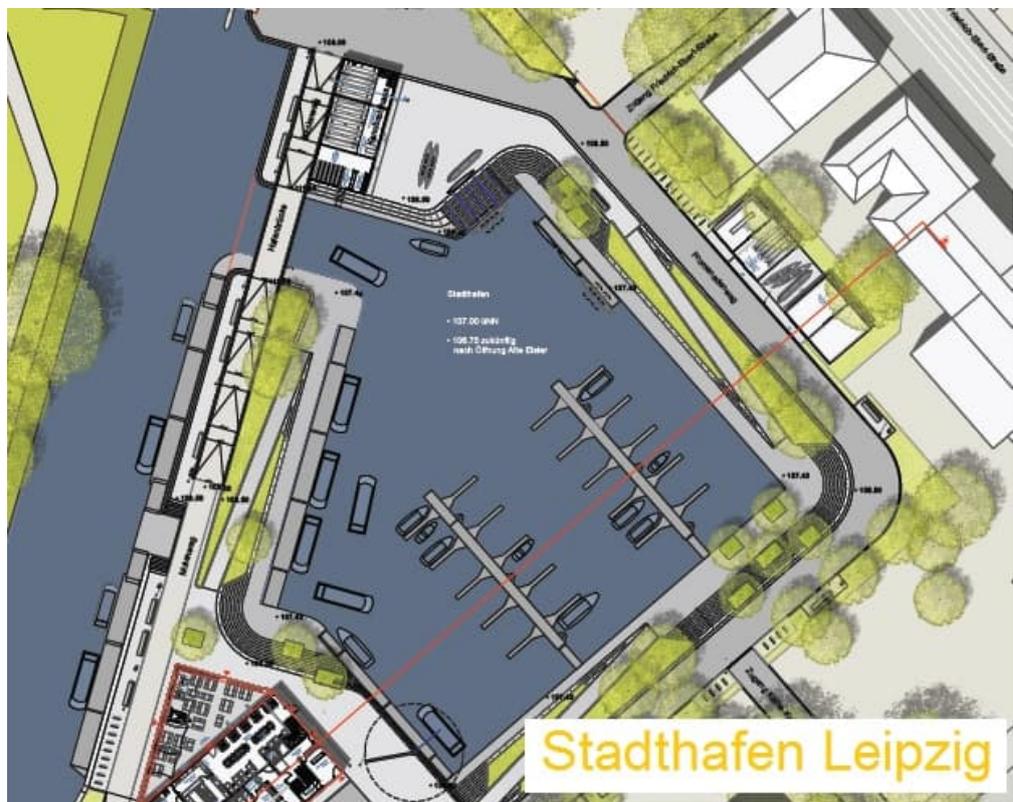




Stadt Leipzig

# Stadthafen Leipzig

## Tragwerksplanung Dalben - EMG



Vertrags-Nr.: 67.42-10/19

Aktenzeichen: 36.18.10/78

Projekt-Nr. FWT: 615-3576

Juni 2021

---

**Versions- und Revisionsbericht**

Nr.	Datum	Erstellt	Geprüft	Beschreibung
1	07.06.2021	[REDACTED]	[REDACTED]	Ersterstellung

---

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

**Disclaimer**

Der Inhalt dieses Dokumentes ist ausschließlich für den Auftraggeber der [REDACTED] [REDACTED] und andere vertraglich vereinbarte Empfänger bestimmt. Er darf nur mit Zustimmung des Auftraggebers ganz oder auszugsweise und ohne Gewähr Dritten zugänglich gemacht werden. Die Fichtner Water & Transportation GmbH haftet gegenüber Dritten nicht für die Vollständigkeit und Richtigkeit der enthaltenen Informationen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Beschreibung der Baumaßnahme.....</b>	<b>1-1</b>
<b>2. Verwendete Unterlagen und Programme.....</b>	<b>2-2</b>
2.1 Vorschriften und Normen.....	2-2
2.2 Berechnungsgrundlagen und Berechnungen .....	2-2
2.3 Gutachten und Berichte.....	2-2
2.4 Plangrundlagen .....	2-3
2.5 Programme / EDV .....	2-3
<b>3. Berechnungsgrundlagen .....</b>	<b>3-1</b>
3.1 Geometrie.....	3-1
3.2 Bemessungsschiff .....	3-1
3.3 Baustoffe .....	3-2
3.3.1 Baustahl.....	3-2
3.3.2 Lebensdauer und Korrosion .....	3-2
3.4 Bemessungswasserstände.....	3-2
3.5 Bodenprofil und Bodenkennwerte .....	3-3
3.6 Belastungsannahmen.....	3-4
3.6.1 Eigengewicht.....	3-4
3.6.2 Lasten aus Anlegemanövern.....	3-4
3.6.3 Vertäu- und Anlehnkräfte .....	3-4
3.6.4 Kräfte aus Wellen und Strömung.....	3-4
3.6.5 Eislasten .....	3-5
3.7 Sicherheitskonzept / Teilsicherheitsbeiwerte.....	3-6
<b>4. Bemessung .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 Statisches System.....	4-1
4.2 Einwirkungen.....	4-2

4.2.1	Erdwiderstand .....	4-2
4.2.2	Vertäu- und Anlehnkräfte .....	4-2
4.2.3	Eislasten .....	4-2
4.3	Dalbenbemessung .....	4-2
4.3.1	Lastfälle.....	4-2
4.3.2	Bemessung.....	4-3
4.3.3	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	4-4
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>5-1</b>

## Abbildungen

Abb. 1-1 Draufsicht des Hafenbeckens [P1].....	1-1
Abb. 3-1 Draufsicht der Steganlage [P1].....	3-1
Abb. 3-2 Korrosionsbedingte Abrostungen (Wanddickenverluste) im Süßwasser [N1].....	3-2
Abb. 3-3 Ergebnisse der Sondierung TB 3.8/10 [U2].....	3-3
Abb. 4-1 Statisches System für die Dalbenbemessung.....	4-1
Abb. 4-2 Dalbenbemessung.....	4-3
Abb. 5-1 Zusammenfassung der Dalbenbemessung.....	5-1

## Tabellen

Tab. 3-1 Bodenprofil und Bodenkennwerte [U1] und [U2].....	3-3
Tab. 3-2 Teilsicherheitsbeiwerte für die Bemessung von Dalben [N1].....	3-6
Tab. 4-1 Lastfälle für die Dalbenbemessung .....	4-2
Tab. 4-2 Maßgebende Ergebnisse der Dalbenbemessung .....	4-4
Tab. 5-1 Zusammenfassung der Dalbenbemessung.....	5-1

## Anlagen

Anlage 1	Bemessungsprotokoll GGU-Dolphin
----------	---------------------------------

## 1. BESCHREIBUNG DER BAUMAßNAHME

In der Stadt Leipzig ist ein neuer Hafen geplant. Der liegt auf der westlichen Seite des Innenstadtrings und wird auf dem Gelände eines ehemaligen Heizkraftwerkes errichtet. Im Hafenbecken sind zwei Steganlagen geplant, die jede mit 3 Dalben gesichert werden.

In diesem Dokument erfolgt die Bemessung der Dalben zur Lagesicherung der Steganlagen.

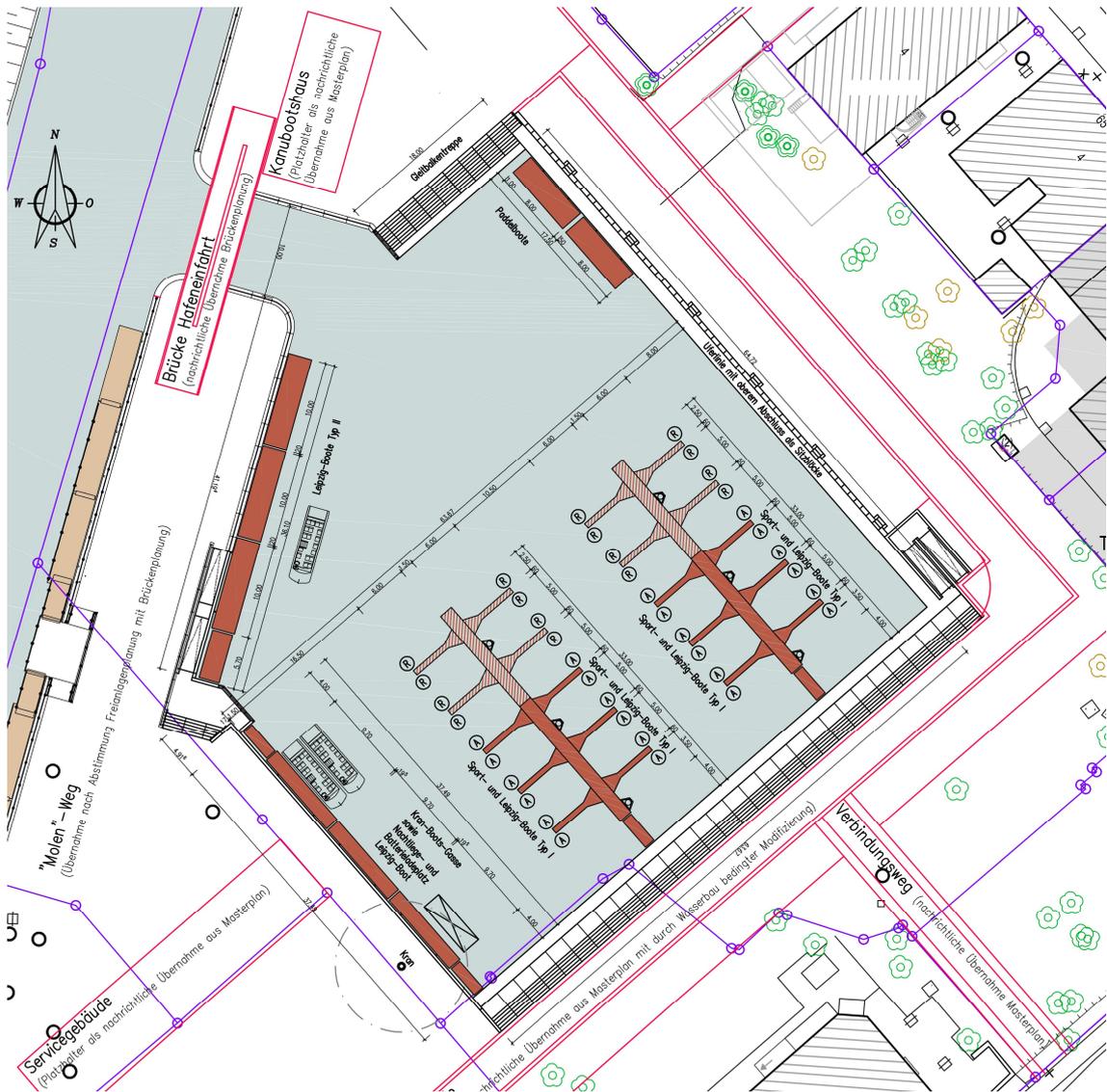


Abb. 1-1 Draufsicht des Hafenbeckens [P1]

