

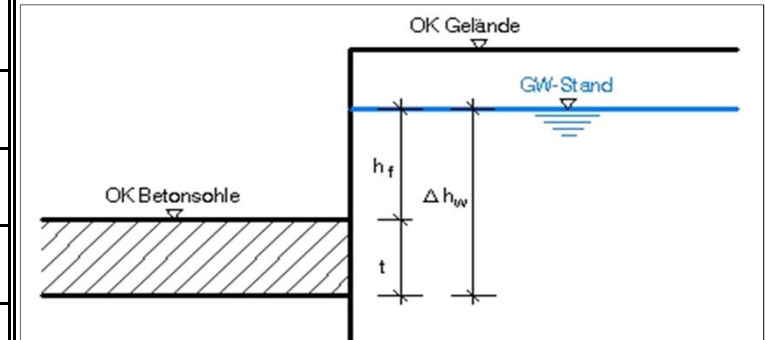
**Nachweis Auftriebssicherheit Unterwasserbetonsohle**

Grenzzustand UPL nach EC 7-1, DIN 1054

Bemessungswert	Bezeichnung	Wert	Einheit	Bemerkung
Dicke der Unterwasserbetonsohle	t	1,60	m	
OK Gelände	OKG	51,40	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:



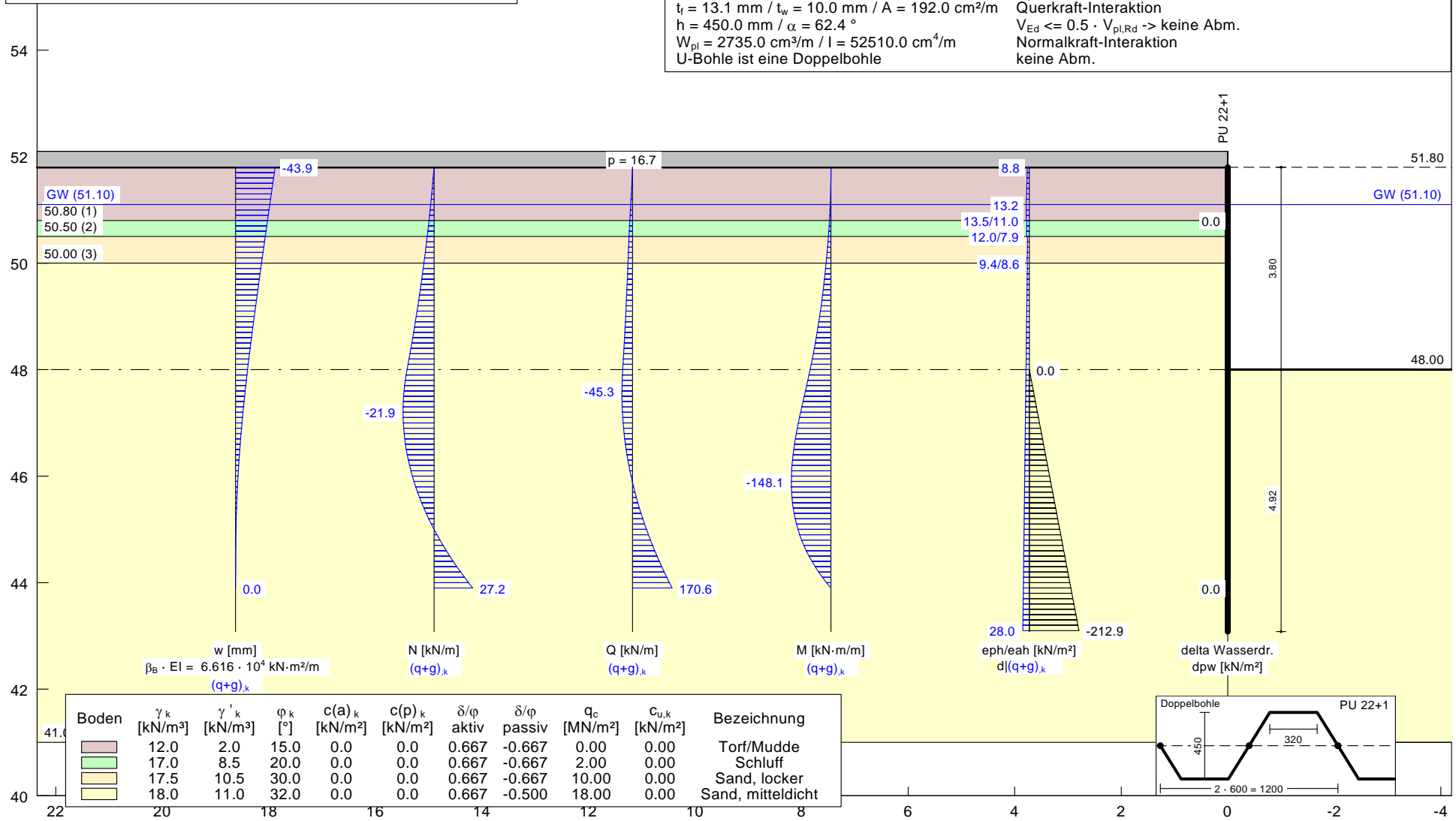
Wehr 43, Spw-außen, BS-T  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 PU 22+1  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert  $k_{ah} [-] = 0.200$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Erf. Profillänge = 8.72 m

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 /  $\mu = 0.81$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.18

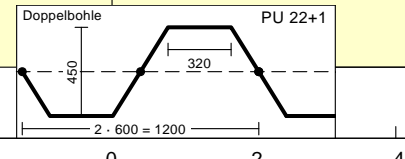
Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M, qg  
 $M_{Ed} = 185.7$  kN-m/m  
 $V_{Ed} = 0.9$  kN/m  
 $N_{Ed} = -17.0$  kN/m (Druck)  
 Profil: PU 22+1 Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0$  mm /  $b_f = 319.6$  mm  
 $t_f = 13.1$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 192.0$  cm<sup>2</sup>/m  
 $h = 450.0$  mm /  $\alpha = 62.4^\circ$   
 $W_{pl} = 2735.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 52510.0$  cm<sup>4</sup>/m  
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 24.6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $\beta_B = 0.700$  /  $\beta_D = 0.600$   
 $f_{y,red} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{c,Rd} = 459.5$  kN-m/m  
 $V_{pl,Rd} = 1009.0$  kN/m ( $\mu = 0.001$ )  
 $N_{pl,Rd} = 4608.0$  kN/m ( $\mu = 0.004$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 459.5$  kN-m/m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.404$   
 Knicklänge = 12.21 m  
 $N_{cr} = 4380.1$  kN/m  
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.004 \leq 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.404$



Boden	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_k$ [°]	$c(a)_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c(p)_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\delta/\varphi$ aktiv	$\delta/\varphi$ passiv	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$C_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
[Brown]	12.0	2.0	15.0	0.0	0.0	0.667	-0.667	0.00	0.00	Torf/Mudde
[Green]	17.0	8.5	20.0	0.0	0.0	0.667	-0.667	2.00	0.00	Schluff
[Yellow]	17.5	10.5	30.0	0.0	0.0	0.667	-0.667	10.00	0.00	Sand, locker
[Orange]	18.0	11.0	32.0	0.0	0.0	0.667	-0.500	18.00	0.00	Sand, mitteldicht



## Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 43, Spw-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> = 207.72 kN/m

B<sub>h,q,d</sub> = 157.41 kN/m

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

Ersatzkräfte C<sub>h</sub> (Blum)

C<sub>h,k</sub> = 170.56 kN/m

C<sub>h,g,k</sub> = 82.82 kN/m

C<sub>h,q,k</sub> = 87.75 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	50.80	12.00	2.00	15.00	0.00	0.00	0.667	-	0.00	0.00
2	50.50	17.00	8.50	20.00	0.00	0.00	0.667	-	2.00	0.00
3	50.00	17.50	10.50	30.00	0.00	0.00	0.667	-	10.00	0.00
4	41.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.500	18.00	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	50.80	0.525	1.337	15.000	10.01	46.99
2	50.50	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01
3	50.00	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
4	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	50.800	13.174	13.488	0.00	0.00
50.800	50.700	10.951	11.313	0.00	0.00
50.700	50.500	11.313	12.038	0.00	0.00
50.500	50.000	7.892	9.359	0.00	0.00
50.000	49.700	8.581	9.427	0.00	0.00
49.700	48.700	9.427	12.244	0.00	0.00
48.700	48.000	12.244	14.217	0.00	0.00
48.000	47.700	14.217	15.062	0.00	0.00
47.700	46.700	15.062	17.880	0.00	0.00
46.700	45.900	17.880	20.134	0.00	0.00
45.900	45.700	20.134	20.697	0.00	0.00
45.700	44.700	20.697	23.515	0.00	0.00
44.700	43.900	23.515	25.769	0.00	0.00
43.900	41.000	25.769	33.941	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]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
4	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> ]
48.70	48.00	0.00	0.00
48.00	47.70	0.00	-13.03
47.70	46.70	-13.03	-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	3.05
51.10	13.17	3.83
50.80	13.49	3.89
50.80	10.95	4.10
50.70	11.31	4.19
50.50	12.04	4.36
50.50	7.89	4.38
50.00	9.36	4.92
50.00	8.58	4.86
49.70	9.43	5.19
48.70	12.24	6.29
48.00	14.22	7.06
47.70	4.54	4.38
46.70	-27.71	-4.58
45.90	-53.52	-11.74
45.70	-59.97	-13.53
44.70	-92.22	-22.49
43.90	-118.02	-29.65

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	-2.4	-7.7	-2.5
50.80	-3.6	-11.7	-5.4
50.70	-4.0	-12.8	-6.6
50.50	-4.8	-15.1	-9.4
50.00	-7.2	-19.4	-18.0
49.70	-8.7	-22.1	-24.3
48.70	-14.4	-33.0	-51.6
48.00	-19.1	-42.2	-77.8

47.70	-20.8	-45.1	-91.0
46.70	-20.7	-33.5	-132.9
45.90	-14.2	-1.0	-148.1
45.70	-11.6	10.4	-147.2
44.70	6.4	86.5	-101.4
43.90	27.2	170.6	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
51.80	0.0	0.0	0.0
51.10	0.0	0.0	0.0
50.80	0.0	0.0	0.0
50.70	0.0	0.0	0.0
50.50	0.0	0.0	0.0
50.00	0.0	0.0	0.0
49.70	0.0	0.0	0.0
48.70	0.0	0.0	0.0
48.00	0.0	0.0	0.0
47.70	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  $\beta, D \cdot EI = 6.616E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-43.9
51.10	-38.0
50.80	-35.4
50.70	-34.6
50.50	-32.9
50.00	-28.8
49.70	-26.3
48.70	-18.4
48.00	-13.3
47.70	-11.3
46.70	-5.6
45.90	-2.4
45.70	-1.8
44.70	-0.2
43.90	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 6.616E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	0.0
51.10	0.0
50.80	0.0
50.70	0.0
50.50	0.0
50.00	0.0
49.70	0.0
48.70	0.0
48.00	0.0
47.70	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  $M_d, q_d$

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

$V_{Ed} = 0.9 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} = -17.0 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: PU 22+1 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm} / b_f = 319.6 \text{ mm}$

$t_f = 13.1 \text{ mm} / t_w = 10.0 \text{ mm} / A = 192.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 450.0 \text{ mm} / \alpha = 62.4^\circ$

$W_{pl} = 2735.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 52510.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 24.6$

Querschnittsklasse: 2

$\beta_B = 0.700 / \beta_D = 0.600$

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

$M_{c,Rd} = 459.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{pl,Rd} = 1009.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )

$N_{pl,Rd} = 4608.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.004$ )

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 459.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.404$

Knicklänge = 12.21 m

$N_{cr} = 4380.1 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} / N_{cr} = 0.004 \leq 0.04$

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.404$

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

Zugehörige Werte:  $N_d = -17.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -0.9 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 2.4 \text{ mm}$

max  $Q_d = 213.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 43.90 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 35.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 35.0 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 43.90 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = 213.5 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $w_k = 43.9 \text{ mm}$  (Tiefe = 51.80 m)

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

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe  $t_g = 4.92 \text{ m}$

Profillänge = 8.72 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

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

$G_k = 13.14 \text{ kN/m}$

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

$E_{av,k} = 45.39 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 124.21 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 170.56 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -84.52 \text{ kN/m}$

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

$\delta_C [^\circ] = 10.7$

Summe  $V_k = 14.51 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 22+1

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

$R_{Bv,d} = (294.77 - 1/2 \cdot 170.56) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.30 = 100.70 \text{ kN/m}$

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

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 170.56 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.30 = 25.64 \text{ kN/m}$$

$$\text{Spitzendruck } q_{c,m} = 18.00 \text{ MN/m}^2$$

(gemittelt von 43.53 bis 41.28 m)  $\implies q_{b,k} = 16.50 \text{ MN/m}^2$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0192 \cdot 16.50 \cdot 1000 / 1.40 = 226.29 \text{ kN/m}$$

#### Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
48.00	43.08	43.00	Sand, mitteldicht

Mantelfläche (TF + dt1) von 43.90 bis 43.08 m = 1.379 m<sup>2</sup>/m  $\implies R_{s3,d}$

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 48.62 / 1.40 = 34.73 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 387.35 \text{ kN/m}$$

#### Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 15.77 + 55.78 + 0.00 = 71.55 \text{ kN/m}$$

$$\implies \mu = V_d / R_d = 71.55 / 387.35 = 0.18$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.00

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 51.80

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchsicherheit 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) = 145.32 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 55.19$  [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>]

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

$\sigma_{\bar{u}} = 103.320$  [kN/m<sup>2</sup>]

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.111$

$\mu_e = [145.32 \cdot 1.20] / [(1987.99 + 0.00) / 1.300 + 55.19] = 0.111$

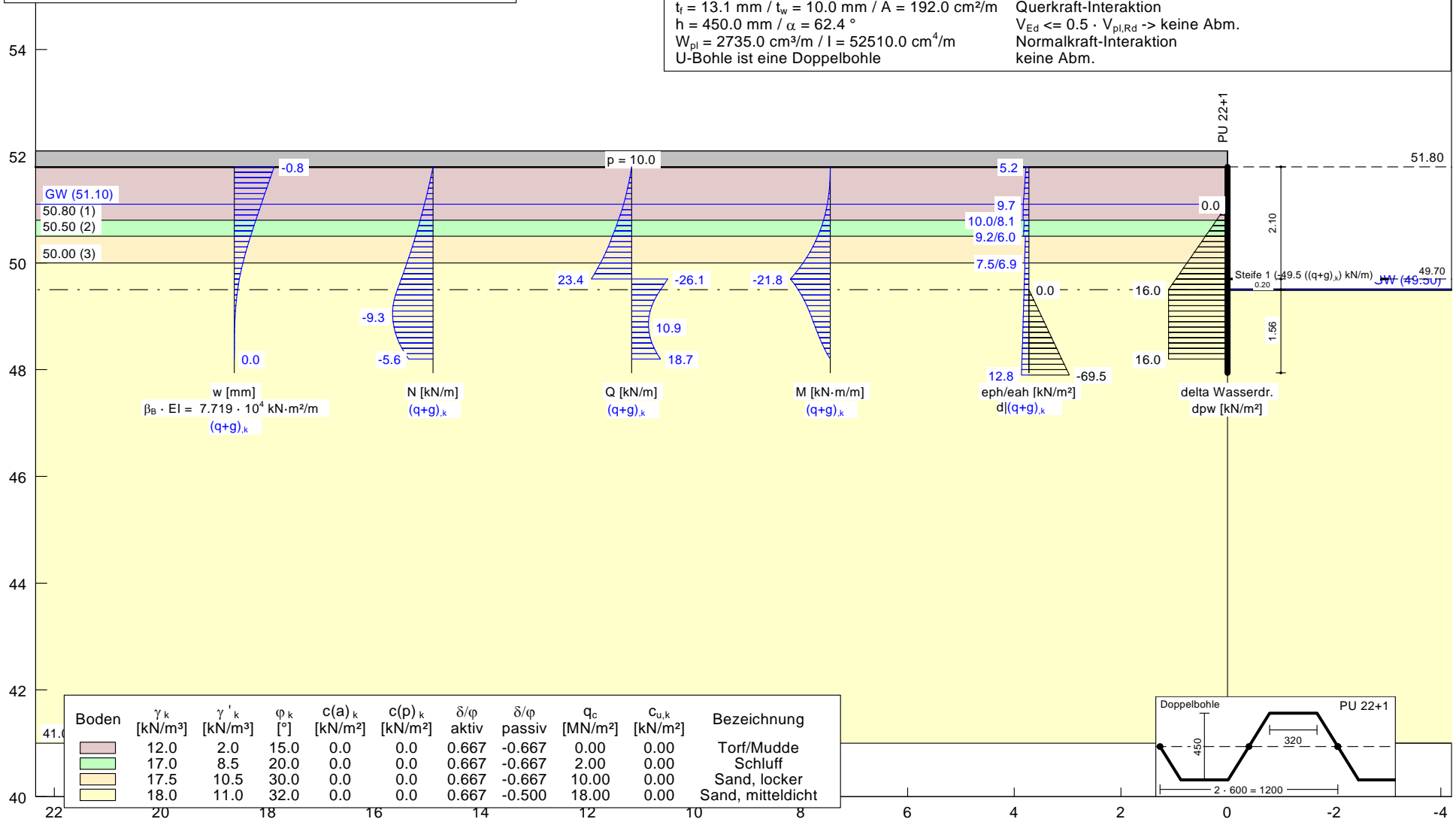
Wehr 43, Spw-außen, BS-P.1  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 PU 22+1  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert  $k_{ah} [-] = 0.200$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Einspanngrad = 1.000

