

Weinbrennerstraße 18
76135 Karlsruhe
Telefon: 0721 - 98 43 60
Telefax: 0721 - 85 68 53
E-Mail: slp@slp-ingenieure.de
www.slp-ingenieure.de

Statische Berechnung

Im Auftrag von



OHF HAFEN- UND FLUSSBAU GMBH

SIEMENSSTRASSE 8
76474 AU AM RHEIN
POSTFACH 46

20-3092

Projekt-Nr.

Neubau einer Schiffsumschlagsanlage

Projekt

Rohstoffhandel Bernhard Westarp GmbH & Co. KG

Bauherr

Rheinauhafen Mannheim, Hafenbecken 22

Bauort

OHF Hafen- und Flussbau GmbH
Siemensstr. 8
76474 Au am Rhein

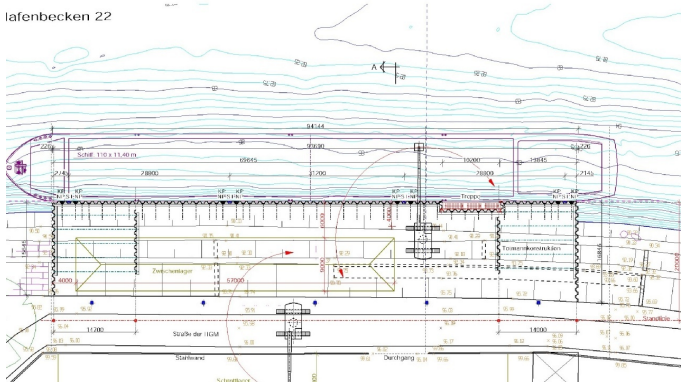
Planung

Vorbemerkung

Die nachfolgende statische Berechnung behandelt den Neubau einer Schiffsumschlaganlage im Rheinauhafen Mannheim, Hafenbecken 22.

Auszug OHF-Plan 2568-2b

hafenbecken 22



Die (Haupt-)Spundwand wird mittels Verpresspfählen und die Flügelwand mittels einer Totmann-Spundwand rückverankert. Als Spundwandprofil wird PU 28 (S 355 GP) verwendet.

Die Bauteile ohne Korrosionsschutz werden unter der Berücksichtigung von Abrostung in Höhe von 0,02mm/Jahr/Seite über 50 Jahre Standzeit bemessen.

Die Kanten- und Nischenpoller werden lt. Angabe OHF mit maximal 200 kN Trossenzug belastet.

Für die geplante Maßnahme liegt kein Bodengutachten vor. Die Annahme für den Mantelreibungswert der Verpresspfähle ist durch 3 Ankerprüfungen zu verifizieren. Für den Sohlwiderstand wird als Reibungswinkel 32,5° und Wichte 20/10' kN/m³ bzw. 22/12' (unterhalb 84,00mNHN, lt. einem vorliegenden Bodengutachten aus der Nachbarschaft) angenommen.

Die Zulässigkeit dieser Annahme ist vom Bauleiter oder einem Baugrundsachverständigen vor Ort zu kontrollieren, bei abweichenden Werten ist der Verfasser zu unterrichten, um die Bemessung zu überarbeiten.

Es wird ein Zwischenlager für Schüttgut mit den Maßen 9m/4,5m als Dreieck aufgeschüttet. Die Wichte wurde hierfür mit maximal 1,20 t/m³ angegeben.

Sollte Schüttgut mit höherer Wichte gelagert werden, ist der Verfasser zu unterrichten um diese statische Berechnung auf die höheren Lasten hin zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten.

Das für die wasserseitige Bearbeitung des Zwischenlagers vorgesehene Umschlaggerät steht laut Vorgabe OHF immer versetzt zum Lager. D.h. der Fall dass zwischen Zwischenlager und Spundwand ein Umschlaggerät steht oder dieser Bereich mit anderen Verkehrsmitteln befahren wird tritt nicht auf. Sollte dies nicht zutreffen ist der Verfasser zu unterrichten um diese statische Berechnung auf die höheren Lasten hin zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten.

Zugrundeliegende Normen (aktuelle Fassungen)

EC1, EC3, EC7

Weitere Literatur

EAU 2012 (Empf. des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen" Häfen und Wasserstr.)
OHF-Pläne 2568-2b, -3a, -4c, -5a, -6a, -7a, -8a, -9a, -10

Index

Erstellung 20.07.2020

Inhalt

Pos. Spundwandbemessung	2
Pos. Gurt 2x U400	7
Pos. Ankerplatte	9
Pos. Flügelwandbemessung	13
Pos. Gurtkonsole/Gurtbolzen/Gurtplatten	15

Anlagen

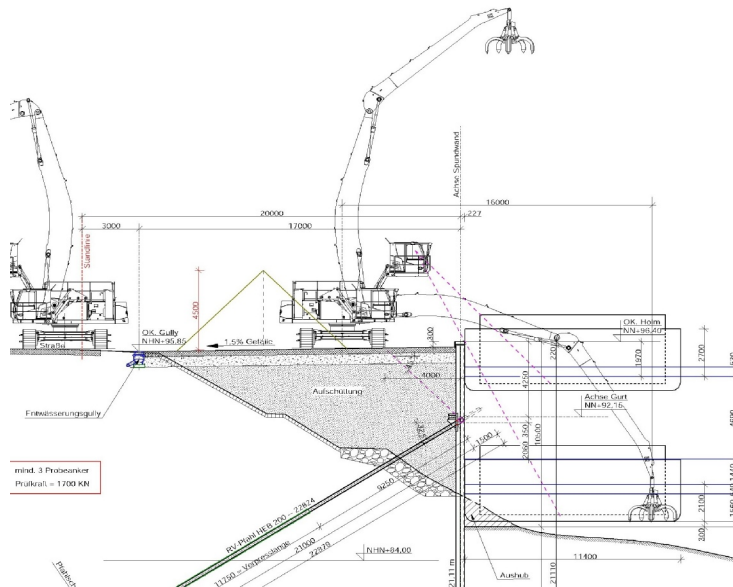
- Anlage 1 Spundwandberechnungen (Haupt-)Spundwand (GGU)
- Anlage 2 Datenblätter Umschlaggerät
- Anlage 3 Gurtberechnung (Pcae)
- Anlage 4 Spundwandberechnungen Flügel-Spundwand (GGU)
- Anlage 5 Treppenwange Berechnung (Pcae)

Pos. Spundwandbemessung

Beschreibung

Die Spundwand wird von einem Umschlaggerät gemäß Anlage 4 mit einem Mindestabstand von 4m zur Spundwand belastet. Alternativ wird ein Zwischenlager für Schüttgut mit den Maßen b/h 9m/4,5m als Dreieck aufgeschüttet mit einer Wichte $\rho 1,2 \text{ t/m}^3$ angesetzt.