## **2. VERWENDETE UNTERLAGEN UND PROGRAMME**

### **2.1 Vorschriften und Normen**

- [N1] Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen EAU 2012, 11. Auflage, Ausgabe 2012, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin
- [N2] DIN 4085, Baugrund – Berechnung des Erddrucks, Ausgabe August 2017, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [N3] DIN EN 1991-1-4, Eurocode1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010, Ausgabe Dezember 2010, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [N4] DIN EN 1991-1-4/NA, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten, Ausgabe Dezember 2010, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [N5] DIN EN 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [N6] DIN EN 1993-1-6, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen, Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007 + AC:2009 + A1:2017, Ausgabe Juli 2017, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin

### **2.2 Berechnungsgrundlagen und Berechnungen**

- [B1] Lastenheft Tragwerksplanung, Öffnung des Elstermühlgrabens 2. Bauabschnitt: Stadthafen Leipzig, Datum 26.08.2019, ARGE – Tragwerksplanung: S&P Leipzig / INROS LACKNER SE, Leipzig

### **2.3 Gutachten und Berichte**

- [U1] Baugrundgutachten – Phase: Hauptuntersuchung 1. Überarbeitung, Öffnung Elstermühlgraben BA 2 – Stadthafen Leipzig; Brückenbauwerk der Hafenzufahrt, Datum 25.10.2019, Ingenieurbüro für Geotechnik Dipl. –Ing. J. Küster, Leipzig
- [U2] Baugrundgutachten – Phase: Hauptuntersuchung 1. Überarbeitung, Öffnung Elstermühlgraben BA 2 – Stadthafen Leipzig; Hafenbecken, Datum 25.10.2019, Ingenieurbüro für Geotechnik Dipl. –Ing. J. Küster, Leipzig

## **2.4 Plangrundlagen**

- [P1] OP-GP-LP-03 Lageplan – Funktion und Gestalt, Datum 13.04.2011; Ecosystem Saxonia Gesellschaft für Umweltsysteme mbH
- [P2] OP-GP-S-20 Schnitte – Prinzipschnitte Sohle, Datum 04.04.2011; Ecosystem Saxonia Gesellschaft für Umweltsysteme mbH

## **2.5 Programme / EDV**

- [E1] GGU Dolphin, Version 2.08

### 3. BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

#### 3.1 Geometrie

Die geplanten Steganlagen sind ca. 33,0 m lang und mit 3 Dalben, die aus Rohrprofilen  $\text{Ø}610 \times 16 \text{ mm}$  mit S355 bestehen, gesichert. Die Sohle des Hafenbeckens wird gem. [P2] bei +105,30 m. NHN angesetzt.

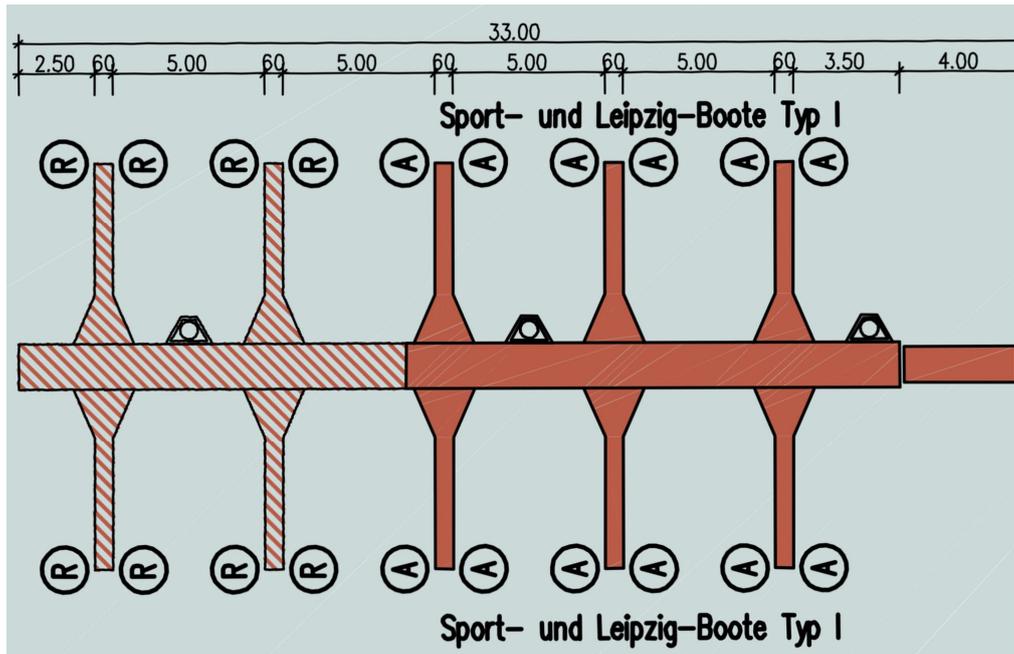


Abb. 3-1 Draufsicht der Steganlage [P1]

#### 3.2 Bemessungsschiff

Die Steganlagen sind für das Anlegen kleiner Boote (wie z.B. Kanus, Ruderboote...) vorgesehen. Gem. [B1] ist folgendes Bemessungsschiff bei der Dalbenbemessung zu berücksichtigen:

##### Leipzig-Boot/Typ II:

Länge:	$L = 8,25 \text{ m}$
Breite:	$B = 2,35 \text{ m}$
Höhe:	$H = 0,70 \text{ m}$
Freibord:	$F = 0,50 \text{ m} / 0,40 \text{ m}$ (unbelastet/belastet)
Verdrängung:	$T = 3,10 \text{ t}$
Anlegegeschwindigkeit:	$V = 0,19 \text{ m/s}$

### 3.3 Baustoffe

#### 3.3.1 Baustahl

Baustahl S 355

#### 3.3.2 Lebensdauer und Korrosion

Die Lebensdauer der Dalben ist auf einen Zeitraum von 50 Jahren auszulegen.

Für die Bemessung der Dalben ist folgende korrosionsbedingte Abrostung gem. EAU 2012 [N1] zu berücksichtigen:

- Korrosion in Süßwasser: ca. 1,50 mm (Standzeit 50 Jahre)

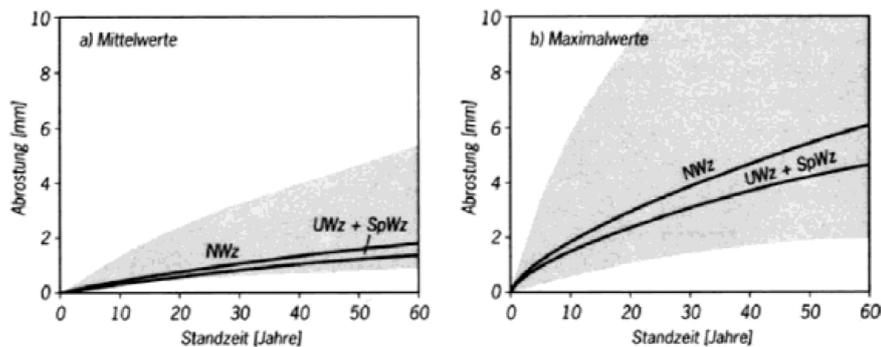


Abb. 3-2 Korrosionsbedingte Abrostungen (Wanddickenverluste) im Süßwasser [N1]

#### 3.4 Bemessungswasserstände

Die Bemessungswasserstände sind gem. [B1] für das Hafenbecken wie folgt anzusetzen:

- NQ: +105,75 m NHN
- MQ: +106,75 m NHN
- BHQ: +108,50 m NHN

### 3.5 Bodenprofil und Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte sind des Baugrundgutachtens [U1] entnommen. Das Bodenprofil wird gem. der Bohrung TB 3.8/10 aus [U2] angesetzt.

