

## Statische Berechnung

### Fundamentnachweis Kran

Stand sicherheitsnachweis, BE-Planung



Projekt                      Erweiterungsneubau Emil-Molt-Schule, Berlin

Bauherr:in                EMIL-MOLT-SCHULE  
                                  Claszeile 60  
                                  14165 Berlin

Architekt:in             MONO Architekten  
                                  Glogauer Straße 6  
                                  10999 Berlin

Tragwerk                 BRUECKNER.DIETZ  
                                  Rheinstraße 21  
                                  64283 Darmstadt

Datum                     Stand, 10.05.2024

Bauherr:in

Emil-Molt-Schule  
Claszeile 60  
14165 Berlin

Architekt:in:

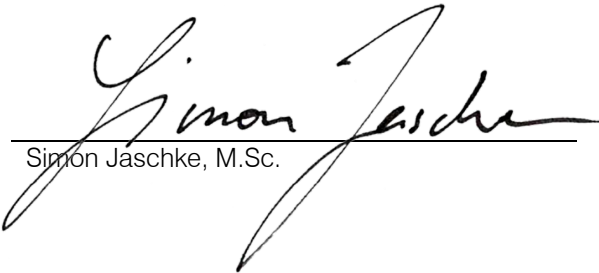
MONO Architekten  
Glogauer Straße 6  
  
10999 Berlin

Tragwerksplanung:

BRUECKNER.DIETZ  
Rheinstraße 21  
64283 Darmstadt

Unterschrift:

Datum: 10.05.2024

  
Simon Jaschke, M.Sc.

Datum	Änderung	Ersteller	Geprüft
29.04.2024	Erstellung Dokument	SJ	
10.05.2024	Fertigstellung Dokument	SJ	

## Inhaltsverzeichnis

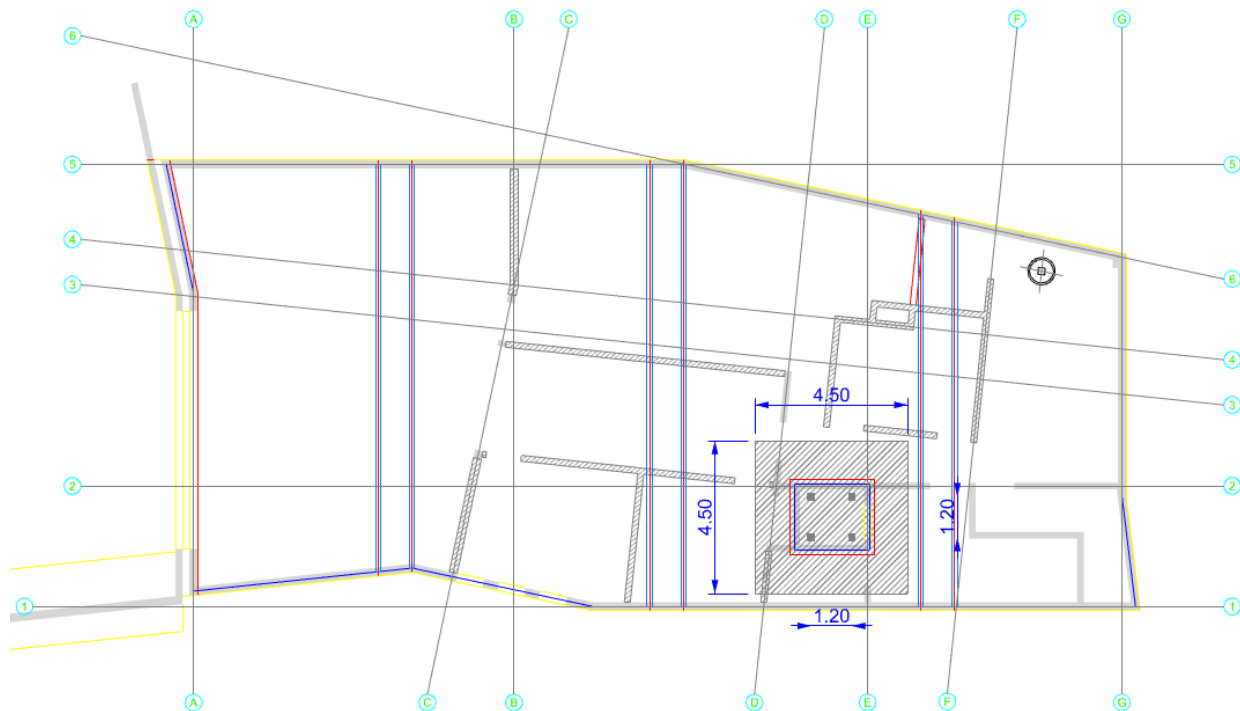
1.	Vorbemerkungen und Tragwerksbeschreibung	4
2.	Baugrund	5
3.	Lasten	6
3.1.	Kran: POTAIN E 10 14 C TOP KIT TDK	6
4.	Statische Berechnung	7
4.1.	Fundament für POTAIN E 10 14 C TOP KIT TDK unterhalb der Bodenplatte	7
5.	Anlagen:	8
5.1.	Fundamentnachweis	8
5.2.	Herstelleranalgen	9

## 1. Vorbemerkungen und Tragwerksbeschreibung

Für das Bauvorhaben soll ein Kran im Aufzugsschacht aufgestellt werden, da das Baufeld keine gute Möglichkeit für einen Kranstellplatz bietet. Aus diesem Grund werden unterhalb der Unterfahrt des Aufzugsschachts ein Stahlbetonfundament mit den Abmessungen 4,5 x 4,5 x 0,8m eingebaut. Der Zwischenraum zwischen Fundament und Bodenplatte neben der Unterfahrt wird ebenfalls mit Beton gefüllt, um hochbelastete Ecke D/2 zu entspannen, sodass keine Durchstanzbewehrung erforderlich wird.

Die Bauliche Durchbildung (WU-Konzept, Abdichtung im Bereich der Unterfahrt) wird im Rahmen der LPH5 geklärt. Dieses Dokument gilt rein dem statischen Nachweis der Standsicherheit für das Kranfundament.

Es kommt ein Kran POTAIN E 10 14 C mit Hakenhöhe 25,3m zum Einsatz. Entsprechende Unterlagen und Datenblätter sind diesem Dokument beigelegt.



## 2. Baugrund

Im Bodengutachten bzw. dem Geotechnischen Bericht (Projekt-Nr. 1637-09-2021) der Ground Geotechnik von Dipl. Geol. A. v. Bostell werden folgende Bodenkennwerte ausgewiesen:

Der Grundbruchnachweis wird separat mit den unten angegebenen Werten geführt (Kohäsion bleibt unberücksichtigt). Dennoch wird gezeigt, dass auch die zul. Bodenspannung gem. DIN 18196 nicht überschritten wird.

Tab.1: Bodenkennwerte

Erdstoff	Boden- gruppe DIN 18196	Konsistenz/ Lagerungs- dichte	Boden- klasse DIN 18300	Reibungs- winkel	Kohäsion cal $\gamma'$ (kN/m <sup>2</sup> )	Steife- modul ES(MN/m <sup>2</sup> )	Wichte cal $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Kf-Wert (m/s)
Boden- aus- tausch	A	mitteldicht	3	32,5	-	30	18,0 (10,0)	$10^{-2}$ - $10^{-4}$
Sand	SE	mitteldicht	3	32,5	-	30	18,0 (10,0)	$10^{-3}$ - $10^{-5}$
Sand	SE	dicht	3	35,0	-	40	19,0 (11,0)	$10^{-3}$ - $10^{-5}$
Sand	SU*	steif	4	27,5	2	10	21,5 (11,5)	$10^{-4}$ - $10^{-6}$
Schluff	UL	steif	4	27,5	2	7	20,5 (10,5)	$10^{-5}$ - $10^{-7}$
Schluff	UL	halbfest	4	27,5	5	12	21,0 (11,0)	$10^{-5}$ - $10^{-7}$

Für Streifenfundamente wird folgende Tabelle mit zulässigen Sohlwiderständen angegeben:

**Tabelle A 6.5 - Bemessungswerte  $\sigma_{R,d}$  des Sohlwiderstands für Streifenfundamente auf reinem Schluff (UL nach DIN 18196) mit Breiten  $b$  bzw.  $b'$  von 0,50 m bis 2,00 m bei steifer bis halbfester Konsistenz oder einer mittleren einaxialen Druckfestigkeit  $q_k > 120$  kN/m<sup>2</sup>**

kleinste Einbindetiefe des Fundaments m	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands kN/m <sup>2</sup>
0,50	180
1,00	250
1,50	310
~ 2,00	350
<b>ACHTUNG- Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, ≠ keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.</b>	

## 3. Lasten

## 3.1. Kran: POTAIN E 10 14 C TOP KIT TDK

Es liegen Lasttabellen der Kranfirma vor, die die Fundamentbelastung auf ein flächiges Fundament angibt.

Der Kran wird mittels einbetonierten Betonankern (R16A-1,2 Einbau mit M39) im Fundament verankert.

Demnach ergeben sich charakteristische Kräfte auf die Fundamentplatte von:

Kran in Betrieb mit Schwenkmoment:

$$\text{Max M} = 68442 \text{ m/kg} \rightarrow 684,42 \text{ kNm}$$

$$\text{Max V} = 35475 \text{ kg} \rightarrow 354,75 \text{ kN}$$

$$\text{Max H} = 1694 \text{ kg} \rightarrow 16,94 \text{ kN}$$

Kran außer Betrieb:

$$\text{Max M} = 46761 \text{ m/kg} \rightarrow 467,61 \text{ kNm}$$

$$\text{Max V} = 31475 \text{ kg} \rightarrow 314,75 \text{ kN}$$

$$\text{Max H} = 5433 \text{ kg} \rightarrow 54,3 \text{ kN}$$

2/1

### Fundamentbelastungen-P/R16A-E10-14C-DIN(1,2m Mast)

E10-14C - DIN - CITY - PA269 - PA274 -

EN SERVICE - **IN BETRIEB** - IN SERVICE

H/SC	P	M	ET	Kräfte-Kg	
				Zugkraft am Anker	Druckkraft am Anker
m	kg	m/kg	kg		
13.30	32563	50065	1225	23609	39891
16.30	33291	53313	1342	25487	42133
19.30	34019	56922	1459	27594	44603
22.30	34747	62390	1577	30879	48253
25.30	35475	68442	1694	34535	52273
28.30	36203	75040	1811	38538	56639
31.30	36931	82152	1928	42866	61331

E10-14C - DIN - CITY - PA269 - PA274 -

HORS SERVICE - **AUSSEZ BETRIEB** - OUT IN SERVICE

H/SC	P	M	ET	Kräfte-Kg	
				Zugkraft am Anker	Druckkraft am Anker
m	kg	m/kg	kg		
13.30	28563	41310	3401	19057	33338
16.30	29291	41310	3776	18875	33520
19.30	30019	41310	4151	18693	33702
22.30	30747	41310	4814	18511	33884
25.30	31475	46761	5433	21786	37523
28.30	32203	65093	5949	33230	49331
31.30	32931	84971	6464	45654	62119

(ET = Effort Tranchant ~ Schubkraft bzw. Horizontalkraft am Fundamentkopf)

## 4. Statische Berechnung

### 4.1. Fundament für POTAIN E 10 14 C TOP KIT TDK unterhalb der Bodenplatte

Die Lasten gem. Abschnitt 3 sind als charakteristische Lasten angegeben. Da über die Zusammensetzung (Anteil veränderlich zu Anteil ständig) nichts bekannt ist, werden die Belastungen mit **1,5** und die Horizontalkraft (nur Wind) mit **1,5** beaufschlagt. Für den Nachweis der Fundamente bzw. des Kippens und der Klaffenden Fuge wird auf der sicheren Seite liegend ein Anteil der ständigen Last von 0,6 angenommen. Der Nachweis wird zudem bei einer zul. klaffenden Fuge von 1/6 angenommen. Gerade bei den großen Kippkräften ist klar, dass es sich vornehmlich um Wind und Hakenlast und keine Ständige Belastung handelt.

$$\text{LK1: } M_{\text{Betrieb}} \cdot 1,5 + V_{\text{Betrieb}} \cdot 0,9 + H \cdot 1,5 \rightarrow M_d = 1027 \text{ kNm} \mid V_d = 319,27 \text{ kN} \mid H_d = 27 \text{ kN}$$

$$\text{LK2: } M_{\text{Betrieb}} \cdot 1,5 + V_{\text{Betrieb}} \cdot 1,35 + H \cdot 1,5 \rightarrow M_d = 1027 \text{ kNm} \mid V_d = 479 \text{ kN} \mid H_d = 27 \text{ kN}$$

$$\text{LK3: } M_{\text{aBetrieb}} \cdot 1,5 + V_{\text{aBetrieb}} \cdot 1,0 + H_{\text{aBetrieb}} \cdot 1,5 \quad M_d = 702 \text{ kNm} \mid V_d = 314,75 \text{ kN} \mid H_d = 82,5 \text{ kN}$$

Zudem: Durchstanznachweis:

Maximale Durchstanzlast gem. Tabelle:  $522,73 \cdot 1,5 = 785 \text{ kN} \rightarrow$  siehe Nachweis

#### Konstruktive Vorgaben:

- Fundament wird unterhalb der späteren Gründungsplatte eingebaut (unterhalb der Unterfahrt, sodass OK Fundament = UK Unterfahrt ist (genaue Festlegung im Rahmen der LPH5)
- Oberkante Fundament = Oberkante Gelände (volle Einbindung/Grundbruch)
- Unterhalb der Ortbetonfundamente ist eine Sauberkeitsschicht von min. 10cm Stärke anzuordnen.
- Die Betonanker [gem. aktuellem Stand R16 A-1,2 mit M39 ] sind exakt einzumessen
  - Wahl des Betonankers liegt in der Verantwortung der Kranfirma
- Gewählte Betongüte: C30/37
- Gewählte: Bewehrung gem. Bemessung:
  - Grundbewehrung  $A_{s,o} = A_{s,u} = \text{Q335}$
  - Zulagebewehrung Verteilung gem. Heft 240 DAfStb
  - Konstruktive Bewehrung zur Fassung der Betonanker gem. Zulassung im Bewehrungsplan
- Da ein Bauteilversagen bei einer Bodenplatte dieser Größe und vor allem Dicke ausgeschlossen werden kann, muss auch kein duktiler Bauteilversagen gewährleistet sein. Die Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilversagens nach DIN EN 1992-1-1, 9.2.1.1 muss somit nicht berücksichtigt werden.
- Es sind die konstruktiven Vorgaben zur Bewehrungsführung gem. Ankerhersteller/Lieferant einzuhalten.
- Die Gründungssohle ist durch die zuständigen Bodengutachter:In vor Erstellung der Sauberkeitsschicht abzunehmen.