Auszug OHF-Plan 2568-4c



Lastannahmen

1.) Ersatzstreifenlast Umschlaggerät (Mindestabstand 4m)

$$Q_k = (56,3 + 10,3) \cdot 10 = 666,00 \text{ kN}$$

Breite der Ersatzstreifenlast am Randbereich (maßgebend):

$$B_{ESL1} = 5,015 + 1 \cdot (4 - 0,227 + 0,7) = 9,49 \text{ m}$$

$$B_{ESL2} = 5,015 + 1 \cdot (4 - 0,227 + 0,7 + 3,8) = 13,29 \text{ m}$$

Aufstandsweite:

$$B_{Kette} = 0,70 \text{ m}$$

Aufstandsdruck für 90° Auslegerwinkel gemäß Anlage 4:

$$p_{k1} = 170,28 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{k2} = 18,34 \text{ kN/m}^2$$

Ersatzstreifenlast:

$$q_{k1} = p_{k1} \cdot \frac{5,015}{B_{ESL1}} = 89,98 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k2} = p_{k2} \cdot \frac{5,015}{B_{ESL2}} = 6,92 \text{ kN/m}^2$$

2) Ersatzstreifenlast SLW40 (Mindestabstand 3m, s.a. EAB EB 57 Absatz 1)

$$q_{k3} = 10,00 \text{ kN/m}^2$$

Der Fall, dass zwischen Zwischenlager und Spundwand ein Umschlaggerät steht oder dieser Bereich mit anderen Verkehrsmitteln befahren wird, tritt nicht auf.

3) Zusätzliche Flächenlast

$$q_{k4} = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

4) Last Zwischenlager Schüttgut (Annahme Wichte: $1,2 \text{ t/m}^3$) Dreiecklast

$$V_{\max} = 4,5 \cdot 1,2 \cdot 10 = 54,00 \text{ kN/m}^2$$

(Lasteingabe als gestufte Blocklast)

5) Trossenzug gemäß Angabe OHF

$$T_k = 200,00 \text{ kN}$$

Ersatzlinienlast auf Gurtung:

$$B_{\text{eff}} = 2 \cdot 0,73 = 1,46 \text{ m}$$

$$P_k = \frac{T_k}{B_{\text{eff}}} = 136,99 \text{ kN/m}$$

6) Wasserdruckdifferenz

$$h_w = 0,50 \text{ m}$$

7) Erdbebenbemessung

Die Spundwand liegt in der Erdbebenzone 1, Untergrundklasse S, Baugrundklasse C. Nachfolgend wird die Standsicherheit der Spundwand im Erdbebenfall nachgewiesen. Im Lastfall Erdbeben ist mit erhöhten aktiven Erddruckbeiwerten bzw. verminderten passiven Erddruckbeiwerten (dynamische Erddruckbeiwerte) zu rechnen. Sicherheitsbeiwert entsprechend Bemessungssituation ($\gamma_G = 1,0$, $\gamma_Q = 1,0$).

Bedeutungsbeiwert (Kategorie II, Gewöhnliche Bauwerke)

$$\gamma_l = 1,00$$

Bodenbeschleunigung

$$a_g = 0,40 \text{ m/s}^2$$

Parameter S für Untergrund C-S (DIN EN 1998-1 NA 2011-01)

$$S = 0,75$$

Erschütterungszahl (nach EAU 2012, Abschnitt 2.16)

$$k_h = \gamma_l \cdot a_g / 9,81 = 0,041$$

Zusatz-Erddruckbeiwert für vereinfachten Nachweis nach DIN 4149 (12.2.1 (2))

$$\Delta k_e = a_g \cdot \gamma_l \cdot S / 9,81 = 0,031$$

(Mit $S=1,00$ entspricht der Wert den Vorgaben der EAU 2012. Es wird für den Erdbebenfall mit k_h weitergerechnet.)

Ankerkräfte

Ankerabstand

$$e_A = 2,40 \text{ m}$$

Resultierende Bemessungs-Ankerkraft lt. Anlage 1

$$A_{d,\min} = 637,4 \cdot e_A = 1529,76 \text{ kN}$$

Abrostung Spundwandprofil

$$B = 35,30 \text{ cm}$$

$$H = 45,40 \text{ cm}$$

$$b = B - 2 \cdot 1,01 = 33,28 \text{ cm}$$

$$h = H - 2 \cdot 1,52 = 42,36 \text{ cm}$$

$$W = \frac{1}{12} \cdot (B \cdot H^3 - b \cdot h^3) \cdot \left(\frac{2}{H}\right) = 2840 \text{ cm}^3$$

Abrostung je Seite 1mm

$$B = 35,30 \text{ cm}$$

$$H = 45,4 - 2 \cdot 0,1 = 45,20 \text{ cm}$$

$$b = B - 2 \cdot 1,01 + 4 \cdot 0,1 = 33,68 \text{ cm}$$

$$h = H - 2 \cdot 1,52 + 2 \cdot 0,1 = 42,36 \text{ cm}$$

$$W_{\text{Rost}} = \frac{1}{12} \cdot (B \cdot H^3 - b \cdot h^3) \cdot \left(\frac{2}{H}\right) = 2580 \text{ cm}^3$$

Abrostungsfaktor

$$\frac{W_{\text{Rost}}}{W} = 0,908$$

Die maximale Ausnutzung der Spundwand lt. Anlage 1 beträgt $0,535 < 0,908$.

