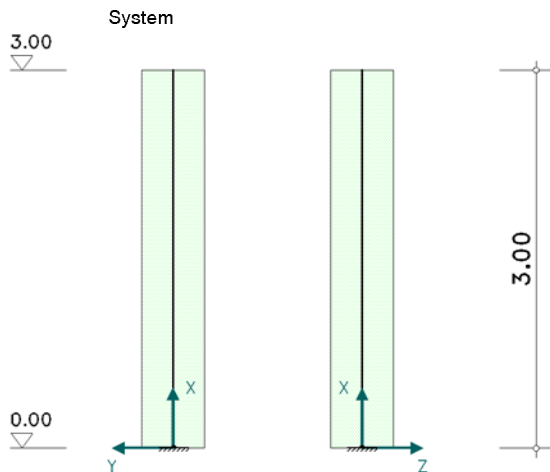


Stahlbetonstütze

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



Betonfestigkeitsklasse C20/25
Betonstahlsorte BSt 500 (A)

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

Grundwert der Längsbewehrung

$A_{s1,0} = 49.26 \text{ cm}^2$ (32 \varnothing 14 gleichm. verteilt)

Bewehrungsführung

$c_v = 3.0 \text{ cm}$

$\varnothing_w = 1.0 \text{ cm}$

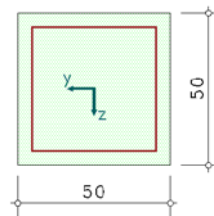
Achsabstand der Längsbewehrung

$d_s = 4.7 \text{ cm}$

Maximal zulässiger Bewehrungsgrad

$\max \rho_1 = 9.00 \%$

Querschnitt, Maßstab 1:25



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

1: Eigengewicht

ständige Lasten

additiv

2: Nutzlast

2: Nutzlasten

veränderliche Nutzlasten in Wohn-, Büroräumen

additiv

9: Wind

3: Wind-Y

veränderliche Windlasten

4: Wind-Z

alternativ in Gruppe A

alternativ in Gruppe A

11: Sonderlasten

5: Anprall

Sonderlast für außergewöhnliche Bemessungssituation

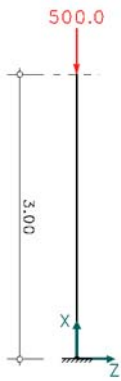
alternativ in Gruppe B

1.2. Tabelle der Lastbilder

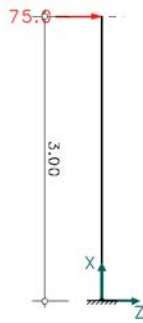
Lastf.	Lastbild	Einleitung	Richtung	Wert	Einheit
1	Punktlast	Kopf	N	500.00	kN
2	Punktlast	Kopf	Q_y	50.00	kN
			N	200.00	kN
			Q_z	75.00	kN
3	Punktlast	Kopf	Q_y	75.00	kN
4	Punktlast	Kopf	Q_z	75.00	kN
5	Punktlast	$h = 1.00 \text{ m}$	Q_z	150.00	kN

1.2.1. Grafiken der Punktlasten

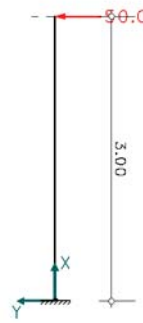
Lastfall 1 (Bild 1)



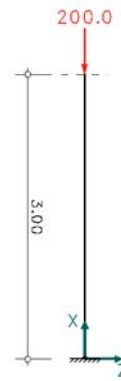
Lastfall 2 (Bild 2)



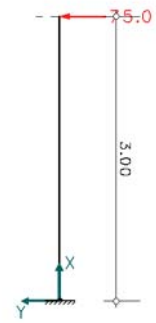
Lastfall 2 (Bild 3)



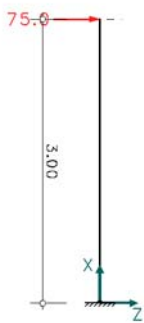
Lastfall 2 (Bild 4)



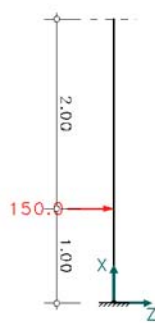
Lastfall 3 (Bild 5)



Lastfall 4 (Bild 6)



Lastfall 5 (Bild 7)



1.3. Eigengewicht der Stütze

Das Gewicht der Stütze wird mit 25.00 kN/m³ im Lastfall 1 berücksichtigt.

