 · Lf4+0.2 · Lf7+2.3 · Lf9
24	außergewöhnlich	Lf1+0.2 · Lf8+2.3 · Lf9
25	außergewöhnlich	Lf1+0.5 · Lf4+0.2 · Lf8+2.3 · Lf9
26	außergewöhnlich	Lf1+2.3 · Lf9
27	außergewöhnlich	Lf1+0.5 · Lf4+2.3 · Lf9

3.2.2. Stützenlast

Erhöhungsfaktor für Momente: $\Delta M_{St,TH,II,0} = M_{St} \cdot 20\%$
(zur Berücksichtigung des Momentenzuwachses aus nichtlinearen Effekten)

LK	N _{St,d} kN	H _{x,St,d} kN	H _{y,St,d} kN	M _{x,St,d} kNm	M _{y,St,d} kNm	LK	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	420.00	0.00	0.00	0.00	45.00	15	390.00	0.00	0.00	0.00	45.00
2	420.00	32.40	0.00	0.00	12.60	16	510.00	0.00	0.00	0.00	81.00
3	480.00	0.00	0.00	0.00	67.50	17	390.00	32.40	0.00	0.00	12.60
4	480.00	32.40	0.00	0.00	35.10	18	510.00	32.40	0.00	0.00	48.60
5	420.00	-32.40	0.00	0.00	77.40	19	390.00	-32.40	0.00	0.00	77.40
6	480.00	-32.40	0.00	0.00	99.90	20	510.00	-32.40	0.00	0.00	113.40
7	270.00	54.00	0.00	0.00	-54.00	21	454.00	0.00	0.00	0.00	90.00
8	390.00	54.00	0.00	0.00	-18.00	22	384.00	7.20	0.00	0.00	61.80
9	330.00	54.00	0.00	0.00	-31.50	23	434.00	7.20	0.00	0.00	76.80
10	450.00	54.00	0.00	0.00	4.50	24	384.00	-7.20	0.00	0.00	76.20
11	270.00	-54.00	0.00	0.00	54.00	25	434.00	-7.20	0.00	0.00	91.20
12	390.00	-54.00	0.00	0.00	90.00	26	384.00	0.00	0.00	0.00	69.00
13	330.00	-54.00	0.00	0.00	76.50	27	434.00	0.00	0.00	0.00	84.00
14	450.00	-54.00	0.00	0.00	112.50						

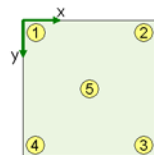
3.2.3. Einzellasten

LK	x	y	N, d, z	Q, d, x	Q, d, y	M, d, x	M, d, y
-	cm	cm	kN	kN	kN	kNm	kNm
1	80.0	50.0	-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
1	270.0	50.0	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00
2	80.0	50.0	-25.80	0.00	0.00	0.00	0.00
2	270.0	50.0	31.80	0.00	0.00	0.00	0.00
3	80.0	50.0	-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
3	270.0	50.0	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00
4	80.0	50.0	-25.80	0.00	0.00	0.00	0.00
4	270.0	50.0	31.80	0.00	0.00	0.00	0.00
5	80.0	50.0	22.80	0.00	0.00	0.00	0.00
5	270.0	50.0	-16.80	0.00	0.00	0.00	0.00
6	80.0	50.0	22.80	0.00	0.00	0.00	0.00
6	270.0	50.0	-16.80	0.00	0.00	0.00	0.00
7	80.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
7	270.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
8	80.0	50.0	-41.70	0.00	0.00	0.00	0.00
8	270.0	50.0	46.50	0.00	0.00	0.00	0.00
9	80.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
9	270.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
10	80.0	50.0	-41.70	0.00	0.00	0.00	0.00
10	270.0	50.0	46.50	0.00	0.00	0.00	0.00
11	80.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
11	270.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
12	80.0	50.0	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00
12	270.0	50.0	-34.50	0.00	0.00	0.00	0.00
13	80.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
13	270.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
14	80.0	50.0	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00
14	270.0	50.0	-34.50	0.00	0.00	0.00	0.00
16	80.0	50.0	-1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
16	270.0	50.0	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	80.0	50.0	-24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
17	270.0	50.0	24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
18	80.0	50.0	-25.50	0.00	0.00	0.00	0.00
18	270.0	50.0	30.30	0.00	0.00	0.00	0.00
19	80.0	50.0	24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
19	270.0	50.0	-24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
20	80.0	50.0	23.10	0.00	0.00	0.00	0.00
20	270.0	50.0	-18.30	0.00	0.00	0.00	0.00
21	80.0	50.0	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00
21	270.0	50.0	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00
22	80.0	50.0	-5.40	0.00	0.00	0.00	0.00
22	270.0	50.0	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00
23	80.0	50.0	-5.90	0.00	0.00	0.00	0.00
23	270.0	50.0	7.90	0.00	0.00	0.00	0.00
24	80.0	50.0	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00
24	270.0	50.0	-5.40	0.00	0.00	0.00	0.00
25	80.0	50.0	4.90	0.00	0.00	0.00	0.00
25	270.0	50.0	-2.90	0.00	0.00	0.00	0.00
27	80.0	50.0	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
27	270.0	50.0	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00

3.3. Sohldruck

Ermittlung der Sohldrücke unter Annahme linearer Bodenspannungen und Zugausfall

Spannung in den Eckpunkten: σ_1 bis σ_4 , Spannung im Schwerpunkt: σ_5



LK	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
1	180.07	144.36	144.36	180.07	162.21
2	122.54	201.89	201.89	122.54	162.21
3	208.23	150.48	150.48	208.23	179.36
4	150.70	208.01	208.01	150.70	179.36
5	237.59	86.83	86.83	237.59	162.21
6	265.76	92.96	92.96	265.76	179.36
7	21.77	213.52	213.52	21.77	117.64
8	71.70	234.90	234.90	71.70	153.30
9	49.93	219.64	219.64	49.93	134.79
10	99.87	241.02	241.02	99.87	170.44
11	213.52	21.77	21.77	213.52	117.64
12	263.46	43.14	43.14	263.46	153.30
13	241.68	27.89	27.89	241.68	134.79
14	291.62	49.26	49.26	291.62	170.44

LK	σ_1 kN/m ²	σ_2 kN/m ²	σ_3 kN/m ²	σ_4 kN/m ²	σ_5 kN/m ²
15	173.97	129.89	129.89	173.97	151.93
16	223.91	151.26	151.26	223.91	187.59
17	116.44	187.41	187.41	116.44	151.93
18	166.38	208.79	208.79	166.38	187.59
19	231.50	72.36	72.36	231.50	151.93
20	281.44	93.74	93.74	281.44	187.59
21	202.64	118.39	118.39	202.64	160.51
22	160.73	118.70	118.70	160.73	139.71
23	181.53	127.61	127.61	181.53	154.57
24	186.29	93.13	93.13	186.29	139.71
25	207.10	102.04	102.04	207.10	154.57
26	173.51	105.92	105.92	173.51	139.71
27	194.32	114.82	114.82	194.32	154.57

3.4. Bemessung für Biegung

3.4.1. Längsbewehrung in x-Richtung

Stahlrandabstand oben/unten $h_{so}/h_{su} = 7.0/7.0$ cm

Momente in den Bemessungsschnitten

LK	x = 175.0 cm ¹⁾ kNm	x = 80.0 cm kNm	x = 270.0 cm kNm	LK	x = 175.0 cm ¹⁾ kNm	x = 80.0 cm kNm	x = 270.0 cm kNm
1	190.28	43.79	34.11	15	178.50	41.64	29.68
2	180.89	28.19	49.71	16	244.32	56.92	37.22
3	225.53	52.27	36.60	17	169.12	26.03	45.28
4	193.64	36.66	52.21	18	208.68	41.32	52.82
5	225.92	59.39	18.50	19	214.14	57.24	14.08
6	261.17	67.87	21.00	20	279.96	72.52	21.61
7	167.38	-1.32	50.69	21	226.49	53.19	30.34
8	197.20	13.96	58.23	22	180.18	40.81	29.41
9	180.13	7.15	53.19	23	207.60	47.18	32.55
10	209.95	22.44	60.72	24	196.02	47.74	22.47
11	167.40	50.69	-1.32	25	223.44	54.11	25.61
12	233.22	65.98	6.22	26	188.10	44.28	25.94
13	202.65	59.17	1.18	27	215.52	50.64	29.08
14	268.47	74.45	8.71				

