

**Bauherr/Auftraggeber:**

MVB – Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH

**Projekt:**

2. Nord-Süd-Verbindung Straßenbahn in Magdeburg  
BA4-Damaschkeplatz bis Hermann-Bruse-Platz

**Bauteile:**

Gründungsplatten für zwei Gleichrichterunterwerke (GUW)  
an Hst. Albert-Vater-Straße und Hermann-Bruse-Platz

Statische Berechnung  
der Gründungsplatten

Genehmigungsplanung

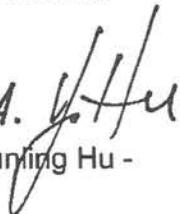
Projekt-Nr.: KB 1607

**Aufgestellt:**

SPIEKERMANN GmbH  
CONSULTING ENGINEERS  
Fritz-Vornfelde-Str. 12  
40547 Düsseldorf  
Tel. 0211 / 5236-0

Düsseldorf, den 23.06.2017

**Bearbeiter:**

i.A.   
-Yunling Hu -

i.V. A.   
- Herbert Meerkamp -

## Inhalt

<b>1</b>	<b>VORBEMERKUNGEN .....</b>	<b>2</b>
1.1	ALLGEMEINES .....	2
1.2	VORSCHRIFTEN UND RICHTLINIEN .....	4
1.3	LITERATUR.....	4
1.4	UNTERLAGEN.....	4
1.5	BAUSTOFFE/EXPOSITIONSKLASSEN.....	4
1.6	BODENKENNWERTE UND GRUNDWASSERSTAND .....	5
1.7	ZULÄSSIGE RISSBREITEN.....	7
1.8	SOFTWARE .....	8
<b>2</b>	<b>ÜBERSICHTSPLÄNE .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>LASTEN .....</b>	<b>10</b>
3.1	EIGENLASTEN .....	10
3.2	LASTEN AUS EIGENGEWICHT KELLER-FT-ZELLEN.....	10
3.3	LASTEN AUS DEN HOCHBAU-FT-TEILEN .....	10
3.4	NUTZLASTEN AUF BODENPLATTE .....	13
3.5	NUTZLASTEN IN GLEICHRICHTERUNTERWERKEN AUF BODENPLATTEN.....	14
3.6	NUTZLASTEN AUS ZWISCHENBODEN.....	14
<b>4</b>	<b>STATISCHE BERECHNUNG.....</b>	<b>15</b>
4.1	STATISCHES SYSTEM: .....	15
4.2	EINGEGEBENE LASTEN: .....	18
4.3	ÜBERLAGERUNG DER LASTEN: .....	22
4.4	SOHLDRUCK UND VERFORMUNG .....	24
4.5	MAßGEBENDE SCHNITTGRÖßEN .....	27
4.6	STATISCH ERFORDERLICHE BEWEHRUNG .....	29
4.7	MINDESTBEWEHRUNGEN .....	31
<b>5</b>	<b>SCHLUSSEITE .....</b>	<b>33</b>

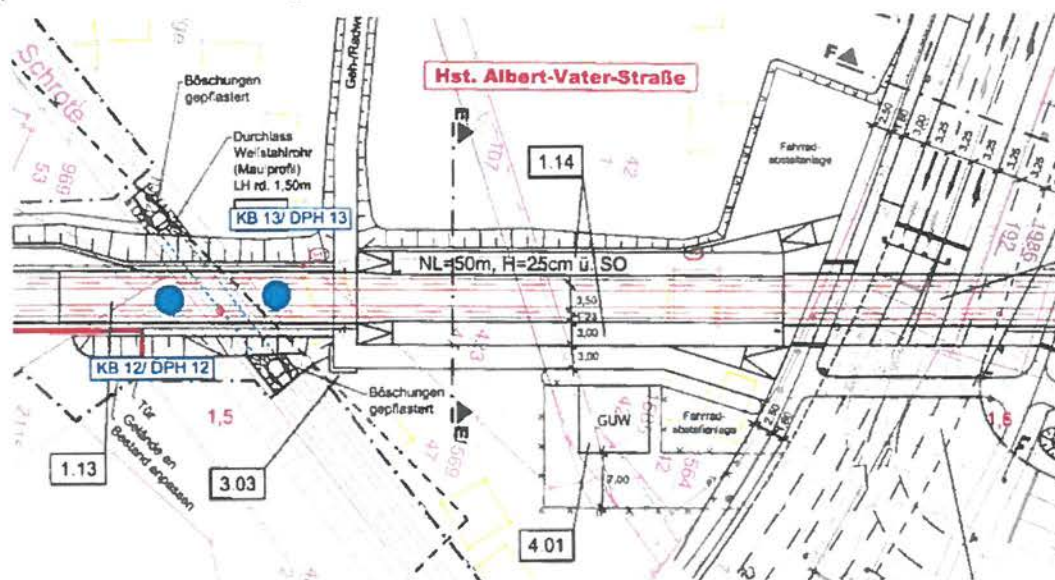
Bauteil:	Archiv- Nr.:
Block:	
Vorgang:	

## 1 Vorbemerkungen

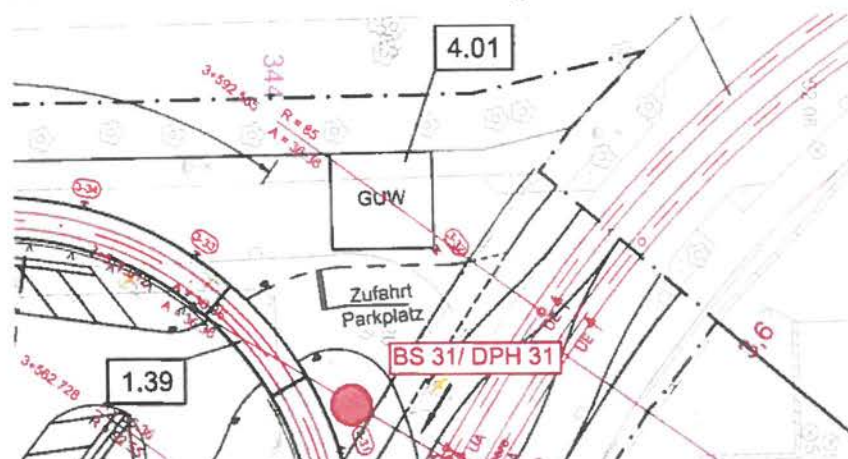
## 1.1 Allgemeines

Im Rahmen des Neubauprojektes „2. Nord-Süd-Verbindung Straßenbahn in Magdeburg BA4-Damaschkeplatz bis Hermann-Bruse-Platz“ werden zwei neue Gleichrichterunterwerke (GUW) geplant.

Ein GUW davon befindet sich an der Hst. Albert-Vater-Straße zwischen km1,5 und 1,6 (Pos. 4.01 auf dem folgenden Ausschnitt):



und das zweite GUW bei km 3+592.565, s. Pos. 4.01 auf dem folgenden Ausschnitt (nicht weit von der Hst. Hermann-Kruse-Platz):



Bauteil: Gründungsplatte	Archiv-Nr.:
Block: Vorbemerkungen	
Vorgang: Allgemeines	



Die beiden Gleichrichterunterwerke sind identisch und haben gleiche Abmessungen. Das Gebäude ist eingeschossig und besteht aus drei Einheiten mit vorgefertigten Stahlbetondecken/-wänden, drei Keller-Fertigteil-Zellen mit Stahlbetonbodenplatten und einer gemeinsamen Gründungsplatte aus Ort beton (s. Grundriss/Schnitt in Abs. 2), die mit einer Flachgründung im Geschiebemergel und/oder Schluff liegt.

Für die FT-Bauteile existiert schon eine Baustatik [2].

Das Gegenstand der vorliegenden Statik ist die statische Berechnung der Gründungsplatte unter Berücksichtigung der Lasten aus den FT-Bauteilen und den Bodenkennwerten nach dem neuen Bodengutachten:

Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen für das Bauvorhaben 2. Nord-Süd-Verbindung Straßenbahn in Magdeburg BA4 (Stand vom 02.06.2017), erstellt durch

Geotechnisches Ingenieurbüro  
Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH  
Stöhrerstraße 14  
04347 Leipzig

Der Bauherr wird darauf hingewiesen, dass aus bauphysikalischen Baustoffeinflüssen, kleineren Setzungsunterschieden sowie Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel und ausführungstechnisch zulässigen Toleranzen optische Beeinträchtigungen aus Formänderungen, z.B. in Form von Rissen entstehen können. Diese Formänderungen sind für die Massivbauweise üblich, beeinträchtigen die Standsicherheit nicht und würden nur durch einen erheblichen zusätzlichen konstruktiven und wirtschaftlich nicht zu vertretenden Mehraufwand zu verringern sein.

Bauteil: Gründungsplatte	Seite: 3	Archiv-Nr.:
Block: Vorbemerkungen		
Vorgang: Allgemeines		

## 1.2 Vorschriften und Richtlinien

EN DIN 1990 (EC0) – Grundlagen der Tragwerksplanung  
 EN DIN 1991 (EC1) – Einwirkungen auf Tragwerke  
 EN DIN 1992 (EC2) – Bemessung und Konstruktion von Stahlbetontragwerken  
 EN DIN 1997 (EC7) – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik  
 WU-Richtlinie des DAfStb

## 1.3 Literatur

Schneider Bautabellen, 22. Auflage

## 1.4 Unterlagen

[1] Entwurfsplanung/Objektplanung  
 [2] Statische Berechnung Schalthaus von Dipl.-Ing. M. Jaschke

## 1.5 Baustoffe/Expositionsklassen

Sauberkeitsschicht: C 12/15, X0

Unterbeton: C 8/10, X0

Stahlbetonteile

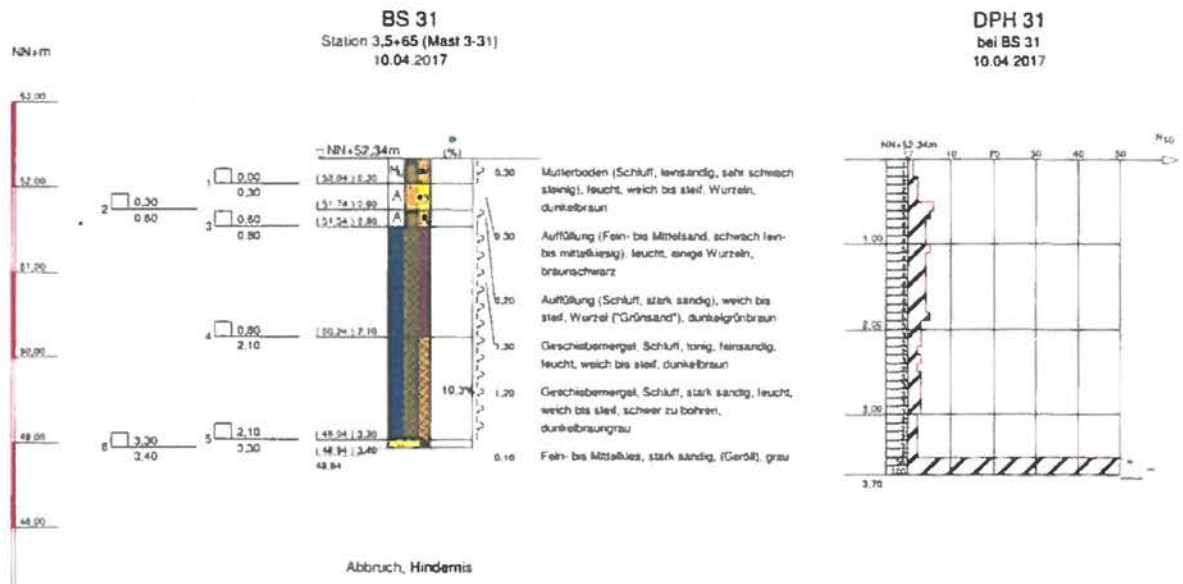
Bauteil	Beton	Angriff	c,min mm	$\Delta c_{dev}$ mm	c,nom mm
Gründungs- platte	C25/30	XC4, XF1, XA1, WU	25	15	40

Betonstahl:

BSt 500 B

## 1.6 Bodenkennwerte und Grundwasserstand

In der Nähe vom GUW (km 3+592.56) liegt BS 31 und hat folgendes Bodenprofil:



Die Gründungssohle befindet sich im Boden Schicht 3

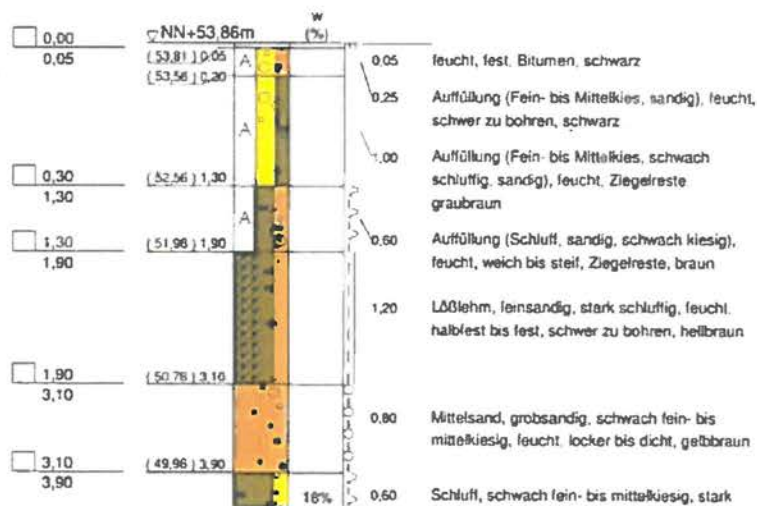
Geschiebemergel, Schluff, tonig, feinsandig, feucht, Weich bis steif, dunkelbraun.