## 5. Anlagen:

### 5.1. Fundamentnachweis

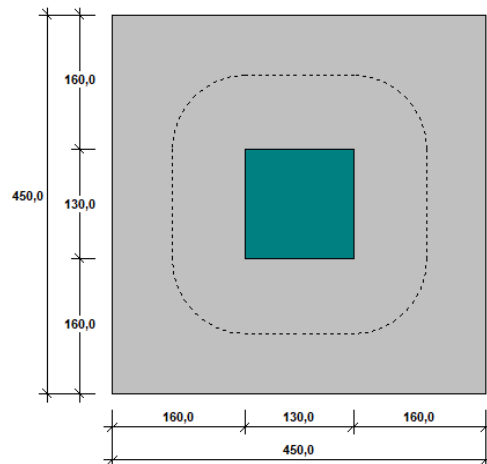
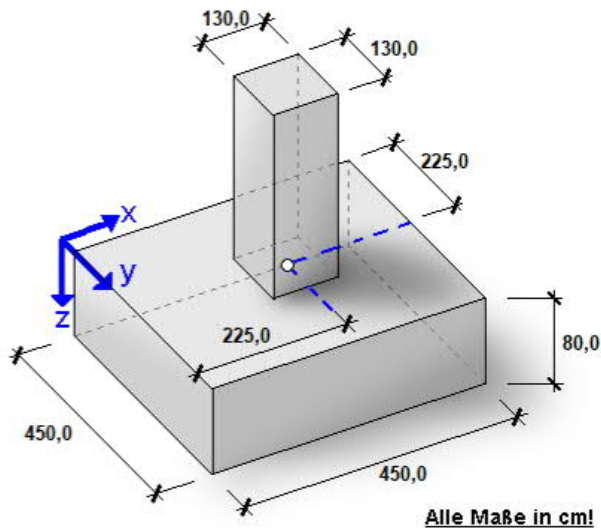
Bestehend aus:

- 240429\_LK1
- 240429\_LK2
- 240429\_LK3
- Ausführlicher Nachweis mit Excel-Tool



25.04.2024

Position: LK1 Kranfundament\_EMS\_LK1

Einzelfundament (V.29.1) nach EC2 / EC7 + NA Deutschland**Systemwerte :**

bx = 450,0 cm (Fundamentbreite x - Richtung)

by = 450,0 cm (Fundamentbreite y - Richtung)

ax = 225,0 cm (Achsabstand Stütze in x - Richtung)

ay = 225,0 cm (Achsabstand Stütze in y - Richtung)

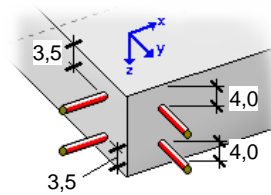
bsx = 130,0 cm (Stützenbreite in x - Richtung)

bsy = 130,0 cm (Stützenbreite in y - Richtung)

tf = 80,0 cm (Fundamentdicke)

Sigma,Rd = 200,00 kN/m² (zul. Bodenpressung, Designwert)

Phi = 27,5° (Sohleibungswinkel)

**Bewehrungsabstände:****Belastungen :**

N, Hx, Hy, Mx und My sind Bemessungslasten (inkl. Sicherheitsbeiwerte)!

Das Eigengewicht vom Fundament wird mit 25,0 kN/m³ berücksichtigt!

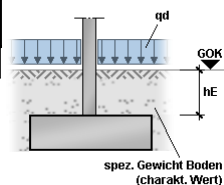
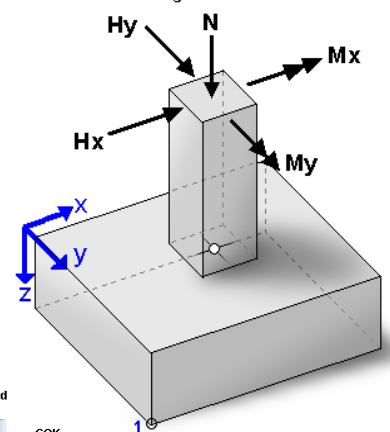
Positive Momente Mx und My erzeugen in Punkt 1 Druckspannungen (s. nebenstehendes Bild)!

LFK Nr.	N [kN]	Hx [kN]	Hy [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1	319,00	0,00	0,00	1026,00	0,00

LFK Nr.	Auflast qd [kN/m²]	Höhe Boden [cm]	Gamma Boden [kN/m³]
1	5,00	0	19,00

LFK Nr.	Faktor für Standsicherheit	Faktor Anteil ständ. Lasten
1	0,700	0,600

Alle Kräfte / Momente greifen an OK Fundament an!



25.04.2024

**Nachweis Ausmitten (Kippnachweis) für charakt. Lasten SLS:**Nachweis klaffende Fuge Gesamtlast:  $(e_x/b_x)^2 + (e_y/b_y)^2 \leq 0,111$ Nachweis klaffende Fuge ständige Lasten:  $|e_x|/b_x + |e_y|/b_y \leq 0,166$ 

LFK Nr.	$e_x$ [cm]	$e_y$ [cm]	$(e_x/b_x)^2 + (e_y/b_y)^2$	$ e_x /b_x +  e_y /b_y$	Bemerkung
1	0,0	103,6	0,0530	0,1657	keine / zulässige klaff. Fuge

**Gleitnachweis GEO-2:** $\eta = (R_{t,d} + E_{pt,d}) / T_d \geq 1,00$  ( $\eta=0 \rightarrow$  unzul. klaff. Fuge,  $\eta=100000 \rightarrow H_x/H_y=0$ ,  $\eta = -1 \rightarrow R_{t,d} = 0$ ) $\gamma_{R,h} = 1,100$  [-] (Sicherheitsbeiwert Gleitwiderstand) [= 1,00 bei außergew.LFK]

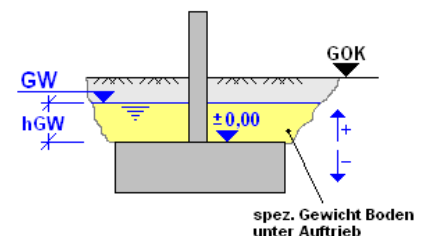
LFK Nr.	$\eta$ [-]
1	100000,000

**Grundbruchnachweis GEO-2:** $\eta = V_d / R_{v,d} \leq 1,00$  ( $\eta = 0,000 \rightarrow$  unzul. klaffende Fuge)Kohäsion  $c_k = 0,00$  kN/m<sup>2</sup>Scherwinkel  $\phi_k = 27,50^\circ$ 

Einbindetiefe / Bodenüberdeckung s. bei Lasteingaben!

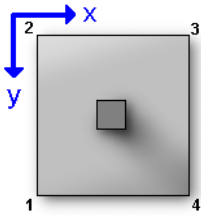
 $\gamma_{R,v} = 1,400$  [-] (Sicherheitsbeiwert Grundbruchwiderstand) [= 1,20 bei außergew.LFK]

LFK	$N_{c0}$ [-]	$N_{d0}$ [-]	$N_{b0}$ [-]	$v_c$ [-]	$v_d$ [-]	$v_b$ [-]	$i_c$ [-]	$i_d$ [-]	$i_b$ [-]	$V_d$ [kN]	$R_{v,d}$ [kN]	$\eta$ [-]
1	24,84	13,93	6,73	1,27	1,25	0,84	1,00	1,00	1,00	963,19	4096,04	0,24

**Nachweis der Lagesicherheit nach EC0:****Sicherheit gegen Abheben:** $\eta = (G_k \cdot \gamma_{G,sup} + G_k \cdot \gamma_{G,inf}) / (Q_k \cdot \gamma_Q + F_{Auftrieb} \cdot 1,10) \geq 1,00$  $\gamma_{G,sub} = 1,10$  [-] (bzw. 1,00 bei außergew. LFK) $\gamma_{G,inf} = 0,90$  [-] (bzw. 0,95 bei außergew. LFK) $\gamma_Q = 1,50$  [-] (bzw. 1,00 bei außergew. LFK)Es sind keine resultierenden, abhebenden Lasten vorhanden  $\rightarrow$  Nachweis kann entfallen!**Ausmitten (Kippen):**max. $e_x = 0,00$  m  $\leq$  zul. $e_x = 2,25$  mmax. $e_y = 1,69$  m  $\leq$  zul. $e_y = 2,25$  m**Nachweis der Sicherheit gegen Auftrieb/Aufschwimmen:**Kote Wasser h<sub>GW</sub> = -1000,000 mWasserkote liegt unter UK Fundament  $\rightarrow$  kein Auftrieb!**Nachweis Bodenpressungen:**Werte für Bodenpressung in [kN/m<sup>2</sup>];  $\sigma_{m,d} = N_d / (a' \times b')$  zum Vergleich mit  $\sigma_{R,d}$ 

Bodenpressungen sind gamma - fach (mit Sicherheitsfaktoren)

LFK Nr.	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4	max. $\sigma_{m,d}$	$\sigma_{m,d}$	Bemerkung
1	38,928	0,000	0,000	38,928	38,928	91,976	Nachweis erfüllt



Zuordnung Punkte für Bodenpressung

**Bemessung für Biegung:**

Beton : C30/37

Betonstahl : B500 (A,B)

- ☒ Grenze  $x/d \leq 0.45$  eingehalten (Biegung)
- ☒ Mindestbewehrung (Mindestmomente nach EC2) werden nicht berücksichtigt
- ☒ Verteilung der Bewehrung konstant über  $b_x$  bzw.  $b_y$
- ☒ Bemessungsmomente werden am Stützenanschnitt ermittelt

**Bemessungsmomente: Fett gedruckte Werte = Max.Werte,  $M_{xd}$  bzw.  $M_{yd} = -1 \rightarrow$  unzul. klaffende Fuge**

LFK Nr.	$M_{x,Ed}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]
1	<b>421,0</b>	-91,2

**Bemessung für Biegung / erf. Längsbewehrung:**erf.Asx,unten = 0,0 cm<sup>2</sup>erf.Asx,oben = 0,0 cm<sup>2</sup>erf.Asy,unten = 12,3 cm<sup>2</sup>erf.Asy,oben = 0,0 cm<sup>2</sup>**Anschlussbewehrung in Stütze:**erf.As = 0,00 cm<sup>2</sup> ( $\mu_{ue} = 0,00\%$ , min.As = 1,10 cm<sup>2</sup>)

Die Anschlussbewehrung wird für die reine Druck- bzw. Zugkraft ermittelt, ohne Momentenanteile!