Bezeichnung	[-]	Boden 1	Boden 2a	Boden 2b	Boden 3	Boden 4
UK Schicht	[m. ü. NN]	105,55	104,35	103,35	101,45	-
$\gamma_k$	[kN/m <sup>3</sup> ]	19,0	19,5	19,0	20,5	21,0
$\gamma'_k$	[kN/m <sup>3</sup> ]	10,0	10,0	9,0	11,0	12,0
$\varphi'_k$	[°]	28	25	23	35	28
$c'_k$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0	10	0	0	20

Tab. 3-1 Bodenprofil und Bodenkennwerte [U1] und [U2]

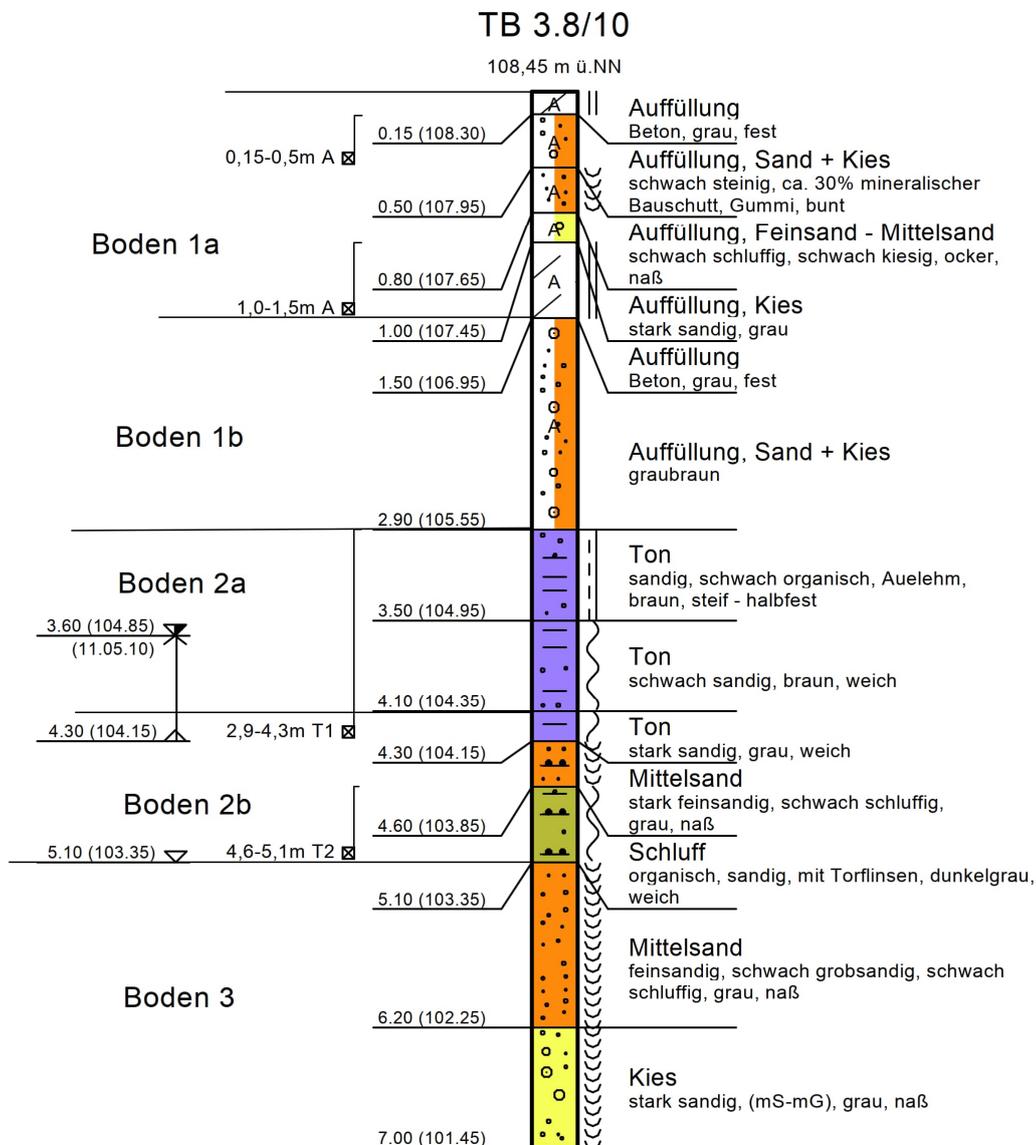


Abb. 3-3 Ergebnisse der Sondierung TB 3.8/10 [U2]

### 3.6 Belastungsannahmen

#### 3.6.1 Eigengewicht

Es werden folgende Wichten angesetzt:

- Stahl:  $\gamma_{\text{Stahl}} = 78,5 \text{ kN/m}^3$
- Wasser:  $\gamma_{\text{Wasser}} = 10,0 \text{ kN/m}^3$

#### 3.6.2 Lasten aus Anlegemanövern

Aufgrund der geringen Größe des Bemessungsschiffs werden die Lasten aus Anlegemanövern vernachlässigt.

#### 3.6.3 Vertäu- und Anlehnkräfte

Folgende Vertäu- und Anlehnkräfte sind zu berücksichtigen:

- Trossenzug: diese Kraft ist wie folgt anzusetzen:

$$T_k = 100 \text{ kN} \quad (\text{gem. [B1]})$$

Die Last wird auf der Oberkante des Dalbens bei +110,80 m NHN angesetzt.

- Anlehnkraft: die Windlast auf der Steganlage wird wie folgt ermittelt:

$$q_p = 0,65 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Geschwindigkeitsdruck – Zone 2, Binnenland gem. [N4]})$$

$$H = 2,50 \text{ m} \quad (\text{Windangriffsfläche, Annahme})$$

$$L = 33,0 \text{ m} \quad (\text{Länge der Steganlage gem. [P1]})$$

$$W = 0,65 \text{ [kN/m}^2] * 2,5 \text{ [m]} * 33 \text{ [m]} / 3 \text{ [-]} = 18 \text{ kN pro Dalben}$$

Die ermittelte Last ist sehr gering, daher wird diese bei der Dalbenbemessung nicht weiter berücksichtigt.

#### 3.6.4 Kräfte aus Wellen und Strömung

Es sind keine zusätzlichen Lasten aus Wellen und Strömung zu berücksichtigen.

### 3.6.5 Eislasten

Die Ermittlung der Eislasten erfolgt gemäß der EAU 2012 [N1].

Treibende Eisschollen sind auf Grund der nicht vorhandenen Strömung nicht zu erwarten. Eisdruck kann höchstens aus einem kompletten Zufrieren des Hafenbeckens entstehen. Maßgebend wären hier dann unterschiedliche Eistemperaturen im Becken. Ein gleichmäßiger umfassender Eisdruck führt zu keiner äußeren Belastung des Dalbens.

Es wird daher eine einseitige Eislast für eine maximale Eisdicke von 5 cm berücksichtigt. Falls höhere Eisdicken auftreten, ist der Dalben von Eis freizuhalten. Alternativ kann ein Schwimmkörper aus Styropor um den Dalben gelegt werden, der den Eisdruck über Verformungen aufnimmt.

#### 3.6.5.1 Eisdruckfestigkeit

Die Ermittlung der Eisdruckfestigkeit  $\sigma_0$  erfolgt gemäß EAU 2012 [N1] Abschnitt 5.16.3:

$$\sigma_0 = 1,10 + 0,35 * |\vartheta_m| = 1,10 + 0,35 * |-2,5| = 1,98 \text{ MN/m}^2 \quad \text{für } 0^\circ\text{C} < \vartheta_m < -5^\circ\text{C}$$

Mit:

$\sigma_0$ : horizontale einachsige Eisdruckfestigkeit [MN/m<sup>2</sup>]

$\vartheta_m = -2,5^\circ\text{C}$  mittlere Eistemperatur (Hälfte der Eistemperatur an der Oberfläche)

#### 3.6.5.2 Eislast auf der Dalben

Die Eislast auf der Steganlage ist gem. EAU 2012 [N1] Abschnitt 5.16.4 ermittelt:

$$p_0 = k * h * \sigma_0 = 0,33 [-] * 0,05 [\text{m}] * 1,98 [\text{MN/m}^2] = 32,7 \text{ kN/m}$$

Mit:

$p_0$ : maximal wirkende Linienlast

$k = 0,33$  Kontaktbeiwert

$h = 0,05 \text{ m}$  Dicke des Eises

Die Eislast ist auf der gesamten Länge der Steganlage angesetzt und auf drei Dalben verteilt:

$$P_P = p_0 * L / 3 = 32,7 [\text{kN/m}] * 29,0 [\text{m}] / 3 [-] = 316,1 \text{ kN pro Dalben}$$

Mit:

$L = 29,0 \text{ m}$  Länge der Steganlage, die auf dem Wasser liegt (siehe [P1])

Die ermittelte Eislast wird bei +106,75 m NHN angesetzt.

### 3.7 Sicherheitskonzept / Teilsicherheitsbeiwerte

Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Dalbenbemessung sind entsprechend EAU 2012 [N1] zu berücksichtigen.