Tabelle 19: charakteristische Bodenkennwerte

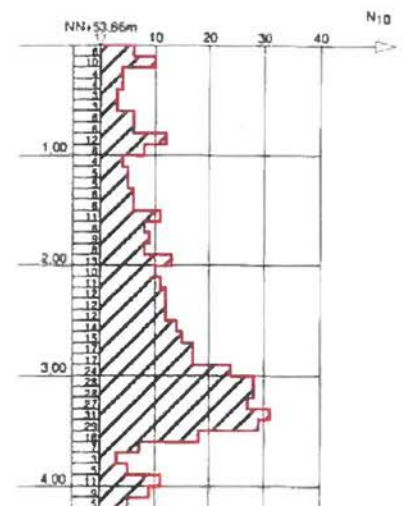
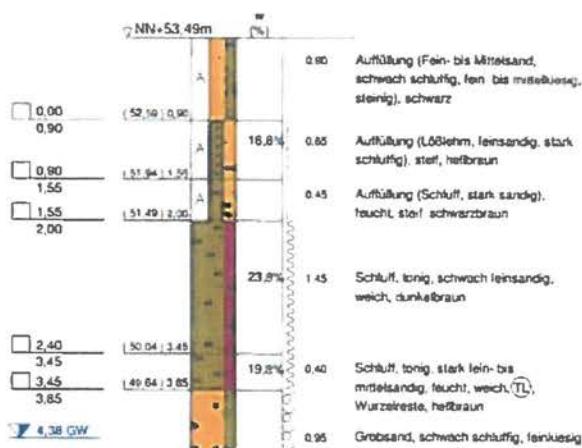
Schicht	Bodenart	Wichte $\gamma_n / \gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Winkel innere Reibung $\phi_k$ [°]	wirksame Kohäsion $c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	undrai- nierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifzahl $E_{sk}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	
						statisch $E_{stat}$	dynamisch $E_{dyn}$
Schicht 1a	Mutterboden	20 / 10	22,5	0	10	4	60
Schicht 1b	Auffüllung, Schluff, tonig, sandig	20 / 10	30	0-5	10-25	4	60
Schicht 2	Löß, hellbraun, weich bis steif steif bis halbfest, UL	18 / 8	30	4	15	4	60
		19 / 9	30	8	40	10	120
Schicht 3	Geschiebemergel/ Schluff, TL/TM – SU*/ST* weich steif steif bis halbfest	19 / 9	27,5	5	15	5	70
		20/10	27,5	8	60	20	90
		20 / 10	27,5	12	80	30	150



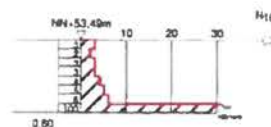
Zwischen km 1,5 und 1,6 liegt BS 13 und BS 14, die für GUW an der Hst. Albert-Vater-Straße berücksichtigt werden. Die Bodenprofile laut Bodengutachten:

**BS 13**
 Editharing  
 Schacht 13  
 25.11.2016
**DPH 13**

bei BS 13

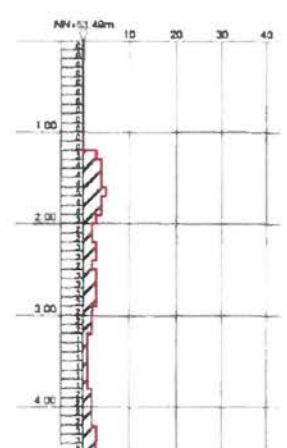
**BS 14**
 Editharing  
 Schacht 14  
 16.11.2016
**DPH 14**

bei BS 14

**DPH 14a**

DPH 14 versetzt

1,2 m Handschachtung


 umgesetzt wegen Beton ab 0,7 m  
 (freigelegt: 0,5 \* 0,5 m)

Die Gründungssohle befindet sich im Boden Schicht 1b bzw. 2.

Bauteil: Gründungsplatte

Block: Vorbemerkungen

Vorgang: Bodenkennwerte und Grundwasserstand

Seite: 6

 Archiv-  
 Nr.:

In diesem Horizont steht größtenteils Löss, Schluff an und wurden überwiegend in weicher bis steifer Konsistenz erkundet und beinhalten bereichsweise Auffüllungen. Deshalb muss ein Bodenaustausch analog 3.2.2 des Bodengutachtens (Empfehlung für eine Flachgründung) durchgeführt werden, bis eine gleichmäßige tragfähige Schicht hergestellt wird. Für die Einschätzung der Notwendigkeit eines Bodenaustausches und der Dicke des auszutauschenden Bodens empfehlen wir eine Abnahme durch einen fachkundigen Bodengutachter. Dies gilt für beide Unterwerke.

Bis zur UK Sohle wurde kein Grundwasser erkundet.

Wegen des möglichen oberflächennahen anstehenden Stauwassers wird die Gründungsplatte trotzdem als WU-Beton betrachtet.

Erfahrungsgemäß kann die Bettungszahl an der o.g. Gründungssohle zwischen 5 bis 15 MN/m<sup>3</sup> liegen. In der statischen Berechnung wird auf der sicheren Seite folgende über gesamte Platte gleichmäßig verteilte Bettungszahl angenommen:

$$k_s = 5,0 \text{ MN/m}^3.$$

Die Rechenergebnisse gelten für Gründungsplatten der beiden GUW.

## 1.7 Zulässige Rissbreiten

Die Rißbreite der Gründungsplatte ist unter quasi-ständigen Lastkombinationen und für den Bauzustand auf  $w_k = 0,20\text{mm}$  ( $i < 10$ ) nach der folgenden Tabelle beschränkt:

Tafel 2: Empfohlene Mindestbauteildicken in mm

	Beanspruchungs- klasse	d <sub>min</sub> [mm] bei Ausführungsart		
		Ortbeton	Element- wände	Fertig- teile
Wände	1 (Druckwasser)	240	240	200
	2 (Bodenfeuchtigkeit, Sickerwasser)	200	240 (200) <sup>1)</sup>	100
Boden- platte	1 (Druckwasser)	250	-	200
	2 (Bodenfeuchtigkeit, Sickerwasser)	150		100

<sup>1)</sup> mit besonderen betontechnischen und ausführungstechnischen Maßnahmen (z. B. FB-Betone oder SVB)

Tafel 3: Maximale Trennrissbreiten nach [3]

Zulässige Trennrissbreiten, wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung begrenzt werden soll Voraussetzung: Risse mit geringer zeitlicher Änderung $\Delta w \leq 0,1w$	
zulässiger Rechenwert der Trennrissbreite <sup>1)</sup> $w_k$ [mm]	zulässiges Druckgefälle $i = (h_{\text{Wasser}}/d_{\text{Bauteil}})$
0,20	$\leq 10$
0,15	$> 10 \dots \leq 15$
0,10	$> 15 \dots \leq 25$

<sup>1)</sup> nur für Wasser mit CO<sub>2</sub> (Kalklösende Kohlensäure)  $\leq 40 \text{ mg/l}$  und pH-Wert  $\geq 5,5$ ; andernfalls ist Selbstheilung nicht ansetzbar

Die Mindestbauteildicke wird gewählt zu:

$$d_{\text{min, Sohle}} = 300\text{mm} > 250\text{mm}$$

Bauteil: Gründungsplatte

Block: Vorbemerkungen

Vorgang: Zulässige Rissbreiten

Seite: 7

Archiv-  
Nr.:

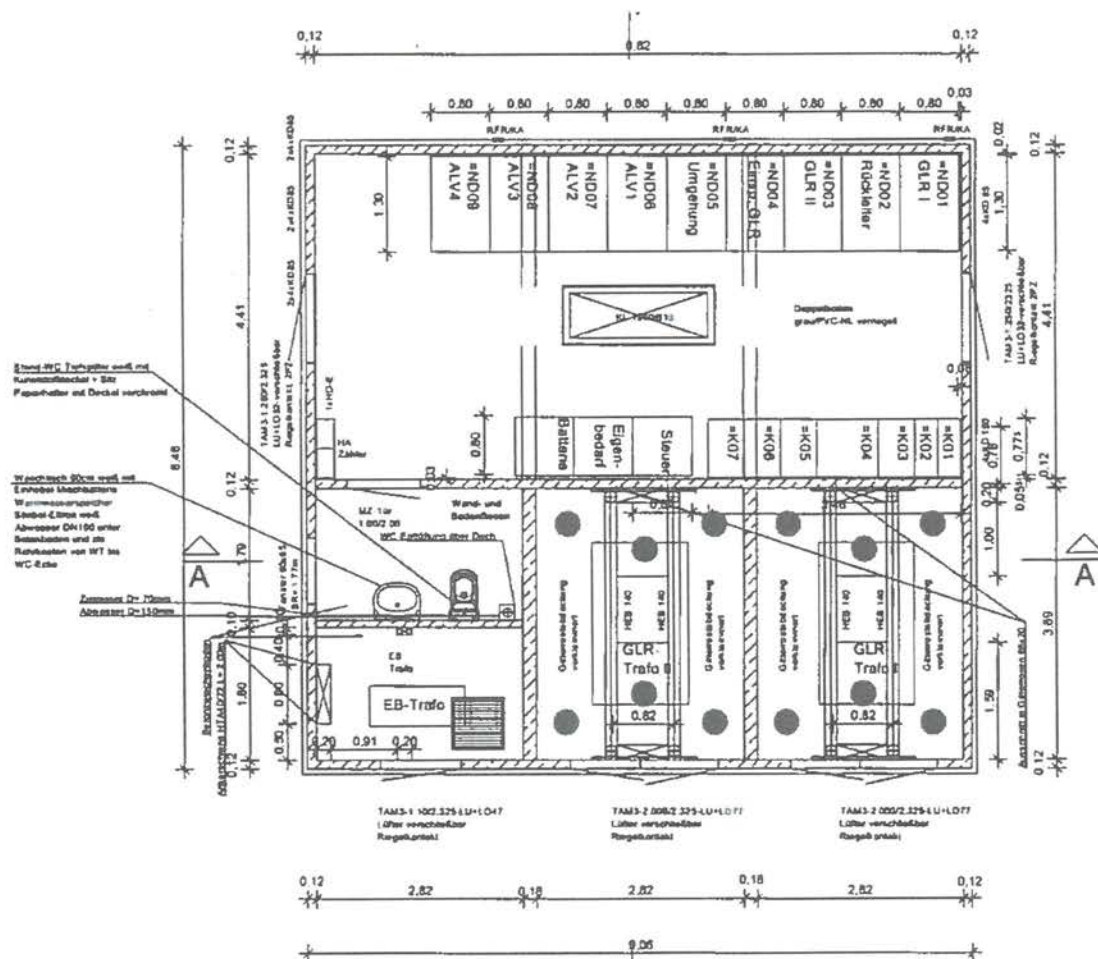


## 1.8 Software

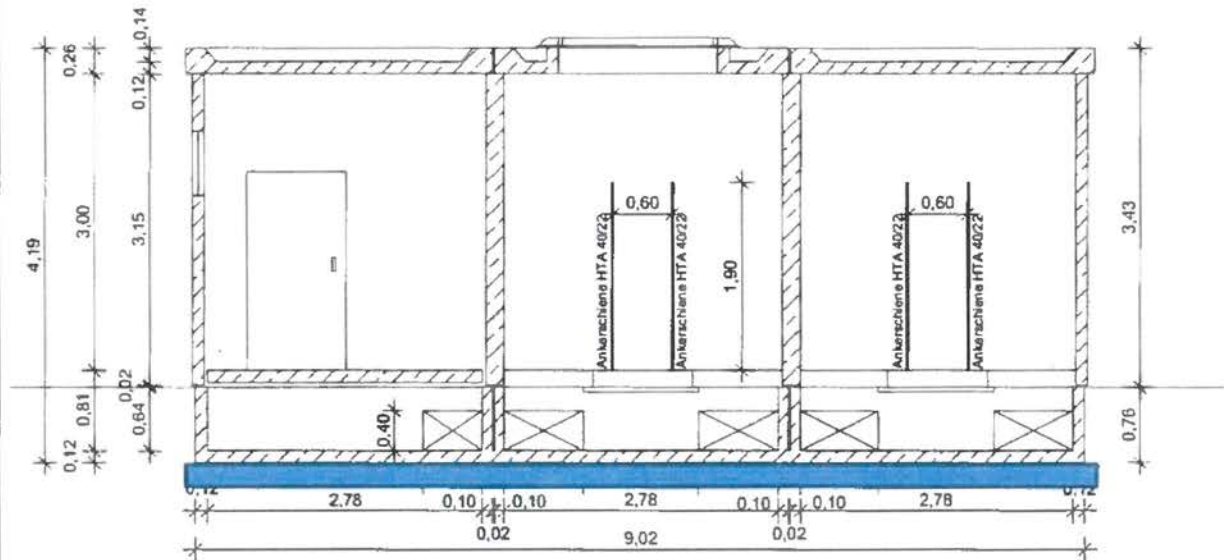
Sofistik SSD 2014 Version; 14.14 – 30, 23.03.2016  
InfoGraph GmbH 2002-2014, Risse Version 14.30  
Frilo-B11 Rissnachweis 01/17

## 2 Übersichtspläne

Grundriss eines GUW (Rechteckig 9,06 x 8,46m)



## Schnitt durch Bereich mit FT-Bauteilen:



Die FT-Teile sitzen auf einer 30 cm dicken Gründungsplatte (Stahlbeton).

Mit einem Überstand je 10 cm wird

9,26 x 8,66m x 0,30m

für die Abmessung der Gründungsplatte festgelegt.

### 3 Lasten

#### 3.1 Eigenlasten

Wichte der Stahlbetonplatte

Stahlbeton

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

Die Eigenlasten der Platte werden programmintern ermittelt (in LF 1).

#### 3.2 Lasten aus Eigengewicht Keller-FT-Zellen

Die Bodenplatte der Raumzelle wird auf der sicheren Seite mit  $h \leq 16 \text{ cm}$  plus 4 cm Montageausgleichsschicht in LF 1 berücksichtigt:

$$g_k = (0,16 + 0,04) \times 25 = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

Das Eigengewicht der Kellerwände (für  $h = 0,12 \text{ m}$  außen und  $0,10 \text{ m}$  innen) werden auch in LF 1 definiert:

$$g_k = 0,12 \times 0,93 \times 25 = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

$$g_k = 0,10 \times 0,93 \times 25 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

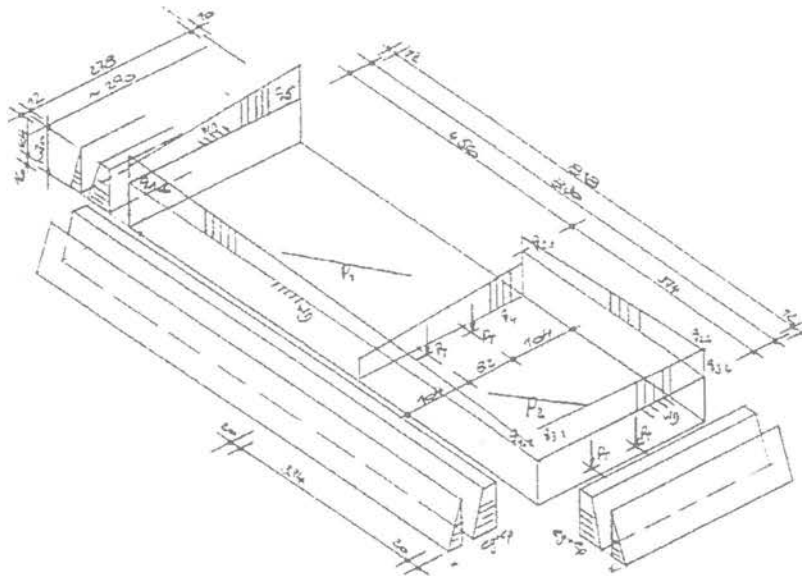
#### 3.3 Lasten aus den Hochbau-FT-Teilen

Die ständigen und veränderlichen Lasten aus den FT-Teilen sind der Auswertung der Lasten für Pos. 11.1, 12.1 und 13.1 (auf der Gründungsplatte liegende FT-Zellen) der FT-Baustatik [2] zu entnehmen.



aus Pos. 11.1:

Geerd. n. System, Übersichts-Laster  
 -> pos 11.1 - Einschnitt -



Die zusammengestellten Lasten gemäß [2] (vereinfachte Linienlasten):

Linienlasten (vereinfacht)

aus RZ Pos 11.1

Längswand außen:

$q1.1 = 12,70 \quad 0,70 \text{ KN/m}$

$q1.2 = 14,00 \quad 1,00 \text{ KN/m}$

Längswand innen:

$q2.1 = 5,50 \quad -0,40 \text{ KN/m}$

$q2.2 = 12,80 \quad 1,20 \text{ KN/m}$

Querwand außen:

$q3.1 = 12,90 \quad 0,70 \text{ KN/m}$

$q3.2 = 14,00 \quad 1,00 \text{ KN/m}$

Querwand innen:

$q4.1 = 15,40 \quad 1,20 \text{ KN/m}$

$q4.2 = 39,50 \quad 7,00 \text{ KN/m}$

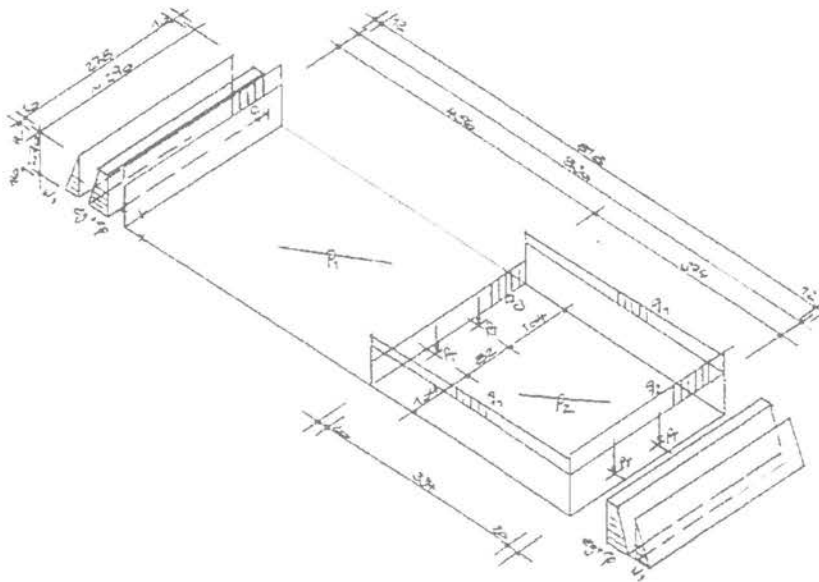
Querwand außen:

$q5.1 = 11,10 \quad 0,40 \text{ KN/m}$

$q5.2 = 24,10 \quad 3,40 \text{ KN/m}$

aus Pos. 12.1:

Isometrisches System, Übersicht Lasten  
 -> Pos. 12.1 -> Endzustand -



Die zusammengestellten Lasten gemäß [2] (vereinfachte Linienlasten):

aus RZ Pos 12.1

Langwand innen:

$$q_{6.1} = 3,90 \quad 0,50 \text{ KN/m}$$

$$q_{6.2} = 13,40 \quad 1,00 \text{ KN/m}$$

Querwand außen:

$$q_7 = 13,20 \quad 0,90 \text{ KN/m}$$

Querwand innen:

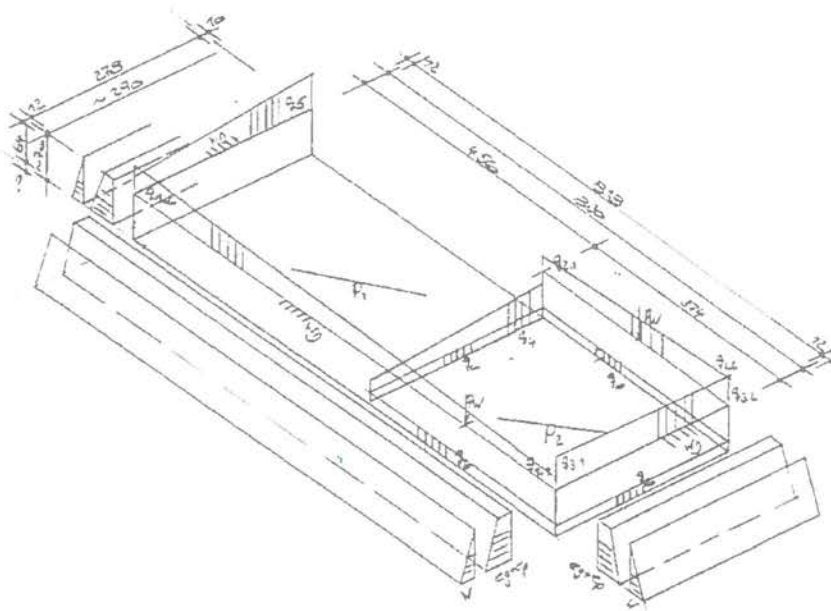
$$q_8 = 32,30 \quad 8,00 \text{ KN/m}$$

Querwand außen:

$$q_9 = 17,40 \quad 2,50 \text{ KN/m}$$

aus Pos. 13.1:

Übersicht System, Überstehende Lasten  
 -> Pos 13.1 - Endzustand -



Die Lasten sind symmetrisch wie aus Pos. 11.1.

Die ständigen und veränderlichen Lasten sind jeweils im LF 2 und LF 7 definiert.

### 3.4 Nutzlasten auf Bodenplatte

Verkehrslast  
 im Schaltanlagenraum

$$p_1 = 7,50 \text{ kN/m}^2$$

Die Flächenlast von  $q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$  wird direkt auf die Gründungsplatte übertragen und in LF 3, 4, 5, 6 feldweise berücksichtigt.

Bauteil: Gründungsplatte	Seite: 13	Archiv-Nr.:
Block: Lasten		
Vorgang: Nutzlasten auf Bodenplatte		



### 3.5 Nutzlasten in Gleichrichterunterwerken auf Bodenplatten

Lastannahmen gemäß Pos. 4 in [2]

Nach Angabe des Herstellers beträgt das Gewicht des Trafos 4,50 to.

Der Abstand der Auflagerungen beträgt 0,82m. Die Bemessung des Trägers erfolgt für den ungünstigsten Lastangriff bei  $x = 0,82/4 = 0,21$  m aus Feldmitte.

Als Grenzwert wird als Verkehrslast auf der Gitterrost-Abdeckungen  $p = 2,00$  kN/m<sup>2</sup> berücksichtigt.