Die maximale Länge beträgt

$$L_{\text{max}} = 21,33 \text{ m}$$

$$UK = 96,40 - L_{\text{max}} = 75,07 \text{ NHN}$$

Verpresspfähle

Beschreibung

Die Spundwand wird mittels Verpresspfählen rückverankert

Belastung

$$\begin{array}{lcl} \text{Ankerkraft } A_{d,\min} \text{ (ohne Trossenzug)} & & \\ A_{d,\min} & = & 1529,76 \text{ kN} \end{array}$$

System

$$\begin{array}{lcl} \text{Mantelreibung (Annahme)} & & \\ q_{sk} = & & 150,00 \text{ kN/m}^2 \\ q_{sd} = q_{sk}/1,15 & = & 130,43 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Umfang Verpresskörper} & & \\ L_U = 4 \cdot 0,25 & = & 1,00 \text{ m} \end{array}$$

Berechnung

Schnitt 1-1 (Bereich ohne Trossenzug)

Abschätzung der erforderlichen Verpresslänge

$$L_{\text{erf}} = \frac{A_{d,\min}}{q_{sd} \cdot L_U} = 11,73 \text{ m}$$

gewählt

$$\begin{array}{lcl} L_{\text{Verpr}} = & & 11,75 \text{ m} \\ L_{\text{Ges}} = & & 21,00 \text{ m} \end{array}$$

Überprüfung Ansatzpunkt Tiefe Gleitfuge

$$L_{\text{TG}} = (L_{\text{Ges}} - L_{\text{Verpr}}) + 0,50 \cdot L_{\text{Verpr}} = 15,13 \text{ m}$$

(Der Ansatzpunkt in der EDV-Bemessung beträgt 13,1m, sichere Seite)

Ankerprofil HEB 200, S355 J2, Rammschuh 250x250

$$\begin{array}{lcl} t_w = & 9,00 & \text{mm} \\ t_f = & 15,00 & \text{mm} \\ B = & 200,00 & \text{mm} \\ H = & 200,00 & \text{mm} \end{array}$$

Abrostung 1mm je Seite

$$A_{\text{red}} = \frac{(B-2) \cdot (H-2) - (B-2-(t_w-2)) \cdot (H-2-2 \cdot (t_f-2))}{100} = 63,52 \text{ cm}^2$$

Grenzzugkraft (min maßgebend)

$$N_{\text{plRd}} = A_{\text{red}} \cdot 35,5 = 2254,96 \text{ kN}$$

$$N_{\text{uRd}} = 0,9 \cdot A_{\text{red}} \cdot \frac{47}{1,25} = 2149,52 \text{ kN}$$

Ausnutzung

$$h = \frac{A_{d,\min}}{N_{\text{uRd}}} = 0,71$$

Prüfkraft Schnitt 1-1

(Zur Prüfung der Verpressanker sind mind. 3 Probelastungen notwendig)

$$P = 1,10 \cdot A_{d,\min} = 1682,74 \text{ kN}$$

$$P_{\text{max}} = \text{MIN}(0,8 \cdot A_{\text{red}} \cdot 47; 0,95 \cdot A_{\text{red}} \cdot 35,5) = 2142,21 \text{ kN}$$

gewählte Prüfkraft

$$P = 1700,00 \text{ kN}$$

$$(P < P_{\text{max}} < N_{\text{uRd}})$$

Schnitt 2-2 (Bereich mit Trossenzug)

Neben den Nischenpollern werden zwei Anker im Abstand von 1,20m verbaut.

Trossenzugkraft (char.)

$$T_k = 200,00 \text{ kN}$$

$$A_{d,max} = A_{d,min} \cdot (1,20 + e_A) / 2 / e_A + 1,5 \cdot T_k = 1447,32 \text{ kN} < A_{d,min}$$

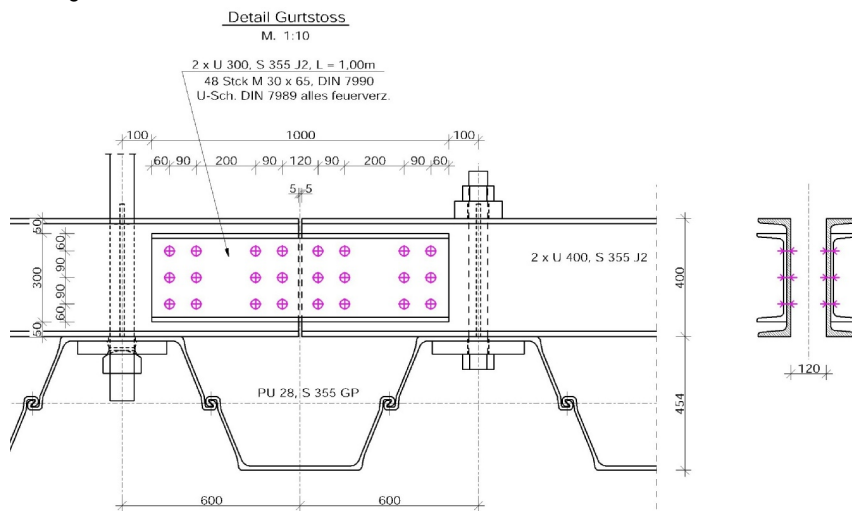
(Ankerausführung analog Schnitt 1-1)

Pos. Gurt 2x U400

Beschreibung

Die Bemessung der Gurtung erfolgt auf die maximal aufnehmbare Ankerkraft des gewählten Ankers.

Auszug OHF-Plan 2568-9a



Belastung

Umrechnung Ankerkraft in horizontale Linienlast

$$p_{d0} = \frac{A_{d,min}/e_A}{\cos(32,5)} = 637,40 \text{ kN/m}$$

$$p_d = \frac{p_{d0} \cdot 1,0}{1,0} = 537,58 \text{ kN/m}$$

System

Herausgelöstes Teilstück der Gurtung als Durchlaufträger

Berechnung

Abstände Anker

$$e_A = 2,40 \text{ m}$$

Abstände Gurt-Unterstützung

$$e_U = 1,20 \text{ m}$$

a) horizontale Belastung

$$p_d = 537,58 \text{ kN/m}$$

Umrechnung Einzelkräfte pro Gurtträger

$$P_k = \frac{0,50 \cdot p_d \cdot e_A}{2 \cdot 1,50} = 215,03 \text{ kN}$$

$$P_k/2 = 107,52 \text{ kN}$$

b) vertikale Belastung:

Eigengewicht

$$q_{k1} = 2 \cdot 0,718 = 1,44 \text{ kN/m}$$

Erdauflast

$$q_{k2} = 20 \cdot 0,4 \cdot 4,6 = 36,80 \text{ kN/m}$$

Erddruck

$$K_{agh} = 0,30$$

$$E_{avk} = \left(0,5 \cdot 20 \cdot 4,6^2 \cdot K_{agh} \right) \cdot \tan \left(\frac{2}{3} \cdot 32,5 \right) = 25,22 \text{ kN/m}$$