2. Stahlbetonbemessung - Nachweis der Tragfähigkeit nach Th.I.O

2.1. Nachweisparameter Biege- und Schubbemessung

Beton: C20/25

Verformungsberechnungen mit Kriechen ($\varphi_{\infty, t_0} = 2.500$)

Längsbewehrung: BSt 500, Mindestbewehrung für Stützen

Schubbewehrung BSt 500

ohne Schubmindestbewehrung

Druckstrebenwinkel minimal

Teilsicherheitsbeiwerte für Beton und Betonstahl:

◦ ständig und vorübergehend: $\gamma_c = 1.50$, $\gamma_s = 1.15$

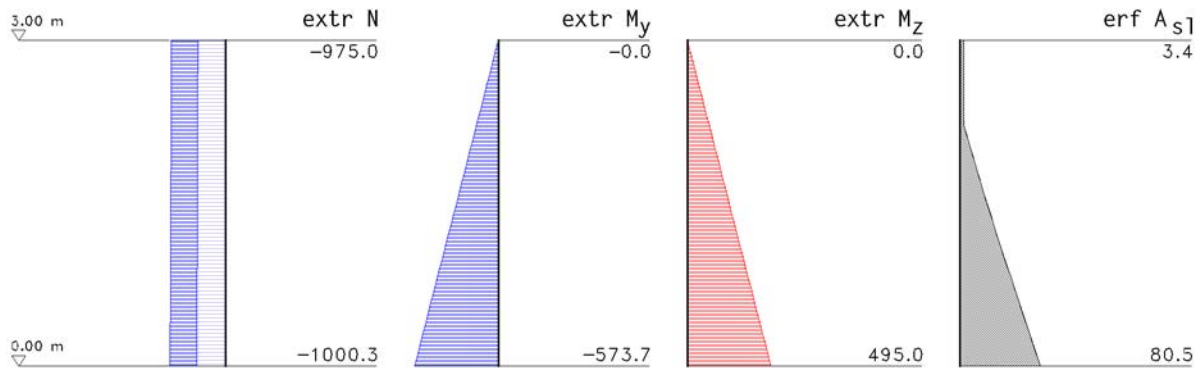
◦ aussergewöhnlich: $\gamma_c = 1.30$, $\gamma_s = 1.00$

2.2. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung	LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig	Lf1	16	ständig	1.35 · Lf1+1.5 · Lf3
2	ständig	1.35 · Lf1	17	ständig	Lf1+0.7 · 1.5 · Lf2+1.5 · Lf3
3	ständig	Lf1+1.5 · Lf2	18	ständig	1.35 · Lf1+0.7 · 1.5 · Lf2+1.5 · Lf3
4	ständig	1.35 · Lf1+1.5 · Lf2	19	ständig	Lf1+1.5 · Lf4
5	ständig	Lf1+0.6 · 1.5 · Lf3	20	ständig	1.35 · Lf1+1.5 · Lf4
6	ständig	1.35 · Lf1+0.6 · 1.5 · Lf3	21	ständig	Lf1+0.7 · 1.5 · Lf2+1.5 · Lf4
7	ständig	Lf1+1.5 · Lf2+0.6 · 1.5 · Lf3	22	ständig	1.35 · Lf1+0.7 · 1.5 · Lf2+1.5 · Lf4
8	ständig	1.35 · Lf1+1.5 · Lf2+0.6 · 1.5 · Lf3	23	außergew.	Lf1+Lf5
9	ständig	Lf1+0.6 · 1.5 · Lf4	24	außergew.	Lf1+Lf5+0.5 · Lf2
10	ständig	1.35 · Lf1+0.6 · 1.5 · Lf4	25	außergew.	Lf1+Lf5+0.3 · Lf2
11	ständig	Lf1+1.5 · Lf2+0.6 · 1.5 · Lf4	26	außergew.	Lf1+Lf5+0.2 · Lf3
12	ständig	1.35 · Lf1+1.5 · Lf2+0.6 · 1.5 · Lf4	27	außergew.	Lf1+Lf5+0.3 · Lf2+0.2 · Lf3
13	ständig	Lf1+0.7 · 1.5 · Lf2	28	außergew.	Lf1+Lf5+0.2 · Lf4
14	ständig	1.35 · Lf1+0.7 · 1.5 · Lf2	29	außergew.	Lf1+Lf5+0.3 · Lf2+0.2 · Lf4
15	ständig	Lf1+1.5 · Lf3			

2.3. Extremale Ergebnisse Biegebemessung

Die Schnittgrößen sind bezogen auf die verformte Systemachse



x m	N		My		Mz		erf As cm ²
	Min kN	Max kN	Min kNm	Max kNm	Min kNm	Max kNm	
3.00	-975.00	-500.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	3.36
0.00	-1000.31	-518.75	-573.75	0.00	0.00	495.00	80.47

Maßgebende Bewehrung:

Aus Lastkollektiv 12 an der Stelle $x = 0.00$ m, mit den Schnittgrößen:

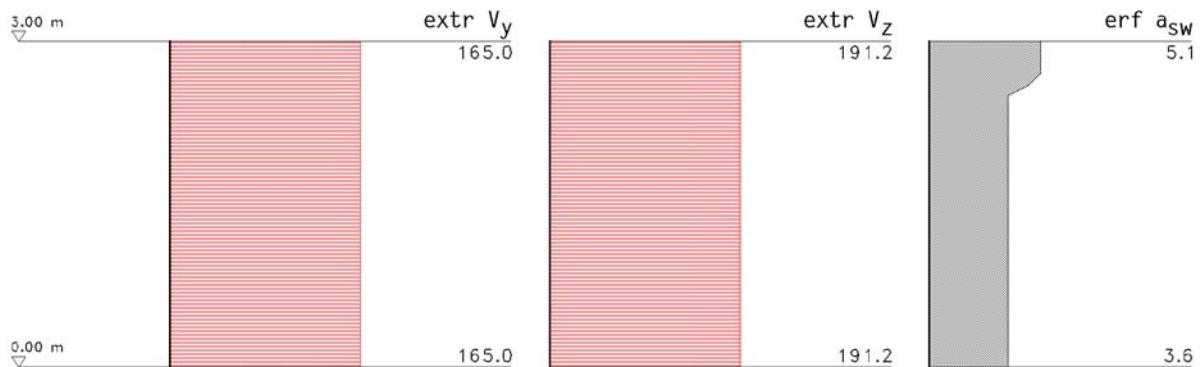
$$N/M_y/M_z = -1000.31 \text{ kN} / -540.00 \text{ kNm} / 225.00 \text{ kNm} \Rightarrow \text{erf } A_{s1} = 80.47 \text{ cm}^2$$

