Spundwand
==========

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

FAA-Wehr Wahrenbrück-Krautfang_Bagger

Indices:
d = Bemessungswert
k = charakteristisch
g = Ständig, einschließlich Wasserdruck
q = Veränderlich
g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck
w = Wasserdruck

Wandkopf = 85.50 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100
Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100

Baugrubensohle = 82.40 m
Grundwasserstand (rechts) = 82.90 m
Grundwasserstand (links) = 82.40 m
Wasserdruck auf "0.0" gesetzt, wenn zur Erdseite gerichtet.

Teilsicherheiten
γ_G = 1.35
γ_Q = 1.50
γ_{Ep} = 1.40
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Flächenlast p = 10.00 kN/m² als ständige Last

Blocklasten
Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

Nr.	sig(v)	sig(h)	x(links)	x(rechts)	Tiefe
[-]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	[m]	[m]
1	33.30	0.00	0.00	3.00	85.50

Lastordinaten Blocklasten (aktiver Anteil)

Nr.	y(oben)	y(mitte)	y(unten)	p(oben)	p(mitte)	p(unten)	Typ	
[-]	[m]	[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]		
1	85.50	85.50	80.95	6.72	6.72	6.72	0	Verkehrslast

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt
Typ = 1 ==> dreieckförmig verteilt (Maximum mittig)
Typ = 2 ==> dreieckförmig verteilt (Maximum oben)
Typ = 3 ==> trapezförmig (oben / unten = 3:1)

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:
Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:
Eph,d = 642.63 kN/m (Epv,d = -212.99 kN/m)
Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000
Bh(g+q),d = 642.63 kN/m
Bh,g,d = 475.61 kN/m
Bh,q,d = 167.02 kN/m

Ersatzkräfte C_h (Blum)
$C_{h,k}$ = 273.57 kN/m
$C_{h,g,k}$ = 183.40 kN/m
$C_{h,q,k}$ = 90.16 kN/m
$C_{h,w,k}$ = 21.24 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	$\gamma_{,k}$	$\gamma'_{,k}$	$\varphi_{,k}$	c(akt),k	c(pas),k	d(a)/φ	d(p)/phi

[-]	[m]	[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kN/m²]	[kN/m²]	[-]	[-]
1	85.00	20.00	11.00	37.50	0.00	0.00	0.667	-
2	81.20	17.00	9.00	30.00	0.00	0.00	0.667	-0.600
3	77.70	18.00	10.00	35.00	0.00	0.00	0.670	-0.500
4	74.50	21.00	13.00	41.00	0.00	0.00	0.670	-0.500

Aktive Erddruckbeiwerte
Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200
bestimmt nach: DIN 4085

Schicht	UK	k_{agh}	k_{ach}	$\varphi_{,k}$	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	85.00	0.200	0.762	37.500	25.01	60.41
2	81.20	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
3	77.70	0.224	0.811	35.000	23.45	58.93
4	74.50	0.170	0.694	41.000	27.47	62.46

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	Wasserdruck
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]	oben[kN/m²]	unten[kN/m²]
85.500	85.000	8.727	10.731	0.00	0.00
85.000	84.400	12.309	15.159	0.00	0.00
84.400	83.400	15.159	19.908	0.00	0.00
83.400	82.900	19.908	22.283	0.00	0.00
82.900	82.400	22.283	23.540	0.00	5.00
82.400	81.400	23.540	26.054	5.00	5.00
81.400	81.200	26.054	26.557	5.00	5.00
81.200	80.949	22.642	23.205	5.00	5.00
80.949	80.441	23.205	17.621	5.00	5.00
80.441	79.426	17.621	19.897	5.00	5.00
79.426	78.411	19.897	22.174	5.00	5.00
78.411	77.700	22.174	23.767	5.00	5.00
77.700	77.400	21.200	21.980	5.00	5.00
77.400	77.200	21.980	22.500	5.00	5.00
77.200	74.500	22.500	29.520	5.00	5.00

Passive Erddruckbeiwerte
bestimmt nach: DIN 4085:2011

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	$\varphi_{,k}$	δ	θ
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
2	81.20	4.802	5.225	30.000	-18.00	19.10
3	77.70	6.319	6.168	35.000	-17.50	17.41
4	74.50	9.895	8.206	41.000	-20.50	13.43

