

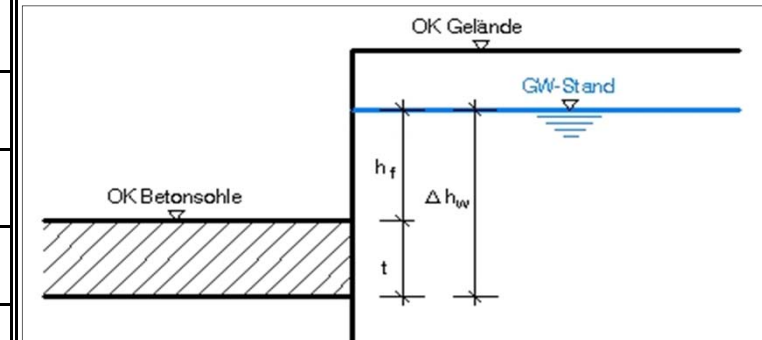
**Nachweis Auftriebssicherheit Unterwasserbetonsohle**

Grenzzustand UPL nach EC 7-1, DIN 1054

Bemessungswert	Bezeichnung	Wert	Einheit	Bemerkung
Dicke der Unterwasserbetonsohle	t	1,60	m	
OK Gelände	OKG	51,50	m NHN	
OK Betonsohle (UW-beton)	OKB	49,40	m NHN	
maximaler Grundwasserstand	GW	51,10	m NHN	
Wasserspiegeldifferenz	$\Delta h_w = h_f + t$	3,30	m	
Wichte Wasser	$\gamma_w$	10,00	kN/m <sup>3</sup>	
Wichte Beton	$\gamma_B$	23,00	kN/m <sup>3</sup>	nach EB 62
Auftriebskraft	$A = \gamma_w * \Delta h_w = 10 (h_f + t) =$	33,00	kN/m <sup>2</sup>	
Teilsicherheitsbeiwert destabilisierende Einwirkungen	$\gamma_{G,dst}$	1,05		
Gewicht Unterwasserbeton	$G = \gamma_B * t$	36,80	kN/m <sup>2</sup>	
Teilsicherheitsbeiwert stabilisierende Einwirkungen	$\gamma_{G,stb}$	0,95		
Nachweis Auftriebssicherheit	$A * \gamma_{G,dst} < G * \gamma_{G,stb} =$	<b>34,65</b>	<b>&lt;</b>	<b>34,96</b>

**Nachweis erfüllt !**

Systemskizze:



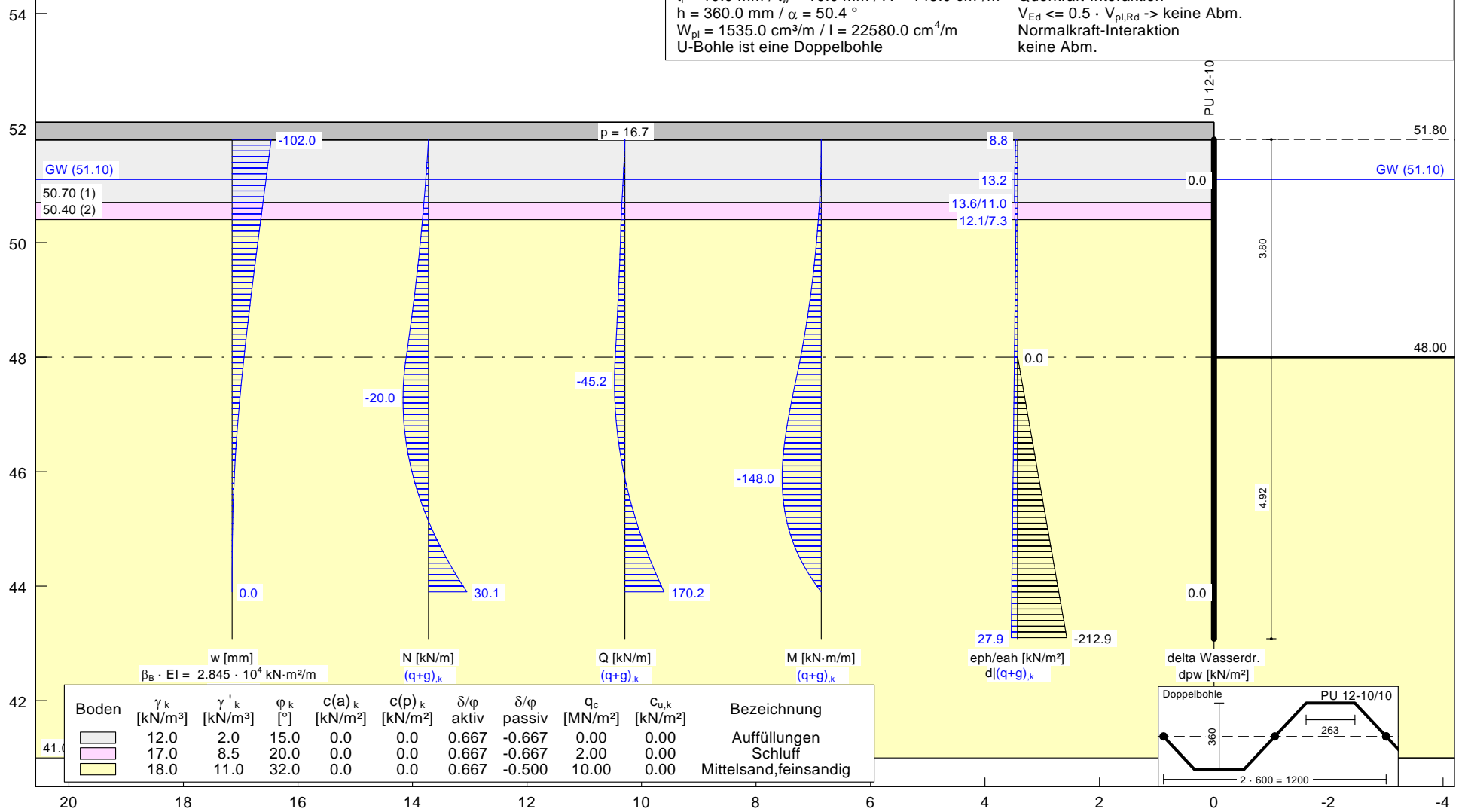
Wehr 42, Spw-Schleuse außen, BS-T  
 Spundwand  
 PU 12-10/10  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert  $k_{ah} [-] = 0.200$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Profillänge = 8.72 m  
 Erf. Einbindetiefe = 4.92 m

$\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 $\gamma_{Ep} = 1.30$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.00  
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.84$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.27

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M, gq  
 $M_{Ed} = 185.7$  kN-m/m  
 $V_{Ed} = 0.7$  kN/m  
 $N_{Ed} = -14.2$  kN/m (Druck)  
 Profil: PU 12-10/10 Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0$  mm /  $b_f = 263.0$  mm  
 $t_f = 10.0$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 148.0$  cm<sup>2</sup>/m  
 $h = 360.0$  mm /  $\alpha = 50.4^\circ$   
 $W_{pl} = 1535.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 22580.0$  cm<sup>4</sup>/m  
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 26.6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $\beta_B = 0.700$  /  $\beta_D = 0.600$   
 $f_{y,red} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{c,Rd} = 257.9$  kN-m/m  
 $V_{pl,Rd} = 808.3$  kN/m ( $\mu = 0.001$ )  
 $N_{pl,Rd} = 3552.0$  kN/m ( $\mu = 0.004$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 257.9$  kN-m/m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.720$   
 Knicklänge = 12.21 m  
 $N_{cr} = 1883.5$  kN/m  
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.008 \leq 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.720$



## Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 42, Spw-Schleuse außen, BS-T

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 51.80 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 48.00 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 51.10 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 51.10 m

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 16.70 kN/m<sup>2</sup> als Verkehrslast

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

E<sub>ph,d</sub> = 365.13 kN/m (E<sub>pv,d</sub> = -104.70 kN/m)

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = B<sub>h,d</sub> / E<sub>ph,d</sub> = 1.000

B<sub>h(g+q),d</sub> = 365.13 kN/m

B<sub>h,g,d</sub> = 205.50 kN/m

B<sub>h,q,d</sub> = 159.63 kN/m

B<sub>h,w,d</sub> = 0.00 kN/m

Ersatzkräfte C<sub>h</sub> (Blum)

C<sub>h,k</sub> = 170.22 kN/m

C<sub>h,g,k</sub> = 81.43 kN/m

C<sub>h,q,k</sub> = 88.78 kN/m

C<sub>h,w,k</sub> = 0.00 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	$\gamma_k$	$\gamma'_{,k}$	$\varphi_k$	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ $\varphi$	d(p)/ $\varphi$	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	50.70	12.00	2.00	15.00	0.00	0.00	0.667	-	0.00	0.00
2	50.40	17.00	8.50	20.00	0.00	0.00	0.667	-	2.00	0.00
3	41.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.500	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert k<sub>ah</sub> [-] = 0.200

bestimmt nach: DIN 4085

Schicht	UK	k <sub>agh</sub>	k <sub>ach</sub>	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	50.70	0.525	1.337	15.000	10.01	46.99
2	50.40	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01
3	41.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	Wasserdruck
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	oben[kN/m <sup>2</sup> ]	unten[kN/m <sup>2</sup> ]
51.800	51.100	8.765	13.174	0.00	0.00

51.100	50.700	13.174	13.593	0.00	0.00
50.700	50.400	11.036	12.123	0.00	0.00
50.400	49.700	7.288	9.260	0.00	0.00
49.700	48.800	9.260	11.796	0.00	0.00
48.800	48.000	11.796	14.050	0.00	0.00
48.000	47.800	14.050	14.614	0.00	0.00
47.800	46.700	14.614	17.713	0.00	0.00
46.700	45.900	17.713	19.967	0.00	0.00
45.900	45.700	19.967	20.531	0.00	0.00
45.700	44.700	20.531	23.349	0.00	0.00
44.700	43.900	23.349	25.603	0.00	0.00
43.900	41.000	25.603	33.774	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte  
bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	$k_{pgh}$	$k_{pch}$	$\phi_k$	$\delta$	$\theta$
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
3	41.00	5.134	5.403	32.000	-16.00	19.36

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
48.80	48.00	0.00	0.00
48.00	47.80	0.00	-8.69
47.80	46.70	-8.69	-56.47
46.70	45.90	-56.47	-91.23
45.90	45.70	-91.23	-99.92
45.70	44.70	-99.92	-143.36
44.70	43.90	-143.36	-178.11
43.90	41.00	-178.11	-304.09

Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
51.80	8.76	2.71
51.10	13.17	3.49
50.70	13.59	3.56
50.70	11.04	3.78
50.40	12.12	4.04
50.40	7.29	4.01
49.70	9.26	4.78
48.80	11.80	5.77
48.00	14.05	6.65
47.80	7.63	4.87
46.70	-27.70	-4.94
45.90	-53.39	-12.07
45.70	-59.82	-13.85
44.70	-91.93	-22.77
43.90	-117.62	-29.90

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
51.80	0.0	0.0	0.0
51.10	-2.2	-7.7	-2.5
50.70	-3.6	-13.0	-6.6
50.40	-4.7	-16.5	-11.1
49.70	-7.8	-22.3	-24.6
48.80	-12.6	-31.8	-48.7
48.00	-17.5	-42.1	-78.2
47.80	-18.7	-44.3	-86.8
46.70	-18.7	-33.2	-133.0
45.90	-11.9	-0.8	-148.0
45.70	-9.3	10.5	-147.1
44.70	9.1	86.4	-101.3
43.90	30.1	170.2	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe	N	Q	M
-------	---	---	---

[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
51.80	0.0	0.0	0.0
51.10	0.0	0.0	0.0
50.70	0.0	0.0	0.0
50.40	0.0	0.0	0.0
49.70	0.0	0.0	0.0
48.80	0.0	0.0	0.0
48.00	0.0	0.0	0.0
47.80	0.0	0.0	0.0
46.70	0.0	0.0	0.0
45.90	0.0	0.0	0.0
45.70	0.0	0.0	0.0
44.70	0.0	0.0	0.0
43.90	0.0	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 2.845E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-102.0
51.10	-88.3
50.70	-80.5
50.40	-74.7
49.70	-61.2
48.80	-44.6
48.00	-30.9
47.80	-27.8
46.70	-12.9
45.90	-5.5
45.70	-4.2
44.70	-0.4
43.90	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 2.845E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	0.0
51.10	0.0
50.70	0.0
50.40	0.0
49.70	0.0
48.80	0.0
48.00	0.0
47.80	0.0
46.70	0.0
45.90	0.0
45.70	0.0
44.70	0.0
43.90	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{[g+q],k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 43.900 m

$\phi_{[w],k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 43.900 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 185.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{Ed} = 0.7 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} = -14.2 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: PU 12-10/10 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm} / b_f = 263.0 \text{ mm}$

$t_f = 10.0 \text{ mm} / t_w = 10.0 \text{ mm} / A = 148.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 360.0 \text{ mm} / \alpha = 50.4^\circ$

$W_{pl} = 1535.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 22580.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 26.6$

Querschnittsklasse: 2

$$\beta_B = 0.700 / \beta_D = 0.600$$

$$f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{c,Rd} = 257.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$V_{pl,Rd} = 808.3 \text{ kN/m} (\mu = 0.001)$$

$$N_{pl,Rd} = 3552.0 \text{ kN/m} (\mu = 0.004)$$

Querkraft-Interaktion

$$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow \text{keine Abm.}$$

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$$M_{c,Rd} = 257.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.720$$

$$\text{Knicklänge} = 12.21 \text{ m}$$

$$N_{cr} = 1883.5 \text{ kN/m}$$

$$N_{Ed} / N_{cr} = 0.008 \leq 0.04$$

-> Kein Knicknachweis

$$\max \mu = 0.720$$

$$\max M_d = 185.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m} (\text{Tiefe} = 45.90 \text{ m})$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = -14.2 \text{ kN/m; } Q_d = -0.7 \text{ kN/m; } w_k = 5.5 \text{ mm}$$

$$\max Q_d = 213.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m} (\text{Tiefe} = 43.90 \text{ m})$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = 38.5 \text{ kN/m; } M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m; } w_k = 0.0 \text{ mm}$$

$$\max N_d = 38.5 \text{ kN/m} (\text{Tiefe} = 43.90 \text{ m})$$

$$\text{Zugehörige Werte: } Q_d = 213.1 \text{ kN/m; } M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m; } w_k = 0.0 \text{ mm}$$

$$\max w_k = 102.0 \text{ mm} (\text{Tiefe} = 51.80 \text{ m})$$

$$\text{Zugehörige Werte: } N_d = 0.0 \text{ kN/m; } Q_d = 0.0 \text{ kN/m; } M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

$$\text{Einbindetiefe } t_g = 4.92 \text{ m}$$

$$\text{Profillänge} = 8.72 \text{ m}$$

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

$$\text{Bedingung: } G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$$

$$G_k = 10.13 \text{ kN/m}$$

$$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$$

$$E_{av,k} = 44.89 \text{ kN/m} (E_{ah,k} = 123.40 \text{ kN/m})$$

$$C_{h,k} = 170.22 \text{ kN/m}$$

$$B_{v,k} = -84.19 \text{ kN/m}$$

$$\delta_p [^\circ] = -16.0$$

$$\delta_C [^\circ] = 10.7$$

$$\text{Summe } V_k = 11.25 \text{ kN/m} (\text{Druck})$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12-10/10

$$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Bv,d} = (293.62 - 1/2 \cdot 170.22) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.30 = 100.22 \text{ kN/m}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 170.22 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.30 = 25.58 \text{ kN/m}$$

$$\text{Spitzendruck } q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$$

$$(\text{gemittelt von } 43.44 \text{ bis } 41.64 \text{ m}) \implies q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0148 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 105.71 \text{ kN/m}$$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
48.00	43.08	26.67	Mittelsand,feinsandig

$$\text{Mantelfläche (TF + dt1) von } 43.90 \text{ bis } 43.08 \text{ m} = 1.217 \text{ m}^2/\text{m} \implies R_{s3,d}$$

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 26.61 / 1.40 = 19.01 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 250.53 \text{ kN/m}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 12.16 + 55.18 + 0.00 = 67.34 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 67.34 / 250.53 = 0.27$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.00  
 $\gamma(\text{Gewicht}) = 0.90$   
 $\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.35$   
UK Schicht = 51.80

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99  
Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt  
Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.300 / 1.200 = 1.083$   
Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.300$   
Breite = 0.76 m  
Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 144.83 [kN/m]  
(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)  
 $E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 54.64$  [kN/m]  
Kohäsionskraft  $K_k = 0.00$  [kN/m]  
Grundbruchlast  $P_{g,k} = 1987.99$  [kN/m]  
Grundbruch mit:  
Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.00$  [°]  
Kohäsion  $c_k = 0.00$  [kN/m<sup>2</sup>]  
 $N_d = 23.177 / N_b = 13.857 / N_c = 35.490$   
 $\sigma_{\bar{u}} = 103.320$  [kN/m<sup>2</sup>]  
 $\mu = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.111$   
 $\mu = [144.83 \cdot 1.20] / [(1987.99 + 0.00) / 1.300 + 54.64] = 0.111$

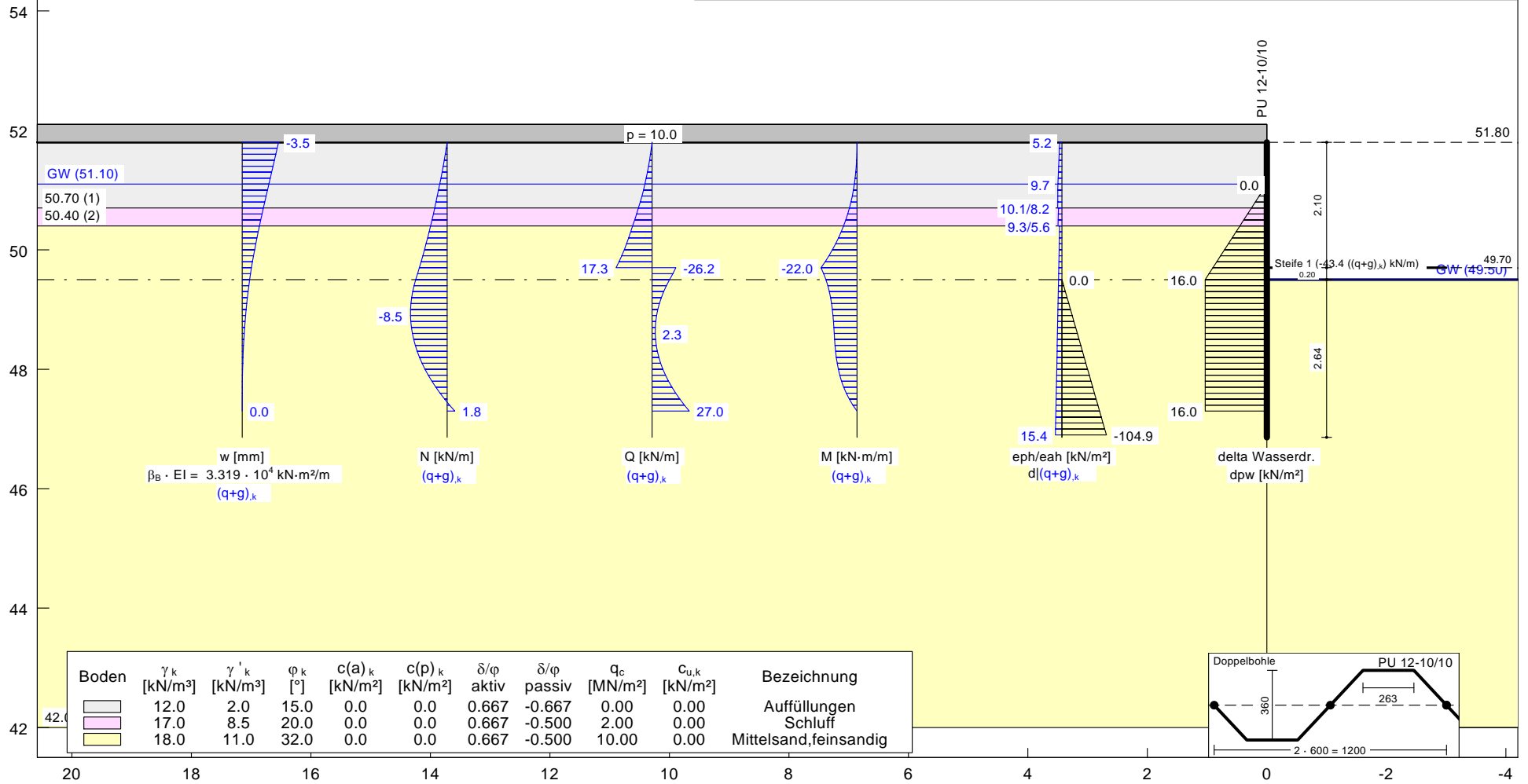
Wehr 42, Spw-Wehr außen, BS-P.1  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 PU 12-10/10  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert  $k_{ah} [-] = 0.200$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Einspanngrad = 1.000  
 Erf. Profillänge = 4.94 m