\Rightarrow Es ist eine zusätzliche Bewehrung von $\Delta A_{s1} = 31.21 \text{ cm}^2$ erforderlich)

2.4. Extremale Ergebnisse Schubbemessung

Die Schnittgrößen sind bezogen auf die verformte Systemachse

Der innere Hebelarm wird mit $z = 0.9d$ angenommen.



x m	Vy		Vz		erf asw cm ² /m
	Min kN	Max kN	Min kN	Max kN	
3.00	0.00	165.00	-0.00	191.25	5.07
0.00	0.00	165.00	0.00	191.25	3.60

Maßgebende Bewehrung:

Aus Lastkollektiv 21 an der Stelle $x = 2.70$ m, mit den Schnittgrößen:

$$N = -711.87 \text{ kN} \quad V_y/V_z = 52.50 \text{ kN} / 191.25 \text{ kN} \quad M_y/M_z = -57.37 \text{ kNm} / 15.75 \text{ kNm}$$

Bemessungswert $V_{Ed} = 191.25 \text{ kN}$, Druckstebwinkel $\Theta = 21.0^\circ$

Widerstandswerte $V_{Rd,ct}/V_{Rd,max} = 140.81 \text{ kN} / 474.22 \text{ kN}$, Ausnutzungsbereich $AB = 2$

Aus Lastkollektiv 21 an der Stelle $x = 2.80$ m, mit den Schnittgrößen:

$$N = -711.25 \text{ kN} \quad V_y/V_z = 52.50 \text{ kN} / 191.25 \text{ kN} \quad M_y/M_z = -38.25 \text{ kNm} / 10.50 \text{ kNm}$$

Bemessungswert $V_{Ed} = 191.25 \text{ kN}$, Druckstebwinkel $\Theta = 21.0^\circ$

Widerstandswerte $V_{Rd,ct}/V_{Rd,max} = 149.62 \text{ kN} / 474.22 \text{ kN}$, Ausnutzungsbereich $AB = 2$

Aus Lastkollektiv 21 an der Stelle $x = 2.90$ m, mit den Schnittgrößen:

$$N = -710.62 \text{ kN} \quad V_y/V_z = 52.50 \text{ kN} / 191.25 \text{ kN} \quad M_y/M_z = -19.12 \text{ kNm} / 5.25 \text{ kNm}$$

Bemessungswert $V_{Ed} = 191.25 \text{ kN}$, Druckstebwinkel $\Theta = 21.0^\circ$

Widerstandswerte $V_{Rd,ct}/V_{Rd,max} = 149.62 \text{ kN} / 474.22 \text{ kN}$, Ausnutzungsbereich $AB = 2$

Aus Lastkollektiv 21 an der Stelle $x = 3.00$ m, mit den Schnittgrößen:

$$N = -710.00 \text{ kN} \quad V_y/V_z = 52.50 \text{ kN} / 191.25 \text{ kN} \quad M_y/M_z = -0.00 \text{ kNm} / 0.00 \text{ kNm}$$

Bemessungswert $V_{Ed} = 191.25 \text{ kN}$, Druckstebwinkel $\Theta = 21.0^\circ$

Widerstandswerte $V_{Rd,ct}/V_{Rd,max} = 149.62 \text{ kN} / 474.22 \text{ kN}$, Ausnutzungsbereich $AB = 2$

$\Rightarrow \text{erf } a_{sw} = 5.07 \text{ cm}^2/\text{m}$

3. Knicksicherheit - Nachweis der Tragfähigkeit nach Th.II.O im Zustand 2

3.1. Berücksichtigung von baulichen Imperfektionen

3.1.1. Imperfektionsfiguren

Je Achsrichtung wird eine Imperfektionsfigur entsprechend [2] bzw [1], Abschnitt 5.2. ermittelt.