1) ausgerundetes Moment unter Stützenmittelpunkt

Bemessung für LK 7: $\varepsilon_o/\varepsilon_u = 26.55/-0.06\%$ erf $A_{s,o} = 0.0$ cm²

Bemessung für LK 20: $\varepsilon_o/\varepsilon_u = -0.89/26.60\%$ erf $A_{s,u} = 5.5$ cm²

3.4.2. Längsbewehrung in y-Richtung

Stahlrandabstand oben/unten $h_{so}/h_{su} = 5.0/5.0$ cm

Momente in den Bemessungsschnitten

LK	y = 50.0 cm ¹⁾ kNm	LK	y = 50.0 cm ¹⁾ kNm	LK	y = 50.0 cm ¹⁾ kNm	LK	y = 50.0 cm ¹⁾ kNm
1	37.50	8	34.73	15	34.13	22	33.60
2	37.50	9	28.88	16	45.23	23	38.22
3	42.75	10	39.98	17	34.13	24	33.60
4	42.75	11	23.63	18	45.23	25	38.22
5	37.50	12	34.73	19	34.13	26	33.60
6	42.75	13	28.88	20	45.22	27	38.22
7	23.62	14	39.98	21	40.08		

1) ausgerundetes Moment unter Stützenmittelpunkt

Bemessung für LK 16: $\varepsilon_o/\varepsilon_u = -0.17/26.09\%$ erf $A_{s,u} = 0.9$ cm²

3.4.3. Gewählte Bewehrung in x-Richtung

Oben **B500A, gleichmäßig zu verteilen**
1 Ø 12 = 1.1 cm² (konstruktiv)

Unten **B500A, gleichmäßig zu verteilen**
20 Ø 12 = 22.6 > 5.5 cm²

3.4.4. Gewählte Bewehrung in y-Richtung

Unten **B500A, gleichmäßig zu verteilen**
6 Ø 12 = 6.8 > 0.9 cm²

$\varepsilon_o/\varepsilon_u$ - Dehnungen in den Randfasern (oben/unten)

3.5. Durchstanznachweis

3.5.1. Einwirkung im kritischen Rundschnitt

$$v_{Ed,crit} = \beta \cdot v_{Ed,red} / (u_{crit} \cdot d)$$

$$v_{Ed,red} = v_{Ed} - \Delta v_{Ed}$$

$$\Delta v_{Ed} = A_{crit} (\sigma_{Ed,gd,m} - g_{Ed,Platte})$$

$$\beta = 1 + k M_{Ed} / v_{Ed} \cdot u_{crit} / W_{crit} \geq 1.10$$

$$W_{crit} = \int |e| dl \quad \text{mit } dl: \text{Differential des Umfangs} \\ e: \text{Abstand von } dl \text{ zur Achse von } M_{Ed}$$

Beiwert zur Ermittlung der Schubspannungen aus Momentenbeanspruchung

(nach [3], Tabelle 6.1)

$$c_1 = c_2 = 0.3 \Rightarrow k_x = k_y = 0.6$$

Rechenwerte des kritischen Rundschnittes

LK	a _{crit} cm	a/d -	u _{crit} m	A _{crit} m ²	W _{crit,y} m ²	LK	a _{crit} cm	a/d -	u _{crit} m	A _{crit} m ²	W _{crit,y} m ²
1	27.9	0.25	2.95	0.670	0.8778	15	27.9	0.25	2.95	0.670	0.8778
2	31.4	0.28	3.17	0.775	1.0117	16	26.8	0.23	2.88	0.637	0.8353
3	26.8	0.23	2.88	0.637	0.8353	17	31.9	0.28	3.21	0.793	1.0349
4	29.1	0.25	3.03	0.704	0.9214	18	28.5	0.25	2.99	0.687	0.8995
5	25.6	0.22	2.81	0.604	0.7938	19	25.6	0.22	2.81	0.604	0.7938
6	25.6	0.22	2.81	0.604	0.7938	20	25.1	0.22	2.78	0.589	0.7735
7	25.6	0.22	2.81	0.604	0.7938	21	25.6	0.22	2.81	0.604	0.7938
8	31.4	0.28	3.17	0.775	1.0117	22	26.8	0.23	2.88	0.637	0.8353
9	28.5	0.25	2.99	0.687	0.8995	23	26.2	0.23	2.85	0.621	0.8144
10	31.4	0.28	3.17	0.775	1.0117	24	25.6	0.22	2.81	0.604	0.7938
11	25.6	0.22	2.81	0.604	0.7938	25	25.6	0.22	2.81	0.604	0.7938
12	25.1	0.22	2.78	0.589	0.7735	26	26.2	0.23	2.85	0.621	0.8144
13	25.1	0.22	2.78	0.589	0.7735	27	25.6	0.22	2.81	0.604	0.7938
14	24.5	0.22	2.74	0.573	0.7534						

Maßgebende Schubspannung im kritischen Rundschnitt

LK	v _{Ed} kN	σ _{Ed,gd,m} kN/m ²	Δv _{Ed} kN	M _{Ed,y,Sp} kNm	β -	v _{Ed,crit} N/mm ²
1	420.00	121.80	81.64	-45.00	1.22	0.122
2	420.00	121.80	94.39	-12.60	1.10	0.099
3	480.00	138.96	88.51	-67.50	1.29	0.154
4	480.00	138.96	97.87	-35.10	1.14	0.127
5	420.00	121.81	73.63	-77.40	1.39	0.150
6	480.00	138.96	84.00	-99.90	1.44	0.178
7	270.00	77.21	46.67	54.00	1.43	0.099
8	390.00	112.88	87.48	18.00	1.10	0.092
9	330.00	94.36	64.84	31.50	1.19	0.093
10	450.00	130.03	100.77	-4.50	1.10	0.106
11	270.00	77.21	46.67	-54.00	1.43	0.099
12	390.00	112.89	66.44	-90.00	1.50	0.153
13	330.00	94.36	55.54	-76.50	1.50	0.130
14	450.00	130.04	74.50	-112.50	1.55	0.186
15	390.00	111.51	74.74	-45.00	1.23	0.115
16	510.00	147.19	93.76	-81.00	1.33	0.168
17	390.00	111.51	88.44	-12.60	1.10	0.091
18	510.00	147.19	101.15	-48.60	1.19	0.143
19	390.00	111.52	67.41	-77.40	1.42	0.143
20	510.00	147.20	86.64	-113.40	1.48	0.198
21	454.00	130.61	78.95	-90.00	1.42	0.166
22	384.00	109.80	69.94	-61.80	1.33	0.127
23	434.00	124.67	77.37	-76.80	1.37	0.151
24	384.00	109.80	66.37	-76.20	1.42	0.141
25	434.00	124.67	75.36	-91.20	1.45	0.162
26	384.00	109.80	68.14	-69.00	1.38	0.134
27	434.00	124.67	75.36	-84.00	1.41	0.158

Δv_{Ed} - Resultierende aus Sohldruck M_{Ed,x,Sp}/M_{Ed,y,Sp} - Momente bezügl. Schwerpunkt des Rundschnittes

β - Lasterhöhungsfaktor aus exzentrischer Belastung v_{Ed,crit} - Maßgebende Schubspannung im kritischen Rundschnitt

3.5.2. Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_{l,zug} \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot 2 \cdot d/a \geq v_{min} \cdot 2 \cdot d/a \quad [N/mm^2]$$

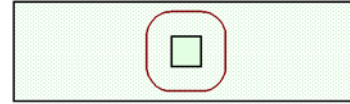
$$C_{Rd,c} = 0.15/\gamma_c$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2.0 \text{ mit } d \text{ [mm]}$$

$$\rho_{l,zug,max} = \text{Minimum von } (0.02, 0.5 \cdot f_{ctd}/f_{yd})$$

$$\rho_{l,zug} = \sqrt{\rho_{lx,zug} \cdot \rho_{ly,zug}} \leq \rho_{l,zug,max}$$

$$v_{min} = 0.0375/\gamma_c \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \text{ für } d \geq 800 \text{ mm}$$