Erf. Profillänge = 3.86 m  
 Erf. Einbindetiefe = 1.56 m  
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 $\gamma_{EP} = 1.30$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.50  
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.40$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.17

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M, qg  
 $M_{Ed} = 27.2$  kN·m/m  
 $V_{Ed} = 32.2$  kN/m  
 $N_{Ed} = -9.0$  kN/m (Druck)  
 Profil: PU 22+1    Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0$  mm /  $b_f = 319.6$  mm  
 $t_f = 13.1$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 192.0$  cm<sup>2</sup>/m  
 $h = 450.0$  mm /  $\alpha = 62.4^\circ$   
 $W_{pl} = 2735.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 52510.0$  cm<sup>4</sup>/m  
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 24.6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $\beta_B = 0.800$  /  $\beta_D = 0.700$   
 $f_{y,red} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{c,Rd} = 525.1$  kN·m/m  
 $V_{pl,Rd} = 1009.0$  kN/m ( $\mu = 0.032$ )  
 $N_{pl,Rd} = 4608.0$  kN/m ( $\mu = 0.002$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 525.1$  kN·m/m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.052$   
 Knicklänge = 4.20 m  
 $N_{cr} = 43187.7$  kN/m  
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.000 \leq 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.052$





## Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 43, Spw-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

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

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 = 36.71 kN/m (Epv,d = -10.53 kN/m)

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

Bh(g+q),d = 36.71 kN/m

Bh,g,d = 40.14 kN/m

Bh,q,d = -3.44 kN/m

Bh,w,d = 30.64 kN/m

Ersatzkräfte C<sub>h</sub> (Blum)

C<sub>h,k</sub> = 18.74 kN/m

C<sub>h,g,k</sub> = 15.92 kN/m

C<sub>h,q,k</sub> = 2.82 kN/m

C<sub>h,w,k</sub> = 11.17 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	-61.27	-49.51	-30.98	-16.49	2.100E+6	2.100E+7	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	-61.27	0.00	0.00
-2.70	49.70	0.0	0.0	-61.27	0.00	0.00
-2.70	49.70	0.0	0.0	-61.27	0.00	0.00
-2.40	49.70	0.0	0.0	-61.27	0.00	0.00
-2.10	49.70	0.0	0.0	-61.27	0.00	0.00
-1.80	49.70	-0.1	0.0	-61.27	0.00	0.00
-1.50	49.70	-0.1	0.0	-61.27	0.00	0.00

-1.20	49.70	-0.1	0.0	-61.27	0.00	0.00
-0.90	49.70	-0.1	0.0	-61.27	0.00	0.00
-0.60	49.70	-0.1	0.0	-61.27	0.00	0.00
-0.30	49.70	-0.1	0.0	-61.27	0.00	0.00
0.00	49.70	-0.1	0.0	-61.27	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	50.80	12.00	2.00	15.00	0.00	0.00	0.667	-	0.00	0.00
2	50.50	17.00	8.50	20.00	0.00	0.00	0.667	-	2.00	0.00
3	50.00	17.50	10.50	30.00	0.00	0.00	0.667	-	10.00	0.00
4	41.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.500	18.00	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	50.80	0.525	1.337	15.000	10.01	46.99
2	50.50	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01
3	50.00	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
4	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	5.248	9.657	0.00	0.00
51.100	50.800	9.657	9.972	0.00	3.00
50.800	50.700	8.096	8.458	3.00	4.00
50.700	50.500	8.458	9.183	4.00	6.00
50.500	50.000	6.020	7.487	6.00	11.00
50.000	49.700	6.865	7.710	11.00	14.00
49.700	49.500	7.710	8.274	14.00	16.00
49.500	49.000	8.274	9.683	16.00	16.00
49.000	48.800	9.683	10.246	16.00	16.00
48.800	48.200	10.246	11.937	16.00	16.00
48.200	41.000	11.937	32.224	16.00	16.00

### Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	$k_{pgh}$	$k_{pch}$	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
4	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> ]
49.70	49.50	0.00	0.00
49.50	49.00	0.00	-21.72
49.00	48.80	-21.72	-30.41
48.80	48.20	-30.41	-56.47
48.20	41.00	-56.47	-369.25

### 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	2.43
51.10	9.66	3.21
50.80	12.97	3.27
50.80	11.10	3.43
50.70	12.46	3.51
50.50	15.18	3.68
50.50	12.02	3.70
50.00	18.49	4.23
50.00	17.86	4.19
49.70	21.71	4.52
49.50	24.27	4.74
49.00	5.63	-0.46

48.80	-1.82	-2.54
48.20	-24.19	-8.78

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	-2.0	-5.2	-1.6	
50.80	-2.9	-8.6	-3.7	
50.70	-3.3	-9.8	-4.6	
50.50	-4.0	-12.6	-6.8	
50.00	-6.0	-20.2	-14.9	
49.70	-7.3	-26.1	-21.8	-49.5
49.70	-7.3	23.4	-21.8	
49.50	-8.2	18.8	-17.6	
49.00	-9.3	11.3	-10.4	
48.80	-9.0	10.9	-8.2	
48.20	-5.6	18.7	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	
51.10	0.0	0.0	0.0	
50.80	0.0	-0.5	0.0	
50.70	0.0	-0.8	-0.1	
50.50	0.0	-1.8	-0.4	
50.00	0.0	-6.1	-2.2	
49.70	0.0	-9.8	-4.6	-16.5
49.70	0.0	6.7	-4.6	
49.50	0.0	3.7	-3.5	
49.00	1.2	-0.1	-3.0	
48.80	2.4	0.7	-3.0	
48.20	8.1	11.2	0.0	

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 7.719E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-0.8
51.10	-0.5
50.80	-0.4
50.70	-0.4
50.50	-0.3
50.00	-0.2
49.70	-0.1
49.50	-0.1
49.00	0.0
48.80	0.0
48.20	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 7.719E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-0.2
51.10	-0.1
50.80	-0.1
50.70	-0.1
50.50	-0.1
50.00	-0.1
49.70	0.0
49.50	0.0
49.00	0.0
48.80	0.0
48.20	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

phi,[g+q],k: 0.00000000

Theoretischer Fußpunkt = 48.200 m

phi,w,k: 0.00000000

Theoretischer Fußpunkt = 48.200 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,gq

$M_{Ed} = 27.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{Ed} = 32.2 \text{ kN/m}$

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

Profil: PU 22+1 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm}$  /  $b_f = 319.6 \text{ mm}$

$t_f = 13.1 \text{ mm}$  /  $t_w = 10.0 \text{ mm}$  /  $A = 192.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 450.0 \text{ mm}$  /  $\alpha = 62.4^\circ$

$W_{pl} = 2735.0 \text{ cm}^3/\text{m}$  /  $I = 52510.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 24.6$

Querschnittsklasse: 2

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

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

$M_{c,Rd} = 525.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{pl,Rd} = 1009.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.032$ )

$N_{pl,Rd} = 4608.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.002$ )

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 525.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.052$

Knicklänge = 4.20 m

$N_{cr} = 43187.7 \text{ kN/m}$

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

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.052$

max  $M_d = 27.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 49.70 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -9.0 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -32.2 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 0.1 \text{ mm}$

max  $Q_d = 32.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 49.70 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -9.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = -27.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.1 \text{ mm}$

max  $N_d = 11.4 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 49.00 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = 14.3 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = -13.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $w_k = 0.8 \text{ mm}$  (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  $t_g = 1.56 \text{ m}$

Profillänge = 3.86 m

Nachweis Summe V

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

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

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

$G_k = 5.82 \text{ kN/m}$

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

$E_{av,k} = 9.90 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 31.05 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 18.74 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -9.72 \text{ kN/m}$

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

$\delta_C [^\circ] = 10.7$

Summe  $V_k = 10.45 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 22+1

Abminderung  $q_{b,k}$  und  $q_{s,k}$  wegen Einbindetiefe  $t_g < 3.00 \text{ m} = (t_g - 0,50) / 2,50 = 0.424$

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

$$R_{Bv,d} = (33.88 - 1/2 \cdot 18.74) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.30 = 11.78 \text{ kN/m}$$

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

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 18.74 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.30 = 2.82 \text{ kN/m}$$

$$\text{Spitzendruck } q_{c,m} = 18.00 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{(gemittelt von 48.39 bis 46.14 m)} \implies q_{b,k} = 7.00 \text{ MN/m}^2$$

$$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0192 \cdot 7.00 \cdot 1000 / 1.40 = 95.95 \text{ kN/m}$$

#### Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
49.50	47.94	18.23	Sand, mitteldicht

$$\text{Mantelfläche (TF + dt1) von 48.20 bis 47.94 m} = 1.379 \text{ m}^2/\text{m} \implies R_{s3,d}$$

$$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 6.54 / 1.40 = 4.67 \text{ kN/m}$$

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 115.21 \text{ kN/m}$$

#### Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 6.98 + 12.23 + 0.00 = 19.21 \text{ kN/m}$$

$$\implies \mu = V_d / R_d = 19.21 / 115.21 = 0.17$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.50

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 47.94

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 = 0.46 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 37.67 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 11.46$  [kN/m]

Kohäsionskraft  $K_k = 0.00$  [kN/m]

Grundbruchlast  $P_{g,k} = 410.84$  [kN/m]

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.00$  [°]

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

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

$\sigma_{\ddot{u}} = 32.760$  [kN/m<sup>2</sup>]

$\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.139$

$\text{mue} = [37.67 \cdot 1.20] / [(410.84 + 0.00) / 1.300 + 11.46] = 0.139$

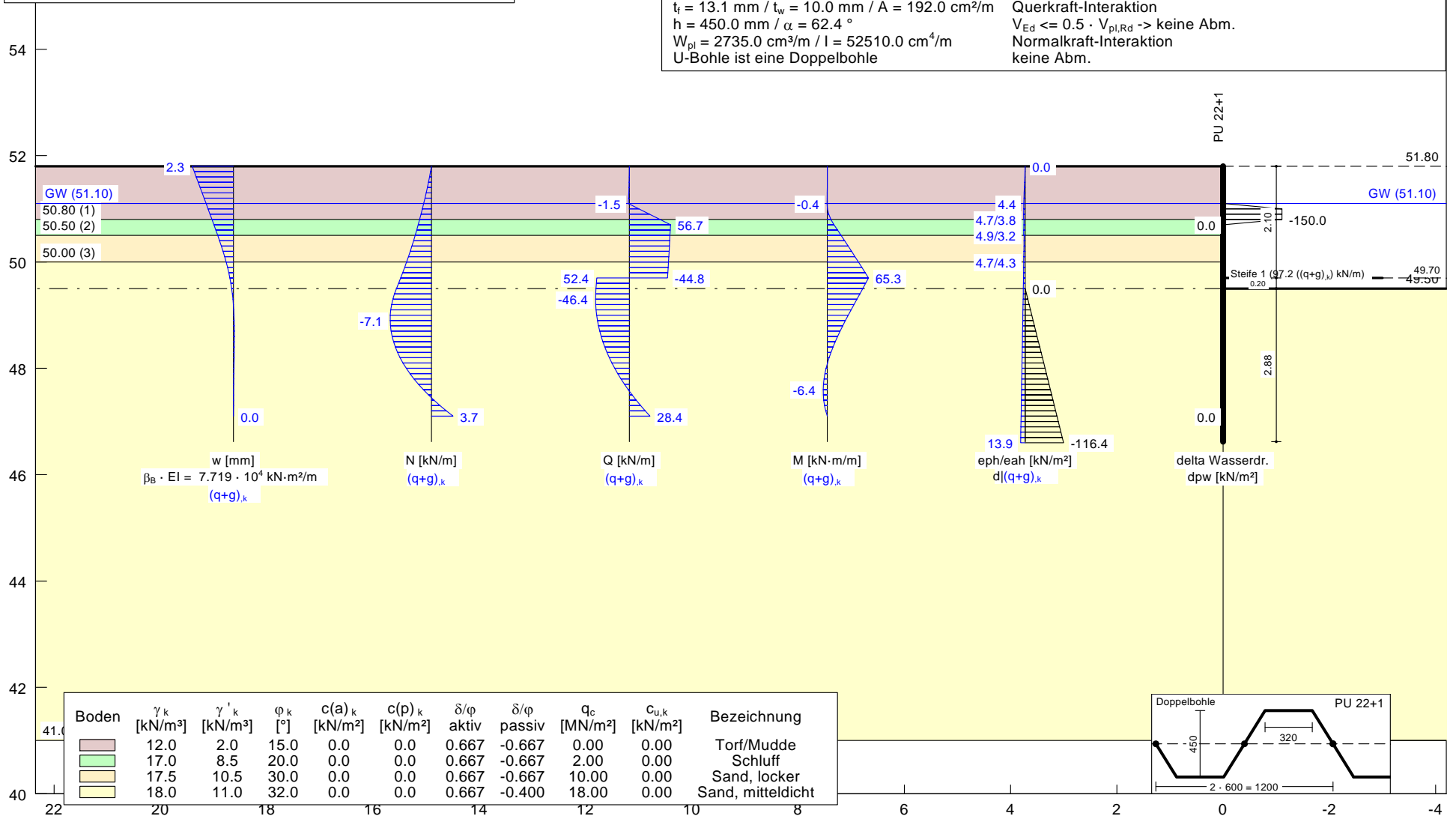
Wehr 43, Spw-außen, BS-P.2  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 PU 22+1  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert  $k_{ah} [-] = 0.200$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Einspanngrad = 1.000

Erf. Profillänge = 5.18 m  
 Erf. Einbindetiefe = 2.88 m  
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 $\gamma_{EP} = 1.30$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.00  
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.86$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.08