Ersatzlänge $\beta = l_0/l$

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

Richtung	Form	β	l_0 m	e cm	EI MNm ²	N_{Ki} MN
Y	Schiefstellung	2.00	6.00	1.499	156.05	42.83
Z	Schiefstellung	2.00	6.00	1.499	156.05	42.83

l_0 - Knicklänge e - max. Verformung EI - Biegesteifigkeit

3.1.2. Richtung der Imperfektion

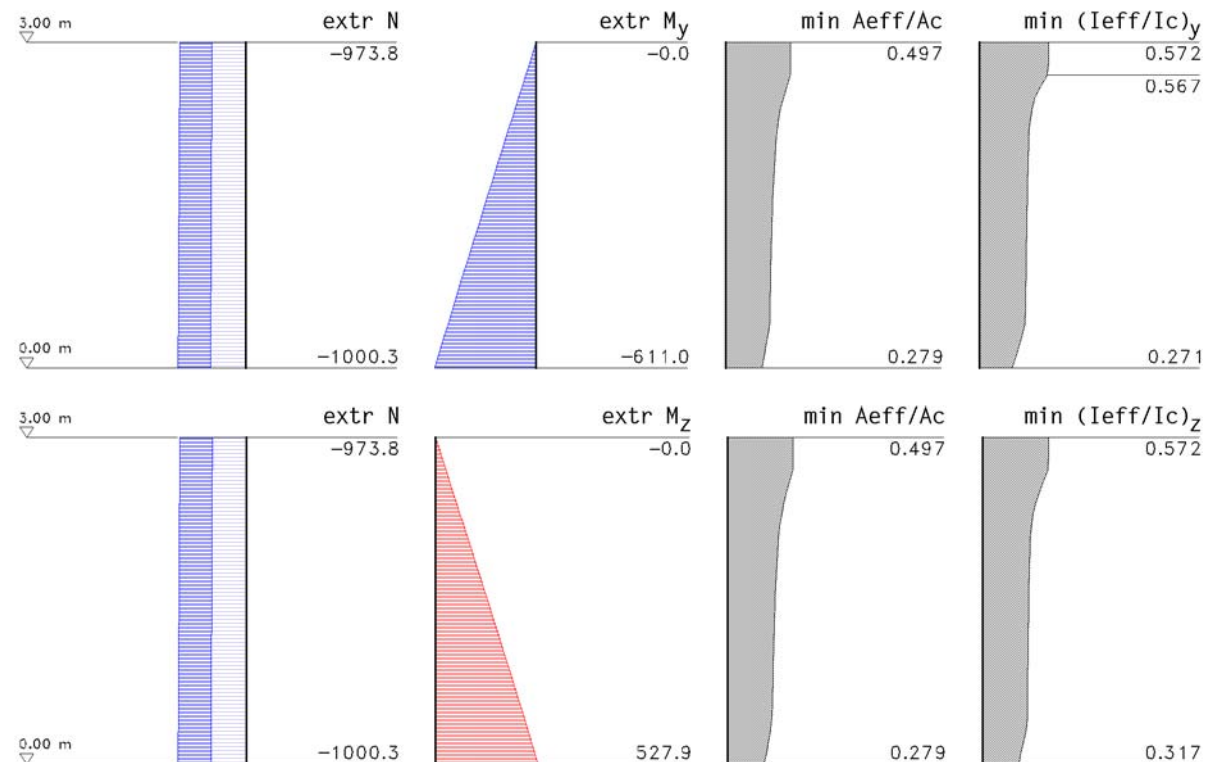
$N_{Ki,y}/N_{Ki,z} = 1.00 \Rightarrow$ immer in Richtung der Verformung aus planmäßiger Last.

3.2. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig	Lf1+I _y
2	ständig	1.35·Lf1+I _y
3	ständig	Lf1+1.5·Lf2+0.56·I _y +0.83·I _z
4	ständig	1.35·Lf1+1.5·Lf2+0.56·I _y +0.83·I _z
5	ständig	Lf1+0.6·1.5·Lf3+I _y
6	ständig	1.35·Lf1+0.6·1.5·Lf3+I _y
7	ständig	Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf3+0.78·I _y +0.62·I _z
8	ständig	1.35·Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf3+0.78·I _y +0.62·I _z
9	ständig	Lf1+0.6·1.5·Lf4+I _z
10	ständig	1.35·Lf1+0.6·1.5·Lf4+I _z
11	ständig	Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf4+0.39·I _y +0.92·I _z
12	ständig	1.35·Lf1+1.5·Lf2+0.6·1.5·Lf4+0.39·I _y +0.92·I _z
13	ständig	Lf1+0.7·1.5·Lf2+0.56·I _y +0.83·I _z
14	ständig	1.35·Lf1+0.7·1.5·Lf2+0.56·I _y +0.83·I _z
15	ständig	Lf1+1.5·Lf3+I _y
16	ständig	1.35·Lf1+1.5·Lf3+I _y
17	ständig	Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf3+0.9·I _y +0.43·I _z
18	ständig	1.35·Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf3+0.9·I _y +0.43·I _z
19	ständig	Lf1+1.5·Lf4+I _z
20	ständig	1.35·Lf1+1.5·Lf4+I _z
21	ständig	Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf4+0.27·I _y +0.96·I _z
22	ständig	1.35·Lf1+0.7·1.5·Lf2+1.5·Lf4+0.27·I _y +0.96·I _z
23	außergew.	Lf1+Lf5+I _z
24	außergew.	Lf1+Lf5+0.5·Lf2+0.39·I _y +0.92·I _z
25	außergew.	Lf1+Lf5+0.3·Lf2+0.32·I _y +0.95·I _z
26	außergew.	Lf1+Lf5+0.2·Lf3+0.56·I _y +0.83·I _z
27	außergew.	Lf1+Lf5+0.3·Lf2+0.2·Lf3+0.56·I _y +0.83·I _z
28	außergew.	Lf1+Lf5+0.2·Lf4+I _z
29	außergew.	Lf1+Lf5+0.3·Lf2+0.2·Lf4+0.24·I _y +0.97·I _z