Mittlere statische Nutzhöhe

$$d_m = (113 + 115)/2 = 114 \text{ cm}$$

Maßstabsfaktor

$$k = 1 + \sqrt{200/1140} = 1.42 < 2$$

Längsbewehrungsgrad der verankerten Zugbewehrung

Mittelwert aus der Zugbewehrung bis zum Abstand 3d von der Stütze

$$a_{s,x,3d} = 22.6/1 = 22.62 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,y,3d} = 6.8/3.5 = 1.94 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rho_{lx,zug} = 22.62/113 \cdot 10^{-2} = 0.002$$

$$\rho_{ly,zug} = 1.94/115 \cdot 10^{-2} = 0.00017$$

$$\rho_{l,zug} = \sqrt{0.002 \cdot 0.00017} = 0.00058$$

3.5.2.1. Bemessungssituation ständig und vorübergehend (LK 20)

$$C_{Rd,c} = 0.15/1.5 = 0.1$$

$$\rho_{l,zug,max} = \text{Minimum von } (0.02, 0.5 \cdot 17/434.78) = 0.0195 > 0.0006$$

$$v_{min} \cdot 2 \cdot d/a = 0.0375/1.5 \cdot 1.42^{3/2} \cdot 30^{0.5} \cdot 2 \cdot 114/25.1 = 2.104 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = 0.1 \cdot 1.42 \cdot (100 \cdot 0.00058 \cdot 30)^{1/3} \cdot 2 \cdot 114/25.1 = 1.552 \text{ N/mm}^2 < 2.104 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow v_{Rd,c} = 2.104 \text{ N/mm}^2$$

0.198 N/mm² < 2.104 N/mm² ⇒ keine zusätzliche Bewehrung erforderlich

3.5.2.2. Bemessungssituation außergewöhnlich (LK 21)

$$C_{Rd,c} = 0.15/1.3 = 0.115$$

$$\rho_{l,zug,max} = \text{Minimum von } (0.02, 0.5 \cdot 19.62/500) = 0.0196 > 0.0006$$

$$v_{min} \cdot 2 \cdot d/a = 0.0375/1.3 \cdot 1.42^{3/2} \cdot 30^{0.5} \cdot 2 \cdot 114/25.7 = 2.374 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = 0.115 \cdot 1.42 \cdot (100 \cdot 0.00058 \cdot 30)^{1/3} \cdot 2 \cdot 114/25.7 = 1.751 \text{ N/mm}^2 < 2.374 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow v_{Rd,c} = 2.374 \text{ N/mm}^2$$

0.166 N/mm² < 2.374 N/mm² ⇒ keine zusätzliche Bewehrung erforderlich

4. Äußere Standsicherheit - Nachweis der Tragfähigkeit (ULS)

4.1. Teilsicherheitsbeiwerte auf der Einwirkungsseite

Entsprechend [4] Tabelle A 2.1

4.2. Teilsicherheitsbeiwerte auf der Widerstandsseite

Entsprechend [4] Tabellen A 2.2 und A 2.3

4.3. Bemessungswerte Kippen (EQU)

Die Mobilisierung des Erdwiderstandes wird vernachlässigt.

4.3.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung	LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf4	12	BS-P	1.1 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+1.5 · Lf8
2	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf7	13	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf8+0.5 · 1.5 · Lf9
3	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf4+0.5 · 1.5 · Lf9	14	BS-P	1.1 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+1.5 · Lf8+0.5 · 1.5 · Lf9
4	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf7+0.5 · 1.5 · Lf9	15	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf9
5	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf8	16	BS-P	1.1 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+1.5 · Lf9
6	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf8+0.5 · 1.5 · Lf9	17	BS-P	1.1 · Lf1+0.6 · 1.5 · Lf7+1.5 · Lf9
7	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf7	18	BS-P	1.1 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf7+1.5 · Lf9
8	BS-P	1.1 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+1.5 · Lf7	19	BS-P	1.1 · Lf1+0.6 · 1.5 · Lf8+1.5 · Lf9
9	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf7+0.5 · 1.5 · Lf9	20	BS-P	1.1 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+0.6 · 1.5 · Lf8+1.5 · Lf9
10	BS-P	1.1 · Lf1+0.8 · 1.5 · Lf4+1.5 · Lf7+0.5 · 1.5 · Lf9	21	BS-A	2.3 · Lf9
11	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf8			

4.3.2. Stützenlast

LK	N _{St,d} kN	H _{x,St,d} kN	H _{y,St,d} kN	M _{x,St,d} kNm	M _{y,St,d} kNm	LK	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	370.00	0.00	0.00	0.00	37.50	12	340.00	-54.00	0.00	0.00	75.00
2	370.00	32.40	0.00	0.00	10.50	13	280.00	-54.00	0.00	0.00	63.75
3	430.00	0.00	0.00	0.00	56.25	14	400.00	-54.00	0.00	0.00	93.75
4	430.00	32.40	0.00	0.00	29.25	15	340.00	0.00	0.00	0.00	37.50
5	370.00	-32.40	0.00	0.00	64.50	16	460.00	0.00	0.00	0.00	67.50
6	430.00	-32.40	0.00	0.00	83.25	17	340.00	32.40	0.00	0.00	10.50
7	220.00	54.00	0.00	0.00	-45.00	18	460.00	32.40	0.00	0.00	40.50
8	340.00	54.00	0.00	0.00	-15.00	19	340.00	-32.40	0.00	0.00	64.50
9	280.00	54.00	0.00	0.00	-26.25	20	460.00	-32.40	0.00	0.00	94.50
10	400.00	54.00	0.00	0.00	3.75	21	184.00	0.00	0.00	0.00	57.50
11	220.00	-54.00	0.00	0.00	45.00						

4.3.3. Einzellasten

LK	x	y	N,d,z	Q,d,x	Q,d,y	M,d,x	M,d,y
-	cm	cm	kN	kN	kN	kNm	kNm
1	80.0	50.0	-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
1	270.0	50.0	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00
2	80.0	50.0	-25.80	0.00	0.00	0.00	0.00
2	270.0	50.0	31.80	0.00	0.00	0.00	0.00
3	80.0	50.0	-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
3	270.0	50.0	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00
4	80.0	50.0	-25.80	0.00	0.00	0.00	0.00
4	270.0	50.0	31.80	0.00	0.00	0.00	0.00
5	80.0	50.0	22.80	0.00	0.00	0.00	0.00
5	270.0	50.0	-16.80	0.00	0.00	0.00	0.00
6	80.0	50.0	22.80	0.00	0.00	0.00	0.00
6	270.0	50.0	-16.80	0.00	0.00	0.00	0.00
7	80.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
7	270.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
8	80.0	50.0	-41.70	0.00	0.00	0.00	0.00
8	270.0	50.0	46.50	0.00	0.00	0.00	0.00
9	80.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
9	270.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
10	80.0	50.0	-41.70	0.00	0.00	0.00	0.00
10	270.0	50.0	46.50	0.00	0.00	0.00	0.00
11	80.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
11	270.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
12	80.0	50.0	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00
12	270.0	50.0	-34.50	0.00	0.00	0.00	0.00
13	80.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
13	270.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
14	80.0	50.0	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00
14	270.0	50.0	-34.50	0.00	0.00	0.00	0.00
16	80.0	50.0	-1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
16	270.0	50.0	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	80.0	50.0	-24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
17	270.0	50.0	24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
18	80.0	50.0	-25.50	0.00	0.00	0.00	0.00
18	270.0	50.0	30.30	0.00	0.00	0.00	0.00
19	80.0	50.0	24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
19	270.0	50.0	-24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
20	80.0	50.0	23.10	0.00	0.00	0.00	0.00
20	270.0	50.0	-18.30	0.00	0.00	0.00	0.00

