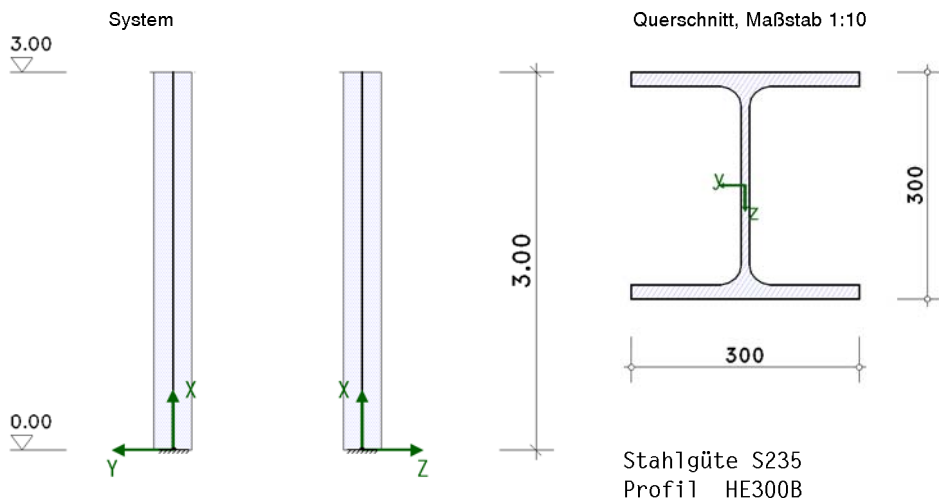


Stahlstütze

Bemessung nach DIN EN 1993-1-1:2010-12 mit NA-Deutschland (DIN EN 1993-1-1/NA:2022-10)



Lagersituation an Kopf- und Fußende

Lager	Querkraft		Moment	
	C_{QY} kN/m	C_{QZ} kN/m	C_{MY} kNm/-	C_{MZ} kNm/-
Kopf	----	----	----	----
Fuß	fest	fest	fest	fest

1. Belastung

1.1. 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: Eigengewicht	additiv
	4: Nutzlast	veränderliche Nutzlasten in Lagerräumen
	2: Nutzlast	additiv
	9: Wind	veränderliche Windlasten
	3: Y-Richtung	alternativ in Gruppe A
	4: Z-Richtung	additiv

1.2. Tabelle der Lastbilder

Lastf.	Lastbild	Einleitung	Richtung	Wert	Einheit
1	Punktlast	Kopf	N	150.00	kN
			M_y	22.00	kNm
2	Punktlast	Kopf	N	50.00	kN
			M_y	30.00	kNm
3	Punktlast	Kopf	Q_y	15.00	kN
4	Punktlast	Kopf	Q_z	30.00	kN

1.2.1. Grafiken der Punktlasten

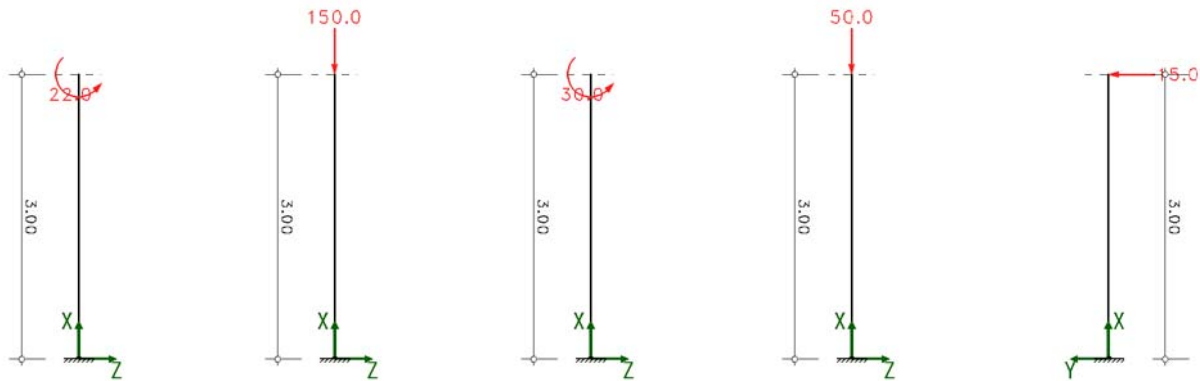
Lastfall 1 (Bild 1)

Lastfall 1 (Bild 2)

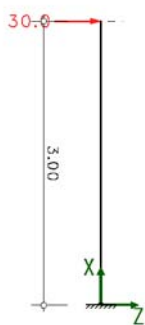
Lastfall 2 (Bild 3)

Lastfall 2 (Bild 4)

Lastfall 3 (Bild 5)



Lastfall 4 (Bild 6)



1.3. Eigengewicht der Stütze

Das Gewicht der Stütze wird mit 78.50 kN/m³ im Lastfall 1 berücksichtigt.

1.4. Lastsummen

$\Sigma N = 209.42 \text{ kN}$ $\Sigma H_y = 15.00 \text{ kN}$ $\Sigma H_z = 30.00 \text{ kN}$

2. Tragfähigkeit nach Th.II.O.

Querschnittsnachweis: elastischer Spannungsnachweis einschl. c/t-Nachweis

Materialsicherheit: $\gamma_{M1} = 1.10$

Zul. Normal-, Schub-, Vergleichsspan.: $\sigma_{x,Rd} = 213.6 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{Rd} = 123.3 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_{v,Rd} = 213.6 \text{ N/mm}^2$

2.1. Berücksichtigung von baulichen Imperfektionen

2.1.1. Imperfektionsfiguren

Je Achsrichtung wird eine Imperfektionsfigur entsprechend [2] bzw [1], Abschnitt 5.3 ermittelt.

Ersatzlänge $\beta = l_0/l$

globale Anfangsschiefstellung $\Phi = \Phi_0 \alpha_h \alpha_m$

Knicklast $N_{Ki} = (\pi/l_0)^2 EI$

Richtung	Form	β -	l_0 m	Φ -	e cm	EI MNm ²	N_{Ki} MN
Y	Schiefstellung	2.00	6.00	0.0050	1.499	17.98	4.93
Z	Schiefstellung	2.00	6.00	0.0050	1.499	52.84	14.50

l_0 - Knicklänge e - max. Vorverformung EI - Biegesteifigkeit

2.1.2. Richtung der Imperfektion

$\alpha_{Imp} = (\alpha_{Last} - \alpha_{Knick}) / (3 - 1) \cdot (N_{Ki,z} / N_{Ki,y} - 1) + \alpha_{Knick}$

mit α_{Last} : Richtung infolge Last, α_{Knick} : Richtung der schwachen Achse

$1 < N_{Ki,z} / N_{Ki,y} = 2.94 < 3 \Rightarrow$ Interpolation zwischen Verformungsrichtung und schwacher Achse:

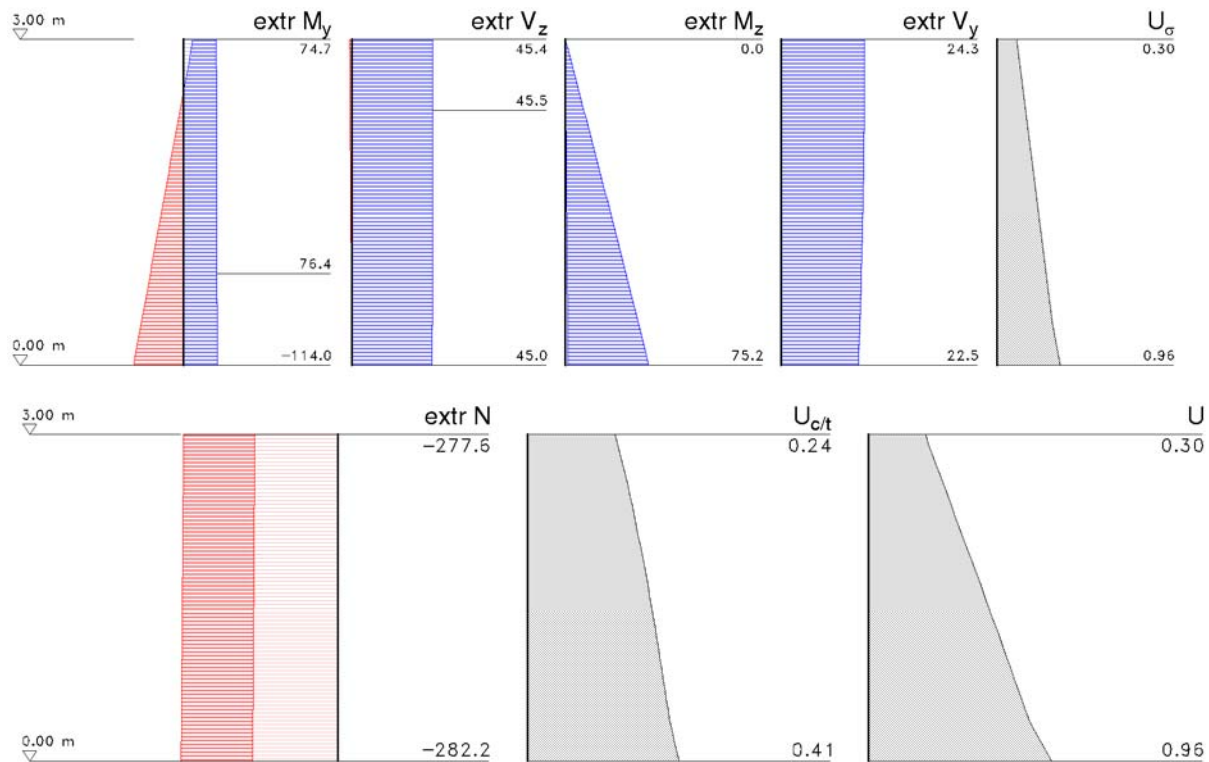
Die massgebende Richtung wird interpoliert zwischen der Richtung der Verformung infolge planmäßiger Last und der Richtung der geringsten Knicksicherheit (Y-Achse).

2.2. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig	$Lf1+0.99 \cdot I_y+0.14 \cdot I_z$
2	ständig	$1.35 \cdot Lf1+0.99 \cdot I_y+0.14 \cdot I_z$
3	ständig	$Lf1+1.5 \cdot Lf2+0.99 \cdot I_y+0.14 \cdot I_z$
4	ständig	$1.35 \cdot Lf1+1.5 \cdot Lf2+0.99 \cdot I_y+0.14 \cdot I_z$
5	ständig	$Lf1+0.6 \cdot 1.5 \cdot Lf3+I_y-0.008049 \cdot I_z$
6	ständig	$1.35 \cdot Lf1+0.6 \cdot 1.5 \cdot Lf3+I_y-0.0106 \cdot I_z$
7	ständig	$Lf1+1.5 \cdot Lf2+0.6 \cdot 1.5 \cdot Lf3+I_y-0.02082 \cdot I_z$
8	ständig	$1.35 \cdot Lf1+1.5 \cdot Lf2+0.6 \cdot 1.5 \cdot Lf3+I_y-0.02234 \cdot I_z$
9	ständig	$Lf1+0.6 \cdot 1.5 \cdot Lf4+I_y+0.04765 \cdot I_z$
10	ständig	$1.35 \cdot Lf1+0.6 \cdot 1.5 \cdot Lf4+I_y+0.04765 \cdot I_z$
11	ständig	$Lf1+1.5 \cdot Lf2+0.6 \cdot 1.5 \cdot Lf4+0.99 \cdot I_y+0.14 \cdot I_z$
12	ständig	$1.35 \cdot Lf1+1.5 \cdot Lf2+0.6 \cdot 1.5 \cdot Lf4+0.99 \cdot I_y+0.14 \cdot I_z$
13	ständig	$Lf1+0.6 \cdot 1.5 \cdot (Lf3+Lf4)+I_y+0.01141 \cdot I_z$
14	ständig	$1.35 \cdot Lf1+0.6 \cdot 1.5 \cdot (Lf3+Lf4)+I_y+0.008775 \cdot I_z$
15	ständig	$Lf1+1.5 \cdot Lf2+0.6 \cdot 1.5 \cdot (Lf3+Lf4)+I_y$
16	ständig	$1.35 \cdot Lf1+1.5 \cdot Lf2+0.6 \cdot 1.5 \cdot (Lf3+Lf4)+I_y-0.007481 \cdot I$
17	ständig	$Lf1+1.5 \cdot Lf3+I_y$
18	ständig	$1.35 \cdot Lf1+1.5 \cdot Lf3+I_y-0.006526 \cdot I_z$
19	ständig	$Lf1+1.5 \cdot (Lf2+Lf3)+I_y-0.01386 \cdot I_z$
20	ständig	$1.35 \cdot Lf1+1.5 \cdot (Lf2+Lf3)+I_y-0.01511 \cdot I_z$
21	ständig	$Lf1+1.5 \cdot Lf4+I_y+0.04765 \cdot I_z$
22	ständig	$1.35 \cdot Lf1+1.5 \cdot Lf4+I_y+0.04765 \cdot I_z$
23	ständig	$Lf1+1.5 \cdot (Lf2+Lf4)+I_y+0.04765 \cdot I_z$
24	ständig	$1.35 \cdot Lf1+1.5 \cdot (Lf2+Lf4)+I_y+0.04765 \cdot I_z$
25	ständig	$Lf1+1.5 \cdot (Lf3+Lf4)+I_y+0.01415 \cdot I_z$
26	ständig	$1.35 \cdot Lf1+1.5 \cdot (Lf3+Lf4)+I_y+0.01266 \cdot I_z$
27	ständig	$Lf1+1.5 \cdot (Lf2+Lf3+Lf4)+I_y+0.005058 \cdot I_z$
28	ständig	$1.35 \cdot Lf1+1.5 \cdot (Lf2+Lf3+Lf4)+I_y$

2.3. Extreme Ergebnisse

Die Schnittgrößen sind bezogen auf die verformte Systemachse



x m	N		M_y		V_z		M_z		V_y		U
	Min kN	Max kN	Min kNm	Max kNm	Min kN	Max kN	Min kNm	Max kNm	Min kN	Max kN	
3.00	-277.55	-149.75	22.00	74.70	-1.20	45.44	-0.00	0.00	0.03	24.26	0.30
2.53	-278.28	-150.29	0.70	75.22	-1.01	45.48	0.36	12.02	0.03	24.22	0.40
2.44	-278.42	-150.41	-3.56	75.31	-0.98	45.48	0.43	14.42	0.03	24.21	0.42
2.34	-278.57	-150.52	-7.82	75.40	-0.94	45.48	0.51	16.82	0.03	24.18	0.44
0.00	-282.24	-153.51	-113.99	76.51	-0.00	45.00	2.31	75.23	0.00	22.50	0.96

Maßgebende Ausnutzung:

Aus Lastkollektiv 26 an der Stelle $x = 0.00$ m, mit den Schnittgrößen:

$N = -207.24$ kN, $M_y = -106.40$ kNm, $V_z = 45.00$ kN, $M_z = 73.08$ kNm, $V_y = 22.50$ kN

$U_{c/t} = 0.41$, $U_\sigma = 0.96 \Rightarrow \max U = 0.96 < 1.0 \Rightarrow$ Zulässige Ausnutzung wird eingehalten

2.4. Biegedrillknicken

Nachweis der Stabilität nach [2], Abschnitt 6.3

Hinweis: Es wird von einer Gabellagerung an Kopf- und Fußende der Stütze ausgegangen.

Wölbeinspannungsgrad: $\beta_0 = 1.00$

Der Querschnitt ist verdrehweich.