**Biegebemessung für abhebende Fundamentteile durch klaffende Fuge:**erf.As,x,oben = 0,0 cm<sup>2</sup>, ( $a_{s,x,oben} = 0,0$  cm<sup>2</sup>/m,  $M_{Ed} = 0,000$  kNm)erf.As,y,oben = 1,5 cm<sup>2</sup>, ( $a_{s,y,oben} = 0,3$  cm<sup>2</sup>/m,  $M_{Ed} = 52,995$  kNm)**Durchstanznachweis:**

- ☒ Längsbewehrung wird automatisch erhöht, um Stanzbewehrung zu vermeiden
- ☒ Lotrechte Stanzbewehrung
- ☒ Abstand der Bewehrungsreihen untereinander,  $s_{r'} = 0,50 \times d_m$  (gilt ab 2. Reihe)
- ☒ Abstand der Stanzbewehrung tangential,  $s_t = 20,0$  cm (für Mindestbewehrung)
- ☒ Lasterhöhungsfaktor für Durchstanzen (nicht beta!)  $f_{Erh} = 1,40$  [-]
- ☒ Beiwert beta wird automatisch für unverschiebliche Systeme bestimmt

 $d_m = 0,763$  m (mittlere stat. Höhe)

**Kritischer Rundschnitt  $s_{r,crit}$  im Abstand von 0,885 m vom Stützenrand.**

Ansetzbare Stützenabmessungen  $a_1 / b_1$  nach EC2 = 1,300 / 1,300 m

Bemessung als Innenstütze, d.h.  $\beta = 1,10$  (unverschiebliches System)

$V_{Ed,Stanz} = 319,000$  kN (ohne Faktor  $f_{t,Erh}$  und ohne  $\beta$ )

$\sigma_{Bm,d} = 15,753$  kN/m<sup>2</sup> (mittlere Bodenpressung als Bemessungswert)

$u_{crit} = 10,757$  m

$A_{crit} = 8,747$  m<sup>2</sup>

$V_{Ed,cal} = 339,686$  kN -->  $V_{Ed,cal} = \beta \times (f_{t,Erh} \times V_{Ed,Stanz} - A_{crit} \times \sigma_{Bm,d})$

$v_{Ed} = 41,413$  kN/m<sup>2</sup> -->  $v_{Ed} = V_{Ed,cal} / (u_{crit} \times d)$

$\rho_{l,x} = 0,000$  % (Bewehrungsgehalt x - Richtung)

$\rho_{l,y} = 0,036$  % (Bewehrungsgehalt y - Richtung)

$\rho_{l,m} = 0,001$  % (mittl. Bewehrungsgehalt)

$\rho_{l,max} = 1,954$  % (max. zul. Bewehrungsgehalt)

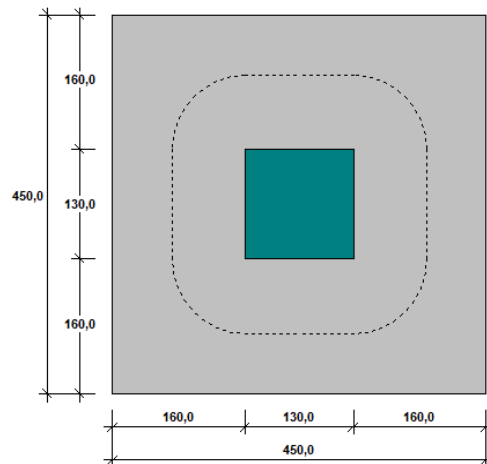
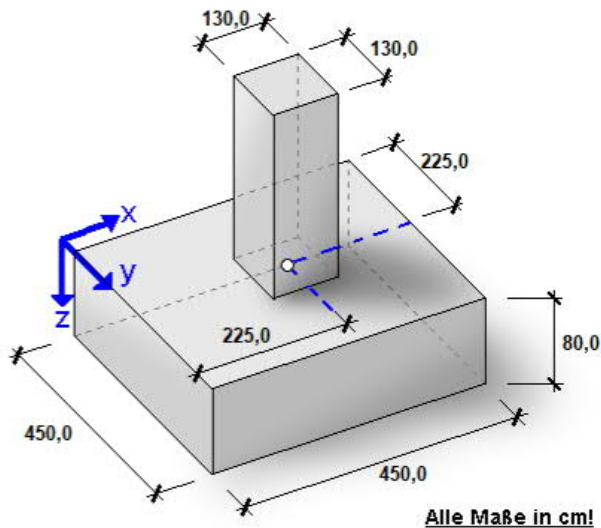
$v_{Rd,c} = 471,924$  kN/m<sup>2</sup> (Durchstanzwiderstand) -->  $v_{min} = 273,716$  kN/m<sup>2</sup>

$v_{Rd,max} = 660,694$  kN/m<sup>2</sup> (max. Tragfähigkeit gegen Durchstanzen)

**==>  $v_{Rd,c} \geq v_{Ed}$  ==> keine Durchstanzbewehrung erforderlich !**

25.04.2024

Position: LK2 Kranfundament\_EMS\_LK2

Einzelfundament (V.29.1) nach EC2 / EC7 + NA Deutschland**Systemwerte :**

bx = 450,0 cm (Fundamentbreite x - Richtung)

by = 450,0 cm (Fundamentbreite y - Richtung)

ax = 225,0 cm (Achsabstand Stütze in x - Richtung)

ay = 225,0 cm (Achsabstand Stütze in y - Richtung)

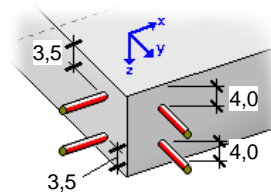
bsx = 130,0 cm (Stützenbreite in x - Richtung)

bsy = 130,0 cm (Stützenbreite in y - Richtung)

tf = 80,0 cm (Fundamentdicke)

Sigma,Rd = 200,00 kN/m² (zul. Bodenpressung, Designwert)

Phi = 27,5° (Sohleibungswinkel)

**Bewehrungsabstände:****Belastungen :**

N, Hx, Hy, Mx und My sind Bemessungslasten (inkl. Sicherheitsbeiwerte)!

Das Eigengewicht vom Fundament wird mit 25,0 kN/m³ berücksichtigt!

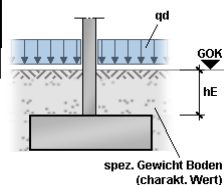
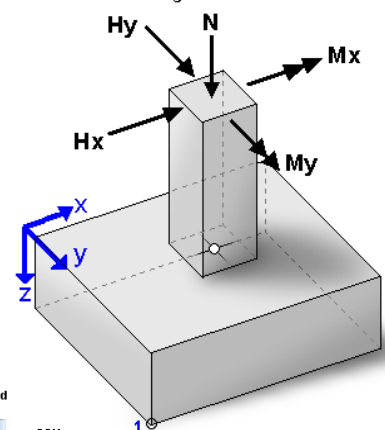
Positive Momente Mx und My erzeugen in Punkt 1 Druckspannungen (s. nebenstehendes Bild)!

LFK Nr.	N [kN]	Hx [kN]	Hy [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1	479,00	27,00	0,00	1027,00	0,00

LFK Nr.	Auflast qd [kN/m²]	Höhe Boden [cm]	Gamma Boden [kN/m³]
1	5,00	0	19,00

LFK Nr.	Faktor für Standsicherheit	Faktor Anteil ständ. Lasten
1	0,700	0,600

Alle Kräfte / Momente greifen an OK Fundament an!



25.04.2024

**Nachweis Ausmitten (Kippnachweis) für charakt. Lasten SLS:**Nachweis klaffende Fuge Gesamtlast:  $(e_x/b_x)^2 + (e_y/b_y)^2 \leq 0,111$ Nachweis klaffende Fuge ständige Lasten:  $|e_x|/b_x + |e_y|/b_y \leq 0,166$ 

LFK Nr.	$e_x$ [cm]	$e_y$ [cm]	$(e_x/b_x)^2 + (e_y/b_y)^2$	$ e_x /b_x +  e_y /b_y$	Bemerkung
1	1,9	89,3	0,0394	0,1517	keine / zulässige klaff. Fuge

**Gleitnachweis GEO-2:** $\eta = (R_{t,d} + E_{pt,d}) / T_d \geq 1,00$  ( $\eta=0 \rightarrow$  unzul. klaff. Fuge,  $\eta=100000 \rightarrow H_x/H_y=0$ ,  $\eta = -1 \rightarrow R_{t,d} = 0$ ) $\gamma_{R,h} = 1,100$  [-] (Sicherheitsbeiwert Gleitwiderstand) [= 1,00 bei außergew.LFK]

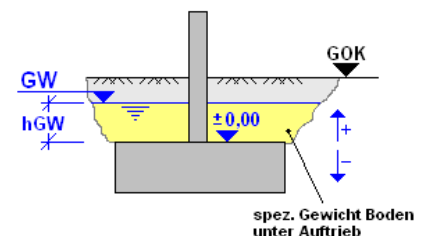
LFK Nr.	$\eta$ [-]
1	14,114

**Grundbruchnachweis GEO-2:** $\eta = V_{d,d} / R_{v,d} \leq 1,00$  ( $\eta = 0,000 \rightarrow$  unzul. klaffende Fuge)Kohäsion  $c_k = 0,00 \text{ kN/m}^2$ Scherwinkel  $\phi_k = 27,50^\circ$ 

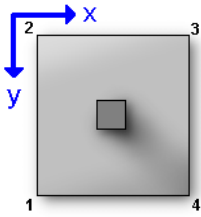
Einbindetiefe / Bodenüberdeckung s. bei Lasteingaben!

 $\gamma_{R,v} = 1,400$  [-] (Sicherheitsbeiwert Grundbruchwiderstand) [= 1,20 bei außergew.LFK]

LFK	$N_{c0}$ [-]	$N_{d0}$ [-]	$N_{b0}$ [-]	$v_c$ [-]	$v_d$ [-]	$v_b$ [-]	$i_c$ [-]	$i_d$ [-]	$i_b$ [-]	$V_{d,d}$ [kN]	$R_{v,d}$ [kN]	$\eta$ [-]
1	24,84	13,93	6,73	1,30	1,28	0,82	0,97	0,97	0,95	1123,19	4592,48	0,24

**Nachweis der Lagesicherheit nach EC0:****Sicherheit gegen Abheben:** $\eta = (G_k \cdot \gamma_{G,sup} + G_k \cdot \gamma_{G,inf}) / (Q_k \cdot \gamma_Q + F_{\text{Auftrieb}} \cdot 1,10) \geq 1,00$  $\gamma_{G,sub} = 1,10$  [-] (bzw. 1,00 bei außergew. LFK) $\gamma_{G,inf} = 0,90$  [-] (bzw. 0,95 bei außergew. LFK) $\gamma_Q = 1,50$  [-] (bzw. 1,00 bei außergew. LFK)Es sind keine resultierenden, abhebenden Lasten vorhanden  $\rightarrow$  Nachweis kann entfallen!**Ausmitten (Kippen):**max. $e_x = 0,03 \text{ m} \leq \text{zul.} e_x = 2,25 \text{ m}$ max. $e_y = 1,50 \text{ m} \leq \text{zul.} e_y = 2,25 \text{ m}$ **Nachweis der Sicherheit gegen Auftrieb/Aufschwimmen:**Kote Wasser  $h_{GW} = -1000,000 \text{ m}$ Wasserkote liegt unter UK Fundament  $\rightarrow$  kein Auftrieb!**Nachweis Bodenpressungen:**Werte für Bodenpressung in  $[\text{kN/m}^2]$ ;  $\sigma_{m,d} = N_d / (a' \times b')$  zum Vergleich mit  $\sigma_{m,Rd}$ Bodenpressungen sind  $\gamma$ -fach (mit Sicherheitsfaktoren)

LFK Nr.	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4	max. $\sigma_{m,d}$	$\sigma_{m,d}$	Bemerkung
1	123,728	0,000	0,000	126,572	126,572	96,171	Nachweis erfüllt



Zuordnung Punkte für Bodenpressung

**Bemessung für Biegung:**

Beton : C30/37

Betonstahl : B500 (A,B)

- ☒ Grenze  $x/d \leq 0.45$  eingehalten (Biegung)
- ☒ Mindestbewehrung (Mindestmomente nach EC2) werden nicht berücksichtigt
- ☒ Verteilung der Bewehrung konstant über  $b_x$  bzw.  $b_y$
- ☒ Bemessungsmomente werden am Stützenanschnitt ermittelt

**Bemessungsmomente: Fett gedruckte Werte = Max.Werte,  $M_{x,Ed}$  bzw.  $M_{y,Ed} = -1 \rightarrow$  unzul. klaffende Fuge**

LFK Nr.	$M_{x,Ed}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]
1	<b>446,6</b>	<b>155,7</b>

**Bemessung für Biegung / erf. Längsbewehrung:**erf.Asx,unten = 4,5 cm<sup>2</sup>erf.Asx,oben = 0,0 cm<sup>2</sup>erf.Asy,unten = 13,0 cm<sup>2</sup>erf.Asy,oben = 0,0 cm<sup>2</sup>**Anschlussbewehrung in Stütze:**erf.As = 0,00 cm<sup>2</sup> ( $\mu_{ue} = 0,00\%$ , min.As = 1,65 cm<sup>2</sup>)

Die Anschlussbewehrung wird für die reine Druck- bzw. Zugkraft ermittelt, ohne Momentenanteile!

**Durchstanznachweis:**

- ☒ Längsbewehrung wird automatisch erhöht, um Stanzbewehrung zu vermeiden
- ☒ Lotrechte Stanzbewehrung
- ☒ Abstand der Bewehrungsreihen untereinander,  $s_r' = 0,50 \times d_m$  (gilt ab 2. Reihe)
- ☒ Abstand der Stanzbewehrung tangential,  $s_t = 20,0$  cm (für Mindestbewehrung)
- ☒ Lasterhöhungsfaktor für Durchstanzen (nicht beta!)  $f_{Erh} = 1,40$  [-]
- ☒ Beiwert beta wird automatisch für unverschiebliche Systeme bestimmt

 $d_m = 0,763$  m (mittlere stat. Höhe)**Kritischer Rundschnitt  $s_{r,crit}$  im Abstand von 0,885 m vom Stützenrand.**Ansetzbare Stützenabmessungen  $a_1 / b_1$  nach EC2 = 1,300 / 1,300 mBemessung als Innenstütze, d.h.  $\beta = 1,10$  (unverschiebliches System) $V_{Ed,Stanz} = 479,000$  kN (ohne Faktor  $f_{Erh}$  und ohne  $\beta$ ) $\sigma_{Bm,d} = 23,654$  kN/m<sup>2</sup> (mittlere Bodenpressung als Bemessungswert) $u_{crit} = 10,757$  m $A_{crit} = 8,747$  m<sup>2</sup> $V_{Ed,cal} = 510,062$  kN  $\rightarrow V_{Ed,cal} = \beta \times (f_{Erh} \times V_{Ed,Stanz} - A_{crit} \times \sigma_{Bm,d})$

25.04.2024

$v_{Ed} = 62,184 \text{ kN/m}^2 \rightarrow v_{Ed} = V_{Ed,cal}/(u_{crit} \times d)$

$\rho_{l,x} = 0,013 \%$  (Bewehrungsgehalt x - Richtung)

$\rho_{l,y} = 0,038 \%$  (Bewehrungsgehalt y - Richtung)

$\rho_{l,m} = 0,022 \%$  (mittl. Bewehrungsgehalt)

$\rho_{l,max} = 1,954 \%$  (max. zul. Bewehrungsgehalt)

$v_{Rd,c} = 471,924 \text{ kN/m}^2$  (Durchstanzwiderstand)  $\rightarrow v_{min} = 273,716 \text{ kN/m}^2$

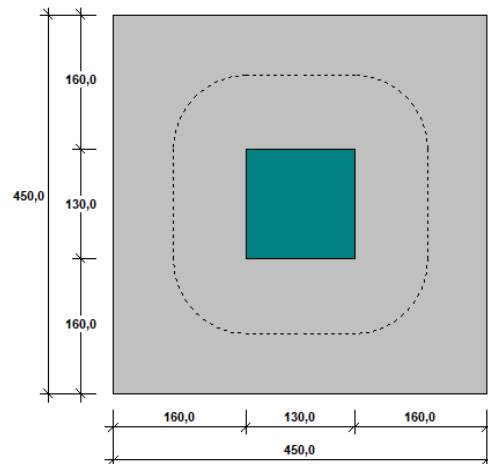
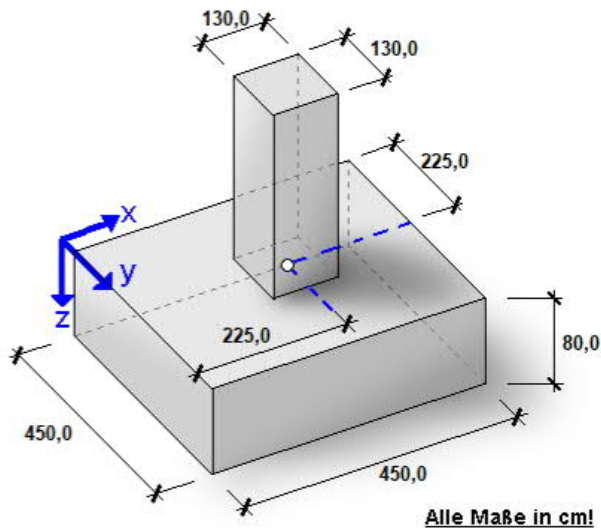
$v_{Rd,max} = 660,694 \text{ kN/m}^2$  (max. Tragfähigkeit gegen Durchstanzen)

**$\Rightarrow v_{Rd,c} \geq v_{Ed} \Rightarrow$  keine Durchstanzbewehrung erforderlich !**



25.04.2024

Position: LK3 Kranfundament\_EMS\_LK3

Einzelfundament (V.29.1) nach EC2 / EC7 + NA Deutschland**Systemwerte :**

bx = 450,0 cm (Fundamentbreite x - Richtung)

by = 450,0 cm (Fundamentbreite y - Richtung)

ax = 225,0 cm (Achsabstand Stütze in x - Richtung)

ay = 225,0 cm (Achsabstand Stütze in y - Richtung)

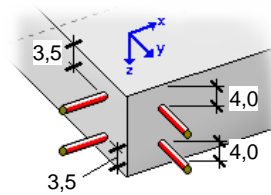
bsx = 130,0 cm (Stützenbreite in x - Richtung)

bsy = 130,0 cm (Stützenbreite in y - Richtung)

tf = 80,0 cm (Fundamentdicke)

Sigma,Rd = 200,00 kN/m² (zul. Bodenpressung, Designwert)

Phi = 27,5° (Sohleibungswinkel)

**Bewehrungsabstände:****Belastungen :**

N, Hx, Hy, Mx und My sind Bemessungslasten (inkl. Sicherheitsbeiwerte)!

Das Eigengewicht vom Fundament wird mit 25,0 kN/m³ berücksichtigt!

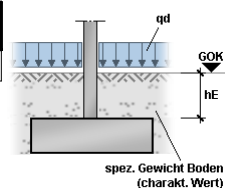
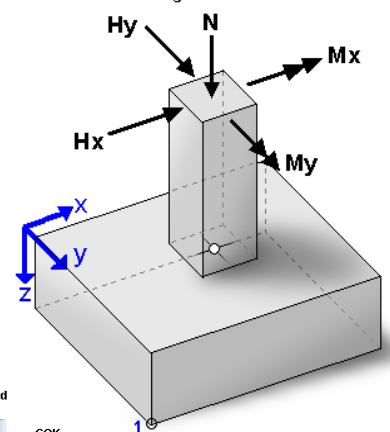
Positive Momente Mx und My erzeugen in Punkt 1 Druckspannungen (s. nebenstehendes Bild)!

LFK Nr.	N [kN]	Hx [kN]	Hy [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1	315,00	82,50	0,00	702,00	0,00

LFK Nr.	Auflast qd [kN/m²]	Höhe Boden [cm]	Gamma Boden [kN/m³]
1	5,00	0	19,00

LFK Nr.	Faktor für Standsicherheit	Faktor Anteil ständ. Lasten
1	0,700	0,600

Alle Kräfte / Momente greifen an OK Fundament an!



25.04.2024

**Nachweis Ausmitten (Kippnachweis) für charakt. Lasten SLS:**Nachweis klaffende Fuge Gesamtlast:  $(e_x/b_x)^2 + (e_y/b_y)^2 \leq 0,111$ Nachweis klaffende Fuge ständige Lasten:  $|e_x|/b_x + |e_y|/b_y \leq 0,166$ 

LFK Nr.	$e_x$ [cm]	$e_y$ [cm]	$(e_x/b_x)^2 + (e_y/b_y)^2$	$ e_x /b_x +  e_y /b_y$	Bemerkung
1	6,7	71,2	0,0252	0,1244	keine / zulässige klaff. Fuge

**Gleitnachweis GEO-2:** $\eta = (R_{t,d} + E_{pt,d}) / T_d \geq 1,00$  ( $\eta=0 \rightarrow$  unzul. klaff. Fuge,  $\eta=100000 \rightarrow H_x/H_y=0$ ,  $\eta = -1 \rightarrow R_{t,d} = 0$ ) $\gamma_{R,h} = 1,100$  [-] (Sicherheitsbeiwert Gleitwiderstand) [= 1,00 bei außergew.LFK]

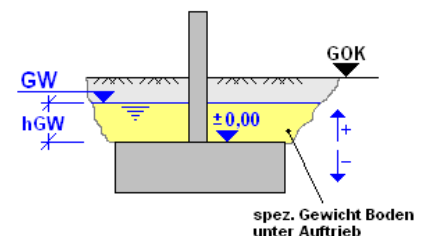
LFK Nr.	$\eta$ [-]
1	3,961

**Grundbruchnachweis GEO-2:** $\eta = V_{d,d} / R_{v,d} \leq 1,00$  ( $\eta = 0,000 \rightarrow$  unzul. klaffende Fuge)Kohäsion  $c_k = 0,00 \text{ kN/m}^2$ Scherwinkel  $\phi_k = 27,50^\circ$ 

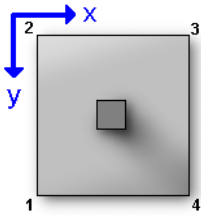
Einbindetiefe / Bodenüberdeckung s. bei Lasteingaben!

 $\gamma_{R,v} = 1,400$  [-] (Sicherheitsbeiwert Grundbruchwiderstand) [= 1,20 bei außergew.LFK]

LFK	$N_{c0}$ [-]	$N_{d0}$ [-]	$N_{b0}$ [-]	$v_c$ [-]	$v_d$ [-]	$v_b$ [-]	$i_c$ [-]	$i_d$ [-]	$i_b$ [-]	$V_{d,d}$ [kN]	$R_{v,d}$ [kN]	$\eta$ [-]
1	24,84	13,93	6,73	1,35	1,33	0,79	0,87	0,88	0,81	959,19	4792,08	0,20

**Nachweis der Lagesicherheit nach EC0:****Sicherheit gegen Abheben:** $\eta = (G_k \cdot \gamma_{G,sup} + G_k \cdot \gamma_{G,inf}) / (Q_k \cdot \gamma_Q + F_{\text{Auftrieb}} \cdot 1,10) \geq 1,00$  $\gamma_{G,sub} = 1,10$  [-] (bzw. 1,00 bei außergew. LFK) $\gamma_{G,inf} = 0,90$  [-] (bzw. 0,95 bei außergew. LFK) $\gamma_Q = 1,50$  [-] (bzw. 1,00 bei außergew. LFK)Es sind keine resultierenden, abhebenden Lasten vorhanden  $\rightarrow$  Nachweis kann entfallen!**Ausmitten (Kippen):** $\max.e_x = 0,11 \text{ m} \leq \text{zul}.e_x = 2,25 \text{ m}$  $\max.e_y = 1,16 \text{ m} \leq \text{zul}.e_y = 2,25 \text{ m}$ **Nachweis der Sicherheit gegen Auftrieb/Aufschwimmen:**Kote Wasser  $h_{GW} = -1000,000 \text{ m}$ Wasserkote liegt unter UK Fundament  $\rightarrow$  kein Auftrieb!**Nachweis Bodenpressungen:**Werte für Bodenpressung in  $[\text{kN/m}^2]$ ;  $\sigma_{m,d} = N_d / (a' \times b')$  zum Vergleich mit  $\sigma_{m,Rd}$ Bodenpressungen sind  $\gamma$ -fach (mit Sicherheitsfaktoren)

LFK Nr.	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 4	$\max.\sigma_{m,d}$	$\sigma_{m,d}$	Bemerkung
1	91,306	0,000	7,553	99,998	99,998	74,514	Nachweis erfüllt



Zuordnung Punkte für Bodenpressung

**Bemessung für Biegung:**

Beton : C30/37

Betonstahl : B500 (A,B)

- ☒ Grenze  $x/d \leq 0.45$  eingehalten (Biegung)
- ☒ Mindestbewehrung (Mindestmomente nach EC2) werden nicht berücksichtigt
- ☒ Verteilung der Bewehrung konstant über  $b_x$  bzw.  $b_y$
- ☒ Bemessungsmomente werden am Stützenanschnitt ermittelt

**Bemessungsmomente: Fett gedruckte Werte = Max.Werte,  $M_{x,Ed}$  bzw.  $M_{y,Ed} = -1 \rightarrow$  unzul. klaffende Fuge**

LFK Nr.	$M_{x,Ed}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]
1	<b>305,9</b>	<b>121,9</b>

**Bemessung für Biegung / erf. Längsbewehrung:**erf.  $A_{sx,unten} = 3,5 \text{ cm}^2$ erf.  $A_{sx,oben} = 0,0 \text{ cm}^2$ erf.  $A_{sy,unten} = 8,9 \text{ cm}^2$ erf.  $A_{sy,oben} = 0,0 \text{ cm}^2$ **Anschlussbewehrung in Stütze:**erf.  $A_s = 0,00 \text{ cm}^2$  ( $\mu_{ue} = 0,00\%$ ,  $\min. A_s = 1,09 \text{ cm}^2$ )

Die Anschlussbewehrung wird für die reine Druck- bzw. Zugkraft ermittelt, ohne Momentenanteile!

**Durchstanznachweis:**

- ☒ Längsbewehrung wird automatisch erhöht, um Stanzbewehrung zu vermeiden
- ☒ Lotrechte Stanzbewehrung
- ☒ Abstand der Bewehrungsreihen untereinander,  $s_r' = 0,50 \times d_m$  (gilt ab 2. Reihe)
- ☒ Abstand der Stanzbewehrung tangential,  $s_t = 20,0 \text{ cm}$  (für Mindestbewehrung)
- ☒ Lasterhöhungsfaktor für Durchstanz (nicht  $\beta$ !)  $f_{Erh} = 1,40 [-]$
- ☒ Beiwert  $\beta$  wird automatisch für unverschiebliche Systeme bestimmt

 $d_m = 0,763 \text{ m}$  (mittlere stat. Höhe)**Kritischer Rundschnitt  $s_{r,crit}$  im Abstand von 0,885 m vom Stützenrand.**Ansetzbare Stützenabmessungen  $a_1 / b_1$  nach EC2 = 1,300 / 1,300 mBemessung als Innenstütze, d.h.  $\beta = 1,10$  (unverschiebliches System) $V_{Ed,Stanz} = 315,000 \text{ kN}$  (ohne Faktor  $f_{Erh}$  und ohne  $\beta$ ) $\sigma_{Bm,d} = 15,556 \text{ kN/m}^2$  (mittlere Bodenpressung als Bemessungswert) $u_{crit} = 10,757 \text{ m}$  $A_{crit} = 8,747 \text{ m}^2$  $V_{Ed,cal} = 335,427 \text{ kN} \rightarrow V_{Ed,cal} = \beta \times (f_{Erh} \times V_{Ed,Stanz} - A_{crit} \times \sigma_{Bm,d})$

25.04.2024

$v_{Ed} = 40,894 \text{ kN/m}^2 \rightarrow v_{Ed} = V_{Ed,cal}/(u_{crit} \times d)$

$\rho_{l,x} = 0,010 \%$  (Bewehrungsgehalt x - Richtung)

$\rho_{l,y} = 0,026 \%$  (Bewehrungsgehalt y - Richtung)

$\rho_{l,m} = 0,016 \%$  (mittl. Bewehrungsgehalt)

$\rho_{l,max} = 1,954 \%$  (max. zul. Bewehrungsgehalt)

$v_{Rd,c} = 471,924 \text{ kN/m}^2$  (Durchstanzwiderstand)  $\rightarrow v_{min} = 273,716 \text{ kN/m}^2$

$v_{Rd,max} = 660,694 \text{ kN/m}^2$  (max. Tragfähigkeit gegen Durchstanzen)

**$\Rightarrow v_{Rd,c} \geq v_{Ed} \Rightarrow$  keine Durchstanzbewehrung erforderlich !**

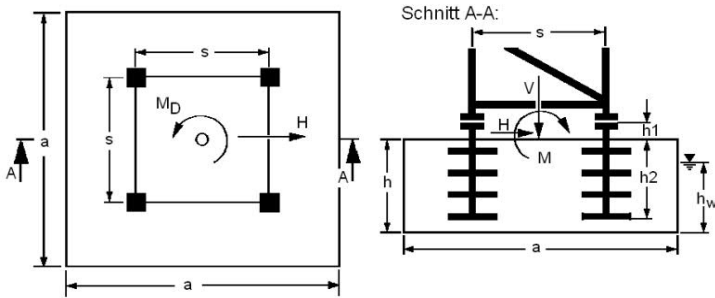
Bemessung Kranfundament

projekt EMS

EMS - Emil Molt Schule

Name	Kran 1
Hersteller	Potain
Typ	E10-14C-DIN-CITY
Ausladung	25
Hakenhöhe	25,3
Fundamentanker	R 16A-1,2
Turmsystem	PA269

Prinzipiskizze Einzelfundamente



Übersicht Nachweise:

Bodenpressung	✓	57%
Gleiten GEO	✓	24%
Kippen GEO	✓	62%
Grundbewehrung unten	As,req: 3,6cm²/m	gew: Ø10 alle 5 cm
Grundbewehrung oben	As,req: 2,8cm²/m	gew: Ø10 alle 5 cm
Balkenbewehrung unten	As,req: 4,1cm²	gew: Ø10 alle 16,6 cm in Streifen b' = 0,5m
Balkenbewehrung oben	As,req: 1,4cm²	gew: Ø10 alle 25 cm in Streifen b' = 0,5m
Bügelbewehrung Balken	As,req: 6,4cm²	gew: Ø14 alle 25 cm

Fundamentabmessungen

a	4,5	m
h	0,8	m
s	1,2	m
h1	0,5	m
h2	0,8	m
Beton	C30/37	
f <sub>ck</sub>	30	kNm³
γ <sub>B</sub>	25	MN/m³
Baustahl:	IVa   B500A (Standard)	
f <sub>y,k</sub>	500	N/mm²
Baugrund: zul. Bodenpressung		
σ <sub>R,soll,k</sub>	150	kN/m²
γ <sub>S</sub>	0	MN/m³ a.d.S.S
φ <sub>k</sub>	27	°
Grundwasserspiegel über Sohle		
hw	0	m
Expositionsklasse		
XC2	XF1	

Funbdamentbelastung (charakterisitsche Belastung nach Krantabelle)

Kran in Betrieb				Kran außer Betrieb					
MD	M	H	V	M	H	V	M	H	V
[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
0	684,42	16,9	354,75	467,61	54,33	314,75	467,61	54,33	314,75

Das Drehmoment (MD) des Oberkranes (Schnitt-Torsionsmoment des Turmes) wird in dieser Berechnung vernachlässigt, da für übliche Flachgründungen nicht Bemessungsrelevant. Grundsätzlich wird eine ausreichende Tragfähigkeit des Baugrunds unterstellt.

Ankerblastung gem. Tabelle, charakterlistisch:

Max Zugkraft	345,35	kN
Max Druckkraft	522,3	kN

Hinweis: Wenn keine Ankerkräfte angegeben sind, wird die maximale Ankerkraft auf der sicheren Seite aus den äußeren Schnittgrößen zurückgerechnet

Ankerbelastung gem. Berechnung: (mit Sicherheitsbelwerten)

Max Zugkraft	516	kN
Max Druckkraft	725	kN

Kran in Montage		
M	H	V
[kNm]	[kN]	[kN]
1	1	1

Nachweis des Fundaments gegen Kippen - Tragfähigkeit des Baugrunds

Maßgebende Belastung in der Fundamentsohle

Moment an der Bodenfuge

$$M_{u,k} = M_K + H_k \cdot h$$

Vertikalkraft an der Bodenfuge

$$V_{u,k} = V_k + h \cdot a^2 \cdot \gamma_B - a^2 \cdot h_w \cdot \gamma_w$$

Exzentrizität

$$e = \frac{M_{u,k}}{V_{u,k}}$$

Bodenpressung bei Belastung parallel zu den Fundamentaussenkanten

dreiecksförmige Bodenpressung:

$$\sigma_{R,soil,k} = \frac{2 \cdot V_{u,k}}{3 \cdot \left(\frac{a}{2-e}\right) \cdot a} \text{ gültig für } \frac{a}{6} < e < \frac{a}{3}$$

trapezförmige Bodenpressung:

$$\sigma_{R,soil,k} = \frac{V_{u,k}}{a^2} \cdot \left(1 + \frac{6e}{a}\right) \text{ gültig für } e < \frac{a}{6}$$

Ergebnisse

	M <sub>u,k</sub> [kNm]	H <sub>u,k</sub> [kN]	V <sub>u,k</sub> [kN]	e [m]	σ für e < a/6 [kN/m²]	σ für a/6 < e < a/3 [kN/m²]	
in Betrieb	706,39	16,9	760	0,93	84	85	e <sub>max</sub> 0,93 m
Sturm von hinten	538,239	54,33	720	0,75	71	71	σ <sub>soil,k,max</sub> 85 kN/m²
Sturm von vorne	538,239	54,33	720	0,75	71	71	
Montage	2,3	1	406	0,01	23	27	

Kontrollen

Exzentrizität

a/60,75

emax0,93

a/31,5

...klaffende Fuge -->Im zulässigen Bereich

Bodenpressung

$\frac{\sigma_{soil,k,max}}{\sigma_{R,soil,k}} < 1.0$

85150

=

0,57

OK

Bodenpressung bei Belastung "über Eck"

Es wird unterstellt, dass die Belastung über Eck dieselben Werte haben, wie bei Parallelstellung.

für ein quadratisches Fundament gilt:

$$M_x = M_y = \frac{M_{u,k}}{\sqrt{2}}$$

$$e_x = e_y = \frac{M_x}{V_{u,k}} = \frac{M_y}{V_{u,k}}$$

Seitenlängen des Ersatzquadrats:

$$a' = a - 2 \cdot e_x$$

Bodenpressung unter Ersatzquadrat

$$\sigma_{R,soil,k,max} = \frac{V_{u,k}}{(a')^2} \quad (\text{konstante Bodenpressung})$$

Ergebnisse

	M <sub>x</sub> = M <sub>y</sub> [kNm]	H <sub>x</sub> = H <sub>y</sub> [kN]	V <sub>u,k</sub> [kN]	e <sub>x</sub> = e <sub>y</sub> [m]	σ <sub>k</sub> [kN/m²]
in Betrieb	499	16,9	760	0,66	75
Sturm von hinten	381	54,33	720	0,53	61
Sturm von vorne	381	54,33	720	0,53	61
Montage	2	1	406	0,00	20

Bodenpressung

$\frac{\sigma_{soil,k,max}}{\sigma_{R,soil,k}} < 1.0$

75150

=

0,50

OK

## Nachweis gegen Gleiten

$$\tan \delta_E = H / V \leq 0,2$$

Bodenart

Abschätzung auf der sicheren Seite

Scherparameter  $\varphi_k$ 

27

Scherparameter  $\delta_{s,k}$ 

18,9

°

Scherparameter  $c_k$ 

0

kN/m<sup>2</sup>Scherparameter  $c_{u,k}$ 

0

kN/m<sup>2</sup>Abminderung  $\varphi_k$ 

0,7

Wird im Gleitnachweis abgemindert

maßgebende Horizontalkraft  $T_d$ 

54,33

kN

maßgebende Vertikalkraft  $N_d$ 

720

kN

Fundamentplatte als Fertigteil

nein

- a) Schnittebene in der Höhe der Sohlfläche  
nichtbindiger oder konsolidierter bindiger Boden

$$R_{t,k} = N_k \cdot \tan(\delta_{s,k})$$

246

kN

- b) Schnittebene im Boden unterhalb der Sohlfläche

$$R_{t,k} = N_k \cdot \tan(\varphi_k) + A \cdot c_k$$

246

kN

$\delta_{s,k}$  bei Sohlflächen aus Ortbeton =  $\varphi_k$  aber < 35°  
bei Fertigteilen 2/3  $\varphi_k$

 $\gamma_{RH}$ 

1,1

Nachweis  $T_d < R_{t,d} + E_{p,d}$  mit  $E_{p,d} = 0$ 

$$R_{t,d} = \frac{R_{t,k}}{\gamma_{GI}}$$

54

kN

&lt;

224

kN

Nachweis erfüllt

**Bemessung des Einzelfundaments nach EN 1992-1-1****Bemessungswerte der Einwirkungen**

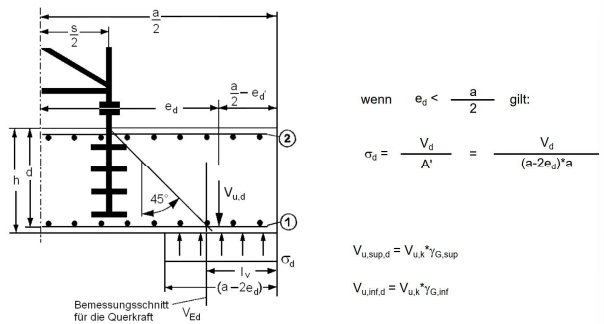
In dieser Berechnung wird davon ausgegangen, dass die Fundamentbelastung nach Theorie 1. Ordnung ermittelt wurde

Empfohlene Teilsicherheitsbeiwerte Bei Fundamentbelastung nach Theorie 1. Ordnung

	M	H	V_günstig	V_ungünstig
	$\gamma_Q$	$\gamma_Q$	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,inf}$
In Betrieb	1,5	1,5	1	1,35
Sturm von hinten	1,35	1,35	1	1,22
Sturm von vorne	1,22	1,22	1	1,10
Montage	1,35	1,35	1	1,22

Bemessungsschnittgrößen an der Fundamentunterseite

Prinzipiskizze zum Bemessungsansatz Fundamentplatte



Bemessungsschnittgrößen

einf. klären

1,11

	$M_{u,d}$ [kNm]	$H_{u,d}$ [kN]	$V_{u,sup,d}$ [kN]	$V_{u,inf,d}$ [kN]	$e_{sup,d}$ [m]	$e_{inf,d}$ [m]	$A'_{sup,d}$ [m²]	$A'_{inf,d}$ [m²]	$\sigma_{sup,d}$ [kN/m²]	$\sigma_{inf,d}$ [kN/m²]
In Betrieb	1060	25	760	1026	1,39	1,03	7,7	11,0	99	94
Sturm von hinten	727	73	720	878	1,01	0,83	11,2	12,8	64	69
Sturm von vorne	657	66	720	792	0,91	0,83	12,0	12,8	60	62
Montage	3	1	406	495	0,01	0,01	20,2	20,2	20	25

Bemessung am Turmanschnitt

$$\text{Bedingung: } \frac{s}{2} < e_d < \frac{a}{2}$$

für die untere Bewehrung gilt:

$$M_{c,1,d} = \frac{V_{u,d}}{a} * \left( e_d - \frac{s}{2} \right) - \gamma_G - \gamma_B * h * \frac{\left( \frac{a}{2} - \frac{s}{2} \right)^2}{2}$$

für die obere Bewehrung gilt:

$$M_{c,2,d} = \gamma_G - \gamma_B * h * \frac{\left( \frac{a}{2} - \frac{s}{2} \right)^2}{2}$$

	$M_{c,1,sup,d}$ [kNm/m]	$M_{c,1,inf,d}$ [kNm/m]	$M_{c,2,sup,d}$ [kNm/m]	$M_{c,2,inf,d}$ [kNm/m]
In Betrieb	107	71	27	37
Sturm von hinten	38	18	27	33
Sturm von vorne	23	13	27	30
Montage	-81	-93	27	33

Maßgebende Bemessungsmomente

untere Bewehrung	max $M_{c,1,d}$	107	kNm/m
obere Bewehrung	max $M_{c,2,d}$	37	kNm/m



Biegebemessung Fundamentplatte mittels w-Verfahren nach DIN EN 1992-1

statische Höhe "d" des Fundaments

min [

$d = h - 2 \cdot c_{min}$   
 $d = 0,9 \cdot h$

Berechnungsparameter

$c_{min}$	5	cm
d	70	cm
b	1	m
zs1	0,3	m
$f_{yd}$	435	N/mm²
$f_{cd}$	17	N/mm²
$f_{ctm}$	2,9	N/mm²
$f_{ck}$	30	N/mm²

Ned

0

kN

Zusätzliche Zugkraft

Bewehrung gem. w-Verfahren

gewählt

	Meds	$\mu_{Eds}$	$\omega$	as,req	Ø	Anzahl	as,exlst	
	[kNm]	-	-	[cm²/m]	mm	Stäbe/m	[cm²/m]	
unten	107	0,0128	0,0130	3,6	Ø10	5	3,93	ok
oben	37	0,0100	0,0101	2,8	Ø10	5	3,93	ok

Nachweis der Querkrafttragfähigkeit

Bemessungsquerkraft

Es gilt:

$V_{ed} = \sigma_d \cdot l_v$

mit

$l_v = \frac{a}{2} - \frac{s}{2} - d$

$l_v$

0,95

m

$l_{v,max} =$

a - 2 · e<sub>d</sub>

max. V<sub>Ed</sub>

93,8

kN/m

	V <sub>Ed,sup</sub>	V <sub>Ed,inf</sub>	l <sub>v,max,sup</sub>	l <sub>v,max,inf</sub>
	[kN/m]	[kN/m]	[m]	[m]
in Betrieb	94	89	1,71	2,44
Sturm von hinten	61	65	2,48	2,84
Sturm von vorne	57	59	2,68	2,84
Montage	19	23	4,48	4,49

$V_{Rd,c} = (C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck} \cdot b' \cdot d} > (v_{Min} \cdot b' \cdot d)$

Querkraftbewehrung

V <sub>Rd,c</sub> =	255,09	kN/m	Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
gammac	1,5		
k	1,53	<2	
ρ	0,0011	0,02	0,0009825 ok
f <sub>ck</sub>	30		
σ <sub>cp</sub>	0	<0,2 · F <sub>cd</sub>	ok
A <sub>ts</sub>	7,86		
b	1		
k <sub>1</sub>	0,053		
v <sub>min</sub>	0,364		Rechnerisch keine Querkraftbewehrung erfor
V <sub>Rd,c,min</sub>	255,09		

Querkraftbewehrung:

V <sub>Ed</sub>	93,8	
V <sub>Rd,cc</sub>	4,70	
CoITeta	1,26	45,34659308 °
CoITeta*	1,26	45,34659308 °
ρ <sub>min</sub>	0,928	*
A <sub>sw</sub> /S <sub>w</sub>	2,5	cm²/m
min asw	2,784	

Bügelbewehrung

notwendiger Abstand [cm]

Ø10

25

\*da es sich bei Kranfundamenten um Bauteile mit geringer Lebensdauer handelt, wird in der Regel nicht die nach Norm verlangte Mindestbewehrung eingelegt.

**Nachweis der lokalen Lasteinleitung durch die Fundamentanker**

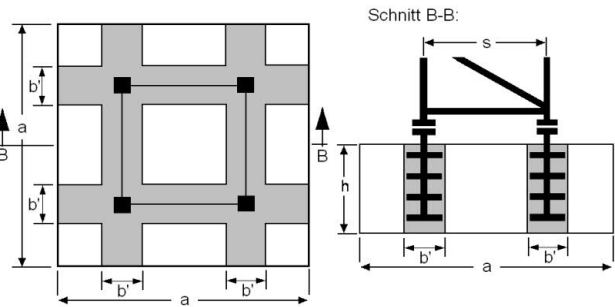
Ermittlung der maximalen Ankerkräfte

Sofern die maximalen Ankerkräfte nicht anderweitig angegeben sind, können diese näherungsweise aus den Fundamentbelastungen wie folgt ermittelt werden:

$$\text{maximale Druckkraft: } |P_d| = \gamma_Q \cdot \frac{M_k}{s \cdot \sqrt{2}} + \gamma_G \cdot \frac{V_k}{4}$$

$$\text{maximale Zugkraft: } |T_d| = \gamma_Q \cdot \frac{M_k}{s \cdot \sqrt{2}} - \gamma_G \cdot \frac{V_k}{4}$$

	$P_{\text{sup,d}}$ [kN]	$P_{\text{inf,d}}$ [kN]	$T_{\text{sup,d}}$ [kN]	$T_{\text{inf,d}}$ [kN]
in Betrieb	694	725	516,26	485,22
Sturm von hinten	451	468	293,29	275,98
Sturm von vorne	415	423	257,47	249,60
Montage	1	1	0,55	0,49

maximale Druckkraft: **725** kNmaximale Zugkraft: **516** kN**Durchstanznachweis mittels Balkenmethode****Nachweis über Innere Tragbalken**

$$b' = 0,4 \cdot s \quad \begin{matrix} 0,48 \\ \text{m} \end{matrix}$$

**Prinzipskizze zur Balkenmethode:**

gewählt  $b' = 0,5 \quad \begin{matrix} 0,5 \\ \text{m} \end{matrix}$

Erläuterung:

Da die Anwendbarkeit des Durchstanznachweises nach EN 1992 nicht klar geregelt ist (Lasteinleitung nicht an der Plattenoberseite, Überschneidungen von Durchstanzkegeln), wird hier eine alternative Berechnungsmethode mittels der Balkenmethode durchgeführt, welche zudem eine einfachere Bewehrungsführung ermöglicht.

Die Fundamentplatte wird dabei gedanklich in mehrere innere Tragbalken aufgeteilt, welche die komplette Lastabtragung (vor allem hinsichtlich der auftretenden Querkraft) übernehmen sollen (siehe Abbildung).

Eine ausreichend gleichmäßige Lasteinleitung durch die Fundamentanker in die Tragbalken ist durch die angeschweißten Querprofile gewährleistet, ein direktes lokales Versagen kann daher ausgeschlossen werden.

Die statische Höhe der Tragbalken kann mit der statischen Höhe der Fundamentplatte gleichgesetzt werden.

Die Balkenbreite ( $b'$ ) wird mit ca. **40%** des Maßes für das Turmsystem ( $s$ ) angenommen. Somit ist eine Überschneidung der Tragbalken ausgeschlossen und eine klare Lastzuweisung je Balken gegeben. Maßgebend für die Bemessung ist, wie bei der Plattenbemessung, die Belastung parallel zu den Fundamentaussenkanten.

**Die Balkenbreite wird mit ca. 40% bis 50% des Turmsystems angenommen.**

Die Schnittgrößen der Plattenbemessung werden ausschließlich den zwei Tragbalken zugewiesen.

Bemessungsschnittgrößen des Balkens

Bemessungsmoment	$M_{b,d} = M_{c,d} \cdot a/2$	unten	$M_{b,1,d} =$	<b>240,6</b> kNm
		oben	$M_{b,2,d} =$	<b>82,7</b> kNm
Bemessungsquerkraft	$V_{b,Ed} = \max V_{Ed} \cdot a/2$		$V_{b,Ed} =$	<b>211,0</b> kNm

**Biegebemessung der Tragbalken mittels w-Verfahren nach DIN EN 1992-1**

statische Höhe "d" des Fundaments

$$\min [ \quad d = h - 2 \cdot c_{\min} \\ d = 0,9 \cdot h$$

Berechnungsparameter

$c_{\min}$	5 cm
$d$	70 cm
$b$	0,5 m
$z_{s1}$	0,3 m
$f_{yd}$	435 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	17 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	2,9 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ek}$	30 N/mm <sup>2</sup>

Ned **0** kN      Zusätzliche Zugkraft

Bewehrung gem. w-Verfahren

	$M_{Eds}$ [kNm]	$\mu_{Eds}$	$\omega$	$a_{s,req}$ [cm <sup>2</sup> /m]	Ø	Anzahl Stäbe/m	$a_{s,exlst}$ [cm <sup>2</sup> /m]	
unten	241	0,0289	0,0295	<b>4,1</b>	<b>Ø10</b>	<b>6</b>	<b>4,71</b>	ok
oben	83	0,0100	0,0101	<b>1,4</b>	<b>Ø10</b>	<b>4</b>	<b>3,14</b>	ok

## Nachweis der Querkrafttragfähigkeit

## Querkraftbewehrung

$V_{Rd,c}$	255,1	kN/m	Aufnehmbare Querkraft ohne Querkraftbewehrung
$\gamma_{mac}$	1,5		
$k$	1,535	<2	
$\rho$	0,002	0,02	0,0019625 ok
$f_{ck}$	30,0		
$\sigma_{cp}$	0,0	<0,2*Fcd	ok
$A_{ts}$	7,85		
$b$	0,5		
$z^*$	0,6	m	0,9*d
$k_1$	0,053		
$V_{min}$	0,364		Rechnerisch keine Querkraftbewehrung erforderlich
$V_{Rd,c,min}$	127,5		

Querkraftbewehrung:

$V_{Ed}$	211,0
$V_{Rd,max}$	2189,3
$V_{Rd,cc}$	2,3491
$\cot\theta$	1,2135
$\cot\theta^*$	1,2135
$\rho_{min}$	0,928
$A_{sw}/S_w$	6,4
min asw	2,784

47,21 °  
47,21 °

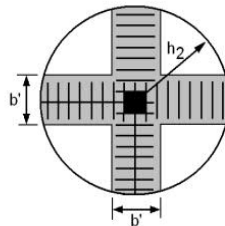
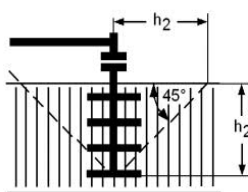
\*da es sich bei Kranfundamenten um Bauteile mit geringer Lebensdauer handelt, wird in der Regel nicht die nach Norm verlangte Mindestbewehrung eingelegt.

Bügelbewehrung	notwendiger Abstand [cm]	2-Schnittig
Ø14	25	asw,exist 12,32 cm²/m

## Kontrolle der ausreichenden Auszugsbewehrung im Balken

Unter Annahme einer Lastausbreitung von 45° der Zugkraft von der Unterkante des Ankers, können die vertikalen Schenkel der Schubbewehrung als Auszugsbewehrung berücksichtigt werden.

Prinzipskizze Zugverankerung



$$A_{s,exist} = \eta \cdot h_2 \cdot a_{s,exist}$$

$$\eta = \frac{1,0}{s_a} \cdot s_a \quad [m]$$

 $\eta$  Faktor zur Berücksichtigung des Bewehrungsabstandes.

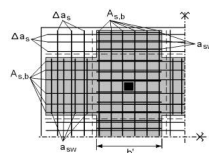
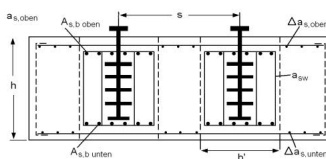
$$A_{s,req} = \frac{T_{max,d}}{f_{yd}}$$

gewählte Bewehrung  
(2\*2-Schnittig)

$A_{s,req}$	11,87 cm²
-------------	-----------

$A_{s,exist}$	24,6
---------------	------

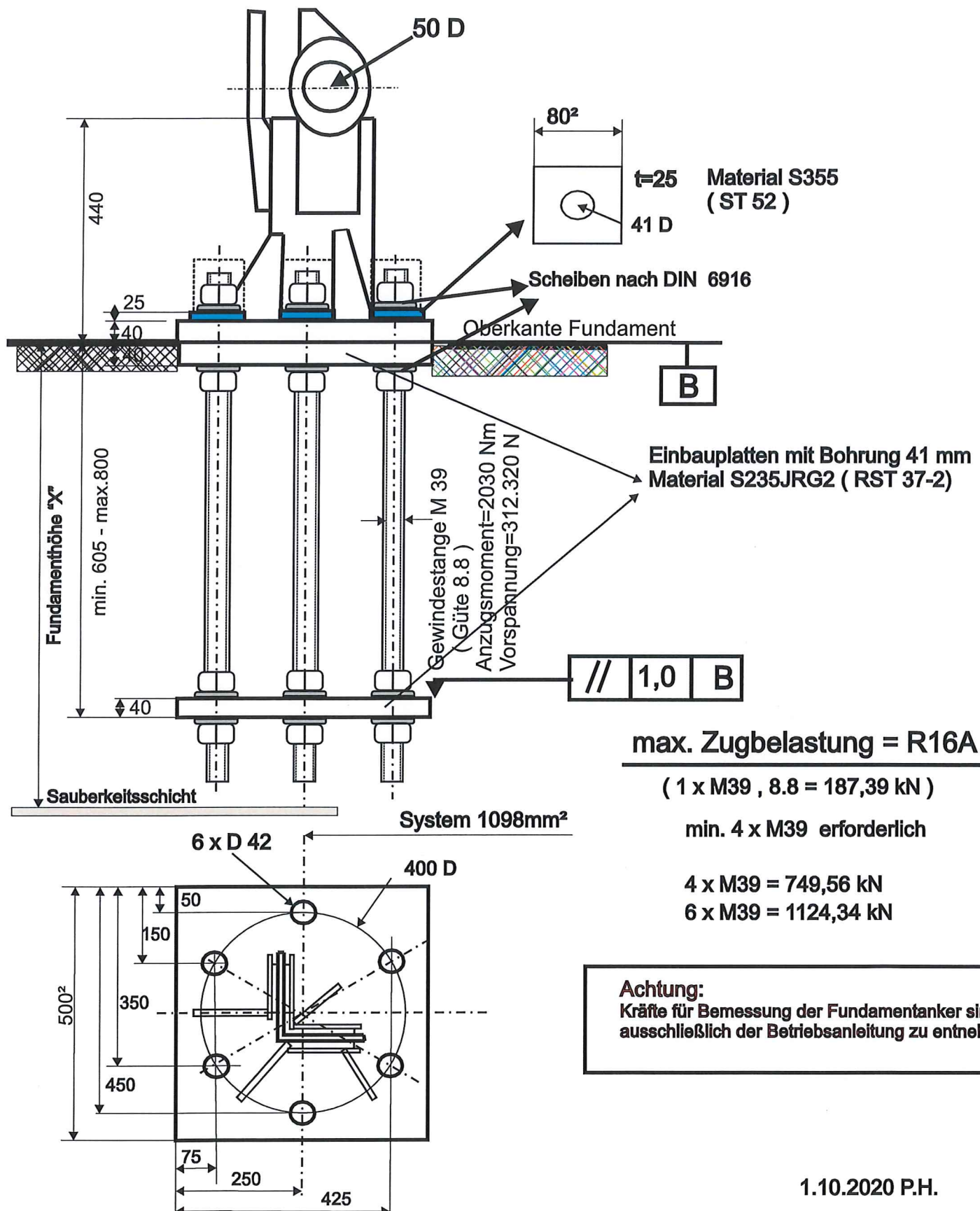
Nachweis erfüllt



## 5.2. Herstelleranalgen

- Anker\_Reaktionskräfte\_HH 25,30 m AL 30,00 m\_E 10-14 C\_Claszeile 60-66\_14165 Berlin
- E 10 14 C (City Crane)
- Legende Belastungs- & Reaktionskräfte (alt)
- Erläuterungen Reaktionskrafttabellen (alt)