3.3. Extremale Ergebnisse Knicksicherheitsnachweis

Die Schnittgrößen sind bezogen auf die verformte Systemachse



x m	N		M _y		M _z		A _{eff} / A _c	I _{eff,x} / I _c	I _{eff,y} / I _c
	Min kN	Max kN	Min kNm	Max kNm	Min kNm	Max kNm	Min -	Min -	Min -
3.00	-973.78	-499.16	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.497	0.572	0.572
2.90	-974.63	-499.78	-20.73	0.00	-0.00	17.91	0.497	0.572	0.572
0.00	-1000.31	-518.75	-611.04	0.00	-0.00	527.91	0.279	0.271	0.317

⇒ Für den Knicksicherheitsnachweis ist eine Bewehrung von $A_{s1} = 88.40 \text{ cm}^2$ erforderlich.
(d.h. zusätzliche erf. Bewehrung von $\Delta A_{s1} = 39.14 \text{ cm}^2$ zur Grundbewehrung)

Maßgebende Querschnittsausnutzung im Zustand 2:

Lastkollektiv 12 an der Stelle $x = 0.00 \text{ m}$, mit den Schnittgrößen:

$N/M_y/M_z = -1000.31 \text{ kN} / -578.87 \text{ kNm} / 241.52 \text{ kNm}$

⇒ max $U_{\text{Querschnitt}} = 0.98$

4. Brandschutz-Knicksicherheit

4.1. Nachweisparameter

Temperaturermittlung (mittlere Genauigkeit)

Beflammung einer Stütze von unten, unter Normbrandbedingungen, Branddauer 90 min

konvektiver Wärmeübergangskoeffizient $\alpha = 25.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, Emissionswert für die Betonoberfläche $\epsilon = 0.70$

Feuchtegehalt des Betons 1.5 %, Rohdichte von Stahlbeton $\rho_c = 2400 \text{ kg/m}^3$

Normalbeton mit quarzhaltigen Zuschlägen, warmgewalzter Bewehrungsstahl, 10 Zonen

Teisicherheitsbeiwerte für Beton und Betonstahl: $\gamma_c = 1.30$, $\gamma_s = 1.00$

4.2. Berücksichtigung von baulichen Imperfektionen

Siehe Abschn. 3.1. (Nachweis der Knicksicherheit)

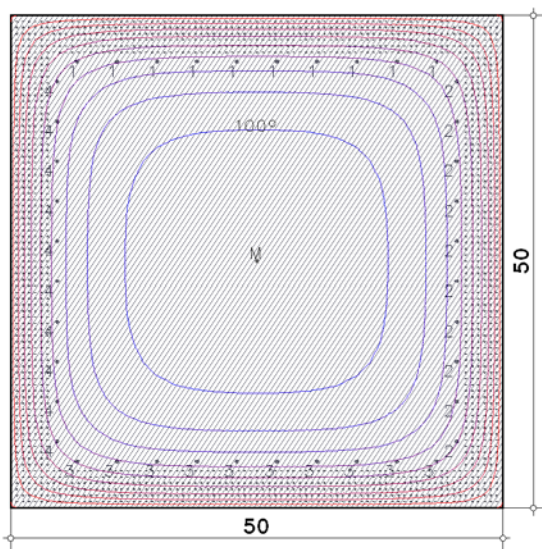
Mit einem Reduktionsfaktor für den Brandfall von $f_{\text{red}} = 0.10$

4.3. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

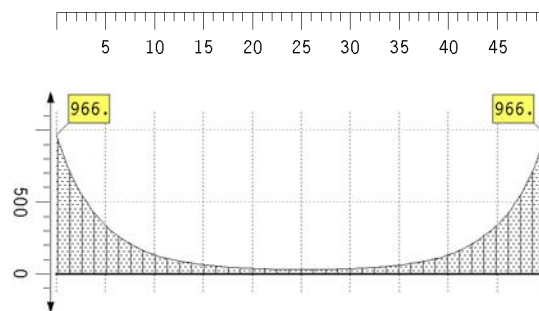
LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig	Lf1+0.1·I _y
2	ständig	Lf1+0.5·Lf2+0.06·I _y +0.08·I _z
3	ständig	Lf1+0.3·Lf2+0.06·I _y +0.08·I _z
4	ständig	Lf1+0.2·Lf3+0.1·I _y
5	ständig	Lf1+0.3·Lf2+0.2·Lf3+0.08·I _y +0.06·I _z
6	ständig	Lf1+0.2·Lf4+0.1·I _z
7	ständig	Lf1+0.3·Lf2+0.2·Lf4+0.04·I _y +0.09·I _z

4.4. Temperaturprofil

Temperaturprofil (um 0° gedreht):



Horizontalschnitt durch das Temperaturprofil:



Temperatur
in °C
Max: 965.88°C
Min: 30.42°C

Verfahren nach Zilch/Müller/Reitmayer (Bauingenieur, 06.10)