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)
Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40
Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]
82.90	82.40	0.00	0.00
82.40	81.40	0.00	-30.87
81.40	81.20	-30.87	-37.05
81.20	80.95	-48.75	-60.08
80.95	80.44	-60.08	-82.99
80.44	79.43	-82.99	-128.82
79.43	78.41	-128.82	-174.64
78.41	77.70	-174.64	-206.72
77.70	77.40	-323.70	-351.27
77.40	77.20	-351.27	-369.64
77.20	74.50	-369.64	-617.72

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

Tiefe	h	v
[m]	[kN/m²]	[kN/m²]
85.50	8.73	5.25
85.00	10.73	6.18
85.00	12.31	5.66
84.40	15.16	6.70
83.40	19.91	8.43
82.90	22.28	9.29
82.40	28.54	9.75

81.40	8.67	3.39
81.20	4.70	2.12
81.20	-7.70	-0.14
80.95	-15.35	-2.49
80.44	-37.55	-10.15
79.43	-68.50	-19.64
78.41	-99.45	-29.13
77.70	-121.11	-35.77
77.70	-208.49	-75.55
77.40	-227.70	-82.61
77.20	-240.50	-87.33

Schnittgrößen ([g+q],k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
85.50	0.0	0.0	0.0
85.00	-2.9	-4.9	-1.2
84.40	-6.6	-13.1	-6.5
83.40	-14.1	-30.6	-28.0
82.90	-18.6	-41.2	-45.9
82.40	-23.3	-53.9	-69.5
81.40	-29.9	-72.5	-134.4
81.20	-30.4	-73.8	-149.0
80.95	-30.1	-70.9	-167.2
80.44	-26.3	-56.1	-199.9
79.43	-11.2	-2.3	-232.2
78.41	13.6	82.9	-193.9
77.70	36.6	161.3	-108.1
77.40	60.4	226.7	-50.0
77.20	77.3	273.6	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [m]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN·m/m]
85.50	0.0	0.0	0.0
85.00	0.0	0.0	0.0
84.40	0.0	0.0	0.0
83.40	0.0	0.0	0.0
82.90	0.0	0.0	0.0
82.40	0.0	-1.3	-0.2
81.40	0.4	-5.1	-3.6
81.20	0.5	-5.6	-4.6
80.95	0.9	-5.8	-6.1
80.44	1.7	-5.6	-9.0
79.43	4.3	-2.6	-13.4
78.41	8.0	4.0	-13.0
77.70	11.2	10.7	-7.9
77.40	14.0	16.8	-3.8
77.20	16.1	21.2	0.0

Weggrößen ([g+q],k)
berechnet mit EI = 7.182E+4 kN·m²/m

Tiefe [m]	w [mm]
85.50	-70.1
85.00	-63.8
84.40	-56.2
83.40	-43.5
82.90	-37.4
82.40	-31.3
81.40	-20.1
81.20	-18.1
80.95	-15.6
80.44	-11.1
79.43	-4.4
78.41	-0.9
77.70	-0.1
77.40	0.0
77.20	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]
phi,[g+q],k: 0.00000000
Theoretischer Fußpunkt = 77.200 m

Maximalwerte
Maximales Moment = M_d = 326.3 kN·m/m
Maximale Querkraft = Q_d = 382.8 kN/m
Zugehörige Normalkraft = N_d = -15.3 kN/m
Maximale Verschiebung = w_k = 70.1 mm
Wandkopfverdrehung = $\varphi_{,k}$ = -0.73 °

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)
M_{Ed} = 326.3 kN·m/m
V_{Ed} = 2.7 kN/m
N_{Ed} = -15.3 kN/m (Druck)
Profil: AZ 18 Stahlgüte: S 240 GP
Wasserdruckdifferenz = 0.50 m
b = 630.0 mm / b_f = 356.0 mm
t_f = 9.5 mm / t_w = 9.5 mm / A = 150.0 cm²/m
h = 380.0 mm / α = 55.4 °
W_{pl} = 2104.0 cm³/m / I = 34200.0 cm⁴/m
γ_{M0} = 1.00 / γ_{M1} = 1.10
ε = 0.990 -> b_f / t_f / ε = 37.9
Querschnittsklasse: 2
$f_{y,red}$ = 240.0 N/mm²
$M_{c,Rd}$ = 505.0 kN·m/m
$V_{pl,Rd}$ = 774.1 kN/m (μ = 0.003)
$N_{pl,Rd}$ = 3600.0 kN/m (μ = 0.004)
Querkraft-Interaktion
V_{Ed} <= 0.5 · $V_{pl,Rd}$ -> keine Abm.
Normalkraft-Interaktion
keine Abm.
Nachweis M_{Rd}
$M_{c,Rd}$ = 505.0 kN·m/m
μ = M_{Ed} / $M_{c,Rd}$ = 0.646
Knicklänge = 13.08 m
N_{cr} = 4143.1 kN/m
N_{Ed} / N_{cr} = 0.004 <= 0.04
-> Kein Knicknachweis
max μ = 0.646

max M_d = 326.3 kN·m/m (Tiefe = 79.43 m)
Zugehörige Werte: N_d = -15.3 kN/m; Q_d = -2.7 kN/m; w_k = 6.1 mm

max Q_d = 382.8 kN·m/m (Tiefe = 77.20 m)
Zugehörige Werte: N_d = 108.7 kN/m; M_d = 0.0 kN·m/m; w_k = 0.0 mm

max N_d = 108.7 kN/m (Tiefe = 77.20 m)
Zugehörige Werte: Q_d = 382.8 kN/m; M_d = 0.0 kN·m/m; w_k = 0.0 mm

max w_k = 70.1 mm (Tiefe = 85.50 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 = 6.24 m
Profillänge = 9.34 m

Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße
nach unten gerichtet ist.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G_k + P_{v,k} + E_{av,k} + 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_C) >= B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p)$
G_k = 11.00 kN/ m
$P_{v,k}$ = 0.00 kN/ m
$E_{av,k}$ = 67.30 kN/ m ($E_{ah,k}$ = 165.11 kN/ m)
$C_{h,k}$ = 273.57 kN/ m
$B_{v,k}$ = -154.42 kN/ m
δ_p [°] = -20.5
δ_C [°] = 13.7
Summe V_k = 8.24 kN/ m (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
Nachweis mit Bemessungsgrößen
$(Q_{g,k} + B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p) / \gamma_P >= P_{v,d} + E_{av,d} + G_d + 0.5 \cdot C_{h,d} \cdot \tan(\delta_C)$
($Q_{g,k}$ = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)
(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)
γ_P i.a. = 1.40
$P_{v,d}$ = 0.00 kN/ m
$E_{av,d}$ = 92.62 kN/ m
G_d = 14.85 kN/ m
$C_{h,d}$ = 382.84 kN/ m

Folgender Nachweis ist zu erbringen:
$(Q_{g,k}$ + 154.42 - 51.14) / γ_P >= 153.96

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

Ausnutzungsgrad Hydraulischer Grundbruch = 0.09
gamma(Gewicht) = 0.95
gamma(Strömungskraft) = 1.80
UK Schicht = 81.20

Nachweis Auftriebssicherheit nicht erforderlich !

Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99
Verkehrslasten vereinfacht nach EAB EB 104 berücksichtigt
Faktor Verkehrslasten fQ = 1.500 / 1.350 = 1.111
Teilsicherheit (Grundbruch) γ_{Gr} = 1.400
Breite = 0.62 m
Gewicht G_k (einschließlich Verkehr) = 101.07 [kN/m]
(Verkehr erhöht mit Faktor = 1.111)
$E_{av,k}$ ($\delta = 2/3 \cdot \varphi$) = 55.83 [kN/m]
Kohäsionskraft K_k = 0.00 [kN/m]
Grundbruchlast $P_{g,k}$ = 1805.64 [kN/m]
mue = $[G_k \cdot \gamma_G] / [(P_{g,k} + K_k) / \gamma_{Gr} + E_{av,k}]$ = 0.101
mue = [101.07 · 1.35] / [(1805.64 + 0.00) / 1.400 + 55.83] = 0.101