# R 16A-1,2m Mast ( Einbau mit M 39 )



2/1

# Fundamentbelastungen-P/R16A-E10-14C-DIN(1,2m Mast)

E10-14C - DIN - CITY - PA269 - PA274 -

EN SERVICE - IN BETRIEB - IN SERVICE

H/SC m	P kg	M m/kg	ET kg	Kräfte-Kg	
				Zugkraft am Anker	Druckkraft am Anker
13.30	32563	50065	1225	23609	39891
16.30	33291	53313	1342	25487	42133
19.30	34019	56922	1459	27594	44603
22.30	34747	62390	1577	30879	48253
25.30	35475	68442	1694	34535	52273
28.30	36203	75040	1811	38538	56639
31.30	36931	82152	1928	42866	61331

E10-14C - DIN - CITY - PA269 - PA274 -

HORS SERVICE - AUSSER BETRIEB - OUT IN SERVICE

H/SC m	P kg	M m/kg	ET kg	Kräfte-Kg	
				Zugkraft am Anker	Druckkraft am Anker
13.30	28563	41310	3401	19057	33338
16.30	29291	41310	3776	18875	33520
19.30	30019	41310	4151	18693	33702
22.30	30747	41310	4814	18511	33884
25.30	31475	46761	5433	21786	37523
28.30	32203	65093	5949	33230	49331
31.30	32931	84971	6464	45654	62119

COUPLE TORSION MAXIMAL 10855 m/kg  
 MAXIMALES TORSIONSMOMENT  
 MAXIMUM SLEWING TORQUE

2A.5.051.35 /

EFFORTS - REACTIONS

C. - COMPOSITION DU PYLONE  
H. - HAUTEUR SOUS CROCHET EN m - VOIR DATA  
P. - POIDS  
M. - MOMENT MAXI  
E.T. - EFFORT TRANCHANT  
R. - REACTIONS  
TRACT. - TRACTION  
COMP. - COMPRESSION  
E.S. - EN SERVICE  
H.S. - HORS SERVICE  
C.T.M. - COUPLE DE TORSION MAXIMUM

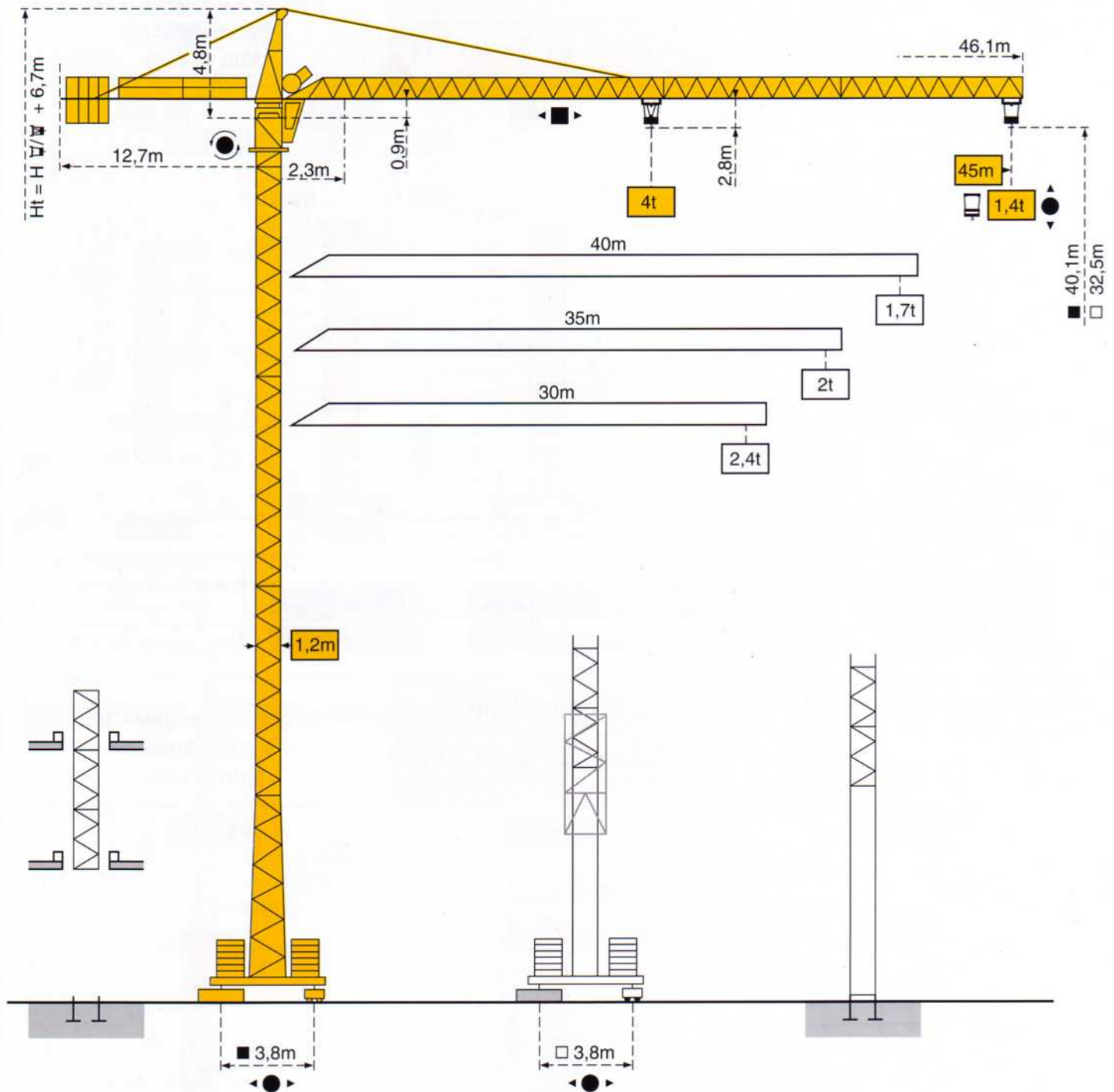
BELASTUNGKRÄFTE - REAKTIONSKRÄFTE

C. - MASTZUSAMMENSETZUNG  
H. - HAKENHÖHE IN m - SIEHE DATENBLATT  
P. - GEWICHT  
M. - MAXIMALES MOMENT  
E.T. - SCHÜBKRAFT  
R. - REAKTIONSKRÄFTE  
TRACT. - ZUGBEANSPRUCHUNG  
COMP. - DRUCKBEANSPRUCHUNG  
E.S. - IN BETRIEB  
H.S. - AUSSER BETRIEB  
C.T.M. - MAXIMALES TORSIONSMOMENT

LOADS - REACTIONS

C. - MAST COMPOSITION  
H. - HOOK HEIGHT IN m - SEE DATA  
P. - WEIGHT  
M. - MAXIMUM MOMENT  
E.T. - SHEARING FORCE  
R. - REACTIONS  
TRACT. - TENSILE LOAD  
COMP. - COMPRESSIVE STRESS  
E.S. - IN SERVICE  
H.S. - OUT OF SERVICE  
C.T.M. - MAXIMUM TORSIONAL MOMENT





**CITY CRANE E10-14C <sup>DIN</sup>**

**POTAIN **



Mats - Maste - Masts - Mástil - Torre



1,2m

$$H_{\text{m}} = H_{\text{c}} / \text{m} + 0,7 \text{ m}$$

 Flèche - Ausleger - Jib  
 Flecha - Braccio  
 30m → 45m

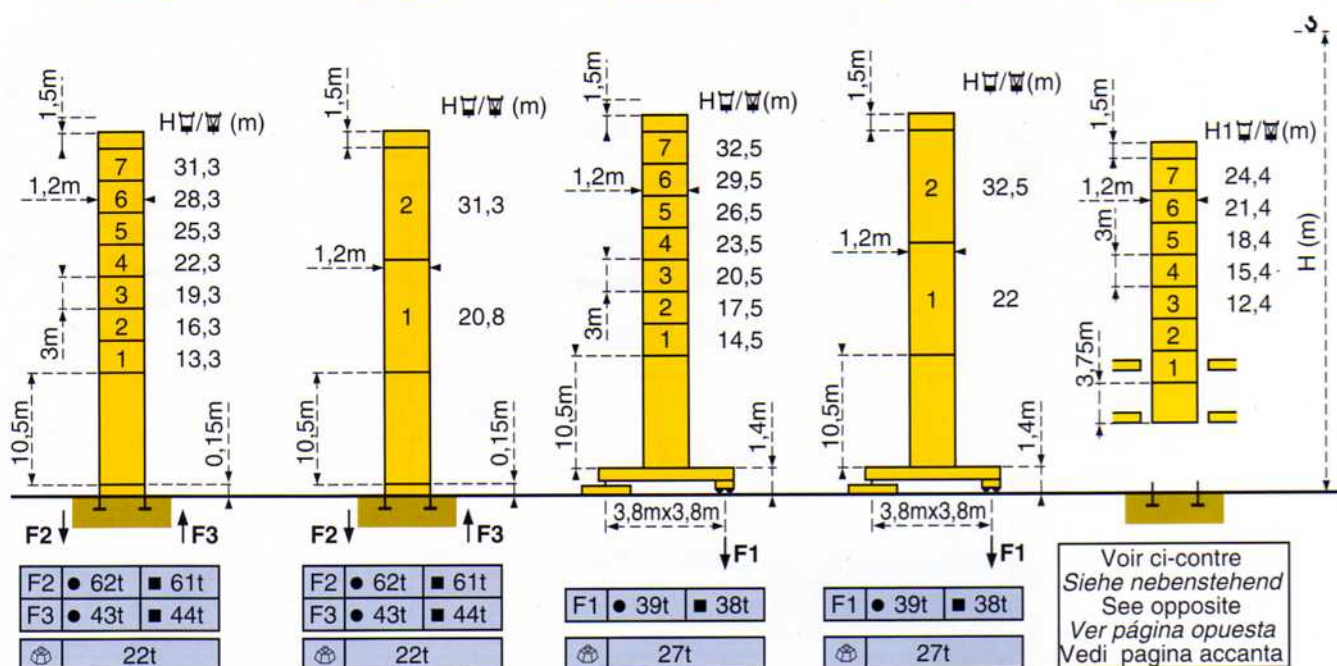
PA 269

PA 274

ZF 269

ZF 274

BA 25A



Mats - Maste - Masts - Mástil - Torre



1,6m / 1,2m

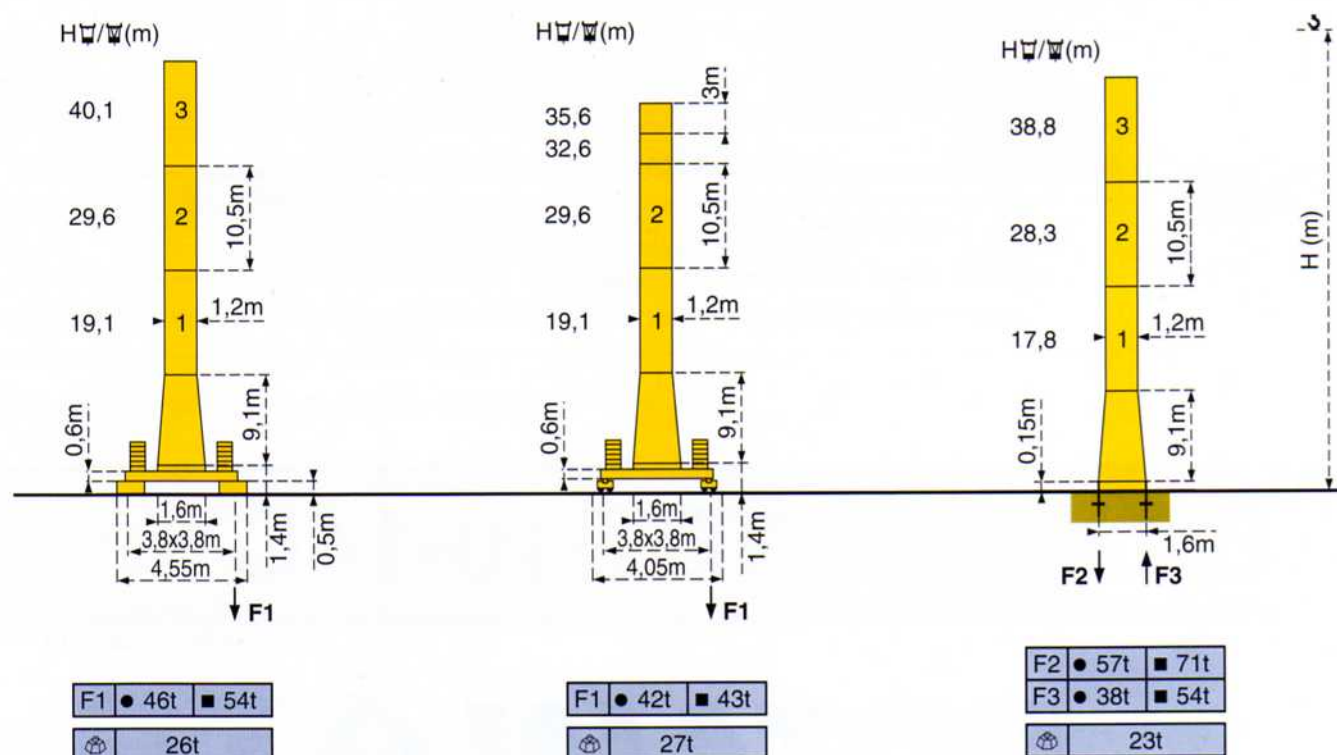
$$H_{\text{m}} = H_{\text{c}} / \text{m} + 0,7 \text{ m}$$

 Flèche - Ausleger - Jib  
 Flecha - Braccio  
 30m → 45m

ZC m 259

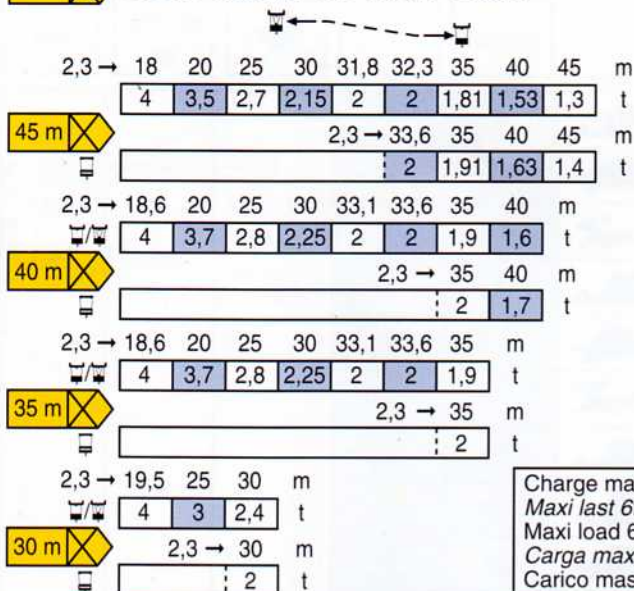
ZC m 260

PA m 259






















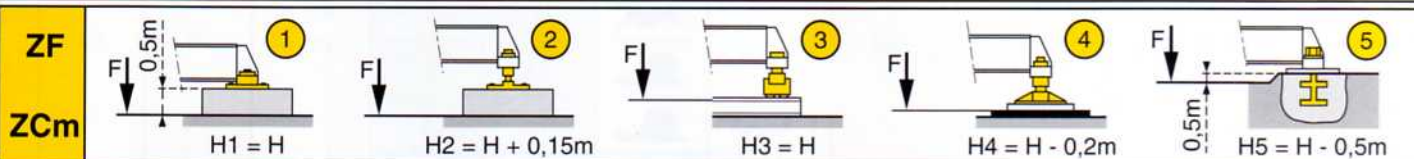
F = Réactions - Eckdrücke - Reactions - Reacciones - Reazioni

 Flèche Ausleger Jib Flecha Braccio

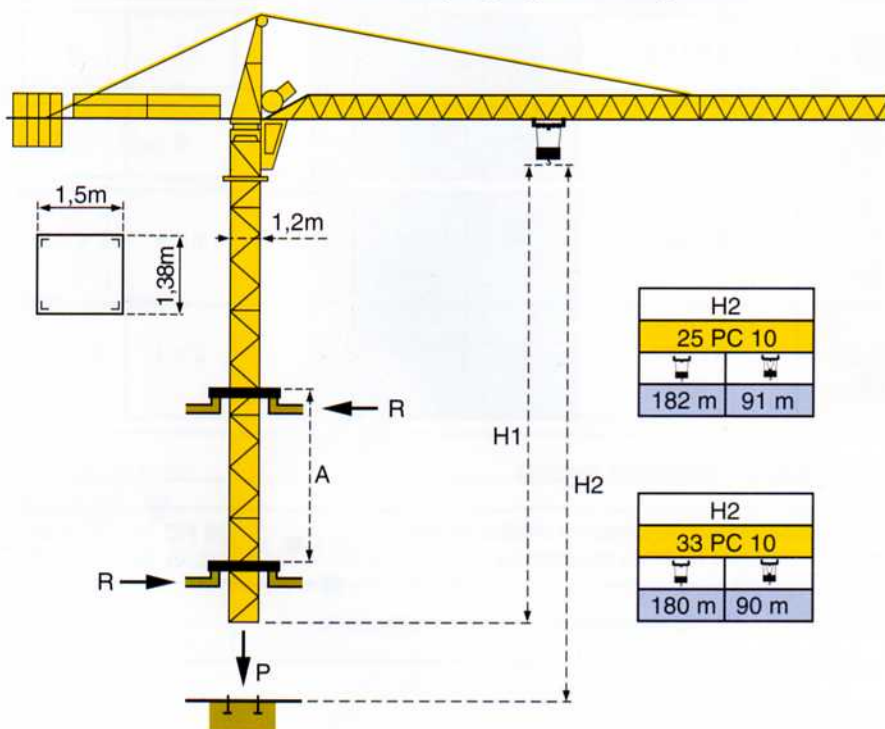


Charge maxi 6t Nous consulter  
Maxi last 6t Auf Anfrage  
Maxi load 6t Consult us  
Carga maxi 6t Consultarnos  
Carico massi 6t Consultateci



-  Chariot standard  (En cas d'utilisation  déduire 0,1 t aux charges  ).
-  Chariot optionnel 2 brins uniquement.
-  Standardlaufkatze 2/4 Stränge. (Bei Einsatz von  ist 0,1 t der Lasten von  abzuziehen).
-  Laufkatze in Sonderausführung mit nur 2 Strängen.
-  Standard trolley 2/4 fall. (When using  subtract 0,1 t from the loads  ).
-  Optional trolley 2 fall only.
-  Carro standard 2/4 ramales. (En caso de utilizacion  quitar 0,1 t de las cargas  ).
-  Carro opcional en 2 ramales solamente.
-  Carrellino standard tiro in 2a/4a (Usando tiro in 4a togliere 0,1 t ai valori di carico).
-  Carrellino in opzione solo con tiro in 2a.





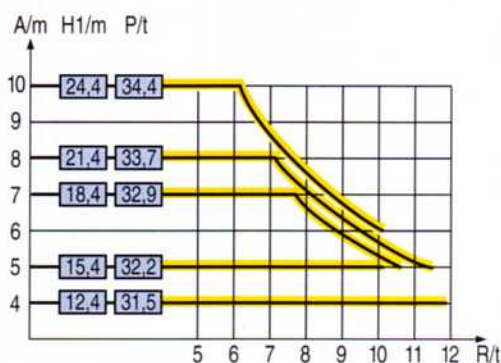
**Télescopage sur dalles - Kletterkrane im Gebäude - Climbing crane**  
**Telescopage gruas trepadoras - Gru in cavedio**



BA 25A

H2	
25 PC 10	
	
182 m	91 m

H2	
33 PC 10	
	
180 m	90 m



A Distance entre cadres  
H1 Hauteur grue  
P Poids de la grue (en service)  
R Réaction horizontale

A Abstand zwischen den Rahmen  
H1 Kranhöhe  
P Krangewicht (in Betrieb)  
R Horizontalkräfte

A Distance between collars  
H1 Crane height  
P Crane weight (in service)  
R Horizontal reaction

A Distancia entra marcos  
H1 Altura grúa  
P Peso de la grúa (en servicio)  
R Reaccion horizontal

A Distanza fra i telai  
H1 Altezza gru  
P Peso della gru (in servizio)  
R Reazione orizzontale


● En service  
■ Hors service


● In Betrieb  
■ Ausser Betrieb


● In service  
■ Out of service


● En servicio  
■ Fuera de servicio


● In servizio  
■ Fuori servizio

 A vide sans lest avec flèche et hauteur maximum.


























 Ohne Last und Ballast mit Maximalausleger und Maximalhöhe.

 Without load and ballast with longest jib and maximum height.

 Sin carga, sin lastre con flecha y altura máximas.

 A vuoto senza zavorra e con braccio massimo e altezza massima.



				m/min	t		ch -PS hp	kW	
Levage Heben Hoisting Elevación Sollevamento	25 PC 10 			8	2	364 m > 364 m *	25	18,4	
				45	2				
				90	1				
				4	4				
				22,5	4				
				45	2				
	33LVF10 			7,1	2	361 m > 361 m *	33	24	
				19,1	2				
				60	2				
				120	1				
				3,6	4				
				9,6	4				
				30	4				
				60	2				
Distribution - Katzfahren - Trolleying Distribución - Distribuzione			4 D3 V3	15 30 58			4	3	
Orientation - Schwenken - Slewing Orientación - Rotazione			RCV 55	0 → 0,8 tr/min U/min-rpm			8	5,0	
Translation Kranfahren Travelling Traslación Traslazione	ZF 	TVD 324 C1		26			2 x 4	2 x 2,9	
	ZC 	RT 224		25			2 x 4	2 x 2,9	
Réseau - Netzstrom - Mains supply - Red - Rete elettrica							380V.50Hz		
Puissance électrique nécessaire - Anschlusswert - Necessary electric power Potencia electrica necesaria - Potenza elettrica necessaria							25 PC 10 : 35 KVA 33LVF10 : 45 KVA		
Groupe électrogène - Stromaggregat - Generator set - Grupo electrogeno - Gruppo elettrogeno							*		

\*Nous consulter - Auf Anfrage - Consult us - Consultarnos - Consultateci

Conforme à la directive CEE 84/534 sur le niveau acoustique - Gemäss EWG-Richtlinie 84/534 Schall- Leistungspegel  
In compliance with the EEC 84/534 Instruction on noise level - Conforme con la direttiva CEE 84/534 sobre el nivel acustico  
Conforme colla direttiva CEE 84/534 sul livello acustico



DIN 15018 H1 B3

Copyright.Reproduction interdite © POTAIN 1992

**POTAIN** 

GRUPE LEGRIS INDUSTRIES

18.Rue de Charbonnières, B.P. 173-F 69132 ECULLY Cedex  
Tél. 72.20.20.20 - Télex 375 213 - Fax 72.20.20.00

POTAIN GmbH Deutschland Tel : 06.105.704.0  
POTAIN U.K. Great Britain Tel : 0895.44.52.61  
Simma POTAIN Italia Tel : 02.97.96.71  
POTAIN Portugal Portugal Tel : 02.968.08.89

**CITY CRANE E10-14C** DIN

Réf. 1992.45 LFJ 3

Modifiche riservate

Modificaciones reservadas

Subject to modification

Änderungen vorbehalten

Modifications réservées

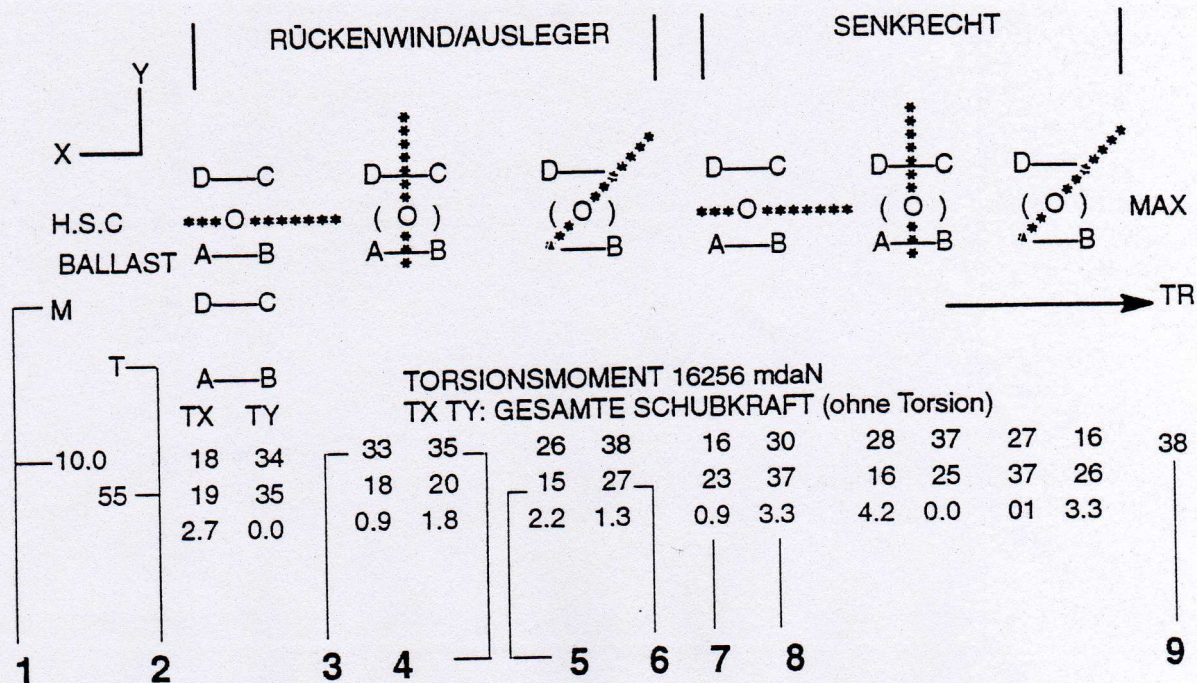
Printed in France

Réalisation SODIPE



### 3. 4. 6. ERLÄUTERUNGEN UND LEGENDEN DER TABELLEN "REAKTIONSKRÄFTE"

Diese Erläuterungen und Legendensind für alle Tabellen "Reaktionskräfte" gültig (Unterwagen mit Schienenfahrwerk, stationär, Fundamentkreuz auf Schienenfahrwerk usw.....).



- 1 - Hakenhöhe in m.
- 2 - Ballastwert in t.
- 3-4-5-6- Senkrechte Reaktionskräfte in t auf die Ecken D, C, A, B.
- 7 - Wert von TX in t.
- 8 - Wert von TY in t.
- 9 - Maximale senkrechte Reaktionskraft in t.
- H.S.C. = Hakenhöhe in m.
- TX - TY = Gesamte Schubkraft.
- TR = Richtung der Schienen für Kran mit Schienenfahrwerk.