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M<sub>1,g</sub>  
 $M_{Ed} = 78.3$  kN·m/m  
 $V_{Ed} = 62.9$  kN/m  
 $N_{Ed} = -6.3$  kN/m (Druck)  
 Profil: PU 22+1 Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 192.0$  cm<sup>2</sup>/m  
 $t_f = 13.1$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $\alpha = 62.4$  °  
 $W_{pl} = 2735.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 52510.0$  cm<sup>4</sup>/m  
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 24.6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $\beta_B = 0.800$  /  $\beta_D = 0.700$   
 $f_{y,red} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{c,Rd} = 525.1$  kN·m/m  
 $V_{pl,Rd} = 1009.0$  kN/m ( $\mu = 0.062$ )  
 $N_{pl,Rd} = 4608.0$  kN/m ( $\mu = 0.001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 525.1$  kN·m/m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.149$   
 Knicklänge = 4.20 m  
 $N_{cr} = 43187.7$  kN/m  
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.000 \leq 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.149$



## Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 43, Spw-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

$\gamma_G = 1.20$

$\gamma_Q = 1.30$

$\gamma_{Ep} = 1.30$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

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:

$E_{ph,d} = 115.56$  kN/m ( $E_{pv,d} = -26.25$  kN/m)

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

$B_{h(g+q),d} = 115.56$  kN/m

$B_{h,g,d} = 115.56$  kN/m

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

$B_{h,w,d} = 97.07$  kN/m

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 28.40$  kN/m

$C_{h,g,k} = 28.40$  kN/m

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

$C_{h,w,k} = 28.21$  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	116.62	97.19	97.19	112.54	2.100E+6	2.100E+7	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	w <sub>x,d</sub>	w <sub>y,d</sub>	$N_d$	$Q_d$	$M_d$
[m]	[m]	[mm]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
-3.00	49.70	0.0	0.0	116.62	0.00	0.00
-2.70	49.70	0.0	0.0	116.62	0.00	0.00
-2.70	49.70	0.0	0.0	116.62	0.00	0.00

-2.40	49.70	0.0	0.0	116.62	0.00	0.00
-2.10	49.70	0.1	0.0	116.62	0.00	0.00
-1.80	49.70	0.1	0.0	116.62	0.00	0.00
-1.50	49.70	0.1	0.0	116.62	0.00	0.00
-1.20	49.70	0.1	0.0	116.62	0.00	0.00
-0.90	49.70	0.2	0.0	116.62	0.00	0.00
-0.60	49.70	0.2	0.0	116.62	0.00	0.00
-0.30	49.70	0.2	0.0	116.62	0.00	0.00
0.00	49.70	0.2	0.0	116.62	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	50.80	12.00	2.00	15.00	0.00	0.00	0.667	-	0.00	0.00
2	50.50	17.00	8.50	20.00	0.00	0.00	0.667	-	2.00	0.00
3	50.00	17.50	10.50	30.00	0.00	0.00	0.667	-	10.00	0.00
4	41.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.400	18.00	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	50.80	0.525	1.337	15.000	10.01	46.99
2	50.50	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01
3	50.00	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
4	41.00	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	0.000	4.409	0.00	0.00
51.100	50.800	4.409	4.724	-150.00	-150.00
50.800	50.700	3.835	4.197	-150.00	-150.00
50.700	50.500	4.197	4.922	0.00	0.00
50.500	50.000	3.227	4.693	0.00	0.00
50.000	49.700	4.303	5.149	0.00	0.00
49.700	49.500	5.149	5.712	0.00	0.00
49.500	48.900	5.712	7.403	0.00	0.00
48.900	48.700	7.403	7.966	0.00	0.00
48.700	47.700	7.966	10.784	0.00	0.00
47.700	47.100	10.784	12.475	0.00	0.00
47.100	41.000	12.475	29.663	0.00	0.00

#### Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	$k_{pgh}$	$k_{pch}$	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
4	41.00	4.742	5.069	32.000	-12.80	21.05

#### 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> ]
49.70	49.50	0.00	0.00
49.50	48.90	0.00	-24.08
48.90	48.70	-24.08	-32.10
48.70	47.70	-32.10	-72.23
47.70	47.10	-72.23	-96.30
47.10	41.00	-96.30	-341.07

#### 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	1.51
51.10	4.41	2.28
51.10	-145.59	2.28
50.80	-145.28	2.34
50.80	-146.16	2.42



50.70	-145.80	2.50
50.70	4.20	2.50
50.50	4.92	2.67
50.50	3.23	2.68
50.00	4.69	3.22
50.00	4.30	3.19
49.70	5.15	3.52
49.50	5.71	3.74
48.90	-12.62	-0.15
48.70	-18.74	-1.45
47.70	-49.29	-7.93
47.10	-67.63	-11.82

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	-1.3	-1.5	-0.4	
50.80	-2.0	42.1	5.7	
50.70	-2.3	56.7	10.7	
50.50	-2.8	55.8	21.9	
50.00	-4.3	53.8	49.3	
49.70	-5.3	52.4	65.3	97.2
49.70	-5.3	-44.8	65.3	
49.50	-6.0	-45.9	56.2	
48.90	-7.1	-43.8	28.7	
48.70	-6.9	-40.7	20.3	
47.70	-2.2	-6.7	-6.0	
47.10	3.7	28.4	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	
50.80	0.0	45.0	6.7	
50.70	0.0	60.0	12.0	
50.50	0.0	60.0	24.0	
50.00	0.0	60.0	54.0	
49.70	0.0	60.0	72.0	112.5
49.70	0.0	-52.5	72.0	
49.50	0.0	-52.5	61.5	
48.90	1.1	-47.5	31.0	
48.70	2.0	-43.6	21.9	
47.70	10.3	-7.1	-5.8	
47.10	18.3	28.2	0.0	

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 7.719E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	2.3
51.10	1.5
50.80	1.2
50.70	1.1
50.50	0.9
50.00	0.4
49.70	0.2
49.50	0.1
48.90	0.0
48.70	0.0
47.70	0.0
47.10	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 7.719E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	2.5
51.10	1.7
50.80	1.3

50.70	1.2
50.50	1.0
50.00	0.5
49.70	0.2
49.50	0.1
48.90	0.0
48.70	0.0
47.70	0.0
47.10	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

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

Theoretischer Fußpunkt = 47.100 m

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

Theoretischer Fußpunkt = 47.100 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max  $M_d$ ,  $g$

$M_{Ed} = 78.3$  kN·m/m

$V_{Ed} = 62.9$  kN/m

$N_{Ed} = -6.3$  kN/m (Druck)

Profil: PU 22+1 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0$  mm /  $b_f = 319.6$  mm

$t_f = 13.1$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 192.0$  cm<sup>2</sup>/m

$h = 450.0$  mm /  $\alpha = 62.4$  °

$W_{pl} = 2735.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 52510.0$  cm<sup>4</sup>/m

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$\varepsilon = 0.990$  ->  $b_f / t_f / \varepsilon = 24.6$

Querschnittsklasse: 2

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

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

$M_{c,Rd} = 525.1$  kN·m/m

$V_{pl,Rd} = 1009.0$  kN/m ( $\mu = 0.062$ )

$N_{pl,Rd} = 4608.0$  kN/m ( $\mu = 0.001$ )

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 525.1$  kN·m/m

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.149$

Knicklänge = 4.20 m

$N_{cr} = 43187.7$  kN/m

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

-> Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.149$

max  $M_d = 78.3$  kN·m/m (Tiefe = 49.70 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -6.3$  kN/m;  $Q_d = 62.9$  kN/m;  $w_k = 0.2$  mm

max  $Q_d = 68.0$  kN·m/m (Tiefe = 50.70 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -2.7$  kN/m;  $M_d = 12.8$  kN·m/m;  $w_k = 1.3$  mm

max  $N_d = 8.5$  kN/m (Tiefe = 48.90 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = -52.6$  kN/m;  $M_d = 34.5$  kN·m/m;  $w_k = 0.0$  mm

max  $w_k = 2.3$  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  $t_g = 2.88$  m

Profillänge = 5.18 m

Nachweis Summe  $V$

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

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

$G_k = 7.81$  kN/m

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $E_{av,k} = 11.05 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 30.53 \text{ kN/m}$ )  
 $C_{h,k} = 28.40 \text{ kN/m}$   
 $B_{v,k} = -21.84 \text{ kN/m}$   
 $\delta_p [^\circ] = -12.8$   
 $\delta_C [^\circ] = 10.7$   
 Summe  $V_k = 2.92 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit  
(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 22+1

Abminderung  $q_{b,k}$  und  $q_{s,k}$  wegen Einbindetiefe  $t_g < 3.00 \text{ m} = (t_g - 0,50) / 2,50 = 0.952$

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$   
 $R_{Bv,d} = (96.13 - 1/2 \cdot 28.40) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.30 = 39.38 \text{ kN/m}$   
 $R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$   
 $R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 28.40 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.30 = 4.27 \text{ kN/m}$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 18.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 47.07 bis 44.82 m)  $\implies q_{b,k} = 15.71 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0192 \cdot 15.71 \cdot 1000 / 1.40 = 215.42 \text{ kN/m}$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$	Bezeichnung
49.50	46.62	40.94	Sand, mitteldicht

Mantelfläche (TF + dt1) von 47.10 bis 46.62 m = 1.379 m<sup>2</sup>/m  $\implies R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 27.10 / 1.40 = 19.35 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 278.43 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 9.37 + 13.26 + 0.00 = 22.63 \text{ kN/m}$

$\implies \mu = V_d / R_d = 22.63 / 278.43 = 0.08$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.00

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 51.80

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchsicherheit 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 = 0.46 m

Gewicht  $G_k$  (einschließlich Verkehr) = 45.44 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.083)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 13.51 [\text{kN/m}]$

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

Grundbruchlast  $P_{g,k} = 706.37 [\text{kN/m}]$

Grundbruch mit:

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

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

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

$\sigma_{\bar{u}} = 60.480 [\text{kN/m}^2]$

$\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.098$

$\text{mue} = [45.44 \cdot 1.20] / [(706.37 + 0.00) / 1.300 + 13.51] = 0.098$

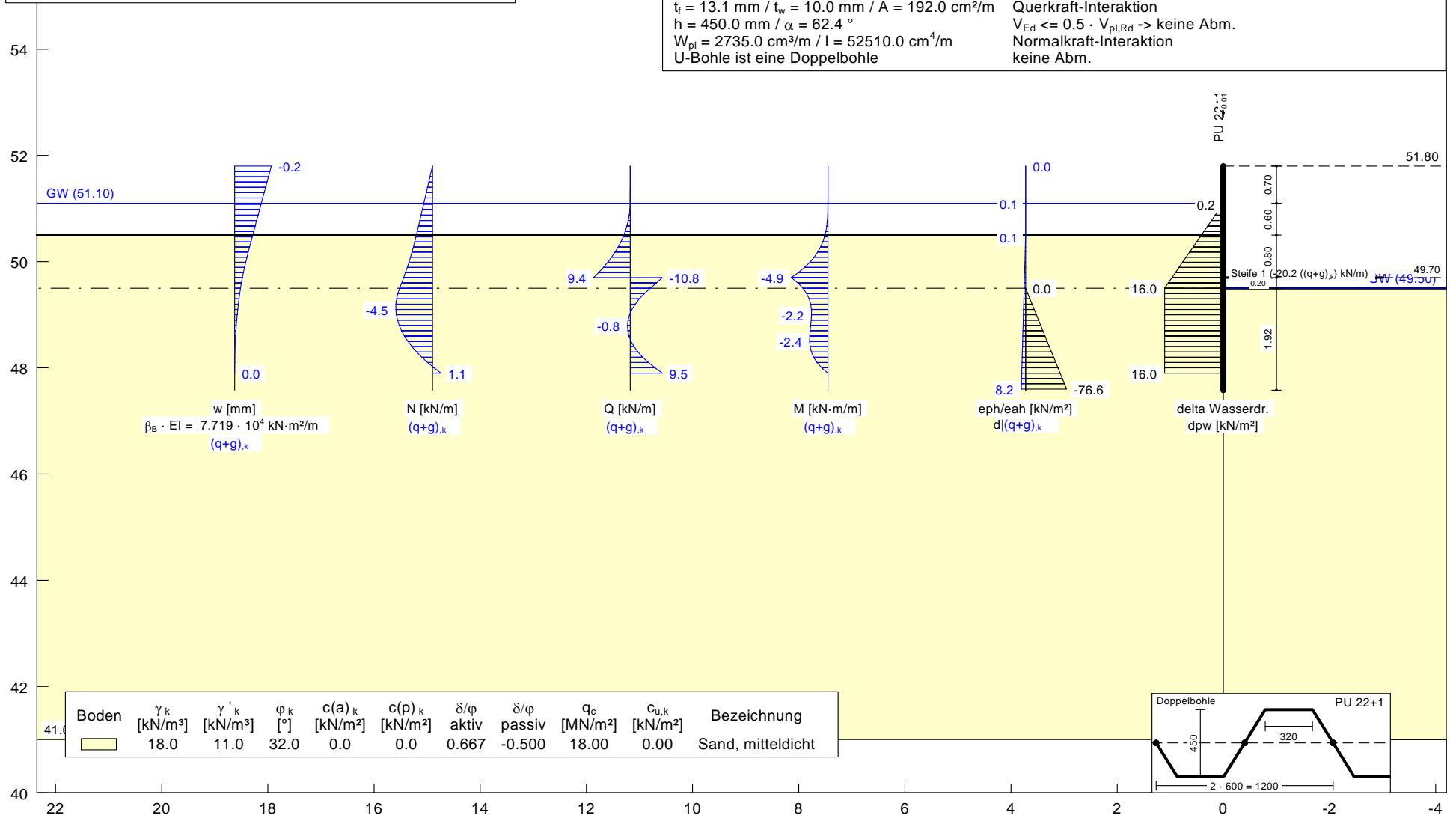
Wehr 43, Spw-Trennwand, BS-P.1  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 PU 22+1  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert  $k_{ah} [-] = 0.200$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Einspanngrad = 1.000

Erf. Profillänge = 4.22 m  
 Erf. Einbindetiefe = 1.92 m  
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{EP} = 1.40$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.44  
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.85$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.09

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max  $M, g$   
 $M_{Ed} = 6.6$  kN-m/m  
 $V_{Ed} = 14.5$  kN/m  
 $N_{Ed} = -4.8$  kN/m (Druck)  
 Profil: PU 22+1 Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0$  mm /  $t_f = 319.6$  mm  
 $t_f = 13.1$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 192.0$  cm<sup>2</sup>/m  
 $h = 450.0$  mm /  $\alpha = 62.4^\circ$   
 $W_{pl} = 2735.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 52510.0$  cm<sup>4</sup>/m  
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 24.6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $\beta_B = 0.800$  /  $\beta_D = 0.700$   
 $f_{y,red} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{c,Rd} = 525.1$  kN-m/m  
 $V_{pl,Rd} = 1009.0$  kN/m ( $\mu = 0.014$ )  
 $N_{pl,Rd} = 4608.0$  kN/m ( $\mu = 0.001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 525.1$  kN-m/m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.013$   
 Knicklänge = 4.20 m  
 $N_{cr} = 43187.7$  kN/m  
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.000 \leq 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.014$



## Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 43, Spw-Trennwand, 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

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	0.00	0.01	-0.70	0.00	0.00	0.72	0.00	nein
2	0.01	0.01	-0.60	-0.70	0.72	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:

$E_{ph,d} = 51.63$  kN/m ( $E_{pv,d} = -14.81$  kN/m)