Erf. Einbindetiefe = 2.64 m  
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{EP} = 1.40$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.35  
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.77$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.21

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M, qg  
 $M_{Ed} = 31.3$  kN·m/m  
 $V_{Ed} = 36.7$  kN/m  
 $N_{Ed} = -9.0$  kN/m (Druck)  
 Profil: PU 12-10/10 Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0$  mm /  $b_t = 263.0$  mm  
 $t_f = 10.0$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 148.0$  cm<sup>2</sup>/m  
 $h = 360.0$  mm /  $\alpha = 50.4^\circ$   
 $W_{pl} = 1535.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 22580.0$  cm<sup>4</sup>/m  
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_t / t_f / \varepsilon = 26.6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $\beta_B = 0.800$  /  $\beta_D = 0.700$   
 $f_{y,red} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{c,Rd} = 294.7$  kN·m/m  
 $V_{pl,Rd} = 808.3$  kN/m ( $\mu = 0.045$ )  
 $N_{pl,Rd} = 3552.0$  kN/m ( $\mu = 0.003$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 294.7$  kN·m/m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.106$   
 Knicklänge = 4.20 m  
 $N_{cr} = 18571.3$  kN/m  
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.000 \leq 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.106$





## Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 42, Spw-Wehr außen, BS-P.1

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 51.80 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 49.50 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 51.10 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 49.50 m

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$

$\gamma_{Ep} = 1.40$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 10.00 kN/m<sup>2</sup> als Verkehrslast

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Einspanngrad von 1.000 vorgegeben

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 97.62 kN/m (Epv,d = -27.99 kN/m)

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000

Bh(g+q),d = 97.62 kN/m

Bh,g,d = 90.62 kN/m

Bh,q,d = 7.00 kN/m

Bh,w,d = 61.46 kN/m

Ersatzkräfte C<sub>h</sub> (Blum)

C<sub>h,k</sub> = 27.04 kN/m

C<sub>h,g,k</sub> = 21.98 kN/m

C<sub>h,q,k</sub> = 5.07 kN/m

C<sub>h,w,k</sub> = 15.16 kN/m

Anker und Steifen

Nr.	y	Neigung	Länge	N <sub>d</sub>	N <sub>k</sub>	N <sub>g,k</sub>	N <sub>w,k</sub>	EA	EI	
[-]	[m]	[°]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m <sup>2</sup> /m]	
1	49.70	0.00	3.00	-60.83	-43.43	-28.69	-16.44	2.100E+5	2.100E+6	Steife

Zusätzlich für Steifen

Steife 1

Vertikallast [kN/m<sup>2</sup>/m]: 0.00

max M<sub>d</sub> [kN·m/m]: 0.00

gelenkig an Verbauwand angeschlossen

gegenüberliegende Seite gelenkig

x	y	wx,d	wy,d	N <sub>d</sub>	Q <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>
[m]	[m]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
-3.00	49.70	0.0	0.0	-60.83	0.00	0.00
-2.70	49.70	-0.1	0.0	-60.83	0.00	0.00
-2.70	49.70	-0.1	0.0	-60.83	0.00	0.00
-2.40	49.70	-0.2	0.0	-60.83	0.00	0.00
-2.10	49.70	-0.4	0.0	-60.83	0.00	0.00
-1.80	49.70	-0.5	0.0	-60.83	0.00	0.00
-1.50	49.70	-0.6	0.0	-60.83	0.00	0.00

-1.20	49.70	-0.7	0.0	-60.83	0.00	0.00
-0.90	49.70	-0.9	0.0	-60.83	0.00	0.00
-0.60	49.70	-1.0	0.0	-60.83	0.00	0.00
-0.30	49.70	-1.1	0.0	-60.83	0.00	0.00
0.00	49.70	-1.2	0.0	-60.83	0.00	0.00

### Bodenkennwerte

Schicht	UK	$\gamma_k$	$\gamma'_{k}$	$\varphi_k$	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ $\varphi$	d(p)/ $\varphi$	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	50.70	12.00	2.00	15.00	0.00	0.00	0.667	-	0.00	0.00
2	50.40	17.00	8.50	20.00	0.00	0.00	0.667	-	2.00	0.00
3	42.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.500	10.00	0.00

### Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

bestimmt nach: DIN 4085

Schicht	UK	$k_{agh}$	$k_{ach}$	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	50.70	0.525	1.337	15.000	10.01	46.99
2	50.40	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01
3	42.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

### Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck oben	Wasserdruck unten
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
51.800	51.100	5.248	9.657	0.00	0.00
51.100	50.700	9.657	10.077	0.00	4.00
50.700	50.400	8.181	9.268	4.00	7.00
50.400	49.700	5.571	7.544	7.00	14.00
49.700	49.500	7.544	8.107	14.00	16.00
49.500	48.900	8.107	9.798	16.00	16.00
48.900	48.800	9.798	10.080	16.00	16.00
48.800	47.800	10.080	12.897	16.00	16.00
47.800	47.300	12.897	14.306	16.00	16.00
47.300	42.000	14.306	29.240	16.00	16.00

### Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	$k_{pgh}$	$k_{pch}$	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
3	42.00	5.134	5.403	32.000	-16.00	19.36

### Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
49.70	49.50	0.00	0.00
49.50	48.90	0.00	-24.20
48.90	48.80	-24.20	-28.24
48.80	47.80	-28.24	-68.58
47.80	47.30	-68.58	-88.74
47.30	42.00	-88.74	-302.54

### Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
51.80	5.25	2.09
51.10	9.66	2.87
50.70	14.08	2.94
50.70	12.18	3.10
50.40	16.27	3.36
50.40	12.57	3.34
49.70	21.54	4.11
49.50	24.11	4.33
48.90	7.40	-0.29
48.80	4.62	-1.05
47.80	-23.23	-8.75
47.30	-37.15	-12.59

### Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]	A(h) [kN/m]
51.80	0.0	0.0	0.0	
51.10	-1.7	-5.2	-1.6	
50.70	-2.9	-10.0	-4.6	
50.40	-3.9	-14.2	-8.2	
49.70	-6.5	-26.2	-22.0	-43.4
49.70	-6.5	17.3	-22.0	
49.50	-7.3	12.7	-19.0	
48.90	-8.5	3.2	-14.7	
48.80	-8.5	2.6	-14.4	
47.80	-3.6	11.9	-9.5	
47.30	1.8	27.0	0.0	

#### Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]	A(h) [kN/m]
51.80	0.0	0.0	0.0	
51.10	0.0	0.0	0.0	
50.70	0.0	-0.8	-0.1	
50.40	0.0	-2.4	-0.6	
49.70	0.0	-9.8	-4.6	-16.4
49.70	0.0	6.6	-4.6	
49.50	0.0	3.6	-3.5	
48.90	1.0	-2.5	-3.5	
48.80	1.4	-2.8	-3.8	
47.80	8.0	4.3	-4.7	
47.30	13.4	15.2	0.0	

#### Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 3.319E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-3.5
51.10	-2.6
50.70	-2.0
50.40	-1.7
49.70	-0.9
49.50	-0.7
48.90	-0.3
48.80	-0.3
47.80	0.0
47.30	0.0

#### Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 3.319E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-1.0
51.10	-0.8
50.70	-0.7
50.40	-0.6
49.70	-0.3
49.50	-0.3
48.90	-0.1
48.80	-0.1
47.80	0.0
47.30	0.0

#### Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{[g+q],k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 47.300 m

$\phi_{w,k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 47.300 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 31.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{Ed} = 36.7 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} = -9.0 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: PU 12-10/10 Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0 \text{ mm} / b_f = 263.0 \text{ mm}$   
 $t_f = 10.0 \text{ mm} / t_w = 10.0 \text{ mm} / A = 148.0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 360.0 \text{ mm} / \alpha = 50.4^\circ$   
 $W_{pl} = 1535.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 22580.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 26.6$

Querschnittsklasse: 2

$\beta_B = 0.800 / \beta_D = 0.700$

$f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$

$M_{c,Rd} = 294.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{pl,Rd} = 808.3 \text{ kN/m} (\mu = 0.045)$

$N_{pl,Rd} = 3552.0 \text{ kN/m} (\mu = 0.003)$

Querkraft-Interaktion

$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 294.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.106$

Knicklänge = 4.20 m

$N_{cr} = 18571.3 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} / N_{cr} = 0.000 \leq 0.04$

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.106$

max  $M_d = 31.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 49.70 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -9.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -36.7 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 0.9 \text{ mm}$

max  $Q_d = 37.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 47.30 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 2.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 11.9 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 48.90 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = 5.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = -20.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.5 \text{ mm}$

max  $w_k = 3.5 \text{ mm}$  (Tiefe = 51.80 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe  $t_g = 2.64 \text{ m}$

Profillänge = 4.94 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 5.74 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 14.28 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 42.59 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 27.04 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -21.28 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -16.0$

$\delta_C [^\circ] = 10.7$

Summe  $V_k = 5.16 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12-10/10

Abminderung  $q_{b,k}$  und  $q_{s,k}$  wegen Einbindetiefe  $t_g < 3.00 \text{ m} = (t_g - 0,50) / 2,50 = 0.856$

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$

$R_{Bv,d} = (74.21 - 1/2 \cdot 27.04) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.40 = 27.09 \text{ kN/m}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 27.04 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.40 = 3.77 \text{ kN/m}$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 47.22 bis 45.42 m)  $\implies q_{b,k} = 8.56 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0148 \cdot 8.56 \cdot 1000 / 1.40 = 90.49 \text{ kN/m}$

### Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
49.50	46.86	22.83	Mittelsand, feinsandig

Mantelfläche (TF + dt1) von 47.30 bis 46.86 m = 1.217 m<sup>2</sup>/m ==>  $R_{s3,d}$

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 12.22 / 1.40 = 8.73 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 130.08 \text{ kN/m}$$

### Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 7.75 + 19.94 + 0.00 = 27.69 \text{ kN/m}$$

$$\Rightarrow \mu = V_d / R_d = 27.69 / 130.08 = 0.21$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.35

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 46.86

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.500 / 1.350 = 1.111$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.400$

Breite = 0.46 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 47.93 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 17.37$  [kN/m]

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00$  [kN/m]

Grundbruchlast  $P_{g,k} = 652.64$  [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.00$  [°]

Kohäsion  $c_k = 0.00$  [kN/m<sup>2</sup>]

$N_d = 23.177 / N_b = 13.857 / N_c = 35.490$

$\sigma_{\bar{u}} = 55.440$  [kN/m<sup>2</sup>]

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.135$

$\mu_e = [47.93 \cdot 1.35] / [(652.64 + 0.00) / 1.400 + 17.37] = 0.135$

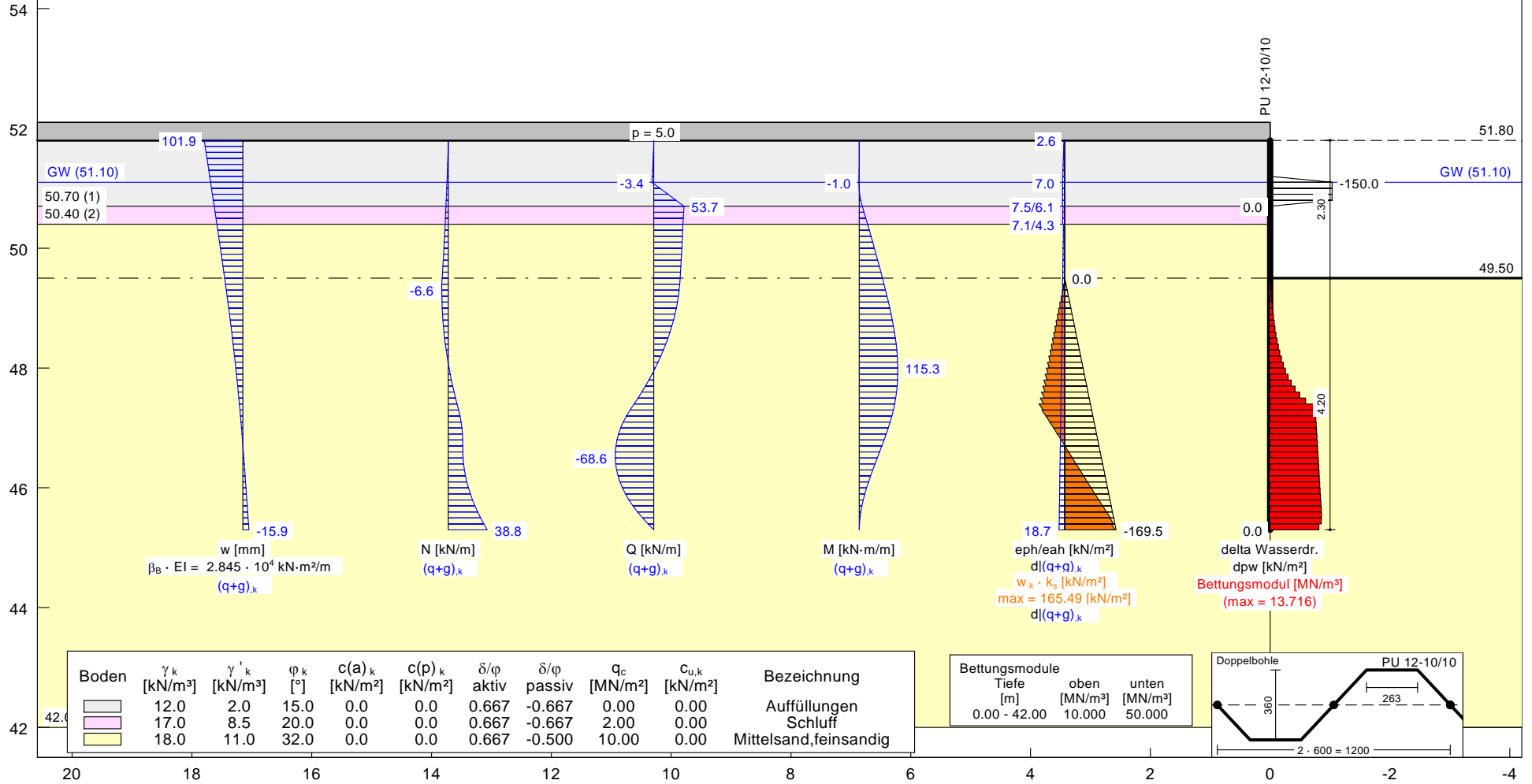
Wehr 42, Spw-Wehr außen, BS-P.2  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 PU 12-10/10  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert  $k_{ah} [-] = 0.200$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Bettungsreaktion angepasst mit  $\gamma_{Ep}$   
 Erf. Profillänge = 6.50 m

Erf. Einbindetiefe = 4.20 m  
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{Ep} = 1.40$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.00  
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.75$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.41

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max  $M, g_q$   
 $M_{Ed} = 153.8$  kN-m/m  
 $V_{Ed} = 3.0$  kN/m  
 $N_{Ed} = 0.6$  kN/m (Zug)  
 Profil: PU 12-10/10 Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0$  mm /  $b_f = 263.0$  mm  
 $t_f = 10.0$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 148.0$  cm<sup>2</sup>/m  
 $h = 360.0$  mm /  $\alpha = 50.4^\circ$   
 $W_{pl} = 1535.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 22580.0$  cm<sup>4</sup>/m  
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 26.6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $\beta_B = 0.700$  /  $\beta_D = 0.600$   
 $f_{y,red} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{c,Rd} = 257.9$  kN-m/m  
 $V_{pl,Rd} = 808.3$  kN/m ( $\mu = 0.004$ )  
 $N_{pl,Rd} = 3552.0$  kN/m ( $\mu = 0.000$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 257.9$  kN-m/m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.596$   
 $N_{Ed} > 0.0$  (Zug)  
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.596$



## Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 42, Spw-Wehr außen, BS-P.2

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 51.80 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 49.50 m

Grundwasserstand (Erdseite) = 51.10 m

Grundwasserstand (Luftseite) = 51.10 m

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$

$\gamma_{Ep} = 1.40$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 5.00 kN/m<sup>2</sup> als Verkehrslast

Zusatzdrücke

Nr.	e(oben) [-]	e(unten) [kN/m <sup>2</sup> ]	z(oben) [m]	z(unten) [m]	Typ [-]
1	-150.00	-150.00	51.10	50.70	Wasserdruck

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Fuß gebettet

Profillänge = 6.50 m

Bettungsmodule

von [m]	bis [m]	ks(oben) [MN/m <sup>3</sup> ]	ks(unten) [MN/m <sup>3</sup> ]
49.50	7.50	10.000	50.000

Bettungsreaktion angepasst mit  $\gamma_{Ep}$

Ausnutzungsgrad  $\mu_e = 110.99 / 356.21 = 0.312$

Bettungslager  $B_{h,d} = 110.993$  kN/m

Erdwiderstand  $E_{p,d} = 356.210$  kN/m

Bodenkennwerte

Schicht [-]	UK [m]	$\gamma_{k}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_{k}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_{k}$ [°]	c(akt),k [kN/m <sup>2</sup> ]	c(pas),k [kN/m <sup>2</sup> ]	d(a)/ $\varphi$ [-]	d(p)/ $\varphi$ [-]	qc [MN/m <sup>2</sup> ]	cu,k [kN/m <sup>2</sup> ]
1	50.70	12.00	2.00	15.00	0.00	0.00	0.667	-	0.00	0.00
2	50.40	17.00	8.50	20.00	0.00	0.00	0.667	-	2.00	0.00
3	42.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.500	10.00	0.00

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert  $k_{ah} [-] = 0.200$

bestimmt nach: DIN 4085

Schicht [-]	UK [m]	$k_{agh}$ [-]	$k_{ach}$ [-]	$\varphi_{k}$ [°]	$\delta$ [°]	$\theta$ [°]
1	50.70	0.525	1.337	15.000	10.01	46.99
2	50.40	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01
3	42.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

mit Zusatzdrücke

von bis oben unten Wasserdruck Wasserdruck

[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	oben[kN/m <sup>2</sup> ]	unten[kN/m <sup>2</sup> ]
51.800	51.100	2.624	7.033	0.00	0.00
51.100	50.700	7.033	7.453	-150.00	-150.00
50.700	50.400	6.051	7.137	0.00	0.00
50.400	49.700	4.291	6.263	0.00	0.00
49.700	49.500	6.263	6.827	0.00	0.00
49.500	48.800	6.827	8.800	0.00	0.00
48.800	47.999	8.800	11.056	0.00	0.00
47.999	47.799	11.056	11.620	0.00	0.00
47.799	46.798	11.620	14.439	0.00	0.00
46.798	46.498	14.439	15.285	0.00	0.00
46.498	45.798	15.285	17.258	0.00	0.00
45.798	45.298	17.258	18.668	0.00	0.00
45.298	42.000	18.668	27.959	0.00	0.00