Ausweichrichtung	β	Knicklinie	$N_{b,Rd}$ kN	ständig u. veränd. $N_{b,Rd}$ kN	aussergewöhnlich $N_{b,Rd}$ kN
senkrecht zur y-Achse	2.00	b	0.00	0.00	0.00
senkrecht zur z-Achse	2.00	c	0.00	0.00	0.00

β - Knickbeiwert $N_{b,Rd}$ - Bemessungswert der Beanspruchbarkeit auf Biegeknicken

LK	OKL	N_{Ed} kN	$N_{Ed} / N_{b,Rd,y}$ -	$N_{Ed} / N_{b,Rd,z}$ -	$M_{Ed,y}$ kNm	$M_{b,Rd,y}$ kNm	$M_{Ed,y} / M_{b,Rd,y}$ -	$M_{Ed,z}$ kNm	$M_{b,Rd,z}$ kNm	$M_{Ed,z} / M_{b,Rd,z}$ -
1		-∞	999.99	999.99	0.00	0.00	999.99	-∞	0.00	999.99
2		0.00	999.99	999.99	0.00	0.00	999.99	1.42E188	0.00	999.99
3		-0.00	999.99	999.99	0.00	0.00	999.99	3.38E125	0.00	999.99
4		0.00	999.99	999.99	0.00	0.00	999.99	0.00	0.00	999.99
5	3	153.51	0.05	0.08	22.29	358.29	0.06	43.89	121.99	0.36
6	3	207.24	0.07	0.10	30.22	358.29	0.08	45.12	121.99	0.37
7	3	228.51	0.08	0.11	68.31	358.29	0.19	45.63	121.99	0.37
8	3	282.24	0.10	0.14	76.51	358.29	0.21	46.90	121.99	0.38
9	3	153.51	0.05	0.08	59.53	358.29	0.17	2.33	121.99	0.02
10	3	207.24	0.07	0.10	51.88	358.29	0.14	3.18	121.99	0.03
11	3	228.51	0.08	0.11	67.00	358.29	0.19	3.50	121.99	0.03
12	3	282.24	0.10	0.14	74.70	358.29	0.21	4.36	121.99	0.04
13	3	153.51	0.05	0.08	59.44	358.29	0.17	43.89	121.99	0.36
14	3	207.24	0.07	0.10	51.76	358.29	0.14	45.12	121.99	0.37
15	3	228.51	0.08	0.11	67.00	358.29	0.19	45.63	121.99	0.37
16	3	282.24	0.10	0.14	74.70	358.29	0.21	46.90	121.99	0.38
17	3	153.51	0.05	0.08	22.29	358.29	0.06	71.59	121.99	0.59
18	3	207.24	0.07	0.10	30.22	358.29	0.08	73.08	121.99	0.60
19	3	228.51	0.08	0.11	68.31	358.29	0.19	73.70	121.99	0.60
20	3	282.24	0.10	0.14	76.51	358.29	0.21	75.23	121.99	0.62
21	3	153.51	0.05	0.08	113.99	358.29	0.32	2.33	121.99	0.02
22	3	207.24	0.07	0.10	106.51	358.29	0.30	3.18	121.99	0.03
23	3	228.51	0.08	0.11	68.61	358.29	0.19	3.53	121.99	0.03
24	3	282.24	0.10	0.14	74.70	358.29	0.21	4.40	121.99	0.04
25	3	153.51	0.05	0.08	113.92	358.29	0.32	71.59	121.99	0.59
26	3	207.24	0.07	0.10	106.40	358.29	0.30	73.08	121.99	0.60
27	3	228.51	0.08	0.11	68.47	358.29	0.19	73.70	121.99	0.60
28	3	282.24	0.10	0.14	74.70	358.29	0.21	75.23	121.99	0.62

LK	Gl.	C_{my}	k_{yy}	C_{mLT}	k_{zy}	C_{mz}	k_{zz}	k_{yz}	U
1	(6.61)	---	---	---	---	---	---	---	-1.00
	(6.62)	---	---	---	---	---	---	---	-1.00
2	(6.61)	---	---	---	---	---	---	---	-1.00
	(6.62)	---	---	---	---	---	---	---	-1.00
3	(6.61)	---	---	---	---	---	---	---	-1.00
	(6.62)	---	---	---	---	---	---	---	-1.00
4	(6.61)	---	---	---	---	---	---	---	-1.00
	(6.62)	---	---	---	---	---	---	---	-1.00
5	(6.61)	0.950	0.965	0.950	---	---	---	0.986	0.05
	(6.62)	---	---	0.950	0.995	0.950	0.986	---	0.08
6	(6.61)	0.950	0.971	0.950	---	---	---	0.999	0.07
	(6.62)	---	---	0.950	0.994	0.950	0.999	---	0.10
7	(6.61)	0.950	0.973	0.950	---	---	---	1.004	0.08
	(6.62)	---	---	0.950	0.993	0.950	1.004	---	0.11
8	(6.61)	0.950	0.978	0.950	---	---	---	1.017	0.10
	(6.62)	---	---	0.950	0.992	0.950	1.017	---	0.14
9	(6.61)	0.950	0.965	0.950	---	---	---	0.986	0.11
	(6.62)	---	---	0.950	0.995	0.950	0.986	---	0.14
10	(6.61)	0.950	0.971	0.950	---	---	---	0.999	0.15
	(6.62)	---	---	0.950	0.994	0.950	0.999	---	0.18
11	(6.61)	0.950	0.973	0.950	---	---	---	1.004	0.26
	(6.62)	---	---	0.950	0.993	0.950	1.004	---	0.30
12	(6.61)	0.950	0.978	0.950	---	---	---	1.017	0.30
	(6.62)	---	---	0.950	0.992	0.950	1.017	---	0.35
13	(6.61)	0.950	0.965	0.950	---	---	---	0.986	0.11
	(6.62)	---	---	0.950	0.995	0.950	0.986	---	0.14

LK	G1.	C _{my}	k _{yy}	C _{mLT}	k _{zy}	C _{mz}	k _{zz}	k _{yz}	U
14	(6.61)	0.950	0.971	0.950	---	---	---	0.999	0.15
	(6.62)	---	---	0.950	0.994	0.950	0.999	---	0.18
15	(6.61)	0.950	0.973	0.950	---	---	---	1.004	0.26
	(6.62)	---	---	0.950	0.993	0.950	1.004	---	0.30
16	(6.61)	0.950	0.978	0.950	---	---	---	1.017	0.30
	(6.62)	---	---	0.950	0.992	0.950	1.017	---	0.35
17	(6.61)	0.950	0.965	0.950	---	---	---	0.986	0.05
	(6.62)	---	---	0.950	0.995	0.950	0.986	---	0.08
18	(6.61)	0.950	0.971	0.950	---	---	---	0.999	0.07
	(6.62)	---	---	0.950	0.994	0.950	0.999	---	0.10
19	(6.61)	0.950	0.973	0.950	---	---	---	1.004	0.08
	(6.62)	---	---	0.950	0.993	0.950	1.004	---	0.11
20	(6.61)	0.950	0.978	0.950	---	---	---	1.017	0.10
	(6.62)	---	---	0.950	0.992	0.950	1.017	---	0.14
21	(6.61)	0.950	0.965	0.950	---	---	---	0.986	0.11
	(6.62)	---	---	0.950	0.995	0.950	0.986	---	0.14
22	(6.61)	0.950	0.971	0.950	---	---	---	0.999	0.15
	(6.62)	---	---	0.950	0.994	0.950	0.999	---	0.18
23	(6.61)	0.950	0.973	0.950	---	---	---	1.004	0.26
	(6.62)	---	---	0.950	0.993	0.950	1.004	---	0.30
24	(6.61)	0.950	0.978	0.950	---	---	---	1.017	0.30
	(6.62)	---	---	0.950	0.992	0.950	1.017	---	0.35
25	(6.61)	0.950	0.965	0.950	---	---	---	0.986	0.11
	(6.62)	---	---	0.950	0.995	0.950	0.986	---	0.14
26	(6.61)	0.950	0.971	0.950	---	---	---	0.999	0.15
	(6.62)	---	---	0.950	0.994	0.950	0.999	---	0.18
27	(6.61)	0.950	0.973	0.950	---	---	---	1.004	0.26
	(6.62)	---	---	0.950	0.993	0.950	1.004	---	0.30
28	(6.61)	0.950	0.978	0.950	---	---	---	1.017	0.30
	(6.62)	---	---	0.950	0.992	0.950	1.017	---	0.35

2.4.1. Nachweis für massgebende Lastkombination 12

Biegeknicken für Normalkraft (einschl. Drillknicken)

$I_p = 33730 \text{ cm}^4$, $I_T = 186 \text{ cm}^4$, $i_p^2 = 22638 \text{ mm}^2$, $i_m^2 = 22638 \text{ mm}^2$

Biegeknicken um die y-Achse (Ausweichen $\perp$ y-Achse):

$i_y = 130.0 \text{ mm}$, $\beta_y = 1.999$, $L_{cr,y} = 5.997 \text{ m}$, $\lambda_1 = 93.913$

$\lambda_y = 0.491$, y-Knicklinie b $\Rightarrow \alpha_y = 0.34$, $\Phi_y = 0.670$, $\chi_y = 0.888$, **$N_{by,Rd} = 2826.80 \text{ kN}$**

Die y-Knicklinie b wurde benutzerdefiniert gewählt!

Biegeknicken um die z-Achse (Ausweichen $\perp$ z-Achse):

$i_z = 75.8 \text{ mm}$, $\beta_z = 1.999$, $L_{cr,z} = 5.997 \text{ m}$, $\lambda_1 = 93.913$

$\lambda_z = 0.842$, z-Knicklinie c $\Rightarrow \alpha_z = 0.49$, $\Phi_z = 1.012$, $\chi_z = 0.636$, **$N_{bz,Rd} = 2022.96 \text{ kN}$**

Die z-Knicklinie c wurde benutzerdefiniert gewählt!

Ausnutzungen

Lk	N _d kN	U _y -	U _z -
1	282.24	0.100	0.140

Biegedrillknicken für Biegung um die y-Achse

$c^2 = 109253 \text{ mm}^2$, Knicklinie b $\Rightarrow \alpha_{LT} = 0.34$, $N_{cr} = 4933.15 \text{ kN}$

Ausnutzungen

Lk	M _{cr} kNm	λ_{LT} -	f -	Φ_{LT} -	χ_{LT} m	$\chi_{LT,mod}$ m	M _{Ed} kNm	M _{b,Rd} kNm	U -
1	1839.39	0.463	0.977	0.591	0.975	0.998	74.70	358.29	0.208

Biegung um die z-Achse

Ausnutzungen

Lk	M _{Ed} kNm	M _{b,Rd} kNm	U -
1	-0.00	121.99	0.000

Interaktion

Lk	G1.	C _{my}	K _{yy}	C _{mLT}	k _{zy}	C _{mz}	k _{zz}	k _{yz}	U
1	(6.61)	0.950	0.978	0.950	---	---	---	1.017	0.304
	(6.62)	---	---	0.950	0.992	0.950	1.017	---	0.346

max U = 0.35 < 1.0 ⇒ Zulässige Ausnutzung wird eingehalten

3. Gebrauchstauglichkeit

Berechnung nach Theorie II. Ordnung für die quasi-ständige Kombination entspr. [3], Gl. 6.16
Nachweis der zulässigen horizontalen Verformung nach [2], Abschnitt 7.2.2

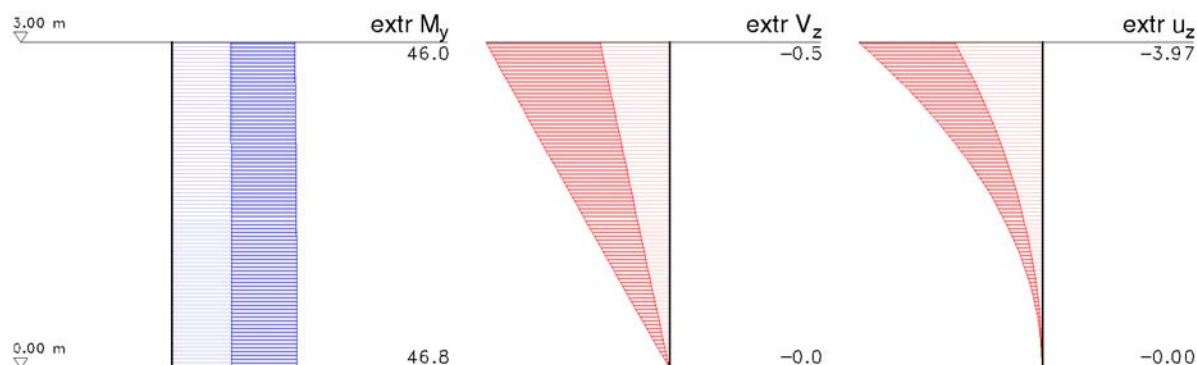
3.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig	Lf1
2	ständig	Lf1+0.8·Lf2

3.2. Extremale Ergebnisse

Die Schnittgrößen sind bezogen auf die verformte Systemachse

3.2.1. Verformung in Z-Richtung



x m	My		Vz		uz	
	Min kNm	Max kNm	Min kN	Max kN	Min mm	Max mm
3.00	22.00	46.00	-0.50	-0.19	-3.97	-1.89
0.00	22.29	46.76	-0.00	-0.00	-0.00	0.00

Maßgebende Verformung in Z-Richtung:

Aus Lastkollektiv 2 an der Stelle x = 3.00 m, mit den Schnittgrößen:

N = -190.00 kN, My = 46.00 kNm, Vz = -0.50 kN, Mz = -0.00 kNm, Vy = -0.00 kN

uz = -3.97 < 5.00 mm ⇒ Zulässige Verformung wird eingehalten

4. Auflagerreaktionen

4.1. Charakteristische Lagerreaktionen der Lastfälle am Stützfuß

Lf	N _k kN	H _{k,y} kN	H _{k,z} kN	M _{k,y} kN	M _{k,z} kN
1	153.51	-0.00	0.00	22.00	-0.00
2	50.00	-0.00	0.00	30.00	-0.00
3	-0.00	15.00	-0.00	-0.00	45.00
4	0.00	-0.00	30.00	-90.00	-0.00
Σ	203.51	15.00	30.00	-38.00	45.00

4.2. Extremale Bemessungswerte der Lagerreaktionen (Tragfähigkeit Th.II.O.) am Stützfuß

LK	N _{Ed} kN	H _{Ed,y} kN	H _{Ed,z} kN	M _{Ed,y} kN	M _{Ed,z} kN
1	153.51	0.00	-0.00	21.96	2.31
4	282.24	0.00	-0.00	75.90	4.36
8	282.24	13.50	-0.00	76.51	46.90
12	282.24	0.00	27.00	-6.41	4.36
17	153.51	22.50	0.00	22.29	71.59
21	153.51	0.00	45.00	-113.99	2.33
25	153.51	22.50	45.00	-113.92	71.59
28	282.24	22.50	45.00	-60.68	75.23

5. Zusammenfassung

Alle Nachweise konnten erfolgreich durchgeführt werden.