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

$B_{h(g+q),d} = 51.63$  kN/m

$B_{h,g,d} = 51.63$  kN/m

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

$B_{h,w,d} = 39.30$  kN/m

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 9.48$  kN/m

$C_{h,g,k} = 9.48$  kN/m

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

$C_{h,w,k} = 8.10$  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	-27.29	-20.21	-20.21	-18.15	2.100E+6	2.100E+7	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	-27.29	0.00	0.00
-2.70	49.70	0.0	0.0	-27.29	0.00	0.00
-2.70	49.70	0.0	0.0	-27.29	0.00	0.00
-2.40	49.70	0.0	0.0	-27.29	0.00	0.00
-2.10	49.70	0.0	0.0	-27.29	0.00	0.00
-1.80	49.70	0.0	0.0	-27.29	0.00	0.00
-1.50	49.70	0.0	0.0	-27.29	0.00	0.00
-1.20	49.70	0.0	0.0	-27.29	0.00	0.00
-0.90	49.70	0.0	0.0	-27.29	0.00	0.00
-0.60	49.70	0.0	0.0	-27.29	0.00	0.00
-0.30	49.70	-0.1	0.0	-27.29	0.00	0.00
0.00	49.70	-0.1	0.0	-27.29	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	41.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.500	18.00	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	41.00	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	0.000	0.078	0.00	0.00
51.100	51.083	0.078	0.049	0.00	0.17
51.083	50.775	0.049	0.070	0.17	3.25
50.775	50.468	0.070	0.091	3.25	6.32
50.468	49.796	0.091	1.984	6.32	13.04
49.796	49.700	1.984	2.254	13.04	14.00
49.700	49.500	2.254	2.818	14.00	16.00
49.500	49.100	2.818	3.945	16.00	16.00
49.100	48.700	3.945	5.072	16.00	16.00
48.700	47.900	5.072	7.326	16.00	16.00
47.900	41.000	7.326	26.768	16.00	16.00

#### 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	41.00	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	49.10	0.00	-16.14
49.10	48.70	-16.14	-32.27
48.70	47.90	-32.27	-64.54
47.90	41.00	-64.54	-342.88

#### 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	1.51
51.10	0.08	1.54
51.08	0.22	1.53
50.78	3.32	1.53
50.47	6.41	1.54
49.80	15.02	2.28
49.70	16.25	2.39
49.50	18.82	2.61

49.10	8.30	-0.29
48.70	-2.21	-3.19
47.90	-23.24	-8.98

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	-1.1	0.0	0.0	
51.08	-1.1	0.0	0.0	
50.78	-1.6	-0.6	-0.1	
50.47	-2.0	-2.1	-0.5	
49.80	-3.3	-9.3	-3.9	
49.70	-3.5	-10.8	-4.9	-20.2
49.70	-3.5	9.4	-4.9	
49.50	-4.0	5.9	-3.4	
49.10	-4.5	0.5	-2.2	
48.70	-3.8	-0.7	-2.4	
47.90	1.1	9.5	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	
51.08	0.0	0.0	0.0	
50.78	0.0	-0.5	-0.1	
50.47	0.0	-2.0	-0.4	
49.80	0.0	-8.5	-3.7	
49.70	0.0	-9.8	-4.6	-18.1
49.70	0.0	8.3	-4.6	
49.50	0.0	5.3	-3.2	
49.10	0.5	0.7	-2.1	
48.70	2.0	-0.4	-2.1	
47.90	8.1	8.1	0.0	

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $\beta_D \cdot EI = 7.719E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-0.2
51.10	-0.1
51.08	-0.1
50.78	-0.1
50.47	-0.1
49.80	0.0
49.70	0.0
49.50	0.0
49.10	0.0
48.70	0.0
47.90	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $\beta_D \cdot EI = 7.719E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-0.2
51.10	-0.1
51.08	-0.1
50.78	-0.1
50.47	-0.1
49.80	0.0
49.70	0.0
49.50	0.0
49.10	0.0
48.70	0.0
47.90	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

phi,[g+q],k: 0.00000000

Theoretischer Fußpunkt = 47.900 m

phi,w,k: 0.00000000  
Theoretischer Fußpunkt = 47.900 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,g

$M_{Ed} = 6.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{Ed} = 14.5 \text{ kN/m}$

$N_{Ed} = -4.8 \text{ kN/m}$  (Druck)

Profil: PU 22+1 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0 \text{ mm}$  /  $b_f = 319.6 \text{ mm}$

$t_f = 13.1 \text{ mm}$  /  $t_w = 10.0 \text{ mm}$  /  $A = 192.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 450.0 \text{ mm}$  /  $\alpha = 62.4^\circ$

$W_{pl} = 2735.0 \text{ cm}^3/\text{m}$  /  $I = 52510.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 24.6$

Querschnittsklasse: 2

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

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

$M_{c,Rd} = 525.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$V_{pl,Rd} = 1009.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.014$ )

$N_{pl,Rd} = 4608.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 525.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.013$

Knicklänge = 4.20 m

$N_{cr} = 43187.7 \text{ kN/m}$

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

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.014$

max  $M_d = 6.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 49.70 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -4.8 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -14.5 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $Q_d = 14.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 49.70 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -4.8 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = -6.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.1 \text{ mm}$

max  $N_d = 6.1 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 49.10 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = 0.7 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = -3.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $w_k = 0.2 \text{ mm}$  (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  $t_g = 1.92 \text{ m}$

Profillänge = 4.22 m

Nachweis Summe V

Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße

nach unten gerichtet ist.

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

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

$G_k = 6.36 \text{ kN/m}$

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

$E_{av,k} = 3.75 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 9.59 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 9.48 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -10.68 \text{ kN/m}$

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

$\delta_C [^\circ] = 10.7$

Summe  $V_k = 1.68 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 22+1

Abminderung  $q_{b,k}$  und  $q_{s,k}$  wegen Einbindetiefe  $t_g < 3.00 \text{ m} = (t_g - 0,50) / 2,50 = 0.568$



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

$$R_{Bv,d} = (37.26 - 1/2 \cdot 9.48) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.40 = 14.51 \text{ kN/m}$$

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

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 9.48 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.40 = 1.32 \text{ kN/m}$$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 18.00 \text{ MN/m}^2$   
 (gemittelt von 48.03 bis 45.78 m)  $\implies q_{b,k} = 9.37 \text{ MN/m}^2$   
 $R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0192 \cdot 9.37 \cdot 1000 / 1.40 = 128.53 \text{ kN/m}$

#### Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} \text{ [kN/m}^2\text{]}$	Bezeichnung
49.50	47.58	24.42	Sand, mitteldicht

Mantelfläche (TF + dt1) von 47.90 bis 47.58 m = 1.379 m<sup>2</sup>/m  $\implies R_{s3,d}$   
 $R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 10.78 / 1.40 = 7.70 \text{ kN/m}$   
 $R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 152.07 \text{ kN/m}$

#### Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 8.59 + 5.06 + 0.00 = 13.65 \text{ kN/m}$$

$$\implies \mu = V_d / R_d = 13.65 / 152.07 = 0.09$$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.44

gamma(Gewicht) = 0.90  
 gamma(Strömungskraft) = 1.35  
 UK Schicht = 47.58

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) = 28.04 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 11.70 \text{ [kN/m]}$

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

Grundbruchlast  $P_{g,k} = 795.15 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

Reibungswinkel  $\varphi_k = 32.00 \text{ [}^\circ\text{]}$

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

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

$\sigma_{\ddot{u}} = 68.807 \text{ [kN/m}^2\text{]}$

$\mu_e = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.066$

$\mu_e = [28.04 \cdot 1.35] / [(795.15 + 0.00) / 1.400 + 11.70] = 0.066$

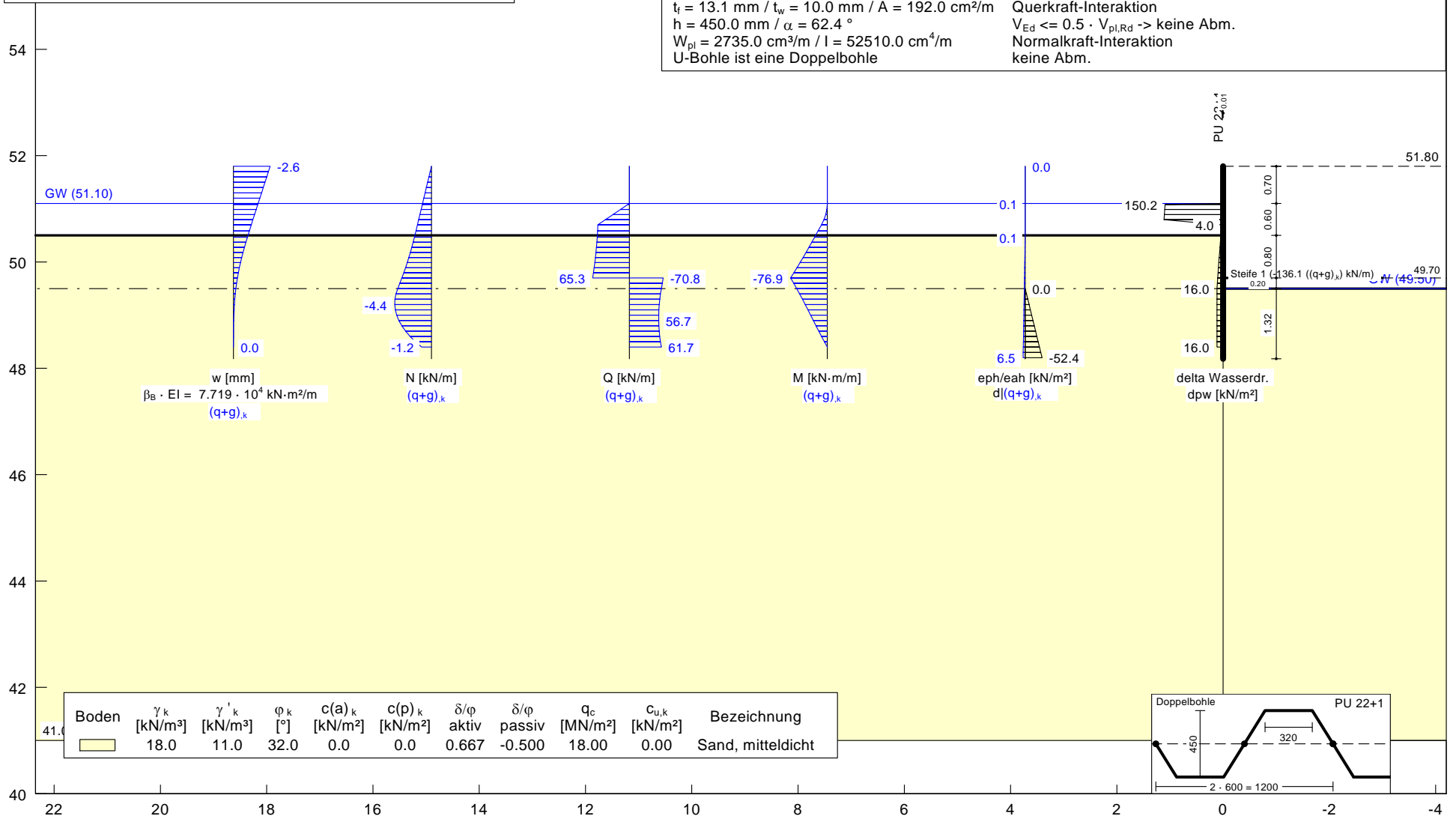
Wehr 43, Spw-Trennwand, BS-P.2  
 Norm: EC 7  
 Spundwand  
 PU 22+1  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert  $k_{ah} [-] = 0.200$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Einspanngrad = 1.000

Erf. Profillänge = 3.62 m  
 Erf. Einbindetiefe = 1.32 m  
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{Ep} = 1.40$   
 $\mu$  (Hydr. Grundbruch) = 0.55  
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.18$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.13

Bemessungswerte:  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M<sub>1,g</sub>  
 $M_{Ed} = 103.8$  kN-m/m  
 $V_{Ed} = 95.5$  kN/m  
 $N_{Ed} = -4.8$  kN/m (Druck)  
 Profil: PU 22+1 Stahlgüte: S 240 GP  
 $b = 600.0$  mm /  $b_f = 319.6$  mm  
 $t_f = 13.1$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 192.0$  cm<sup>2</sup>/m  
 $h = 450.0$  mm /  $\alpha = 62.4^\circ$   
 $W_{pl} = 2735.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 52510.0$  cm<sup>4</sup>/m  
 U-Bohle ist eine Doppelbohle

$\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 0.990 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 24.6$   
 Querschnittsklasse: 2  
 $\beta_B = 0.800$  /  $\beta_D = 0.700$   
 $f_{y,red} = 240.0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $M_{c,Rd} = 525.1$  kN-m/m  
 $V_{pl,Rd} = 1009.0$  kN/m ( $\mu = 0.095$ )  
 $N_{pl,Rd} = 4608.0$  kN/m ( $\mu = 0.001$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$  keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{c,Rd} = 525.1$  kN-m/m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.198$   
 Knicklänge = 4.20 m  
 $N_{cr} = 43187.7$  kN/m  
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.000 \leq 0.04$   
 $\rightarrow$  Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.198$



## Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 43, Spw-Trennwand, 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) = 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

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	0.00	0.01	-0.70	0.00	0.00	0.72	0.00	nein
2	0.01	0.01	-0.60	-0.70	0.72	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:

$E_{ph,d} = 24.40$  kN/m ( $E_{pv,d} = -7.00$  kN/m)

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

$B_{h(g+q),d} = 24.40$  kN/m

$B_{h,g,d} = 24.40$  kN/m

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

$B_{h,w,d} = 17.04$  kN/m

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 61.74$  kN/m

$C_{h,g,k} = 61.74$  kN/m

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

$C_{h,w,k} = 59.71$  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	-183.74	-136.10	-136.10	-134.52	2.100E+6	2.100E+7	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	-183.74	0.00	0.00
-2.70	49.70	0.0	0.0	-183.74	0.00	0.00
-2.70	49.70	0.0	0.0	-183.74	0.00	0.00
-2.40	49.70	-0.1	0.0	-183.74	0.00	0.00
-2.10	49.70	-0.1	0.0	-183.74	0.00	0.00
-1.80	49.70	-0.1	0.0	-183.74	0.00	0.00
-1.50	49.70	-0.2	0.0	-183.74	0.00	0.00
-1.20	49.70	-0.2	0.0	-183.74	0.00	0.00
-0.90	49.70	-0.3	0.0	-183.74	0.00	0.00
-0.60	49.70	-0.3	0.0	-183.74	0.00	0.00
-0.30	49.70	-0.3	0.0	-183.74	0.00	0.00
0.00	49.70	-0.4	0.0	-183.74	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	41.00	18.00	11.00	32.00	0.00	0.00	0.667	-0.500	18.00	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	41.00	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	51.100	0.000	0.078	0.00	0.00
51.100	51.083	0.078	0.049	150.00	150.17
51.083	50.796	0.049	0.069	150.17	153.04
50.796	50.700	0.069	0.075	153.04	154.00
50.700	50.468	0.075	0.091	4.00	6.32
50.468	49.796	0.091	1.984	6.32	13.04
49.796	49.700	1.984	2.254	13.04	14.00
49.700	49.500	2.254	2.818	14.00	16.00
49.500	49.200	2.818	3.663	16.00	16.00
49.200	48.700	3.663	5.072	16.00	16.00
48.700	48.400	5.072	5.917	16.00	16.00
48.400	41.000	5.917	26.768	16.00	16.00

#### 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	41.00	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	49.20	0.00	-12.10
49.20	48.70	-12.10	-32.27
48.70	48.40	-32.27	-44.37
48.40	41.00	-44.37	-342.88

#### 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	1.51
51.10	0.08	1.54

51.10	150.08	1.54
51.08	150.22	1.53
50.80	153.11	1.53
50.70	154.08	1.54
50.70	4.07	1.54
50.47	6.41	1.54
49.80	15.02	2.28
49.70	16.25	2.39
49.50	18.82	2.61
49.20	8.59	-0.24
48.70	-8.45	-4.97
48.40	-18.67	-7.82