Daraus ergeben sich Einzellasten auf der Bodenplatte

#### Einzellasten

Trafoträger Pos 4

$P_t = 17,00$  kN

Für den Fall, dass der Trafo in Zukunft durch einen schwereren Trafo ausgetauscht wird, wird ein Aufschlag von 50% auf die Last als Reserve addiert:

Angenommene Einzellast =  $17 \times 1,5 = 25,5$  kN

Die Einzellasten aus dem Trafo werden direkt auf die Gründungsplatte übertragen und werden im LF 9 und 10 definiert:

### 3.6 Nutzlasten aus Zwischenboden

Lasten aus dem Zwischenboden gemäß [2]:

aus Zw.-Boden Pos 5

$q_{10} = 3,00 \text{ } 3,50$  kN/m

Diese ständigen und veränderlichen Lasten werden in LF 11 und 12 definiert:

Das Eigengewicht aus der Trennwand werden ebenfalls in LF 11 berücksichtigt, zwei Einzellasten:

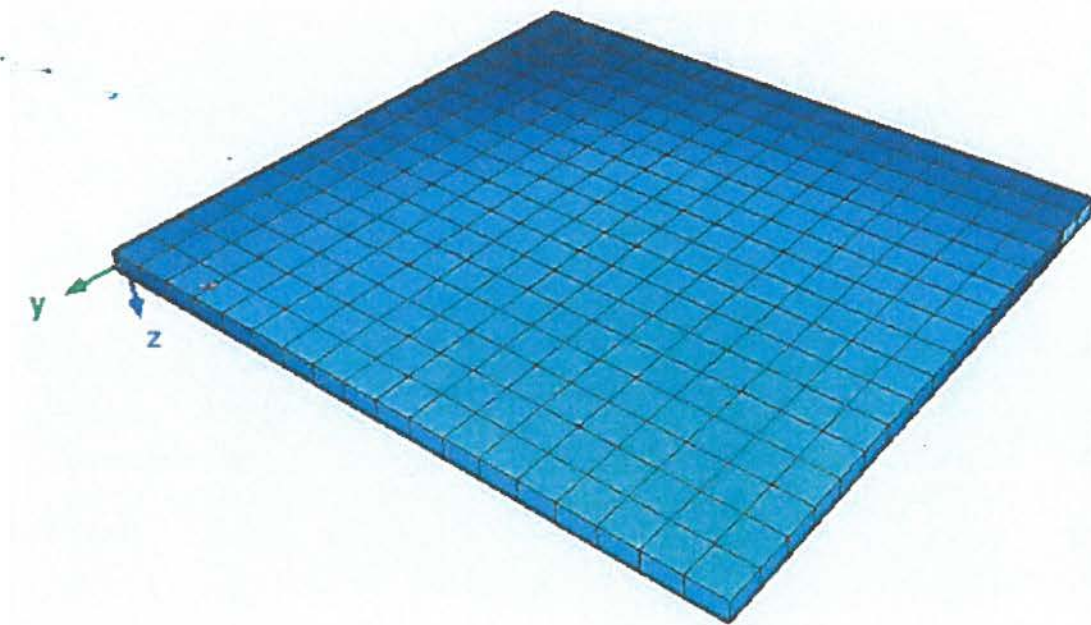
aus Trennwand  $2,73/2 \times 3,00 \times 0,10 \times 25$

$P_W = 10,50$  kN

## 4 Statische Berechnung

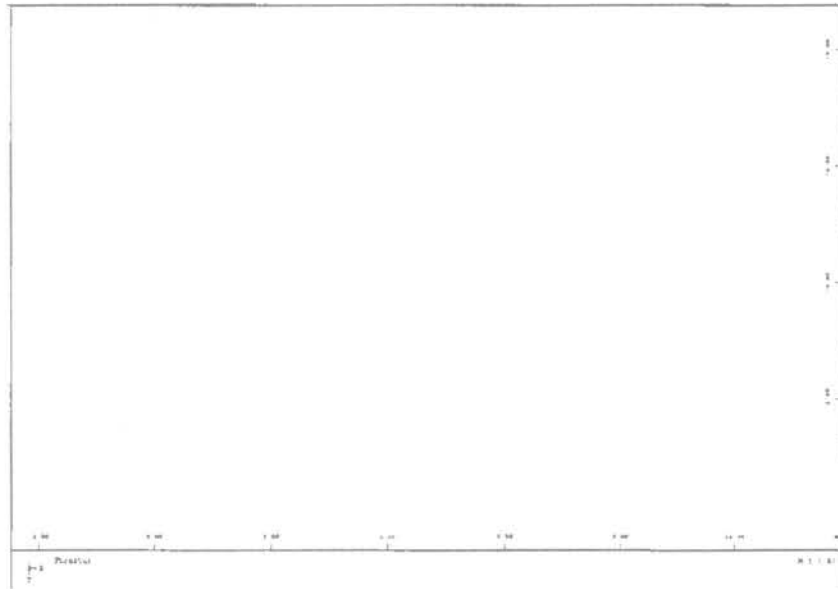
### 4.1 Statisches System:

Die Gründungsplatte wird in einem abgebildeten finite-Elemente-Modell (in Plattenelementen) unter o.g. Lasten mit FE-Programm Sofistik berechnet. Sofistik berechnet die Schnittgrößen der einzelnen Lastfälle und daraus die maßgebenden Lastfallkombinationen und die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit.

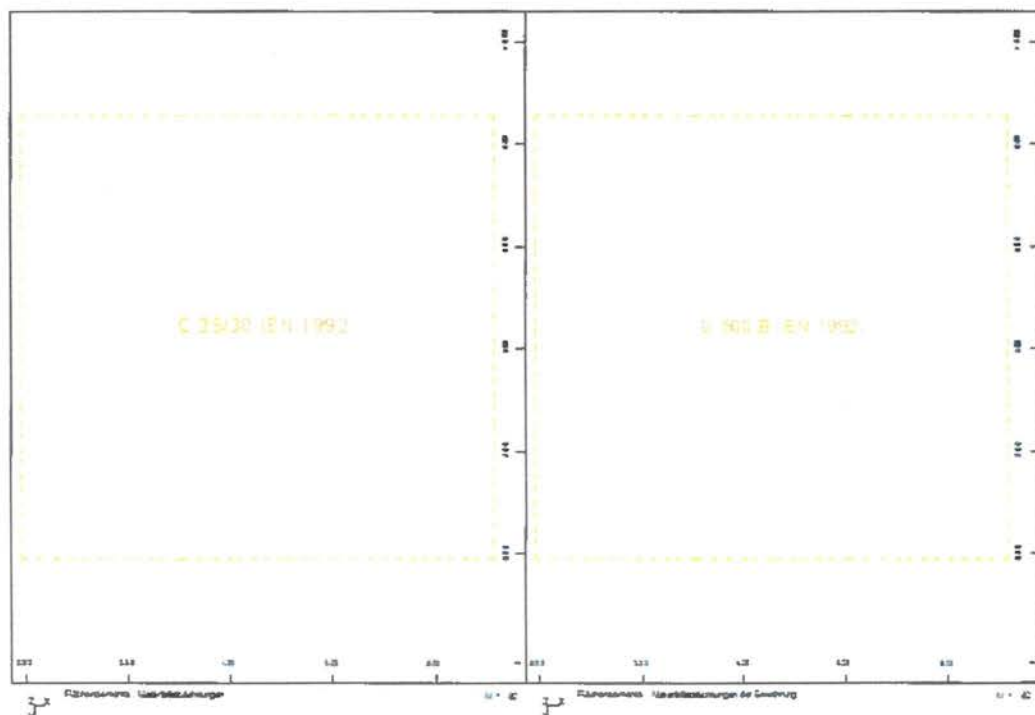


Nachfolgt sind die Geometrie und verschiedene Parameter des Modells graphisch dargestellt.

### Übersicht der Einteilung der Elemente:



### Materialien



Bauteil: Gründungsplatte

Block: Statische Berechnung

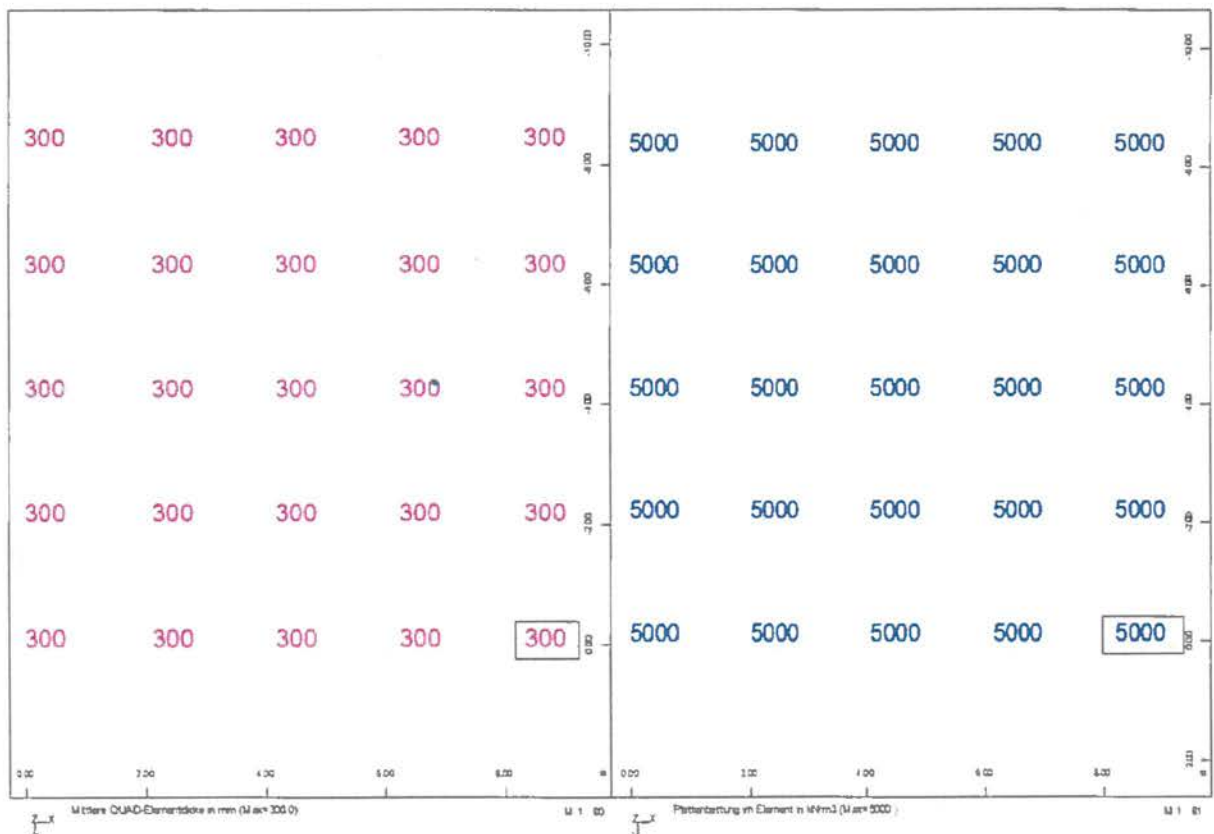
Vorgang: Statisches System:

Seite: 16

Archiv-  
Nr.:



## Plattendicke und Plattenbettung



Eine Vergleichsberechnung mit einer höheren Bettung von  $k_s=15\,000\text{ kN/m}^3$  zeigt, dass die statisch erforderliche Bewehrung unter der Annahme von  $k_s=5000\text{ kN/m}^3$  maßgebend ist. Deshalb wird nur das Ergebnis mit  $k_s=5000\text{ kN/m}^3$  zusammengestellt.