Temperatur im Beton: $\Theta_c = 100.0^\circ\text{C}$

Spannungsdehnungslinienparameter für den Beton nach EC2 (Brandfall), 3.2.2:

$f_c = 20.00 \text{ MN/m}^2$ $\epsilon_c = -4.00\%$ $\epsilon_{cu} = -4.00\%$ $E_c = 29962.0 \text{ MN/m}^2$

mittlere Vordehnung $\epsilon_{cV} = 0.94\%$

Temperaturen in der Bewehrung:

$\Theta_1 = 492.5^\circ \quad 408.9^\circ \quad 375.8^\circ \quad 364.4^\circ \quad 361.3^\circ \quad 361.3^\circ \quad 364.4^\circ \quad 375.8^\circ \quad 408.9^\circ \quad 492.5^\circ$
 $\Theta_2 = 492.5^\circ \quad 408.9^\circ \quad 375.8^\circ \quad 364.4^\circ \quad 361.3^\circ \quad 361.3^\circ \quad 364.4^\circ \quad 375.8^\circ \quad 408.9^\circ \quad 492.5^\circ$
 $\Theta_3 = 492.5^\circ \quad 408.9^\circ \quad 375.8^\circ \quad 364.4^\circ \quad 361.3^\circ \quad 361.3^\circ \quad 364.4^\circ \quad 375.8^\circ \quad 408.9^\circ \quad 492.5^\circ$
 $\Theta_4 = 492.5^\circ \quad 408.9^\circ \quad 375.8^\circ \quad 364.4^\circ \quad 361.3^\circ \quad 361.3^\circ \quad 364.4^\circ \quad 375.8^\circ \quad 408.9^\circ \quad 492.5^\circ$

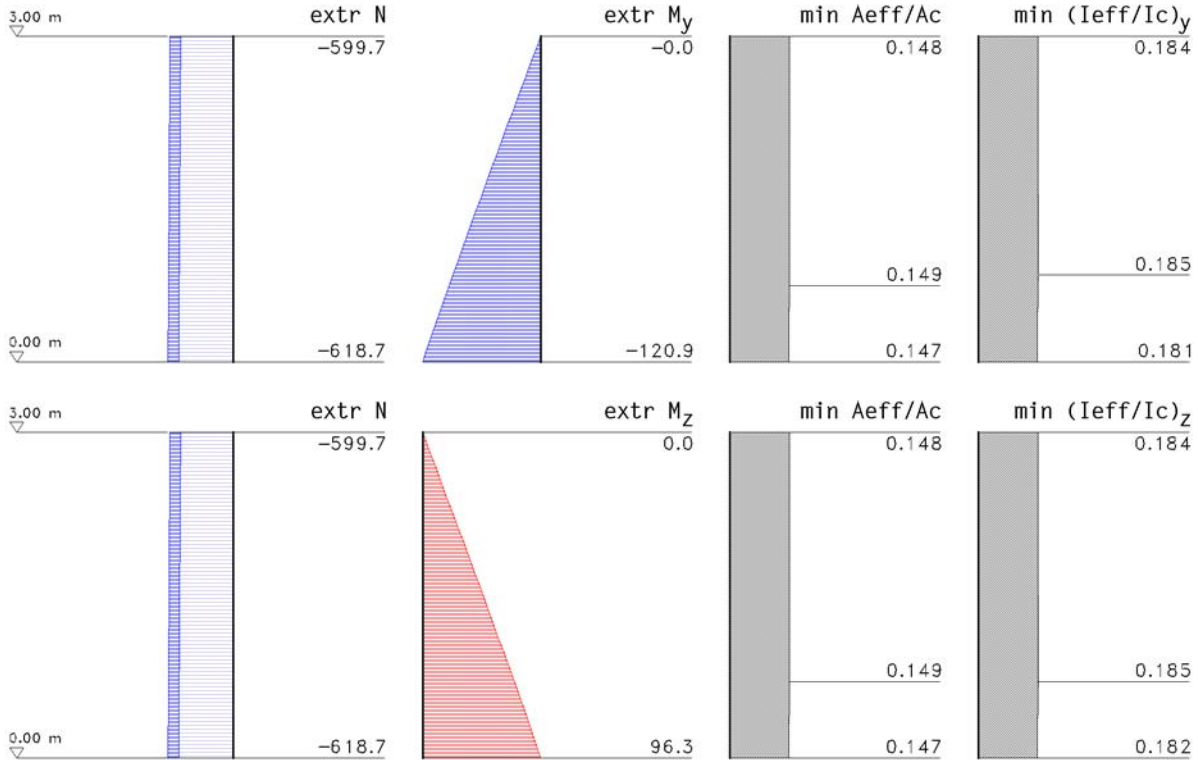
Spannungsdehnungslinienparameter für den heißesten Stahl nach EC2 (Brandfall), 3.2.3 ($\Theta_s = 492.5^\circ$):

$f_p = 182.24 \text{ MN/m}^2$ $\epsilon_p = 1.50\%$ $f_y = 398.21 \text{ MN/m}^2$ $\epsilon_{sy} = 20.00\%$ $\epsilon_{st} = 50.00\%$ $\epsilon_{su} = 50.00\%$
 $E_s = 121492.5 \text{ MN/m}^2$ $\epsilon_{sv} = 6.64\%$