Einwirkungen	Einwirkungen $\gamma_Q$	Widerstände	
		Boden $\gamma_{R,e}$	Stahl $\gamma_M$
Lasten aus Anlegemanövern	1,00	1,00	1,00
Vertäu- und Anlehnkräfte	1,20	1,15	1,10
Kräfte aus Wellen und Strömung	1,20	1,15	1,10
Eislasten	1,00	1,10	1,10

**Tab. 3-2 Teilsicherheitsbeiwerte für die Bemessung von Dalben [N1]**

## 4. BEMESSUNG

### 4.1 Statisches System

Die wesentlichen Parameter der Konstruktion sind nachfolgend zusammengefasst:

- OK der Dalben: +110,50 m NHN      BHQ + 2,00 m
- OK des Hafenbeckens: +103,50 m NHN      siehe Kapitel 3.1
- Rohrprofil: Ø 610 mm x 16 mm      S355

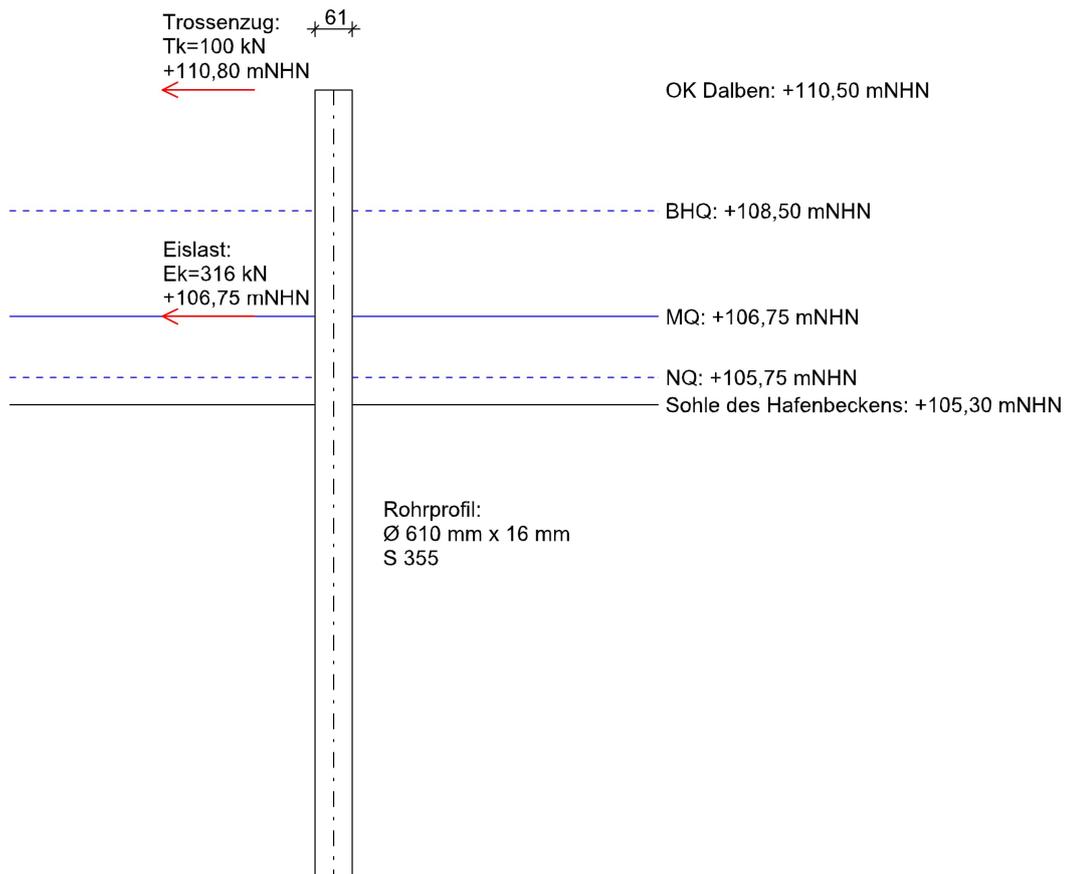


Abb. 4-1 Statisches System für die Dalbenbemessung

## 4.2 Einwirkungen

### 4.2.1 Erdwiderstand

Der räumliche Erdwiderstand wird nach DIN 4085 [N2] ermittelt.

### 4.2.2 Vertäu- und Anlehnkräfte

Die Vertäu- und Anlehnkräfte sind gem. Kapitel 3.6.3 wie folgt anzusetzen:

Trossenzug:  $T_k = 100 \text{ kN}$  auf +110,80 m NHN

### 4.2.3 Eislasten

Die Eislasten sind gem. Kapitel 3.6.5.2 wie folgt anzusetzen:

Eislast:  $E_k = 316 \text{ kN}$  auf +106,75 m NHN

## 4.3 Dalbenbemessung

Der Dalben wird nach Blum berechnet. Die Stahlnachweise erfolgen nach der DIN EN 1993-1-1 [N5] und DIN EN 1993-1-5 [N6].

### 4.3.1 Lastfälle

Die Bemessung erfolgt für die folgenden Lastfälle:

Bezeichnung	LF1	LF2
	Eislast	Trossenzug
Kraftangriffspunkt	+106,75 m NHN	+110,80 m NHN
Horizontale Belastung	316 kN	100 kN

**Tab. 4-1 Lastfälle für die Dalbenbemessung**

### 4.3.2 Bemessung

Die Bemessung erfolgt mit dem Programm GGU Dolphin [E1]. Das Bemessungsprotokoll ist der Anlage 1 zu entnehmen.

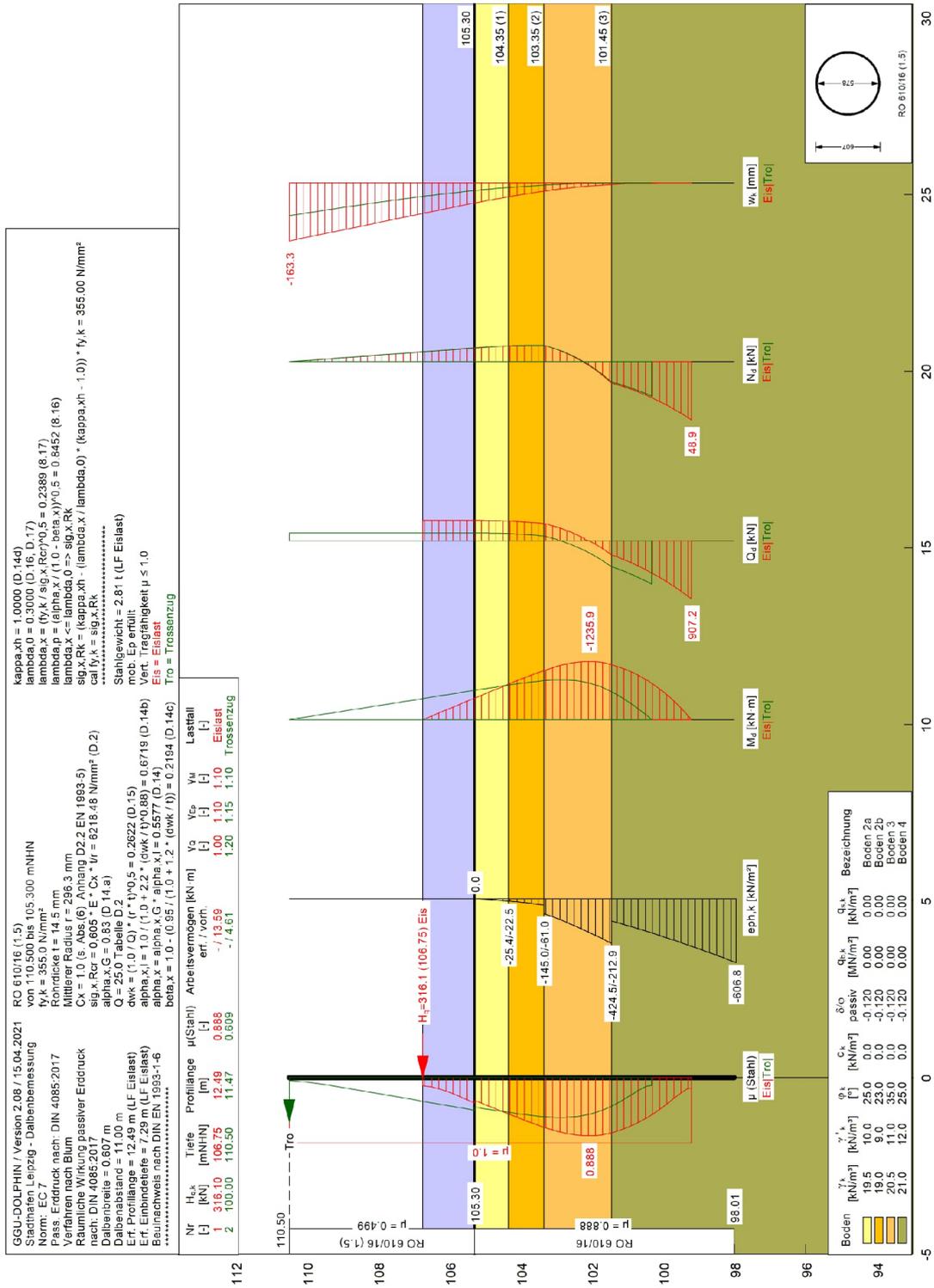


Abb. 4-2 Dalbenbemessung

### 4.3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

In der nachfolgenden Tabelle sind die maßgebenden Ergebnisse zusammengefasst:

<b>Bezeichnung</b>	<b>LF1 Eislast</b>	<b>LF2 Trossenzug</b>
Kraftangriffspunkt	+106,75 m NHN	+110,80 m NHN
Horizontale Belastung	316 kN	100 kN
Erforderliche Profillänge	12,49 m	11,47 m
Stahlausnutzung	0,888	0,609