4.4. Nachweis gegen Kippen (EQU)

LK	Massgebende Kante	Mdst	Mstb	μ	LK	Massgebende Kante	Mdst	Mstb	μ
		kNm	kNm	-			kNm	kNm	-
1	---	0.00	831.48	0.00	12	y (links)	186.45	782.61	0.24
2	y (rechts)	112.23	888.78	0.13	13	y (links)	186.45	673.38	0.28
3	---	0.00	917.73	0.00	14	y (links)	186.45	868.86	0.21
4	y (rechts)	112.23	1012.53	0.11	15	---	0.00	759.63	0.00
5	y (links)	111.87	831.48	0.13	16	---	0.00	955.11	0.00
6	y (links)	111.87	917.73	0.12	17	y (rechts)	112.23	834.63	0.13
7	y (rechts)	187.05	587.13	0.32	18	y (rechts)	112.23	1075.95	0.10
8	y (rechts)	187.05	828.45	0.23	19	y (links)	111.87	759.63	0.15
9	y (rechts)	187.05	710.88	0.26	20	y (links)	111.87	955.11	0.12
10	y (rechts)	187.05	952.20	0.20	21	---	0.00	264.50	0.00
11	y (links)	186.45	587.13	0.32					

$\mu_{\max} = 0.32 < 1.0 \Rightarrow$ Der Nachweis gegen Kippen ist erfüllt

4.5. Bemessungswerte Grundbruch (GEO-2)

Der mobilisierte Erdwiderstand wird mit $e_{phg,mob} = 0.50 \cdot e_{phg}$ angenommen.

4.5.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung	LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf4	11	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf8
2	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf4+0.6·1.5·Lf7	12	BS-P	1.35·Lf1+0.8·1.5·Lf4+1.5·Lf8
3	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf4+0.5·1.5·Lf9	13	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf8+0.5·1.5·Lf9
4	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf4+0.6·1.5·Lf7+0.5·1.5·Lf9	14	BS-P	1.35·Lf1+0.8·1.5·Lf4+1.5·Lf8+0.5·1.5·Lf9
5	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf4+0.6·1.5·Lf8	15	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf9
6	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf4+0.6·1.5·Lf8+0.5·1.5·Lf9	16	BS-P	1.35·Lf1+0.8·1.5·Lf4+1.5·Lf9
7	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf7	17	BS-P	1.35·Lf1+0.6·1.5·Lf7+1.5·Lf9
8	BS-P	1.35·Lf1+0.8·1.5·Lf4+1.5·Lf7	18	BS-P	1.35·Lf1+0.8·1.5·Lf4+0.6·1.5·Lf7+1.5·Lf9
9	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf7+0.5·1.5·Lf9	19	BS-P	1.35·Lf1+0.6·1.5·Lf8+1.5·Lf9
10	BS-P	1.35·Lf1+0.8·1.5·Lf4+1.5·Lf7+0.5·1.5·Lf9	20	BS-P	1.35·Lf1+0.8·1.5·Lf4+0.6·1.5·Lf8+1.5·Lf9



LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
21	BS-A	2.3. Lf9

4.5.2. Stützenlast

LK	Nst,d kN	Hx,St,d kN	Hy,St,d kN	Mx,St,d kNm	My,St,d kNm	LK	Nst,d kN	Hx,St,d kN	Hy,St,d kN	Mx,St,d kNm	My,St,d kNm
1	420.00	0.00	0.00	0.00	37.50	12	390.00	-54.00	0.00	0.00	75.00
2	420.00	32.40	0.00	0.00	10.50	13	330.00	-54.00	0.00	0.00	63.75
3	480.00	0.00	0.00	0.00	56.25	14	450.00	-54.00	0.00	0.00	93.75
4	480.00	32.40	0.00	0.00	29.25	15	390.00	0.00	0.00	0.00	37.50
5	420.00	-32.40	0.00	0.00	64.50	16	510.00	0.00	0.00	0.00	67.50
6	480.00	-32.40	0.00	0.00	83.25	17	390.00	32.40	0.00	0.00	10.50
7	270.00	54.00	0.00	0.00	-45.00	18	510.00	32.40	0.00	0.00	40.50
8	390.00	54.00	0.00	0.00	-15.00	19	390.00	-32.40	0.00	0.00	64.50
9	330.00	54.00	0.00	0.00	-26.25	20	510.00	-32.40	0.00	0.00	94.50
10	450.00	54.00	0.00	0.00	3.75	21	184.00	0.00	0.00	0.00	57.50
11	270.00	-54.00	0.00	0.00	45.00						

Zugehörige charakteristische Werte

LK	Nst,k kN	Hx,St,k kN	Hy,St,k kN	Mx,St,k kNm	My,St,k kNm	LK	Nst,k kN	Hx,St,k kN	Hy,St,k kN	Mx,St,k kNm	My,St,k kNm
1	300.00	0.00	0.00	0.00	25.00	12	300.00	-36.00	0.00	0.00	55.00
2	300.00	36.00	0.00	0.00	-5.00	13	280.00	-36.00	0.00	0.00	55.00
3	380.00	0.00	0.00	0.00	50.00	14	380.00	-36.00	0.00	0.00	80.00
4	380.00	36.00	0.00	0.00	20.00	15	280.00	0.00	0.00	0.00	25.00
5	300.00	-36.00	0.00	0.00	55.00	16	380.00	0.00	0.00	0.00	50.00
6	380.00	-36.00	0.00	0.00	80.00	17	280.00	36.00	0.00	0.00	-5.00
7	200.00	36.00	0.00	0.00	-30.00	18	380.00	36.00	0.00	0.00	20.00
8	300.00	36.00	0.00	0.00	-5.00	19	280.00	-36.00	0.00	0.00	55.00
9	280.00	36.00	0.00	0.00	-5.00	20	380.00	-36.00	0.00	0.00	80.00
10	380.00	36.00	0.00	0.00	20.00	21	80.00	0.00	0.00	0.00	25.00
11	200.00	-36.00	0.00	0.00	30.00						

4.5.3. Einzellasten

LK	x cm	y cm	N,d,z kN	Q,d,x kN	Q,d,y kN	M,d,x kNm	M,d,y kNm
1	80.0	50.0	-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
1	270.0	50.0	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00
2	80.0	50.0	-25.80	0.00	0.00	0.00	0.00
2	270.0	50.0	31.80	0.00	0.00	0.00	0.00
3	80.0	50.0	-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
3	270.0	50.0	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00
4	80.0	50.0	-25.80	0.00	0.00	0.00	0.00
4	270.0	50.0	31.80	0.00	0.00	0.00	0.00
5	80.0	50.0	22.80	0.00	0.00	0.00	0.00
5	270.0	50.0	-16.80	0.00	0.00	0.00	0.00
6	80.0	50.0	22.80	0.00	0.00	0.00	0.00
6	270.0	50.0	-16.80	0.00	0.00	0.00	0.00
7	80.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
7	270.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
8	80.0	50.0	-41.70	0.00	0.00	0.00	0.00
8	270.0	50.0	46.50	0.00	0.00	0.00	0.00
9	80.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
9	270.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
10	80.0	50.0	-41.70	0.00	0.00	0.00	0.00
10	270.0	50.0	46.50	0.00	0.00	0.00	0.00
11	80.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
11	270.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
12	80.0	50.0	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00
12	270.0	50.0	-34.50	0.00	0.00	0.00	0.00
13	80.0	50.0	40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
13	270.0	50.0	-40.50	0.00	0.00	0.00	0.00
14	80.0	50.0	39.30	0.00	0.00	0.00	0.00
14	270.0	50.0	-34.50	0.00	0.00	0.00	0.00
16	80.0	50.0	-1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
16	270.0	50.0	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	80.0	50.0	-24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
17	270.0	50.0	24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
18	80.0	50.0	-25.50	0.00	0.00	0.00	0.00
18	270.0	50.0	30.30	0.00	0.00	0.00	0.00
19	80.0	50.0	24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
19	270.0	50.0	-24.30	0.00	0.00	0.00	0.00
20	80.0	50.0	23.10	0.00	0.00	0.00	0.00

LK	x	y	N,d,z	Q,d,x	Q,d,y	M,d,x	M,d,y
-	cm	cm	kN	kN	kN	kNm	kNm
20	270.0	50.0	-18.30	0.00	0.00	0.00	0.00