Maß der Querschnittsreduktion (Stütze): $a_{z1} = 4.05$, $a_{zr} = 4.05$, $a_{zo} = 4.05$, $a_{zu} = 4.05 \text{ cm}$

4.5. Extremale Ergebnisse Brandschutz-Knicksicherheitsnachweis

Die Schnittgrößen sind bezogen auf die verformte Systemachse



x m	N		My		Mz		Aeff /Ac	Ieff,x /Ic	Ieff,y /Ic
	Min kN	Max kN	Min kNm	Max kNm	Min kNm	Max kNm	Min	Min	Min
3.00	-599.66	-499.96	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.148	0.184	0.184
2.90	-600.29	-500.59	-4.15	0.00	0.00	3.30	0.148	0.184	0.184
0.00	-618.75	-518.75	-120.87	-0.00	-0.00	96.30	0.147	0.181	0.182

⇒ Für den Brandschutz-Knicksicherheitsnachweis ist **keine zusätzliche Bewehrung** erforderlich.
 (erf A_s aus Nachweis der Knicksicherheit ist ausreichend)

Maßgebende Querschnittsausnutzung im Zustand 2:

Lastkollektiv 2 an der Stelle $x = 0.00 \text{ m}$, mit den Schnittgrößen:

$N/M_y/M_z = -618.75 \text{ kN} / -120.87 \text{ kNm} / 80.51 \text{ kNm}$

⇒ $\max U_{\text{Querschnitt}} = 0.32$

5. Stahlbetonbemessung - Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Spannungsdehnungslinie für den Beton nach [2] 3.1.5 (wirklichkeitsnah).

5.1. Rissnachweis

5.1.1. Nachweisparameter

Ø der rissvert. Längsbewehrung: $d_{s0} = 14 \text{ mm}$, $d_{su} = 14 \text{ mm}$

Verbund zwischen Bewehrung und Beton: gut

rechnerische Rissbreite: $w_{k0} = 0.30 \text{ mm}$, $w_{ku} = 0.30 \text{ mm}$

Mindestbewehrung: Erstrissbildung aus zentrischem Zwang

Beiwert zur Erfassung des Betrachtungszeitpunkt: $k_{zt} = 0.50$ (Zwang)

Berücksichtigung der Mindestzugfestigkeit des Betons (nur bei $k_{zt} \geq 1$)

Rissbildung aus Lastbeanspruchung: ja

Beiwert zur Erfassung des Betrachtungszeitpunkt: $k_{zt0} = 1.00$ (Last)

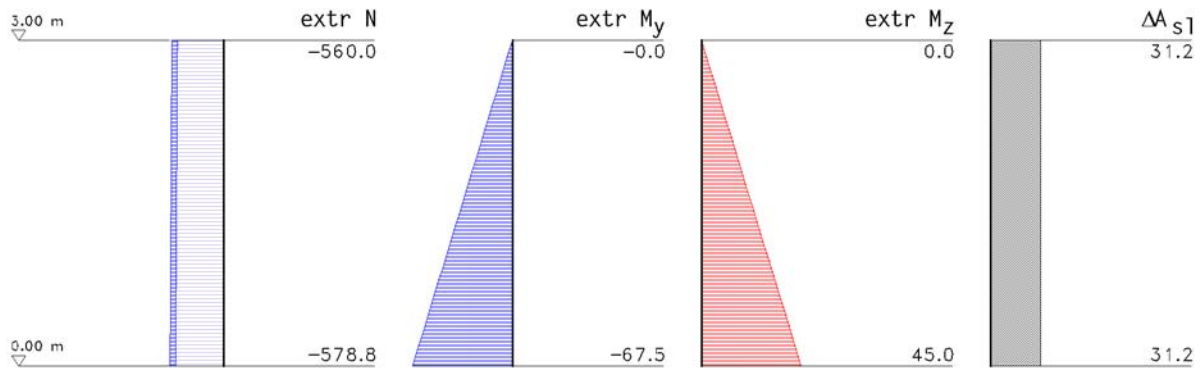
Teisicherheitsbeiwerte für Beton und Betonstahl: $\gamma_c = 1.00$, $\gamma_s = 1.00$

5.1.2. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig	Lf1
2	ständig	Lf1+0.3 Lf2

5.1.3. Extremale Ergebnisse Rissnachweis

Die Schnittgrößen sind bezogen auf die verformte Systemachse



x m	N		My		Mz		As1,Min cm ²	erf As1 cm ²	ΔAs1 cm ²
	Min kN	Max kN	Min kNm	Max kNm	Min kNm	Max kNm			
3.00	-560.00	-500.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	9.44	80.47	31.21
0.00	-578.75	-518.75	-67.50	0.00	0.00	45.00	9.44	80.47	31.21

⇒ Für den Rissnachweis ist **keine zusätzliche Bewehrung** erforderlich.
(erf As aus Biegebemessung ist ausreichend)