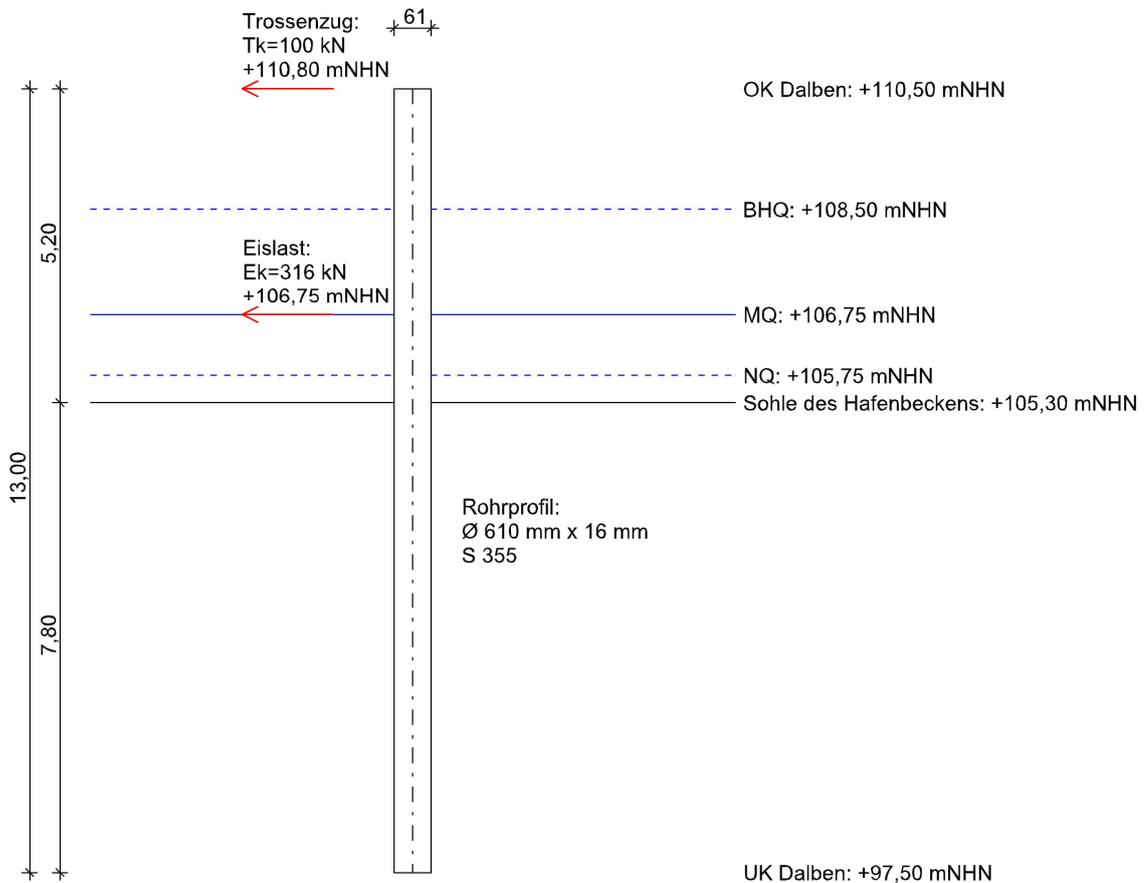
**Tab. 4-2 Maßgebende Ergebnisse der Dalbenbemessung**

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Nachfolgend sind die wesentlichen Angaben und Ergebnisse der Dalbenbemessung zusammengefasst:

<b>Rohrprofil</b>	Ø 610 mm x 16 mm
<b>Stahlgüte</b>	S 355
<b>OK Dalben</b>	+110,50 mNHN
UK Dalben	+97,50 mNHN
Maximale Stahlausnutzung des Rohrprofils ( $\mu_{\text{Stahl}}$ )	0,888

**Tab. 5-1 Zusammenfassung der Dalbenbemessung**



**Abb. 5-1 Zusammenfassung der Dalbenbemessung**

Im Bereich der Dalben ist die Sohle mit Ton oder ähnlichem wieder abzudichten.

# Anlage 1

---

## Bemessungsprotokoll GGU-Dolphin

Stadthafen Leipzig - Dalbenbemessung

GGU-DOLPHIN / Version 2.08 / 15.04.2021

Dalben  
=====

Verfahren nach Blum

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Stadthafen Leipzig - Dalbenbemessung

Indices:

d = Bemessungswert  
k = charakteristisch  
q = Veränderlich

Dalbenkopf = 110.50 mNHN

Gewässersohle = 105.30 mNHN

Dalbenbreite = 0.607 m

Dalbenabstand = 11.00 m

Wasserstand = 106.75 mNHN

Lastfälle allgemein

Eingaben

Nr.	Lastfall	Hq, k	Tiefe	gamma (Q)	gamma (Ep)	gamma (M)	erf. Arbeitsvermögen
[-]	[-]	[kN]	[mNHN]	[-]	[-]	[-]	[kN·m]
1	Eislast	316.10	106.75	1.000	1.100	1.100	-
2	Trossenzug	100.00	110.50	1.200	1.150	1.100	-

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam, k	gam', k	phi, k	c, k	d(p)/phi	qc	cu, k
[-]	[mNHN]	[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kN/m²]	[-]	[MN/m²]	[kN/m²]
1	104.35	19.50	10.00	25.00	0.00	-0.120	0.00	0.00
2	103.35	19.00	9.00	23.00	0.00	-0.120	0.00	0.00
3	101.45	20.50	11.00	35.00	0.00	-0.120	0.00	0.00
4	80.00	21.00	12.00	25.00	0.00	-0.120	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017

Räumliche Wirkung nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	kpgh	kpch	phi, k	delta	beta
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	104.35	2.661	3.379	25.000	-3.00	0.00
2	103.35	2.438	3.218	23.000	-2.76	0.00
3	101.45	4.270	4.417	35.000	-4.20	0.00
4	80.00	2.661	3.379	25.000	-3.00	0.00

Passive Erddruckordinaten eph, k

von	bis	oben	unten
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m²]	[kN/m²]
106.25	105.30	0.00	0.00
105.30	104.47	0.00	-21.14
104.47	104.35	-21.14	-25.42
104.35	103.47	-22.46	-55.24
103.47	103.35	-55.24	-60.97
103.35	102.46	-145.03	-261.26
102.46	102.08	-261.26	-319.37
102.08	101.45	-319.37	-424.45
101.45	100.45	-212.95	-311.56
100.45	99.45	-311.56	-421.85
99.45	99.21	-421.85	-451.11
99.21	80.00	-451.11	-4112.18

Stadthafen Leipzig - Dalbenbemessung

Beulnachweis nach DIN EN 1993-1-6

\*\*\*\*\*

RO 610/16 (1.5)  
 von 110.500 bis 105.300 mNHN  
 $f_{y,k} = 355.0 \text{ N/mm}^2$   
 Rohrdicke  $t = 14.5 \text{ mm}$   
 Mittlerer Radius  $r = 296.3 \text{ mm}$   
 $C_x = 1.0$  (s. Abs.(6) Anhang D2.2 EN 1993-5)  
 $\sigma_{x,Rcr} = 0,605 * E * C_x * t/r = 6218.48 \text{ N/mm}^2$  (D.2)  
 $\alpha_{x,G} = 0.83$  (D 14.a)  
 $Q = 25.0$  Tabelle D.2  
 $d_{wk} = (1.0 / Q) * (r * t)^{0.5} = 0.2622$  (D.15)  
 $\alpha_{x,l} = 1.0 / (1.0 + 2.2 * (d_{wk} / t)^{0.88}) = 0.6719$  (D.14b)  
 $\alpha_x = \alpha_{x,G} * \alpha_{x,l} = 0.5577$  (D.14)  
 $\beta_x = 1.0 - (0.95 / (1.0 + 1.2 * (d_{wk} / t))) = 0.2194$  (D.14c)  
 $\kappa_{xh} = 1.0000$  (D.14d)  
 $\lambda_{0} = 0.3000$  (D.16, D.17)  
 $\lambda_x = (f_{y,k} / \sigma_{x,Rcr})^{0.5} = 0.2389$  (8.17)  
 $\lambda_p = (\alpha_x / (1.0 - \beta_x))^{0.5} = 0.8452$  (8.16)  
 $\lambda_x \leq \lambda_0 \Rightarrow \sigma_{x,Rk}$   
 $\sigma_{x,Rk} = (\kappa_{xh} - (\lambda_x / \lambda_0)) * (\kappa_{xh} - 1.0) * f_{y,k} = 355.00 \text{ N/mm}^2$   
 cal  $f_{y,k} = \sigma_{x,Rk}$

\*\*\*\*\*

RO 610/16  
 von 105.300 bis 98.011 mNHN  
 $f_{y,k} = 355.0 \text{ N/mm}^2$   
 Rohrdicke  $t = 16.0 \text{ mm}$   
 Mittlerer Radius  $r = 297.0 \text{ mm}$   
 $C_x = 1.0$  (s. Abs.(6) Anhang D2.2 EN 1993-5)  
 $\sigma_{x,Rcr} = 0,605 * E * C_x * t/r = 6844.44 \text{ N/mm}^2$  (D.2)  
 $\alpha_{x,G} = 0.83$  (D 14.a)  
 $Q = 25.0$  Tabelle D.2  
 $d_{wk} = (1.0 / Q) * (r * t)^{0.5} = 0.2757$  (D.15)  
 $\alpha_{x,l} = 1.0 / (1.0 + 2.2 * (d_{wk} / t)^{0.88}) = 0.6811$  (D.14b)  
 $\alpha_x = \alpha_{x,G} * \alpha_{x,l} = 0.5653$  (D.14)  
 $\beta_x = 1.0 - (0.95 / (1.0 + 1.2 * (d_{wk} / t))) = 0.2128$  (D.14c)  
 $\kappa_{xh} = 1.0000$  (D.14d)  
 $\lambda_{0} = 0.3000$  (D.16, D.17)  
 $\lambda_x = (f_{y,k} / \sigma_{x,Rcr})^{0.5} = 0.2277$  (8.17)  
 $\lambda_p = (\alpha_x / (1.0 - \beta_x))^{0.5} = 0.8474$  (8.16)  
 $\lambda_x \leq \lambda_0 \Rightarrow \sigma_{x,Rk}$   
 $\sigma_{x,Rk} = (\kappa_{xh} - (\lambda_x / \lambda_0)) * (\kappa_{xh} - 1.0) * f_{y,k} = 355.00 \text{ N/mm}^2$   
 cal  $f_{y,k} = \sigma_{x,Rk}$

Profilwerte

Von 110.50 bis 105.30 mNHN

Profil: RO 610/16 (1.5)  
 $I = 118509.4 \text{ cm}^4$   
 $W_{el} = 3904.8 \text{ cm}^3$   
 $S = 0,5 * W_{pl} = 2545.7 \text{ cm}^3$   
 $A = 269.9 \text{ cm}^2$   
 $t = 14.5 \text{ mm}$   
 Stahlgüte: S 355  
 Beulnachweis nach DIN EN 1993-1-6  
 Querschnittsklasse 2  
 cal  $f_{y,k} = 355.00$

Von 105.30 bis 98.01 mNHN

Profil: RO 610/16  
 $I = 131781.4 \text{ cm}^4$   
 $W_{el} = 4320.7 \text{ cm}^3$   
 $S = 0,5 * W_{pl} = 2823.3 \text{ cm}^3$   
 $A = 298.6 \text{ cm}^2$   
 $t = 16.0 \text{ mm}$   
 Stahlgüte: S 355  
 Beulnachweis nach DIN EN 1993-1-6  
 Querschnittsklasse 2  
 cal  $f_{y,k} = 355.00$

Stahlgewicht = 2.81 t (LF Eislast)

Ergebnisse

Nr.	Lastfall	Hq, k	Tiefe	Profillänge	$\mu$ (Stahl)	Arbeitsvermögen Ed
[-]	[-]	[kN]	[mNHN]	[m]	[-]	[kN·m]
1	Eislast	316.10	106.75	12.49	0.888	(13.59)
2	Trossenzug	100.00	110.50	11.47	0.609	(4.61)

Höchste Stahlausnutzung = 0.888 (Lastfall: Eislast)

Stadthafen Leipzig - Dalbenbemessung

Zustandsgrößen, Verschiebungen, Stahlwerte

LF: Eislast

Nr.	Tiefe	M,d	Q,d	N,d	w,k	μ(Stahl)	f <sub>yd</sub>	Profil
[-]	[mNHN]	[kN·m]	[kN]	[kN]	[mm]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]
1	110.50	0.00	0.00	0.00	-163.29	0.000	322.73	RO 610/16 (1.5)
2	110.25	0.00	0.00	-0.56	-158.14	0.000	322.73	RO 610/16 (1.5)
3	110.00	0.00	0.00	-1.12	-152.98	0.000	322.73	RO 610/16 (1.5)
4	109.75	0.00	0.00	-1.68	-147.83	0.000	322.73	RO 610/16 (1.5)
5	109.50	0.00	0.00	-2.24	-142.67	0.000	322.73	RO 610/16 (1.5)
6	109.25	0.00	0.00	-2.80	-137.51	0.000	322.73	RO 610/16 (1.5)
7	109.00	0.00	0.00	-3.36	-132.36	0.000	322.73	RO 610/16 (1.5)
8	108.75	0.00	0.00	-3.92	-127.20	0.000	322.73	RO 610/16 (1.5)
9	108.50	0.00	0.00	-4.48	-122.05	0.001	322.73	RO 610/16 (1.5)
10	108.25	0.00	0.00	-5.04	-116.89	0.001	322.73	RO 610/16 (1.5)
11	108.00	0.00	0.00	-5.60	-111.74	0.001	322.73	RO 610/16 (1.5)
12	107.75	0.00	0.00	-6.16	-106.58	0.001	322.73	RO 610/16 (1.5)
13	107.50	0.00	0.00	-6.72	-101.43	0.001	322.73	RO 610/16 (1.5)
14	107.25	0.00	0.00	-7.28	-96.27	0.001	322.73	RO 610/16 (1.5)
15	107.00	0.00	0.00	-7.84	-91.12	0.001	322.73	RO 610/16 (1.5)
16	106.75	0.00	0.00	-8.40	-85.96	0.001	322.73	RO 610/16 (1.5)
16	106.75	0.00	-316.10	-8.40	-85.96	0.126	322.73	RO 610/16 (1.5)
17	106.50	-79.03	-316.10	-8.96	-80.81	0.141	322.73	RO 610/16 (1.5)
18	106.25	-158.05	-316.10	-9.52	-75.68	0.178	322.73	RO 610/16 (1.5)
19	106.00	-237.08	-316.10	-10.08	-70.59	0.227	322.73	RO 610/16 (1.5)
20	105.75	-316.10	-316.10	-10.64	-65.55	0.282	322.73	RO 610/16 (1.5)
21	105.50	-395.13	-316.10	-11.20	-60.60	0.339	322.73	RO 610/16 (1.5)
22	105.30	-458.35	-316.10	-11.65	-56.71	0.386	322.73	RO 610/16 (1.5)
22	105.30	-458.35	-316.10	-11.65	-56.71	0.349	322.73	RO 610/16
23	105.18	-495.88	-315.98	-11.91	-54.43	0.374	322.73	RO 610/16
24	105.06	-533.38	-315.62	-12.16	-52.18	0.400	322.73	RO 610/16
25	104.94	-570.83	-314.98	-12.39	-49.95	0.426	322.73	RO 610/16
26	104.83	-608.18	-314.01	-12.60	-47.75	0.452	322.73	RO 610/16
27	104.71	-645.39	-312.69	-12.80	-45.59	0.478	322.73	RO 610/16
28	104.59	-682.42	-310.99	-12.98	-43.45	0.503	322.73	RO 610/16
29	104.47	-719.23	-308.86	-13.13	-41.36	0.529	322.73	RO 610/16
30	104.35	-755.76	-306.27	-13.26	-39.30	0.554	322.73	RO 610/16
31	104.22	-793.87	-303.42	-13.41	-37.17	0.581	322.73	RO 610/16
32	104.10	-831.60	-300.09	-13.52	-35.08	0.607	322.73	RO 610/16
33	103.97	-868.87	-296.27	-13.62	-33.05	0.634	322.73	RO 610/16
34	103.85	-905.64	-291.91	-13.69	-31.06	0.659	322.73	RO 610/16
35	103.72	-941.83	-286.99	-13.73	-29.12	0.685	322.73	RO 610/16
36	103.60	-977.36	-281.47	-13.75	-27.24	0.710	322.73	RO 610/16
37	103.47	-1012.17	-275.33	-13.73	-25.41	0.734	322.73	RO 610/16
38	103.35	-1046.17	-268.54	-13.68	-23.64	0.758	322.73	RO 610/16
39	103.22	-1079.06	-250.62	-12.65	-21.91	0.780	322.73	RO 610/16
40	103.10	-1109.59	-231.02	-11.50	-20.24	0.801	322.73	RO 610/16
41	102.97	-1137.51	-209.48	-10.20	-18.63	0.820	322.73	RO 610/16
42	102.84	-1162.57	-185.95	-8.75	-17.09	0.837	322.73	RO 610/16
43	102.72	-1184.53	-160.36	-7.16	-15.61	0.852	322.73	RO 610/16
44	102.59	-1203.11	-132.66	-5.41	-14.21	0.865	322.73	RO 610/16
45	102.46	-1218.04	-102.80	-3.50	-12.87	0.875	322.73	RO 610/16
46	102.34	-1229.06	-70.72	-1.43	-11.61	0.882	322.73	RO 610/16
47	102.21	-1235.86	-18.19	0.81	-10.41	0.886	322.73	RO 610/16
48	102.08	-1238.17	0.15	3.22	-9.29	0.888	322.73	RO 610/16 *
49	101.96	-1235.69	19.67	5.80	-8.24	0.887	322.73	RO 610/16 *
50	101.83	-1228.11	40.40	8.56	-7.26	0.882	322.73	RO 610/16 *
51	101.70	-1215.12	62.36	11.51	-6.36	0.873	322.73	RO 610/16 *
52	101.58	-1196.41	85.58	14.63	-5.52	0.860	322.73	RO 610/16 *
53	101.45	-1171.65	110.08	17.95	-4.75	0.843	322.73	RO 610/16 *
54	101.33	-1142.62	122.84	19.01	-4.06	0.823	322.73	RO 610/16 *
55	101.20	-1110.32	136.28	20.14	-3.44	0.800	322.73	RO 610/16 *
56	101.08	-1074.58	150.43	21.34	-2.87	0.775	322.73	RO 610/16 *
57	100.95	-1035.22	165.28	22.62	-2.37	0.747	322.73	RO 610/16 *
58	100.83	-992.07	180.85	23.97	-1.93	0.717	322.73	RO 610/16 *
59	100.70	-944.95	197.14	25.40	-1.54	0.684	322.73	RO 610/16 *
60	100.58	-893.67	214.19	26.90	-1.20	0.648	322.73	RO 610/16 *
61	100.45	-838.04	231.98	28.49	-0.92	0.610	322.73	RO 610/16 *
62	100.33	-777.88	250.54	30.15	-0.68	0.568	322.73	RO 610/16 *
63	100.20	-713.00	269.87	31.90	-0.48	0.524	322.73	RO 610/16 *
64	100.08	-643.20	289.98	33.73	-0.33	0.476	322.73	RO 610/16 *
65	99.95	-568.28	310.89	35.64	-0.21	0.426	322.73	RO 610/16 *
66	99.83	-488.05	332.60	37.64	-0.12	0.374	322.73	RO 610/16 *
67	99.70	-402.30	355.13	39.72	-0.06	0.319	322.73	RO 610/16 *
68	99.58	-310.82	378.49	41.89	-0.03	0.265	322.73	RO 610/16 *
69	99.45	-213.42	402.67	44.15	-0.01	0.214	322.73	RO 610/16 *
70	99.33	-109.89	427.70	46.49	0.00	0.175	322.73	RO 610/16 *
71	99.21	0.00	453.59	48.92	0.00	0.163	322.73	RO 610/16 *
max.μ(Stahl)								
48	102.08	-1238.17	0.15	3.22	-9.29	0.888	322.73	RO 610/16 *
max.M								
48	102.08	-1238.17	0.15	3.22	-9.29	0.888	322.73	RO 610/16 *

\*) Q,d unterhalb des Querkraftnullpunkts um 50 % abgemindert (t,Qp = 102.147 mNHN)

Stadthafen Leipzig - Dalbenbemessung

LF: Trossenzug								
Nr.	Tiefe	M,d	Q,d	N,d	w,k	$\mu$ (Stahl)	f <sub>yd</sub>	Profil
[-]	[mNHN]	[kN·m]	[kN]	[kN]	[mm]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]
1	110.50	0.00	-120.00	0.00	-92.27	0.048	322.73	RO 610/16 (1.5)
2	110.25	-30.00	-120.00	-0.56	-88.43	0.053	322.73	RO 610/16 (1.5)
3	110.00	-60.00	-120.00	-1.11	-84.60	0.067	322.73	RO 610/16 (1.5)
4	109.75	-90.00	-120.00	-1.67	-80.79	0.086	322.73	RO 610/16 (1.5)
5	109.50	-120.00	-120.00	-2.23	-76.99	0.107	322.73	RO 610/16 (1.5)
6	109.25	-150.00	-120.00	-2.79	-73.22	0.129	322.73	RO 610/16 (1.5)
7	109.00	-180.00	-120.00	-3.34	-69.48	0.151	322.73	RO 610/16 (1.5)
8	108.75	-210.00	-120.00	-3.90	-65.78	0.174	322.73	RO 610/16 (1.5)
9	108.50	-240.00	-120.00	-4.46	-62.12	0.197	322.73	RO 610/16 (1.5)
10	108.25	-270.00	-120.00	-5.01	-58.51	0.220	322.73	RO 610/16 (1.5)
11	108.00	-300.00	-120.00	-5.57	-54.96	0.243	322.73	RO 610/16 (1.5)
12	107.75	-330.00	-120.00	-6.13	-51.47	0.267	322.73	RO 610/16 (1.5)
13	107.50	-360.00	-120.00	-6.69	-48.05	0.290	322.73	RO 610/16 (1.5)
14	107.25	-390.00	-120.00	-7.24	-44.70	0.314	322.73	RO 610/16 (1.5)
15	107.00	-420.00	-120.00	-7.80	-41.44	0.338	322.73	RO 610/16 (1.5)
16	106.75	-450.00	-120.00	-8.36	-38.26	0.361	322.73	RO 610/16 (1.5)
17	106.50	-480.00	-120.00	-8.92	-35.18	0.385	322.73	RO 610/16 (1.5)
18	106.25	-510.00	-120.00	-9.47	-32.20	0.409	322.73	RO 610/16 (1.5)
19	106.00	-540.00	-120.00	-10.03	-29.33	0.432	322.73	RO 610/16 (1.5)
20	105.75	-570.00	-120.00	-10.59	-26.57	0.456	322.73	RO 610/16 (1.5)
21	105.50	-600.00	-120.00	-11.14	-23.92	0.480	322.73	RO 610/16 (1.5)
22	105.30	-624.00	-120.00	-11.59	-21.90	0.499	322.73	RO 610/16 (1.5)
22	105.30	-624.00	-120.00	-11.59	-21.90	0.451	322.73	RO 610/16
23	105.18	-638.25	-119.89	-11.85	-20.74	0.461	322.73	RO 610/16
24	105.06	-652.46	-119.53	-12.09	-19.60	0.471	322.73	RO 610/16
25	104.94	-666.62	-118.90	-12.33	-18.49	0.481	322.73	RO 610/16
26	104.83	-680.69	-117.96	-12.54	-17.41	0.491	322.73	RO 610/16
27	104.71	-694.63	-116.68	-12.74	-16.36	0.501	322.73	RO 610/16
28	104.59	-708.39	-115.02	-12.92	-15.34	0.511	322.73	RO 610/16
29	104.47	-721.93	-112.94	-13.07	-14.35	0.521	322.73	RO 610/16
30	104.35	-735.19	-110.42	-13.21	-13.39	0.530	322.73	RO 610/16
31	104.22	-748.83	-107.64	-13.35	-12.41	0.540	322.73	RO 610/16
32	104.10	-762.08	-104.40	-13.47	-11.47	0.549	322.73	RO 610/16
33	103.97	-774.91	-100.67	-13.57	-10.56	0.558	322.73	RO 610/16
34	103.85	-787.23	-96.42	-13.64	-9.69	0.567	322.73	RO 610/16
35	103.72	-798.99	-91.62	-13.69	-8.85	0.575	322.73	RO 610/16
36	103.60	-810.11	-86.24	-13.71	-8.06	0.583	322.73	RO 610/16
37	103.47	-820.52	-80.26	-13.70	-7.30	0.591	322.73	RO 610/16
38	103.35	-830.15	-73.64	-13.66	-6.58	0.597	322.73	RO 610/16
39	103.22	-838.38	-56.17	-12.66	-5.89	0.603	322.73	RO 610/16
40	103.10	-844.31	-37.06	-11.54	-5.24	0.607	322.73	RO 610/16
41	102.97	-847.69	-8.03	-10.28	-4.64	0.609	322.73	RO 610/16
42	102.84	-848.30	3.44	-8.88	-4.07	0.609	322.73	RO 610/16 *
43	102.72	-845.87	15.91	-7.33	-3.54	0.607	322.73	RO 610/16 *
44	102.59	-840.15	29.41	-5.63	-3.06	0.603	322.73	RO 610/16 *
45	102.46	-830.88	43.96	-3.77	-2.62	0.596	322.73	RO 610/16 *
46	102.34	-817.78	59.60	-1.76	-2.21	0.587	322.73	RO 610/16 *
47	102.21	-800.59	76.34	0.42	-1.85	0.575	322.73	RO 610/16 *
48	102.08	-779.01	94.21	2.76	-1.52	0.560	322.73	RO 610/16 *
49	101.96	-752.76	113.24	5.27	-1.23	0.542	322.73	RO 610/16 *
50	101.83	-721.54	133.45	7.96	-0.98	0.520	322.73	RO 610/16 *
51	101.70	-685.04	154.86	10.82	-0.76	0.496	322.73	RO 610/16 *
52	101.58	-642.97	177.49	13.86	-0.58	0.467	322.73	RO 610/16 *
53	101.45	-595.01	201.37	17.09	-0.43	0.435	322.73	RO 610/16 *
54	101.33	-543.25	213.81	18.11	-0.30	0.399	322.73	RO 610/16 *
55	101.20	-488.30	226.92	19.21	-0.21	0.361	322.73	RO 610/16 *
56	101.08	-429.99	240.70	20.38	-0.13	0.322	322.73	RO 610/16 *
57	100.95	-368.17	255.18	21.62	-0.08	0.282	322.73	RO 610/16 *
58	100.83	-302.64	270.36	22.93	-0.04	0.240	322.73	RO 610/16 *
59	100.70	-233.24	286.25	24.32	-0.02	0.199	322.73	RO 610/16 *
60	100.58	-159.79	302.86	25.78	-0.01	0.160	322.73	RO 610/16 *
61	100.45	-82.11	320.20	27.32	0.00	0.131	322.73	RO 610/16 *
62	100.33	0.00	338.29	28.94	0.00	0.122	322.73	RO 610/16 *
max. $\mu$ (Stahl)								
42	102.84	-848.30	3.44	-8.88	-4.07	0.609	322.73	RO 610/16 *
max.M								
42	102.84	-848.30	3.44	-8.88	-4.07	0.609	322.73	RO 610/16 *

\*) Q,d unterhalb des Querkraftnullpunkts um 50 % abgemindert (t,Qp = 102.907 mNHN)

Längenzuschlag

=====

Längenzuschlag für LF: Eislast

Ersatzkräfte Ch (Blum)  
 $Ch, g, k = 0.00 \text{ kN}$   
 $Ch, q, k = 907.17 \text{ kN}$   
 $dt = Ch, d \cdot \gamma(Ep) / eph, C, k$   
 $Ch, d = 0.5 \cdot (Ch, g, k \cdot \gamma, g + Ch, q, k \cdot \gamma, q)$   
 $Ch, d = 453.59 \text{ kN}$   
 $eph, C, k = 417.71 \text{ kN/m}^2$   
 $(\delta, p / \phi = 0.000)$   
 $\gamma(Ep) = 1.000$   
 $\gamma(Q) = 1.100$   
 $dt = 1.19 \text{ m}$   
 Theoretische Einbindetiefe  $t1 = 6.09 \text{ m}$   
 Erforderliche Einbindetiefe =  $t1 + dt = 7.29 \text{ m}$   
 Erforderliche Profillänge =  $12.49 \text{ m}$

Längenzuschlag für LF: Trossenzug

Ersatzkräfte Ch (Blum)  
 $Ch, g, k = 0.00 \text{ kN}$   
 $Ch, q, k = 563.82 \text{ kN}$   
 $dt = Ch, d \cdot \gamma(Ep) / eph, C, k$   
 $Ch, d = 0.5 \cdot (Ch, g, k \cdot \gamma, g + Ch, q, k \cdot \gamma, q)$   
 $Ch, d = 338.29 \text{ kN}$   
 $eph, C, k = 300.69 \text{ kN/m}^2$   
 $(\delta, p / \phi = 0.000)$   
 $\gamma(Ep) = 1.200$   
 $\gamma(Q) = 1.150$   
 $dt = 1.29 \text{ m}$   
 Theoretische Einbindetiefe  $t1 = 4.97 \text{ m}$   
 Erforderliche Einbindetiefe =  $t1 + dt = 6.27 \text{ m}$   
 Erforderliche Profillänge =  $11.47 \text{ m}$

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Faktor Weißenbach/Hettler [-] = 1.0000