Zugehörige charakteristische Werte

LK	x	y	N,k,z	Q,k,x	Q,k,y	M,k,x	M,k,y
-	cm	cm	kN	kN	kN	kNm	kNm
1	80.0	50.0	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	270.0	50.0	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	80.0	50.0	-28.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	270.0	50.0	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	80.0	50.0	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	270.0	50.0	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	80.0	50.0	-28.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	270.0	50.0	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	80.0	50.0	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	270.0	50.0	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	80.0	50.0	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	270.0	50.0	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	80.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	270.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	80.0	50.0	-28.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	270.0	50.0	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	80.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	270.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	80.0	50.0	-28.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	270.0	50.0	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	80.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	270.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	80.0	50.0	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	270.0	50.0	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	80.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	270.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	80.0	50.0	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	270.0	50.0	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	80.0	50.0	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	270.0	50.0	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	80.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	270.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	80.0	50.0	-28.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	270.0	50.0	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	80.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	270.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	80.0	50.0	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	270.0	50.0	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.6. Nachweis der Grundbruchsicherheit

4.6.1. Belastung und Ersatzabmessungen

LK	N _{0,k}	M _{0,x,k}	M _{0,y,k}	a'	b'	H _{a',k}	H _{b',k}
	kN	kNm	kNm	m	m	kN	kN
1	409.00	0.00	19.30	3.41	1.00	0.00	0.00
2	409.00	0.00	-102.51	3.00	1.00	25.90	0.00
3	489.00	0.00	44.30	3.32	1.00	0.00	0.00
4	489.00	0.00	-77.51	3.18	1.00	25.90	0.00
5	409.00	0.00	141.11	2.81	1.00	-25.90	0.00
6	489.00	0.00	166.11	2.82	1.00	-25.90	0.00
7	305.00	0.00	-121.81	2.70	1.00	25.90	0.00
8	409.00	0.00	-102.51	3.00	1.00	25.90	0.00
9	385.00	0.00	-96.81	3.00	1.00	25.90	0.00
10	489.00	0.00	-77.51	3.18	1.00	25.90	0.00
11	305.00	0.00	121.81	2.70	1.00	-25.90	0.00
12	409.00	0.00	141.11	2.81	1.00	-25.90	0.00
13	385.00	0.00	146.81	2.74	1.00	-25.90	0.00
14	489.00	0.00	166.11	2.82	1.00	-25.90	0.00
15	385.00	0.00	25.00	3.37	1.00	0.00	0.00
16	489.00	0.00	44.30	3.32	1.00	0.00	0.00
17	385.00	0.00	-96.81	3.00	1.00	25.90	0.00
18	489.00	0.00	-77.51	3.18	1.00	25.90	0.00
19	385.00	0.00	146.81	2.74	1.00	-25.90	0.00
20	489.00	0.00	166.11	2.82	1.00	-25.90	0.00
21	185.00	0.00	25.00	3.23	1.00	0.00	0.00



4.6.2. Maßgebende Bodenkennwerte

Ermittlung der maßgebenden Werte mit der Methode des gewogenen Mittels

Werte oberhalb der Sohle bis OK Boden: γ_1, φ_1, c_1

Werte unterhalb der Sohle bis zur Tiefe (d_s) der Gleitscholle: γ_2, φ_2, c_2

LK	γ_1 kN/m ³	φ_1 °	c_1 kN/m ²	d_s m	γ_2 kN/m ³	φ_2 °	c_2 kN/m ²
1	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
2	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
3	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
4	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
5	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
6	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
7	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
8	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
9	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
10	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
11	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
12	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
13	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
14	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
15	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
16	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
17	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
18	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
19	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
20	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---
21	19.00	32.50	---	1.73	11.92	32.50	---

4.6.3. Tragfähigkeits-, Form-, Lastneigungs- und Tiefenbeiwerte

Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte N_{b0}, N_{d0}, N_{c0} nach [5]

Formbeiwerte v_b, v_d, v_c nach [5], Tab.2

Lastneigungsbeiwerte i_b, i_d, i_c nach [5], Tab.3

LK	N_{b0} -	N_{d0} -	N_{c0} -	v_b -	v_d -	v_c -	i_b -	i_d -	i_c -
1	15.03	24.58	---	0.912	1.158	---	1.000	1.000	---
2	15.03	24.58	---	0.900	1.179	---	0.863	0.921	---
3	15.03	24.58	---	0.910	1.162	---	1.000	1.000	---
4	15.03	24.58	---	0.906	1.169	---	0.885	0.935	---
5	15.03	24.58	---	0.893	1.191	---	0.862	0.921	---
6	15.03	24.58	---	0.894	1.190	---	0.884	0.934	---
7	15.03	24.58	---	0.889	1.199	---	0.818	0.893	---
8	15.03	24.58	---	0.900	1.179	---	0.863	0.921	---
9	15.03	24.58	---	0.900	1.179	---	0.855	0.917	---
10	15.03	24.58	---	0.906	1.169	---	0.885	0.935	---
11	15.03	24.58	---	0.889	1.199	---	0.818	0.893	---
12	15.03	24.58	---	0.893	1.191	---	0.862	0.921	---
13	15.03	24.58	---	0.890	1.196	---	0.854	0.916	---
14	15.03	24.58	---	0.894	1.190	---	0.884	0.934	---
15	15.03	24.58	---	0.911	1.159	---	1.000	1.000	---
16	15.03	24.58	---	0.910	1.162	---	1.000	1.000	---
17	15.03	24.58	---	0.900	1.179	---	0.855	0.917	---
18	15.03	24.58	---	0.906	1.169	---	0.885	0.935	---
19	15.03	24.58	---	0.890	1.196	---	0.854	0.916	---
20	15.03	24.58	---	0.894	1.190	---	0.884	0.934	---
21	15.03	24.58	---	0.907	1.166	---	1.000	1.000	---

4.6.4. Bruch- und zulässige Last

Charakteristischer Grundbruchwiderstand $R_{n,k} = a \cdot b \cdot (\gamma_2 \cdot b \cdot N_{b0} \cdot v_b \cdot i_b + \gamma_1 \cdot t \cdot N_{d0} \cdot v_d \cdot i_d + c_2 \cdot N_{c0} \cdot v_c \cdot i_c)$

Bemessungswert des Widerstandes $R_{n,d} = R_{n,k} / \gamma_{Gr}$

Der Ausnutzungsgrad ergibt sich zu $\mu = N_d / R_{n,d}$

LK	$R_{n,k}$ kN	$\gamma_{R,v}$ -	$R_{n,d}$ kN	N_d kN	μ -	LK	$R_{n,k}$ kN	$\gamma_{R,v}$ -	$R_{n,d}$ kN	N_d kN	μ -
1	2029.79	1.40	1449.85	567.75	0.39	12	1539.49	1.40	1099.63	536.55	0.49
2	1634.92	1.40	1167.80	567.75	0.49	13	1493.18	1.40	1066.55	471.75	0.44
3	1981.80	1.40	1415.57	627.75	0.44	14	1570.82	1.40	1122.01	596.55	0.53
4	1756.82	1.40	1254.87	627.75	0.50	15	2010.17	1.40	1435.84	531.75	0.37
5	1539.49	1.40	1099.63	567.75	0.52	16	1981.80	1.40	1415.57	656.55	0.46
6	1570.82	1.40	1122.01	627.75	0.56	17	1623.74	1.40	1159.81	531.75	0.46
7	1432.90	1.40	1023.50	411.75	0.40	18	1756.82	1.40	1254.87	656.55	0.52
8	1634.92	1.40	1167.80	536.55	0.46	19	1493.18	1.40	1066.55	531.75	0.50
9	1623.74	1.40	1159.81	471.75	0.41	20	1570.82	1.40	1122.01	656.55	0.59
10	1756.82	1.40	1254.87	596.55	0.48	21	1932.55	1.20	1610.46	289.00	0.18
11	1432.90	1.40	1023.50	411.75	0.40						

$\mu_{\max} = 0.59 < 1.0 \Rightarrow$ Grundbruchwiderstand ausreichend

4.7. Bemessungswerte Gleiten (GEO-2)

Der mobilisierte Erdwiderstand wird mit $e_{phg,mob} = 1.00 \cdot e_{phg}$ angenommen.

Bemessungswerte der eingeleiteten Lasten siehe Grundbruch.

4.8. Nachweis der Gleitsicherheit

Gleitwiderstand bei konsolidiertem Boden $R_{t,k} = N_{0,k} \tan(\delta_s)$

Bemessungswert des Gleitwiderstandes $R_{t,d} = R_{t,k} / \gamma_{R,h}$

Bemessungswert des mobilisierten Erdwiderstandes $E_{p,d} = E_{p,k,mob} / \gamma_{R,e}$

Der Ausnutzungsgrad ergibt sich zu $\mu = (R_{t,d} + E_{p,d}) / H_{Res,d}$

Sohlrreibungswinkel (für raue Sohlfläche) $\delta_s = 32.5^\circ$

LK	$N_{0,k}$ kN	$R_{t,k}$ kN	$\gamma_{R,h}$ -	$\gamma_{R,e}$ -	$R_{t,d}$ kN	$E_{p,d}$ kN	$H_{Res,d}$ kN	μ -
1	409.00	---	1.10	1.40	---	---	0.00	---
2	409.00	260.56	1.10	1.40	236.87	14.43	32.40	0.13
3	489.00	---	1.10	1.40	---	---	0.00	---
4	489.00	311.53	1.10	1.40	283.21	14.43	32.40	0.11
5	409.00	260.56	1.10	1.40	236.87	14.43	32.40	0.13
6	489.00	311.53	1.10	1.40	283.21	14.43	32.40	0.11
7	305.00	194.31	1.10	1.40	176.64	14.43	54.00	0.28
8	409.00	260.56	1.10	1.40	236.87	14.43	54.00	0.21
9	385.00	245.27	1.10	1.40	222.97	14.43	54.00	0.23
10	489.00	311.53	1.10	1.40	283.21	14.43	54.00	0.18
11	305.00	194.31	1.10	1.40	176.64	14.43	54.00	0.28
12	409.00	260.56	1.10	1.40	236.87	14.43	54.00	0.21
13	385.00	245.27	1.10	1.40	222.97	14.43	54.00	0.23
14	489.00	311.53	1.10	1.40	283.21	14.43	54.00	0.18
15	385.00	---	1.10	1.40	---	---	0.00	---
16	489.00	---	1.10	1.40	---	---	0.00	---
17	385.00	245.27	1.10	1.40	222.97	14.43	32.40	0.14
18	489.00	311.53	1.10	1.40	283.21	14.43	32.40	0.11
19	385.00	245.27	1.10	1.40	222.97	14.43	32.40	0.14
20	489.00	311.53	1.10	1.40	283.21	14.43	32.40	0.11
21	185.00	---	1.10	1.20	---	---	0.00	---

$\mu_{\max} = 0.28 < 1.0 \Rightarrow$ Gleitwiderstand ausreichend

5. Äußere Standsicherheit - Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

5.1. Bemessungswerte Begrenzung der klaffenden Fuge unter ständiger Last

Die Mobilisierung des Erdwiderstandes wird vernachlässigt.

5.1.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Faktorisierung
1	Lf1

5.1.2. Stützenlast

LK	$N_{St,d}$ kN	$H_{x,St,d}$ kN	$H_{y,St,d}$ kN	$M_{x,St,d}$ kNm	$M_{y,St,d}$ kNm
1	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5.2. Begrenzung der klaffenden Fuge unter ständiger Last

Keine ausmittige Beanspruchung vorhanden \Rightarrow Der Nachweis entfällt.

5.3. Bemessungswerte Begrenzung der klaffenden Fuge unter Gesamlast

Die Mobilisierung des Erdwiderstandes wird vernachlässigt.

5.3.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Faktorisierung	LK	Faktorisierung	LK	Faktorisierung
1	Lf1+Lf4	5	Lf1+Lf4+Lf8	9	Lf1+Lf8
2	Lf1+Lf4+Lf7	6	Lf1+Lf4+Lf8+Lf9	10	Lf1+Lf8+Lf9
3	Lf1+Lf4+Lf9	7	Lf1+Lf7	11	Lf1+Lf9
4	Lf1+Lf4+Lf7+Lf9	8	Lf1+Lf7+Lf9		

5.3.2. Stützenlast

Erhöhungsfaktor für Momente: $\Delta M_{St,TH,II,0} = M_{St} \cdot 20\%$
 (zur Berücksichtigung des Momentenzuwachses aus nichtlinearen Effekten)

LK	N _{St,d} kN	H _{x,St,d} kN	H _{y,St,d} kN	M _{x,St,d} kNm	M _{y,St,d} kNm	LK	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	300.00	0.00	0.00	0.00	25.00	7	200.00	36.00	0.00	0.00	-30.00
2	300.00	36.00	0.00	0.00	-5.00	8	280.00	36.00	0.00	0.00	-5.00
3	380.00	0.00	0.00	0.00	50.00	9	200.00	-36.00	0.00	0.00	30.00
4	380.00	36.00	0.00	0.00	20.00	10	280.00	-36.00	0.00	0.00	55.00
5	300.00	-36.00	0.00	0.00	55.00	11	280.00	0.00	0.00	0.00	25.00
6	380.00	-36.00	0.00	0.00	80.00						

5.3.3. Einzellasten

LK	x cm	y cm	N _{d,z} kN	Q _{d,x} kN	Q _{d,y} kN	M _{d,x} kNm	M _{d,y} kNm
1	80.0	50.0	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	270.0	50.0	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	80.0	50.0	-28.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	270.0	50.0	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	80.0	50.0	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	270.0	50.0	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	80.0	50.0	-28.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	270.0	50.0	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	80.0	50.0	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	270.0	50.0	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	80.0	50.0	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	270.0	50.0	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	80.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	270.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	80.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	270.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	80.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	270.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	80.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	270.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5.4. Begrenzung der klaffenden Fuge unter Gesamtlast

LK	N _{0,k} kN/m	M _{0,x,k} kNm/m	M _{0,y,k} kNm/m	e _x m	e _y m	(e _x /b _x) ² + (e _y /b _y) ² -
1	409.00	0.00	19.30	0.05	0.00	0.000
2	409.00	0.00	-105.20	-0.26	0.00	0.005
3	489.00	0.00	44.30	0.09	0.00	0.001
4	489.00	0.00	-80.20	-0.16	0.00	0.002
5	409.00	0.00	143.80	0.35	0.00	0.010
6	489.00	0.00	168.80	0.35	0.00	0.010
7	305.00	0.00	-124.50	-0.41	0.00	0.014
8	385.00	0.00	-99.50	-0.26	0.00	0.005
9	305.00	0.00	124.50	0.41	0.00	0.014
10	385.00	0.00	149.50	0.39	0.00	0.012
11	385.00	0.00	25.00	0.06	0.00	0.000

$$((e_x/b_x)^2 + (e_y/b_y)^2)_{\max} = 0.014 < 1/9$$

→ Die maßgebende Resultierende befindet sich in der 2. Kernfläche, d.h. keine klaffende Fuge über den Schwerpunkt hinaus.

5.5. Nachweis gegen Verschiebung in der Sohlfläche

Der Nachweis gilt als erfüllt, wenn beim Nachweis der Gleitsicherheit (s.o.) der Erdwiderstand unberücksichtigt bleibt.