Verkehrslast

$$q_k = 10 \cdot 0,4 = 4,00 \text{ kN/m}$$

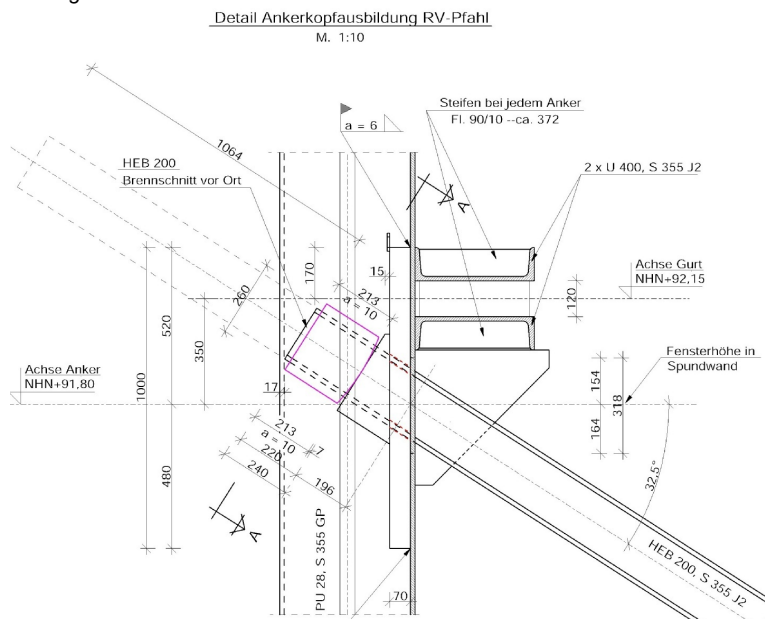
(Nachweis siehe Anlage 3)

Pos. Ankerplatte

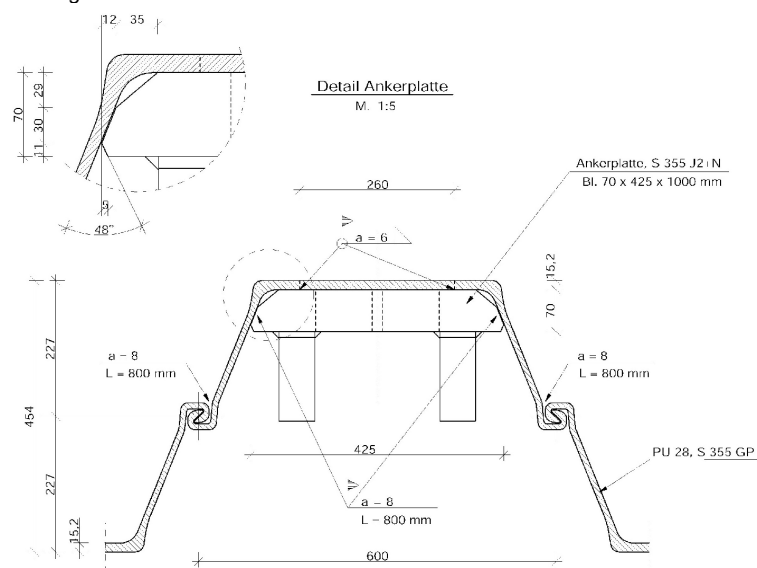
Beschreibung

Die Ankeranschlussplatte überträgt die Ankerkräfte und das Versatzmoment verursacht durch den vertikalen Abstand zwischen Gurt- und Ankerlage.

Auszug OHF-Plan 2568-8a



Auszug OHF-Plan 2568-8a



Belastung

Bemessungs-Ankerkraft (siehe vorige Seiten)

$$A_d = A_{d,min} = 1529,76 \text{ kN}$$

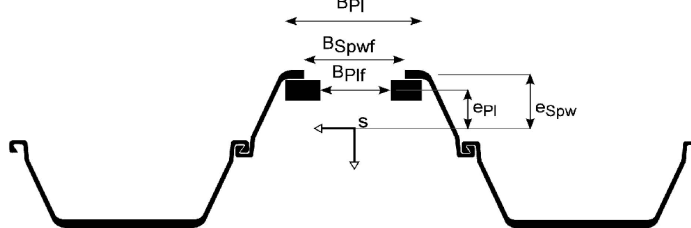
Minimales Stützmoment (siehe Anlage 1)

$$M_{dSt} = 248,00 \text{ kNm/m}$$

System

Horizontaler Schnitt bei Ankerdurchtritt durch Spundwand (schematisch)

(Index: Spw=Spundwand, Pl=Ankerplatte, f=Fenster)



Ankerplatte

$$\begin{aligned} t_{Pl} &= 70,00/10-2*0,10 &= & 6,80 \text{ cm} \\ B_{Pl} &= (425-(12+35))/10 &= & 37,80 \text{ cm} \\ H_{Pl} & &= & 100,00 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ankerplattenfenster

$$\begin{aligned} B_{Plf} &= 21,00 \text{ cm} \\ H_{Plf} &= 28,00 \text{ cm} \end{aligned}$$

Schweißnaht oben + unten, horizontal

$$a_{sh} = 0,60 \text{ cm}$$

Schweißnaht am Spundwandfenster rechts+links, vertikal

$$\begin{aligned} a_{sv} &= 0,80 \text{ cm} \\ L_{sv} &= H_{Pl} = 100,00 \text{ cm} \end{aligned}$$

Spundwandfenster

$$\begin{aligned} B_{Spwf} &= 26,00 \text{ cm} \\ H_{Spwf} &= 31,00 \text{ cm} \\ t_{Spw} &= 15,20/10-2*0,10 = 1,32 \text{ cm} \end{aligned}$$

Schwerpunkt S des Bauteils 3 x SPWBohlen + Ankerplatte inkl. Fensterausschnitt

Schwerpunktkoordinate (Nulllinie liegt auf Achse der Spundwandschlösser)

$$A_{SPW} = 129,7*100 = 12970,00 \text{ mm}^2$$

$$z_{SPW} = \frac{454}{2} - 88,1 = 138,90 \text{ mm}$$

Spundwandfenster

$$A_{SPWf} = 10*B_{Spwf}*15,2 = 3952,00 \text{ mm}^2$$

$$z_{SPWf} = \frac{454}{2} - \frac{15,2}{2} = 219,40 \text{ mm}$$

Ankerplatte

$$A_{Pl} = B_{Pl}*t_{Pl}*100 = 25704,00 \text{ mm}^2$$

$$z_{Pl} = \frac{454}{2} - 15,2 - 10*\frac{t_{Pl}}{2} = 177,80 \text{ mm}$$

Ankerplattenfenster

$$A_{Plf} = B_{Plf}*t_{Pl}*100 = 14280,00 \text{ mm}^2$$

$$z_{Plf} = z_{Pl} = 177,80 \text{ mm}$$

$$e_{01} = \frac{A_{SPW}*(-z_{SPW}) + 2*A_{SPW}*z_{SPW} + A_{Pl}*(-z_{Pl})}{3*A_{SPW} + A_{Pl} - A_{SPWf} - A_{Plf}} = -59,69 \text{ mm}$$

$$e_{02} = \frac{-A_{SPWf}*(-z_{SPWf}) - A_{Plf}*(-z_{Plf})}{3*A_{SPW} + A_{Pl} - A_{SPWf} - A_{Plf}} = 73,43 \text{ mm}$$

$$e_0 = e_{01} + e_{02} = 13,74 \text{ mm}$$

$$e_{PI} = \frac{454}{2} + e_0 - 15,2 - 10 \cdot \frac{t_{PI}}{2} = 191,54 \text{ mm}$$

$$e_{Spw} = \frac{454}{2} + e_0 - \frac{15,2}{2} = 233,14 \text{ mm}$$

mittragende Spundwandbreite (3 Bohlen)

$$B = 3 \cdot 0,60 = 1,80 \text{ m}$$

$$A_{PU28} = 216,70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Querschnittsfläche nach Abrostung (Abrostung Spundwand mit 1/1,2 berücksichtigt)

$$A = A_{PU28} / 1,20 \cdot B - t_{Spw} \cdot B_{Spwf} + (B_{PI} - B_{PII}) \cdot t_{PI} = 404,97 \text{ cm}^2$$

$$z_{MAX} = \text{MAX}(((454/2 - e_0)/10); ((454/2 + e_0)/10)) = 24,07 \text{ cm}$$

Material: S 355

$$\sigma_{Rd} = 35,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{vwd} = 49/0,90/1,25/\bar{\sigma}(3) = 25,15 \text{ kN/cm}^2$$

Berechnung

Horizontalkraftanteil Ankerkraft

$$A_{hd} = A_d \cdot \cos(32,5) = 1290,19 \text{ kN}$$

Vertikalkraftanteil Ankerkraft

$$A_{vd} = A_d \cdot \sin(32,5) = 821,94 \text{ kN}$$

Versatzmoment aus vertikalem Abstand der Gurtachse zum Schnittpunkt Ankerachse-SPW

$$e = 0,35 \text{ m}$$

$$M_d = A_{hd} \cdot e = 451,57 \text{ kNm}$$

Nachweis Spundwand

Nachweis im Schnitt horizontal durch Spundwand

$$I_{Spw} = 64460/1,2 \cdot B = 96690,00 \text{ cm}^4$$

für Spwf und Platte wird nur der Steiner Anteil berücksichtigt, d.h. I_{PI} und I_{Spwf}

vernachlässigt

$$I_{Spwf} = (-1) \cdot (t_{Spw} \cdot B_{Spwf} \cdot e_{Spw}^2) = -1865438,19 \text{ cm}^4$$

$$I_{PI} = t_{PI} \cdot (B_{PI} - B_{PII}) \cdot e_{PI}^2 = 4191188,18 \text{ cm}^4$$

$$I_{ges} = I_{Spw} + I_{Spwf} + I_{PI} = 2422439,99 \text{ cm}^4$$

$$z_{MAX} = 24,07 \text{ cm}$$

$$\sigma_d = A_{vd} / A + (M_d + M_{dst} \cdot B) \cdot 100 \cdot z_{MAX} / I_{ges} = 2,92 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta = \sigma_d / \sigma_{Rd} = 0,08 < 1$$

Nachweis in einem Schnitt vertikal durch Spundwandflanken

$$t_{steg} = 10,10/10 - 2 \cdot 0,1 = 0,81 \text{ cm}$$

$$I_{FI} = 2 \cdot 1/12 \cdot t_{steg} \cdot H_{PI}^3 = 135000,00 \text{ cm}^4$$

$$A_{steg} = 2 \cdot t_{steg} \cdot H_{PI} = 162,00 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{dsteg} = (A_{hd} / \sin(68,0)) / A_{steg} + (M_d) \cdot 100 \cdot (H_{PI}/2) / I_{FI} = 25,31 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta_{steg} = \sigma_{dsteg} / \sigma_{Rd} = 0,71 < 1$$

Nachweis Schweißnähte (Ankerplatte-Spundwand)

$$I_w = 2 \cdot (1/12 \cdot a_{sv} \cdot L_{sv}^3) + 2/12 \cdot (a_{sh} \cdot B_{PI}^3) = 138734,35 \text{ cm}^4$$

Die Vertikalkräfte werden den vertikalen Schweißnähten zugeordnet:

$$A_{wv} = 2 \cdot a_{sv} \cdot L_{sv} = 160,00 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_d = M_d \cdot (H_{PI}/2) \cdot 100 / I_w = 16,27 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_d = A_{vd} / A_{wv} = 5,14 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_v = \bar{\sigma}(\sigma_d^2 + \tau_d^2) = 17,06 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta = \sigma_v / f_{vwd} = 0,68 < 1$$

Nachweis Anschluss-Schweisssnähte Schrägbleche unter Ankerkopf

Vertikalkraftanteil der Ankerkraft

$$N_{dBL} = A_{vd} = 821,94 \text{ kN}$$

Schweißnahtlänge (sichere Seite)

$$l_w = 4 \cdot 28,00 = 112,00 \text{ cm } (>)$$

$$a_w = 7,00 / 10 - 2 \cdot 0,10 = 0,50 \text{ cm}$$

$$\tau_{II} = N_{dBL} / (a_w \cdot l_w) = 14,68 \text{ kN/cm}^2$$

$$\eta = \tau_{II} / f_{vwd} = 0,58 < 1$$

Nachweis Ankerkopf

Ankerkraft

$$N_{dBL} = A_d = 1529,76 \text{ kN}$$

Schweißnahtlänge

$$l_w = 4 \cdot 21,3 = 85,20 \text{ cm}$$

$$a_w = 10,00 / 10 - 2 \cdot 0,10 = 0,80 \text{ cm}$$

$$\tau_{II} = N_{dBL} / (a_w \cdot l_w) = 22,44 \text{ kN/cm}^2$$

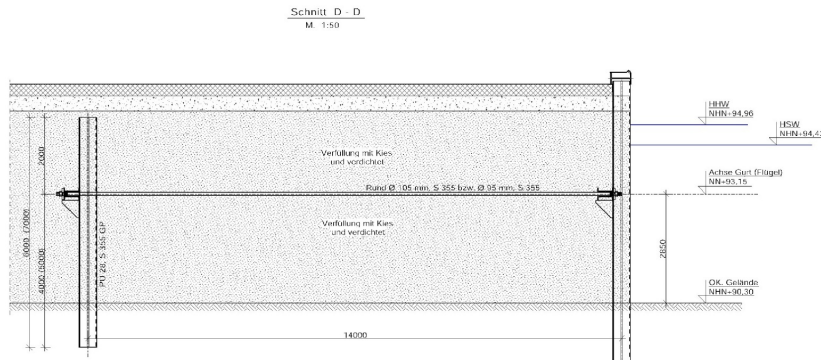
$$\eta = \tau_{II} / f_{vwd} = 0,89 < 1$$

Pos. Flügelwandbemessung

Beschreibung

Die Spundwand wird von einem Umschlaggerät gemäß Anlage 4 mit einem Mindestabstand von 0,60m zur Flügel-Spundwand belastet. Alternativ wird ein Zwischenlager für Schüttgut mit den Maßen b/h 9m/4,5m als Dreieck aufgeschüttet mit einem Randabstand von 4,00m zur Flügel-Spundwand und einer Wichte kleiner 1,2 t/m³ angesetzt.

Auszug OHF-Plan 2568-9a



Lastannahmen

1.) Ersatzstreifenlast Umschlaggerät (Mindestabstand 0,60m)

$$Q_k = 666,00 \text{ kN}$$

Breite der Ersatzstreifenlast am Randbereich (maßgebend):

$$B_{ESL1} = 2,93 + 0,60 + 1 \cdot (0,60 - 0,227 + 0,7) = 4,60 \text{ m}$$

Aufstandsdruck für 0° Auslegerwinkel gemäß Anlage 4:

$$p_{k1} = 322,73 \text{ kN/m}^2$$

Ersatzstreifenlast (beide Ketten-Flächenlasten auf der sicheren Seite überlagert):

$$q_{k1} = 2 \cdot p_{k1} \cdot \frac{0,70}{B_{ESL1}} = 98,22 \text{ kN/m}^2$$

2) Ersatzstreifenlast SLW40 (Mindestabstand 3m, s.a. EAB EB 57 Absatz 1)

$$q_{k2} = 10,00 \text{ kN/m}^2$$

Der Fall dass zwischen Zwischenlager und Spundwand ein Umschlaggerät steht oder dieser Bereich mit anderen Verkehrsmitteln befahren wird tritt nicht auf.

3) Zusätzliche Flächenlast

$$q_{k3} = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

4) Last Zwischenlager Schüttgut (Annahme Wichte: 1,2 t/m³) Dreiecklast

$$V_{\max} = 4,5 \cdot 1,2 \cdot 10 = 54,00 \text{ kN/m}^2$$

Der Lagerplatz liegt mind. 4m von der Flügel-Spundwandkante entfernt. Die stufenförmige Last wird aus diesem Grund entsprechend dem Abstand zur Spundwand reduziert. Lastordinaten analog Bemessung (Haupt-)Spundwand.

$$q_{k4a} = 13,50 \cdot (4,50 / (4,00 + 4,50 + 4,00)) = 4,86 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k4b} = 27,00 \cdot (4,50 / (4,00 + 1,50 + 4,50 + 4,00 + 1,00)) = 8,10 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k4c} = 40,5 \cdot (4,50 / (4,00 + 3,00 + 4,50 + 4,00 + 1,00)) = 11,05 \text{ kN/m}^2$$

5) Wasserdruckdifferenz

$$h_w = 0,50 \text{ m}$$

6) Erdbebenbemessung

(analog Hauptspundwand)

Ankerkräfte

$$e_A = 2,40 \text{ m}$$

$$A_{dFL} = 638,5 \cdot e_A = 1532,40 \text{ kN}$$

(siehe Anlage 4)

Abrostung Spundwandprofil

(Ermittlung W_{Rost} siehe Berechnung (Haupt-)Spundwand)

Abrostungsfaktor

$$\frac{W_{Rost}}{W} = 0,908$$

Die maximale Ausnutzung der Spundwand (Anlage 4) beträgt $0,817 < 0,908$

Die maximale Länge beträgt

$$L_{maxFL} = 17,60 \text{ m}$$

$$UK = 96,40 - L_{maxFL} = 78,80 \text{ NHN}$$

Flügelwand-Anker

gewählt: M105, S 355 JO

$$f_{ub} = 51,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\gamma_{m2} = 1,25$$

$$k_t = 0,55$$

$$A_S = 77,55 \text{ cm}^2$$

Grenzzugkraft

$$F_{tRd} = k_t \cdot f_{ub} \cdot A_S / \gamma_{m2} = 1740,22 \text{ kN}$$

Ausnutzung

$$N_d = A_{dFL} = 1532,40 \text{ kN}$$

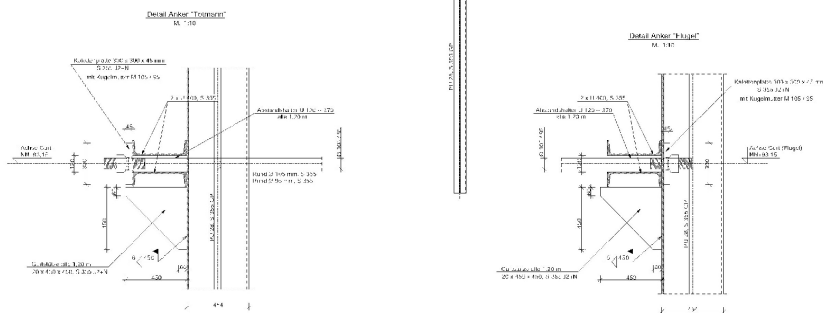
$$\eta = N_d / (F_{tRd}) = 0,88 < 1$$

(ausreichend Abrostungsreserve vorhanden, o.w.NW.)

Pos.Gurtkonsole/Gurtbolzen/Gurtplatten

Gurtbolzen (Haupt-)Spundwand

Auszug OHF-Plan 2568-9a



gewählt: M72, S 355 JO

$$\begin{aligned} f_{ub} &= 51,00 \text{ kN/cm}^2 \\ \gamma_{m2} &= 1,25 \\ k_t &= 0,55 \\ A_S &= 34,60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Grenzzugkraft

$$F_{tRd} = k_t \cdot f_{ub} \cdot A_S / \gamma_{m2} = 776,42 \text{ kN}$$

Ausnutzung

$$N_d = 0,50 \cdot \cos(32,5) \cdot A_{d,min} = 645,09 \text{ kN}$$

$$\eta = N_d / (F_{tRd}) = 0,83 < 1$$

(ausreichend Abrostungsreserve vorhanden, o.w.NW.)