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	-1.1	0.0	0.0	
51.08	-1.1	-2.6	0.0	
50.80	-1.5	-46.2	-7.0	
50.70	-1.7	-60.9	-12.1	
50.47	-2.0	-62.1	-26.4	
49.80	-3.3	-69.3	-70.2	
49.70	-3.5	-70.8	-76.9	-136.1
49.70	-3.5	65.3	-76.9	
49.50	-4.0	61.8	-64.2	
49.20	-4.4	57.7	-46.3	
48.70	-3.1	57.7	-17.8	
48.40	-1.2	61.7	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	
51.10	0.0	0.0	0.0	
51.08	0.0	-2.6	0.0	
50.80	0.0	-46.1	-7.0	
50.70	0.0	-60.8	-12.1	
50.47	0.0	-62.0	-26.4	
49.80	0.0	-68.5	-69.9	
49.70	0.0	-69.8	-76.6	-134.5
49.70	0.0	64.7	-76.6	
49.50	0.0	61.7	-63.9	
49.20	0.3	58.1	-46.0	
48.70	2.4	57.2	-17.5	
48.40	4.5	59.7	0.0	

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 7.719E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-2.6
51.10	-1.8
51.08	-1.7
50.80	-1.4
50.70	-1.3
50.47	-1.0
49.80	-0.3
49.70	-0.3
49.50	-0.2
49.20	-0.1
48.70	0.0
48.40	0.0

Weggrößen (w,k)

berechnet mit  $\beta, D \cdot EI = 7.719E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]
51.80	-2.6
51.10	-1.7
51.08	-1.7

50.80	-1.4
50.70	-1.3
50.47	-1.0
49.80	-0.3
49.70	-0.3
49.50	-0.2
49.20	-0.1
48.70	0.0
48.40	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

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

Theoretischer Fußpunkt = 48.400 m

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

Theoretischer Fußpunkt = 48.400 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,g

$M_{Ed} = 103.8$  kN·m/m

$V_{Ed} = 95.5$  kN/m

$N_{Ed} = -4.8$  kN/m (Druck)

Profil: PU 22+1 Stahlgüte: S 240 GP

$b = 600.0$  mm /  $b_f = 319.6$  mm

$t_f = 13.1$  mm /  $t_w = 10.0$  mm /  $A = 192.0$  cm<sup>2</sup>/m

$h = 450.0$  mm /  $\alpha = 62.4$  °

$W_{pl} = 2735.0$  cm<sup>3</sup>/m /  $I = 52510.0$  cm<sup>4</sup>/m

U-Bohle ist eine Doppelbohle

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

$\varepsilon = 0.990$  ->  $b_f / t_f / \varepsilon = 24.6$

Querschnittsklasse: 2

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

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

$M_{c,Rd} = 525.1$  kN·m/m

$V_{pl,Rd} = 1009.0$  kN/m ( $\mu = 0.095$ )

$N_{pl,Rd} = 4608.0$  kN/m ( $\mu = 0.001$ )

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 525.1$  kN·m/m

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.198$

Knicklänge = 4.20 m

$N_{cr} = 43187.7$  kN/m

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

-> Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.198$

max  $M_d = 103.8$  kN·m/m (Tiefe = 49.70 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -4.8$  kN/m;  $Q_d = -95.5$  kN/m;  $w_k = 0.3$  mm

max  $Q_d = 95.5$  kN·m/m (Tiefe = 49.70 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -4.8$  kN/m;  $M_d = -103.8$  kN·m/m;  $w_k = 0.4$  mm

max  $N_d = 5.9$  kN/m (Tiefe = 49.20 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = 77.9$  kN/m;  $M_d = -62.5$  kN·m/m;  $w_k = 0.1$  mm

max  $w_k = 2.6$  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  $t_g = 1.32$  m

Profillänge = 3.62 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

$P_{v,k} = 0.00 \text{ kN/m}$   
 $E_{av,k} = 2.46 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 6.28 \text{ kN/m}$ )  
 $C_{h,k} = 61.74 \text{ kN/m}$   
 $B_{v,k} = -6.40 \text{ kN/m}$   
 $\delta_p [^\circ] = -16.0$   
 $\delta_C [^\circ] = 10.7$   
Summe  $V_k = 16.17 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit  
(Erfahrungswerte nach EAU 2012)

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

Profil: PU 22+1

Abminderung  $q_{b,k}$  und  $q_{s,k}$  wegen Einbindetiefe  $t_g < 3.00 \text{ m} = (t_g - 0,50) / 2,50 = 0.328$

$R_{Bv,d} = (B_{h,k} - 1/2 \cdot C_{h,k}) \cdot \tan(\delta_B) / \gamma_{Ep}$   
 $R_{Bv,d} = (22.32 - 1/2 \cdot 61.74) \cdot \tan(32.0^\circ) / 1.40 = -3.82 \text{ kN/m}$   
 $R_{Cv,d} = 1/2 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) / \gamma_{Ep}$   
 $R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 61.74 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.40 = 8.62 \text{ kN/m}$

Spitzendruck  $q_{c,m} = 18.00 \text{ MN/m}^2$

(gemittelt von 48.63 bis 46.38 m)  $\implies q_{b,k} = 5.41 \text{ MN/m}^2$

$R_{b,d} = A \cdot q_{b,k} / \gamma_{qb,k} = 0.0192 \cdot 5.41 \cdot 1000 / 1.40 = 74.22 \text{ kN/m}$

Mantelreibung

von	bis	$q_{s,k} [\text{kN/m}^2]$	Bezeichnung
49.50	48.18	14.10	Sand, mitteldicht

Mantelfläche (TF + dt1) von 48.40 bis 48.18 m =  $1.379 \text{ m}^2/\text{m} \implies R_{s3,d}$

$R_{s3,d} = R_{s3,k} / \gamma_{qs,k} = 4.28 / 1.40 = 3.06 \text{ kN/m}$

$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s3,d} = 82.08 \text{ kN/m}$

Einwirkungen

$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 7.37 + 3.31 + 0.00 = 10.68 \text{ kN/m}$

$\implies \mu = V_d / R_d = 10.68 / 82.08 = 0.13$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.55

gamma(Gewicht) = 0.90

gamma(Strömungskraft) = 1.35

UK Schicht = 48.18

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) = 22.24 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 8.81 \text{ [kN/m]}$

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

Grundbruchlast  $P_{g,k} = 660.82 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

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

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

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

$\sigma_{\bar{u}} = 56.207 \text{ [kN/m}^2]$

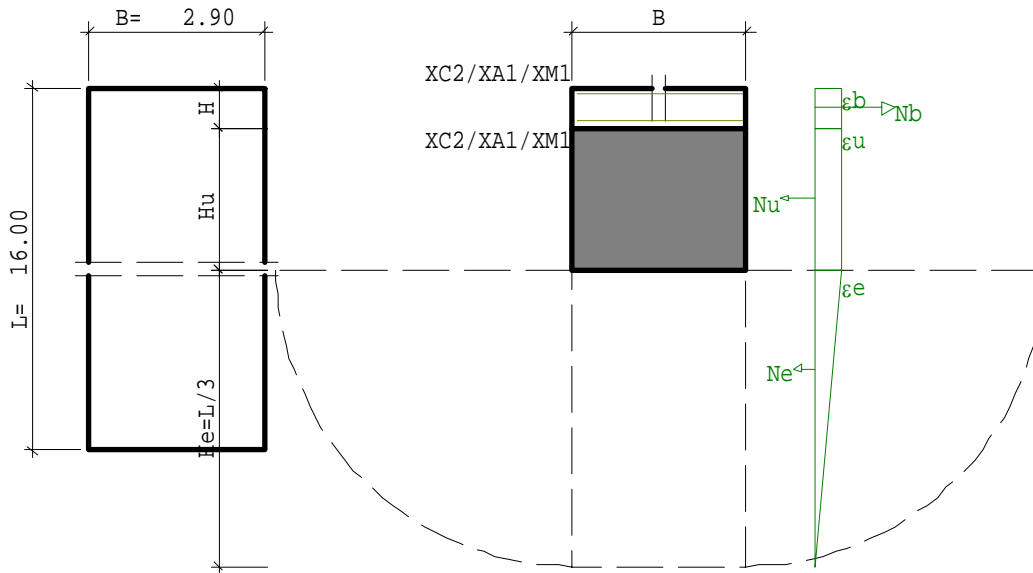
$\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.063$

$\text{mue} = [22.24 \cdot 1.35] / [(660.82 + 0.00) / 1.400 + 8.81] = 0.063$

**Position: Stb-sohle\_Hydratation Wehr\_43**

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:

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

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

Baugrund:

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

Unterbeton: C 20/25

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

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

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

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

Druckzonenhöhe                       $X = 57.3 \text{ mm}$

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

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

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

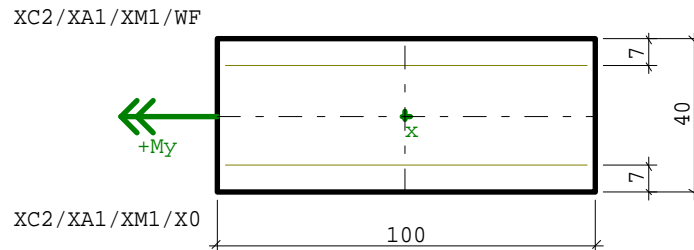
Die Bewehrung ist über die Seite B zu verteilen.

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

**Position: Stahlbetonsohle Wehr 43**

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

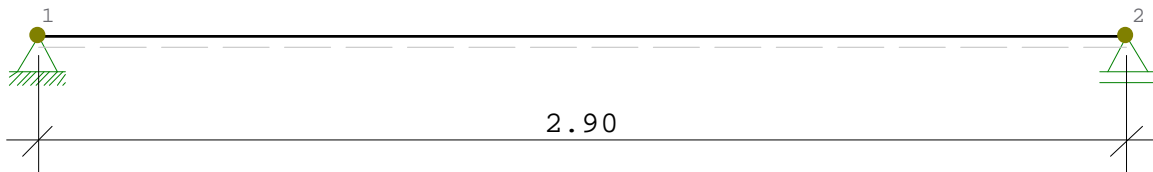
NACHWEIS RISSBREITE	
w <sub>max</sub> =	0.25 mm (nutzerdef.)      ds = 12.0 mm

Mindestbewehrung, zentrischer Zwang: kein innerer Zwang, Dauerlast βt= 0.4									
Risschnittkräfte:		vorgegebene Längskraft Ncr =		0.00 kN					
		fcteff=		3.00 N/mm2 (Mindestwert)					
Teilquer-	ds	zul.wk	σsheffAs751akckAs751b As71						
schnitt-	[mm]	[mm][N/mm2]	[cm]	[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm2]	[cm2]
Steg ob+un	12	0.25	273.9	18.0	39.44	1.00	1.00	24.00	42.66
maßgebend: As=		39.44 cm2, je Seite		As= 19.72 cm2					

**Position: Stahlbetonsohle - Aussteifung Wehr 43**

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>	$\gamma_M=1.50$
		spez. Gewicht	: 2.50 kg/dm <sup>3</sup>	

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

PLASTISCHE SCHNITTGRÖßEN						
Nr	Mat	NPl (kN)	Mply (kNm)	Qplz (kN)	Mplz (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		Querschnitt		Knoten	
	Lx (m)	Lz (m)	Q1	Q2	Ende 1	Ende 2
1	2.900	0.000	1	1	1.0	2.0

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 $\gamma = 1.35$
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	1	-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	140.000	0.000	0.000

Summe aller äußeren Lasten(kN)		
Gesamt	Fx	Fz
	140.000	0.000

AUFLAGERKRÄFTE			
Knoten Nr.	Th. 1.Ord. Kraft H (kN)	Lastfall 2 : Steife Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	140.000	0.000	
2		0.000	
Summe :	140.000	0.000	

SCHNITTGRÖSSEN						
Stab Nr.	Q Nr.	Knoten Nr.	Th. 1.Ord. Q (kN)	N (kN)	M (kNm)	Lastfall 2 : Steife
1	1	1	0.00	140.00	0.00	
		.25	0.00	140.00	0.00	
		.50	0.00	140.00	0.00	
		.75	0.00	140.00	0.00	
	2	1	2	0.00	140.00	0.00

**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 EN 1990 6.4.3

**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 Nr.	Kraft H (kN)	Kraft V (kN)	Moment M (kNm)
1	210.000	19.575	
2		19.575	
Summe :	210.000	39.150	

**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 (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	210.0	0.0	2.3	2.3
		0.250	9.8	210.0	10.6	3.2	1.4
		0.500	0.0	210.0	14.2	8.5	1.1
		0.750	-9.8	210.0	10.6	3.2	1.4
1	2	2	-19.6	210.0	0.0	2.3	2.3

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

Stab Q Nr.	Knoten Nr.	Ved (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	2.3	129.3	994.5	18.4
		0.250	9.8	3.2	129.3	994.5	18.4
		0.500	0.0	8.5	129.3	994.5	18.4
		0.750	-9.8	3.2	129.3	994.5	18.4
1	2	2	-19.6	2.3	129.3	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	0.00461	0.00000	-0.00008

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

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

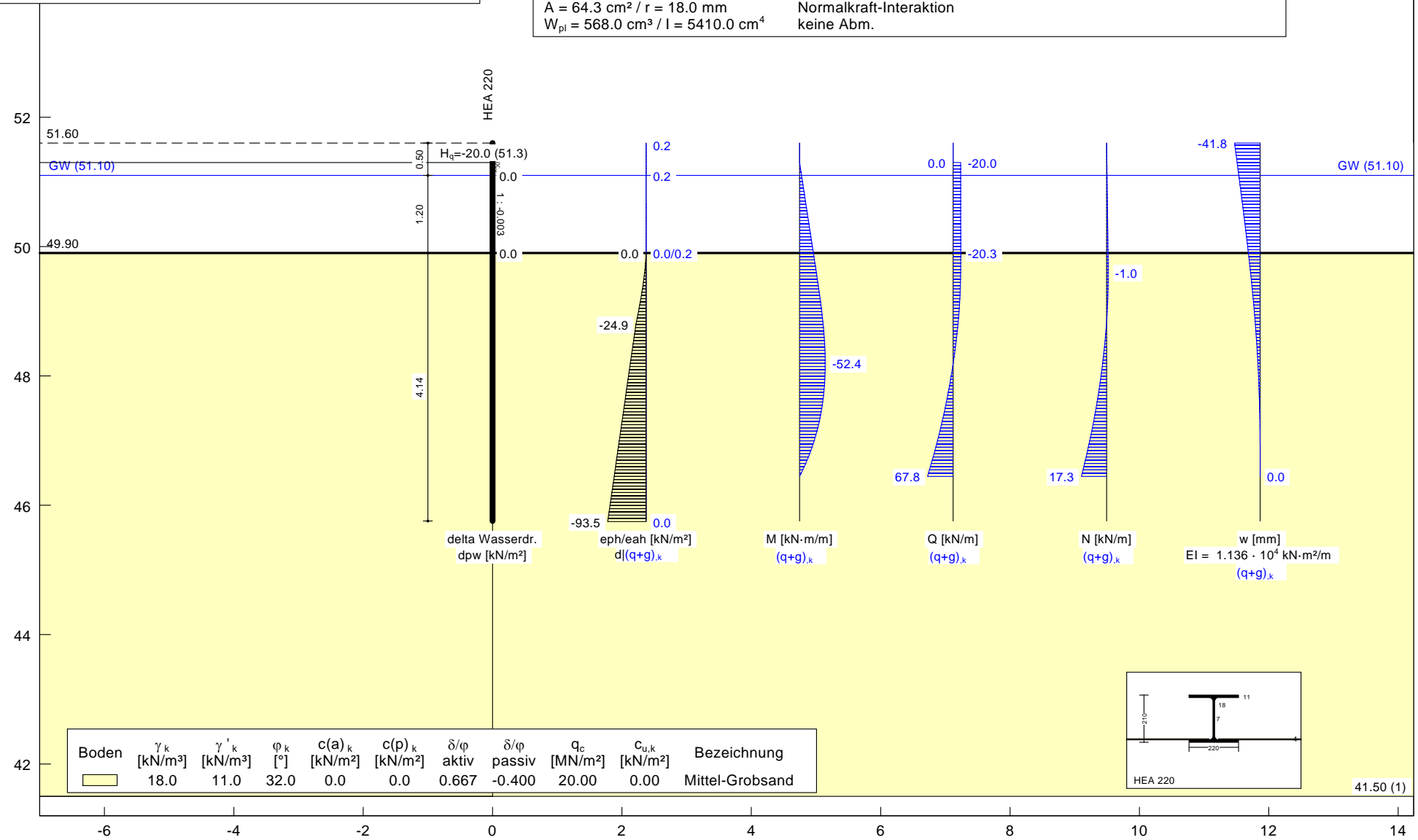
Wehr 43, Befestigungsdalben OW, BS-P.1  
 Norm: EC 7  
 Trägerbohlwand  
 HEA 220  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert mit  $\varphi = 40^\circ$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Räumliche Wirkung passiver Erddruck  
 nach: Weißenbach  
 Bohlträgerbreite = 0.220 m

Bohlträgerabstand = 1.00 m  
 Erf. Profillänge = 5.84 m  
 Erf. Einbindetiefe = 4.14 m  
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{EP} = 1.40$   
 Anpassungsfaktor  $E_p = 0.80$   
 mob. Ep erfüllt /  $\mu = 0.75$   
 $\mu(\text{Vert. Tragfähigkeit}) = 0.01$

Bemessungswerte:  
 Nachweis Bohlträger  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 78.6 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{Ed} = 0.2 \text{ kN}$   
 $N_{Ed} = 4.4 \text{ kN (Zug)}$   
 Profil: HEA 220 / Stahlgüte: S 235  
 $b = 220.0 \text{ mm} / h = 210.0 \text{ mm}$   
 $t_f = 11.0 \text{ mm} / t_w = 7.0 \text{ mm}$   
 $A = 64.3 \text{ cm}^2 / r = 18.0 \text{ mm}$   
 $W_{pl} = 568.0 \text{ cm}^3 / I = 5410.0 \text{ cm}^4$

$\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 1.000$   
 $c / t = 21.7 \text{ (St.)} / 8.0 \text{ (Fl.)}$   
 Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)  
 $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{pl,Rd} = 133.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{pl,Rd} = 279.9 \text{ kN} (\mu = 0.001)$   
 $N_{pl,Rd} = 1511.1 \text{ kN} (\mu = 0.003)$   
 Querkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{pl,Rd} = 133.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0.589$   
 $N_{Ed} > 0.0 \text{ (Zug)}$   
 -> Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.589$   
 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





## Trägerbohlwand

=====

### Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 43, 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 = 0.220 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:

$E_{ph,d} = 131.55 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -29.89 \text{ kN/m}$ )

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

$B_{h(g+q),d} = 131.55 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 1.46 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 130.09 \text{ kN/m}$

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

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 67.80 \text{ kN/m}$

$C_{h,g,k} = 0.72 \text{ kN/m}$

$C_{h,q,k} = 67.07 \text{ kN/m}$

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

## 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	48.196	0.000	0.000	0.00	0.00
48.196	47.596	0.000	0.000	0.00	0.00
47.596	46.597	0.000	0.000	0.00	0.00
46.597	46.447	0.000	0.000	0.00	0.00
46.447	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	-0.28
49.84	49.59	-0.28	-3.63
49.59	48.60	-3.63	-29.37
48.60	48.20	-29.37	-38.37
48.20	47.60	-38.37	-51.87
47.60	46.60	-51.87	-74.37
46.60	46.45	-74.37	-77.75
46.45	41.50	-77.75	-189.12

## 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
51.30	0.18	0.57
51.10	0.19	0.58
51.06	0.12	0.55
50.55	0.14	0.56
49.90	0.15	0.57
49.90	0.00	0.50
49.84	-0.19	0.46
49.59	-2.43	-0.05
48.60	-19.66	-3.96
48.20	-25.68	-5.33
47.60	-34.72	-7.38
46.60	-49.78	-10.80

46.45 -52.04 -11.32

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	-0.2	0.0	0.0
51.30	-0.2	-20.0	0.0
51.10	-0.3	-20.1	-4.0
51.06	-0.3	-20.1	-4.9
50.55	-0.6	-20.2	-15.0
49.90	-1.0	-20.3	-28.2
49.84	-1.0	-20.2	-29.3
49.59	-1.0	-20.0	-34.4
48.60	0.9	-9.2	-50.5
48.20	2.7	-0.2	-52.4
47.60	6.6	17.9	-47.4
46.60	15.6	60.2	-9.6
46.45	17.3	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
48.20	0.0	0.0	0.0
47.60	0.0	0.0	0.0
46.60	0.0	0.0	0.0
46.45	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	-41.8
51.57	-41.4
51.30	-37.7
51.10	-35.0
51.06	-34.4
50.55	-27.6
49.90	-19.3
49.84	-18.6
49.59	-15.7
48.60	-6.3
48.20	-3.7
47.60	-1.2
46.60	0.0
46.45	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
51.30	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  
48.20 0.0  
47.60 0.0  
46.60 0.0  
46.45 0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]  
phi,[g+q],k: 0.00000000  
Theoretischer Fußpunkt = 46.447 m  
phi,w,k: 0.00000000  
Theoretischer Fußpunkt = 46.447 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 78.6 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{Ed} = 0.2 \text{ kN}$   
 $N_{Ed} = 4.4 \text{ kN}$  (Zug)  
Profil: HEA 220 / Stahlgüte: S 235  
 $b = 220.0 \text{ mm}$  /  $h = 210.0 \text{ mm}$   
 $t_f = 11.0 \text{ mm}$  /  $t_w = 7.0 \text{ mm}$   
 $A = 64.3 \text{ cm}^2$  /  $r = 18.0 \text{ mm}$   
 $W_{pl} = 568.0 \text{ cm}^3$  /  $I = 5410.0 \text{ cm}^4$   
 $\gamma_{M0} = 1.00$  /  $\gamma_{M1} = 1.10$   
 $\varepsilon = 1.000$   
 $c / t = 21.7$  (St.) /  $8.0$  (Fl.)  
Klasse: 1 (St.: 1 Fl.: 1)  
 $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{pl,Rd} = 133.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{pl,Rd} = 279.9 \text{ kN}$  ( $\mu = 0.001$ )  
 $N_{pl,Rd} = 1511.1 \text{ kN}$  ( $\mu = 0.003$ )  
Querkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{pl,Rd} = 133.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0.589$   
 $N_{Ed} > 0.0$  (Zug)  
-> Kein Knicknachweis  
 $\max \mu = 0.589$

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 =  $0.4 \text{ cm}$

$\max M_d = 78.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe =  $48.20 \text{ m}$ )  
Zugehörige Werte:  $N_d = 4.4 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -0.2 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 3.7 \text{ mm}$

$\max Q_d = 101.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe =  $46.45 \text{ m}$ )  
Zugehörige Werte:  $N_d = 26.3 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

$\max N_d = 26.3 \text{ kN/m}$  (Tiefe =  $46.45 \text{ m}$ )  
Zugehörige Werte:  $Q_d = 101.6 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

$\max w_k = 41.8 \text{ mm}$  (Tiefe =  $51.60 \text{ m}$ )  
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  $t_g = 4.14 \text{ m}$   
Profillänge =  $5.84 \text{ m}$

Nachweis Summe H  
 $E_{ph,d} = 327.85 \text{ kN/m}$   
( $E_{ph,d}$  mit Wandreibungswinkel =  $-\varphi$  ermittelt)  
( $E_{ph,d}$  berechnet mit Anpassungsfaktor von:  $1.000$ )  
 $E_{ah,d} = 22.68 \text{ kN/m}$   
 $B_{h,d} = 134.23 \text{ kN/m}$   
 $E_{ah,d} + B_{h,d} \leq E_{ph,d}$  (Nachweis OK)  
 $\mu = (E_{ah,d} + B_{h,d}) / E_{ph,d}$

$$\mu = (22.68 + 134.23) / 327.85$$

$$\mu = 156.92 / 327.85 = 0.48$$

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

$$G_k = 2.95 \text{ kN}$$

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

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

$$C_{h,k} = 14.92 \text{ kN}$$

$$B_{v,k} = -4.40 \text{ kN}$$

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

$$\text{Summe } V_k = 1.45 \text{ kN (Druck)}$$

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EA Pfähle)

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

Profil: HEA 220

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

$$R_{Bv,d} = (19.37 - 1/2 \cdot 14.92) \cdot \tan(12.8^\circ) / 1.40 = 1.93 \text{ kN}$$

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

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 14.92 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.40 = 2.08 \text{ kN}$$

Verhältnisswert (min, max) = 0.00

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

(gemittelt von 45.97 bis 44.92 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	45.76	110.00	Mittel-Grobsand

Mantelfläche bis 45.76 m =  $0.802 \text{ m}^2/\text{m} \implies R_{s1,d}$

$$R_{s1,d} = \eta(s) \cdot R_{s1,k} / \gamma_{qs,k} = 0.600 \cdot 365.56 / 1.40 = 156.67 \text{ kN}$$

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

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s1,d} = 290.18 \text{ kN}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 3.98 + 0.13 + 0.00 = 4.11 \text{ kN}$$

$$\implies \mu = V_d / R_d = 4.11 / 290.18 = 0.01$$

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) = 29.85 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 20.75 \text{ [kN/m]}$

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

Grundbruchlast  $P_{g,k} = 917.93 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

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

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

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

$\sigma_{\ddot{u}} = 112.219 \text{ [kN/m}^2]$

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

$$\text{mue} = [29.85 \cdot 1.35] / [(917.93 + 0.00) / 1.400 + 20.75] = 0.060$$

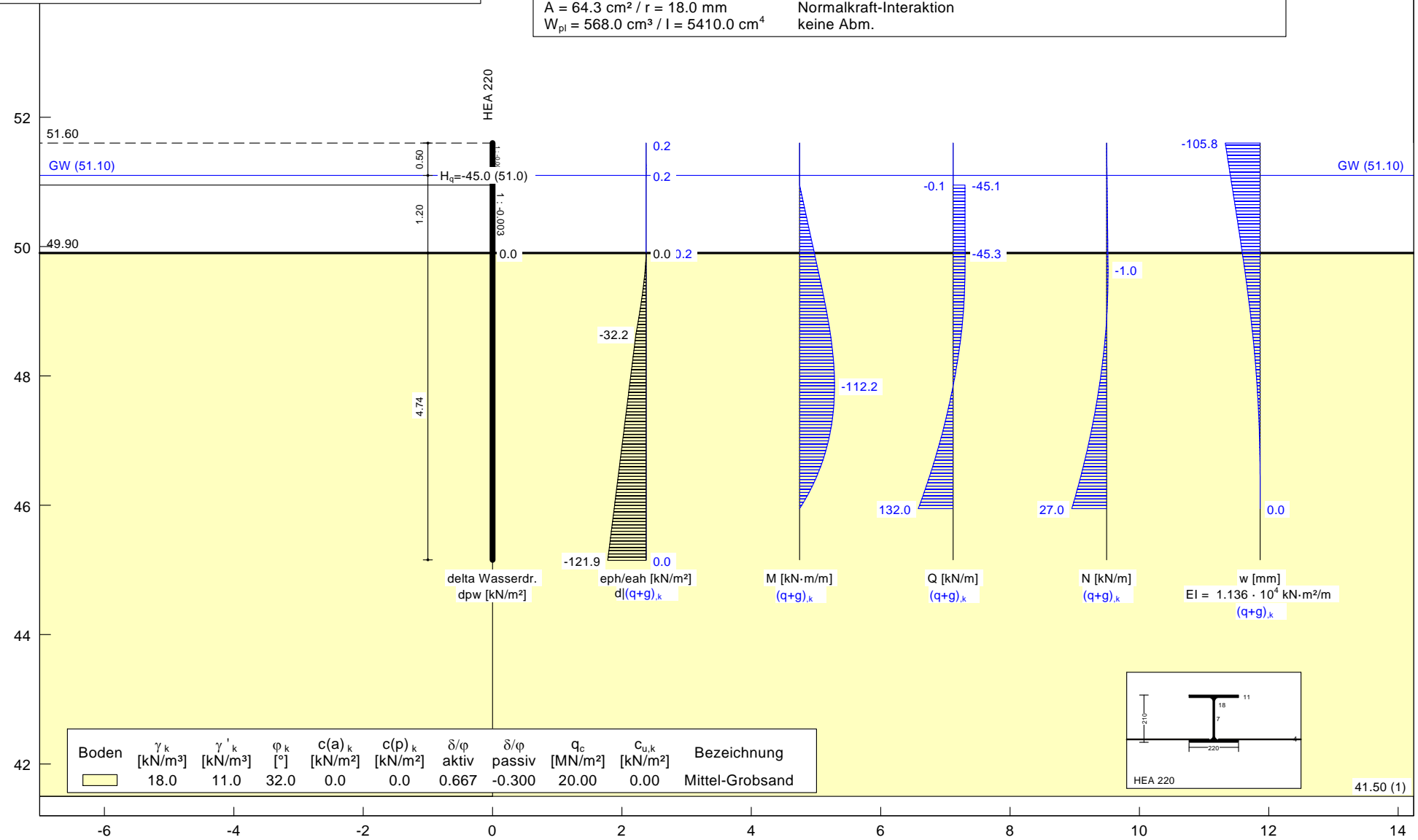
Wehr 43, Befestigungsdalben OW, BS-A-1  
 Norm: EC 7  
 Trägerbohlwand  
 HEA 220  
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085  
 Ersatzerddruck-Beiwert mit  $\varphi = 40^\circ$   
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2011  
 Räumliche Wirkung passiver Erddruck  
 nach: Weißenbach  
 Bohlträgerbreite = 0.220 m

Bohlträgerabstand = 1.00 m  
 Erf. Profillänge = 6.44 m  
 Erf. Einbindtiefe = 4.74 m  
 $\gamma_G = 1.10$   
 $\gamma_Q = 1.10$   
 $\gamma_{EP} = 1.20$   
 Anpassungsfaktor  $E_p = 0.80$   
 mob.  $E_p$  erfüllt /  $\mu = 0.75$   
 $\mu$  (Vert. Tragfähigkeit) = 0.01

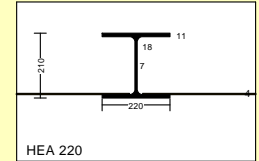
Bemessungswerte:  
 Nachweis Bohlträger  
 Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
 Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 123.4$  kN·m  
 $V_{Ed} = 0.0$  kN  
 $N_{Ed} = 6.2$  kN (Zug)  
 Profil: HEA 220 / Stahlgüte: S 355  
 $b = 220.0$  mm /  $h = 210.0$  mm  
 $t_f = 11.0$  mm /  $t_w = 7.0$  mm  
 $A = 64.3$  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 ( $\mu = 0.000$ )  
 $N_{pl,Rd} = 2282.7$  kN ( $\mu = 0.003$ )  
 Querkraft-Interaktion  
 keine Abm.  
 Normalkraft-Interaktion  
 keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{pl,Rd} = 201.6$  kN·m  
 $\mu = M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0.612$   
 $N_{Ed} > 0.0$  (Zug)  
 -> Kein Knicknachweis  
 max  $\mu = 0.612$   
 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



Boden	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_k$ [°]	$c(a)_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c(p)_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\delta/\varphi$ aktiv	$\delta/\varphi$ passiv	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$C_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	18.0	11.0	32.0	0.0	0.0	0.667	-0.300	20.00	0.00	Mittel-Grobsand



41.50 (1)

## Trägerbohlwand

=====

### Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Wehr 43, 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 = 0.220 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:

$E_{ph,d} = 196.42 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -33.22 \text{ kN/m}$ )

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

$B_{h(g+q),d} = 196.42 \text{ kN/m}$

$B_{h,g,d} = 1.05 \text{ kN/m}$

$B_{h,q,d} = 195.37 \text{ kN/m}$

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

Ersatzkräfte  $C_h$  (Blum)

$C_{h,k} = 132.00 \text{ kN/m}$

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

$C_{h,q,k} = 131.31 \text{ kN/m}$

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

## 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	-0.300	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	47.846	0.000	0.000	0.00	0.00
47.846	47.596	0.000	0.000	0.00	0.00
47.596	46.597	0.000	0.000	0.00	0.00
46.597	45.947	0.000	0.000	0.00	0.00
45.947	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	4.355	4.718	32.000	-9.60	22.84

## 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	-0.30
49.84	49.59	-0.30	-3.89
49.59	48.60	-3.89	-33.45
48.60	47.85	-33.45	-52.67
47.85	47.60	-52.67	-59.08
47.60	46.60	-59.08	-84.70
46.60	45.95	-84.70	-101.36
45.95	41.50	-101.36	-215.39

## 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	-0.27	0.46
49.59	-3.51	-0.09
48.60	-30.19	-4.60
47.85	-47.53	-7.53
47.60	-53.31	-8.51
46.60	-76.44	-12.42



45.95 -91.47 -14.97

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	1.1	-29.1	-100.5
47.85	5.7	0.0	-112.2
47.60	7.7	12.6	-110.6
46.60	18.1	77.5	-67.5
45.95	27.0	132.0	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
47.85	0.0	0.0	0.0
47.60	0.0	0.0	0.0
46.60	0.0	0.0	0.0
45.95	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	-105.8
51.57	-104.8
51.10	-90.4
51.06	-89.1
50.95	-85.8
50.55	-73.4
49.90	-54.1
49.84	-52.5
49.59	-45.6
48.60	-21.7
47.85	-9.3
47.60	-6.4
46.60	-0.5
45.95	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  
47.85 0.0  
47.60 0.0  
46.60 0.0  
45.95 0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]  
phi,[g+q],k: 0.00000000  
Theoretischer Fußpunkt = 45.947 m  
phi,w,k: 0.00000000  
Theoretischer Fußpunkt = 45.947 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)  
Bemessungssituation: max M,gq  
 $M_{Ed} = 123.4 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$   
 $N_{Ed} = 6.2 \text{ kN}$  (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)  
 $f_y = 355.0 \text{ N/mm}^2$   
 $M_{pl,Rd} = 201.6 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $V_{pl,Rd} = 422.8 \text{ kN}$  ( $\mu = 0.000$ )  
 $N_{pl,Rd} = 2282.7 \text{ kN}$  ( $\mu = 0.003$ )  
Querkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Normalkraft-Interaktion  
keine Abm.  
Nachweis  $M_{Rd}$   
 $M_{pl,Rd} = 201.6 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $\mu = M_{Ed} / M_{pl,Rd} = 0.612$   
 $N_{Ed} > 0.0$  (Zug)  
-> Kein Knicknachweis  
 $\max \mu = 0.612$

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

$\max M_d = 123.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 47.85 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 6.2 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = 0.0 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 9.3 \text{ mm}$

$\max Q_d = 145.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$  (Tiefe = 45.95 m)  
Zugehörige Werte:  $N_d = 29.7 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

$\max N_d = 29.7 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 45.95 m)  
Zugehörige Werte:  $Q_d = 145.2 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

$\max w_k = 105.8 \text{ mm}$  (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  $t_g = 4.74 \text{ m}$   
Profillänge = 6.44 m

Nachweis Summe H  
 $E_{ph,d} = 501.19 \text{ kN/m}$   
( $E_{ph,d}$  mit Wandreibungswinkel =  $-\varphi$  ermittelt)  
( $E_{ph,d}$  berechnet mit Anpassungsfaktor von: 1.000)  
 $E_{ah,d} = 24.22 \text{ kN/m}$   
 $B_{h,d} = 200.33 \text{ kN/m}$   
 $E_{ah,d} + B_{h,d} \leq E_{ph,d}$  (Nachweis OK)  
 $\mu = (E_{ah,d} + B_{h,d}) / E_{ph,d}$

$$\mu = (24.22 + 200.33) / 501.19$$

$$\mu = 224.54 / 501.19 = 0.45$$

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

$$G_k = 3.25 \text{ kN}$$

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

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

$$C_{h,k} = 29.04 \text{ kN}$$

$$B_{v,k} = -6.60 \text{ kN}$$

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

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

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

(Erfahrungswerte nach EA Pfähle)

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

Profil: HEA 220

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

$$R_{Bv,d} = (39.00 - 1/2 \cdot 29.04) \cdot \tan(9.6^\circ) / 1.20 = 3.45 \text{ kN}$$

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

$$R_{Cv,d} = 1/2 \cdot 29.04 \cdot \tan(21.3^\circ) / 1.20 = 4.73 \text{ kN}$$

Verhältnisswert (min, max) = 0.00

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

(gemittelt von 45.37 bis 44.32 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	45.16	110.00	Mittel-Grobsand

Mantelfläche bis 45.16 m = 0.802 m<sup>2</sup>/m  $\implies R_{s1,d}$

$$R_{s1,d} = \eta(s) \cdot R_{s1,k} / \gamma_{qs,k} = 0.600 \cdot 418.46 / 1.40 = 179.34 \text{ kN}$$

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

$$R_d = R_{Bv,d} + R_{Cv,d} + R_{b,d} + R_{s1,d} = 317.01 \text{ kN}$$

Einwirkungen

$$V_d = G_d + E_{av,d} + P_{v,d} = 3.58 + 0.11 + 0.00 = 3.68 \text{ kN}$$

$$\implies \mu = V_d / R_d = 3.68 / 317.01 = 0.01$$

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) = 34.13 [kN/m]

(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.000)

$E_{av,k} (\delta = 2/3 \cdot \varphi) = 25.01 \text{ [kN/m]}$

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

Grundbruchlast  $P_{g,k} = 1010.10 \text{ [kN/m]}$

Grundbruch mit:

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



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

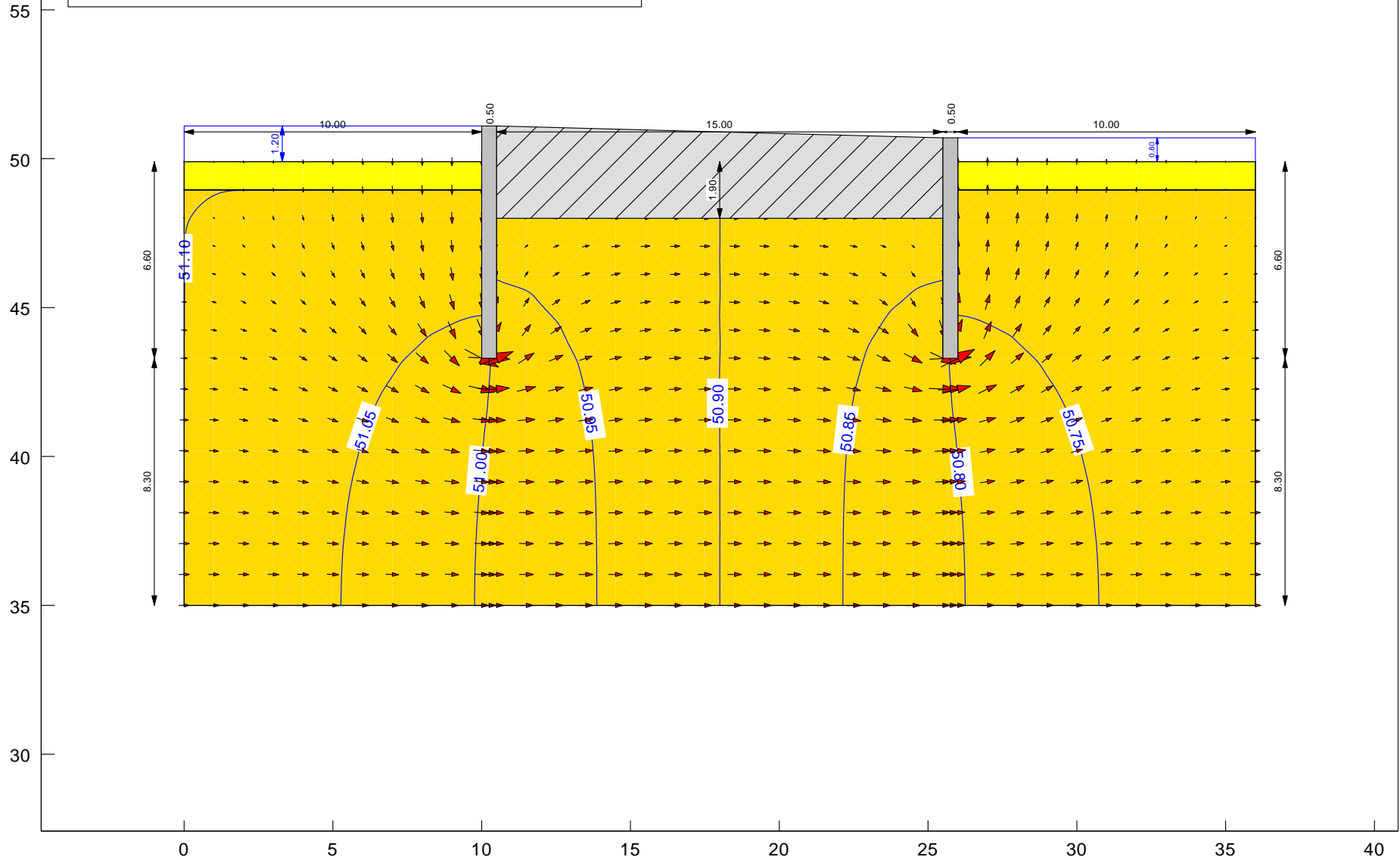
$N_d = 23.177 / N_p = 13.858 / N_c = 35.490$



$\sigma_{\ddot{u}} = 123.914 \text{ [kN/m}^2]$

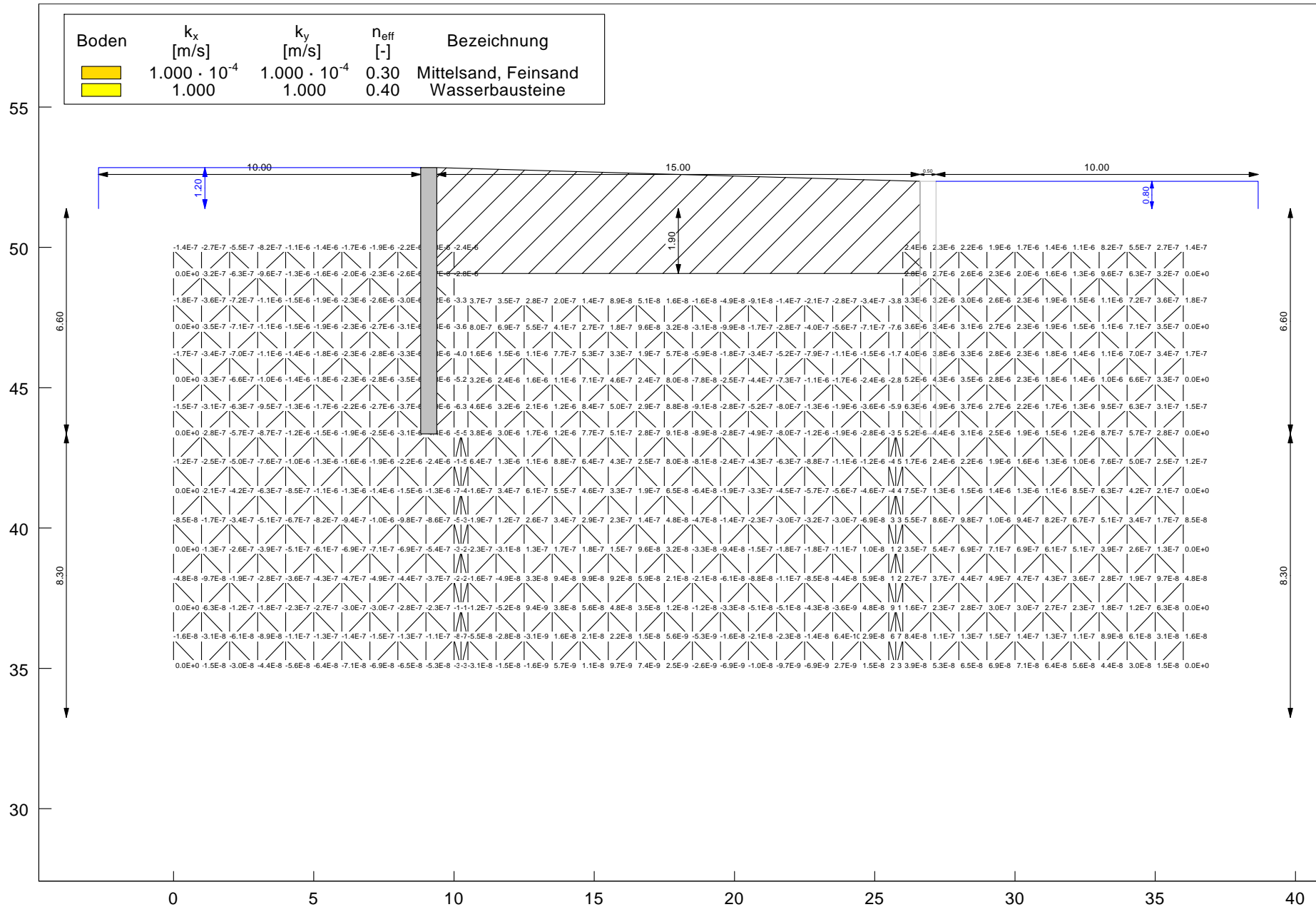
$$\text{mue} = [G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k + E_{av,k}) / \gamma_{Gr}] = 0.044$$


$$\text{mue} = [34.13 \cdot 1.10] / [(1010.10 + 0.00) / 1.200 + 25.01] = 0.044$$

Boden	$k_x$ [m/s]	$k_y$ [m/s]	$n_{eff}$ [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Mittelsand, Feinsand
	1.000	1.000	0.40	Wasserbausteine



Boden	$k_x$ [m/s]	$k_y$ [m/s]	$n_{eff}$ [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Mittelsand, Feinsand
	1.000	1.000	0.40	Wasserbausteine