=====

Nachweis für LF: Eislast

Bedingung:  $G, k + Rs, k + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq Bv, k - 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(p))$   
 $G, k(\text{Profil}) = 28.10 \text{ kN}$   
 $G, k(\text{Boden im Pfahl}) = 21.17 \text{ kN}$   
 $Rs, k(\text{Mantelreibung}) = 0.00 \text{ kN}$   
 $G, k + Rs, k = 49.27 \text{ kN}$   
 $Ch, k = 907.17 \text{ kN}$   
 $Bv, k = -72.14 \text{ kN}$   
 $\delta(p) [^\circ] = -3.00$   
 $\delta(C) [^\circ] = 0.00$   
 $\text{Summe } V(g+q), k = 0.91 \text{ (Druck) kN}$

Nachweis für LF: Trossenzug

Bedingung:  $G, k + Rs, k + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq Bv, k - 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(p))$   
 $G, k(\text{Profil}) = 25.71 \text{ kN}$   
 $G, k(\text{Boden im Pfahl}) = 17.96 \text{ kN}$   
 $Rs, k(\text{Mantelreibung}) = 0.00 \text{ kN}$   
 $G, k + Rs, k = 43.66 \text{ kN}$   
 $Ch, k = 563.82 \text{ kN}$   
 $Bv, k = -49.22 \text{ kN}$   
 $\delta(p) [^\circ] = -3.00$   
 $\delta(C) [^\circ] = 0.00$   
 $\text{Summe } V(g+q), k = 9.22 \text{ (Druck) kN}$

Nachweis Fußauflager

=====

Nachweis Fußauflager für LF: Eislast

Nachweis erbracht mit folgenden Kräften:  
 $Eph, d = 1188.83 \text{ kN}$  ( $Epv, d = -72.14 \text{ kN}$ )  
 Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $Bh, d / Eph, d = 1.000$   
 $Bh(g+q), d = 1188.83 \text{ kN}$   
 $Bh, g, d = 0.00 \text{ kN}$   
 $Bh, q, d = 1188.83 \text{ kN}$   
 Ersatzkräfte Ch (Blum)  
 $Ch, k = 907.17 \text{ kN}$   
 $Ch, g, k = 0.00 \text{ kN}$   
 $Ch, q, k = 907.17 \text{ kN}$

Nachweis Fußauflager für LF: Trossenzug

Nachweis erbracht mit folgenden Kräften:  
 $Eph, d = 759.64 \text{ kN}$  ( $Epv, d = -49.22 \text{ kN}$ )  
 Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $Bh, d / Eph, d = 1.000$   
 $Bh(g+q), d = 759.64 \text{ kN}$   
 $Bh, g, d = 0.00 \text{ kN}$   
 $Bh, q, d = 759.64 \text{ kN}$   
 Ersatzkräfte Ch (Blum)  
 $Ch, k = 563.82 \text{ kN}$   
 $Ch, g, k = 0.00 \text{ kN}$   
 $Ch, q, k = 563.82 \text{ kN}$

Stadthafen Leipzig - Dalbenbemessung

Vertikale Tragfähigkeit

Faktor Weißenbach/Hettler [-] = 1.0000

=====

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit für LF: Eislast  
(Eigene Erfahrungswerte)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil : qs,k: RO 610/16 (1.5); qb,k: RO 610/16

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot Ch,k) \cdot \tan(\delta(p)) / \gamma(E_p)$

$R_{Bv,d} = (1188.83 - 1/2 \cdot 907.17) \cdot \tan(3.0^\circ) / 1.10 = 35.03 \text{ kN}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot Ch,k \cdot \tan(\delta(C)) / \gamma(E_p)$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 907.17 \cdot \tan(16.7^\circ) / 1.10 = 123.45 \text{ kN}$

Verhältniszwert (min, max) = 0.00

$q_{b,k} = 0.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = \eta(b) \cdot A \cdot q_{b,k} / \gamma(q_{b,k}) = 0.459 \cdot 0.2922 \cdot 0.00 \cdot 1000 / 1.40 = 0.00 \text{ kN}$

Reduktion Spitzendruck nach EA-Pfähle mit  $\eta(b) = 0.459$

Keine Mantelreibung

Reduktion Mantelreibung nach EA-Pfähle mit  $\eta(s) = 0.750$

$R_{,d} = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} = 158.48 \text{ kN}$

Einwirkungen

$V_{,d} = G_{,d} + P_{v,d} = 28.10 + 0.00 = 28.10 \text{ kN}$

$\Rightarrow \mu = V_{,d} / R_{,d} = 28.10 / 158.48 = 0.18$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit für LF: Trossenzug

(Eigene Erfahrungswerte)

Verfahren 1: EAU Bild E 4-3 (links)

Profil : qs,k: RO 610/16 (1.5); qb,k: RO 610/16

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot Ch,k) \cdot \tan(\delta(p)) / \gamma(E_p)$

$R_{Bv,d} = (759.64 - 1/2 \cdot 563.82) \cdot \tan(3.0^\circ) / 1.15 = 21.77 \text{ kN}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot Ch,k \cdot \tan(\delta(C)) / \gamma(E_p)$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 563.82 \cdot \tan(16.7^\circ) / 1.15 = 73.39 \text{ kN}$

Verhältniszwert (min, max) = 0.00

$q_{b,k} = 0.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = \eta(b) \cdot A \cdot q_{b,k} / \gamma(q_{b,k}) = 0.459 \cdot 0.2922 \cdot 0.00 \cdot 1000 / 1.40 = 0.00 \text{ kN}$

Reduktion Spitzendruck nach EA-Pfähle mit  $\eta(b) = 0.459$

Keine Mantelreibung

Reduktion Mantelreibung nach EA-Pfähle mit  $\eta(s) = 0.750$

$R_{,d} = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} = 95.16 \text{ kN}$

Einwirkungen

$V_{,d} = G_{,d} + P_{v,d} = 25.71 + 0.00 = 25.71 \text{ kN}$

$\Rightarrow \mu = V_{,d} / R_{,d} = 25.71 / 95.16 = 0.27$

# Stadthafen Leipzig - Dalbenbemessung

## Maximale Stahlausnutzung

Maximale Stahlausnutzung für LF: Eislast

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Klasse: 2

Bemessungssituation: max M,gq

M,Ed = 1238.2 kN·m

V,Ed = 0.1 kN (50 % abgemindert)

N,Ed = 3.2 kN (Zug)

Profil: RO 610/16

Stahlgüte: S 355

D = 610.0 mm

A = 298.6 cm<sup>2</sup> / t = 16.0 mm

W,el = 4320.7 cm<sup>3</sup> / I = 131781.4 cm<sup>4</sup>

S = 0.5 · W,pl = 2823.3 cm<sup>3</sup>

gamma,M0 = 1.10 / gamma,M1 = 1.10

eps = 0.814

fy,k = 355.00 N/mm<sup>2</sup> (aus Beulnachweis nach DIN EN 1993-1-6)

Nachweis Normalspannung

sig,Rd = fy,k / gam,M0 = 32.27 kN/cm<sup>2</sup>

sig,Ed = M,Ed / W,el + N,Ed / A = 28.67 kN/cm<sup>2</sup>

μ = sig,Ed / sig,Rd = 0.888

Nachweis Schubspannung

tau,Rd = fy,k / gam,M0 / sqrt(3) = 18.63 kN/cm<sup>2</sup>

tau,Ed = V,Ed · S / (I · 2 · t) = 0.00 kN/cm<sup>2</sup>

μ = tau,Ed / tau,Rd = 0.000

Nachweis Vergleichsspannung

sig,V = sqrt(sig,1<sup>2</sup> + 3 · tau,1<sup>2</sup>)

sig,1 = M,Ed / W,el + N,Ed / A = 28.67 kN/cm<sup>2</sup>

tau,1 = V,Ed · S / (I · 2 · t) = 0.00 kN/cm<sup>2</sup>

sig,V = 28.67 kN/cm<sup>2</sup>

μ = sig,V / sig,Rd = 0.888

N,Ed > 0.0 (Zug)

-> Kein Knicknachweis

max μ = 0.888

Maximale Stahlausnutzung für LF: Trossenzug

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Klasse: 2

Bemessungssituation: max M,gq

M,Ed = 848.3 kN·m

V,Ed = 3.4 kN (50 % abgemindert)

N,Ed = 8.9 kN (Druck)

Profil: RO 610/16

Stahlgüte: S 355

D = 610.0 mm

A = 298.6 cm<sup>2</sup> / t = 16.0 mm

W,el = 4320.7 cm<sup>3</sup> / I = 131781.4 cm<sup>4</sup>

S = 0.5 · W,pl = 2823.3 cm<sup>3</sup>

gamma,M0 = 1.10 / gamma,M1 = 1.10

eps = 0.814

fy,k = 355.00 N/mm<sup>2</sup> (aus Beulnachweis nach DIN EN 1993-1-6)

Nachweis Normalspannung

sig,Rd = fy,k / gam,M0 = 32.27 kN/cm<sup>2</sup>

sig,Ed = M,Ed / W,el + N,Ed / A = 19.66 kN/cm<sup>2</sup>

μ = sig,Ed / sig,Rd = 0.609

Nachweis Schubspannung

tau,Rd = fy,k / gam,M0 / sqrt(3) = 18.63 kN/cm<sup>2</sup>

tau,Ed = V,Ed · S / (I · 2 · t) = 0.02 kN/cm<sup>2</sup>

μ = tau,Ed / tau,Rd = 0.001

Nachweis Vergleichsspannung

sig,V = sqrt(sig,1<sup>2</sup> + 3 · tau,1<sup>2</sup>)

sig,1 = M,Ed / W,el + N,Ed / A = 19.66 kN/cm<sup>2</sup>

tau,1 = V,Ed · S / (I · 2 · t) = 0.02 kN/cm<sup>2</sup>

sig,V = 19.66 kN/cm<sup>2</sup>

μ = sig,V / sig,Rd = 0.609

N,Ed / Ncr = 0.001 <= 0.04

-> Kein Knicknachweis

max μ = 0.609