Passive Erddruckbeiwerte  
bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k <sub>pgh</sub>	k <sub>pch</sub>	φ <sub>k</sub>	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
3	42.00	5.134	5.403	32.000	-16.00	19.36

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
49.70	49.50	0.00	0.00
49.50	48.80	0.00	-28.25
48.80	48.00	-28.25	-60.54
48.00	47.80	-60.54	-68.62
47.80	46.80	-68.62	-108.98
46.80	46.50	-108.98	-121.09
46.50	45.80	-121.09	-149.34
45.80	45.30	-149.34	-169.52
45.30	42.00	-169.52	-302.54

Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
51.80	2.62	1.62
51.10	7.03	2.40
51.10	-142.97	2.40
50.70	-142.55	2.48
50.70	6.05	2.60
50.40	7.14	2.85
50.40	4.29	2.84
49.70	6.26	3.61
49.50	6.83	3.83
48.80	8.80	-3.77
48.80	8.80	-4.94
48.00	11.06	-10.04
48.00	11.06	-11.94
47.80	11.62	-11.48
47.80	11.62	-13.70
46.80	14.44	-1.49
46.80	14.44	-1.51
46.50	15.28	-4.15
46.50	15.28	-4.18
45.80	17.26	-22.82
45.80	17.26	-23.00
45.30	18.67	-34.39

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
51.80	0.0	0.0	0.0
51.10	-1.4	-3.4	-1.0
50.70	-2.4	53.7	9.1
50.40	-3.2	51.7	24.9
49.70	-5.5	48.1	59.9
49.50	-6.2	46.7	69.4



48.80	-5.4	35.1	98.9
48.00	0.7	2.5	115.3
47.80	3.0	-8.8	114.6
46.80	14.4	-65.5	74.3
46.50	14.7	-68.6	53.9
45.80	24.2	-44.2	11.9
45.30	38.8	0.0	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
51.80	0.0	0.0	0.0
51.10	0.0	0.0	0.0
50.70	0.0	60.0	12.0
50.40	0.0	60.0	30.0
49.70	0.0	60.0	72.0
49.50	0.0	60.0	84.0
48.80	0.1	50.6	124.0
48.00	0.1	11.8	151.0
47.80	0.1	-3.0	151.9
46.80	0.1	-87.9	102.9
46.50	0.1	-94.0	75.3
45.80	0.1	-62.3	16.8
45.30	0.1	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $\beta_D \cdot EI = 2.845E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w	ks	ks·w
[m]	[mm]	[kN/m³]	[kN/m²]
51.80	101.9	-	-
51.10	85.3	-	-
50.70	75.8	-	-
50.40	68.7	-	-
49.70	52.6	-	-
49.50	48.1	0.000E+0	0.00
48.80	33.4	1.061E+3	35.47
48.00	18.7	4.075E+3	76.13
47.80	15.4	5.609E+3	86.35
46.80	1.2	1.257E+4	15.53
46.50	-2.4	1.286E+4	-31.07
45.80	-10.4	1.353E+4	-140.41
45.30	-15.9	1.300E+4	-206.62

Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $\beta_D \cdot EI = 2.845E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe	w	ks	ks·w
[m]	[mm]	[kN/m³]	[kN/m²]
51.80	145.1	-	-
51.10	122.4	-	-
50.70	109.4	-	-
50.40	99.8	-	-
49.70	77.6	-	-
49.50	71.5	0.000E+0	0.00
48.80	51.1	1.061E+3	-5.24
48.00	30.3	4.075E+3	-12.44
47.80	25.7	5.609E+3	-14.72
46.80	5.4	1.257E+4	-9.26
46.50	0.1	1.286E+4	-3.11
45.80	-11.4	1.353E+4	11.41
45.30	-19.4	1.300E+4	20.75

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,[g+q],k} = 0.63021912$

Theoretischer Fußpunkt = 45.298 m

$\phi_{i,w,k} = 0.91149466$

Theoretischer Fußpunkt = 45.298 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 153.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{Ed} = 3.0 \text{ kN/m}$   
 $N_{Ed} = 0.6 \text{ kN/m}$  (Zug)  
Profil: PU 12-10/10 Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0 \text{ mm}$  /  $b_f = 263.0 \text{ mm}$   
 $t_f = 10.0 \text{ mm}$  /  $t_w = 10.0 \text{ mm}$  /  $A = 148.0 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $h = 360.0 \text{ mm}$  /  $\alpha = 50.4^\circ$   
 $W_{pl} = 1535.0 \text{ cm}^3/\text{m}$  /  $I = 22580.0 \text{ cm}^4/\text{m}$   
U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 26.6$   
Querschnittsklasse: 2  
 $\beta_B = 0.700$  /  $\beta_D = 0.600$   
 $f_{y,red} = 240.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{c,Rd} = 257.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $V_{pl,Rd} = 808.3 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.004$ )  
 $N_{pl,Rd} = 3552.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.000$ )

Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 257.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.596$   
 $N_{Ed} > 0.0$  (Zug)  
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 $\max \mu = 0.596$

$\max M_d = 153.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 48.00 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 0.6 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 3.0 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 18.7 \text{ mm}$

$\max Q_d = 91.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 46.50 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 19.1 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 71.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 3.3 \text{ mm}$

$\max N_d = 51.3 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 45.30 m)  
Zugehörige Werte:  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 21.2 \text{ mm}$

$\max w_k = 101.9 \text{ mm}$  (Tiefe = 51.80 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Einbindetiefe  $t_g = 4.20 \text{ m}$   
Profillänge = 6.50 m

Nachweis Summe V  
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $P_{v,k} + G_k + E_{av,k} \geq B_{v,k}$

$G_k = 7.55 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 24.47 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 66.83 \text{ kN/m}$ )

$B_{v,k} = 24.09$

Summe  $V_k = 7.93 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12-10/10

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 45.66 bis 43.86 m)  $\implies q_{b,k} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0148 \cdot 10.00 \cdot 1000 / 1.40 = 105.71 \text{ kN/m}$

Keine Mantelreibung

$R_d = R_{b,d} = 105.71 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 10.19 + 33.51 + 0.00 = 43.70 \text{ kN/m}$

$\implies \mu = V_d / R_d = 43.70 / 105.71 = 0.41$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.00  
 $\gamma(\text{Gewicht}) = 0.90$   
 $\gamma(\text{Strömungskraft}) = 1.35$   
UK Schicht = 51.80

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99  
Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt  
Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.500 / 1.350 = 1.111$   
Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.400$   
Breite = 0.46 m  
Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 60.45 [kN/m]  
(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)  
 $E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 24.79$  [kN/m]  
Kohäsionskraft  $K_k = 0.00$  [kN/m]  
Grundbruchlast  $P_{g,k} = 1001.90$  [kN/m]  
Grundbruch mit:  
Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.00$  [°]  
Kohäsion  $c_k = 0.00$  [kN/m<sup>2</sup>]  
 $N_d = 23.177 / N_b = 13.857 / N_c = 35.490$   
 $\sigma_{\bar{u}} = 88.200$  [kN/m<sup>2</sup>]  
 $\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.111$   
 $\text{mue} = [60.45 \cdot 1.35] / [(1001.90 + 0.00) / 1.400 + 24.79] = 0.111$

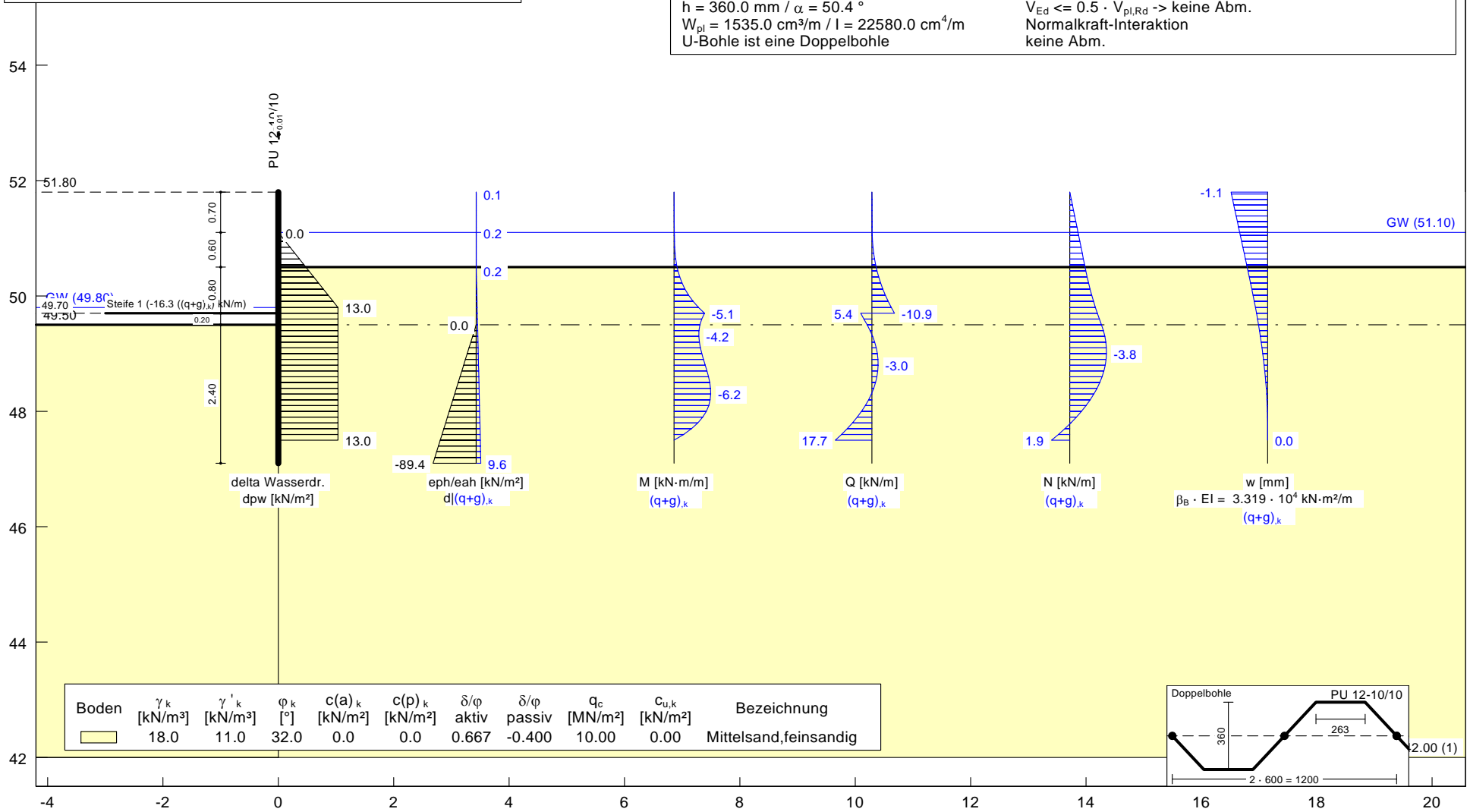
Wehr 42, Spw-Mitte, BS-P.1  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 PU 12-10/10  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert  $k_{ah} [-] = 0.200$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Einspanngrad = 1.000  
 Erf. Profillänge = 4.70 m

Erf. Einbindetiefe = 2.40 m  
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{EP} = 1.40$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.29  
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.13

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max Q, gq  
 $M_{Ed} = 0.0$  kN·m/m  
 $V_{Ed} = 23.9$  kN/m  
 $N_{Ed} = 2.6$  kN/m (Zug)  
 Profil: PU 12-10/10 Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0$  mm /  $b_f = 263.0$  mm  
 $t_f = 10.0$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 148.0$  cm<sup>2</sup>/m  
 $h = 360.0$  mm /  $\alpha = 50.4^\circ$   
 $W_{pl} = 1535.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 22580.0$  cm<sup>4</sup>/m  
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 26.6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $\beta_B = 0.800$  /  $\beta_D = 0.700$   
 $f_{y,red} = 240.7$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{c,Rd} = 294.7$  kN·m/m  
 $V_{pl,Rd} = 808.3$  kN/m ( $\mu = 0.030$ )  
 $N_{pl,Rd} = 3552.0$  kN/m ( $\mu = 0.001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 294.7$  kN·m/m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.000$   
 $N_{Ed} > 0.0$  (Zug)  
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.030$



## Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 42, Spw-Mitte, BS-P.1

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 51.80 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 49.50 m

Grundwasserstand (rechts) = 51.10 m

Grundwasserstand (links) = 49.80 m

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$

$\gamma_{Ep} = 1.40$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	a	x	y	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]
1	0.01	0.02	-0.70	-1.30	1.33	0.72	0.00	nein
2	0.02	0.02	-0.60	-2.00	2.05	0.61	0.00	nein

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

Flächenlast p = 0.00 kN/m<sup>2</sup> als Verkehrslast

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Einspanngrad von 1.000 vorgegeben

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 74.52$  kN/m ( $E_{pv,d} = -16.93$  kN/m)

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 74.52$  kN/m

$B_{h,g,d} = 74.52$  kN/m

$B_{h,q,d} = 0.00$  kN/m

$B_{h,w,d} = 55.53$  kN/m

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 17.69$  kN/m

$C_{h,g,k} = 17.69$  kN/m

$C_{h,q,k} = 0.00$  kN/m

$C_{h,w,k} = 15.11$  kN/m

Anker und Steifen

Nr.	y	Neigung	Länge	$N_d$	$N_k$	$N_{g,k}$	$N_{w,k}$	EA	EI	
[-]	[m]	[°]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m <sup>2</sup> /m]	
1	49.70	0.00	3.00	-22.03	-16.32	-16.32	-14.24	2.100E+5	2.100E+6	Steife

Zusätzlich für Steifen

Steife 1

Vertikallast [kN/m<sup>2</sup>/m]: 0.00

max  $M_d$  [kN·m/m]: 0.00

gelenkig an Verbauwand angeschlossen

gegenüberliegende Seite gelenkig

x	y	wx,d	wy,d	N <sub>d</sub>	Q <sub>d</sub>	M,d
[m]	[m]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
-3.00	49.70	0.0	0.0	-22.03	0.00	0.00
-2.70	49.70	0.0	0.0	-22.03	0.00	0.00
-2.70	49.70	0.0	0.0	-22.03	0.00	0.00
-2.40	49.70	-0.1	0.0	-22.03	0.00	0.00
-2.10	49.70	-0.1	0.0	-22.03	0.00	0.00
-1.80	49.70	-0.2	0.0	-22.03	0.00	0.00
-1.50	49.70	-0.2	0.0	-22.03	0.00	0.00
-1.20	49.70	-0.3	0.0	-22.03	0.00	0.00
-0.90	49.70	-0.3	0.0	-22.03	0.00	0.00
-0.60	49.70	-0.4	0.0	-22.03	0.00	0.00
-0.30	49.70	-0.4	0.0	-22.03	0.00	0.00
0.00	49.70	-0.4	0.0	-22.03	0.00	0.00

#### Bodenkennwerte

Schicht	UK	γ <sub>k</sub>	γ' <sub>k</sub>	φ <sub>k</sub>	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/φ	d(p)/φ	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	42.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.400	10.00	0.00

#### Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	k <sub>agh</sub>	k <sub>ach</sub>	φ <sub>k</sub>	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	42.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

#### Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	Wasserdruck
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	oben[kN/m <sup>2</sup> ]	unten[kN/m <sup>2</sup> ]
51.800	51.768	0.000	0.149	0.00	0.00
51.768	51.100	0.149	0.224	0.00	0.00
51.100	51.050	0.223	0.140	0.00	0.50
51.050	50.743	0.140	0.161	0.50	3.57
50.743	50.435	0.161	0.182	3.57	6.65
50.435	49.800	0.182	1.972	6.65	13.00
49.800	49.700	1.972	2.254	13.00	13.00
49.700	49.500	2.254	2.818	13.00	13.00
49.500	49.000	2.818	4.227	13.00	13.00
49.000	48.800	4.227	4.790	13.00	13.00
48.800	48.300	4.790	6.199	13.00	13.00
48.300	47.800	6.199	7.608	13.00	13.00
47.800	47.500	7.608	8.453	13.00	13.00
47.500	42.000	8.453	23.951	13.00	13.00

#### Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k <sub>pgh</sub>	k <sub>pch</sub>	φ <sub>k</sub>	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	42.00	4.742	5.069	32.000	-12.80	21.05

#### Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
49.70	49.50	0.00	0.00
49.50	49.00	0.00	-18.63
49.00	48.80	-18.63	-26.08
48.80	48.30	-26.08	-44.71
48.30	47.80	-44.71	-63.34
47.80	47.50	-63.34	-74.52
47.50	42.00	-74.52	-279.45

#### Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
51.80	0.00	1.16
51.77	0.15	1.22
51.10	0.22	1.25

51.05	0.64	1.22
50.74	3.73	1.22
50.44	6.83	1.23
49.80	14.97	1.93
49.70	15.25	2.04
49.50	15.82	2.26
49.00	4.07	-0.18
48.80	-0.63	-1.15
48.30	-12.38	-3.59
47.80	-24.12	-6.03
47.50	-31.17	-7.49

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]	A(h) [kN/m]
51.80	0.0	0.0	0.0	
51.77	0.0	0.0	0.0	
51.10	-0.9	-0.1	0.0	
51.05	-0.9	-0.1	0.0	
50.74	-1.3	-0.8	-0.2	
50.44	-1.7	-2.4	-0.6	
49.80	-2.7	-9.4	-4.1	
49.70	-2.9	-10.9	-5.1	-16.3
49.70	-2.9	5.4	-5.1	
49.50	-3.3	2.3	-4.4	
49.00	-3.8	-2.6	-4.7	
48.80	-3.7	-3.0	-5.3	
48.30	-2.5	0.3	-6.2	
47.80	-0.1	9.4	-4.0	
47.50	1.9	17.7	0.0	

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]	A(h) [kN/m]
51.80	0.0	0.0	0.0	
51.77	0.0	0.0	0.0	
51.10	0.0	0.0	0.0	
51.05	0.0	0.0	0.0	
50.74	0.0	-0.6	-0.1	
50.44	0.0	-2.2	-0.5	
49.80	0.0	-8.5	-3.7	
49.70	0.0	-9.8	-4.6	-14.2
49.70	0.0	4.5	-4.6	
49.50	0.0	1.9	-3.9	
49.00	0.6	-2.2	-4.2	
48.80	1.1	-2.4	-4.7	
48.30	3.2	0.4	-5.4	
47.80	6.4	8.1	-3.4	
47.50	8.9	15.1	0.0	

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 3.319E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-1.1
51.77	-1.1
51.10	-0.8
51.05	-0.8
50.74	-0.7
50.44	-0.6
49.80	-0.4
49.70	-0.3
49.50	-0.3
49.00	-0.1
48.80	-0.1
48.30	0.0
47.80	0.0
47.50	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 3.319E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-1.0
51.77	-0.9
51.10	-0.7
51.05	-0.7
50.74	-0.6
50.44	-0.5
49.80	-0.3
49.70	-0.3
49.50	-0.2
49.00	-0.1
48.80	-0.1
48.30	0.0
47.80	0.0
47.50	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,g+q,k}$ : 0.00000000