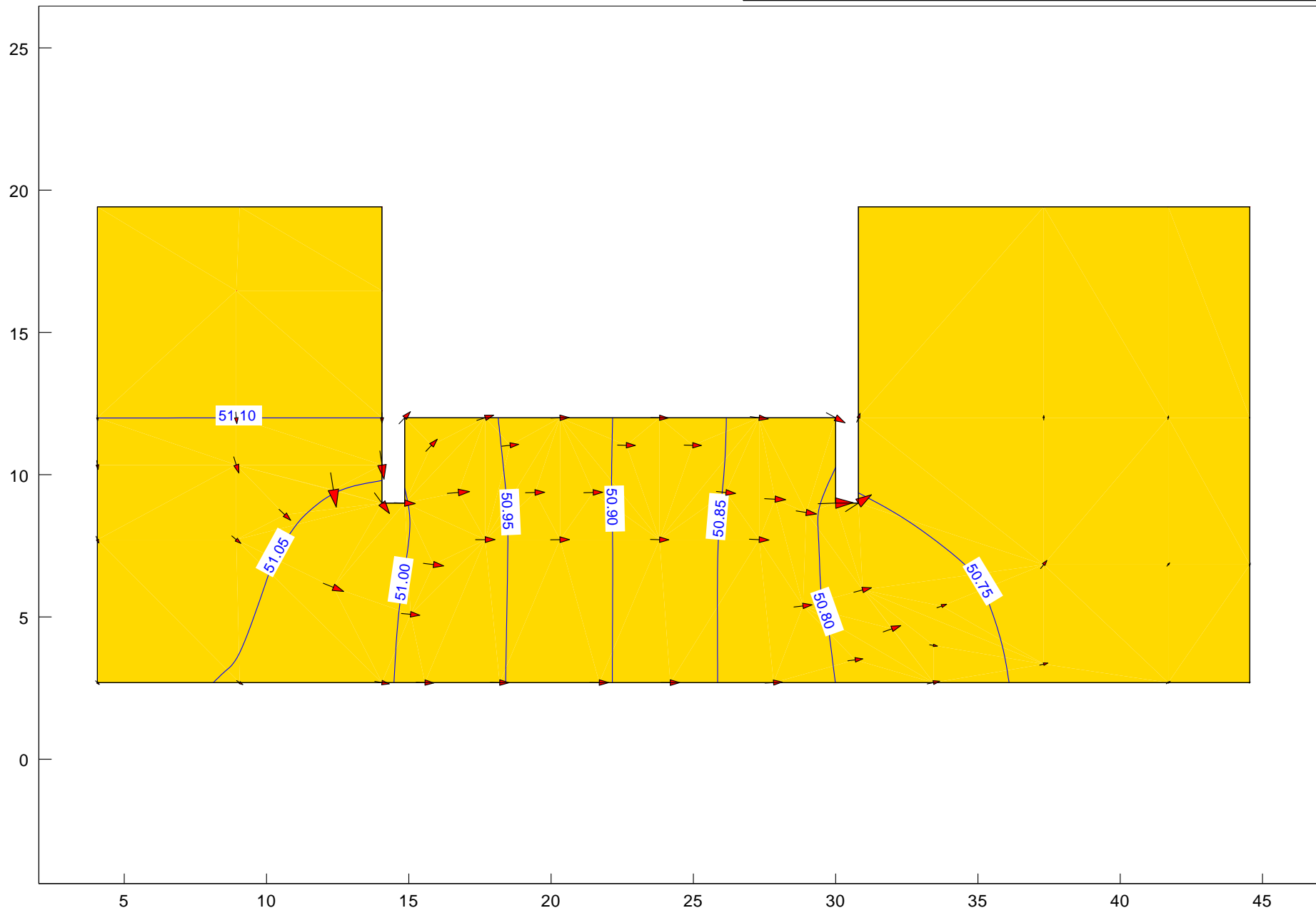



Boden	$k_{hx}$ [m/s]	$k_{hy}$ [m/s]	$n_{eff}$ [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Mittelsand

IHC-IPP-HYDRO-CONSULT-GmbH  
Wehr 42

Geohydraulische Berechnung  
Umströmung

Potential  
Anlage Technische Berechnungen

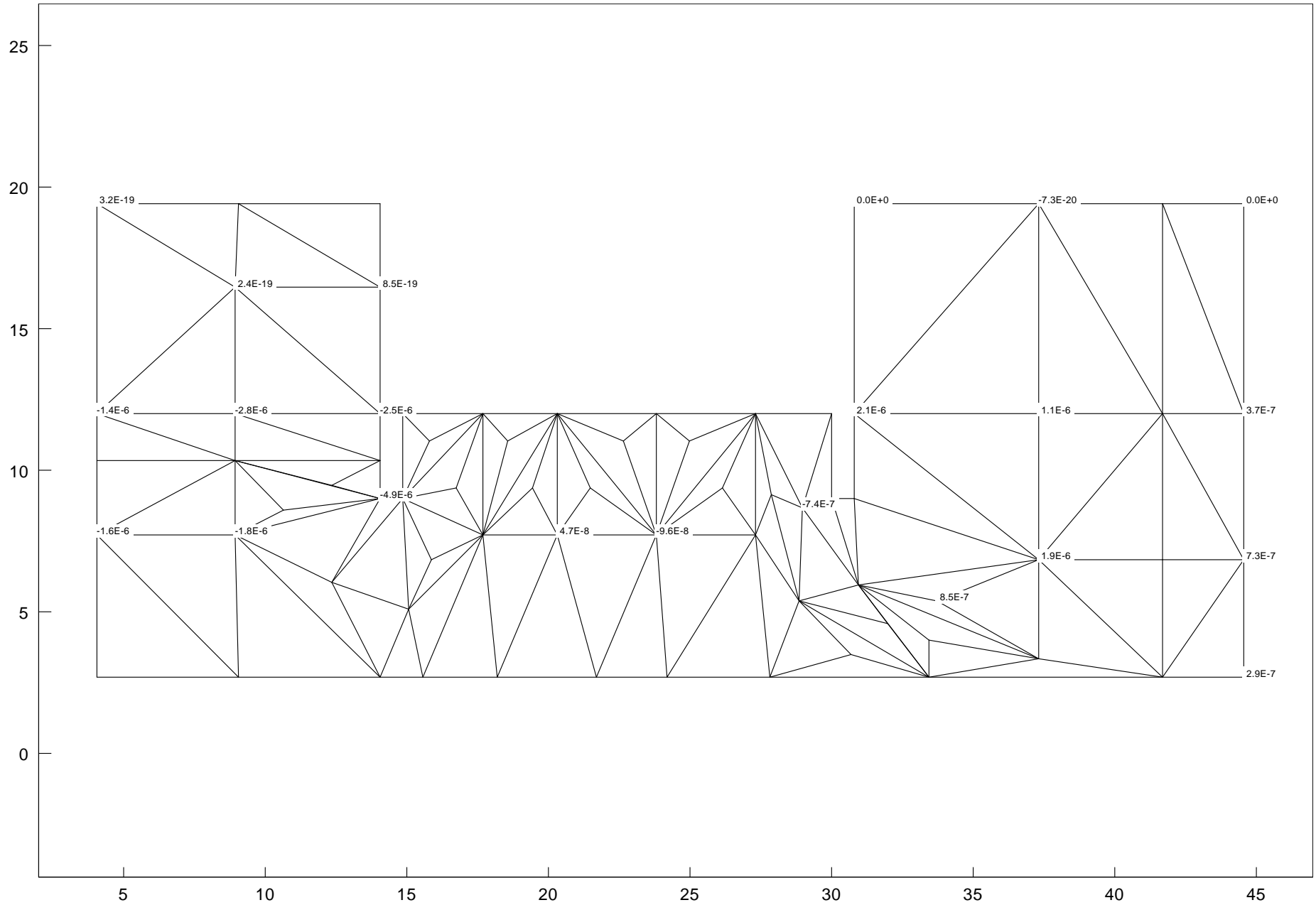



Boden	$k_{hx}$ [m/s]	$k_{hy}$ [m/s]	$n_{eff}$ [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.30	Mittelsand

IHC-IPP-HYDRO-CONSULT-GmbH  
Wehr 43

Geohydraulische Berechnung  
Umströmung

Potential  
Anlage Technische Berechnungen

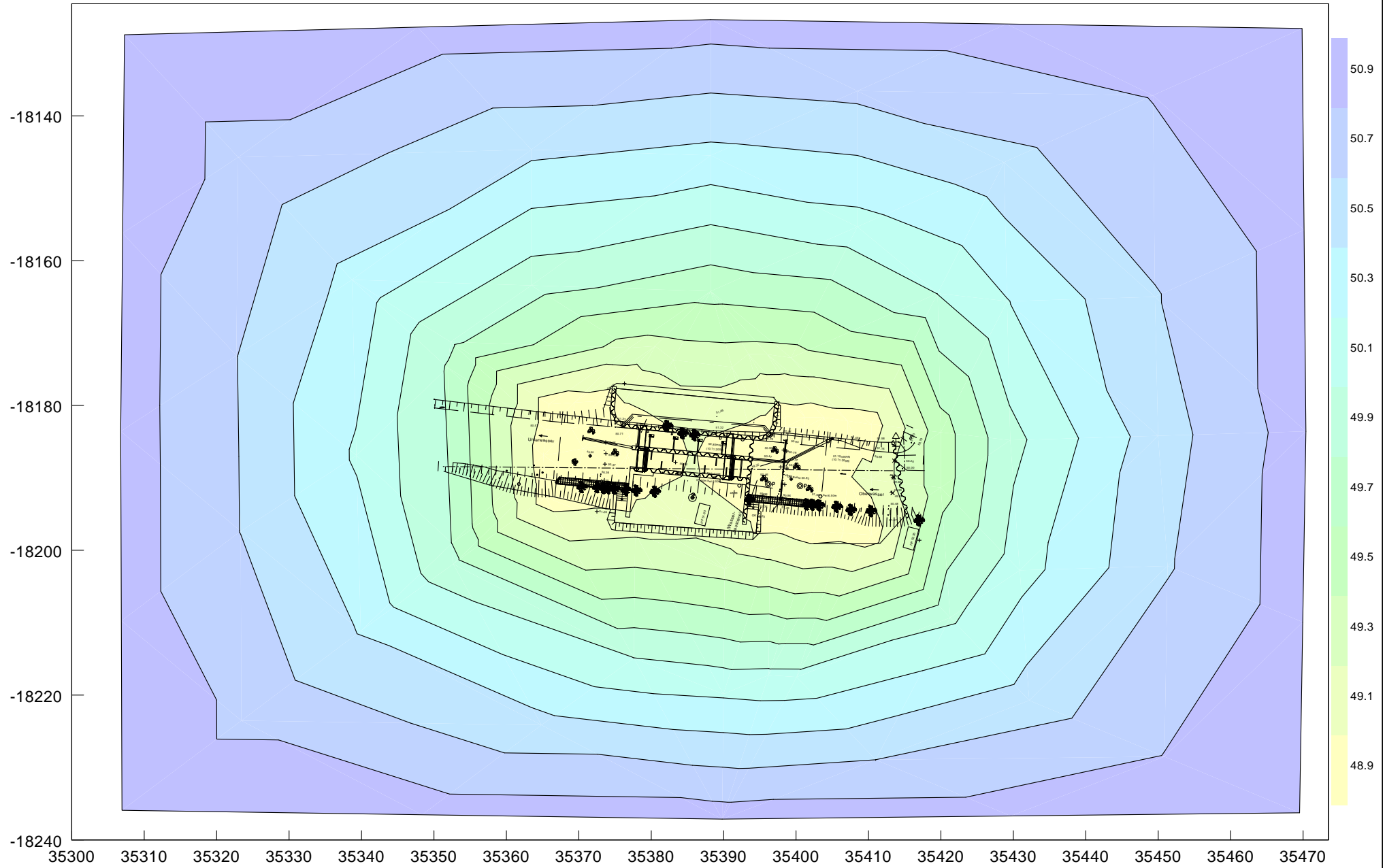


Boden	$k_{hx}$ [m/s]	$k_{hy}$ [m/s]	$n_{eff}$ [-]	Bezeichnung
	$1.300 \cdot 10^{-4}$	$1.300 \cdot 10^{-4}$	0.30	Mittelsand


IHC-IPP-HYDRO-CONSULT-GmbH  
Wehr 43

Geohydraulische Berechnung  
Bauzeitliche Grundwasserhaltung

Anlage Grundwasserhaltung



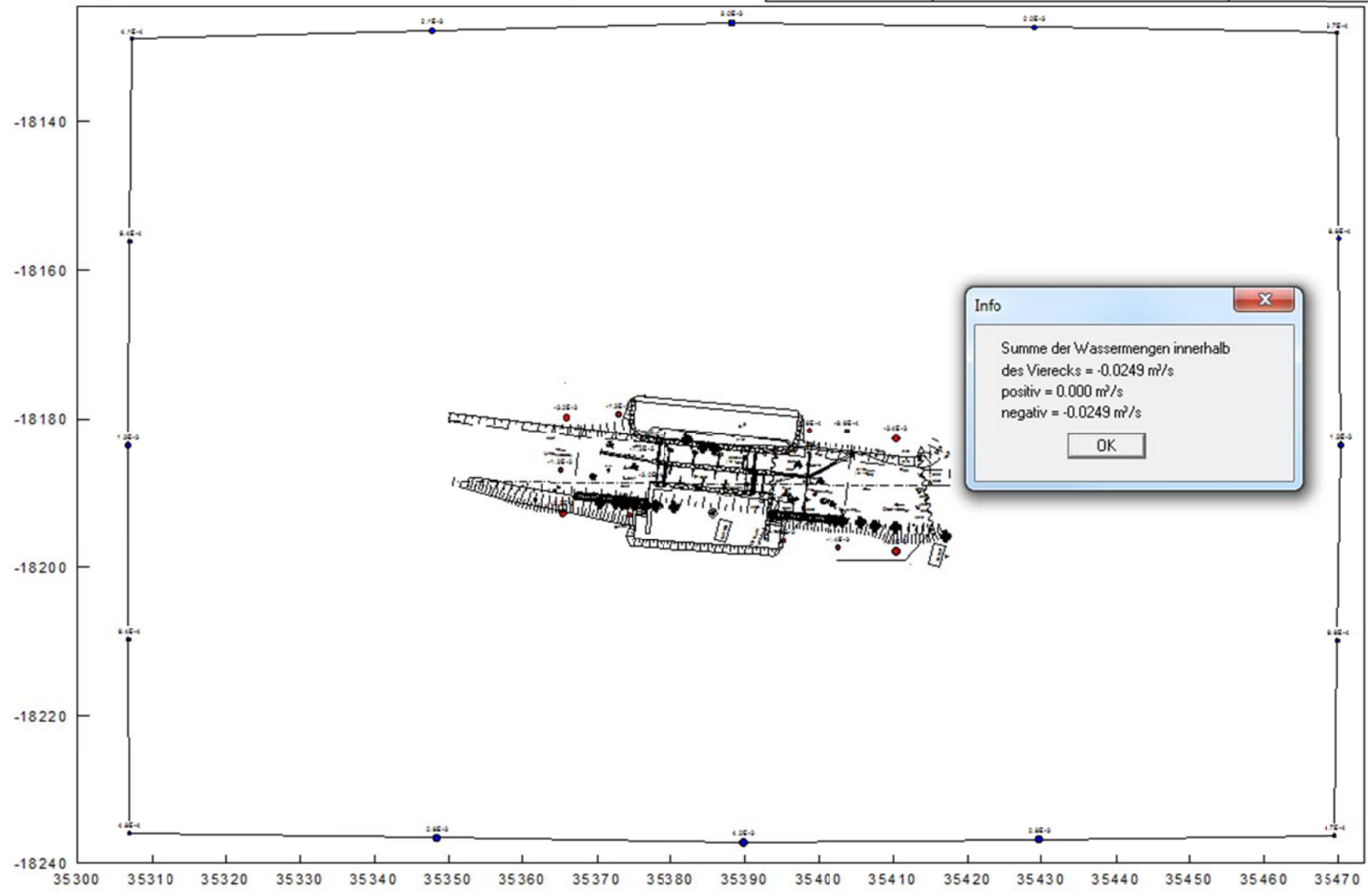


Boden	$k_{hx}$ [m/s]	$k_{hy}$ [m/s]	$n_{em}$ [-]	Bezeichnung
	$1.300 \cdot 10^{-4}$	$1.300 \cdot 10^{-4}$	0.30	Mittelsand

ISO-IPPHYDRO-CONSULT-G.MBH  
Wehr 43

Geohydraulische Berechnung  
Bauzeitliche Grundwasserhaltung

Teil B  
Anlage Technische Berechnungen



Info

Summe der Wassermengen innerhalb  
des Vierecks =  $-0.0249 \text{ m}^3/\text{s}$   
positiv =  $0.000 \text{ m}^3/\text{s}$   
negativ =  $-0.0249 \text{ m}^3/\text{s}$

OK