Maximale Ausnutzungen der geführten Nachweise:

Tragfähigkeit Th.II.0	96 %
Biegedrillknicken	35 %
Verformung in Z-Richtung	79 %

Literatur und Normen:

[1] DIN EN 1993-1-1/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Teil 1-1, Okt. 2022

[2] DIN EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bem. und Konstr. von Stahlbauten - Teil 1-1: Allg. Bem.regeln u. Regeln für den Hochbau, Dez. 2010

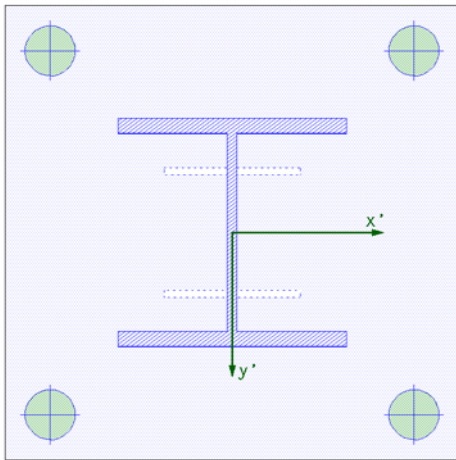
[3] DIN EN 1990: Grundlagen der Tragwerksplanung, Oktober 2021

FUSSPLATTE AUF EINZELFUNDAMENT

4H-FUND Version: 12/2022-1u

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

Draufsicht Fußplatte
 Maßstab 1:10



Stützenquerschnitt

genormtes Profil: HE300B, der Güte S235

Fußplatte

$b_x = 600 \text{ mm}$ $b_y = 600 \text{ mm}$ $t = 60 \text{ mm}$, der Güte S235

Mörtelfuge

$t_f = 20 \text{ mm}$

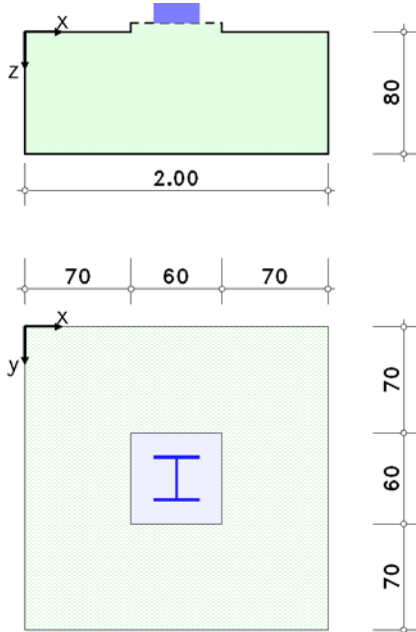
Schubdübel

genormtes Profil: HE180A, der Güte S235
 mit einer Länge von 100 mm

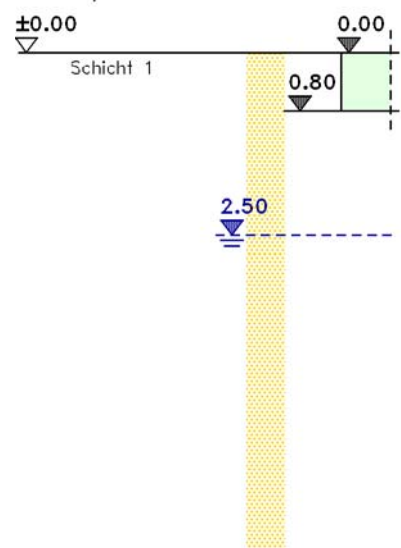
Anker

4 Anker, FK 8.8, M36, ohne Schaft
 mit einer Länge von 450 mm
 Randabstände $a_x/a_y = 60/60 \text{ mm}$

Ansicht, Draufsicht Einzelfundament
 Maßstab 1:50



Bodenprofil



Betonfestigkeitsklasse C25/30
 Betonstahlsorte B500A

1. Bodensituation

Die Einbindetiefe des Fundamentes beträgt $t = 0.80 \text{ m}$.
 Der Grundwasserstand (unter OK Boden) liegt bei $t_w = 2.50 \text{ m}$.

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

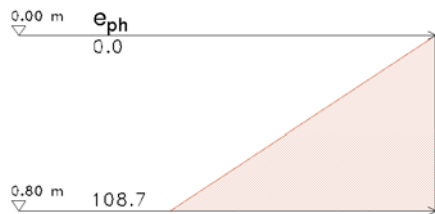
z - Kote an Oberkante der Schicht γ - Wichte γ' - Wichte unter Auftrieb ϕ - Reibungswinkel

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.

Für eine **raue** Wandoberfläche, mit einem Wandreibungswinkel $\delta = 2/3 \cdot \varphi'_k$



$\Sigma(\gamma \cdot h)$ 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

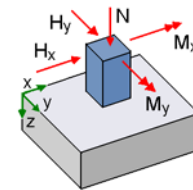
z m	$\Sigma(\gamma \cdot h)$ kN/m ²	K_{pgh} -	E_{ph} kN/m ²
0.00	0.00	7.152	0.00
0.80	15.20	7.152	108.71

Der resultierende maximale Erdwiderstand ergibt sich zu $E_{phg} = 43.48 \text{ kN/m}$, bei $z_s = 0.53 \text{ m}$.

2. Belastung

2.1. Bemessungssituation der Lastfälle für äußere Standsicherheit

Lastf.	Bezeichnung	BS-P	BS-T
1	Eigengewicht	x	
2	Nutzlast	x	
3	Y-Richtung	x	
4	Z-Richtung	x	



2.2. Bemessungswerte Stützenlast aus 'EC 3 Tragfähigkeit Th.II.O.' für Stahlbetonbemessung

Angriffspunkt im Schwerpunkt der Stütze auf OK Fundamentplatte

LK	Bezeichnung.	Bemessungssit.	N _{st,d} kN	H _{x,St,Ed} kN	H _{y,St,Ed} kN	M _{x,St,Ed} kNm	M _{y,St,Ed} kNm
5	LK 1 (auto)	ständig u.v.	153.51	-0.00	0.00	2.31	21.96
6	LK 2 (auto)	ständig u.v.	207.24	-0.00	0.00	3.15	29.78
7	LK 3 (auto)	ständig u.v.	228.51	-0.00	0.00	3.50	67.82
8	LK 4 (auto)	ständig u.v.	282.24	-0.00	0.00	4.36	75.90
9	LK 5 (auto)	ständig u.v.	153.51	-0.00	13.50	43.89	22.29
10	LK 6 (auto)	ständig u.v.	207.24	0.00	13.50	45.12	30.22
11	LK 7 (auto)	ständig u.v.	228.51	-0.00	13.50	45.63	68.31
12	LK 8 (auto)	ständig u.v.	282.24	-0.00	13.50	46.90	76.51
13	LK 9 (auto)	ständig u.v.	153.51	27.00	0.00	2.33	-59.53
14	LK 10 (auto)	ständig u.v.	207.24	27.00	0.00	3.18	-51.88
15	LK 11 (auto)	ständig u.v.	228.51	27.00	0.00	3.50	-14.24
16	LK 12 (auto)	ständig u.v.	282.24	27.00	0.00	4.36	-6.41
17	LK 13 (auto)	ständig u.v.	153.51	27.00	13.50	43.89	-59.44
18	LK 14 (auto)	ständig u.v.	207.24	27.00	13.50	45.12	-51.76
19	LK 15 (auto)	ständig u.v.	228.51	27.00	13.50	45.63	-13.75
20	LK 16 (auto)	ständig u.v.	282.24	27.00	13.50	46.90	-5.80
21	LK 17 (auto)	ständig u.v.	153.51	0.00	22.50	71.59	22.29
22	LK 18 (auto)	ständig u.v.	207.24	0.00	22.50	73.08	30.22
23	LK 19 (auto)	ständig u.v.	228.51	-0.00	22.50	73.70	68.31
24	LK 20 (auto)	ständig u.v.	282.24	-0.00	22.50	75.23	76.51
25	LK 21 (auto)	ständig u.v.	153.51	45.00	0.00	2.33	-113.99
26	LK 22 (auto)	ständig u.v.	207.24	45.00	0.00	3.18	-106.51
27	LK 23 (auto)	ständig u.v.	228.51	45.00	0.00	3.53	-68.61
28	LK 24 (auto)	ständig u.v.	282.24	45.00	0.00	4.40	-60.87
29	LK 25 (auto)	ständig u.v.	153.51	45.00	22.50	71.59	-113.92
30	LK 26 (auto)	ständig u.v.	207.24	45.00	22.50	73.08	-106.40
31	LK 27 (auto)	ständig u.v.	228.51	45.00	22.50	73.70	-68.47
32	LK 28 (auto)	ständig u.v.	282.24	45.00	22.50	75.23	-60.68

2.3. Eigengewicht

Das Gewicht der Fundamentplatte wird mit $\gamma_E = 25.00 \text{ kN/m}^3$ berücksichtigt.

Es liegt keine Erdauflast vor.

Die Resultierende aus Eigengewicht in der Bodenfuge beträgt $N_{0,Eigen,k} = 80.00 \text{ kN}$.

Das Eigengewicht wird im Lastfall 1 mit berücksichtigt.

3. Nachweis des Stahlstützenfußes

3.1. Material sicherheitsbeiwerte

Bemessungssit.	γ_{M1}	γ_{M2}	γ_c
ständig	1.10	1.25	1.50

Die Widerstandswerte des Stahls werden für Stabilitätsversagen ermittelt.

3.2. Bemessungswerte Stahlnachweise

3.2.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Faktorisierung	LK	Faktorisierung	LK	Faktorisierung	LK	Faktorisierung	LK	Faktorisierung
1	Lf5	7	Lf11	13	Lf17	19	Lf23	25	Lf29
2	Lf6	8	Lf12	14	Lf18	20	Lf24	26	Lf30
3	Lf7	9	Lf13	15	Lf19	21	Lf25	27	Lf31
4	Lf8	10	Lf14	16	Lf20	22	Lf26	28	Lf32
5	Lf9	11	Lf15	17	Lf21	23	Lf27		
6	Lf10	12	Lf16	18	Lf22	24	Lf28		

3.2.2. 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	153.51	-0.00	0.00	2.31	21.96	15	228.51	27.00	13.50	45.63	-13.75
2	207.24	-0.00	0.00	3.15	29.78	16	282.24	27.00	13.50	46.90	-5.80
3	228.51	-0.00	0.00	3.50	67.82	17	153.51	0.00	22.50	71.59	22.29
4	282.24	-0.00	0.00	4.36	75.90	18	207.24	0.00	22.50	73.08	30.22
5	153.51	-0.00	13.50	43.89	22.29	19	228.51	-0.00	22.50	73.70	68.31
6	207.24	0.00	13.50	45.12	30.22	20	282.24	-0.00	22.50	75.23	76.51
7	228.51	-0.00	13.50	45.63	68.31	21	153.51	45.00	0.00	2.33	-113.99
8	282.24	-0.00	13.50	46.90	76.51	22	207.24	45.00	0.00	3.18	-106.51
9	153.51	27.00	0.00	2.33	-59.53	23	228.51	45.00	0.00	3.53	-68.61
10	207.24	27.00	0.00	3.18	-51.88	24	282.24	45.00	0.00	4.40	-60.87
11	228.51	27.00	0.00	3.50	-14.24	25	153.51	45.00	22.50	71.59	-113.92
12	282.24	27.00	0.00	4.36	-6.41	26	207.24	45.00	22.50	73.08	-106.40
13	153.51	27.00	13.50	43.89	-59.44	27	228.51	45.00	22.50	73.70	-68.47
14	207.24	27.00	13.50	45.12	-51.76	28	282.24	45.00	22.50	75.23	-60.68

3.3. Schweißnaht zwischen Stützenschaft und Fußplatte

Bemessung nach dem richtungsbezogenen Verfahren entsprechend Abschnitt 4.5.3.2

$$\sigma_{1,w,Ed} = (\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = \sigma_{\perp}$$

$$f_{1,w,Rd} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$f_{2,w,Rd} = 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$U = \max \{ \sigma_{1,w,Ed} / f_{1,w,Rd}, \sigma_{2,w,Ed} / f_{2,w,Rd} \}$$

Die Verbindung wird mit einer **Doppelkehlnaht voll ausgeführt** (keine Endkrater).

Die Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

Mindestwert der Schweißnahtdicke $a_{min} = 8 \text{ mm}$

LK	a _{w,F1} mm	a _{w,S} mm	$\sigma_{\perp}$ kN/cm ²	$\tau_{\perp}$ kN/cm ²	$\tau_{\parallel}$ kN/cm ²	$\sigma_{1,w,Ed}$ kN/cm ²	f _{1,w,Rd} kN/cm ²	$\sigma_{2,w,Ed}$ kN/cm ²	f _{2,w,Rd} kN/cm ²	Maßgeb.	U
1	8	8	-4.29	-4.29	0.00	8.59	36.00	4.29	25.92	Flansch	0.24
2	8	8	-5.82	-5.82	0.00	11.63	36.00	5.82	25.92	Flansch	0.32
3	8	8	-11.59	-11.59	0.00	23.18	36.00	11.59	25.92	Flansch	0.64
4	8	8	-13.15	-13.15	0.00	26.30	36.00	13.15	25.92	Flansch	0.73
5	8	8	-6.73	-6.73	0.00	13.46	36.00	6.73	25.92	Flansch	0.37
6	8	8	-8.29	-8.29	0.00	16.59	36.00	8.29	25.92	Flansch	0.46
7	8	8	-14.08	-14.08	0.00	28.17	36.00	14.08	25.92	Flansch	0.78
8	8	8	-15.69	-15.69	0.00	31.37	36.00	15.69	25.92	Flansch	0.87
9	8	8	-9.85	-9.85	-0.32	19.70	36.00	9.85	25.92	Flansch	0.55
10	8	8	-9.09	-9.09	-0.32	18.18	36.00	9.09	25.92	Flansch	0.50
11	8	8	-3.67	-3.67	-0.32	7.35	36.00	3.67	25.92	Flansch	0.20
12	8	8	-2.88	-2.88	-0.32	5.78	36.00	2.88	25.92	Flansch	0.16
13	8	8	-12.22	-12.22	-0.32	24.46	36.00	12.22	25.92	Flansch	0.68
14	8	8	-11.48	-11.48	-0.32	22.96	36.00	11.48	25.92	Flansch	0.64
15	8	8	-6.01	-6.01	-0.32	12.04	36.00	6.01	25.92	Flansch	0.33
16	8	8	-5.23	-5.23	-0.32	10.48	36.00	5.23	25.92	Flansch	0.29
17	8	8	-8.32	-8.32	0.00	16.65	36.00	8.32	25.92	Flansch	0.46
18	8	8	-9.90	-9.90	0.00	19.80	36.00	9.90	25.92	Flansch	0.55
19	8	8	-15.70	-15.70	0.00	31.39	36.00	15.70	25.92	Flansch	0.87
20	8	8	-17.32	-17.32	0.00	34.63	36.00	17.32	25.92	Flansch	0.96
21	8	8	-17.90	-17.90	-0.53	35.82	36.00	17.90	25.92	Flansch	0.99
22	8	8	-17.16	-17.16	-0.53	34.34	36.00	17.16	25.92	Flansch	0.95
23	8	8	-11.71	-11.71	-0.53	23.43	36.00	11.71	25.92	Flansch	0.65
24	8	8	-10.93	-10.93	-0.53	21.88	36.00	10.93	25.92	Flansch	0.61
25	10	8	-17.59	-17.59	-0.42	35.18	36.00	17.59	25.92	Flansch	0.98

LK	a _{w,F1} mm	a _{w,S} mm	σ _⊥ kN/cm ²	τ _⊥ kN/cm ²	τ kN/cm ²	σ _{1,w,Ed} kN/cm ²	f _{1,w,Rd} kN/cm ²	σ _{2,w,Ed} kN/cm ²	f _{2,w,Rd} kN/cm ²	Maßgeb.	U
26	10	8	-17.04	-17.04	-0.42	34.09	36.00	17.04	25.92	Flansch	0.95
27	8	8	-15.72	-15.72	-0.53	31.45	36.00	15.72	25.92	Flansch	0.87
28	8	8	-14.98	-14.98	-0.53	29.97	36.00	14.98	25.92	Flansch	0.83

a_{w,F1} - Flanschnahtdicke a_{w,S} - Steгнаhtdicke σ_⊥ - Normalspannungen senkrecht zur Naht
τ_⊥ - Schubspannungen senkrecht zur Naht τ_{||} - Schubspannungen parallel zur Naht U - Ausnutzung

Maximale Nahtdicke für den Flansch a_{w,F1,max} = 10 mm

Maximale Nahtdicke für den Steg a_{w,S,max} = 8 mm

Maximale Ausnutzung U = 0.99 < 1.00

3.4. FE-Berechnung

Die Berechnung der Pressungen unter der Fußplatte und der maßgebenden Schnittgrößen in der Fußplatte erfolgt durch eine FEM-Berechnung mit Steifezifferverfahren. 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 45 Elemente in X-Richtung und 49 Elemente in Y-Richtung eingeteilt.

Die Betonpressung wird begrenzt auf die zulässige Teilflächenpressung mit lim σ_{c,d} = f_{Rd,u}.