LK	N _{0,k} kN	R _{t,k} kN	γ _{R,h} -	R _{t,d} kN	H _{Res,d} kN	μ -
1	409.00	---	1.10	---	0.00	---
2	409.00	260.56	1.10	236.87	32.40	0.14
3	489.00	---	1.10	---	0.00	---
4	489.00	311.53	1.10	283.21	32.40	0.11
5	409.00	260.56	1.10	236.87	32.40	0.14
6	489.00	311.53	1.10	283.21	32.40	0.11
7	305.00	194.31	1.10	176.64	54.00	0.31
8	409.00	260.56	1.10	236.87	54.00	0.23
9	385.00	245.27	1.10	222.97	54.00	0.24
10	489.00	311.53	1.10	283.21	54.00	0.19
11	305.00	194.31	1.10	176.64	54.00	0.31

LK	No,k kN	Rt,k kN	$\gamma_{R,h}$ -	Rt,d kN	HRes,d kN	μ -
12	409.00	260.56	1.10	236.87	54.00	0.23
13	385.00	245.27	1.10	222.97	54.00	0.24
14	489.00	311.53	1.10	283.21	54.00	0.19
15	385.00	---	1.10	---	0.00	---
16	489.00	---	1.10	---	0.00	---
17	385.00	245.27	1.10	222.97	32.40	0.15
18	489.00	311.53	1.10	283.21	32.40	0.11
19	385.00	245.27	1.10	222.97	32.40	0.15
20	489.00	311.53	1.10	283.21	32.40	0.11

$\mu_{\max} = 0.31 < 1.0 \Rightarrow$ Nachweis gegen Verschiebung in der Sohlfläche erfüllt

5.6. Bemessungswerte Setzung

Die Mobilisierung des Erdwiderstandes wird vernachlässigt.

5.6.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Faktorisierung	LK	Faktorisierung	LK	Faktorisierung
1	Lf1+Lf4	5	Lf1+Lf4+Lf8	9	Lf1+Lf8
2	Lf1+Lf4+Lf7	6	Lf1+Lf4+Lf8+Lf9	10	Lf1+Lf8+Lf9
3	Lf1+Lf4+Lf9	7	Lf1+Lf7	11	Lf1+Lf9
4	Lf1+Lf4+Lf7+Lf9	8	Lf1+Lf7+Lf9		

5.6.2. Stützenlast

LK	Nst,d kN	Hx,St,d kN	Hy,St,d kN	Mx,St,d kNm	My,St,d kNm	LK	Nst,d kN	Hx,St,d kN	Hy,St,d kN	Mx,St,d kNm	My,St,d kNm
1	300.00	0.00	0.00	0.00	25.00	7	200.00	36.00	0.00	0.00	-30.00
2	300.00	36.00	0.00	0.00	-5.00	8	280.00	36.00	0.00	0.00	-5.00
3	380.00	0.00	0.00	0.00	50.00	9	200.00	-36.00	0.00	0.00	30.00
4	380.00	36.00	0.00	0.00	20.00	10	280.00	-36.00	0.00	0.00	55.00
5	300.00	-36.00	0.00	0.00	55.00	11	280.00	0.00	0.00	0.00	25.00
6	380.00	-36.00	0.00	0.00	80.00						

5.6.3. Einzellasten

LK	x cm	y cm	N,d,z kN	Q,d,x kN	Q,d,y kN	M,d,x kNm	M,d,y kNm
1	80.0	50.0	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	270.0	50.0	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	80.0	50.0	-28.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	270.0	50.0	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	80.0	50.0	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	270.0	50.0	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	80.0	50.0	-28.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	270.0	50.0	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	80.0	50.0	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	270.0	50.0	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	80.0	50.0	26.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	270.0	50.0	-22.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	80.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	270.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	80.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	270.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	80.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	270.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	80.0	50.0	27.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	270.0	50.0	-27.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5.7. Setzungen

Ermittlung der Setzung unter Anwendung geschlossener Formeln entsprechend [6]

Zulässige maximale Setzung $zul\ s_{\max} = 5.0\text{ cm}$

Zulässige Schiefstellung um die x-Achse $zul\ \alpha_x = 0.5\text{ °}$

Zulässige Schiefstellung um die y-Achse $zul\ \alpha_y = 0.5\text{ °}$

5.7.1. Ermittlung von setzungserzeugender Sohlspannung und Grenztiefe

Mittlere setzungserzeugende Sohlspannung $\sigma_0' = \sigma_0 - \sigma_a$, wenn $2\sigma_a > \sigma_0$ dann $\sigma_0' = \sigma_0$

Die Grenztiefe d_s ergibt sich aus $d_s = z$, wenn $\sigma_B(z) = 0.2 \cdot \sigma_0(z)$ unter dem kennzeichnenden Punkt.

Aushubentlastung infolge Gründungstiefe $\sigma_a = 15.20\text{ kN/m}^2$

LK	No. _k kN	Mo. _{x,k} kNm	Mo. _{y,k} kNm	σ ₀ kN/m ²	σ ₀ ' kN/m ²	ds m
1	409.00	0.00	19.30	116.86	101.66	3.20
2	409.00	0.00	-105.20	116.86	101.66	3.20
3	489.00	0.00	44.30	139.71	124.51	3.53
4	489.00	0.00	-80.20	139.71	124.51	3.53
5	409.00	0.00	143.80	116.86	101.66	3.20
6	489.00	0.00	168.80	139.71	124.51	3.53
7	305.00	0.00	-124.50	87.14	71.94	2.69
8	385.00	0.00	-99.50	110.00	94.80	3.10
9	305.00	0.00	124.50	87.14	71.94	2.69
10	385.00	0.00	149.50	110.00	94.80	3.10
11	385.00	0.00	25.00	110.00	94.80	3.10

5.7.2. Ermittlung von Setzungsbeiwerten und Setzungsanteilen je Bodenschicht

Beiwert f für Setzung unter dem kennzeichnenden Punkt nach [7], Bnd. 2, Tab. 4

Beiwerte f_x/f_y für Schiefstellung eines starren Fundamentes nach [8], Abb. 19

Setzungsanteile aus mittlerer Last $s_{m,i} = \sigma_0' \cdot b_y \cdot (f_i - f_{i-1}) / E_{m,i}$

Setzungsanteile aus M_{0,y} $s_{x,i} = b_x / 2 \cdot M_{0,y} / (E_{m,i} \cdot b_y \cdot b_x^2) \cdot (f_{x,i} - f_{x,i-1})$

Setzungsanteile aus M_{0,x} $s_{y,i} = b_y / 2 \cdot M_{0,x} / (E_{m,i} \cdot b_x \cdot b_y^2) \cdot (f_{y,i} - f_{y,i-1})$

LK 1:

$$\sigma_0' = 101.66 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{0,x} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{0,y} = 19.30 \text{ kNm}$$

Kote	z	f	f _x	f _y	S _m	S _x	S _y
m	m	-	-	-	cm	cm	cm
1.00	0.20	0.186	0.551	1.644	0.19	0.02	0.00
4.00	3.20	1.043	2.266	4.626	0.87	0.05	0.00

LK 2:

$$\sigma_0' = 101.66 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{0,x} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{0,y} = -105.20 \text{ kNm}$$

Kote	z	f	f _x	f _y	S _m	S _x	S _y
m	m	-	-	-	cm	cm	cm
1.00	0.20	0.186	0.551	1.644	0.19	-0.08	0.00
4.00	3.20	1.043	2.266	4.626	0.87	-0.26	0.00

LK 3:

$$\sigma_0' = 124.51 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{0,x} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{0,y} = 44.30 \text{ kNm}$$

Kote	z	f	f _x	f _y	S _m	S _x	S _y
m	m	-	-	-	cm	cm	cm
1.00	0.20	0.186	0.551	1.644	0.23	0.03	0.00
4.33	3.53	1.074	2.268	4.626	1.11	0.11	0.00

LK 4:

$$\sigma_0' = 124.51 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{0,x} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{0,y} = -80.20 \text{ kNm}$$

Kote	z	f	f _x	f _y	S _m	S _x	S _y
m	m	-	-	-	cm	cm	cm
1.00	0.20	0.186	0.551	1.644	0.23	-0.06	0.00
4.33	3.53	1.074	2.268	4.626	1.11	-0.20	0.00

LK 5:

$$\sigma_0' = 101.66 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{0,x} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{0,y} = 143.80 \text{ kNm}$$

Kote	z	f	f _x	f _y	S _m	S _x	S _y
m	m	-	-	-	cm	cm	cm
1.00	0.20	0.186	0.551	1.644	0.19	0.11	0.00
4.00	3.20	1.043	2.266	4.626	0.87	0.35	0.00