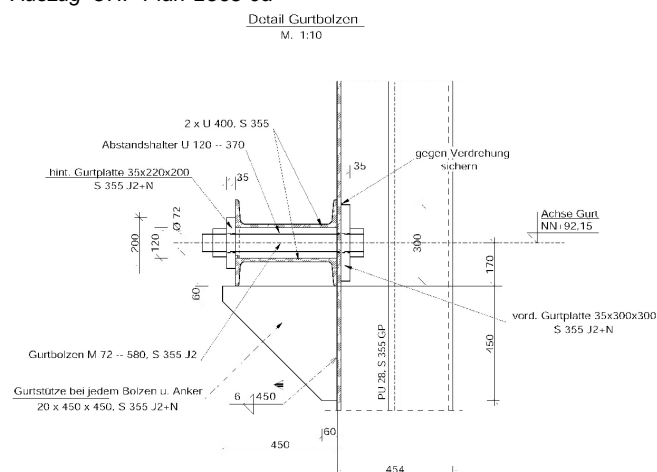
Gurtplatte (Haupt-)Spundwand

$$\begin{aligned} L &= 12,00 \text{ cm} \\ B_{GPI} &= 30,00 \text{ cm} \\ t_{GPI} &= 3,5-0,2 = 3,30 \text{ cm} \\ M_{dGPI} &= (\cos(32,5) \cdot A_{d,min}) \cdot (L-7,60)/2/2 = 1419,21 \text{ kNcm} \\ \sigma_d &= (M_{dGPI}) / (1/6 \cdot (B_{GPI}^3 - 7,60) \cdot t_{GPI}^2) = 34,91 \text{ kN/cm}^2 \\ \sigma_{Rd} &= 35,50 \text{ kN/cm}^2 \\ \eta_{el} &= \sigma_d / \sigma_{Rd} = 0,98 < 1 \end{aligned}$$

(plastische Reserven vorhanden, Schraubenkopf bewirkt zusätzl. Lastverteilung)

Gurtbolzen Flügel-Spundwand

Auszug OHF-Plan 2568-9a



gewählt: M72, S 355 JO

$$\begin{aligned} f_{ub} &= 51,00 \text{ kN/cm}^2 \\ \gamma_{m2} &= 1,25 - \\ k_t &= 0,55 - \\ A_S &= 38,89 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Grenzzugkraft

$$F_{tRd} = k_t \cdot f_{ub} \cdot A_S / \gamma_{m2} = 872,69 \text{ kN}$$

Ausnutzung

$$\begin{aligned} N_d &= 0,50 \cdot A_{dFL} = 766,20 \text{ kN} \\ \eta &= N_d / (F_{tRd}) = 0,88 < 1 \end{aligned}$$

(ausreichend Abrostungsreserve vorhanden, o.w.NW.)

Gurtplatte Flügel-Spundwand

$$\begin{aligned} L &= 12,00 \text{ cm} \\ B_{GPl} &= 30,00 \text{ cm} \\ t_{GPl} &= 3,5-0,2 = 3,30 \text{ cm} \\ M_{dGPl} &= 0,50 \cdot A_{dFL} \cdot (L-7,60)/2/2 = 842,82 \text{ m} \\ \sigma_d &= (M_{dGPl}) / (1/6 \cdot (B_{GPl} - \text{MAX}(11,00;7,60)) \cdot t_{GPl}^2) = 24,44 \text{ kN/cm}^2 \\ \sigma_{Rd} &= 35,50 \text{ kN/cm}^2 \\ \eta_{el} &= \sigma_d / \sigma_{Rd} = 0,69 < 1 \end{aligned}$$

(plastische Reserven vorhanden, Schraubenkopf bewirkt zusätzl. Lastverteilung)

Ankerplatte Flügel-Spundwand bzw. Totmann

$$\begin{aligned} L &= 12,00 \text{ cm} \\ B_{GPl} &= 30,00 \text{ cm} \\ t_{GPl} &= 4,5-0,2 = 4,30 \text{ cm} \\ M_{dGPl} &= A_{dFL} \cdot (L-11,00)/2/2 = 383,10 \text{ m} \\ \sigma_d &= (M_{dGPl}) / (1/6 \cdot (B_{GPl} - 11,00) \cdot t_{GPl}^2) = 6,54 \text{ kN/cm}^2 \\ \sigma_{Rd} &= 35,50 \text{ kN/cm}^2 \\ \eta_{el} &= \sigma_d / \sigma_{Rd} = 0,18 < 1 \end{aligned}$$

(plastische Reserven vorhanden, Schraubenkopf bewirkt zusätzl. Lastverteilung)

Gurtstützen

Geometrie

$$\begin{aligned} t &= 2,00-0,20 = 1,80 \text{ cm} \\ B &= 45,00 \text{ cm} \\ H &= 45,00 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gurtlasten (siehe Anlage 3) pro Gurtstütze

$$\begin{aligned} M_{td} &= 4 \cdot 2,20 = 8,80 \text{ kNm} \\ V_d &= 4 \cdot 59,50 = 238,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Resultierende Belastung am äußeren/erdseitigen Ende der Gurtstütze

$$\begin{aligned} V_{Td} &= M_{td} / 0,40 = 22,00 \text{ kN} \\ V_{dSt} &= 0,50 \cdot V_d + V_{Td} = 141,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Biegespannung bei Anschnitt

$$\begin{aligned} \sigma_d &= (V_{dSt} \cdot 40,00) / (1/6 \cdot t \cdot H^2) = 9,28 \text{ kN/cm}^2 \\ \tau_d &= V_d / (H \cdot t) = 2,94 \text{ kN/cm}^2 \\ \sigma_{vd} &= \sqrt{\sigma_d^2 + 3 \cdot (\tau_d)^2} = 10,05 \text{ kN/cm}^2 \\ \eta_{el} &= \sigma_{vd} / \sigma_{Rd} = 0,28 < 1 \end{aligned}$$

Projekt: 20-3092
Position: Gurtkonsole

INGENIEURBÜRO FÜR TRAGWERKSPLANUNG



Tel. 0721-984360
www.slp-ingenieure.de

Knicknachweis freier Rand des Gurtblechs

(Annahme Blechstreifen unter Druckbelastung)

$$\lambda = \frac{40,00 \cdot \sqrt{2}}{76,4 / (0,289 \cdot t)} = 1,42 -$$

Knicklinie c

$$\chi = 0,34 -$$

Ausnutzung (Annahme 10cm breiter Blechstreifen)

$$\eta = \frac{V_{dSt}}{\chi \cdot 35,5 \cdot 10,00 \cdot t / 1,10} = 0,71 < 1$$

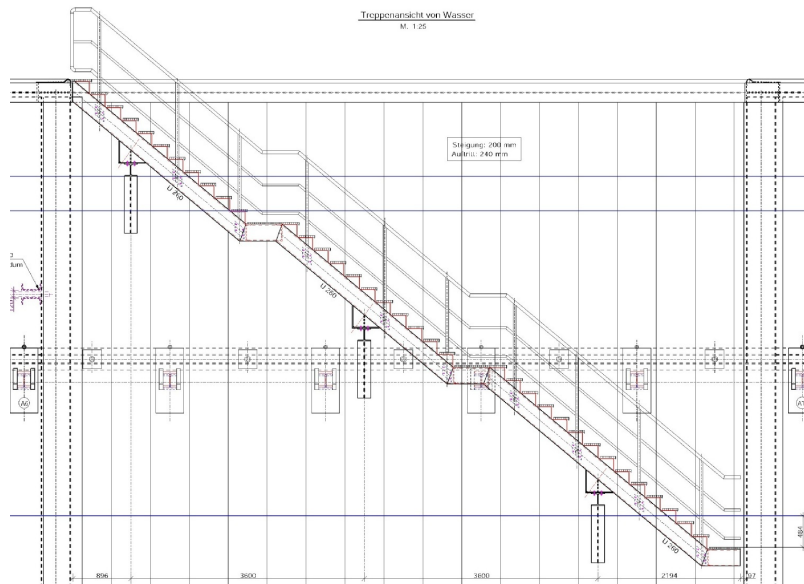
(Nachweis erfüllt)

Treppe

Beschreibung

Es wird eine Treppe längs der Spundwand angebracht.

Auszug OHF-Plan 2568-7a



Belastung

Das Eigengewicht wird Programmintern ermittelt

Zusätzliches g_k aus Ausbau

$$\begin{aligned} g_{\text{Geländer}} &= 0,25 \text{ kN/m} \\ g_k &= 0,50 \text{ kN/m}^2 \\ q_k &= 5,00 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

System

Durchlaufträger mit Kragarmen (U260, S235 JR) und Laufbreite 1m

Berechnung

(Nachweis Treppenwange siehe Anlage 5)

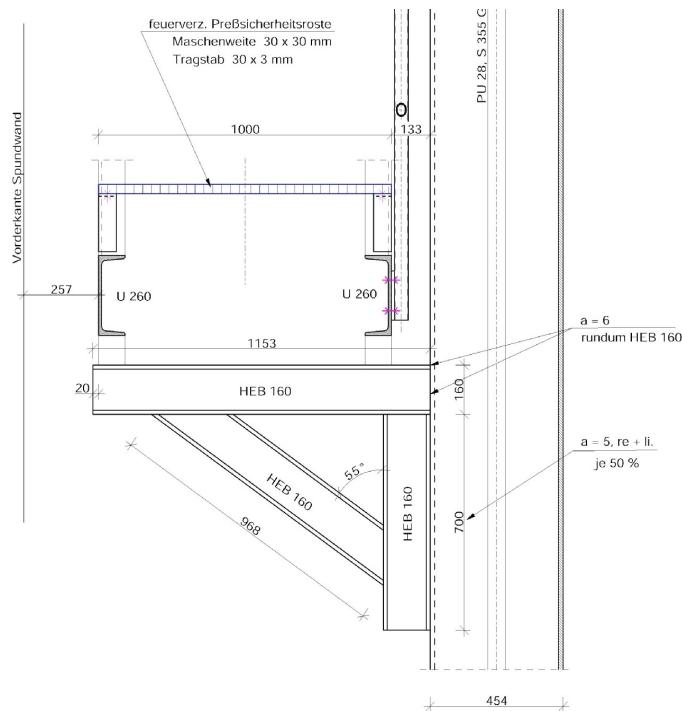
Maximale Bemessungs-Auflagerkraft (siehe Anlage 5)

$$V_d = 25,00 \text{ kN}$$

Die Konstruktion der Treppenaufleger besteht aus HEB 160 (o.w.Nw.), die mit der Spundwand verschweißt werden.

Das zusätzliche Biegemoment kann von der Spundwand o.w.Nw. aufgenommen werden.

Auszug OHF-Plan 2568-7a



Nachweis Schweißnaht Horizontalkraft

Zugkraft oben inkl. Windlast aus 2,0m Windband (sichere Seite)

$$\begin{aligned} N_{d1} &= (V_d \cdot 1,00 + V_d \cdot 0,133) / (0,70 + 0,16/2) = 36,31 \text{ kN} \\ N_{d2} &= 1,50 \cdot (0,80 + 0,50) \cdot 0,50 \cdot 2,00 \cdot (4,300/2 + 2,600) \cdot 1,25 = 11,58 \text{ kN} \\ N_d &= N_{d1} + N_{d2} = 47,89 \text{ kN} \end{aligned}$$

Schweißnahtlänge am oberen HEB 160-Querträger

$$\begin{aligned} l_w &= 4 \cdot 16,00 = 64,00 \text{ cm (>)} \\ a_w &= 6,00 / 10 - 2 \cdot 0,10 = 0,40 \text{ cm} \\ \tau_{II} &= N_d / (a_w \cdot l_w) = 1,87 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Ausnutzung

$$\eta = \tau_{II} / f_{vwd} = 0,07 < 1$$

Nachweis Schweißnaht Vertikalkraft

Vertikalkraft

$$V_d = 2 \cdot V_d = 50,00 \text{ kN}$$

Schweißnahtlänge HEB 160 vertikal

$$\begin{aligned} l_w &= 0,50 \cdot 2 \cdot 70,00 = 70,00 \text{ cm} \\ a_w &= 5,00 / 10 - 2 \cdot 0,10 = 0,30 \text{ cm} \\ \tau_{II} &= V_d / (a_w \cdot l_w) = 2,38 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Ausnutzung

$$\eta = \tau_{II} / f_{vwd} = 0,09 < 1$$

Projekt: 20-3092
Position: Gurtkonsole

INGENIEURBÜRO FÜR TRAGWERKSPLANUNG



Tel. 0721-984360
www.slp-ingenieure.de

Aufgestellt: Karlsruhe, Juli 2020

A. Brugger

Dipl.-Ing. Dipl.-Des. Anna Brugger



Ingenieurbüro für Tragwerksplanung

Weinbrennerstraße 18, 76135 Karlsruhe
Tel. 0721-984360, Fax 0721-856853
www.slp-tragwerksplanung.de