Die Ersatzfeder für die Anker wird angesetzt mit c = E·A/l = 3810.80 kN/cm.

3.4.1. Spannungen in der Fußplatte (Elast.-Plast.)

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	14.0	15.3	6.42	6.26	0.04	-0.12	0.23
2	14.0	15.3	8.70	8.49	0.05	-0.16	0.32
3	14.0	16.5	22.54	16.98	0.21	-1.11	-0.71
4	14.0	16.5	24.63	19.23	0.24	-1.11	-0.82
5	14.0	16.5	11.35	13.76	1.57	0.19	-0.29
6	14.0	16.5	13.55	15.27	1.29	0.10	-0.48
7	14.0	16.5	25.46	23.71	1.91	-0.57	-0.71
8	14.0	16.5	27.63	25.83	1.77	-0.60	-0.85
9	46.0	16.5	21.29	14.63	-0.18	1.25	-0.57
10	46.0	16.5	17.19	13.64	-0.16	0.74	-0.59
11	46.0	15.3	6.32	6.59	0.04	0.05	0.23
12	46.0	15.3	5.99	6.56	0.08	0.01	0.21
13	12.7	43.5	-21.67	-25.33	4.28	-0.39	-0.21
14	46.0	16.5	20.50	20.25	-1.71	0.28	-0.60
15	46.0	16.5	10.77	13.16	-1.02	-0.21	-0.42
16	46.0	16.5	10.22	12.74	-0.68	-0.22	-0.47
17	47.3	44.7	-20.44	-23.02	-4.03	0.53	0.93
18	47.3	44.7	-20.25	-22.74	-3.55	0.50	0.92
19	47.3	44.7	-29.12	-33.05	-5.56	0.68	1.45
20	47.3	43.5	-28.68	-33.25	-4.69	0.53	-0.41
21	46.0	16.5	42.29	25.63	-0.26	3.10	-0.86
22	46.0	16.5	39.01	25.10	-0.29	2.58	-0.91
23	46.0	16.5	23.92	17.70	-0.22	1.22	-0.73
24	46.0	16.5	19.74	16.57	-0.18	0.73	-0.74
25	12.7	44.7	-45.38	-52.20	11.53	-1.05	2.58
26	12.7	44.7	-40.67	-46.69	9.59	-0.94	2.24
27	12.7	44.7	-29.84	-33.90	5.78	-0.70	1.50
28	12.7	44.7	-25.33	-28.66	4.24	-0.59	1.20

Spannungen und Ausnutzungen

$$\sigma_{Pl,V} = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2))^{0.5}$$

$$\sigma_{Rd} = f_y / \gamma_{MO}$$

$$U = \sigma_{Pl,V} / \sigma_{Rd}$$

LK	x _{Fp} cm	y _{Fp} cm	σ _{Pl,V} kN/cm ²	σ _{Rd} kN/cm ²	U
1	14.0	15.3	0.71	21.50	0.03
2	14.0	15.3	0.96	21.50	0.04
3	14.0	16.5	2.29	21.50	0.11
4	14.0	16.5	2.52	21.50	0.12
5	14.0	16.5	1.45	21.50	0.07
6	14.0	16.5	1.63	21.50	0.08
7	14.0	16.5	2.77	21.50	0.13
8	14.0	16.5	3.01	21.50	0.14
9	46.0	16.5	2.13	21.50	0.10
10	46.0	16.5	1.77	21.50	0.08
11	46.0	15.3	0.72	21.50	0.03
12	46.0	15.3	0.70	21.50	0.03
13	12.7	43.5	2.76	21.50	0.13
14	46.0	16.5	2.30	21.50	0.11

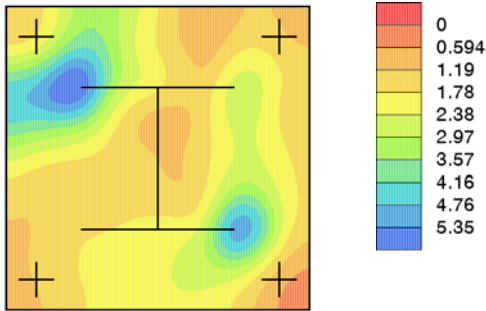
LK	x _{Fp} cm	y _{Fp} cm	σ _{Pl,V} kN/cm ²	σ _{Rd} kN/cm ²	U
15	46.0	16.5	1.37	21.50	0.06
16	46.0	16.5	1.31	21.50	0.06
17	47.3	44.7	2.57	21.50	0.12
18	47.3	44.7	2.51	21.50	0.12
19	47.3	44.7	3.66	21.50	0.17
20	47.3	43.5	3.59	21.50	0.17
21	46.0	16.5	4.20	21.50	0.20
22	46.0	16.5	3.89	21.50	0.18
23	46.0	16.5	2.42	21.50	0.11
24	46.0	16.5	2.06	21.50	0.10
25	12.7	44.7	5.95	21.50	0.28
26	12.7	44.7	5.27	21.50	0.25
27	12.7	44.7	3.76	21.50	0.18
28	12.7	44.7	3.15	21.50	0.15

Maximale Ausnutzung $U = 0.28 < 1.00$

x_{Fp}/y_{Fp} - Koordinaten auf der Fußplatte m_{xx}/m_{yy} - Momente m_{xy} - Drillmoment v_x/v_y - Querkraft
 $\sigma_{Pl,V}$ - plastische Vergleichsspannung σ_{Rd} - Grenznormalspannung U - Ausnutzung

Spannungsverteilung - $\sigma_{Pl,V}$ [kN/cm²]

LK 25 (max $\sigma_{Pl,V}$)



3.4.2. Betonpressung unter der Fußplatte

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

$$U = \sigma_{c,m} / f_{jd}$$

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

Nachweis nur bei Pressungsflächen größer als 5% der Plattenfläche ($A_{Druck} > 180.0 \text{ cm}^2$)

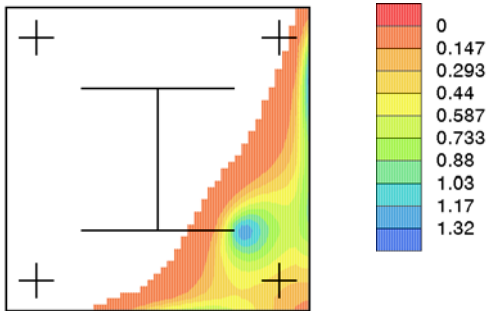
LK	lim $\sigma_{c,d}$ kN/cm ²	A_{Druck} cm ²	F_{Druck} kN	$\sigma_{c,max}$ kN/cm ²	$\sigma_{c,m}$ kN/cm ²	f_{jd} kN/cm ²	U -
1	4.25	2619.2	154.75	0.28	0.059	1.42	0.04
2	4.25	2619.6	209.01	0.37	0.080	1.42	0.06
3	4.25	1477.6	277.19	0.69	0.188	1.42	0.13
4	4.25	1547.3	328.92	0.82	0.213	1.42	0.15
5	4.25	1490.2	193.51	0.49	0.130	1.42	0.09
6	4.25	1778.0	239.06	0.59	0.134	1.42	0.09
7	4.25	1433.1	294.71	0.94	0.206	1.42	0.15
8	4.25	1535.9	346.35	1.03	0.226	1.42	0.16
9	4.25	1271.0	214.02	0.51	0.168	1.42	0.12
10	4.25	1588.2	237.85	0.59	0.150	1.42	0.11
11	4.25	3576.3	228.51	0.29	0.064	1.42	0.05
12	4.25	3595.1	282.24	0.29	0.079	1.42	0.06
13	4.25	1192.7	231.71	0.79	0.194	1.42	0.14
14	4.25	1500.8	259.09	0.79	0.173	1.42	0.12
15	4.25	1886.1	249.78	0.50	0.132	1.42	0.09
16	4.25	2138.4	292.31	0.51	0.137	1.42	0.10
17	4.25	1231.8	245.80	0.57	0.200	1.42	0.14
18	4.25	1348.6	286.61	0.71	0.213	1.42	0.15
19	4.25	1252.7	326.53	1.07	0.261	1.42	0.18
20	4.25	1361.2	372.87	1.21	0.274	1.42	0.19
21	4.25	1026.9	318.82	0.78	0.310	1.42	0.22
22	4.25	1146.9	338.56	0.75	0.295	1.42	0.21
23	4.25	1429.4	283.23	0.70	0.198	1.42	0.14
24	4.25	1749.4	309.54	0.75	0.177	1.42	0.12
25	4.25	931.4	347.21	1.22	0.373	1.42	0.26
26	4.25	1058.0	367.54	1.32	0.347	1.42	0.25
27	4.25	1239.6	329.84	1.10	0.266	1.42	0.19
28	4.25	1439.6	359.84	1.08	0.250	1.42	0.18

Maximale Ausnutzung $U = 0.26 < 1.00$

A_{Druck} - Fläche mit Betonpressungen F_{Druck} - Res. Druckkraft auf den Beton $\sigma_{c,max}$ - maximale Betonpressung
 $\sigma_{c,m}$ - mittlere Betonpressung U - Ausnutzung

Pressungsverteilung [kN/cm²]

LK 25 (max $\sigma_{c,m}$)



3.4.3. Ankerzugkräfte

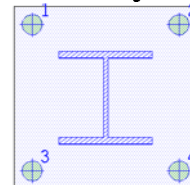
$$F_{t,Rd} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$$

$$U = F_{t,Ed,max} / F_{t,Rd}$$

Spannungsquerschnitt für M36: $A_s = 8.17 \text{ cm}^2$

Es werden keine Senkschrauben verwendet: $k_2 = 0.90$

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	---	1.19	---	0.05	470.36	0.00
2	---	1.67	---	0.10	470.36	0.00
3	---	26.56	---	22.12	470.36	0.06
4	---	25.99	---	20.70	470.36	0.06
5	6.71	33.30	---	---	470.36	0.07
6	0.76	31.06	---	---	470.36	0.07
7	---	59.86	---	6.34	470.36	0.13
8	---	58.38	---	5.73	470.36	0.12
9	31.88	---	28.63	---	470.36	0.07
10	17.19	---	13.42	---	470.36	0.04
11	---	---	---	---	470.36	0.00
12	---	---	---	---	470.36	0.00
13	67.28	1.33	9.59	---	470.36	0.14
14	49.92	---	1.92	---	470.36	0.11
15	18.66	2.62	---	---	470.36	0.04
16	8.54	1.53	---	---	470.36	0.02
17	31.20	61.08	---	---	470.36	0.13
18	20.54	58.84	---	---	470.36	0.13
19	7.06	87.35	---	3.61	470.36	0.19
20	2.94	84.84	---	2.85	470.36	0.18
21	84.46	---	80.85	---	470.36	0.18
22	68.00	---	63.32	---	470.36	0.14
23	29.65	---	25.07	---	470.36	0.06
24	16.01	---	11.29	---	470.36	0.03
25	148.65	7.71	37.34	---	470.36	0.32
26	130.12	4.98	25.20	---	470.36	0.28
27	89.93	6.74	4.65	---	470.36	0.19
28	73.43	4.17	---	---	470.36	0.16

Maximale Ausnutzung $U = 0.32 < 1.00$

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

3.5. Schubdübel zur Einleitung der Horizontalkraft in das Fundament

Gesamtlänge $l = 10.0 \text{ cm}$

Länge im Beton $l_c = 8.0 \text{ cm}$

3.5.1. Betonpressung

$$\sigma_c = V_{Ed} / (l_c \cdot b)$$

$$\sigma_{c,Steg,cal} = \sigma_{c,Steg} \cdot f_{\sigma,Steg}$$

$$U = \sigma_{c,max} / f_{cd}$$

Zusätzlicher Sicherheitsfaktor bei Betonpressungen über den Steg $f_{\sigma,Steg} = 0.00$

LK	V _{Ed,Flansch} kN	V _{Ed,Steg} kN	σ _{c,Flansch} N/mm ²	σ _{c,Steg} N/mm ²	σ _{c,Steg,cal} N/mm ²	f _{cd} N/mm ²	U -
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.17	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.17	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.17	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.17	0.00
5	13.50	0.00	0.94	0.00	0.00	14.17	0.07
6	13.50	0.00	0.94	0.00	0.00	14.17	0.07
7	13.50	0.00	0.94	0.00	0.00	14.17	0.07
8	13.50	0.00	0.94	0.00	0.00	14.17	0.07
9	0.00	27.00	0.00	2.22	3.33	14.17	0.24
10	0.00	27.00	0.00	2.22	3.33	14.17	0.24
11	0.00	27.00	0.00	2.22	3.33	14.17	0.24
12	0.00	27.00	0.00	2.22	3.33	14.17	0.24
13	13.50	27.00	0.94	2.22	3.33	14.17	0.24
14	13.50	27.00	0.94	2.22	3.33	14.17	0.24
15	13.50	27.00	0.94	2.22	3.33	14.17	0.24
16	13.50	27.00	0.94	2.22	3.33	14.17	0.24
17	22.50	0.00	1.56	0.00	0.00	14.17	0.11
18	22.50	0.00	1.56	0.00	0.00	14.17	0.11
19	22.50	0.00	1.56	0.00	0.00	14.17	0.11
20	22.50	0.00	1.56	0.00	0.00	14.17	0.11
21	0.00	45.00	0.00	3.70	5.55	14.17	0.39
22	0.00	45.00	0.00	3.70	5.55	14.17	0.39
23	0.00	45.00	0.00	3.70	5.55	14.17	0.39
24	0.00	45.00	0.00	3.70	5.55	14.17	0.39
25	22.50	45.00	1.56	3.70	5.55	14.17	0.39
26	22.50	45.00	1.56	3.70	5.55	14.17	0.39
27	22.50	45.00	1.56	3.70	5.55	14.17	0.39
28	22.50	45.00	1.56	3.70	5.55	14.17	0.39

Maximale Ausnutzung U = 0.39 < 1.00

σ_{c,Flansch} - Betonpressung über den Flansch σ_{c,Steg} - Betonpressung über den Steg U - Ausnutzung

3.5.2. Spannungen am Anschluss der Fußplatte

$$\sigma_{v,Ed} = (\sigma_{Ed}^2 + 3 \cdot \tau_{Ed}^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{Rd} = f_y / \gamma_{M0}$$

$$u = \sigma_{v,Ed} / \sigma_{Rd}$$

LK	M _{x,Ed} kNcm	M _{y,Ed} kNcm	σ _{Ed} kN/cm ²	τ _{Ed} kN/cm ²	σ _{v,Ed} kN/cm ²	σ _{Rd} kN/cm ²	U -
1	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	23.50	0.00
2	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	23.50	0.00
3	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	23.50	0.00
4	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	23.50	0.00
5	81.00	-0.00	0.28	1.39	2.41	23.50	0.10
6	81.00	0.00	0.28	1.39	2.41	23.50	0.10
7	81.00	-0.00	0.28	1.39	2.41	23.50	0.10
8	81.00	-0.00	0.28	1.39	2.41	23.50	0.10
9	0.00	162.00	1.58	-1.18	2.05	23.50	0.09
10	0.00	162.00	1.58	-1.18	2.05	23.50	0.09
11	0.00	162.00	1.58	-1.18	2.05	23.50	0.09
12	0.00	162.00	1.58	-1.18	2.05	23.50	0.09
13	81.00	162.00	1.85	1.39	2.41	23.50	0.10
14	81.00	162.00	1.85	1.39	2.41	23.50	0.10
15	81.00	162.00	1.85	1.39	2.41	23.50	0.10
16	81.00	162.00	1.85	1.39	2.41	23.50	0.10
17	135.00	0.00	0.46	2.32	4.02	23.50	0.17
18	135.00	0.00	0.46	2.32	4.02	23.50	0.17
19	135.00	-0.00	0.46	2.32	4.02	23.50	0.17
20	135.00	-0.00	0.46	2.32	4.02	23.50	0.17
21	0.00	270.00	2.63	-1.97	3.41	23.50	0.15
22	0.00	270.00	2.63	-1.97	3.41	23.50	0.15
23	0.00	270.00	2.63	-1.97	3.41	23.50	0.15
24	0.00	270.00	2.63	-1.97	3.41	23.50	0.15
25	135.00	270.00	3.09	2.32	4.02	23.50	0.17
26	135.00	270.00	3.09	2.32	4.02	23.50	0.17
27	135.00	270.00	3.09	2.32	4.02	23.50	0.17
28	135.00	270.00	3.09	2.32	4.02	23.50	0.17

Maximale Ausnutzung U = 0.17 < 1.00

σ_{v,Ed} - Vergleichsspannung σ_{Rd} - Grenznormalspannung τ_{Rd} - Grenzs Schubspannung U - Ausnutzung

3.5.3. Schweißnaht zwischen Fußplatte und Schubdübel

Bemessung nach dem richtungsbezogenen Verfahren entsprechend Abschnitt 4.5.3.2

$$\sigma_{1,w,Ed} = (\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = \sigma_{\perp}$$

$$f_{1,w,Rd} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$f_{2,w,Rd} = 0.9 f_u / \gamma_{M2}$$

$$U = \max\{\sigma_{1,w,Ed}/f_{1,w,Rd}, \sigma_{2,w,Ed}/f_{2,w,Rd}\}$$

Die Verbindung wird mit einer **Doppelkehlnaht voll ausgeführt** (keine Endkrater).