Bauteil: Gründungsplatte

Block: Statische Berechnung

Vorgang: Statisches System:

Seite: 17

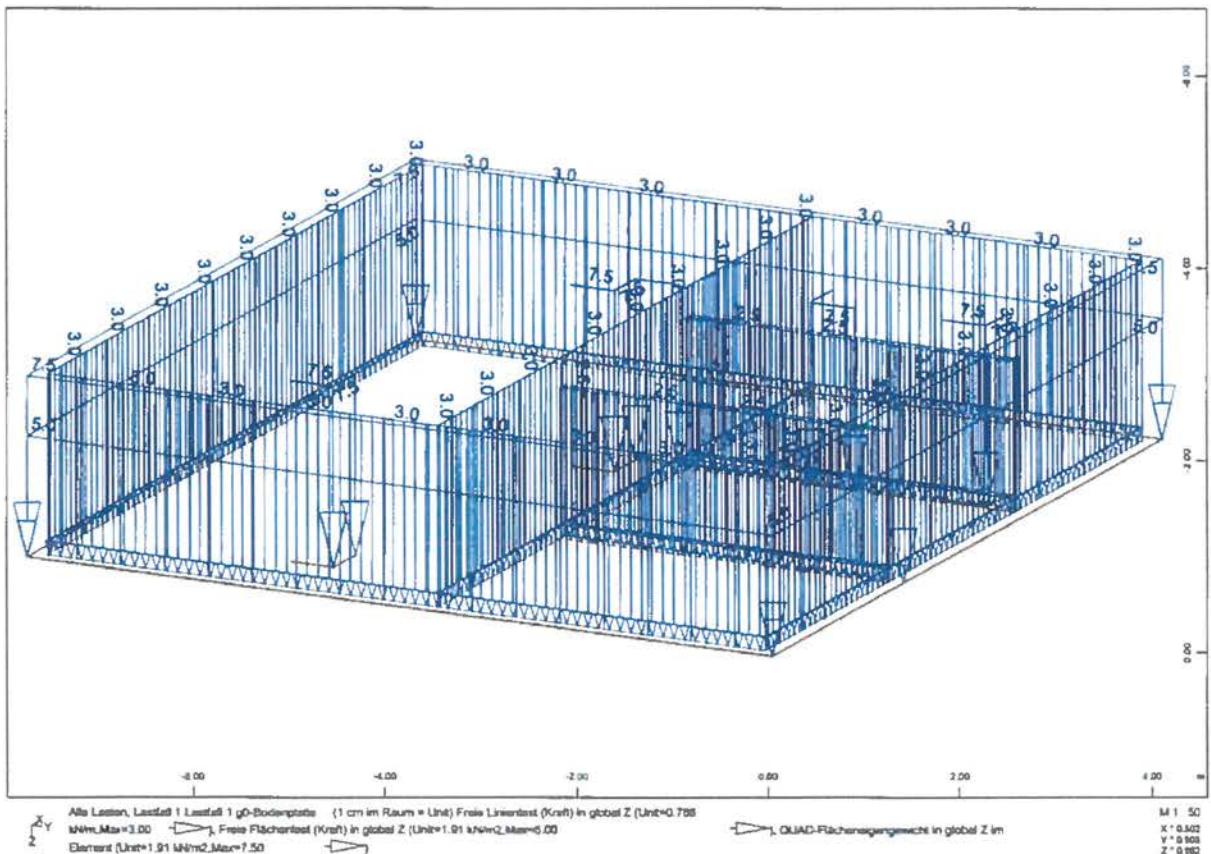
Archiv-  
Nr.:

## 4.2 Eingegebene Lasten:

### Summe der Lasten

Lastfall	$\Sigma(\text{Lasten})$			Bezeichnung
	X[kN]	Y[kN]	Z[kN]	
1	0.0	0.0	1171.0	Lastfall 1 g0-Bodenplatte
2	0.0	0.0	899.5	Lastfall 2 g1 Dach Wände
3	0.0	0.0	303.7	Lastfall 3 q
4	0.0	0.0	83.4	Lastfall 4 q
5	0.0	0.0	82.9	Lastfall 5 q
6	0.0	0.0	83.4	Lastfall 6 q
7	0.0	0.0	96.8	Lastfall 7 q Dach
8	0.0	0.0	16.0	Lastfall 8 g Trafo
9	0.0	0.0	102.0	Lastfall 9 q1 TrafoTräger
10	0.0	0.0	102.0	Lastfall 10 q2 TrafoTräger
11	0.0	0.0	61.7	Lastfall 11 g Zw. Boden und Tren
12	0.0	0.0	47.5	Lastfall 12 q Zw. Boden und Tren

### Graphische Darstellung der eingegebenen Lasten:



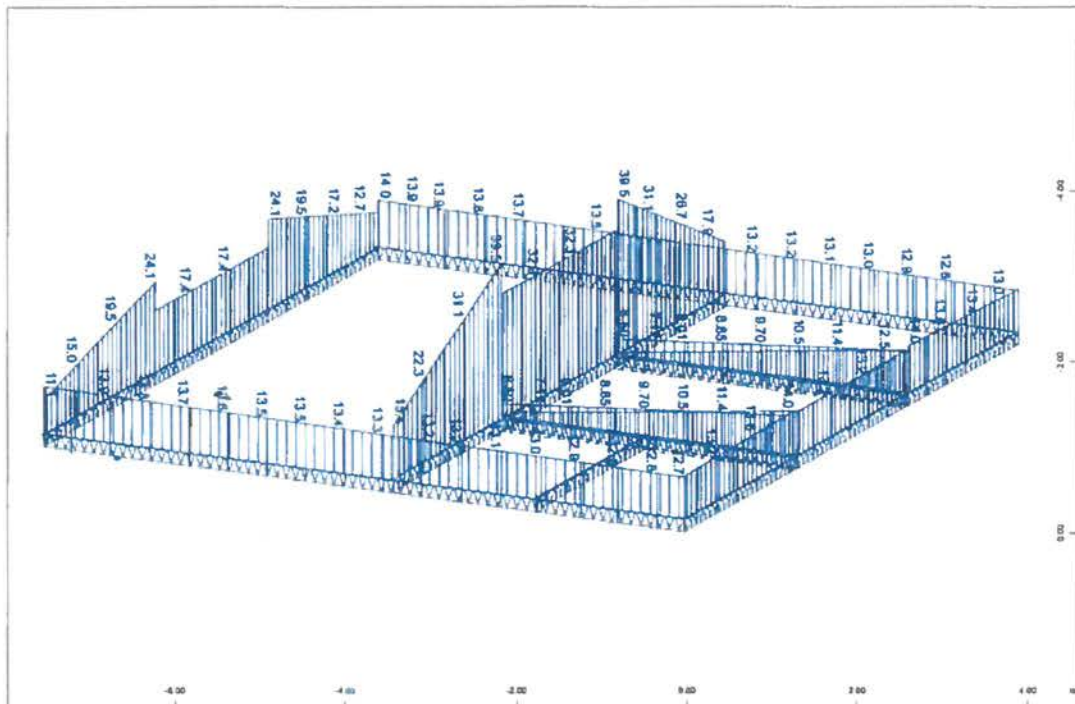
Bauteil: Gründungsplatte

Block: Statische Berechnung

Seite: 18

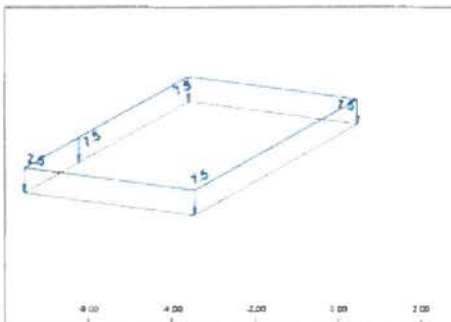
Archiv-  
Nr.:

Vorgang: Eingegebene Lasten:



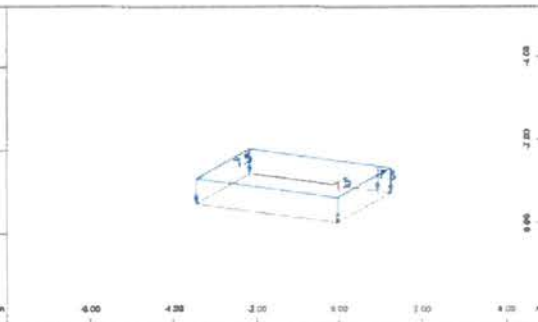
Alle Lasten, Lastfeld 2 Lastfeld 2 q1 Dach Vitrade (1 cm im Raum + Unte) Freie Linienlast (Kraft) in global Z (Unter 12.4 kN/m<sup>2</sup>) (Max=39.5)

M 1 50  
x = 0.000  
y = 0.000  
z = 0.000



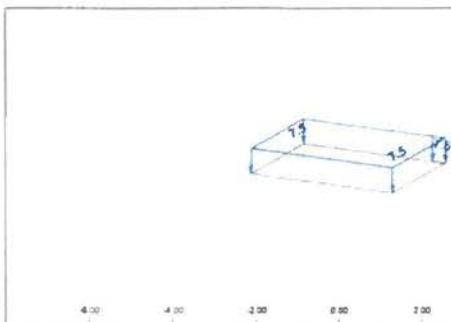
Alle Lasten, Lastfeld 3 Lastfeld 3 q (1 cm im Raum + Unte) Freie Flächenlast (Kraft) in global Z (Unter 12.4 kN/m<sup>2</sup>) (Max=17.50)

M 1 103  
x = 0.000  
y = 0.000  
z = 0.000



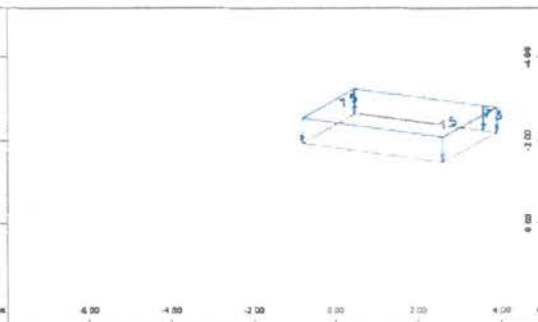
Alle Lasten, Lastfeld 4 Lastfeld 4 q (1 cm im Raum + Unte) Freie Flächenlast (Kraft) in global Z (Unter 12.4 kN/m<sup>2</sup>) (Max=17.50)

M 1 103  
x = 0.000  
y = 0.000  
z = 0.000



Alle Lasten, Lastfeld 5 Lastfeld 5 q (1 cm im Raum + Unte) Freie Flächenlast (Kraft) in global Z (Unter 12.4 kN/m<sup>2</sup>) (Max=17.50)

M 1 103  
x = 0.000  
y = 0.000  
z = 0.000



Alle Lasten, Lastfeld 6 Lastfeld 6 q (1 cm im Raum + Unte) Freie Flächenlast (Kraft) in global Z (Unter 12.4 kN/m<sup>2</sup>) (Max=17.50)

M 1 104  
x = 0.000  
y = 0.000  
z = 0.000

Bauteil: Gründungsplatte

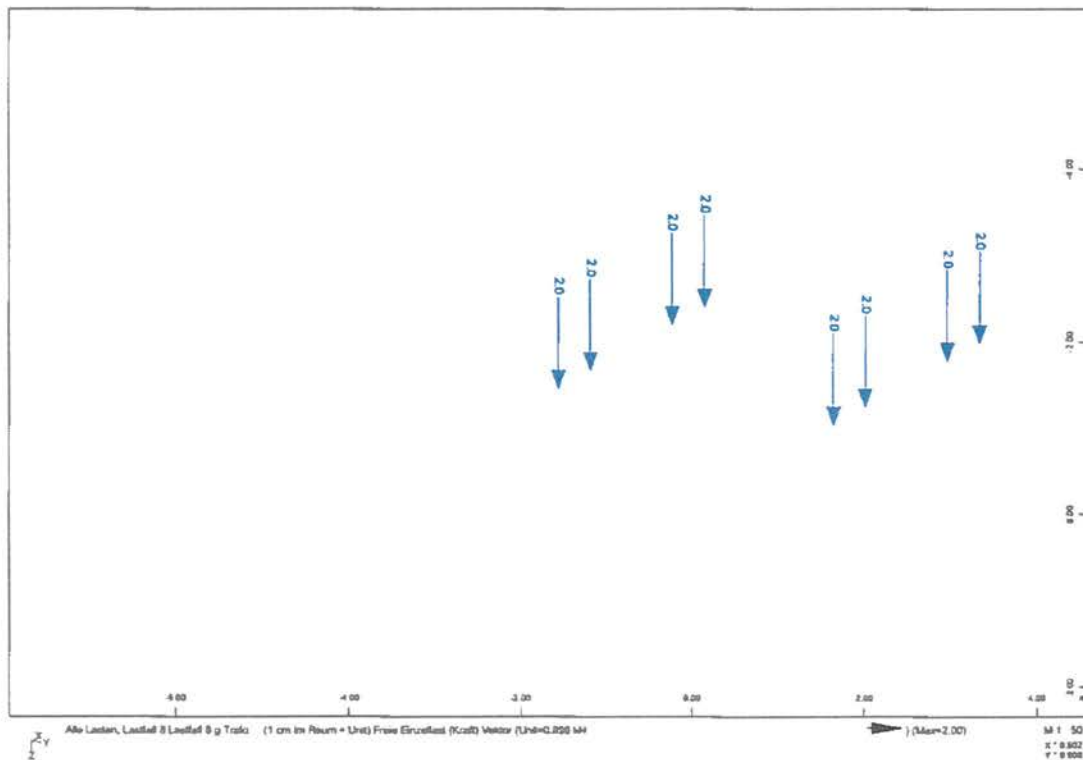
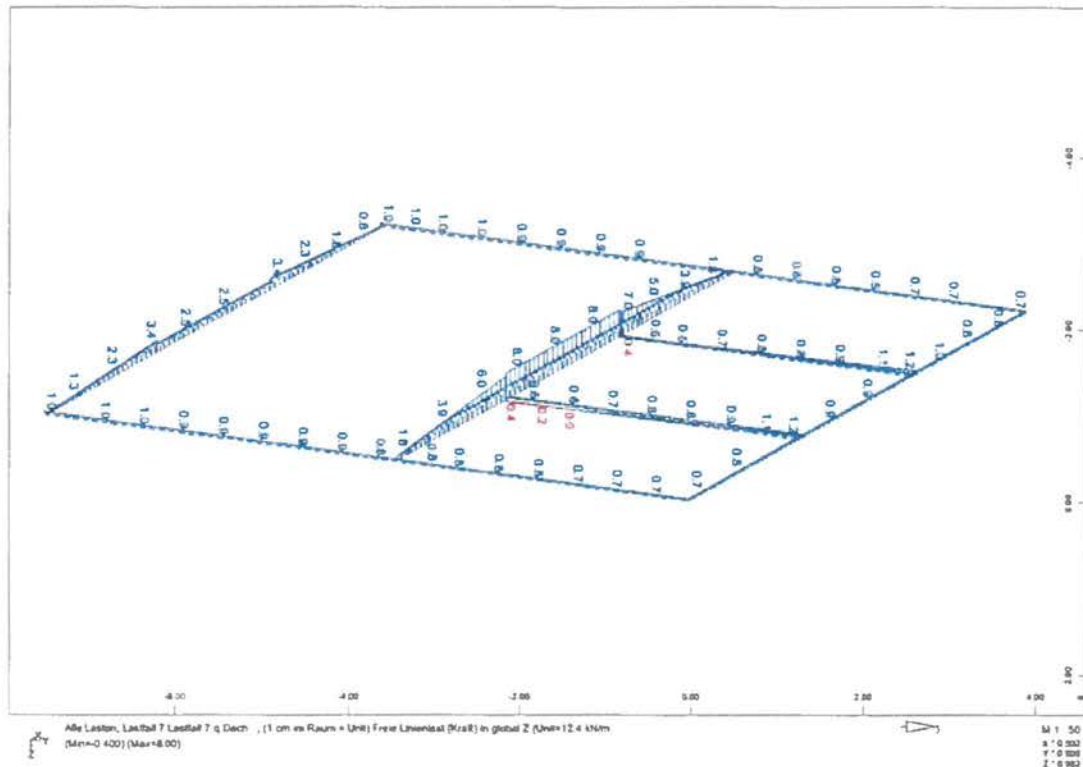
Block: Statische Berechnung