Theoretischer Fußpunkt = 47.500 m

$\phi_{i,w,k}$ : 0.00000000

Theoretischer Fußpunkt = 47.500 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max Q, gq

$M_{Ed} = 0.0$  kN·m/m

$V_{Ed} = 23.9$  kN/m

$N_{Ed} = 2.6$  kN/m (Zug)

Profil: PU 12-10/10 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0$  mm /  $b_f = 263.0$  mm

$t_f = 10.0$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 148.0$  cm<sup>2</sup>/m

$h = 360.0$  mm /  $\alpha = 50.4$  °

$W_{pl} = 1535.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 22580.0$  cm<sup>4</sup>/m

U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$

$\varepsilon = 0.990$  ->  $b_f / t_f / \varepsilon = 26.6$

Querschnittsklasse: 2

$\beta_B = 0.800$  /  $\beta_D = 0.700$

$f_{y,red} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>

$M_{c,Rd} = 294.7$  kN·m/m

$V_{pl,Rd} = 808.3$  kN/m ( $\mu = 0.030$ )

$N_{pl,Rd} = 3552.0$  kN/m ( $\mu = 0.001$ )

Querkraft-Interaktion

$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd}$  -> keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 294.7$  kN·m/m

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.000$

$N_{Ed} > 0.0$  (Zug)

-> Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.030$

max  $M_d = 8.3$  kN·m/m (Tiefe = 48.30 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -3.4$  kN/m;  $Q_d = 0.4$  kN/m;  $w_k = 0.0$  mm

max  $Q_d = 23.9$  kN·m/m (Tiefe = 47.50 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 2.6$  kN/m;  $M_d = 0.0$  kN·m/m;  $w_k = 0.0$  mm

max  $N_d = 5.2$  kN/m (Tiefe = 49.00 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = -3.6$  kN/m;  $M_d = -6.3$  kN·m/m;  $w_k = 0.2$  mm

max  $w_k = 1.1$  mm (Tiefe = 51.80 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0$  kN/m;  $Q_d = 0.0$  kN/m;  $M_d = 0.0$  kN·m/m

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe  $t_g = 2.40$  m

Profillänge = 4.70 m

Nachweis Summe V



Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 5.46 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 5.04 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 12.91 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 17.69 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -11.96 \text{ kN/m}$

$\delta_p [^\circ] = -12.8$

$\delta_C [^\circ] = 10.7$

Summe  $V_k = 2.22 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12-10/10

Abminderung  $q_{b,k}$  und  $q_{s,k}$  wegen Einbindetiefe  $tg < 3.00 \text{ m} = (tg - 0,50) / 2,50 = 0.760$

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$

$R_{Bv,d} = (52.63 - 1/2 \cdot 17.69) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.40 = 19.54 \text{ kN/m}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 17.69 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.40 = 2.47 \text{ kN/m}$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 47.46 bis 45.66 m)  $\implies q_{b,k} = 7.60 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0148 \cdot 7.60 \cdot 1000 / 1.40 = 80.34 \text{ kN/m}$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$	Bezeichnung
49.50	47.10	20.27	Mittelsand, feinsandig

Mantelfläche (TF + dt1) von 47.50 bis 47.10 m = 1.217 m<sup>2</sup>/m  $\implies R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 9.87 / 1.40 = 7.05 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 109.40 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 7.37 + 6.81 + 0.00 = 14.18 \text{ kN/m}$

$\implies \mu = V_d / R_d = 14.18 / 109.40 = 0.13$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.29

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 47.10

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.500 / 1.350 = 1.111$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.400$

Breite = 0.46 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 32.93 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 14.29 \text{ [kN/m]}$

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$

Grundbruchlast  $P_{g,k} = 905.95 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.00 [^\circ]$

Kohäsion  $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2]$

$N_d = 23.177 / N_b = 13.858 / N_c = 35.490$

$\sigma_{\bar{u}} = 79.200 \text{ [kN/m}^2]$

$\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.068$

$\text{mue} = [32.93 \cdot 1.35] / [(905.95 + 0.00) / 1.400 + 14.29] = 0.068$

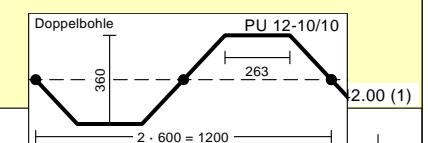
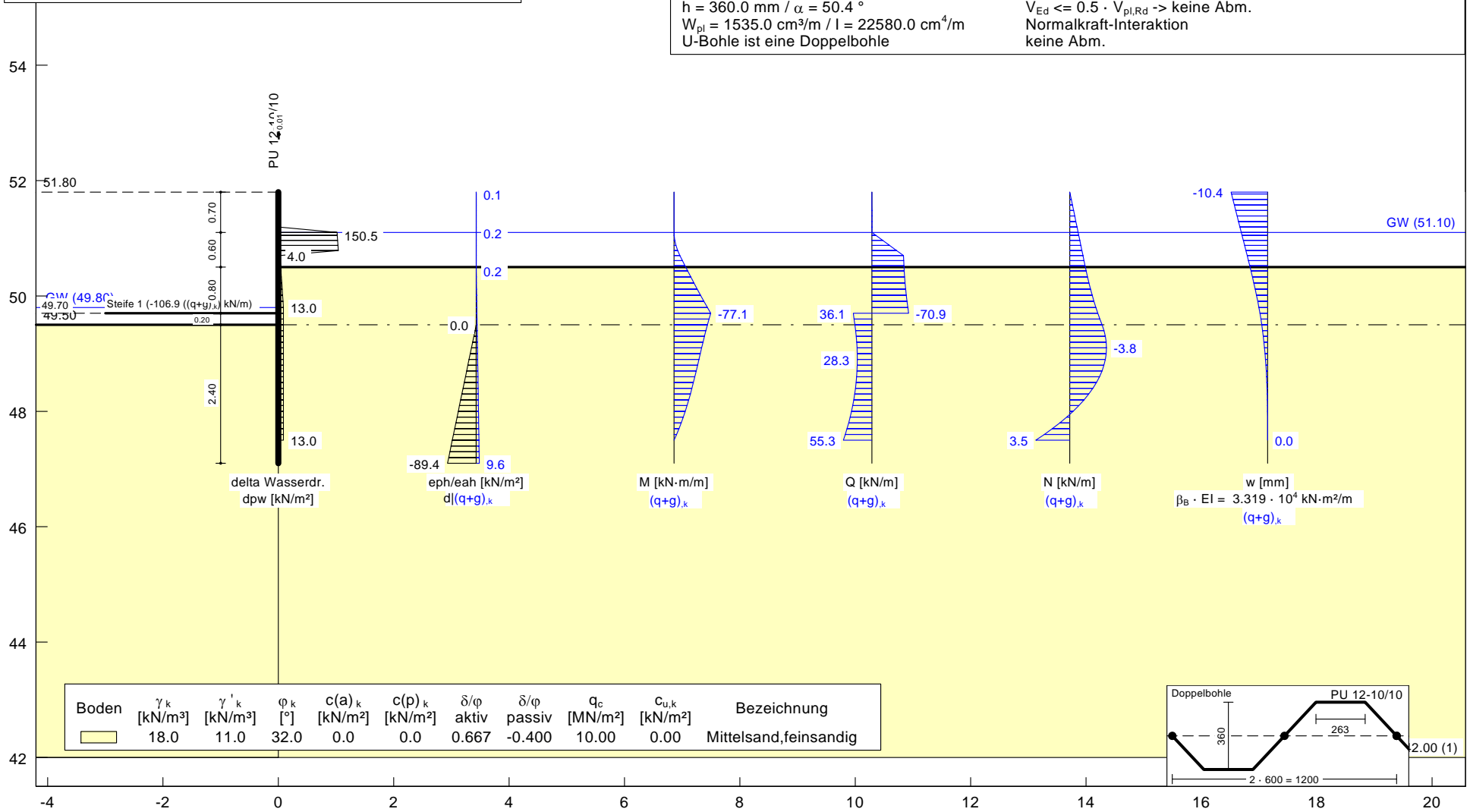
Wehr 42, Spw-Mitte, BS-P.1  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 PU 12-10/10  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert  $k_{ah} [-] = 0.200$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Einspanngrad = 1.000  
 Erf. Profillänge = 4.70 m

Erf. Einbindetiefe = 2.40 m  
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{EP} = 1.40$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.29  
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.13

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M, gq  
 $M_{Ed} = 104.1$  kN·m/m  
 $V_{Ed} = 95.7$  kN/m  
 $N_{Ed} = -3.9$  kN/m (Druck)  
 Profil: PU 12-10/10 Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0$  mm /  $b_f = 263.0$  mm  
 $t_f = 10.0$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 148.0$  cm<sup>2</sup>/m  
 $h = 360.0$  mm /  $\alpha = 50.4^\circ$   
 $W_{pl} = 1535.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 22580.0$  cm<sup>4</sup>/m  
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 26.6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $\beta_B = 0.800$  /  $\beta_D = 0.700$   
 $f_{y,red} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{c,Rd} = 294.7$  kN·m/m  
 $V_{pl,Rd} = 808.3$  kN/m ( $\mu = 0.118$ )  
 $N_{pl,Rd} = 3552.0$  kN/m ( $\mu = 0.001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 294.7$  kN·m/m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.353$   
 Knicklänge = 4.20 m  
 $N_{cr} = 18571.3$  kN/m  
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.000 \leq 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.353$



## Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 42, Spw-Mitte, BS-P.1

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 51.80 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = 49.50 m

Grundwasserstand (rechts) = 51.10 m

Grundwasserstand (links) = 49.80 m

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$

$\gamma_{Ep} = 1.40$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	a	x	y	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]
1	0.01	0.02	-0.70	-1.30	1.33	0.72	0.00	nein
2	0.02	0.02	-0.60	-2.00	2.05	0.61	0.00	nein

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

Flächenlast p = 0.00 kN/m<sup>2</sup> als Verkehrslast

Zusatzdrücke

Nr.	e(oben)	e(unten)	z(oben)	z(unten)	Typ
[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[-]
1	150.00	150.00	51.10	50.70	Wasserdruck

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch und Einspanngrad von 1.000 vorgegeben

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 74.52$  kN/m ( $E_{pv,d} = -16.93$  kN/m)

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 74.52$  kN/m

$B_{h,g,d} = 74.52$  kN/m

$B_{h,q,d} = 0.00$  kN/m

$B_{h,w,d} = 57.75$  kN/m

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 55.26$  kN/m

$C_{h,g,k} = 55.26$  kN/m

$C_{h,q,k} = 0.00$  kN/m

$C_{h,w,k} = 52.68$  kN/m

Anker und Steifen

Nr.	y	Neigung	Länge	$N_d$	$N_k$	$N_{g,k}$	$N_{w,k}$	EA	EI	
[-]	[m]	[°]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m <sup>2</sup> /m]	
1	49.70	0.00	3.00	-144.37	-106.94	-106.94	-104.86	2.100E+5	2.100E+6	Steife

Zusätzlich für Steifen

Steife 1

Vertikallast [kN/m<sup>2</sup>/m]: 0.00  
 max M<sub>d</sub> [kN·m/m]: 0.00  
 gelenkig an Verbauwand angeschlossen  
 gegenüberliegende Seite gelenkig

x	y	w <sub>x,d</sub>	w <sub>y,d</sub>	N <sub>d</sub>	Q <sub>d</sub>	M <sub>d</sub>
[m]	[m]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
-3.00	49.70	0.0	0.0	-144.37	0.00	0.00
-2.70	49.70	-0.3	0.0	-144.37	0.00	0.00
-2.70	49.70	-0.3	0.0	-144.37	0.00	0.00
-2.40	49.70	-0.6	0.0	-144.37	0.00	0.00
-2.10	49.70	-0.9	0.0	-144.37	0.00	0.00
-1.80	49.70	-1.2	0.0	-144.37	0.00	0.00
-1.50	49.70	-1.5	0.0	-144.37	0.00	0.00
-1.20	49.70	-1.8	0.0	-144.37	0.00	0.00
-0.90	49.70	-2.1	0.0	-144.37	0.00	0.00
-0.60	49.70	-2.4	0.0	-144.37	0.00	0.00
-0.30	49.70	-2.7	0.0	-144.37	0.00	0.00
0.00	49.70	-2.9	0.0	-144.37	0.00	0.00

#### Bodenkennwerte

Schicht	UK	γ <sub>k</sub>	γ' <sub>k</sub>	φ <sub>k</sub>	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/φ	d(p)/φ	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	42.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.400	10.00	0.00

#### Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	k <sub>agh</sub>	k <sub>ach</sub>	φ <sub>k</sub>	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	42.00	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17

#### Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

mit Zusatzdrücke

von	bis	oben	unten	Wasserdruck oben	Wasserdruck unten
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
51.800	51.768	0.000	0.149	0.00	0.00
51.768	51.100	0.149	0.224	0.00	0.00
51.100	51.050	0.223	0.140	150.00	150.50
51.050	50.788	0.140	0.158	150.50	153.12
50.788	50.700	0.158	0.164	153.12	154.00
50.700	50.435	0.164	0.182	4.00	6.65
50.435	49.800	0.182	1.972	6.65	13.00
49.800	49.700	1.972	2.254	13.00	13.00
49.700	49.500	2.254	2.818	13.00	13.00
49.500	49.100	2.818	3.945	13.00	13.00
49.100	48.800	3.945	4.790	13.00	13.00
48.800	47.800	4.790	7.608	13.00	13.00
47.800	47.500	7.608	8.453	13.00	13.00
47.500	42.000	8.453	23.951	13.00	13.00

#### Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k <sub>pgh</sub>	k <sub>pch</sub>	φ <sub>k</sub>	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	42.00	4.742	5.069	32.000	-12.80	21.05

#### Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
49.70	49.50	0.00	0.00
49.50	49.10	0.00	-14.90
49.10	48.80	-14.90	-26.08
48.80	47.80	-26.08	-63.34
47.80	47.50	-63.34	-74.52
47.50	42.00	-74.52	-279.45

#### Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe h v

[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
51.80	0.00	1.16
51.77	0.15	1.22
51.10	0.22	1.25
51.10	150.22	1.25
51.05	150.64	1.22
50.79	153.28	1.22
50.70	154.16	1.23
50.70	4.16	1.23
50.44	6.83	1.23
49.80	14.97	1.93
49.70	15.25	2.04
49.50	15.82	2.26
49.10	5.03	0.00
48.80	-3.06	-1.70
47.80	-30.03	-7.37
47.50	-38.13	-9.07

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]	A(h) [kN/m]
51.80	0.0	0.0	0.0	
51.77	0.0	0.0	0.0	
51.10	-0.9	-0.1	0.0	
51.05	-0.9	-7.6	-0.2	
50.79	-1.2	-47.5	-7.5	
50.70	-1.4	-61.0	-12.2	
50.44	-1.7	-62.4	-28.5	
49.80	-2.7	-69.4	-70.1	
49.70	-2.9	-70.9	-77.1	-106.9
49.70	-2.9	36.1	-77.1	
49.50	-3.3	33.0	-70.2	
49.10	-3.8	28.8	-58.0	
48.80	-3.5	28.5	-49.5	
47.80	1.0	45.0	-15.0	
47.50	3.5	55.3	0.0	

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]	A(h) [kN/m]
51.80	0.0	0.0	0.0	
51.77	0.0	0.0	0.0	
51.10	0.0	0.0	0.0	
51.05	0.0	-7.5	-0.2	
50.79	0.0	-47.3	-7.4	
50.70	0.0	-60.8	-12.1	
50.44	0.0	-62.2	-28.4	
49.80	0.0	-68.4	-69.7	
49.70	0.0	-69.7	-76.6	-104.9
49.70	0.0	35.1	-76.6	
49.50	0.0	32.5	-69.8	
49.10	0.4	29.2	-57.6	
48.80	1.3	29.1	-48.9	
47.80	7.6	43.8	-14.4	
47.50	10.5	52.7	0.0	

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $\beta \cdot D \cdot EI = 3.319E+4 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-10.4
51.77	-10.2
51.10	-7.4
51.05	-7.2
50.79	-6.2
50.70	-5.8
50.44	-4.7
49.80	-2.5
49.70	-2.2
49.50	-1.7
49.10	-0.9

48.80 -0.5  
47.80 0.0  
47.50 0.0

#### Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $\beta_D \cdot EI = 3.319E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-10.2
51.77	-10.1
51.10	-7.3
51.05	-7.1
50.79	-6.1
50.70	-5.7
50.44	-4.6
49.80	-2.4
49.70	-2.1
49.50	-1.6
49.10	-0.9
48.80	-0.5
47.80	0.0
47.50	0.0

#### Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

$\phi_{i,[g+q],k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 47.500 m

$\phi_{i,w,k} = 0.00000000$

Theoretischer Fußpunkt = 47.500 m

#### Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 104.1 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$V_{Ed} = 95.7 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} = -3.9 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: PU 12-10/10 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm} / b_f = 263.0 \text{ mm}$

$t_f = 10.0 \text{ mm} / t_w = 10.0 \text{ mm} / A = 148.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 360.0 \text{ mm} / \alpha = 50.4^\circ$

$W_{pl} = 1535.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 22580.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 26.6$

Querschnittsklasse: 2

$\beta_B = 0.800 / \beta_D = 0.700$

$f_{y,red} = 240.0 \text{ N}/\text{mm}^2$

$M_{c,Rd} = 294.7 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$V_{pl,Rd} = 808.3 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.118$ )

$N_{pl,Rd} = 3552.0 \text{ kN}/\text{m}$  ( $\mu = 0.001$ )

Querkraft-Interaktion

$V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 294.7 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.353$

Knicklänge = 4.20 m

$N_{cr} = 18571.3 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} / N_{cr} = 0.000 \leq 0.04$

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.353$

max  $M_d = 104.1 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 49.70 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -3.9 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $Q_d = -95.7 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $w_k = 2.2 \text{ mm}$

max  $Q_d = 95.7 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$  (Tiefe = 49.70 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -3.9 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = -104.1 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 2.9 \text{ mm}$

max  $N_d = 5.1 \text{ kN}/\text{m}$  (Tiefe = 49.10 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = 38.9 \text{ kN}/\text{m}$ ;  $M_d = -78.3 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ ;  $w_k = 1.2 \text{ mm}$

max  $w_k = 10.4$  mm (Tiefe = 51.80 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0$  kN/m;  $Q_d = 0.0$  kN/m;  $M_d = 0.0$  kN·m/m

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %  
Einbindetiefe  $t_g = 2.40$  m  
Profillänge = 4.70 m

#### Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

#### Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) \geq (B_{h,k} - 0.5 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p)$

$G_k = 5.46$  kN/m

$P_{v,k} = 0.00$  kN/m

$E_{av,k} = 5.04$  kN/m ( $E_{ah,k} = 12.91$  kN/m)

$C_{h,k} = 55.26$  kN/m

$B_{v,k} = -13.54$  kN/m

$\delta_p$  [°] = -12.8

$\delta_C$  [°] = 10.7

Summe  $V_k = 8.45$  kN/m (Druck)

#### Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit (Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 12-10/10

Abminderung  $q_{b,k}$  und  $q_{s,k}$  wegen Einbindetiefe  $t_g < 3.00$  m =  $(t_g - 0,50) / 2,50 = 0.760$

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$

$R_{Bv,d} = (59.58 - 1/2 \cdot 55.26) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.40 = 14.26$  kN/m

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$

$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 55.26 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.40 = 7.71$  kN/m

Spitzendruck  $q_{c,m} = 10.00$  MN/m<sup>2</sup>

(gemittelt von 47.46 bis 45.66 m) ==>  $q_{b,k} = 7.60$  MN/m<sup>2</sup>

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0148 \cdot 7.60 \cdot 1000 / 1.40 = 80.34$  kN/m

#### Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
49.50	47.10	20.27	Mittelsand, feinsandig

Mantelfläche (TF + dt1) von 47.50 bis 47.10 m = 1.217 m<sup>2</sup>/m ==>  $R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 9.87 / 1.40 = 7.05$  kN/m

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 109.36$  kN/m

#### Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 7.37 + 6.81 + 0.00 = 14.18$  kN/m

==>  $\mu = V_d / R_d = 14.18 / 109.36 = 0.13$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.29

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 47.10

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

#### Nachweis Aufbruchssicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.500 / 1.350 = 1.111$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.400$

Breite = 0.46 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 32.93 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 14.29$  [kN/m]

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00$  [kN/m]

Grundbruchlast  $P_{g,k} = 896.43$  [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.00$  [°]

Kohäsion  $c_k = 0.00$  [kN/m<sup>2</sup>]

$N_d = 23.177 / N_b = 13.858 / N_c = 35.490$

$\sigma_{\ddot{u}} = 78.307$  [kN/m<sup>2</sup>]

$$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.068$$

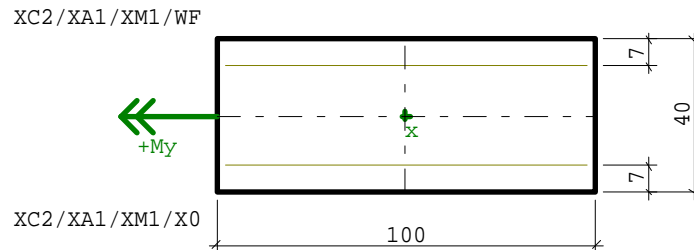
$$\mu_e = [32.93 \cdot 1.35] / [(896.43 + 0.00) / 1.400 + 14.29] = 0.068$$



**Position: Bauwerkssohle Wehr 42**

Rissbreitennachweis B11 02/18 (Frilo R-2018-2)

Maßstab 1 : 20



RISSBREITENNACHWEIS nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
Betonstahl	B500B
Beton	C 30/37
	t >= 28d (normale Erh.)
Betonzugfestigkeit	f <sub>cteff</sub> = 2.90 N/mm <sup>2</sup>
E-Modul Beton	αE = 1.00 (Zuschlagstoffe)
	E <sub>cm</sub> = 33000 N/mm <sup>2</sup>

**Kriechzahl**

Luftfeuchte LU = 50 % Zement Typ N,R  
 Belastungsalter t<sub>0</sub> = 8 Tage t = unendlich  
 Kriechzahl ϕ(t<sub>0</sub>,t) = 2.83

**Anforderungen Dauerhaftigkeit:**

	oben	unten
Betonangriff	XA1/XM1/WF	XA1/XM1/X0
Bewehrungskorrosion	XC2	XC2
Mindestbetonklasse	C 30/37	C 30/37
Bügel	d <sub>s,b</sub> = 8 mm	
Längsbewehrung	d <sub>s,l</sub> = 12 mm	d <sub>s,l</sub> = 12 mm
Vorhaltemaß	ΔC <sub>dev</sub> = 15 mm	ΔC <sub>dev</sub> = 15 mm
reduziertes c <sub>min</sub>	>=C 16/20	>=C 16/20
Bügel	c <sub>min,b</sub> = 20 mm	c <sub>min,b</sub> = 20 mm
Betondeckung	c <sub>nom,b</sub> = 35 mm	c <sub>nom,b</sub> = 35 mm
Längsbewehrung	c <sub>min,l</sub> = 20 mm	c <sub>min,l</sub> = 20 mm
Betondeckung	c <sub>nom,l</sub> = 43 mm *1	c <sub>nom,l</sub> = 43 mm *1
Verlegemaß Bügel	c <sub>v,b</sub> = 35 mm	c <sub>v,b</sub> = 35 mm
zul. Rissbreite	w <sub>max</sub> = 0.25 mm *3	w <sub>max</sub> = 0.25 mm *3

\*1: mit c<sub>min,b</sub>

\*3: nutzerdef.

**QUERSCHNITT**

Rechteck	bw =	100.0 cm	h =	40.0 cm
Bewehrung	dob =	7.0 cm	dun =	7.0 cm

**NACHWEIS RISSBREITE**

Mindestbewehrung, zentrischer Zwang:

kein innerer Zwang, Dauerlast  $\beta_t = 0.4$

Risschnittkräfte: vorgegebene Längskraft  $N_{cr} = 0.00 \text{ kN}$

$f_{cteff} = 3.00 \text{ N/mm}^2$  (Mindestwert)

Teilquer- ds zul.wk  $\sigma_{sheffAs751akckAs751b As71}$

schnitt- [mm] [mm][N/mm<sup>2</sup>] [cm] [cm<sup>2</sup>] [cm<sup>2</sup>][cm<sup>2</sup>]

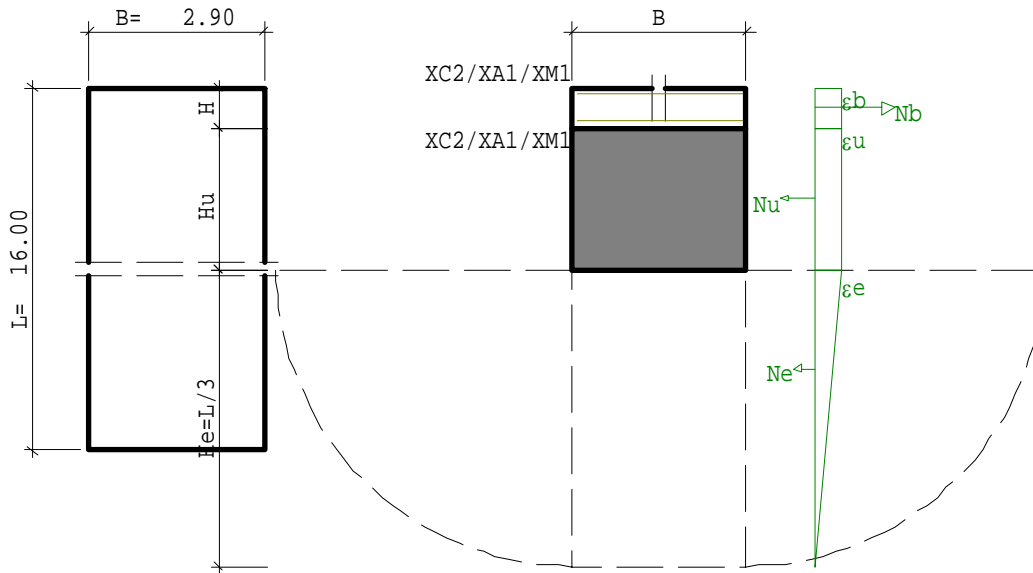
Steg ob+un 12 0.25 273.9 18.0 39.44 1.00 1.00 24.00 42.66

maßgebend:  $A_s = 39.44 \text{ cm}^2$ , je Seite  $A_s = 19.72 \text{ cm}^2$

**Position: BW-sohle wehr\_42**

Rissbreitennachweis B11 02/18 (Frilo R-2018-2)

Maßstab 1 : 75



RISSBREITENNACHWEIS nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12			
Betonstahl	B500B		
Beton	C 30/37		
	t= 3 ... 5d (normale Erh.)		
Betonzugfestigkeit	kFct(t)= 0.65 (nutzerdef.)	fcteff= 1.88 N/mm2	
E-Modul Beton	αE =1.00(Zuschlagstoffe)		
	kEc(t) = 0.90 (nutzerdef.)	Ecm= 29700 N/mm2	

KRIECHZAHL	
junger Beton	ϕt=0.36(nutzerdefiniert)

**Anforderungen Dauerhaftigkeit:**

	oben	unten
Betonangriff	XA1/XM1/WF	XA1/XM1/X0
Bewehrungskorrosion	XC2	XC2
Mindestbetonklasse	C 30/37	C 30/37
Bügel	d <sub>s,b</sub> = 16 mm	
Längsbewehrung	d <sub>s,l</sub> = 16 mm	d <sub>s,l</sub> = 16 mm
Vorhaltemaß	ΔC <sub>dev</sub> = 15 mm	ΔC <sub>dev</sub> = 15 mm
reduziertes c <sub>min</sub>	>=C 16/20	>=C 16/20
Bügel	c <sub>min,b</sub> = 20 mm	c <sub>min,b</sub> = 20 mm
Betondeckung	c <sub>nom,b</sub> = 35 mm	c <sub>nom,b</sub> = 35 mm
Längsbewehrung	c <sub>min,l</sub> = 20 mm	c <sub>min,l</sub> = 20 mm
Betondeckung	c <sub>nom,l</sub> = 51 mm *1	c <sub>nom,l</sub> = 51 mm *1
Verlegemaß Bügel	c <sub>v,b</sub> = 35 mm	c <sub>v,b</sub> = 35 mm
zul. Rissbreite	w <sub>max</sub> = 0.25 mm *3	w <sub>max</sub> = 0.25 mm *3

\*1: mit c<sub>min,b</sub>  
\*3: nutzerdef.

**BODENPLATTE**

Abmessungen	B = 2.90 m	H = 0.40 m
	L = 16.00 m	
Bewehrung	dob = 7.0 cm	dun = 7.0 cm

**ZWANG AUS HYDRATATION (FRÜHER ZWANG)**

Es wird die in Richtung der Seite L verlaufende Zwangskraft bestimmt.

Verfahren nach DAfStb Heft 466

Bodenplatte:

$\Delta T = -25.00\text{K}$                        $\alpha T = 10.00 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$

$\epsilon_b = -0.250 \text{ o/oo}$     $C_b = 1.1880 \text{ e} + 05 \text{ kN/cm}$

Baugrund:

$E_e = 50.00 \text{ MN/m}^2$                        $C_e = 1.1313 \text{ e} + 06 \text{ KN}$

Unterbeton: C 20/25

$\alpha E = 1.00 \text{ kEc}(t) = 0.90 \text{ Ecm} = 27000 \text{ N/mm}^2$

$H_u = 1.40 \text{ m}$                        $C_u = 3.7800 \text{ e} + 05 \text{ kN/cm}$        $\epsilon_s = 0.000 \text{ o/oo}$

$N_{zw} = 2265.32 \text{ kN/m}$

Zwang aus Bodenreibung (oberer Grenzwert):

$\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$                        $q = 0.00 \text{ kN/m}^2$

$\text{cal } \phi = 32.5 \text{ Grd}$                        $\mu = 0.56$

$\gamma_R = 1.35$                        $\mu_d = 0.75$

$N_{zw} = 60.20 \text{ kN/m}$

maßgebend:  $N_{zw} = 60.20 \text{ kN/m}$

**NACHWEIS RISSBREITE**

$w_{\max} = 0.25 \text{ mm}$  (nutzerdef.)                       $d_s = 16.0 \text{ mm}$

Zwang aus Hydratation (Dauerlast  $kt = 0.4$ )

Biegezwang                       $N_x = 60.20 \text{ kN/m}$        $M_y = 46.19 \text{ kNm/m}$

gewählt:                       $A_{so} = 0.00 \text{ cm}^2/\text{m}$

Dehnung mit  $\phi = 0.36$        $\epsilon_1 = -0.20 \text{ o/oo}$                        $\epsilon_2 = 1.18 \text{ o/oo}$

Druckzonenhöhe                       $X = 57.3 \text{ mm}$

$\epsilon_{2s} = 0.94 \text{ o/oo}$     $F_s = 183.6 \text{ kN/m}$

$h_{eff} = 11.4 \text{ cm}$        $F_{cre} = 215.1 \text{ kN/m}$

erforderlich:                       $A_{su} = 9.77 \text{ cm}^2/\text{m}$

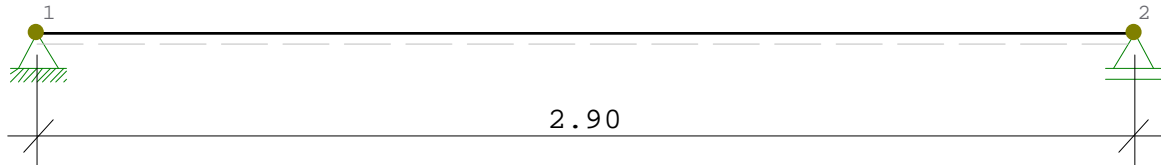
Die Bewehrung ist über die Seite B zu verteilen.

Es ist zu prüfen, ob ein Nachweis für späten Zwang maßgebend wird.

**Position: Bauwerkssohle - Aussteifung Wehr 42**

Ebenes Stabwerk ESK1 02/2018 (Frilo R-2018-2)

System M 1 : 20



BAUSTOFF	: C30/37	E-Modul	E = 3300.00 kN/cm <sup>2</sup>	γM=1.50
		spez. Gewicht	: 2.50 kg/dm <sup>3</sup>	

Q.Nr	Mat.Nr	Trägh.mom. I (cm <sup>4</sup> )	Fläche A (cm <sup>2</sup> )
1	1	100x40 ( 533333	4000.0

PLASTISCHE SCHNITTGRÖßEN						
Nr	Mat	NPl (kN)	Mplz (kNm)	Qplz (kN)	Mply (kNm)	Qply (kN)
1	1	200000	20000	57735	50000	57735

QUERSCHNITTSABMESSUNGEN in (cm)				
Q.Nr.	Mat.Nr	b	d	Faktor
1	1	100.0	40.0	1.00
Querschnitte 1 : Schubbemessung wie Platte				

BEWEHRUNGSLAGE: d1 = 7.0 cm d2 = 7.0 cm

SYSTEM Stab Nr.	Projektionen Lx (m) Lz (m)		Querschnitt Q1 Q2		Knoten Ende 1 Ende 2	
	1	2.900	0.000	1	1	1.0

AUFLAGER : -1 = starr , 0 = frei , > 0 = elastisch (kN/cm , kNcm)			
Knoten	horizontal	vertikal	drehend
1	-1	-1	0
2	0	-1	0

Volumen der Konstruktion	V = 1.160 m <sup>3</sup>
Gewicht der Konstruktion	G = 2900 kg

BELASTUNG Nr. 1 Lastfall: Eigenlast  
 Einwirkung Nr. 99 Ständige Lasten γ = 1.35  
 Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

Eigenlastfaktor in z-Richtung Fak\_g\_z = 1.00

Summe aller äußeren Lasten(kN)		
Gesamt	Fx	Fz
	0.000	29.000

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 1 : Eigenlast	
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)	
1	0.000	14.500		
2		14.500		
Summe :	0.000	29.000		

SCHNITTGRÖSSEN			Th. 1.Ord.	Lastfall 1 : Eigenlast	
Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Q (kN)	N (kN)	M (kNm)
1	1	1	14.50	0.00	0.00
		.25	7.25	0.00	7.88
		.50	0.00	0.00	10.51
		.75	-7.25	0.00	7.88
	1	2	-14.50	0.00	0.00

BELASTUNG Nr. 2 Lastfall: Steife  
Einwirkung Nr. 14 sonstige veränderliche Lasten  $\gamma = 1.50$   
Auflagerkräfte, Schnittgrößen und Verschiebungen für 1-fache Lasten

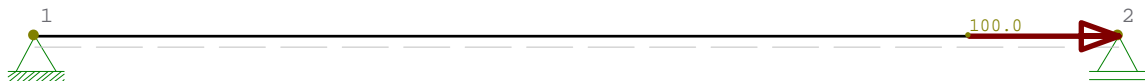
KNOTENLASTEN			
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
2	100.000	0.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)		
Gesamt	Fx	Fz
	100.000	0.000

AUFLAGERKRÄFTE		Th. 1.Ord.	Lastfall 2 : Steife	
Knoten Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)	
1	100.000	0.000		
2		0.000		
Summe :	100.000	0.000		

SCHNITTGRÖSSEN			Th. 1.Ord.	Lastfall 2 : Steife		
Stab Q	Knoten		Q	N	M	
Nr.	Nr.	Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)	
1	1	1	0.00	100.00	0.00	
		.25	0.00	100.00	0.00	
		.50	0.00	100.00	0.00	
		.75	0.00	100.00	0.00	
	1	2	0.00	100.00	0.00	

Belastung Lastfall Nr. 2 M 1 : 20



**LASTFALL-ÜBERLAGERUNG Nr. 1**

Einwirkungen:

Nr	Kl	Bezeichnung	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\gamma$
g		Ständige Lasten	1,00	1,00	1,00	1,35
N	8	sonstige veränderliche Lasten	0,80	0,70	0,50	1,50

Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN 1055-100 9.4.4 (14)

**ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Aussteifung**

Lastfall Nr.	1	:	*	1.35	(EWG99)	Eigenlast
	Nr.	2	:	*	1.50	(EWG14) Steife

**AUFLAGERKRÄFTE : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Aussteifung**

Knoten	Kraft H	Kraft V	Moment M
Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)
1	150.000	19.575	
2		19.575	
Summe :	150.000	39.150	

**SCHNITTGRÖSSEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Aussteifung**

Stab Q	Knoten		Q	N	M
Nr.	Nr.	Nr.	(kN)	(kN)	(kNm)
1	1	1	19.58	150.00	0.00
		.25	9.79	150.00	10.64
		.50	0.00	150.00	14.19
		.75	-9.79	150.00	10.64
	1	2	-19.58	150.00	0.00

Baustoff C30/37 B500B DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12  
SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Aussteifu

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved Nr.	(kN)	Ned (kN)	Med (kNm)	Asu (cm <sup>2</sup> )	Aso (cm <sup>2</sup> )	AsBu (cm <sup>2</sup> /m)
1	1	1	19.6	150.0	0.0	1.6	1.6	
		0.250	9.8	150.0	10.6	7.5	0.7	
		0.500	0.0	150.0	14.2	7.5	0.4	
		0.750	-9.8	150.0	10.6	7.5	0.7	
	1	2	-19.6	150.0	0.0	1.6	1.6	

SCHNITTGRÖSSEN+BEMESSUNG : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Aussteifu

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved Nr.	(kN)	AsZ (cm <sup>2</sup> )	VRd,c (kN)	VRd,max (kN)	Theta (Grad)	AsBu (cm <sup>2</sup> /m)
1	1	1	19.6	1.6	135.2	994.5	18.4	
		0.250	9.8	7.5	135.2	994.5	18.4	
		0.500	0.0	7.5	135.2	994.5	18.4	
		0.750	-9.8	7.5	135.2	994.5	18.4	
	1	2	-19.6	1.6	135.2	994.5	18.4	

Querschnitte 1 : Schubbemessung wie Platte

VERSCHIEBUNGEN : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Aussteifung

Knoten Nr.	Verschiebung u (cm)	Verschiebung v (cm)	Verdrehung r
1	0.00000	0.00000	0.00008
2	0.00330	0.00000	-0.00008

FELD VERSCHIEBUNGEN (cm) : Th. 1.Ord. ÜBERLAGERUNG Nr. 1 : Aussteifu

Stab Nr	Ende 1 0	x/L =								Ende 2 1
		1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8		
1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	



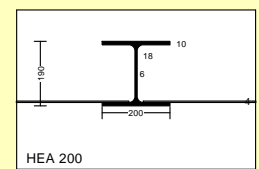
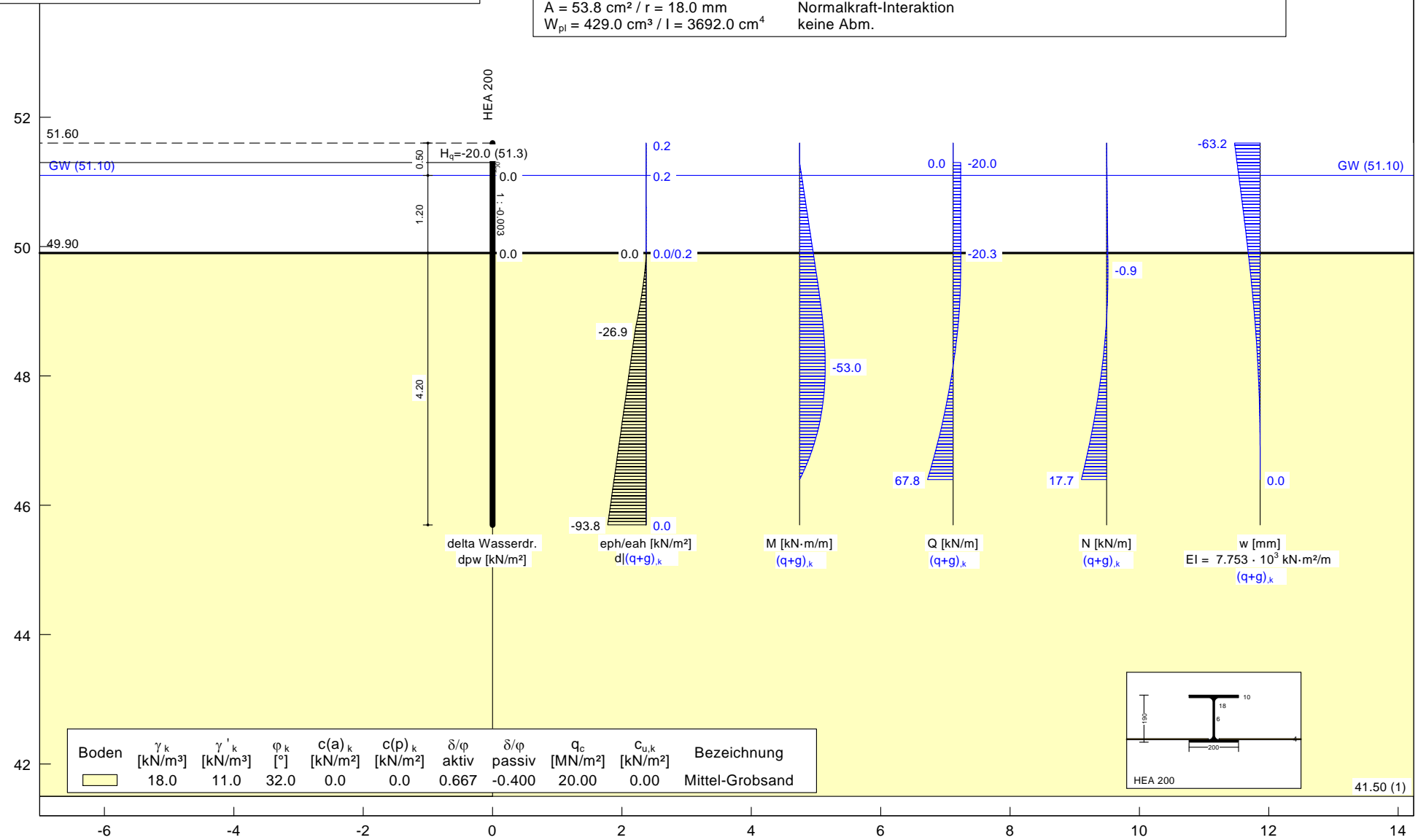
Wehr 42, Befestigungsdalben OW, BS-P.1  
 Norm: EC 7  
 Trägerbohlwand  
 HEA 200  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert mit  $\varphi = 40^\circ$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Räumliche Wirkung passiver Erddruck  
 nach: Weißenbach  
 Bohlträgerbreite = 0.200 m

Bohlträgerabstand = 1.00 m  
 Erf. Profillänge = 5.90 m  
 Erf. Einbindetiefe = 4.20 m  
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{EP} = 1.40$   
 Anpassungsfaktor  $E_p = 0.80$   
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.78$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.01

Bemessungswerte:  
 Nachweis Bohlträger  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 79.4 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{Ed} = 0.4 \text{ kN}$   
 $N_{Ed} = 4.9 \text{ kN}$  (Zug)  
 Profil: HEA 200 / Stahlgüte: S 235  
 $b = 200.0 \text{ mm}$  /  $h = 190.0 \text{ mm}$   
 $t_f = 10.0 \text{ mm}$  /  $t_w = 6.5 \text{ mm}$   
 $A = 53.8 \text{ cm}^2$  /  $r = 18.0 \text{ mm}$   
 $W_{pl} = 429.0 \text{ cm}^3$  /  $I = 3692.0 \text{ cm}^4$

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 1.000$   
 $c / t = 20.6$  (St.) / 7.9 (Fl.)  
 Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)  
 $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{pl,Rd} = 100.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{pl,Rd} = 244.9 \text{ kN}$  ( $\mu = 0.002$ )  
 $N_{pl,Rd} = 1264.3 \text{ kN}$  ( $\mu = 0.004$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{pl,Rd} = 100.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0.787$   
 $N_{Ed} > 0.0$  (Zug)  
 -> Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.787$   
 Nachweis der Holz-Ausfachung:  
 max  $e a_{hd} = 0.3 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma_{r,d} = 1.00 \text{ kN/cm}^2$   
 optimale Ausfachungsdicke = 0.4 cm



41.50 (1)

## Trägerbohlwand

=====

### Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 42, Befestigungsdalben OW, BS-P.1

#### Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 51.60 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 49.90 m

Räumliche Wirkung passiver Erddruck

nach: Weißenbach

Bohlträgerbreite = 0.200 m

Bohlträgerabstand = 1.00 m

Grundwasserstand (rechts) = 51.10 m

Grundwasserstand (links) = 51.10 m

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

#### Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$

$\gamma_{Ep} = 1.40$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 0.80

#### Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	a	x	y	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]
1	0.01	0.01	-0.50	-1.67	1.70	0.51	0.00	nein
2	0.01	0.02	-1.20	-5.20	5.24	1.21	0.00	nein

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)

Horizontalkräfte (nach rechts positiv)

Vertikalkräfte (nach unten positiv)

Nr.	Tiefe	M,g,k	M,q,k	H,g,k	H,q,k	V,g,k	V,q,k
[-]	[m]	[kN·m/m]	[kN·m/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	51.30	0.00	0.00	0.00	-20.00	0.00	0.00

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 133.88 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -30.42 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 133.88 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 1.49 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 132.39 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 0.00 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 67.78 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 0.73 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 67.05 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

## Bodenkennwerte

Schicht	UK	$\gamma_k$	$\gamma'_{k}$	$\varphi_k$	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ $\varphi$	d(p)/ $\varphi$	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	41.50	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.400	20.00	0.00

## Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert mit  $\varphi = 40^\circ$

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion  $\leq 0.0$ .

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	$k_{agh}$	$k_{ach}$	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$	kagh(40°)
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	41.50	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17	0.179

## Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	Wasserdruck
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	oben[kN/m <sup>2</sup> ]	unten[kN/m <sup>2</sup> ]
51.600	51.567	0.000	0.151	0.00	0.00
51.567	51.300	0.151	0.175	0.00	0.00
51.300	51.100	0.175	0.193	0.00	0.00
51.100	51.057	0.193	0.120	0.00	0.00
51.057	50.553	0.120	0.139	0.00	0.00
50.553	49.900	0.139	0.155	0.00	0.00
49.900	49.845	0.000	0.000	0.00	0.00
49.845	49.595	0.000	0.000	0.00	0.00
49.595	48.596	0.000	0.000	0.00	0.00
48.596	48.146	0.000	0.000	0.00	0.00
48.146	47.596	0.000	0.000	0.00	0.00
47.596	46.597	0.000	0.000	0.00	0.00
46.597	46.397	0.000	0.000	0.00	0.00
46.397	41.500	0.000	0.000	0.00	0.00

## Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	$k_{pgh}$	$k_{pch}$	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.50	4.742	5.069	32.000	-12.80	21.05

## Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 0.80

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
50.55	49.90	0.00	0.00
49.90	49.84	0.00	-0.27
49.84	49.59	-0.27	-3.46
49.59	48.60	-3.46	-29.13
48.60	48.15	-29.13	-39.17
48.15	47.60	-39.17	-51.44
47.60	46.60	-51.44	-73.75
46.60	46.40	-73.75	-78.22
46.40	41.50	-78.22	-187.55

## Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
51.60	0.00	0.42
51.57	0.15	0.48
51.30	0.18	0.49
51.10	0.19	0.50
51.06	0.12	0.47
50.55	0.14	0.48
49.90	0.15	0.48
49.90	0.00	0.42
49.84	-0.18	0.38
49.59	-2.28	-0.09
48.60	-19.15	-3.93
48.15	-25.75	-5.43
47.60	-33.82	-7.26
46.60	-48.49	-10.60

46.40 -51.43 -11.26

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
51.60	0.0	0.0	0.0
51.57	0.0	0.0	0.0
51.30	-0.1	0.0	0.0
51.30	-0.1	-20.0	0.0
51.10	-0.2	-20.1	-4.0
51.06	-0.3	-20.1	-4.9
50.55	-0.5	-20.2	-15.0
49.90	-0.8	-20.3	-28.2
49.84	-0.8	-20.2	-29.3
49.59	-0.9	-20.0	-34.4
48.60	1.0	-9.8	-50.7
48.15	3.1	0.3	-53.0
47.60	6.6	16.7	-48.5
46.60	15.5	57.8	-12.5
46.40	17.7	67.8	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
51.60	0.0	0.0	0.0
51.57	0.0	0.0	0.0
51.30	0.0	0.0	0.0
51.10	0.0	0.0	0.0
51.06	0.0	0.0	0.0
50.55	0.0	0.0	0.0
49.90	0.0	0.0	0.0
49.84	0.0	0.0	0.0
49.59	0.0	0.0	0.0
48.60	0.0	0.0	0.0
48.15	0.0	0.0	0.0
47.60	0.0	0.0	0.0
46.60	0.0	0.0	0.0
46.40	0.0	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 7.753E+3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.60	-63.2
51.57	-62.5
51.30	-57.0
51.10	-52.9
51.06	-52.0
50.55	-41.8
49.90	-29.4
49.84	-28.4
49.59	-24.0
48.60	-9.8
48.15	-5.5
47.60	-2.0
46.60	0.0
46.40	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $EI = 7.753E+3 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.60	0.0
51.57	0.0
51.30	0.0
51.10	0.0
51.06	0.0
50.55	0.0
49.90	0.0
49.84	0.0
49.59	0.0

48.60 0.0  
48.15 0.0  
47.60 0.0  
46.60 0.0  
46.40 0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]  
phi,[g+q],k: 0.00000000  
Theoretischer Fußpunkt = 46.397 m  
phi,w,k: 0.00000000  
Theoretischer Fußpunkt = 46.397 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 79.4 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{Ed} = 0.4 \text{ kN}$   
 $N_{Ed} = 4.9 \text{ kN}$  (Zug)  
Profil: HEA 200 / Stahlgüte: S 235  
 $b = 200.0 \text{ mm}$  /  $h = 190.0 \text{ mm}$   
 $t_f = 10.0 \text{ mm}$  /  $t_w = 6.5 \text{ mm}$   
 $A = 53.8 \text{ cm}^2$  /  $r = 18.0 \text{ mm}$   
 $W_{pl} = 429.0 \text{ cm}^3$  /  $I = 3692.0 \text{ cm}^4$   
 $\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 1.000$   
 $c / t = 20.6$  (St.) /  $7.9$  (Fl.)  
Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)  
 $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{pl,Rd} = 100.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{pl,Rd} = 244.9 \text{ kN}$  ( $\mu = 0.002$ )  
 $N_{pl,Rd} = 1264.3 \text{ kN}$  ( $\mu = 0.004$ )  
Querkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{pl,Rd} = 100.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0.787$   
 $N_{Ed} > 0.0$  (Zug)  
-> Kein Knicknachweis  
 $\max \mu = 0.787$

Nachweis der Holz-Ausfachung:  
 $\max e_{ah}(d) = 0.3 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma(r,d) = 1.00 \text{ kN/cm}^2$   
optimale Ausfachungsdicke = 0.4 cm

$\max M_d = 79.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 48.15 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 4.9 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.4 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 5.5 \text{ mm}$

$\max Q_d = 101.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 46.40 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 26.9 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

$\max N_d = 26.9 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 46.40 m)  
Zugehörige Werte:  $Q_d = 101.6 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

$\max w_k = 63.2 \text{ mm}$  (Tiefe = 51.60 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %  
Einbindetiefe  $t_g = 4.20 \text{ m}$   
Profillänge = 5.90 m

Nachweis Summe H  
 $E_{ph,d} = 337.40 \text{ kN/m}$   
( $E_{ph,d}$  mit Wandreibungswinkel =  $-\varphi$  ermittelt)  
( $E_{ph,d}$  berechnet mit Anpassungsfaktor von: 1.000)  
 $E_{ah,d} = 23.35 \text{ kN/m}$   
 $B_{h,d} = 137.00 \text{ kN/m}$   
 $E_{ah,d} + B_{h,d} \leq E_{ph,d}$  (Nachweis OK)  
 $\mu = (E_{ah,d} + B_{h,d}) / E_{ph,d}$

$$\mu = (23.35 + 137.00) / 337.40$$

$$\mu = 160.34 / 337.40 = 0.48$$

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Bei Trägerbohlwänden berechnet sich  $E_{pv}$  ( $B_v$ ) aus dem Reibungs- und dem Kohäsionsanteil unterschiedlich. Der Reibungsanteil wird dabei nur vor dem Bohlträger angesetzt. Für  $C_h$  und  $C_v$  erfolgt eine analoge Annahme.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) \geq B_{v,k}$

$$G_k = 2.49 \text{ kN}$$

$$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN}$$

$$E_{av,k} = 0.10 \text{ kN} \quad (E_{ah,k} = 0.24 \text{ kN})$$

$$C_{h,k} = 13.56 \text{ kN}$$

$$B_{v,k} = -4.00 \text{ kN}$$

$$\delta_C [^\circ] = 10.7$$

$$\text{Summe } V_k = 1.14 \text{ kN (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EA Pfähle)

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

Profil: HEA 200

$$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Bv,d} = (17.61 - 1/2 \cdot 13.56) \cdot \tan(12.8^\circ) / 1.40 = 1.76 \text{ kN}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 13.56 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.40 = 1.89 \text{ kN}$$

Verhältnisswert (min, max) = 0.00

Spitzendruck  $q_{c,m} = 20.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 45.89 bis 44.94 m)  $\implies q_{b,k} = 8.18 \text{ MN/m}^2$

$$R_{b,d} = \eta(b) \cdot A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.480 \cdot 0.0380 \cdot 8.18 \cdot 1000 / 1.40 = 106.51 \text{ kN}$$

Reduktion Spitzendruck nach EA-Pfähle mit  $\eta(b) = 0.480$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$	Bezeichnung
49.90	45.70	110.00	Mittel-Grobsand

Mantelfläche bis 45.70 m =  $0.727 \text{ m}^2/\text{m} \implies R_{s1,d}$

$$R_{s1,d} = \eta(s) \cdot R_{s1,k} / \gamma_{qs,k} = 0.600 \cdot 336.17 / 1.40 = 144.07 \text{ kN}$$

Reduktion Mantelreibung nach EA-Pfähle mit  $\eta(s) = 0.600$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s1,d} = 254.23 \text{ kN}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 3.37 + 0.13 + 0.00 = 3.49 \text{ kN}$$

$$\implies \mu = V_d / R_d = 3.49 / 254.23 = 0.01$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.500 / 1.350 = 1.111$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.400$

Breite = 0.34 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 30.28 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 21.16 \text{ [kN/m]}$

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$

Grundbruchlast  $P_{g,k} = 927.86 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.00 [^\circ]$

Kohäsion  $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2]$

$N_d = 23.177 / N_p = 13.858 / N_c = 35.490$

$\sigma_{\bar{u}} = 113.478 \text{ [kN/m}^2]$

$$\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.060$$

$$\text{mue} = [30.28 \cdot 1.35] / [(927.86 + 0.00) / 1.400 + 21.16] = 0.060$$

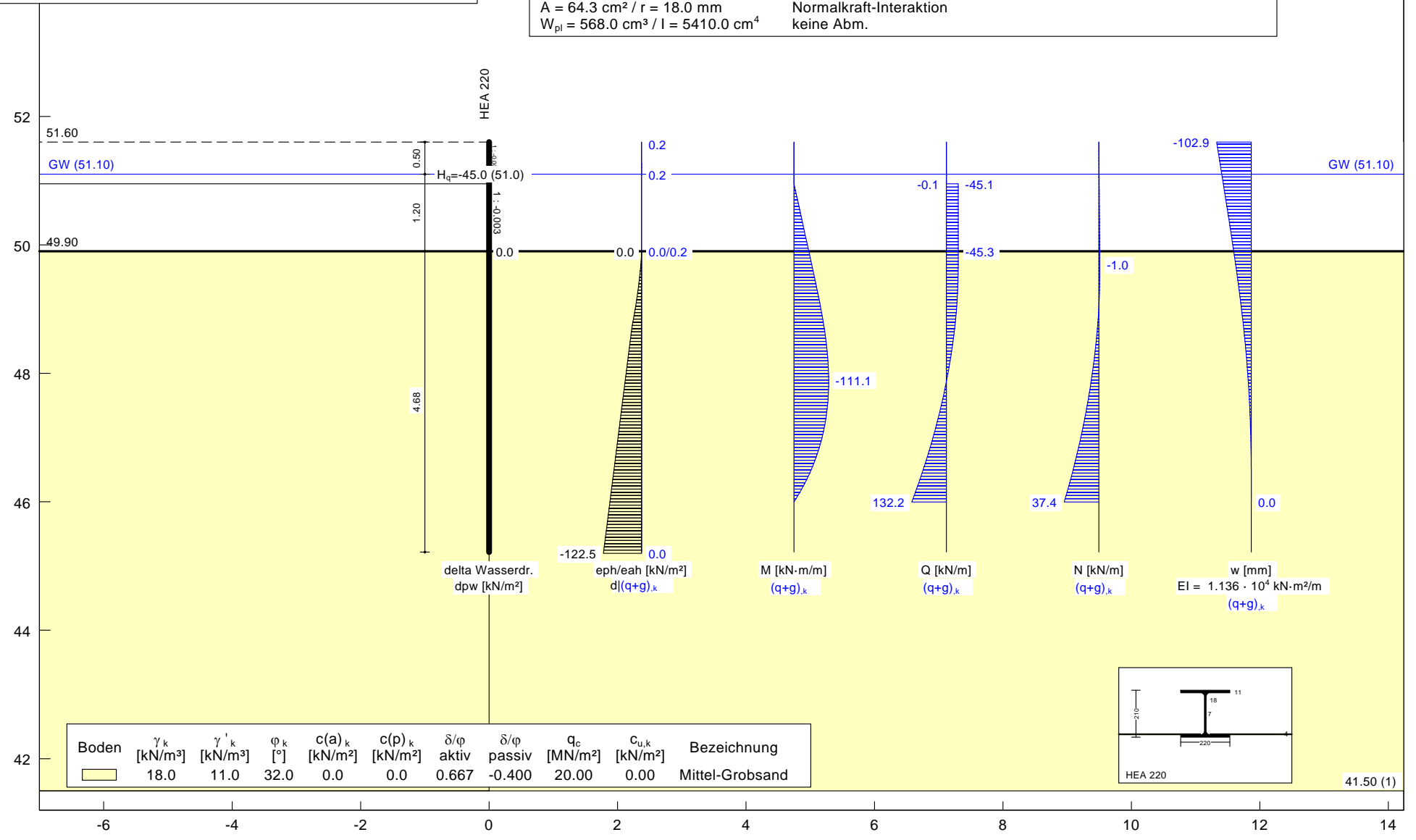
Wehr 42, Befestigungsdalben OW, BS-A-1  
 Norm: EC 7  
 Trägerbohlwand  
 HEA 220  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert mit  $\varphi = 40^\circ$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Räumliche Wirkung passiver Erddruck  
 nach: Weißenbach  
 Bohlträgerbreite = 0.200 m

Bohlträgerabstand = 1.00 m  
 Erf. Profillänge = 6.38 m  
 Erf. Einbindetiefe = 4.68 m  
 $\gamma_G = 1.10$   
 $\gamma_Q = 1.10$   
 $\gamma_{EP} = 1.20$   
 Anpassungsfaktor  $E_p = 0.80$   
 mob.  $E_p$  erfüllt /  $\mu = 0.97$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.01

Bemessungswerte:  
 Nachweis Bohlträger  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 122.2$  kN·m  
 $V_{Ed} = 1.0$  kN  
 $N_{Ed} = 8.9$  kN (Zug)  
 Profil: HEA 220 / Stahlgüte: S 355  
 $b = 220.0$  mm /  $h = 210.0$  mm  
 $t_f = 11.0$  mm /  $t_w = 7.0$  mm  
 $A = 64.3$  cm<sup>2</sup> /  $r = 18.0$  mm  
 $W_{pl} = 568.0$  cm<sup>3</sup> /  $I = 5410.0$  cm<sup>4</sup>

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.814$   
 $c / t = 21.7$  (St.) / 8.0 (Fl.)  
 Klasse: 2 (St.: 1 Fl.: 2)  
 $f_y = 355.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{pl,Rd} = 201.6$  kN·m  
 $V_{pl,Rd} = 422.8$  kN ( $\mu = 0.002$ )  
 $N_{pl,Rd} = 2282.7$  kN ( $\mu = 0.004$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{pl,Rd} = 201.6$  kN·m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0.606$   
 $N_{Ed} > 0.0$  (Zug)  
 -> Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.606$   
 Nachweis der Holz-Ausfachung:  
 max  $e a_{hd} = 0.2$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\sigma_{r,d} = 1.00$  kN/cm<sup>2</sup>  
 optimale Ausfachungsdicke = 0.4 cm



## Trägerbohlwand

=====

### Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 42, Befestigungsdalben OW, BS-A-1

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 51.60 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 49.90 m

Räumliche Wirkung passiver Erddruck

nach: Weißenbach

Bohlträgerbreite = 0.200 m

Bohlträgerabstand = 1.00 m

Grundwasserstand (rechts) = 51.10 m

Grundwasserstand (links) = 51.10 m

Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten

$\gamma_G = 1.10$

$\gamma_Q = 1.10$

$\gamma_{Ep} = 1.20$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 0.80

Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	a	x	y	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]
1	0.01	0.01	-0.50	-1.67	1.70	0.51	0.00	nein
2	0.01	0.02	-1.20	-5.20	5.24	1.21	0.00	nein

Der Einfluss von Aktivbermen auf den aktiven Erddruck wird gemäß den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" berechnet.

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)

Horizontalkräfte (nach rechts positiv)

Vertikalkräfte (nach unten positiv)

Nr.	Tiefe	M,g,k	M,q,k	H,g,k	H,q,k	V,g,k	V,q,k
[-]	[m]	[kN·m/m]	[kN·m/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	50.95	0.00	0.00	0.00	-45.00	0.00	0.00

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

$E_{ph,d} = 194.75 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -44.25 \text{ kN/m}$ )

Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$

$B_{h(g+q),d} = 194.75 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 1.04 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 193.71 \text{ kN/m}$

$B_{h,w,d} = 0.00 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 132.18 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 0.70 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 131.48 \text{ kN/m}$

$C_{h,w,k} = 0.00 \text{ kN/m}$



## Bodenkennwerte

Schicht	UK	$\gamma_k$	$\gamma'_{k}$	$\varphi_k$	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/ $\varphi$	d(p)/ $\varphi$	qc	cu,k
[-]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	41.50	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.400	20.00	0.00

## Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert mit  $\varphi = 40^\circ$

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion  $\leq 0.0$ .

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	$k_{agh}$	$k_{ach}$	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$	kagh(40°)
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	41.50	0.256	0.877	32.000	21.34	57.17	0.179

## Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	Wasserdruck
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	oben[kN/m <sup>2</sup> ]	unten[kN/m <sup>2</sup> ]
51.600	51.567	0.000	0.151	0.00	0.00
51.567	51.100	0.151	0.193	0.00	0.00
51.100	51.057	0.193	0.120	0.00	0.00
51.057	50.950	0.120	0.129	0.00	0.00
50.950	50.550	0.129	0.139	0.00	0.00
50.550	49.900	0.139	0.155	0.00	0.00
49.900	49.845	0.000	0.000	0.00	0.00
49.845	49.595	0.000	0.000	0.00	0.00
49.595	48.596	0.000	0.000	0.00	0.00
48.596	47.896	0.000	0.000	0.00	0.00
47.896	47.596	0.000	0.000	0.00	0.00
47.596	46.597	0.000	0.000	0.00	0.00
46.597	45.997	0.000	0.000	0.00	0.00
45.997	41.500	0.000	0.000	0.00	0.00

## Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	$k_{pgh}$	$k_{pch}$	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	41.50	4.742	5.069	32.000	-12.80	21.05

## Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 0.80

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
50.55	49.90	0.00	0.00
49.90	49.84	0.00	-0.31
49.84	49.59	-0.31	-4.04
49.59	48.60	-4.04	-33.98
48.60	47.90	-33.98	-52.20
47.90	47.60	-52.20	-60.01
47.60	46.60	-60.01	-86.04
46.60	46.00	-86.04	-101.66
46.00	41.50	-101.66	-218.81

## Resultierende Belastung (h)orizontal und (v)ertikal ([g+q],k)

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
51.60	0.00	0.50
51.57	0.15	0.56
51.10	0.19	0.58
51.06	0.12	0.55
50.95	0.13	0.56
50.55	0.14	0.56
49.90	0.15	0.57
49.90	0.00	0.50
49.84	-0.28	0.44
49.59	-3.68	-0.33
48.60	-30.96	-6.53
47.90	-47.56	-10.30
47.60	-54.68	-11.92
46.60	-78.39	-17.31

46.00 -92.62 -20.54

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
51.60	0.0	0.0	0.0
51.57	0.0	0.0	0.0
51.10	-0.3	-0.1	0.0
51.06	-0.3	-0.1	0.0
50.95	-0.4	-0.1	0.0
50.95	-0.4	-45.1	0.0
50.55	-0.6	-45.2	-18.1
49.90	-1.0	-45.3	-47.5
49.84	-1.0	-45.2	-50.0
49.59	-1.0	-44.8	-61.2
48.60	2.2	-28.4	-100.2
47.90	8.1	-0.9	-111.1
47.60	11.4	14.4	-109.1
46.60	26.0	80.9	-63.5
46.00	37.4	132.2	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
51.60	0.0	0.0	0.0
51.57	0.0	0.0	0.0
51.10	0.0	0.0	0.0
51.06	0.0	0.0	0.0
50.95	0.0	0.0	0.0
50.55	0.0	0.0	0.0
49.90	0.0	0.0	0.0
49.84	0.0	0.0	0.0
49.59	0.0	0.0	0.0
48.60	0.0	0.0	0.0
47.90	0.0	0.0	0.0
47.60	0.0	0.0	0.0
46.60	0.0	0.0	0.0
46.00	0.0	0.0	0.0

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 1.136E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.60	-102.9
51.57	-101.9
51.10	-87.8
51.06	-86.5
50.95	-83.3
50.55	-71.2
49.90	-52.2
49.84	-50.7
49.59	-43.9
48.60	-20.6
47.90	-9.3
47.60	-5.9
46.60	-0.4
46.00	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $EI = 1.136E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.60	0.0
51.57	0.0
51.10	0.0
51.06	0.0
50.95	0.0
50.55	0.0
49.90	0.0
49.84	0.0
49.59	0.0

48.60 0.0  
47.90 0.0  
47.60 0.0  
46.60 0.0  
46.00 0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]  
phi,[g+q],k: 0.00000000  
Theoretischer Fußpunkt = 45.997 m  
phi,w,k: 0.00000000  
Theoretischer Fußpunkt = 45.997 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 122.2 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{Ed} = 1.0 \text{ kN}$   
 $N_{Ed} = 8.9 \text{ kN}$  (Zug)  
Profil: HEA 220 / Stahlgüte: S 355  
 $b = 220.0 \text{ mm}$  /  $h = 210.0 \text{ mm}$   
 $t_f = 11.0 \text{ mm}$  /  $t_w = 7.0 \text{ mm}$   
 $A = 64.3 \text{ cm}^2$  /  $r = 18.0 \text{ mm}$   
 $W_{pl} = 568.0 \text{ cm}^3$  /  $I = 5410.0 \text{ cm}^4$   
 $\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.814$   
 $c / t = 21.7$  (St.) /  $8.0$  (Fl.)  
Klasse: 2 (St.: 1 Fl.: 2)  
 $f_y = 355.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{pl,Rd} = 201.6 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{pl,Rd} = 422.8 \text{ kN}$  ( $\mu = 0.002$ )  
 $N_{pl,Rd} = 2282.7 \text{ kN}$  ( $\mu = 0.004$ )  
Querkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{pl,Rd} = 201.6 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0.606$   
 $N_{Ed} > 0.0$  (Zug)  
-> Kein Knicknachweis  
 $\max \mu = 0.606$

Nachweis der Holz-Ausfachung:  
 $\max e_{ah}(d) = 0.2 \text{ kN/m}^2$   
 $\sigma(r,d) = 1.00 \text{ kN/cm}^2$   
optimale Ausfachungsdicke = 0.4 cm

$\max M_d = 122.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 47.90 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 8.9 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -1.0 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 9.3 \text{ mm}$

$\max Q_d = 145.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 46.00 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 41.1 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

$\max N_d = 41.1 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 46.00 m)  
Zugehörige Werte:  $Q_d = 145.4 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

$\max w_k = 102.9 \text{ mm}$  (Tiefe = 51.60 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %  
Einbindetiefe  $t_g = 4.68 \text{ m}$   
Profillänge = 6.38 m

Nachweis Summe H  
 $E_{ph,d} = 488.60 \text{ kN/m}$   
( $E_{ph,d}$  mit Wandreibungswinkel =  $-\varphi$  ermittelt)  
( $E_{ph,d}$  berechnet mit Anpassungsfaktor von: 1.000)  
 $E_{ah,d} = 23.61 \text{ kN/m}$   
 $B_{h,d} = 198.39 \text{ kN/m}$   
 $E_{ah,d} + B_{h,d} \leq E_{ph,d}$  (Nachweis OK)  
 $\mu = (E_{ah,d} + B_{h,d}) / E_{ph,d}$

$$\mu = (23.61 + 198.39) / 488.60$$

$$\mu = 222.00 / 488.60 = 0.45$$

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.

Bei Trägerbohlwänden berechnet sich  $E_{pv}$  ( $B_v$ ) aus dem Reibungs- und dem Kohäsionsanteil unterschiedlich. Der Reibungsanteil wird dabei nur vor dem Bohlträger angesetzt. Für  $C_h$  und  $C_v$  erfolgt eine analoge Annahme.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

Bedingung:  $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) \geq B_{v,k}$

$$G_k = 3.22 \text{ kN}$$

$$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN}$$

$$E_{av,k} = 0.10 \text{ kN} (E_{ah,k} = 0.24 \text{ kN})$$

$$C_{h,k} = 26.44 \text{ kN}$$

$$B_{v,k} = -8.06 \text{ kN}$$

$$\delta_C [^\circ] = 10.7$$

$$\text{Summe } V_k = 0.23 \text{ kN (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EA Pfähle)

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

Profil: HEA 220

$$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_p) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Bv,d} = (35.49 - 1/2 \cdot 26.44) \cdot \tan(12.8^\circ) / 1.20 = 4.22 \text{ kN}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$$

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 26.44 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.20 = 4.30 \text{ kN}$$

Verhältnisswert (min, max) = 0.00

Spitzendruck  $q_{c,m} = 20.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 45.43 bis 44.38 m)  $\implies q_{b,k} = 8.18 \text{ MN/m}^2$

$$R_{b,d} = \eta(b) \cdot A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.480 \cdot 0.0462 \cdot 8.18 \cdot 1000 / 1.40 = 129.49 \text{ kN}$$

Reduktion Spitzendruck nach EA-Pfähle mit  $\eta(b) = 0.480$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$	Bezeichnung
49.90	45.22	110.00	Mittel-Grobsand

Mantelfläche bis 45.22 m =  $0.802 \text{ m}^2/\text{m} \implies R_{s1,d}$

$$R_{s1,d} = \eta(s) \cdot R_{s1,k} / \gamma_{qs,k} = 0.600 \cdot 413.17 / 1.40 = 177.07 \text{ kN}$$

Reduktion Mantelreibung nach EA-Pfähle mit  $\eta(s) = 0.600$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s1,d} = 315.09 \text{ kN}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 3.54 + 0.11 + 0.00 = 3.65 \text{ kN}$$

$$\implies \mu = V_d / R_d = 3.65 / 315.09 = 0.01$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99

Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt

Faktor Verkehrslasten  $f_Q = 1.100 / 1.100 = 1.000$

Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{Gr} = 1.200$

Breite = 0.34 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 33.71 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 24.57 \text{ [kN/m]}$

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00 \text{ [kN/m]}$

Grundbruchlast  $P_{g,k} = 1000.17 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.00 [^\circ]$



Kohäsion  $c_k = 0.00 \text{ [kN/m}^2]$

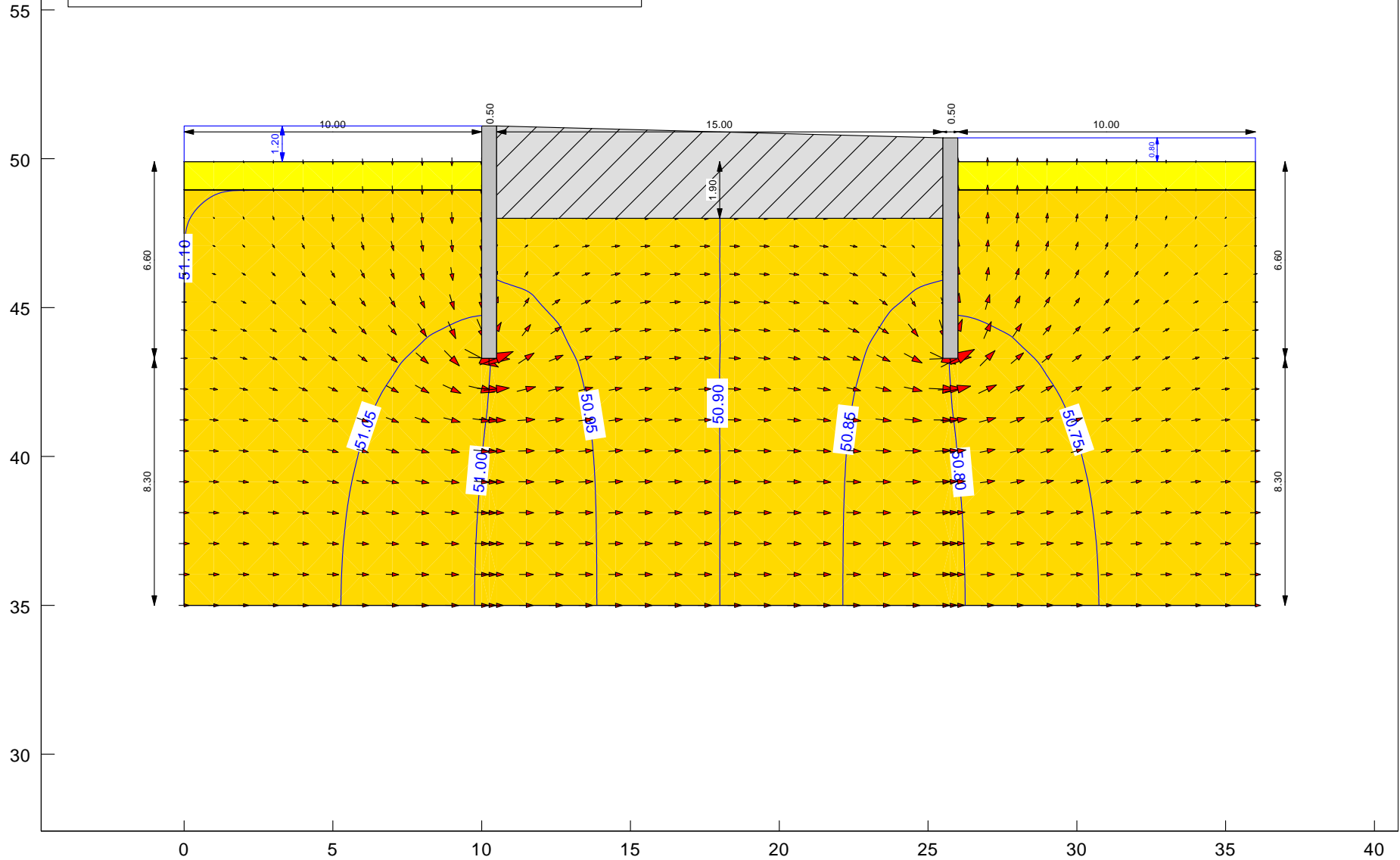
$N_d = 23.177 / N_p = 13.858 / N_c = 35.490$



$\sigma_{\dot{u}} = 122.655 \text{ [kN/m}^2]$

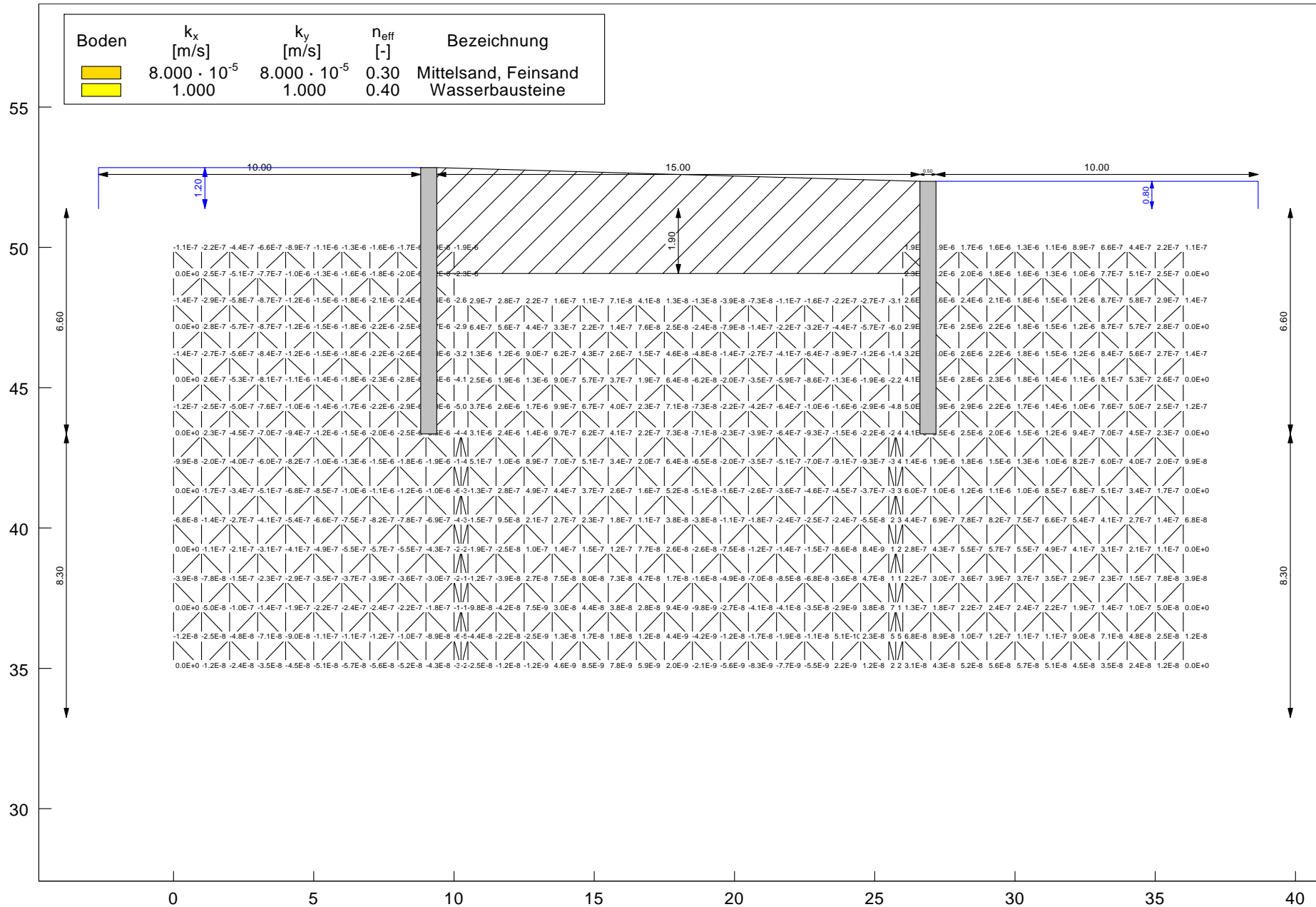
$$\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.043$$


$$\text{mue} = [33.71 \cdot 1.10] / [(1000.17 + 0.00) / 1.200 + 24.57] = 0.043$$

Boden	$k_x$ [m/s]	$k_y$ [m/s]	$n_{eff}$ [-]	Bezeichnung
	$8.000 \cdot 10^{-5}$	$8.000 \cdot 10^{-5}$	0.30	Mittelsand, Feinsand
	1.000	1.000	0.40	Wasserbausteine