LK 6:

$$\sigma_0' = 124.51 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{0,x} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{0,y} = 168.80 \text{ kNm}$$

Kote	z	f	f _x	f _y	S _m	S _x	S _y
m	m	-	-	-	cm	cm	cm
1.00	0.20	0.186	0.551	1.644	0.23	0.13	0.00
4.33	3.53	1.074	2.268	4.626	1.11	0.41	0.00

LK 7:

$$\sigma_0' = 71.94 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{0,x} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{0,y} = -124.50 \text{ kNm}$$

Kote	z	f	f _x	f _y	S _m	S _x	S _y
m	m	-	-	-	cm	cm	cm
1.00	0.20	0.186	0.551	1.644	0.13	-0.10	0.00
3.49	2.69	0.984	2.264	4.625	0.57	-0.30	0.00

LK 8:

$$\sigma_0' = 94.80 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{0,x} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{0,y} = -99.50 \text{ kNm}$$

Kote	z	f	f _x	f _y	S _m	S _x	S _y
m	m	-	-	-	cm	cm	cm
1.00	0.20	0.186	0.551	1.644	0.18	-0.08	0.00
3.90	3.10	1.031	2.266	4.626	0.80	-0.24	0.00

LK 9:

$$\sigma_0' = 71.94 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{0,x} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{0,y} = 124.50 \text{ kNm}$$

Kote	z	f	f _x	f _y	S _m	S _x	S _y
m	m	-	-	-	cm	cm	cm
1.00	0.20	0.186	0.551	1.644	0.13	0.10	0.00
3.49	2.69	0.984	2.264	4.625	0.57	0.30	0.00

LK 10:

$$\sigma_0' = 94.80 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{0,x} = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_{0,y} = 149.50 \text{ kNm}$$

Kote	z	f	f _x	f _y	S _m	S _x	S _y
m	m	-	-	-	cm	cm	cm
1.00	0.20	0.186	0.551	1.644	0.18	0.12	0.00
3.90	3.10	1.031	2.266	4.626	0.80	0.37	0.00

LK 11:

$$\sigma_0' = 94.80 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{0,x} = 0.00 \text{ kNm}$$

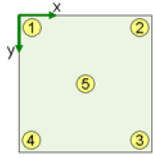
$$M_{0,y} = 25.00 \text{ kNm}$$

Kote m	z m	f -	f _x -	f _y -	S _m cm	S _x cm	S _y cm
1.00	0.20	0.186	0.551	1.644	0.18	0.02	0.00
3.90	3.10	1.031	2.266	4.626	0.80	0.06	0.00

5.7.3. Resultierende Setzungen und Schiefstellung je LK

$$s_1 = \sum(s_{m,i} + s_{x,i} - s_{y,i}) \quad s_2 = \sum(s_{m,i} - s_{x,i} - s_{y,i}) \quad s_3 = \sum(s_{m,i} - s_{x,i} + s_{y,i}) \quad s_4 = \sum(s_{m,i} + s_{x,i} + s_{y,i}) \quad s_5 = \sum s_{m,i}$$

$$\tan \alpha_x = 2 \cdot \sum s_{y,i} / b_y \quad \tan \alpha_y = 2 \cdot \sum s_{x,i} / b_x$$



LK	S1 cm	S2 cm	S3 cm	S4 cm	S5 cm	S _{max} cm	α _x °	α _y °
1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	0.0	0.0
2	0.7	1.4	1.4	0.7	1.1	1.4	0.0	-0.1
3	1.5	1.2	1.2	1.5	1.3	1.5	0.0	0.0
4	1.1	1.6	1.6	1.1	1.3	1.6	0.0	-0.1
5	1.5	0.6	0.6	1.5	1.1	1.5	0.0	0.2
6	1.9	0.8	0.8	1.9	1.3	1.9	0.0	0.2
7	0.3	1.1	1.1	0.3	0.7	1.1	0.0	-0.1
8	0.7	1.3	1.3	0.7	1.0	1.3	0.0	-0.1
9	1.1	0.3	0.3	1.1	0.7	1.1	0.0	0.1
10	1.5	0.5	0.5	1.5	1.0	1.5	0.0	0.2
11	1.1	0.9	0.9	1.1	1.0	1.1	0.0	0.0

$$\max S_{\max} = 1.9 < 5.0 \text{ cm} \quad \max |\alpha_x| = 0.0^\circ < 0.5^\circ \quad \max |\alpha_y| = 0.2^\circ < 0.5^\circ$$

⇒ zulässige Setzung und Schiefstellung eingehalten

M_{dst} - destabilisierendes Moment M_{stb} - stabilisierendes Moment N₀ - Normalkraft in Sohlfuge

M₀ - Momentenbelastung im Schwerpunkt der Sohlfuge a'/b' - Ersatzbreiten infolge exzentr. Belastung mit a'-b'

H_a/H_b - Horizontallasten in Richtung der entspr. Breiten t - Einbindetiefe σ₀ - mittlere Sohlnormalspannung

σ_B - Bodenspannungen aus Bauwerkslasten σ_ü - Überlagerungsspannungen aus Eigenlast des Bodens

d_s - Grenztiefe bzw. Dicke der zusammendrückbaren Schicht unter der Fundamentsohle z - Tiefe ab Fundamentunterkante

6. Drehfeder des Systems Fundament-Baugrund

Ermittlung der Drehfederkonstante mit Hilfe des Bettungsmodules.

$$c_{v,x} = k_s \cdot I_x$$

$$c_{v,y} = k_s \cdot I_y$$

Abschätzung des Bettungsmodules nach [9]

$$k_s = E_s / (f \cdot (b_x \cdot b_y)^{0.5})$$

mit Formfaktor f abhängig vom Seitenverhältnis: 1:1 → f = 0.45, 1:2 → f = 0.42, 1:4 → f = 0.35

Annahme für Korrekturfaktor κ = 1

$$\text{Steifeziffer } E_s = 1 \cdot 10000.00 = 10000.00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Formfaktor } f = 0.36$$

$$\text{Bettungsmodul } k_s = 14847.85 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Trägheitsmoment } I_x / I_y = 3.57 / 0.29 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Drehfeder um die x-Achse } c_{v,x} = 53050.12 \text{ kNm}$$

$$\text{Drehfeder um die y-Achse } c_{v,y} = 4330.62 \text{ kNm}$$

7. Zusammenfassung

Alle geführten Nachweise und Bemessungen konnten erfolgreich durchgeführt werden.

Längsbewehrung x-Richtung erf $A_{s,x}$ = 5.5 cm ²	= 0.12 Verschiebung in der Sohlfläche μ_{max} = 0.31
Längsbewehrung y-Richtung erf $A_{s,y}$ = 0.9 cm ²	Setzung S_{max} = 1.9 cm
Kippen μ_{max} = 0.32	Schiefstellung $\alpha_{max,x}$ = 0.0°
Grundbruch μ_{max} = 0.59	Schiefstellung $\alpha_{max,y}$ = 0.2°
Gleiten μ_{max} = 0.28	Drehfeder um die x-Achse $C_{v,x}$ = 53050.12 kNm
Klaffende Fuge unter ständiger Last μ_{vorh} = 0.00	Drehfeder um die y-Achse $C_{v,y}$ = 4330.62 kNm
Klaffende Fuge unter Gesamtlast μ_{max}	

Literatur und Normen:

- [1] DIN 4085: Baugrund, Berechnung des Erddrucks, August 2017
- [2] DIN EN 1991-1-3/NA: Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen - Schneelasten, April 2019
- [3] DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1, Januar 2011
- [4] DIN 1054: Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regeln zu DIN EN 1997-1, April 2021
- [5] DIN 4017: Baugrund, Berechnung des Grundbruchwiderstandes von Flächengründungen, März 2006
- [6] DIN 4019: Baugrund - Setzungsberechnungen, Januar 2014
- [7] Kany, M.: Berechnung von Flächengründungen, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 2.Aufl. 1974
- [8] Sherif, G.; König, G.: Platten und Balken auf nachgiebigem Baugrund, Springer, 1975
- [9] Rausch, E.: Maschinenfundamente, Betonkalender 1973, Teil 2, Ernst & Sohn