Vorgang: Eingegebene Lasten:

Seite: 19

Archiv-  
Nr.:





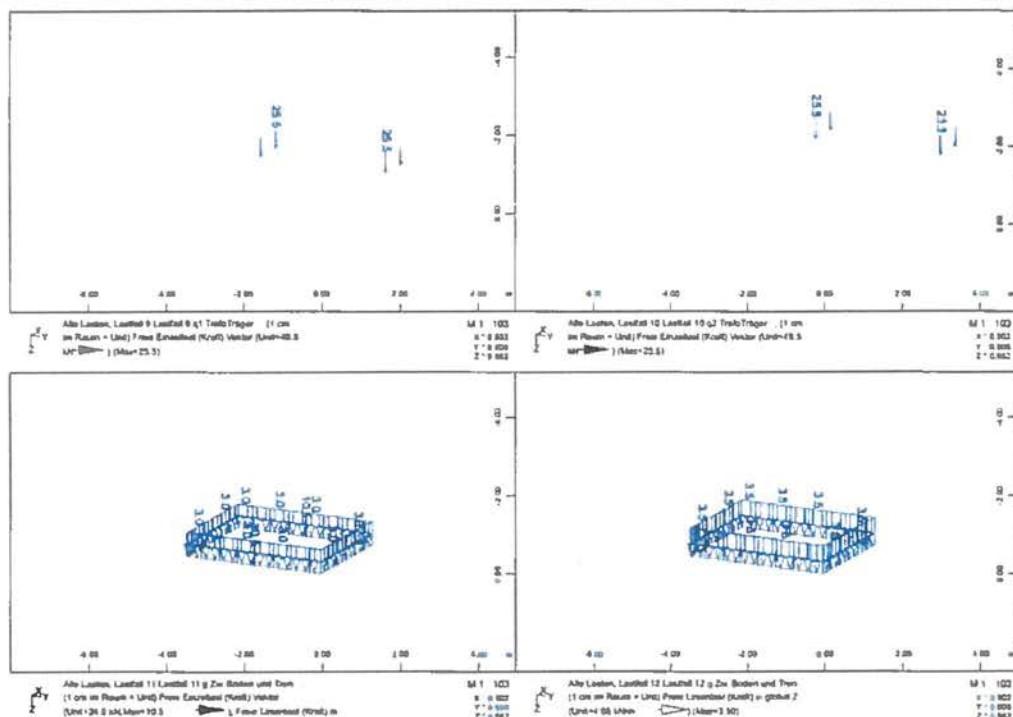
Bauteil: Gründungsplatte

Block: Statische Berechnung

Vorgang: Eingegebene Lasten:

Seite: 20

Archiv-  
Nr.:



Zur Kontrolle werden die Summe der Lasten und die Summe der ausgerechneten Auflagerkräfte dargestellt:

Summe der Auflagerkräfte und Lasten

Lastfall	Σ(Reaktionen)			Bezeichnung
	X[kN]	Y[kN]	Z[kN]	
	Σ(Lasten)			
1	0.0	0.0	-1171.0	Lastfall 1 g0-Bodenplatte
	0.0	0.0	1171.0	
2	0.0	0.0	-899.5	Lastfall 2 g1 Dach Wände
	0.0	0.0	899.5	
3	0.0	0.0	-303.7	Lastfall 3 q
	0.0	0.0	303.7	
4	0.0	0.0	-83.4	Lastfall 4 q
	0.0	0.0	83.4	
5	0.0	0.0	-82.9	Lastfall 5 q
	0.0	0.0	82.9	
6	0.0	0.0	-83.4	Lastfall 6 q
	0.0	0.0	83.4	
7	0.0	0.0	-96.8	Lastfall 7 q Dach
	0.0	0.0	96.8	
8	0.0	0.0	-16.0	Lastfall 8 g Trafo
	0.0	0.0	16.0	
9	0.0	0.0	-102.0	Lastfall 9 q1 TrafoTräger
	0.0	0.0	102.0	
10	0.0	0.0	-102.0	Lastfall 10 q2 TrafoTräger
	0.0	0.0	102.0	
11	0.0	0.0	-61.7	Lastfall 11 g Zw. Boden und Tren
	0.0	0.0	61.7	
12	0.0	0.0	-47.5	Lastfall 12 q Zw. Boden und Tren
	0.0	0.0	47.5	

### 4.3 Überlagerung der Lasten:

Kombination der Schnittgrößen der einzelnen Lastfälle

Überlagerung nach DIN EuroNorm EN 1992 (2013) Concrete Structures

Kombinationsvorschrift Nummer 1

Gebrauch: quasi ständig

Überlagerung nach Handbuch MAXIMA Formel 2.7

$$E_{d,perm} = E \left\{ \sum_{j=1} G_{k,j} \oplus P_k \oplus \sum_{i=1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

Ergebnislastfälle Typ Gebrauch: quasi ständig

Lastfallauswahl und Einwirkungen

Act	Typ	$\gamma-u$	$\gamma-f$	$\gamma-a$	$\psi-0$	$\psi-1$	$\psi-2$	$\psi-1'$	Bezeichnung
		LF Faktor	Lastfalltyp						
G	G	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Eigengewicht
	1	1.00	Ständige Last	einwirkungsweise					Lastfall 1 g0-Bodenplatt
	2	1.00	Ständige Last	einwirkungsweise					Lastfall 2 g1 Dach Wände
	11	1.00	Ständige Last	einwirkungsweise					Lastfall 11 g Zw. Boden
Q_E	Q	1.50	0.00	1.00	1.00	0.90	0.80	1.00	Nutzlast Lagerräume Kat. E
	3	1.00	Bedingte Last						Lastfall 3 q
	4	1.00	Bedingte Last						Lastfall 4 q
	5	1.00	Bedingte Last						Lastfall 5 q
	6	1.00	Bedingte Last						Lastfall 6 q
	7	1.00	Bedingte Last						Lastfall 7 q Dach
	9	1.00	Bedingte Last						Lastfall 9 q1 TrafoTräge
	10	1.00	Bedingte Last						Lastfall 10 q2 TrafoTräg
	12	1.00	Bedingte Last						Lastfall 12 q Zw. Boden
S	Q	1.50	0.00	1.00	0.50	0.20	0.00	0.20	Schnee
	8	1.00	Bedingte Last						Lastfall 8 g Trafo

Bauteil: Gründungsplatte

Block: Statische Berechnung

Seite: 22

Vorgang: Überlagerung der Lasten:

Archiv-  
Nr.:

Kombinationsvorschrift Nummer 2

Gebrauch: Seltene Kombination

Überlagerung nach Handbuch MAXIMA Formel 2.4

$$E_{d,rare} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P_k \oplus Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

Ergebnislastfälle Typ Gebrauch: Seltene Kombination

Lastfallauswahl und Einwirkungen

Act	Typ	y-u	y-f	y-a	$\psi-0$	$\psi-1$	$\psi-2$	$\psi-1'$	Bezeichnung
		LF Faktor		Lastfalltyp					
G	G	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Eigengewicht
		1	1.00	Ständige Last	einwirkungsweise				Lastfall 1 g0-Bodenplatte
		2	1.00	Ständige Last	einwirkungsweise				Lastfall 2 g1 Dach Wände
		11	1.00	Ständige Last	einwirkungsweise				Lastfall 11 g Zw. Boden
Q_E	Q	1.50	0.00	1.00	1.00	0.90	0.80	1.00	Nutzlast Lagerräume Kat. E
		3	1.00	Bedingte Last					Lastfall 3 q
		4	1.00	Bedingte Last					Lastfall 4 q
		5	1.00	Bedingte Last					Lastfall 5 q
		6	1.00	Bedingte Last					Lastfall 6 q
		7	1.00	Bedingte Last					Lastfall 7 q Dach
		9	1.00	Bedingte Last					Lastfall 9 q1 TrafoTräge
		10	1.00	Bedingte Last					Lastfall 10 q2 TrafoTräg
		12	1.00	Bedingte Last					Lastfall 12 q Zw. Boden
S	Q	1.50	0.00	1.00	0.50	0.20	0.00	0.20	Schnee
		8	1.00	Bedingte Last					Lastfall 8 g Trafo

Kombinationsvorschrift Nummer 3

Bruchzustand

Überlagerung nach Handbuch MAXIMA Formel 2.1

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_P \cdot P_k \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

Ergebnislastfälle Typ Bruchzustand

Lastfallauswahl und Einwirkungen

Act	Typ	y-u	y-f	y-a	$\psi-0$	$\psi-1$	$\psi-2$	$\psi-1'$	Bezeichnung
		LF Faktor		Lastfalltyp					
G	G	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Eigengewicht
		1	1.00	Ständige Last	einwirkungsweise				Lastfall 1 g0-Bodenplatte
		2	1.00	Ständige Last	einwirkungsweise				Lastfall 2 g1 Dach Wände
		11	1.00	Ständige Last	einwirkungsweise				Lastfall 11 g Zw. Boden
Q_E	Q	1.50	0.00	1.00	1.00	0.90	0.80	1.00	Nutzlast Lagerräume Kat. E
		3	1.00	Bedingte Last					Lastfall 3 q
		4	1.00	Bedingte Last					Lastfall 4 q
		5	1.00	Bedingte Last					Lastfall 5 q
		6	1.00	Bedingte Last					Lastfall 6 q
		7	1.00	Bedingte Last					Lastfall 7 q Dach
		9	1.00	Bedingte Last					Lastfall 9 q1 TrafoTräge
		10	1.00	Bedingte Last					Lastfall 10 q2 TrafoTräg
		12	1.00	Bedingte Last					Lastfall 12 q Zw. Boden
S	Q	1.50	0.00	1.00	0.50	0.20	0.00	0.20	Schnee
		8	1.00	Bedingte Last					Lastfall 8 g Trafo

Die wichtigen Ergebnisse sind in 4.4 - 4.6 zusammengestellt.