Die Normalkraft wird zu 100 % durch die Schweißnaht übertragen.

Mindestwert der Schweißnahtdicke $a_{min} = 8 \text{ mm}$

LK	$a_{w,F1}$ mm	$a_{w,S}$ mm	$\sigma_{\perp}$ kN/cm ²	$\tau_{\perp}$ kN/cm ²	$\tau_{\parallel}$ kN/cm ²	$\sigma_{1,w,Ed}$ kN/cm ²	$f_{1,w,Rd}$ kN/cm ²	$\sigma_{2,w,Ed}$ kN/cm ²	$f_{2,w,Rd}$ kN/cm ²	Maßgeb.	U
1	8	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	---	-	0.00
2	8	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	---	-	0.00
3	8	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	---	-	0.00
4	8	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	---	-	0.00
5	8	8	0.09	0.09	0.69	1.21	36.00	0.09	25.92	Steg	0.03
6	8	8	0.09	0.09	0.69	1.21	36.00	0.09	25.92	Steg	0.03
7	8	8	0.09	0.09	0.69	1.21	36.00	0.09	25.92	Steg	0.03
8	8	8	0.09	0.09	0.69	1.21	36.00	0.09	25.92	Steg	0.03
9	8	8	0.66	0.66	-0.52	1.61	36.00	0.66	25.92	Flansch	0.04
10	8	8	0.66	0.66	-0.52	1.61	36.00	0.66	25.92	Flansch	0.04
11	8	8	0.66	0.66	-0.52	1.61	36.00	0.66	25.92	Flansch	0.04
12	8	8	0.66	0.66	-0.52	1.61	36.00	0.66	25.92	Flansch	0.04
13	8	8	0.80	0.80	-0.52	1.83	36.00	0.80	25.92	Flansch	0.05
14	8	8	0.80	0.80	-0.52	1.83	36.00	0.80	25.92	Flansch	0.05
15	8	8	0.80	0.80	-0.52	1.83	36.00	0.80	25.92	Flansch	0.05
16	8	8	0.80	0.80	-0.52	1.83	36.00	0.80	25.92	Flansch	0.05
17	8	8	0.16	0.16	1.15	2.02	36.00	0.16	25.92	Steg	0.06
18	8	8	0.16	0.16	1.15	2.02	36.00	0.16	25.92	Steg	0.06
19	8	8	0.16	0.16	1.15	2.02	36.00	0.16	25.92	Steg	0.06
20	8	8	0.16	0.16	1.15	2.02	36.00	0.16	25.92	Steg	0.06
21	8	8	1.11	1.11	-0.87	2.68	36.00	1.11	25.92	Flansch	0.07
22	8	8	1.11	1.11	-0.87	2.68	36.00	1.11	25.92	Flansch	0.07
23	8	8	1.11	1.11	-0.87	2.68	36.00	1.11	25.92	Flansch	0.07
24	8	8	1.11	1.11	-0.87	2.68	36.00	1.11	25.92	Flansch	0.07
25	8	8	1.33	1.33	-0.87	3.06	36.00	1.33	25.92	Flansch	0.08
26	8	8	1.33	1.33	-0.87	3.06	36.00	1.33	25.92	Flansch	0.08
27	8	8	1.33	1.33	-0.87	3.06	36.00	1.33	25.92	Flansch	0.08
28	8	8	1.33	1.33	-0.87	3.06	36.00	1.33	25.92	Flansch	0.08

$a_{w,F1}$ - Flanschnahtdicke $a_{w,S}$ - Steгнаhtdicke $\sigma_{\perp}$ - Normalspannungen senkrecht zur Naht

$\tau_{\perp}$ - Schubspannungen senkrecht zur Naht $\tau_{\parallel}$ - Schubspannungen parallel zur Naht U - Ausnutzung

Maximale Nahtdicke für den Flansch $a_{w,F1,max} = 8 \text{ mm}$

Maximale Nahtdicke für den Steg $a_{w,S,max} = 8 \text{ mm}$

Maximale Ausnutzung $U = 0.08 < 1.00$

4. Bemessung der Fundamentplatte

4.1. Materialsicherheitsbeiwerte

Bemessungssit.	γ_c	γ_s
ständig und vorübergehend	1.50	1.15

4.2. Bemessungswerte Stahlbetonbemessung

Die Mobilisierung des Erdwiderstandes wird vernachlässigt.

4.2.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung	LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf5	21	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf15
2	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf5	22	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf15
3	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf6	23	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf16
4	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf6	24	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf16
5	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf7	25	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf17
6	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf7	26	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf17
7	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf8	27	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf18
8	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf8	28	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf18
9	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf9	29	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf19
10	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf9	30	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf19
11	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf10	31	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf20
12	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf10	32	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf20
13	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf11	33	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf21
14	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf11	34	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf21
15	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf12	35	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf22
16	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf12	36	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf22
17	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf13	37	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf23
18	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf13	38	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf23
19	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf14	39	ständig und vorübergehend	Lf1' + Lf24
20	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf14	40	ständig und vorübergehend	1.35 · Lf1' + Lf24

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung	LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
41	ständig und vorübergehend	Lf1'+Lf25	49	ständig und vorübergehend	Lf1'+Lf29
42	ständig und vorübergehend	1.35·Lf1'+Lf25	50	ständig und vorübergehend	1.35·Lf1'+Lf29
43	ständig und vorübergehend	Lf1'+Lf26	51	ständig und vorübergehend	Lf1'+Lf30
44	ständig und vorübergehend	1.35·Lf1'+Lf26	52	ständig und vorübergehend	1.35·Lf1'+Lf30
45	ständig und vorübergehend	Lf1'+Lf27	53	ständig und vorübergehend	Lf1'+Lf31
46	ständig und vorübergehend	1.35·Lf1'+Lf27	54	ständig und vorübergehend	1.35·Lf1'+Lf31
47	ständig und vorübergehend	Lf1'+Lf28	55	ständig und vorübergehend	Lf1'+Lf32
48	ständig und vorübergehend	1.35·Lf1'+Lf28	56	ständig und vorübergehend	1.35·Lf1'+Lf32

*) ohne Berücksichtigung der Stützenlast

4.2.2. 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	153.51	-0.00	0.00	2.31	21.96	29	228.51	27.00	13.50	45.63	-13.75
2	153.51	-0.00	0.00	2.31	21.96	30	228.51	27.00	13.50	45.63	-13.75
3	207.24	-0.00	0.00	3.15	29.78	31	282.24	27.00	13.50	46.90	-5.80
4	207.24	-0.00	0.00	3.15	29.78	32	282.24	27.00	13.50	46.90	-5.80
5	228.51	-0.00	0.00	3.50	67.82	33	153.51	0.00	22.50	71.59	22.29
6	228.51	-0.00	0.00	3.50	67.82	34	153.51	0.00	22.50	71.59	22.29
7	282.24	-0.00	0.00	4.36	75.90	35	207.24	0.00	22.50	73.08	30.22
8	282.24	-0.00	0.00	4.36	75.90	36	207.24	0.00	22.50	73.08	30.22
9	153.51	-0.00	13.50	43.89	22.29	37	228.51	-0.00	22.50	73.70	68.31
10	153.51	-0.00	13.50	43.89	22.29	38	228.51	-0.00	22.50	73.70	68.31
11	207.24	0.00	13.50	45.12	30.22	39	282.24	-0.00	22.50	75.23	76.51
12	207.24	0.00	13.50	45.12	30.22	40	282.24	-0.00	22.50	75.23	76.51
13	228.51	-0.00	13.50	45.63	68.31	41	153.51	45.00	0.00	2.33	-113.99
14	228.51	-0.00	13.50	45.63	68.31	42	153.51	45.00	0.00	2.33	-113.99
15	282.24	-0.00	13.50	46.90	76.51	43	207.24	45.00	0.00	3.18	-106.51
16	282.24	-0.00	13.50	46.90	76.51	44	207.24	45.00	0.00	3.18	-106.51
17	153.51	27.00	0.00	2.33	-59.53	45	228.51	45.00	0.00	3.53	-68.61
18	153.51	27.00	0.00	2.33	-59.53	46	228.51	45.00	0.00	3.53	-68.61
19	207.24	27.00	0.00	3.18	-51.88	47	282.24	45.00	0.00	4.40	-60.87
20	207.24	27.00	0.00	3.18	-51.88	48	282.24	45.00	0.00	4.40	-60.87
21	228.51	27.00	0.00	3.50	-14.24	49	153.51	45.00	22.50	71.59	-113.92
22	228.51	27.00	0.00	3.50	-14.24	50	153.51	45.00	22.50	71.59	-113.92
23	282.24	27.00	0.00	4.36	-6.41	51	207.24	45.00	22.50	73.08	-106.40
24	282.24	27.00	0.00	4.36	-6.41	52	207.24	45.00	22.50	73.08	-106.40
25	153.51	27.00	13.50	43.89	-59.44	53	228.51	45.00	22.50	73.70	-68.47
26	153.51	27.00	13.50	43.89	-59.44	54	228.51	45.00	22.50	73.70	-68.47
27	207.24	27.00	13.50	45.12	-51.76	55	282.24	45.00	22.50	75.23	-60.68
28	207.24	27.00	13.50	45.12	-51.76	56	282.24	45.00	22.50	75.23	-60.68

4.3. Bemessung für Biegung

4.3.1. Längsbewehrung in x-Richtung

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

Momente in den Bemessungsschnitten

LK	x = 70.0 cm kNm	x = 130.0 cm kNm	LK	x = 70.0 cm kNm	x = 130.0 cm kNm	LK	x = 70.0 cm kNm	x = 130.0 cm kNm
1	24.99	12.62	20	4.68	46.09	39	56.43	13.48
2	24.99	12.62	21	17.90	38.09	40	56.29	13.27
3	33.78	17.00	22	17.90	38.09	41	-9.80	73.65
4	33.78	17.00	23	26.68	42.46	42	-13.23	68.67
5	47.10	8.88	24	26.68	42.46	43	-9.40	68.94
6	47.10	8.88	25	-2.60	42.63	44	-11.64	67.41
7	55.96	13.19	26	-3.18	42.18	45	-1.47	57.48
8	55.96	13.19	27	5.01	46.23	46	-1.48	57.47
9	25.08	12.53	28	4.83	46.12	47	7.28	61.87
10	25.08	12.53	29	18.03	37.95	48	7.28	61.87
11	33.90	16.87	30	18.03	37.95	49	-9.80	75.63
12	33.90	16.87	31	26.85	42.29	50	-12.93	71.25
13	47.29	8.83	32	26.85	42.29	51	-7.82	71.77
14	47.25	8.76	33	25.24	12.69	52	-9.28	70.13
15	56.14	13.04	34	25.17	12.64	53	0.89	59.28
16	56.13	13.02	35	33.99	17.00	54	0.33	58.72
17	-4.02	41.68	36	33.93	16.91	55	8.38	62.53
18	-4.05	41.66	37	47.76	9.47	56	8.04	62.27
19	4.68	46.09	38	47.55	9.21			

Bemessung für LK 42: $\varepsilon_o/\varepsilon_u = 26.68/-0.21\%$ erf $A_{s,o} = 0.4$ cm²

Bemessung für LK 49: $\varepsilon_o/\varepsilon_u = -0.52/26.70\%$ erf $A_{s,u} = 2.2$ cm²

4.3.2. Längsbewehrung in y-Richtung

Stahlrandabstand oben/unten $h_{so}/h_{su} = 6.0/6.0$ cm

Momente in den Bemessungsschnitten

LK	y = 70.0 cm kNm	y = 130.0 cm kNm	LK	y = 70.0 cm kNm	y = 130.0 cm kNm	LK	y = 70.0 cm kNm	y = 130.0 cm kNm
1	18.15	19.46	20	24.49	26.28	39	8.82	61.16
2	18.15	19.46	21	27.01	28.98	40	8.59	61.01
3	24.50	26.27	22	27.01	28.98	41	18.15	19.46
4	24.50	26.27	23	33.35	35.80	42	18.15	19.46
5	27.01	28.98	24	33.35	35.80	43	24.49	26.28
6	27.01	28.98	25	4.25	34.94	44	24.49	26.28
7	33.35	35.80	26	3.98	34.65	45	27.00	28.99
8	33.35	35.80	27	9.89	41.30	46	27.00	28.99
9	3.40	34.21	28	9.74	41.20	47	33.34	35.81
10	3.40	34.21	29	12.09	43.89	48	33.34	35.81
11	9.63	41.14	30	12.09	43.89	49	-3.38	47.10
12	9.63	41.14	31	18.32	50.83	50	-3.80	46.69
13	12.18	43.94	32	18.32	50.83	51	2.17	53.49
14	12.11	43.90	33	-5.63	44.53	52	1.91	53.22
15	18.34	50.84	34	-6.15	44.21	53	4.07	55.46
16	18.32	50.83	35	-0.06	51.17	54	3.65	55.00
17	18.15	19.46	36	-0.22	51.08	55	9.32	61.54
18	18.15	19.46	37	3.10	54.44	56	8.99	61.29
19	24.49	26.28	38	2.72	54.17			

Bemessung für LK 34: $\varepsilon_o/\varepsilon_u = 27.04/-0.14\%$ erf $A_{s,o} = 0.2$ cm²

Bemessung für LK 55: $\varepsilon_o/\varepsilon_u = -0.47/27.07\%$ erf $A_{s,u} = 1.8$ cm²

4.3.3. Gewählte Bewehrung in x-Richtung

Oben **B500A, gleichmäßig zu verteilen**
4 Ø 10 = 3.1 > 0.4 cm²

Unten (Verteilung nach [2])

Breite	cm	200.0	gewählt		3 Ø 10
Verteilung	%	100.0	vorh A_s	cm ²	2.4
erf A_s	cm ²	2.2			

Vorhandene untere Bewehrung insgesamt: $\Sigma A_s = 2.4 > 2.2$ cm²

4.3.4. Gewählte Bewehrung in y-Richtung

Oben **B500A, gleichmäßig zu verteilen**
4 Ø 10 = 3.1 > 0.2 cm²

Unten (Verteilung nach [2])

Breite	cm	200.0	gewählt		3 Ø 10
Verteilung	%	100.0	vorh A_s	cm ²	2.4
erf A_s	cm ²	1.8			

Vorhandene untere Bewehrung insgesamt: $\Sigma A_s = 2.4 > 1.8$ cm²

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

4.4. Durchstanznachweis

4.4.1. Einwirkung im kritischen Rundschnitt

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

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

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

$\beta = 1 + \sqrt{\frac{(k_x M_{Ed,x} / V_{Ed} + u_{crit} / W_{crit,x})^2 + (k_y M_{Ed,y} / V_{Ed} + u_{crit} / W_{crit,y})^2}{1.10}}$

$W_{crit} = \int |e| dl$ mit dl : Differential des Umfangs

e : Abstand von dl zur Achse von M_{Ed}

Beiwert zur Ermittlung der Schubspannungen aus Momentenbeanspruchung

(nach [3], Tabelle 6.1)

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

Rechenwerte des kritischen Rundschnittes

LK	a_{crit} cm	a/d -	u_{crit} m	A_{crit} m ²	$W_{crit,x}$ m ²	$W_{crit,y}$ m ²	LK	a_{crit} cm	a/d -	u_{crit} m	A_{crit} m ²	$W_{crit,x}$ m ²	$W_{crit,y}$ m ²
1	30.2	0.41	4.30	1.370	1.8350	1.8350	9	28.3	0.38	4.18	1.291	1.7339	1.7339
2	30.2	0.41	4.30	1.370	1.8350	1.8350	10	28.3	0.38	4.18	1.291	1.7339	1.7339
3	30.2	0.41	4.30	1.370	1.8350	1.8350	11	28.7	0.38	4.20	1.307	1.7539	1.7539
4	30.2	0.41	4.30	1.370	1.8350	1.8350	12	28.7	0.38	4.20	1.307	1.7539	1.7539
5	28.3	0.38	4.18	1.291	1.7339	1.7339	13	27.9	0.38	4.16	1.276	1.7141	1.7141
6	28.3	0.38	4.18	1.291	1.7339	1.7339	14	27.9	0.38	4.16	1.276	1.7141	1.7141
7	28.7	0.38	4.20	1.307	1.7539	1.7539	15	28.3	0.38	4.18	1.291	1.7339	1.7339
8	28.7	0.38	4.20	1.307	1.7539	1.7539	16	28.3	0.38	4.18	1.291	1.7339	1.7339

LK	acrit cm	a/d -	ucrit m	Acrit m ²	Wcrit,x m ²	Wcrit,y m ²	LK	acrit cm	a/d -	ucrit m	Acrit m ²	Wcrit,x m ²	Wcrit,y m ²
17	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943	37	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943
18	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943	38	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943
19	28.7	0.38	4.20	1.307	1.7539	1.7539	39	27.9	0.38	4.16	1.276	1.7141	1.7141
20	28.7	0.38	4.20	1.307	1.7539	1.7539	40	27.9	0.38	4.16	1.276	1.7141	1.7141
21	31.7	0.43	4.39	1.435	1.9178	1.9178	41	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943
22	31.7	0.43	4.39	1.435	1.9178	1.9178	42	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943
23	31.7	0.43	4.39	1.435	1.9178	1.9178	43	26.8	0.36	4.09	1.230	1.6551	1.6551
24	31.7	0.43	4.39	1.435	1.9178	1.9178	44	26.8	0.36	4.09	1.230	1.6551	1.6551
25	27.2	0.37	4.11	1.245	1.6746	1.6746	45	28.3	0.38	4.18	1.291	1.7339	1.7339
26	27.2	0.37	4.11	1.245	1.6746	1.6746	46	28.3	0.38	4.18	1.291	1.7339	1.7339
27	27.9	0.38	4.16	1.276	1.7141	1.7141	47	29.1	0.39	4.23	1.323	1.7740	1.7740
28	27.9	0.38	4.16	1.276	1.7141	1.7141	48	29.1	0.39	4.23	1.323	1.7740	1.7740
29	29.1	0.39	4.23	1.323	1.7740	1.7740	49	28.3	0.38	4.18	1.291	1.7339	1.7339
30	29.1	0.39	4.23	1.323	1.7740	1.7740	50	28.3	0.38	4.18	1.291	1.7339	1.7339
31	30.2	0.41	4.30	1.370	1.8350	1.8350	51	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943
32	30.2	0.41	4.30	1.370	1.8350	1.8350	52	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943
33	27.2	0.37	4.11	1.245	1.6746	1.6746	53	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943
34	27.2	0.37	4.11	1.245	1.6746	1.6746	54	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943
35	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943	55	27.9	0.38	4.16	1.276	1.7141	1.7141
36	27.6	0.37	4.13	1.260	1.6943	1.6943	56	27.9	0.38	4.16	1.276	1.7141	1.7141

Maßgebende Schubspannung im kritischen Rundschnitt

LK	V _{Ed} kN	σ _{Ed,gd,m} kN/m ²	ΔV _{Ed} kN	M _{Ed,x,Sp} kNm	M _{Ed,y,Sp} kNm	β -	v _{Ed,crit} N/mm ²
1	153.51	38.42	52.64	2.31	-21.96	1.20	0.038
2	153.51	38.42	52.64	2.31	-21.96	1.20	0.038
3	207.24	51.86	71.05	3.15	-29.78	1.20	0.051
4	207.24	51.86	71.05	3.15	-29.78	1.20	0.051
5	228.51	57.18	73.83	3.50	-67.82	1.43	0.071
6	228.51	57.18	73.83	3.50	-67.82	1.43	0.071
7	282.24	70.62	92.29	4.36	-75.90	1.39	0.084
8	282.24	70.62	92.29	4.36	-75.90	1.39	0.084
9	153.51	38.42	49.61	43.89	-22.29	1.46	0.049
10	153.51	38.42	49.61	43.89	-22.29	1.46	0.049
11	207.24	51.86	67.77	45.12	-30.22	1.38	0.061
12	207.24	51.86	67.77	45.12	-30.22	1.38	0.061
13	228.51	57.17	72.93	45.63	-68.31	1.52	0.077
14	228.51	57.17	72.93	45.63	-68.31	1.52	0.077
15	282.24	70.62	91.19	46.90	-76.51	1.46	0.090
16	282.24	70.62	91.19	46.90	-76.51	1.46	0.090
17	153.51	38.42	48.42	2.33	59.53	1.57	0.054
18	153.51	38.42	48.42	2.33	59.53	1.57	0.054
19	207.24	51.86	67.77	3.18	51.88	1.36	0.061
20	207.24	51.86	67.77	3.18	51.88	1.36	0.061
21	228.51	57.18	82.04	3.50	14.24	1.10	0.049
22	228.51	57.18	82.04	3.50	14.24	1.10	0.049
23	282.24	70.62	101.33	4.36	6.41	1.10	0.061
24	282.24	70.62	101.33	4.36	6.41	1.10	0.061
25	153.51	38.17	47.52	43.89	59.44	1.71	0.059
26	153.51	38.17	47.52	43.89	59.44	1.71	0.059
27	207.24	51.86	66.15	45.12	51.76	1.48	0.068
28	207.24	51.86	66.15	45.12	51.76	1.48	0.068
29	228.51	57.18	75.62	45.63	13.75	1.30	0.063
30	228.51	57.18	75.62	45.63	13.75	1.30	0.063
31	282.24	70.62	96.76	46.90	5.80	1.24	0.072
32	282.24	70.62	96.76	46.90	5.80	1.24	0.072
33	153.51	38.33	47.71	71.59	-22.29	1.72	0.059
34	153.51	38.33	47.71	71.59	-22.29	1.72	0.059
35	207.24	51.85	65.35	73.08	-30.22	1.56	0.072
36	207.24	51.85	65.35	73.08	-30.22	1.56	0.072
37	228.51	56.71	71.47	73.70	-68.31	1.64	0.084
38	228.51	56.71	71.47	73.70	-68.31	1.64	0.084
39	282.24	70.44	89.86	75.23	-76.51	1.55	0.097
40	282.24	70.44	89.86	75.23	-76.51	1.55	0.097
41	153.51	33.11	41.72	2.33	113.99	2.09	0.076
42	153.51	33.11	41.72	2.33	113.99	2.09	0.076
43	207.24	51.59	63.44	3.18	106.51	1.76	0.083
44	207.24	51.59	63.44	3.18	106.51	1.76	0.083
45	228.51	57.18	73.83	3.53	68.61	1.43	0.071
46	228.51	57.18	73.83	3.53	68.61	1.43	0.071
47	282.24	70.62	93.40	4.40	60.87	1.31	0.079

LK	V _{Ed} kN	σ _{Ed,gd,m} kN/m ²	ΔV _{Ed} kN	M _{Ed,x,Sp} kNm	M _{Ed,y,Sp} kNm	β	v _{Ed,crit} N/mm ²
48	282.24	70.62	93.40	4.40	60.87	1.31	0.079
49	153.51	25.70	33.18	71.59	113.92	2.27	0.088
50	153.51	25.70	33.18	71.59	113.92	2.27	0.088
51	207.24	46.99	59.22	73.08	106.40	1.91	0.092
52	207.24	46.99	59.22	73.08	106.40	1.91	0.092
53	228.51	56.70	71.46	73.70	68.47	1.64	0.084
54	228.51	56.70	71.46	73.70	68.47	1.64	0.084
55	282.24	70.59	90.06	75.23	60.68	1.50	0.093
56	282.24	70.59	90.06	75.23	60.68	1.50	0.093

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

4.4.2. Durchstanzwiderstand im kritischen Rundschnitt

$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_{l,zug} f_{ck})^{1/3} 2 d/a \geq v_{min} 2 d/a$ [N/mm²]

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

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

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

$\rho_{l,zug} = \sqrt{(p_{lx,zug} p_{ly,zug})} \leq \rho_{l,zug,max}$

$v_{min} = 0.0525/\gamma_c k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$ für $d \leq 600$ mm

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

Mittlere statische Nutzhöhe

$d_m = (75 + 74)/2 = 74.5$ cm

Maßstabsfaktor

$k = 1 + \sqrt{200/745} = 1.52 < 2$

Längsbewehrungsgrad der verankerten Zugbewehrung

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

$a_{s,x,3d} = 2.4/2 = 1.18$ cm²/m

$a_{s,y,3d} = 2.4/2 = 1.18$ cm²/m

$\rho_{lx,zug} = 1.18/75 \cdot 10^{-2} = 0.00016$

$\rho_{ly,zug} = 1.18/74 \cdot 10^{-2} = 0.00016$

$\rho_{l,zug} = \sqrt{0.00016 \cdot 0.00016} = 0.00016$

Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung

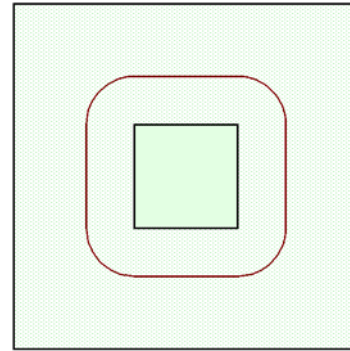
$C_{Rd,c} = 0.15/1.5 = 0.1$

$\rho_{l,zug,max} = \text{Minimum von } (0.02, 0.5 \cdot 14.17/434.78) = 0.0163 > 0.0002$

$v_{min} \cdot 2 \cdot d/a = 0.0416/1.5 \cdot 1.52^{3/2} \cdot 250^{0.5} \cdot 2 \cdot 74.5/27.9 = 1.384$ N/mm²

$v_{Rd,c} = 0.1 \cdot 1.52 \cdot (100 \cdot 0.00016 \cdot 25)^{1/3} \cdot 2 \cdot 74.5/27.9 = 0.595$ N/mm² < 1.384 N/mm² $\Rightarrow v_{Rd,c} = 1.384$ N/mm²

0.097 N/mm² < 1.384 N/mm² $\Rightarrow$ keine zusätzliche Bewehrung erforderlich



5. Äußere Standsicherheit - Nachweis der Tragfähigkeit (ULS)

5.1. Teilsicherheitsbeiwerte auf der Einwirkungsseite

Entsprechend [4] Tabelle A 2.1

5.2. Teilsicherheitsbeiwerte auf der Widerstandsseite

Entsprechend [4] Tabellen A 2.2 und A 2.3

5.3. Bemessungswerte Kippen (EQU)

Die Mobilisierung des Erdwiderstandes wird vernachlässigt.

5.3.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung	LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	BS-P	0.9 · Lf1	15	BS-P	0.9 · Lf1+1.5 · Lf2+0.6 · 1.5 · (Lf3+Lf4)
2	BS-P	1.1 · Lf1	16	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf2+0.6 · 1.5 · (Lf3+Lf4)
3	BS-P	0.9 · Lf1+1.5 · Lf2	17	BS-P	0.9 · Lf1+1.5 · Lf3
4	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf2	18	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf3
5	BS-P	0.9 · Lf1+0.6 · 1.5 · Lf3	19	BS-P	0.9 · Lf1+1.5 · (Lf2+Lf3)
6	BS-P	1.1 · Lf1+0.6 · 1.5 · Lf3	20	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · (Lf2+Lf3)
7	BS-P	0.9 · Lf1+1.5 · Lf2+0.6 · 1.5 · Lf3	21	BS-P	0.9 · Lf1+1.5 · Lf4
8	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf2+0.6 · 1.5 · Lf3	22	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf4
9	BS-P	0.9 · Lf1+0.6 · 1.5 · Lf4	23	BS-P	0.9 · Lf1+1.5 · (Lf2+Lf4)
10	BS-P	1.1 · Lf1+0.6 · 1.5 · Lf4	24	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · (Lf2+Lf4)
11	BS-P	0.9 · Lf1+1.5 · Lf2+0.6 · 1.5 · Lf4	25	BS-P	0.9 · Lf1+1.5 · (Lf3+Lf4)
12	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · Lf2+0.6 · 1.5 · Lf4	26	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · (Lf3+Lf4)
13	BS-P	0.9 · Lf1+0.6 · 1.5 · (Lf3+Lf4)	27	BS-P	0.9 · Lf1+1.5 · (Lf2+Lf3+Lf4)
14	BS-P	1.1 · Lf1+0.6 · 1.5 · (Lf3+Lf4)	28	BS-P	1.1 · Lf1+1.5 · (Lf2+Lf3+Lf4)

5.3.2. 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	138.16	0.00	-0.00	-0.00	19.80	7	213.16	0.00	13.50	40.50	64.80
2	168.86	0.00	-0.00	-0.00	24.20	8	243.86	0.00	13.50	40.50	69.20
3	213.16	0.00	-0.00	-0.00	64.80	9	138.16	27.00	-0.00	-0.00	-61.20
4	243.86	0.00	-0.00	-0.00	69.20	10	168.86	27.00	-0.00	-0.00	-56.80
5	138.16	0.00	13.50	40.50	19.80	11	213.16	27.00	-0.00	-0.00	-16.20
6	168.86	0.00	13.50	40.50	24.20	12	243.86	27.00	-0.00	-0.00	-11.80

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
13	138.16	27.00	13.50	40.50	-61.20
14	168.86	27.00	13.50	40.50	-56.80
15	213.16	27.00	13.50	40.50	-16.20
16	243.86	27.00	13.50	40.50	-11.80
17	138.16	0.00	22.50	67.50	19.80
18	168.86	0.00	22.50	67.50	24.20
19	213.16	0.00	22.50	67.50	64.80
20	243.86	0.00	22.50	67.50	69.20

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
21	138.16	45.00	-0.00	-0.00	-115.20
22	168.86	45.00	-0.00	-0.00	-110.80
23	213.16	45.00	-0.00	-0.00	-70.20
24	243.86	45.00	-0.00	-0.00	-65.80
25	138.16	45.00	22.50	67.50	-115.20
26	168.86	45.00	22.50	67.50	-110.80
27	213.16	45.00	22.50	67.50	-70.20
28	243.86	45.00	22.50	67.50	-65.80

5.4. Nachweis gegen Kippen (EQU)

LK	Massgebende Kante	M _{dst} kNm	M _{stb} kNm	μ
1	---	0.00	190.36	0.00
2	---	0.00	232.66	0.00
3	---	0.00	220.36	0.00
4	---	0.00	262.66	0.00
5	x (unten)	51.30	210.16	0.24
6	x (unten)	51.30	256.86	0.20
7	x (unten)	51.30	285.16	0.18
8	x (unten)	51.30	331.86	0.15
9	y (rechts)	102.60	229.96	0.45
10	y (rechts)	102.60	281.06	0.37
11	y (rechts)	102.60	349.96	0.29
12	y (rechts)	102.60	401.06	0.26
13	y (rechts)	102.60	229.96	0.45
14	y (rechts)	102.60	281.06	0.37

LK	Massgebende Kante	M _{dst} kNm	M _{stb} kNm	μ
15	y (rechts)	102.60	349.96	0.29
16	y (rechts)	102.60	401.06	0.26
17	x (unten)	85.50	210.16	0.41
18	x (unten)	85.50	256.86	0.33
19	x (unten)	85.50	285.16	0.30
20	x (unten)	85.50	331.86	0.26
21	y (rechts)	171.00	229.96	0.74
22	y (rechts)	171.00	281.06	0.61
23	y (rechts)	171.00	349.96	0.49
24	y (rechts)	171.00	401.06	0.43
25	y (rechts)	171.00	229.96	0.74
26	y (rechts)	171.00	281.06	0.61
27	y (rechts)	171.00	349.96	0.49
28	y (rechts)	171.00	401.06	0.43

$\mu_{\max} = 0.74 < 1.0 \Rightarrow$ Der Nachweis gegen Kippen ist erfüllt

5.5. Bemessungswerte Grundbruch (GEO-2)

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

5.5.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	BS-P	Lf1
2	BS-P	1.35·Lf1
3	BS-P	Lf1+1.5·Lf2
4	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf2
5	BS-P	Lf1+0.6·1.5·Lf3
6	BS-P	1.35·Lf1+0.6·1.5·Lf3
7	BS-P	Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf3
8	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf3
9	BS-P	Lf1+0.6·1.5·Lf4
10	BS-P	1.35·Lf1+0.6·1.5·Lf4
11	BS-P	Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf4
12	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf4
13	BS-P	Lf1+0.6·1.5·(Lf3+Lf4)
14	BS-P	1.35·Lf1+0.6·1.5·(Lf3+Lf4)

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
15	BS-P	Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·(Lf3+Lf4)
16	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·(Lf3+Lf4)
17	BS-P	Lf1+1.5·Lf3
18	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf3
19	BS-P	Lf1+1.5·(Lf2+Lf3)
20	BS-P	1.35·Lf1+1.5·(Lf2+Lf3)
21	BS-P	Lf1+1.5·Lf4
22	BS-P	1.35·Lf1+1.5·Lf4
23	BS-P	Lf1+1.5·(Lf2+Lf4)
24	BS-P	1.35·Lf1+1.5·(Lf2+Lf4)
25	BS-P	Lf1+1.5·(Lf3+Lf4)
26	BS-P	1.35·Lf1+1.5·(Lf3+Lf4)
27	BS-P	Lf1+1.5·(Lf2+Lf3+Lf4)
28	BS-P	1.35·Lf1+1.5·(Lf2+Lf3+Lf4)

5.5.2. 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	153.51	0.00	-0.00	-0.00	22.00
2	207.24	0.00	-0.00	-0.00	29.70
3	228.51	0.00	-0.00	-0.00	67.00
4	282.24	0.00	-0.00	-0.00	74.70
5	153.51	0.00	13.50	40.50	22.00
6	207.24	0.00	13.50	40.50	29.70
7	228.51	0.00	13.50	40.50	67.00
8	282.24	0.00	13.50	40.50	74.70
9	153.51	27.00	-0.00	-0.00	-59.00
10	207.24	27.00	-0.00	-0.00	-51.30
11	228.51	27.00	-0.00	-0.00	-14.00
12	282.24	27.00	-0.00	-0.00	-6.30
13	153.51	27.00	13.50	40.50	-59.00
14	207.24	27.00	13.50	40.50	-51.30

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
15	228.51	27.00	13.50	40.50	-14.00
16	282.24	27.00	13.50	40.50	-6.30
17	153.51	0.00	22.50	67.50	22.00
18	207.24	0.00	22.50	67.50	29.70
19	228.51	0.00	22.50	67.50	67.00
20	282.24	0.00	22.50	67.50	74.70
21	153.51	45.00	-0.00	-0.00	-113.00
22	207.24	45.00	-0.00	-0.00	-105.30
23	228.51	45.00	-0.00	-0.00	-68.00
24	282.24	45.00	-0.00	-0.00	-60.30
25	153.51	45.00	22.50	67.50	-113.00
26	207.24	45.00	22.50	67.50	-105.30
27	228.51	45.00	22.50	67.50	-68.00
28	282.24	45.00	22.50	67.50	-60.30

Zugehörige charakteristische Werte

LK	N _{St,k} kN	H _{x,St,k} kN	H _{y,St,k} kN	M _{x,St,k} kNm	M _{y,St,k} kNm	LK	N _{St,k} kN	H _{x,St,k} kN	H _{y,St,k} kN	M _{x,St,k} kNm	M _{y,St,k} kNm
1	153.51	0.00	-0.00	-0.00	22.00	15	203.51	30.00	15.00	45.00	-38.00
2	153.51	0.00	-0.00	-0.00	22.00	16	203.51	30.00	15.00	45.00	-38.00
3	203.51	0.00	-0.00	-0.00	52.00	17	153.51	0.00	15.00	45.00	22.00
4	203.51	0.00	-0.00	-0.00	52.00	18	153.51	0.00	15.00	45.00	22.00
5	153.51	0.00	15.00	45.00	22.00	19	203.51	0.00	15.00	45.00	52.00
6	153.51	0.00	15.00	45.00	22.00	20	203.51	0.00	15.00	45.00	52.00
7	203.51	0.00	15.00	45.00	52.00	21	153.51	30.00	-0.00	-0.00	-68.00
8	203.51	0.00	15.00	45.00	52.00	22	153.51	30.00	-0.00	-0.00	-68.00
9	153.51	30.00	-0.00	-0.00	-68.00	23	203.51	30.00	-0.00	-0.00	-38.00
10	153.51	30.00	-0.00	-0.00	-68.00	24	203.51	30.00	-0.00	-0.00	-38.00
11	203.51	30.00	-0.00	-0.00	-38.00	25	153.51	30.00	15.00	45.00	-68.00
12	203.51	30.00	-0.00	-0.00	-38.00	26	153.51	30.00	15.00	45.00	-68.00
13	153.51	30.00	15.00	45.00	-68.00	27	203.51	30.00	15.00	45.00	-38.00
14	153.51	30.00	15.00	45.00	-68.00	28	203.51	30.00	15.00	45.00	-38.00

5.6. Nachweis der Grundbruchsicherheit

5.6.1. Belastung und Ersatzabmessungen

LK	N _{0,k} kN	M _{0,x,k} kNm	M _{0,y,k} kNm	a' m	b' m	H _{a',k} kN	H _{b',k} kN
1	233.51	-0.00	22.00	2.00	1.81	0.00	0.00
2	233.51	-0.00	22.00	2.00	1.81	0.00	0.00
3	283.51	-0.00	52.00	2.00	1.63	0.00	0.00
4	283.51	-0.00	52.00	2.00	1.63	0.00	0.00
5	233.51	53.00	22.00	1.81	1.55	0.00	0.00
6	233.51	53.00	22.00	1.81	1.55	0.00	0.00
7	283.51	53.00	52.00	1.63	1.63	0.00	0.00
8	283.51	53.00	52.00	1.63	1.63	0.00	0.00
9	233.51	-0.00	-84.00	2.00	1.28	0.00	0.00
10	233.51	-0.00	-84.00	2.00	1.28	0.00	0.00
11	283.51	-0.00	-54.00	2.00	1.62	0.00	0.00
12	283.51	-0.00	-54.00	2.00	1.62	0.00	0.00
13	233.51	53.00	-84.00	1.55	1.28	0.00	0.00
14	233.51	53.00	-84.00	1.55	1.28	0.00	0.00
15	283.51	53.00	-54.00	1.63	1.62	0.00	0.00
16	283.51	53.00	-54.00	1.63	1.62	0.00	0.00
17	233.51	53.00	22.00	1.81	1.55	0.00	0.00
18	233.51	53.00	22.00	1.81	1.55	0.00	0.00
19	283.51	53.00	52.00	1.63	1.63	0.00	0.00
20	283.51	53.00	52.00	1.63	1.63	0.00	0.00
21	233.51	-0.00	-84.00	2.00	1.28	0.00	0.00
22	233.51	-0.00	-84.00	2.00	1.28	0.00	0.00
23	283.51	-0.00	-54.00	2.00	1.62	0.00	0.00
24	283.51	-0.00	-54.00	2.00	1.62	0.00	0.00
25	233.51	53.00	-84.00	1.55	1.28	0.00	0.00
26	233.51	53.00	-84.00	1.55	1.28	0.00	0.00
27	283.51	53.00	-54.00	1.63	1.62	0.00	0.00
28	283.51	53.00	-54.00	1.63	1.62	0.00	0.00

5.6.2. 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	---	3.14	15.33	32.50	---
2	19.00	32.50	---	3.14	15.33	32.50	---
3	19.00	32.50	---	2.83	15.81	32.50	---
4	19.00	32.50	---	2.83	15.81	32.50	---
5	19.00	32.50	---	2.68	16.08	32.50	---
6	19.00	32.50	---	2.68	16.08	32.50	---
7	19.00	32.50	---	2.82	15.83	32.50	---
8	19.00	32.50	---	2.82	15.83	32.50	---
9	19.00	32.50	---	2.22	17.13	32.50	---
10	19.00	32.50	---	2.22	17.13	32.50	---
11	19.00	32.50	---	2.80	15.85	32.50	---
12	19.00	32.50	---	2.80	15.85	32.50	---
13	19.00	32.50	---	2.22	17.13	32.50	---
14	19.00	32.50	---	2.22	17.13	32.50	---
15	19.00	32.50	---	2.80	15.85	32.50	---
16	19.00	32.50	---	2.80	15.85	32.50	---

LK	γ_1 kN/m ³	ϕ_1 °	c1 kN/m ²	d _s m	γ_2 kN/m ³	ϕ_2 °	c2 kN/m ²
17	19.00	32.50	---	2.68	16.08	32.50	---
18	19.00	32.50	---	2.68	16.08	32.50	---
19	19.00	32.50	---	2.82	15.83	32.50	---
20	19.00	32.50	---	2.82	15.83	32.50	---
21	19.00	32.50	---	2.22	17.13	32.50	---
22	19.00	32.50	---	2.22	17.13	32.50	---
23	19.00	32.50	---	2.80	15.85	32.50	---
24	19.00	32.50	---	2.80	15.85	32.50	---
25	19.00	32.50	---	2.22	17.13	32.50	---
26	19.00	32.50	---	2.22	17.13	32.50	---
27	19.00	32.50	---	2.80	15.85	32.50	---
28	19.00	32.50	---	2.80	15.85	32.50	---

5.6.3. 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	---	0.728	1.487	---	1.000	1.000	---
2	15.03	24.58	---	0.728	1.487	---	1.000	1.000	---
3	15.03	24.58	---	0.755	1.439	---	1.000	1.000	---
4	15.03	24.58	---	0.755	1.439	---	1.000	1.000	---
5	15.03	24.58	---	0.744	1.459	---	1.000	1.000	---
6	15.03	24.58	---	0.744	1.459	---	1.000	1.000	---
7	15.03	24.58	---	0.701	1.535	---	1.000	1.000	---
8	15.03	24.58	---	0.701	1.535	---	1.000	1.000	---
9	15.03	24.58	---	0.808	1.344	---	1.000	1.000	---
10	15.03	24.58	---	0.808	1.344	---	1.000	1.000	---
11	15.03	24.58	---	0.757	1.435	---	1.000	1.000	---
12	15.03	24.58	---	0.757	1.435	---	1.000	1.000	---
13	15.03	24.58	---	0.752	1.445	---	1.000	1.000	---
14	15.03	24.58	---	0.752	1.445	---	1.000	1.000	---
15	15.03	24.58	---	0.701	1.535	---	1.000	1.000	---
16	15.03	24.58	---	0.701	1.535	---	1.000	1.000	---
17	15.03	24.58	---	0.744	1.459	---	1.000	1.000	---
18	15.03	24.58	---	0.744	1.459	---	1.000	1.000	---
19	15.03	24.58	---	0.701	1.535	---	1.000	1.000	---
20	15.03	24.58	---	0.701	1.535	---	1.000	1.000	---
21	15.03	24.58	---	0.808	1.344	---	1.000	1.000	---
22	15.03	24.58	---	0.808	1.344	---	1.000	1.000	---
23	15.03	24.58	---	0.757	1.435	---	1.000	1.000	---
24	15.03	24.58	---	0.757	1.435	---	1.000	1.000	---
25	15.03	24.58	---	0.752	1.445	---	1.000	1.000	---
26	15.03	24.58	---	0.752	1.445	---	1.000	1.000	---
27	15.03	24.58	---	0.701	1.535	---	1.000	1.000	---
28	15.03	24.58	---	0.701	1.535	---	1.000	1.000	---

5.6.4. 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	3114.09	1.40	2224.35	233.51	0.10	15	2222.01	1.40	1587.15	308.51	0.19
2	3114.09	1.40	2224.35	315.24	0.14	16	2222.01	1.40	1587.15	390.24	0.25
3	2712.68	1.40	1937.63	308.51	0.16	17	2304.76	1.40	1646.26	233.51	0.14
4	2712.68	1.40	1937.63	390.24	0.20	18	2304.76	1.40	1646.26	315.24	0.19
5	2304.76	1.40	1646.26	233.51	0.14	19	2243.55	1.40	1602.53	308.51	0.19
6	2304.76	1.40	1646.26	315.24	0.19	20	2243.55	1.40	1602.53	390.24	0.24
7	2243.55	1.40	1602.53	308.51	0.19	21	1968.26	1.40	1405.90	233.51	0.17
8	2243.55	1.40	1602.53	390.24	0.24	22	1968.26	1.40	1405.90	315.24	0.22
9	1968.26	1.40	1405.90	233.51	0.17	23	2681.60	1.40	1915.43	308.51	0.16
10	1968.26	1.40	1405.90	315.24	0.22	24	2681.60	1.40	1915.43	390.24	0.20
11	2681.60	1.40	1915.43	308.51	0.16	25	1559.45	1.40	1113.89	233.51	0.21
12	2681.60	1.40	1915.43	390.24	0.20	26	1559.45	1.40	1113.89	315.24	0.28
13	1559.45	1.40	1113.89	233.51	0.21	27	2222.01	1.40	1587.15	308.51	0.19
14	1559.45	1.40	1113.89	315.24	0.28	28	2222.01	1.40	1587.15	390.24	0.25

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

5.7. Bemessungswerte Gleiten (GEO-2)

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

Bemessungswerte der eingeleiteten Lasten siehe Grundbruch.

5.8. 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 $\mu = (R_{t,d} + E_{p,d}) / H_{Res,d}$

Sohlreibungswinkel (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	233.51	---	1.10	1.40	---	---	0.00	---
2	233.51	---	1.10	1.40	---	---	0.00	---
3	283.51	---	1.10	1.40	---	---	0.00	---
4	283.51	---	1.10	1.40	---	---	0.00	---
5	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	9.64	13.50	0.09
6	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	9.64	13.50	0.09
7	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	9.64	13.50	0.08
8	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	9.64	13.50	0.08
9	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	19.29	27.00	0.17
10	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	19.29	27.00	0.17
11	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	19.29	27.00	0.15
12	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	19.29	27.00	0.15
13	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	21.56	30.19	0.19
14	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	21.56	30.19	0.19
15	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	21.56	30.19	0.16
16	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	21.56	30.19	0.16
17	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	16.07	22.50	0.15
18	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	16.07	22.50	0.15
19	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	16.07	22.50	0.12
20	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	16.07	22.50	0.12
21	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	32.14	45.00	0.27
22	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	32.14	45.00	0.27
23	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	32.14	45.00	0.23
24	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	32.14	45.00	0.23
25	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	35.94	50.31	0.29
26	233.51	148.76	1.10	1.40	135.24	35.94	50.31	0.29
27	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	35.94	50.31	0.25
28	283.51	180.62	1.10	1.40	164.20	35.94	50.31	0.25

$\mu_{max} = 0.29 < 1.0 \Rightarrow$ Gleitwiderstand ausreichend

6. Äußere Standsicherheit - Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)

6.1. Bemessungswerte Begrenzung der klaffenden Fuge unter ständiger Last

Die Mobilisierung des Erdwiderstandes wird vernachlässigt.

6.1.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Faktorisierung
1	Lf1

6.1.2. 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	153.51	0.00	-0.00	-0.00	22.00

6.2. Begrenzung der klaffenden Fuge unter ständiger Last

Schnittgrößen im Schwerpunkt der Fundamentsohle: $N_{0,k} = 233.51$ kN

$M_{0,x,k} = -0.00$ kNm

$M_{0,y,k} = 22.00$ kNm

Exzentrizität der Resultierenden: $e_x = 0.09$ m

$e_y = -0.00$ m

$e_x/b_x + e_y/b_y = 0.05 < 1/6$

$\Rightarrow$ die Resultierende befindet sich in der 1. Kernfläche

d.h. es entsteht keine klaffende Fuge infolge ständiger Last.

6.3. Bemessungswerte Begrenzung der klaffenden Fuge unter Gesamtlast

Die Mobilisierung des Erdwiderstandes wird vernachlässigt.

6.3.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Faktorisierung	LK	Faktorisierung
1	Lf1	5	Lf1+Lf4
2	Lf1+Lf2	6	Lf1+Lf2+Lf4
3	Lf1+Lf3	7	Lf1+Lf3+Lf4
4	Lf1+Lf2+Lf3	8	Lf1+Lf2+Lf3+Lf4

6.3.2. 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	153.51	0.00	-0.00	-0.00	22.00	5	153.51	30.00	-0.00	-0.00	-68.00
2	203.51	0.00	-0.00	-0.00	52.00	6	203.51	30.00	-0.00	-0.00	-38.00
3	153.51	0.00	15.00	45.00	22.00	7	153.51	30.00	15.00	45.00	-68.00
4	203.51	0.00	15.00	45.00	52.00	8	203.51	30.00	15.00	45.00	-38.00

6.4. 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	233.51	-0.00	22.00	0.09	-0.00	0.002
2	283.51	-0.00	52.00	0.18	-0.00	0.008
3	233.51	57.00	22.00	0.09	0.24	0.017
4	283.51	57.00	52.00	0.18	0.20	0.019
5	233.51	-0.00	-92.00	-0.39	-0.00	0.039
6	283.51	-0.00	-62.00	-0.22	-0.00	0.012
7	233.51	57.00	-92.00	-0.39	0.24	0.054
8	283.51	57.00	-62.00	-0.22	0.20	0.022

$$((e_x/b_x)^2 + (e_y/b_y)^2)_{\max} = 0.054 < 1/9$$

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

6.5. 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	233.51	---	1.10	---	0.00	---
2	233.51	---	1.10	---	0.00	---
3	283.51	---	1.10	---	0.00	---
4	283.51	---	1.10	---	0.00	---
5	233.51	148.76	1.10	135.24	13.50	0.10
6	233.51	148.76	1.10	135.24	13.50	0.10
7	283.51	180.62	1.10	164.20	13.50	0.08
8	283.51	180.62	1.10	164.20	13.50	0.08
9	233.51	148.76	1.10	135.24	27.00	0.20
10	233.51	148.76	1.10	135.24	27.00	0.20
11	283.51	180.62	1.10	164.20	27.00	0.16
12	283.51	180.62	1.10	164.20	27.00	0.16
13	233.51	148.76	1.10	135.24	30.19	0.22
14	233.51	148.76	1.10	135.24	30.19	0.22
15	283.51	180.62	1.10	164.20	30.19	0.18
16	283.51	180.62	1.10	164.20	30.19	0.18
17	233.51	148.76	1.10	135.24	22.50	0.17
18	233.51	148.76	1.10	135.24	22.50	0.17
19	283.51	180.62	1.10	164.20	22.50	0.14
20	283.51	180.62	1.10	164.20	22.50	0.14
21	233.51	148.76	1.10	135.24	45.00	0.33
22	233.51	148.76	1.10	135.24	45.00	0.33
23	283.51	180.62	1.10	164.20	45.00	0.27
24	283.51	180.62	1.10	164.20	45.00	0.27
25	233.51	148.76	1.10	135.24	50.31	0.37
26	233.51	148.76	1.10	135.24	50.31	0.37
27	283.51	180.62	1.10	164.20	50.31	0.31
28	283.51	180.62	1.10	164.20	50.31	0.31

$$\mu_{\max} = 0.37 < 1.0 \Rightarrow \text{Nachweis gegen Verschiebung in der Sohlfläche erfüllt}$$

6.6. Bemessungswerte Setzung

Die Mobilisierung des Erdwiderstandes wird vernachlässigt.

6.6.1. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Faktorisierung	LK	Faktorisierung
1	Lf1	5	Lf1+Lf4
2	Lf1+Lf2	6	Lf1+Lf2+Lf4
3	Lf1+Lf3	7	Lf1+Lf3+Lf4
4	Lf1+Lf2+Lf3	8	Lf1+Lf2+Lf3+Lf4

6.6.2. 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	153.51	0.00	-0.00	-0.00	22.00	5	153.51	30.00	-0.00	-0.00	-68.00
2	203.51	0.00	-0.00	-0.00	52.00	6	203.51	30.00	-0.00	-0.00	-38.00
3	153.51	0.00	15.00	45.00	22.00	7	153.51	30.00	15.00	45.00	-68.00
4	203.51	0.00	15.00	45.00	52.00	8	203.51	30.00	15.00	45.00	-38.00

6.7. Setzungen

Ermittlung der Setzung unter Anwendung geschlossener Formeln entsprechend [6]

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

Zulässige Schiefstellung um die x-Achse $z_{ul} \ \alpha_x = 0.5^\circ$

Zulässige Schiefstellung um die y-Achse $z_{ul} \ \alpha_y = 0.5^\circ$

6.7.1. Ermittlung von setzungserzeugender Sohlspannung und Grenztiefe

Mittlere setzungserzeugende Sohlspannung $\sigma_0' = \sigma_0 - \sigma_a$, wenn $2 \cdot \sigma_a > \sigma_0$ 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	N _{0,k} kN	M _{0,x,k} kNm	M _{0,y,k} kNm	σ_0 kN/m ²	σ_0' kN/m ²	d_s m
1	233.51	-0.00	22.00	58.38	43.18	1.99
2	283.51	-0.00	52.00	70.88	55.68	2.35
3	233.51	57.00	22.00	58.38	43.18	1.99
4	283.51	57.00	52.00	70.88	55.68	2.35
5	233.51	-0.00	-92.00	58.38	43.18	1.99
6	283.51	-0.00	-62.00	70.88	55.68	2.35
7	233.51	57.00	-92.00	58.38	43.18	1.99
8	283.51	57.00	-62.00	70.88	55.68	2.35

6.7.2. 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:	Kote	z	f	f_x	f_y	S_m	S_x	S_y
$\sigma_0' = 43.18 \text{ kN/m}^2$	m	m	-	-	-	cm	cm	cm
$M_{0,x} = -0.00 \text{ kNm}$	2.50	1.70	0.450	3.422	3.422	0.39	0.09	-0.00
$M_{0,y} = 22.00 \text{ kNm}$	2.79	1.99	0.487	3.613	3.613	0.03	0.01	-0.00

LK 2:	Kote	z	f	f_x	f_y	S_m	S_x	S_y
$\sigma_0' = 55.68 \text{ kN/m}^2$	m	m	-	-	-	cm	cm	cm
$M_{0,x} = -0.00 \text{ kNm}$	2.50	1.70	0.450	3.422	3.422	0.50	0.22	-0.00
$M_{0,y} = 52.00 \text{ kNm}$	3.15	2.35	0.526	3.667	3.667	0.08	0.02	-0.00

LK 3:	Kote	z	f	f_x	f_y	S_m	S_x	S_y
$\sigma_0' = 43.18 \text{ kN/m}^2$	m	m	-	-	-	cm	cm	cm
$M_{0,x} = 57.00 \text{ kNm}$	2.50	1.70	0.450	3.422	3.422	0.39	0.09	0.24
$M_{0,y} = 22.00 \text{ kNm}$	2.79	1.99	0.487	3.613	3.613	0.03	0.01	0.01

LK 4:	Kote	z	f	f_x	f_y	S_m	S_x	S_y
$\sigma_0' = 55.68 \text{ kN/m}^2$	m	m	-	-	-	cm	cm	cm
$M_{0,x} = 57.00 \text{ kNm}$	2.50	1.70	0.450	3.422	3.422	0.50	0.22	0.24
$M_{0,y} = 52.00 \text{ kNm}$	3.15	2.35	0.526	3.667	3.667	0.08	0.02	0.02

LK 5:	Kote	z	f	f_x	f_y	S_m	S_x	S_y
$\sigma_0' = 43.18 \text{ kN/m}^2$	m	m	-	-	-	cm	cm	cm
$M_{0,x} = -0.00 \text{ kNm}$	2.50	1.70	0.450	3.422	3.422	0.39	-0.39	-0.00
$M_{0,y} = -92.00 \text{ kNm}$	2.79	1.99	0.487	3.613	3.613	0.03	-0.02	-0.00

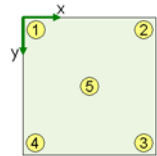
LK 6: $\sigma_0' = 55.68 \text{ kN/m}^2$ $M_{0,x} = -0.00 \text{ kNm}$ $M_{0,y} = -62.00 \text{ kNm}$	Kote m	z m	f -	f_x -	f_y -	S_m cm	S_x cm	S_y cm
	2.50	1.70	0.450	3.422	3.422	0.50	-0.27	-0.00
	3.15	2.35	0.526	3.667	3.667	0.08	-0.02	-0.00

LK 7: $\sigma_0' = 43.18 \text{ kN/m}^2$ $M_{0,x} = 57.00 \text{ kNm}$ $M_{0,y} = -92.00 \text{ kNm}$	Kote m	z m	f -	f_x -	f_y -	S_m cm	S_x cm	S_y cm
	2.50	1.70	0.450	3.422	3.422	0.39	-0.39	0.24
	2.79	1.99	0.487	3.613	3.613	0.03	-0.02	0.01

LK 8: $\sigma_0' = 55.68 \text{ kN/m}^2$ $M_{0,x} = 57.00 \text{ kNm}$ $M_{0,y} = -62.00 \text{ kNm}$	Kote m	z m	f -	f_x -	f_y -	S_m cm	S_x cm	S_y cm
	2.50	1.70	0.450	3.422	3.422	0.50	-0.27	0.24
	3.15	2.35	0.526	3.667	3.667	0.08	-0.02	0.02

6.7.3. Resultierende Setzungen und Schiefstellung je LK

$s_1 = \Sigma(s_{m,i} + s_{x,i} - s_{y,i})$
 $s_2 = \Sigma(s_{m,i} - s_{x,i} - s_{y,i})$
 $s_3 = \Sigma(s_{m,i} - s_{x,i} + s_{y,i})$
 $s_4 = \Sigma(s_{m,i} + s_{x,i} + s_{y,i})$
 $s_5 = \Sigma s_{m,i}$
 $\tan \alpha_x = 2 \cdot \Sigma s_{y,i} / b_y$
 $\tan \alpha_y = 2 \cdot \Sigma s_{x,i} / b_x$



LK	S1 cm	S2 cm	S3 cm	S4 cm	S5 cm	Smax cm	α_x °	α_y °
1	0.5	0.3	0.3	0.5	0.4	0.5	-0.0	0.1
2	0.8	0.3	0.3	0.8	0.6	0.8	-0.0	0.1
3	0.3	0.1	0.6	0.8	0.4	0.8	0.1	0.1
4	0.6	0.1	0.6	1.1	0.6	1.1	0.1	0.1
5	0.0	0.8	0.8	0.0	0.4	0.8	-0.0	-0.2
6	0.3	0.9	0.9	0.3	0.6	0.9	-0.0	-0.2
7	-0.3	0.6	1.1	0.3	0.4	1.1	0.1	-0.2
8	0.0	0.6	1.1	0.6	0.6	1.1	0.1	-0.2

$\max s_{\max} = 1.1 < 5.0 \text{ cm}$
 $\max |\alpha_x| = 0.1^\circ < 0.5^\circ$
 $\max |\alpha_y| = 0.2^\circ < 0.5^\circ$

⇒ zulässige Setzung und Schiefstellung eingehalten

M_{dst} - destabilisierendes Moment
 M_{stb} - stabilisierendes Moment
 N_0 - Normalkraft in Sohlfuge
 M_0 - Momentenbelastung im Schwerpunkt der Sohlfuge
 a'/b' - Ersatzbreiten infolge exzent. Belastung mit $a' > b'$
 H_a/H_b - Horizontallasten in Richtung der entspr. Breiten
 t - Einbindetiefe
 σ_0 - mittlere Sohlnormalspannung
 σ_B - Bodenspannungen aus Bauwerkslasten
 σ_0 - Überlagerungsspannungen aus Eigenlast des Bodens
 d_s - Grenztiefe bzw. Dicke der zusammendrückbaren Schicht unter der Fundamentsohle
 z - Tiefe ab Fundamentunterkante

7. Drehfeder des Systems Fundament-Baugrund

Ermittlung der Drehfederkonstante mit Hilfe des Bettungsmoduls.

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

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

Abschätzung des Bettungsmoduls 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 $\kappa = 1$

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

$$\text{Formfaktor } f = 0.45$$

$$\text{Bettungsmodul } k_s = 11111.11 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Trägheitsmoment } I_x / I_y = 1.33 / 1.33 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Drehfeder um die x-Achse } c_{v,x} = 14814.81 \text{ kNm}$$

$$\text{Drehfeder um die y-Achse } c_{v,y} = 14814.81 \text{ kNm}$$

8. Zusammenfassung Fundamentbemessung

Alle geführten Nachweise und Bemessungen konnten erfolgreich durchgeführt werden.

Längsbewehrung x-Richtung (oben)	vorh $A_{so,x}$	= 3.1 cm ²
Längsbewehrung x-Richtung (unten)	vorh $A_{su,x}$	= 2.4 cm ²
Längsbewehrung y-Richtung (oben)	vorh $A_{so,y}$	= 3.1 cm ²
Längsbewehrung y-Richtung (unten)	vorh $A_{su,y}$	= 2.4 cm ²
Kippen	μ_{max}	= 0.74
Grundbruch	μ_{max}	= 0.28
Gleiten	μ_{max}	= 0.29
Klaffende Fuge unter ständiger Last	μ_{vorh}	= 0.28
Klaffende Fuge unter Gesamtlast	μ_{max}	= 0.48
Verschiebung in der Sohlfläche	μ_{max}	= 0.37
Setzung	s_{max}	= 1.1 < 5.0 cm
Schiefstellung (um x-Achse)	$\alpha_{max,x}$	= 0.1 < 0.5 °
Schiefstellung (um y-Achse)	$\alpha_{max,y}$	= 0.2 < 0.5 °
Drehfeder (um die x-Achse)	$C_{v,x}$	= 14815 kNm
Drehfeder (um die y-Achse)	$C_{v,y}$	= 14815 kNm

Literatur und Normen:

- [1] DIN 4085: Baugrund, Berechnung des Erddrucks, August 2017
- [2] DAfStb Heft 240: Hilfsmittel zur Berechnung der Schnittgr. und Formänderungen von Stahlbetontragwerken, Beuth, 3.Aufl., 1991
- [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.: Maschinengrundamente, Betonkalender 1973, Teil 2, Ernst & Sohn