Boden	$k_x$ [m/s]	$k_y$ [m/s]	$n_{eff}$ [-]	Bezeichnung
	$8.000 \cdot 10^{-5}$	$8.000 \cdot 10^{-5}$	0.30	Mittelsand, Feinsand
	1.000	1.000	0.40	Wasserbausteine

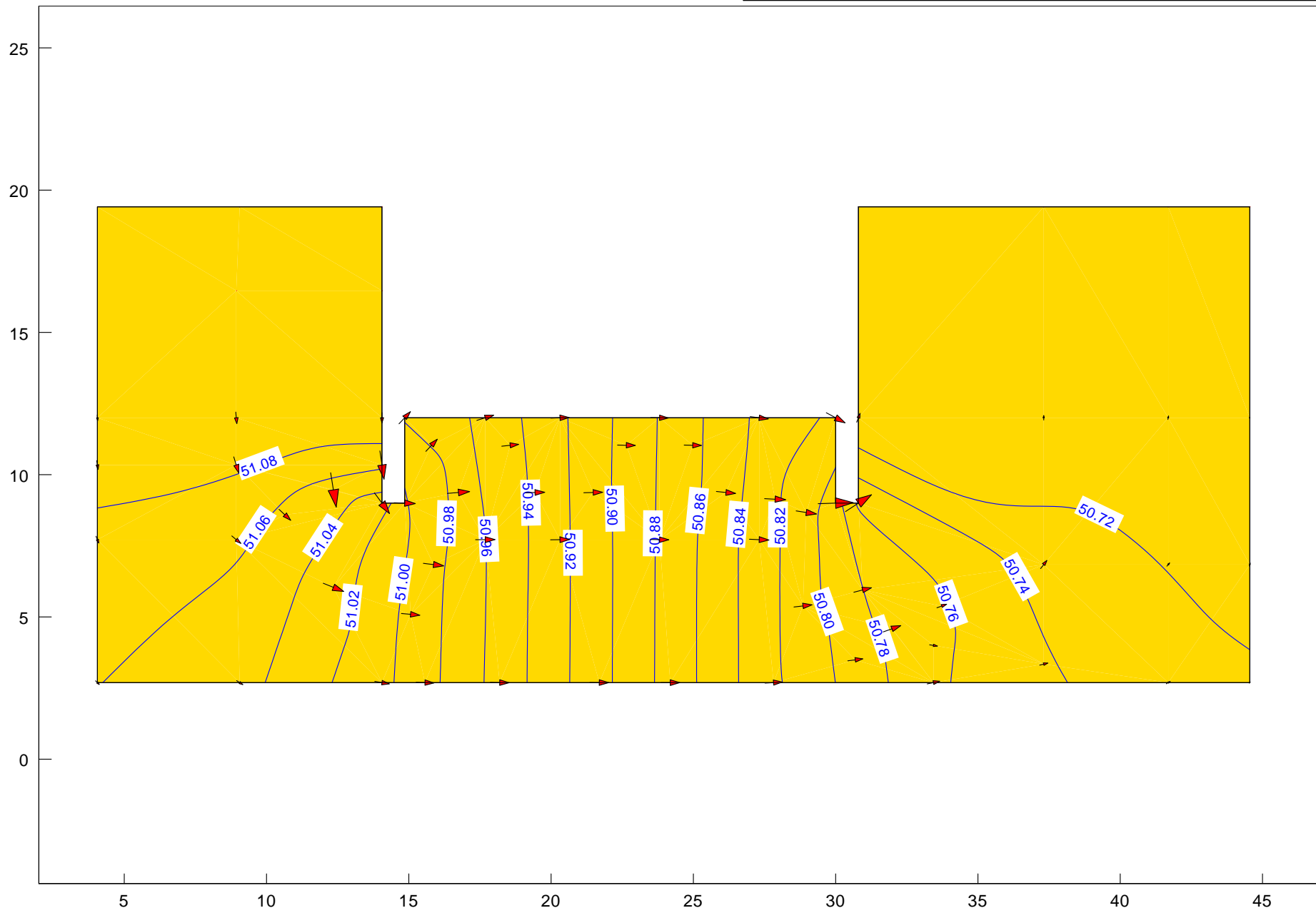



Boden	$k_{hx}$ [m/s]	$k_{hy}$ [m/s]	$n_{eff}$ [-]	Bezeichnung
	$8.000 \cdot 10^{-5}$	$8.000 \cdot 10^{-5}$	0.30	Mittelsand

IHC-IPP-HYDRO-CONSULT-GmbH  
Wehr 42

Geohydraulische Berechnung  
Umströmung

Potential  
Anlage Technische Berechnungen

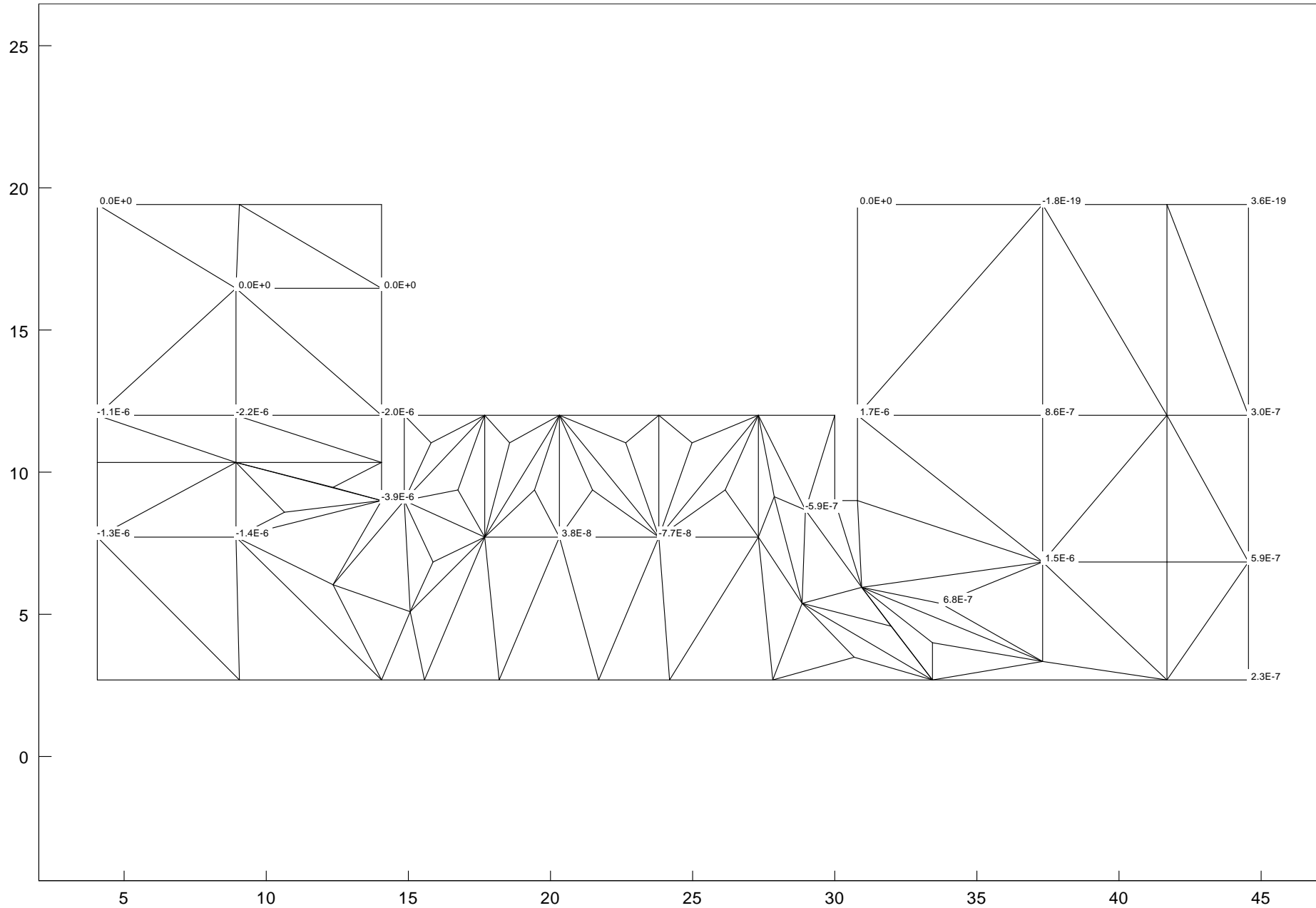


Boden	$k_{hx}$ [m/s]	$k_{hy}$ [m/s]	$n_{eff}$ [-]	Bezeichnung
	$8.000 \cdot 10^{-5}$	$8.000 \cdot 10^{-5}$	0.30	Mittelsand


IHC-IPP-HYDRO-CONSULT-GmbH  
Wehr 42

Geohydraulische Berechnung  
Umströmung

Potential  
Anlage Technische Berechnungen



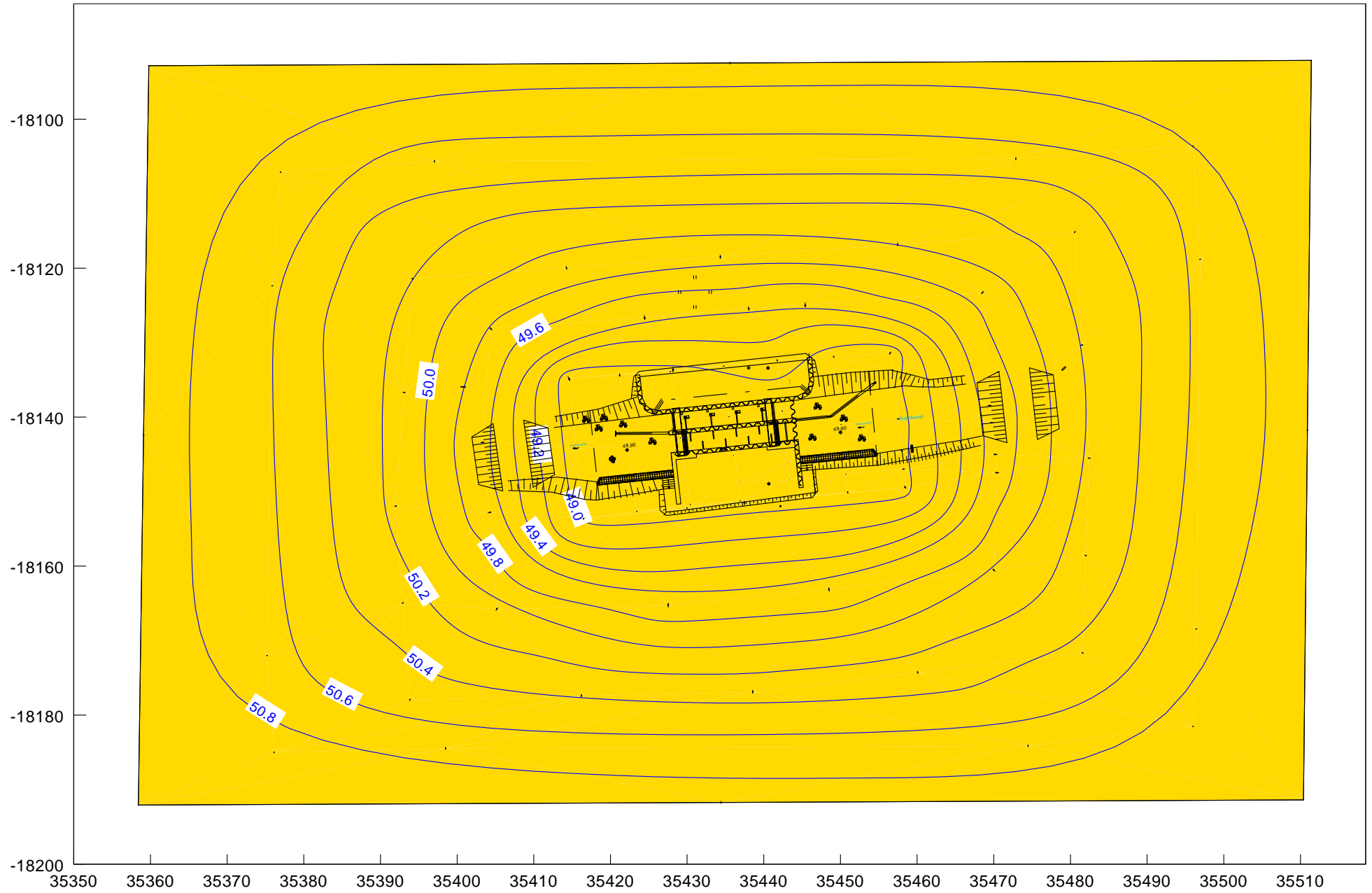



Boden	$k_{hx}$ [m/s]	$k_{hy}$ [m/s]	$n_{eff}$ [-]	Bezeichnung
	$1.400 \cdot 10^{-4}$	$1.400 \cdot 10^{-4}$	0.30	Mittelsand

IHC-IPP-HYDRO-CONSULT-GmbH  
Wehr 42

Geohydraulische Berechnung  
Bauzeitliche Grundwasserhaltung

Anlage Grundwasserhaltung

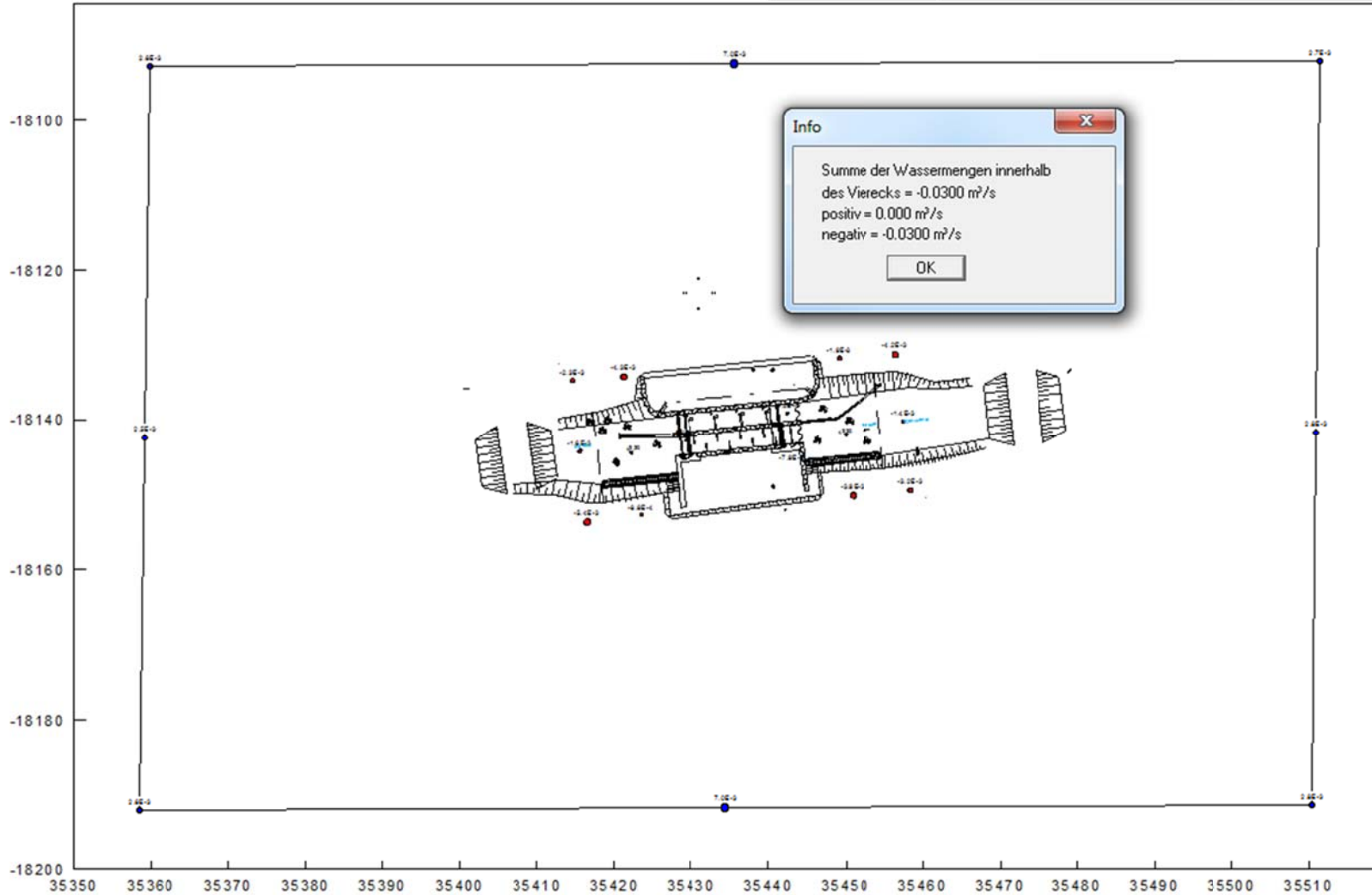


Boden	$k_{hx}$ [m/s]	$k_{hy}$ [m/s]	$n_{e\pi}$ [-]	Bezeichnung
	$1.400 \cdot 10^{-4}$	$1.400 \cdot 10^{-4}$	0.30	Mittelsand

HO-IPPHYDRO-CONSULT-GmbH  
Wehr 12

Geohydraulische Berechnung  
Bauzeitliche Grundwasserhaltung

Teil B  
Anlage Technische Berechnungen



Info

Summe der Wassermengen innerhalb  
des Vierecks = -0.0300 m<sup>3</sup>/s  
positiv = 0.0000 m<sup>3</sup>/s  
negativ = -0.0300 m<sup>3</sup>/s

OK