Bauteil: Gründungsplatte

Block: Statische Berechnung

Vorgang: Überlagerung der Lasten:

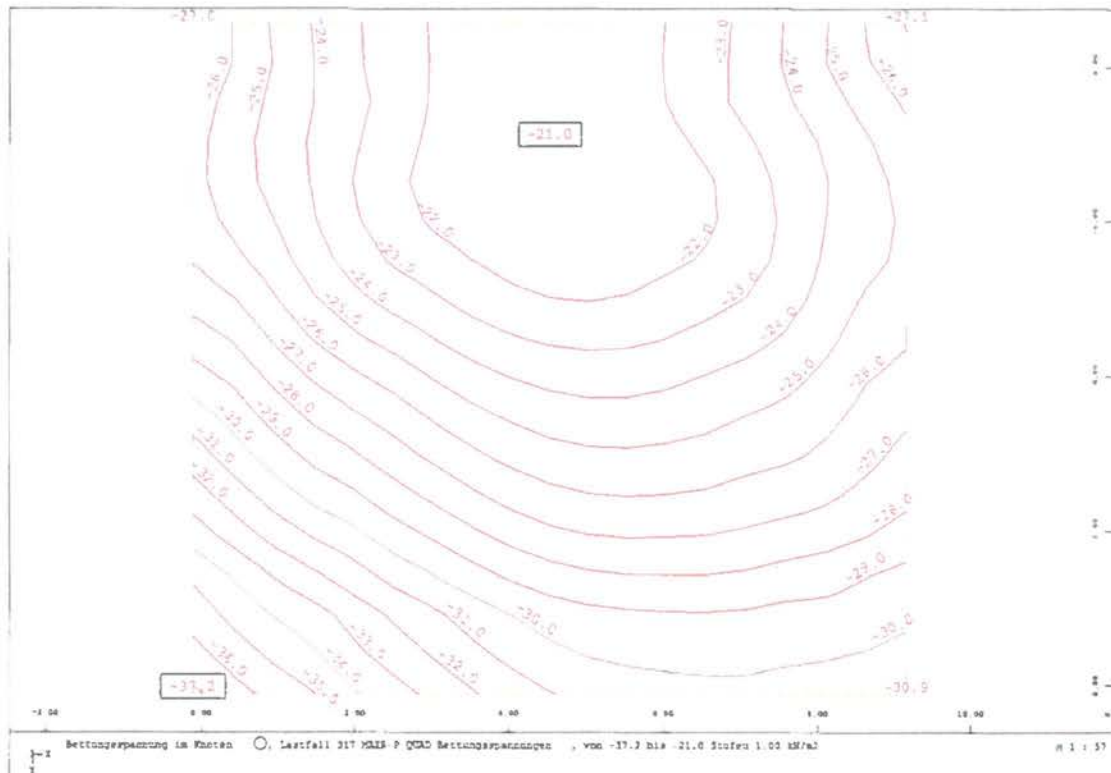
Seite: 23

Archiv-  
Nr.:

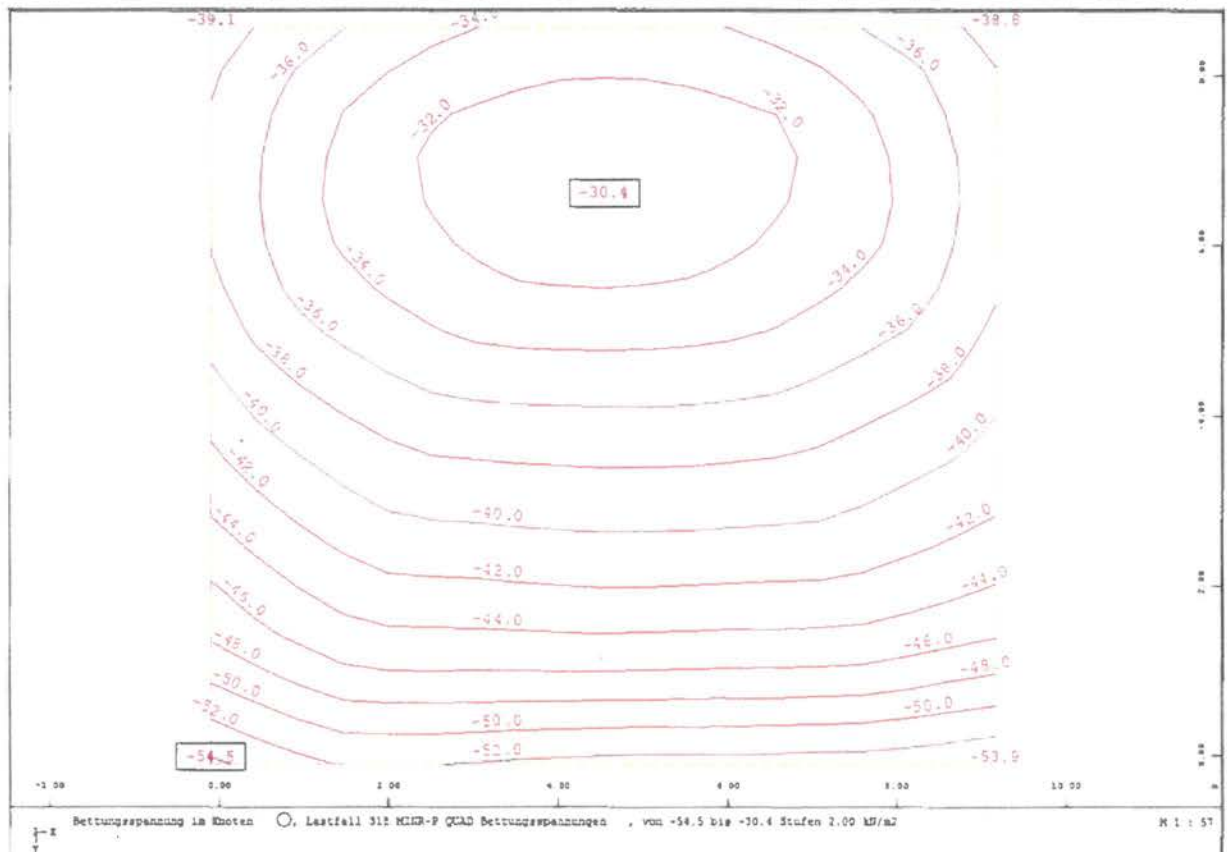


#### 4.4 Sohldruck und Verformung

Berechnete Bettungsspannungen, GZG unter seltenen Lastkombinationen:

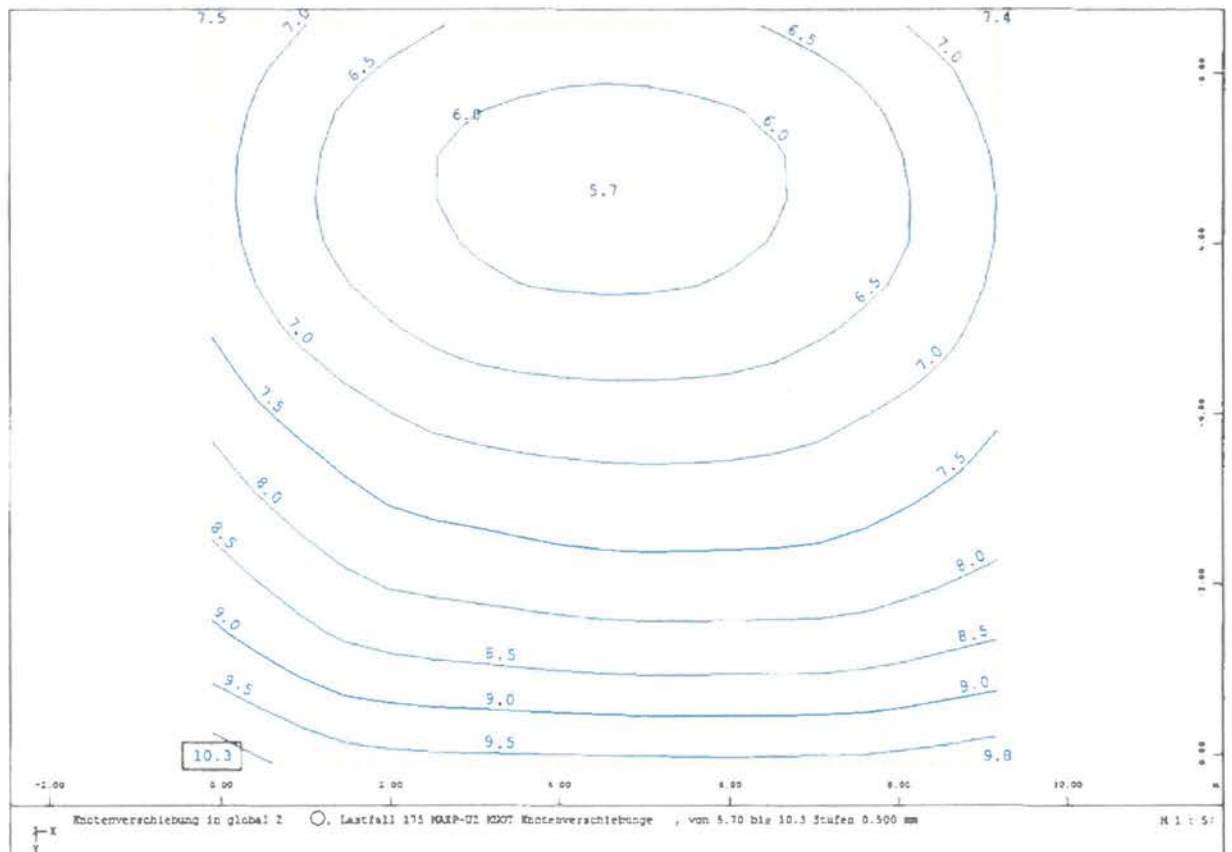


Die maximale Bettungsspannung beträgt  $-21 \text{ kN/m}^2$ , d.h. keine klaffende Fuge.



Die minimale Bettungsspannung beträgt -54,5 kN/m². Die Bodenpressung ist sehr klein. Keine weiteren Nachweise sind nötig.

Max. Verformung unter quasi-ständige Lastkombination:

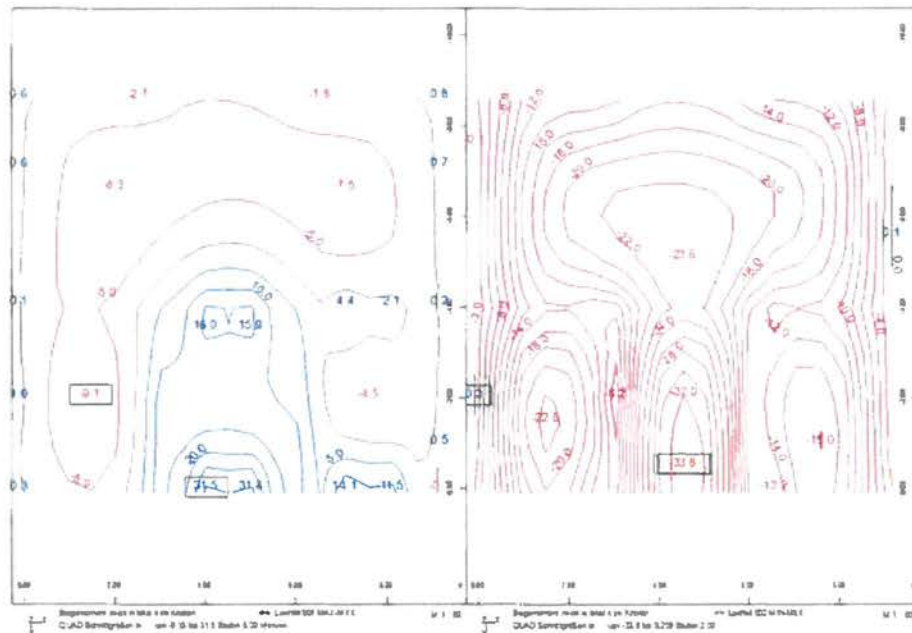


Die Verformung ist klein und akzeptierbar.