5.2. Spannungsnachweis

5.2.1. Nachweisparameter

zulässige Betondruckspannung zul $\sigma_c = fak_{\sigma c} \cdot f_{ck} = 0.600 \cdot f_{ck} = -15.0 \text{ N/mm}^2$

zulässige Stahlzugspannung zul $\sigma_s = fak_{\sigma s} \cdot f_{yk} = 0.800 \cdot f_{yk} = 400.0 \text{ N/mm}^2$

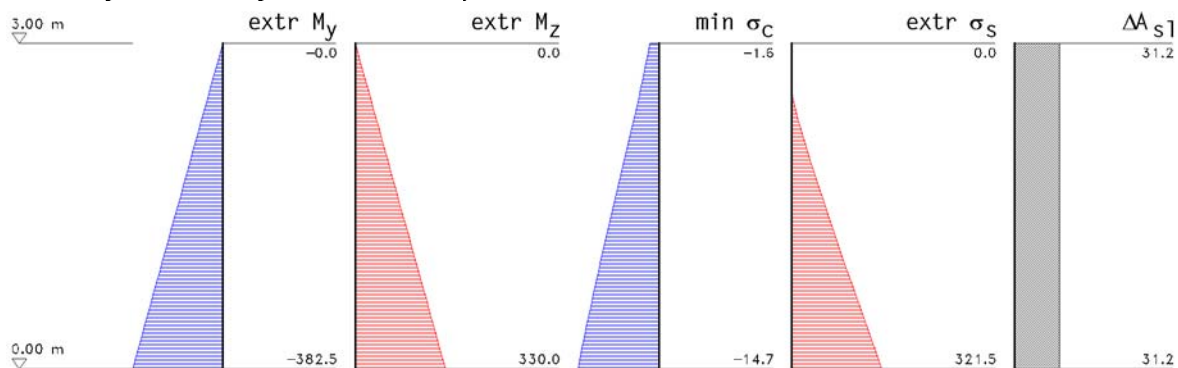
Teisicherheitsbeiwerte für Beton und Betonstahl: $\gamma_c = 1.00$, $\gamma_s = 1.00$

5.2.2. Faktorisierung der Lastfallkombinationen

LK	Bemessungssit.	Faktorisierung	LK	Bemessungssit.	Faktorisierung	LK	Bemessungssit.	Faktorisierung
1	ständig	Lf1	5	ständig	Lf1+0.6·Lf4	9	ständig	Lf1+Lf3+0.7·Lf2
2	ständig	Lf1+Lf2	6	ständig	Lf1+Lf2+0.6·Lf4	10	ständig	Lf1+Lf4
3	ständig	Lf1+0.6·Lf3	7	ständig	Lf1+0.7·Lf2	11	ständig	Lf1+Lf4+0.7·Lf2
4	ständig	Lf1+Lf2+0.6·Lf3	8	ständig	Lf1+Lf3			

5.2.3. Extremale Ergebnisse Spannungsnachweis

Die Schnittgrößen sind bezogen auf die verformte Systemachse



x m	N		My		Mz		σc		σs		erf As1 cm ²
	Min kN	Max kN	Min kNm	Max kNm	Min kNm	Max kNm	Min MN/m ²	Max MN/m ²	Min MN/m ²	Max MN/m ²	
3.00	-700.00	-500.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	-1.62	0.00	0.00	0.00	80.47
2.90	-700.63	-500.63	-12.75	0.00	0.00	11.00	-2.03	0.00	0.00	0.00	80.47
0.00	-718.75	-518.75	-382.50	0.00	0.00	330.00	-14.65	0.00	0.00	321.46	80.47

⇒ Für den Spannungsnachweis ist **keine zusätzliche Bewehrung** erforderlich.
(erf As aus Biegebemessung ist ausreichend)

6. Mindestlängsbewehrung

Entsprechend [2] Abschnitt 9.5.2.

statisch erforderliche Mindestbewehrung:

$$A_{s1,min} = 0.15 \cdot |N_{Ed}| / f_{yd} = 0.15 \cdot 910.31 / 43.48 = 3.14 \text{ cm}^2$$

konstruktiv erforderliche Mindestbewehrung:

$$A_{s1,min} = 8 \cdot \emptyset 12 = 9.05 \text{ cm}^2$$

⇒ Die Mindestbewehrung ist nicht maßgebend.

7. Zusammenfassung

Alle Nachweise konnten erfolgreich durchgeführt werden.

Maßgebende Längsbewehrung:

erf $A_{s1} = 88.40 \text{ cm}^2$ bzw. erf $\rho_1 = 3.536 \%$ (aus Knicksicherheitsnachweis)

Zusätzlich erforderlich zur Grundbewehrung:

erf $\Delta A_{s1} = 88.40 - 49.26 = 39.14 \text{ cm}^2$

Querkraftbewehrung:

erf $a_{sw} = 5.07 \text{ cm}^2/\text{m}$

Literatur und Normen:

- [1] DIN EN 1992-1-1/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2, Teil 1-1, April 2013
- [2] DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-1, Januar 2011
- [3] DIN EN 1992-1-2: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, Teil 1-2, Dezember 2010
- [4] DIN EN 1992-1-2/NA: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2, Teil 1-2, Dezember 2010
- [5] DIN EN 1992-1-2/NA/A1: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2, Teil 1-2, Änderung A1, September 2015