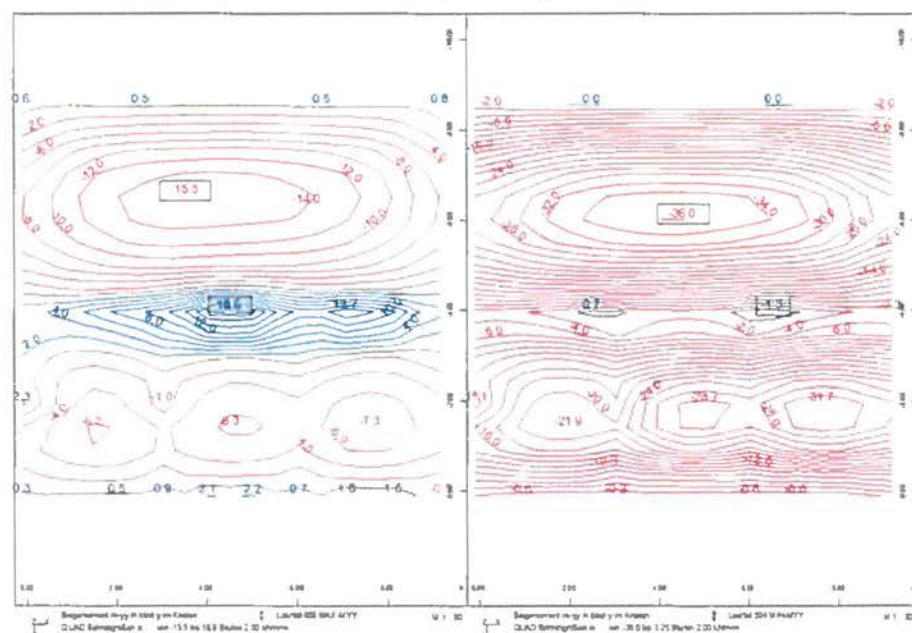
## 4.5 Maßgebende Schnittgrößen

### GZT im Bruchzustand

Die max./min. Biegemomente in X-Richtung betragen zwischen -33,8 und 31,5 kNm/m:



Die max./min. Biegemomente in Y-Richtung betragen zwischen -36,0 und 18,6 kNm/m:



Bauteil: Gründungsplatte

Block: Statische Berechnung

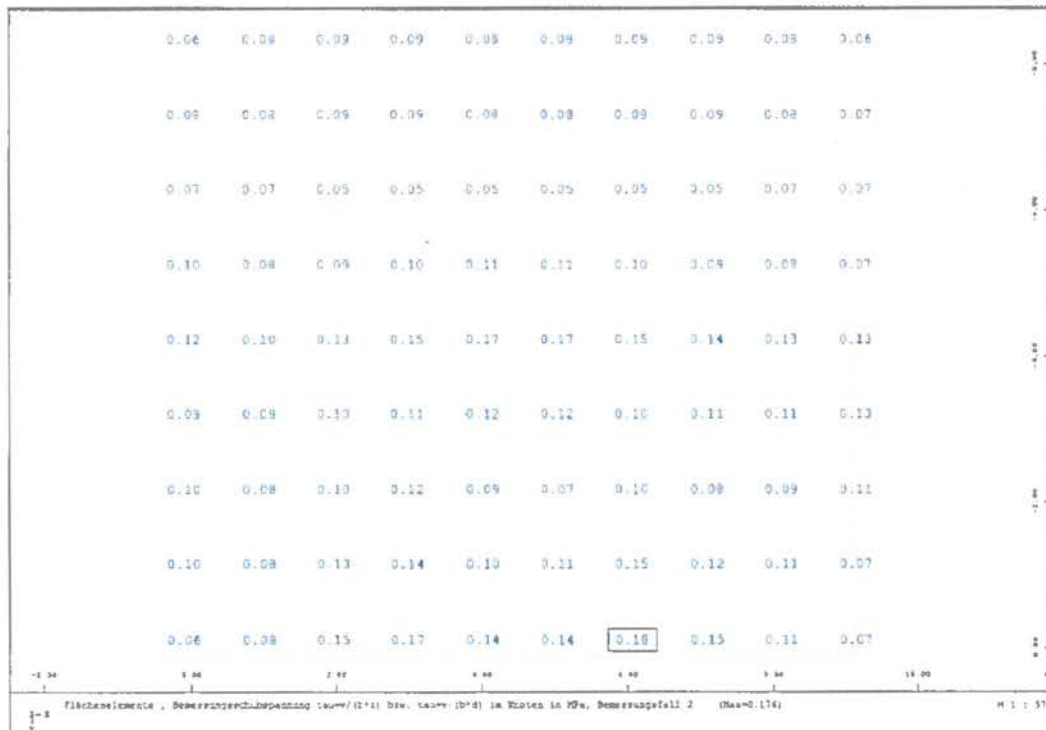
Vorgang: Maßgebende Schnittgrößen

Seite: 27

Archiv-  
Nr.:



Die max. Bemessungsschubspannung beträgt  $0,18 \text{ MN/m}^2$ , deshalb ist keine Bügelbewehrung erforderlich.



## 4.6 Statisch erforderliche Bewehrung

Die maßgebende Bewehrung aus den Nachweisen im GZT, GZG und werden auf der folgenden Seite graphisch dargestellt.

Die statisch erforderlichen oberen Biegebewehrungen



Max. erf. = 3,6 cm²/m < vorh. as = 5,24 cm²/m.

Bauteil: Gründungsplatte

Block: Statische Berechnung

Seite: 29

Vorgang: Statisch erforderliche Bewehrung

Archiv-  
Nr.:

## Die statisch erforderlichen unteren Biegebewehrungen



Max. erf. = 3,1 cm²/m < vorh. as = 5,24 cm²/m.

Die Reserve dient zur Abdeckung möglicher ungleichmäßigen Verteilung der Bettung.  
 Die Mindestbewehrungen nach 4.5 sind maßgebend.

Die Bügelbewehrung ist nicht erforderlich:

Der Nachweis ist erfüllt.

Bauteil: Gründungsplatte

Block: Statische Berechnung

Seite: 30

Vorgang: Statisch erforderliche Bewehrung

 Archiv-  
 Nr.:

#### 4.7 Mindestbewehrungen

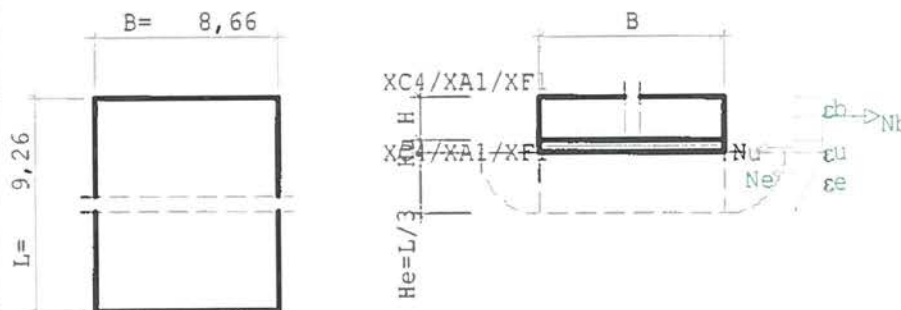
Abmessung der Gründungsplatte 9,26 x 8,66 x 0,30m,  $\phi 10$ mm,  $c_{nom} = 40$  mm

Stabachsrandabstand der 2. Bewehrungslage  $d = 45 + 10 = 55$ mm maßgebend

Es wird konstruktive Maßnahme zur Reduzierung der Reibungskraft angesetzt:

- zweilagige zum Gleiten geeigneten Baufolien auf Unterbeton
- Unterbeton muss flügelgeglättet werden.

Die Mindestbewehrung für einen Biegezwang wird mit Programm Frilo-B11 geführt:



RISSBREITENNACHWEIS nach DIN EN 1992-1-1/NA:2015-12

Betonstahl	B500B
Beton	C 25/30
	$t = 3 \dots 5d$ (langsame Erh.)
Betonzugfestigkeit	$k_{Fct}(t) = 0.65$ (nutzerdef.) $f_{cteff} = 1.67$ N/mm <sup>2</sup>
E-Modul Beton	$\alpha_E = 1.00$ (Zuschlagstoffe)
	$k_{Ec}(t) = 0.90$ (nutzerdef.) $E_{cm} = 27900$ N/mm <sup>2</sup>

KRIECHZAHL

junger Beton	$\phi_t = 0.36$ (nutzerdefiniert)
--------------	-----------------------------------

Anforderungen Dauerhaftigkeit

Betonangriff	XA1/XF1/W0
Bewehrungskorrosion	XC4
Mindestbetonklasse	C 25/30
Bügel	$d_{s,b} = 10$ mm
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 10$ mm
Vorhaltemaß	$\Delta c_{dev} = 15$ mm
Bügel	$c_{min,b} = 25$ mm
Betondeckung	$c_{nom,b} = 40$ mm
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 25$ mm
Betondeckung	$c_{nom,l} = 50$ mm*

Bauteil: Gründungsplatte	Seite: 31	Archiv-Nr.:
Block: Statische Berechnung		
Vorgang: Mindestbewehrungen		



Bauwerk: Projekt KB 1607 GUW Straßenbahn Magdeburg

Pos.:

23.06.2017

Verlegemaß Bügel  $c_{v,b} \geq 40 \text{ mm}$   
 zul. Rissbreite  $w_k = 0.20 \text{ mm}$   
 nutzerdef.

\*: mit  $c_{min,b}$ 

## BODENPLATTE

Abmessungen  $B = 8.66 \text{ m}$   $H = 0.30 \text{ m}$   
 $L = 9.26 \text{ m}$   
 Bewehrung  $d_{ob} = 5.5 \text{ cm}$   $d_{un} = 5.5 \text{ cm}$

## ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)

Es wird die in Richtung der Seite L verlaufende Zwangskraft bestimmt.  
 Verfahren nach DAfStb Heft 466

Bodenplatte:

$\Delta T = -25.00 \text{ K}$   $\alpha T = 10.00 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$   
 $\epsilon_b = -0.250 \text{ o/oo}$   $C_b = 8.3700e+004 \text{ kN/cm}$

Baugrund:

$E_e = 20.00 \text{ MN/m}^2$   $C_e = 3.6708e+005 \text{ KN}$

Unterbeton: C 12/15

$\alpha E = 1.00$   $k_{Ec}(t) = 0.90$   $E_{cm} = 24300 \text{ N/mm}^2$   
 $H_u = 0.10 \text{ m}$   $C_u = 2.4300e+004 \text{ kN/cm}$   $\epsilon_s = 0.000 \text{ o/oo}$

 $N_{zw} = 477.15 \text{ kN/m}$ 

Zwang aus Bodenreibung (oberer Grenzwert):

$\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$   $q = 2.00 \text{ kN/m}^2$   
 $\tan \phi = 30.0 \text{ Grd}$   $\mu = 0.51$   
 $\gamma_R = 1.35$   $\mu_d = 0.68$

## ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)

$N_{zw} = 30.00 \text{ kN/m}$   
 maßgebend:  $N_{zw} = 30.00 \text{ kN/m}$

## NACHWEIS RISSBREITE

$w_{max} = 0.20 \text{ mm}$  (nutzerdef.)  $d_s = 10.0 \text{ mm}$

Zwang aus Hydratation (kurzzeitige Einwirkung  $k_t = 0.6$ )Biegezwang  $N_x = 30.00 \text{ kN/m}$   $M_y = -23.51 \text{ kNm/m}$ gewählt:  $A_{su} = 5.00 \text{ cm}^2/\text{m}$ Dehnung mit  $\phi = 0.36$   $\epsilon_1 = -0.24 \text{ o/oo}$   $\epsilon_2 = 1.56 \text{ o/oo}$ Druckzonenhöhe  $X = 39.7 \text{ mm}$  $\epsilon_{2s} = 1.22 \text{ o/oo}$   $F_s = 117.5 \text{ kN/m}$  $\sigma_{eff} = 8.7 \text{ cm}$   $F_{cre} = 144.7 \text{ kN/m}$ erforderlich:  $A_{so} = 4.80 \text{ cm}^2/\text{m}$ 

Die Bewehrung ist über die Seite B zu verteilen.

erf  $a_s = 4,8 \text{ cm}^2/\text{m}$  für  $w_k = 0,20 \text{ mm}$ **Gewählt: Ø10-15 kreuzweise oben+unten** (vorh  $a_s = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$ ) oder Q524A

Bauteil: Gründungsplatte

Block: Statische Berechnung

Vorgang: Mindestbewehrungen

Seite: 32

Archiv-  
Nr.:

## 5 Schlussseite

Statische Berechnung

Neubau von zwei Gleichrichterunterwerken

Straßenbahn Magdeburg

Bauteil: Gründungsplatten

Genehmigungsstatik

Aufgestellte Seiten: 1-33

Aufgestellt:

Spiekermann GmbH

Consulting Engineers

l.A. 

I.A. Yunfeng Hu

Düsseldorf, 23.06.2017

Bauteil: Gründungsplatte

Block: Schlussseite

Vorgang: Mindestbewehrungen

Seite: 33

Archiv-  
Nr.: