

Statische Berechnung

Sportboothafen Grohn

Westliche Uferbefestigung

Bearbeitung:

bremenports

Bremen Bremerhaven GmbH & Co. KG

i.A. Dipl.-Ing. Wolfgang Grefe

2022-05-27

Sportboothafen Grohn Westliche Uferbefestigung

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1 Vorbemerkungen	3
1.1 Wassertiefen	3
1.2 Wasserstände	3
1.3 Abrostungen	3
1.4 Verwendete Unterlagen.....	3
2 Lastannahmen	4
2.1 Verkehrslasten.....	4
2.2 Wasserdruck	4
2.3 Eislast	4
2.4 Berechnungssohle	4
2.5 Bodenkennwerte.....	5
2.6 Lastfallkombinationen	7
3 Nachweis Spundwand.....	8
3.1 Spundwand Bemessungsprofil DS39.....	8
3.1.1 Lastfall 1 (BS-P).....	9
3.1.2 Lastfall 2 (BS-T).....	14
3.1.3 Lastfall 3 (BS-T).....	19
3.2 Spundwand Bemessungsprofil DS40.....	24
3.2.1 Lastfall 1 (BS-P).....	25
3.2.2 Lastfall 2 (BS-T).....	30
3.2.3 Lastfall 3 (BS-T).....	35
3.3 Spundwand Bemessungsprofil DS41.....	40
3.3.1 Lastfall 1 (BS-P).....	41
3.3.2 Lastfall 2 (BS-T).....	46
3.3.3 Lastfall 3 (BS-T).....	51
3.4 Berechnungsergebnisse/ Bemessung:	56
4 Nachweis Gurtung	57
5 Nachweis der Sturmpfähle.....	58

1 Vorbemerkungen

Für den an der Lesum gelegenen Sportboothafen in Bremen-Grohn ist die westliche Seite des Hafenbeckens neu zu gestalten.

Zurzeit ist das Ufer mit einer unter 1:3 geneigten Böschung gesichert, deren Fußpunkt wasserseitig rd. 5,60 m vor einer an der nord-westlichen Ecke des Hafens existierenden Spundwand ausläuft. Die vorhandene Spundwand sichert einen Geländesprung bis auf die Hafensohle bei NN -4,50 m. Ziel der Umbaumaßnahmen ist es, diese Tiefe auch im Bereich der an diese Spundwand anschließenden Uferböschung zu erreichen und damit die Verkehrsfläche zu vergrößern und so eine effizientere Nutzung des Mastkrans zu ermöglichen.

1.1 Wassertiefen

Die Wassertiefen sind den aktuellen Peilplänen zu entnehmen.

Die angegebenen Wassertiefen sind auf SKN (2,02 m unter NHN) bezogen.

1.2 Wasserstände

Die Wasserstände am Sportboothafen sind der hydrologischen Messreihe des WSA Bremen, Pegel „Vegesack“ entnommen (Stand 25.01.2021).

HHThw	NN +5,32 m (28.1.1994)
MThw	NN +2,38 m
MTnw	NN -1,61 m
MSpTnw	NN -1,75 m (aus Bauvorhaben Oslebshausen übernommen)
NNTnw	NN -3,30 m (15.3.1964)

1.3 Abrostungen

Die Spundwand wird für eine Lebensdauer von 80 Jahren bemessen.

Zone	von OK	außen	innen	mm/a	
WWZ	-1,60	0,035	0,035	0,070	5,6
NWZ = UWZ	-4,50	0,075	0,010	0,085	6,8
Boden	Bis UK	0,010	0,010	0,020	1,6

1.4 Verwendete Unterlagen

- Baugrundbeurteilung Grundbaulabor Bremen vom xxxxx
- Bestandsplan: Fußspundwand vor der Löschbrücke vom 26.10.1982
- EAU 2020
- DIN EN 1991-1-4
- Baugrundbeurteilung zur Anpassung der Böschung im Hafen Grohn
aCon- Geotechnik GmbH (AZ: BPO-2203-GU1) vom 18.05.2022

2 Lastannahmen

2.1 Verkehrslasten

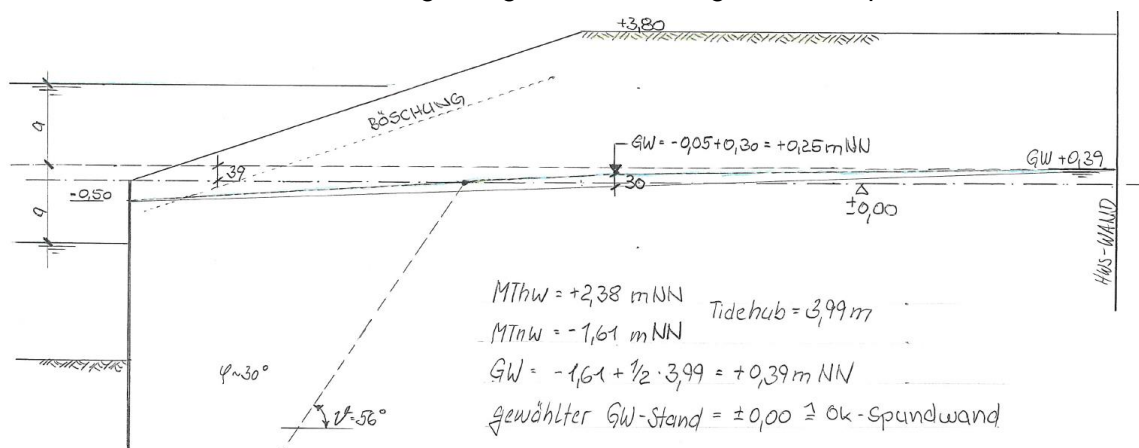
Verkehrslast ab der Böschungskante

$$p_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$$

Böschungsbruchuntersuchungen werden nicht geführt!

2.2 Wasserdruck

Die Wasserdrucklasten werden nach EAU 2020, Abbildung 3.3 mit Berücksichtigung einer Spundwandentwässerung auf -0,50 m NN festgelegt bzw. nach Abb. 3.5 für den Lastfall BS-P ermittelt. Die Entwässerung erfolgt durch Bohrungen in der Spundwand.



Bemessungssituation	Situation	Innen	außen	Δh
BS-P	Böschung	0,00	-1,75	1,75
BS-T	3d	-0,20	-2,52	2,32

Die Grundwassermessstelle 26 aus dem Baugrundgutachten kann hier nicht herangezogen werden, da diese hinter dem Hochwasserschutzbauwerk liegt.

2.3 Eislast

Tidebedingt können sich Eisschollen auf der Böschung absetzen und eine zusätzliche Auflast erzeugen. Der Ansatz erfolgt für den Lastfall BS-T mit einer Auflast von $p_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$

Horizontale Eislast auf Pfähle und Dalben werden mit $P_{\text{Eis}} = 100,0 \text{ kN/m} \cdot b$ angesetzt.
mit $b = \text{Pfahlbreite}$

Bei Eisgang sind keine extremen Wasserstände zu erwarten, daher ist die Eislast ca. 1,00 m über den dem mittleren Tidehochwasser auf +3,50 mNHN anzunehmen.

2.4 Berechnungssohle

Die Wassertiefe soll nach Beseitigung des Böschungsfußes NHN -4,50 m betragen.

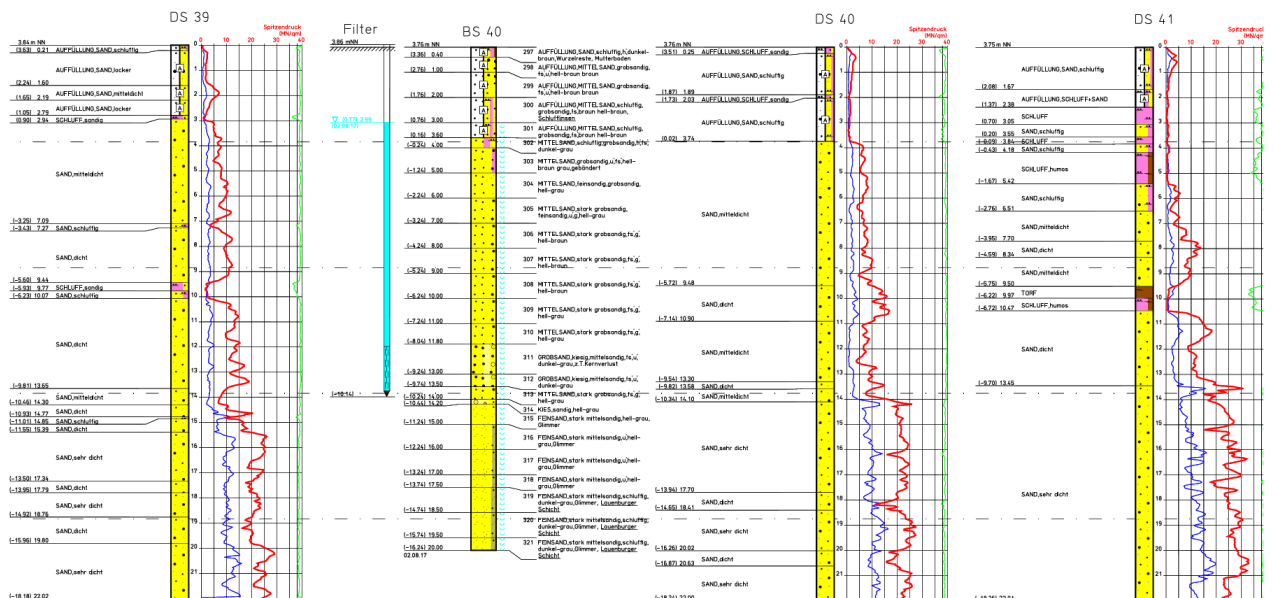
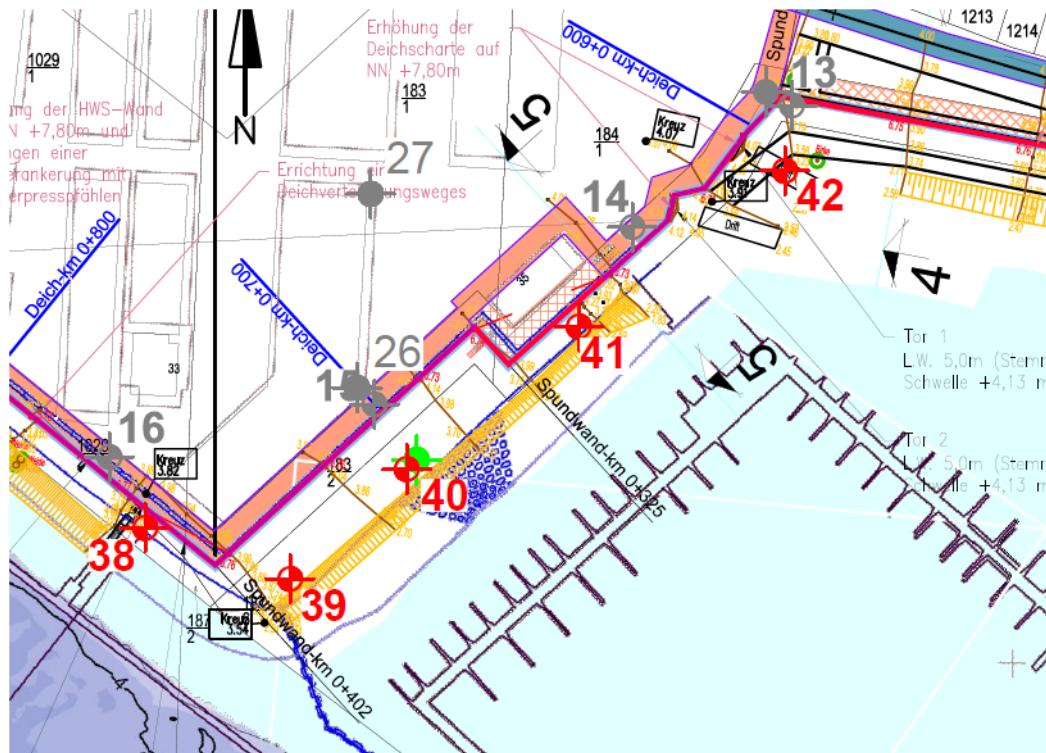
Kolkwirkungen können aufgrund der Lage und der Baugrundbeschaffenheit (Mittelsand, stark grobsandig in mitteldichter bis dichter Lagerung) ausgeschlossen werden.

Die Berechnungssohle wird daher mit -4,50 mNHN angesetzt.

2.5 Bodenkennwerte

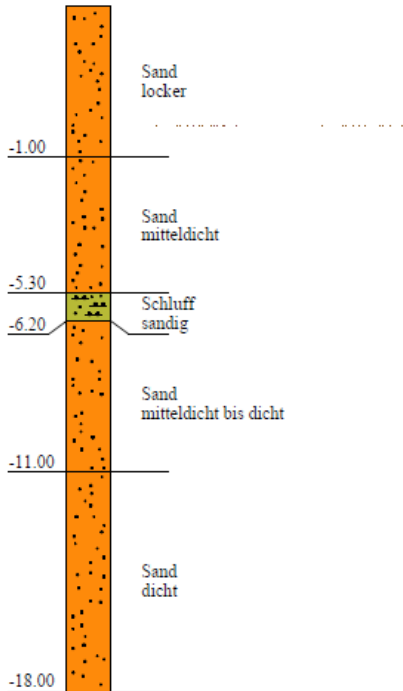
Die Bodenkennwerte werden dem Baugrundgutachten zur Anpassung der Böschung im Hafen Grohn, aCon Geotechnik GmbH, vom 18.05.2022 entnommen.

Für die Beurteilung lagen die Bohrungen 39 bis 41 vor.



BP DS 39

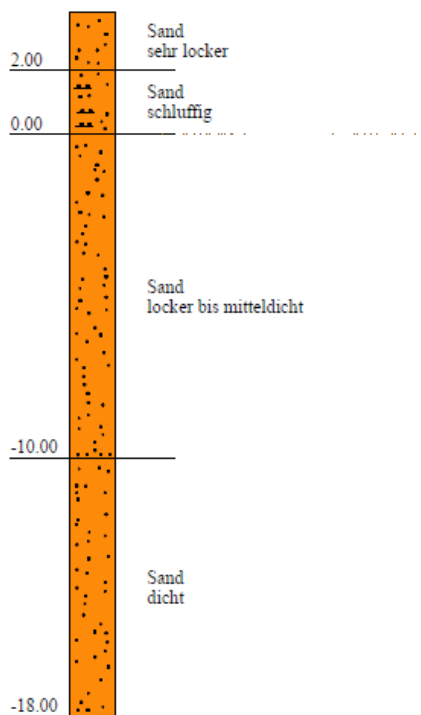
3,84 m NHN



Bemessungsprofil nach DS 39						
Kote [m NHN]	γ/γ' [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	c_u [kN/m ²]	$q_{s,k}$ [kN/m ²]	$q_{b,k}^*$ [kN/m ²]
-1.0	18,0 / 10,0	30,0	---	---	15	---
-5.3	19,0 / 11,0	32,5	---	---	40	---
-6.2	17,0 / 7,0	22,5	10	40	40	---
-11.0	19,0 / 11,0	35,0	---	---	50	15000
-18.0	20,0 / 12,0	37,5	---	---	80	25000

BP DS 40

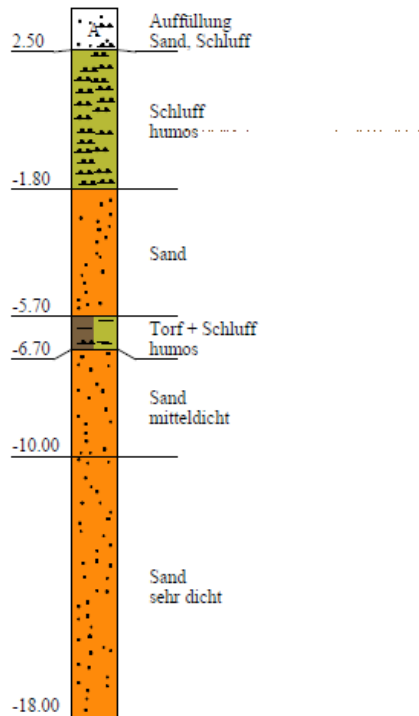
3,76 m NHN



Bemessungsprofil nach DS 40						
Kote [m NHN]	γ/γ' [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	c_u [kN/m ²]	$q_{s,k}$ [kN/m ²]	$q_{b,k}^*$ [kN/m ²]
2.0	18,0 / 10,0	30,0	---	---	---	---
0.0	18,0 / 9,0	27,5	5,0	---	15	---
-10.0	18,0 / 10,0	32,5	---	---	40	8000
-18.0	20,0 / 12,0	37,5	---	---	80	25000

BP DS 41

3,76 m NHN



Bemessungsprofil nach DS 40

Kote [m NHN]	γ/γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	c_u [kN/m ²]	$q_{s,k}$ [kN/m ²]	$q_{b,k}^*$ [kN/m ²]
2.5	18,0 / 9,0	27,5	2,5	---	---	---
-1.8	17,0 / 7,0	20,0	7,5	20	---	---
-5.7	18,0 / 10,0	32,5	---	---	30	---
-6.7	14,0 / 4,0	17,5	5,0	30	15	---
-10.0	19,0 / 11,0	35,0	---	---	50	15000
-18.0	20,0 / 12,0	37,5	---	---	80	25000

Die Böschungssteine werden programmtechnisch als Zusatzauflast angesetzt.

Es wird mit einer mittleren Böschungsabdeckungsdicke von 60 cm gerechnet.

$$\Delta p = 0,6 \cdot (26,5 - 16,0) = 6,3 \text{ kN/m}^2$$

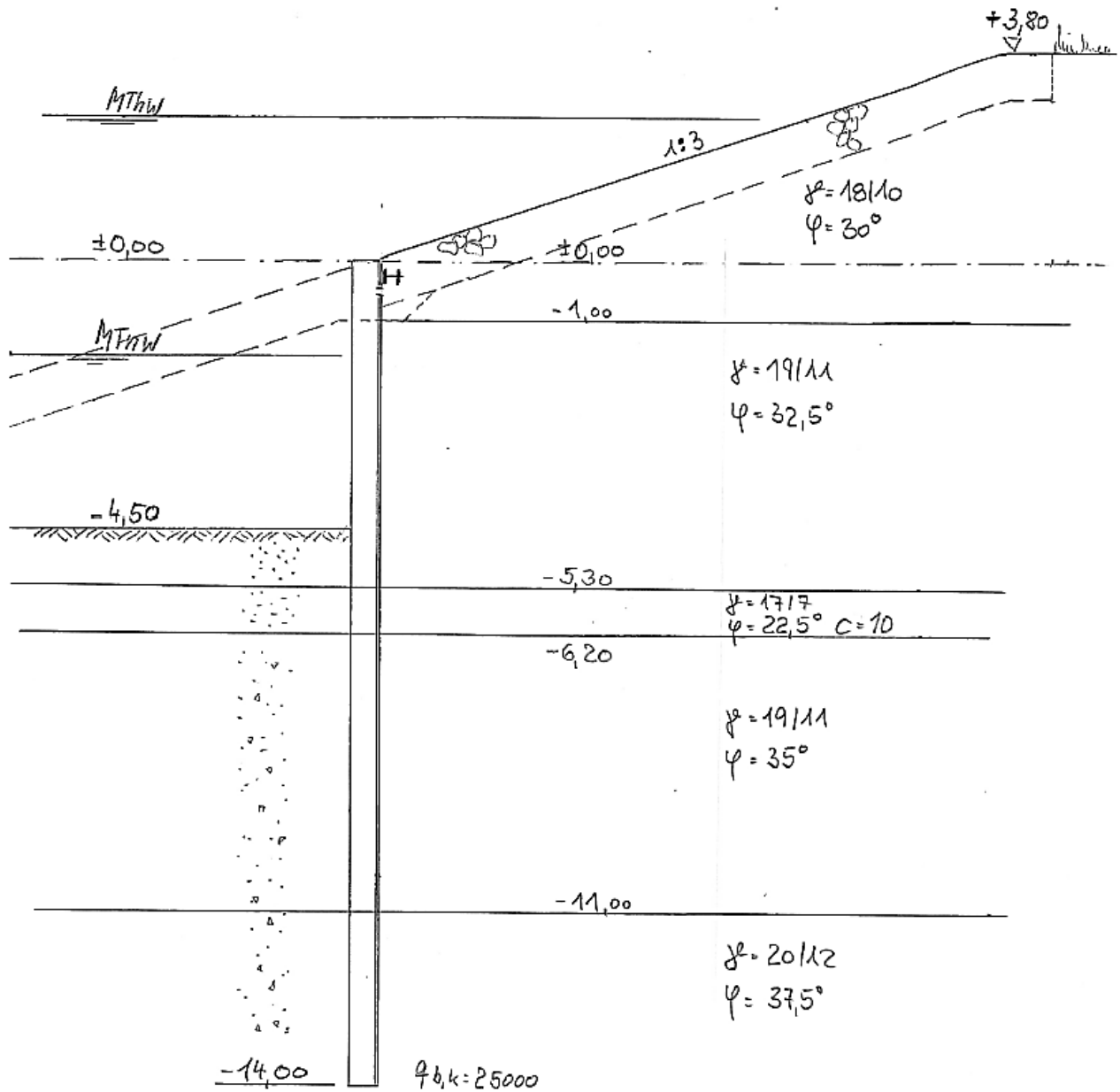
2.6 Lastfallkombinationen

Folgende Lastfallkombinationen werden untersucht

Lastfall	GW	AW	Eisauflast
BS-P	±0,00	-1,75	-
BS-T	±0,00	-2,52	-
BS-T	±0,00	-1,75	10,0

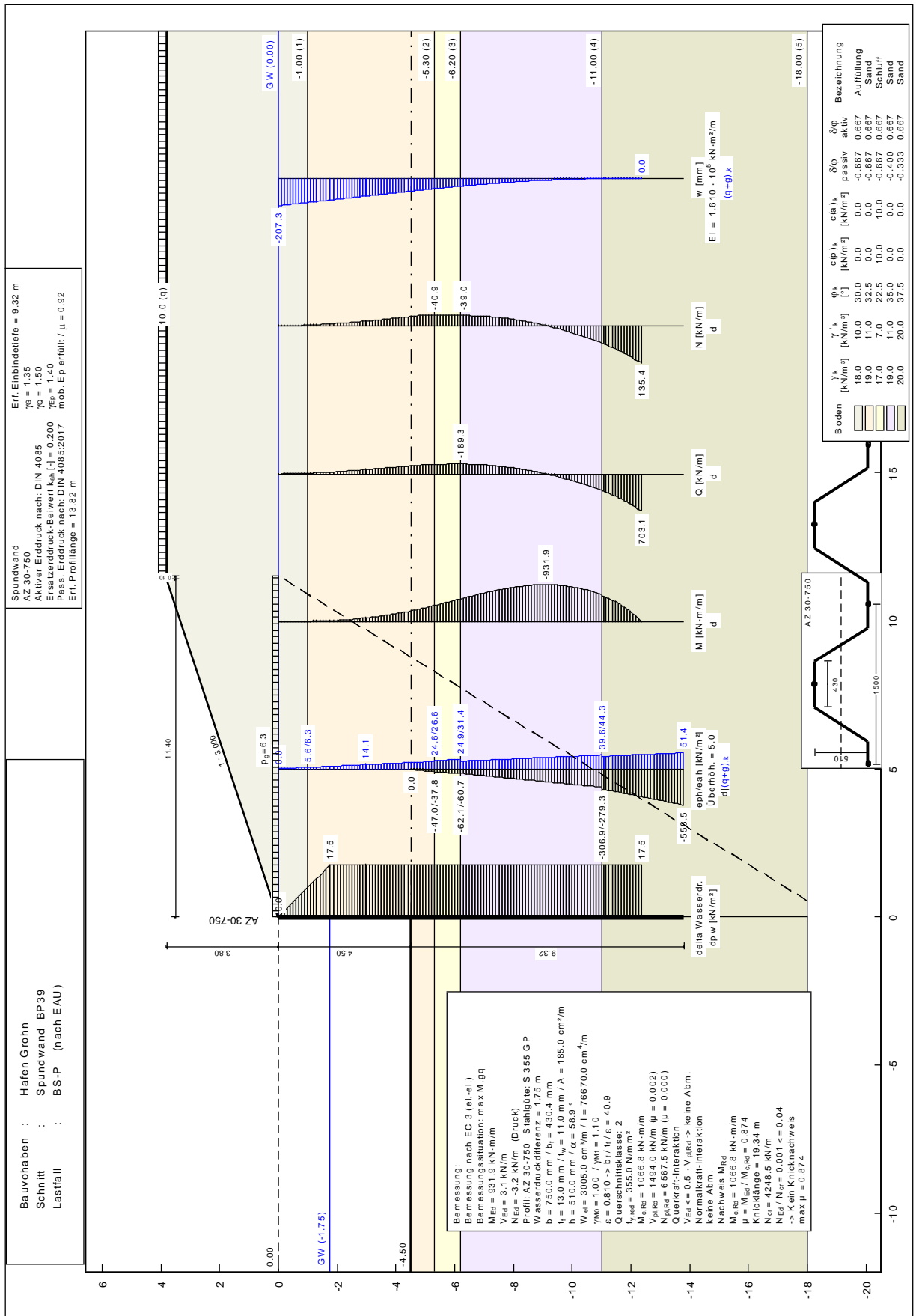
3 Nachweis Spundwand

3.1 Spundwand Bemessungsprofil DS39



Bodenkennwerte aus Baugrundgutachten Anlage 4.1, BP DS 39

3.1.1 Lastfall 1 (BS-P)



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Indices:

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

Wandkopf = 0.00 m

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

Baugrubensohle = -4.50 m
Grundwasserstand (rechts) = 0.00 m
Grundwasserstand (links) = -1.75 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 ²]	[-]
1	0.00	11.40	3.80	0.00	0.00	11.15	10.00	ja

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/m² als Verkehrslast

Lasten (zweiseitig begrenzt)

Nr.	sig(v)	x(links)	x(rechts)	Tiefe	y(1)	y(2)	y(3)	y(4)	Verkehrslast
[-]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
1	6.30	0.00	11.50	0.00	0.00	-0.01	-18.88	-18.88	nein

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 1387.27 kN/m (Epv,d = -334.98 kN/m)
Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000
Bh(g+q),d = 1387.27 kN/m
Bh,g,d = 1370.87 kN/m
Bh,q,d = 16.40 kN/m
Bh,w,d = 625.15 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch,k = 520.48 kN/m
Ch,g,k = 517.18 kN/m
Ch,q,k = 3.29 kN/m
Ch,w,k = 267.72 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam,k	gam',k	phi,k	c(pas),k	c(akt),k	d(p)/phi	d(a)/phi
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	-1.00	18.00	10.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667
2	-5.30	19.00	11.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667
3	-6.20	17.00	7.00	22.50	10.00	10.00	-0.667	0.667
4	-11.00	19.00	11.00	35.00	0.00	0.00	-0.400	0.667
5	-18.00	20.00	20.00	37.50	0.00	0.00	-0.333	0.667

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion <> 0.0.

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	kagh	kach	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	-1.00	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	-5.30	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46
3	-6.20	0.384	1.109	22.500	15.01	51.51
4	-11.00	0.224	0.813	35.000	23.34	58.94
5	-18.00	0.200	0.762	37.500	25.01	60.41

Aktive Erddruckordinaten ((g+q),k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
0.000	-0.005	0.000	1.782	0.00	0.05
-0.005	-1.000	1.783	6.267	0.05	10.00
-1.000	-1.100	5.622	6.051	10.00	11.00
0.000	-1.750	0.000	8.842	0.00	17.50
-1.750	-2.100	8.842	10.345	17.50	17.50
-2.100	-3.000	10.345	14.217	17.50	17.50
-3.000	-4.000	14.217	18.733	17.50	17.50
-4.000	-4.500	18.734	20.992	17.50	17.50
-4.500	-5.100	20.992	23.702	17.50	17.50
-5.100	-5.300	23.702	24.605	17.50	17.50
-5.300	-6.100	26.595	30.901	17.50	17.50
-6.100	-6.200	30.901	31.440	17.50	17.50
-6.200	-7.100	24.864	28.504	17.50	17.50
-7.100	-8.100	28.504	32.548	17.50	17.50
-8.100	-9.100	32.548	36.592	17.50	17.50
-9.100	-10.100	36.592	40.637	17.50	17.50
-10.100	-11.000	40.637	44.276	17.50	17.50
-11.000	-11.077	39.553	39.971	17.50	17.50
-11.077	-11.155	39.971	40.390	17.50	17.50
-11.155	-12.065	40.390	44.202	17.50	17.50
-12.065	-12.368	44.202	45.473	17.50	17.50
0.000	-18.000	0.000	68.376	0.00	17.50

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	kpgh	kpch	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
2	-5.30	6.006	6.054	32.500	-21.68	16.35
3	-6.20	3.034	3.911	22.500	-15.01	23.23
4	-11.00	5.758	5.730	35.000	-14.00	19.19
5	-18.00	6.327	5.998	37.500	-12.49	18.93

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-4.00	-4.50	0.00	0.00
-4.50	-5.10	0.00	-28.31
-5.10	-5.30	-28.31	-37.75
-5.30	-6.10	-47.00	-59.14
-6.10	-6.20	-59.14	-60.65
-6.20	-7.10	-62.10	-102.82
-7.10	-8.10	-102.82	-148.06
-8.10	-9.10	-148.06	-193.30
-9.10	-10.10	-193.30	-238.54
-10.10	-11.00	-238.54	-279.25
-11.00	-11.08	-306.85	-313.84
-11.08	-11.15	-313.84	-320.83
-11.15	-12.06	-320.83	-403.10
-12.06	-12.37	-403.10	-430.52
0.00	-18.00	0.00	-939.53

Schnittgrößen (Bemessungswerte)			
Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-1.00	-3.9	-12.2	-4.4
-1.10	-4.4	-14.4	-5.8
-1.75	-8.3	-33.4	-20.9
-2.10	-10.8	-46.2	-34.8
-3.00	-18.5	-82.4	-92.3
-4.00	-29.3	-128.3	-197.1
-4.50	-35.6	-153.5	-267.5
-5.10	-40.6	-177.2	-367.5
-5.30	-40.9	-181.8	-403.4
-6.10	-39.3	-188.8	-552.0
-6.20	-39.0	-189.3	-570.9
-7.10	-36.0	-167.9	-734.0
-8.10	-24.1	-105.7	-874.2
-9.10	-3.2	-3.1	-931.9
-10.10	26.9	139.9	-866.9
-11.00	61.6	303.0	-670.0
-11.08	64.9	321.4	-645.9
-11.15	68.3	340.2	-620.3
-12.06	116.2	600.5	-197.6
-12.37	135.4	703.1	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]
 $\phi_{l, [g+q], k} = 0.00000000$
 Theoretischer Fußpunkt = -12.368 m

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)
 Bemessungssituation: max M, q
 $M_{Ed} = 931.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{Ed} = 3.1 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = -3.2 \text{ kN/m}$ (Druck)
 Profil: AZ 30-750 Stahlgüte: S 355 GP
 Wasserdruckdifferenz = 1.75 m
 $b = 750.0 \text{ mm}$ / $b, f = 430.4 \text{ mm}$
 $t, f = 13.0 \text{ mm}$ / $t, w = 11.0 \text{ mm}$ / $A = 185.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 510.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 58.9^\circ$
 $W_{el} = 3005.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 76670.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
 $\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.10$
 $\epsilon = 0.810 \rightarrow b, f / t, f / \epsilon = 40.9$
 Querschnittsklasse: 2
 $f_{y, red} = 355.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c, Rd} = 1066.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl, Rd} = 1494.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.002$)
 $N_{pl, Rd} = 6567.5 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.000$)
 Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl, Rd} \rightarrow$ keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.
 Nachweis $M_{c, Rd}$
 $M_{c, Rd} = 1066.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c, Rd} = 0.874$
 Knicklänge = 19.34 m
 $N_{cr} = 4248.5 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.001 \leq 0.04$
 \rightarrow Kein Knicknachweis
 max $\mu = 0.874$

max $M_{d} = 931.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = -9.10 m)
 Zugehörige Werte: $N_{d} = -3.2 \text{ kN/m}$; $Q_{d} = -3.1 \text{ kN/m}$; $w_{k} = 12.4 \text{ mm}$

max $Q_{d} = 703.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = -12.37 m)
 Zugehörige Werte: $N_{d} = 135.4 \text{ kN/m}$; $M_{d} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_{k} = 0.0 \text{ mm}$

max $N_{d} = 135.4 \text{ kN/m}$ (Tiefe = -12.37 m)
 Zugehörige Werte: $Q_{d} = 703.1 \text{ kN/m}$; $M_{d} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_{k} = 0.0 \text{ mm}$

max $w_{k} = 207.3 \text{ mm}$ (Tiefe = 0.00 m)
 Zugehörige Werte: $N_{d} = 0.0 \text{ kN/m}$; $Q_{d} = 0.0 \text{ kN/m}$; $M_{d} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Längenzuschlag dx über Formel bestimmt
Ersatzkräfte Ch (Blum)
 $Ch, g, k = 517.18$
 $Ch, q, k = 3.29$
 $Ch, w, k = 267.72$
 $dt = Ch, d \cdot \gamma(Ep) / eph(\phi, \delta), k$
 $Ch, d = 0.5 \cdot ([Ch, g, k - Ch, w, k]) \cdot \gamma, w + Ch, q, k \cdot \gamma, q + Ch, w, k \cdot \gamma, w$
 $\gamma, w = 1.35$
 $Ch, d = 351.57 \text{ kN/m}$
 $eph(\phi, \delta), k = kpgh \cdot \sigma_{z, k} + kpch \cdot c, k = 339.82 + 0.00 = 339.82 \text{ kN/m}^2$
 $kpgh \text{ (Streck)} = 2.364$
 $\sigma_{z, k} = 143.77 \text{ kN/m}^2$
 $\phi, k = 37.5^\circ$
 $deltap/\phi, k = 0.333$
 $kpch \text{ (Streck)} = 2.221$
 $c, k = 0.0 \text{ kN/m}^2$
 $dt = 1.45 \text{ m}$
Mindesteinbindetiefe nach EAU 2012 8.2.9 berücksichtigt.
Theoretische Einbindetiefe $t1 = 7.87 \text{ m}$
Einbindetiefe $tg = 9.32 \text{ m}$
Profillänge = 13.82 m

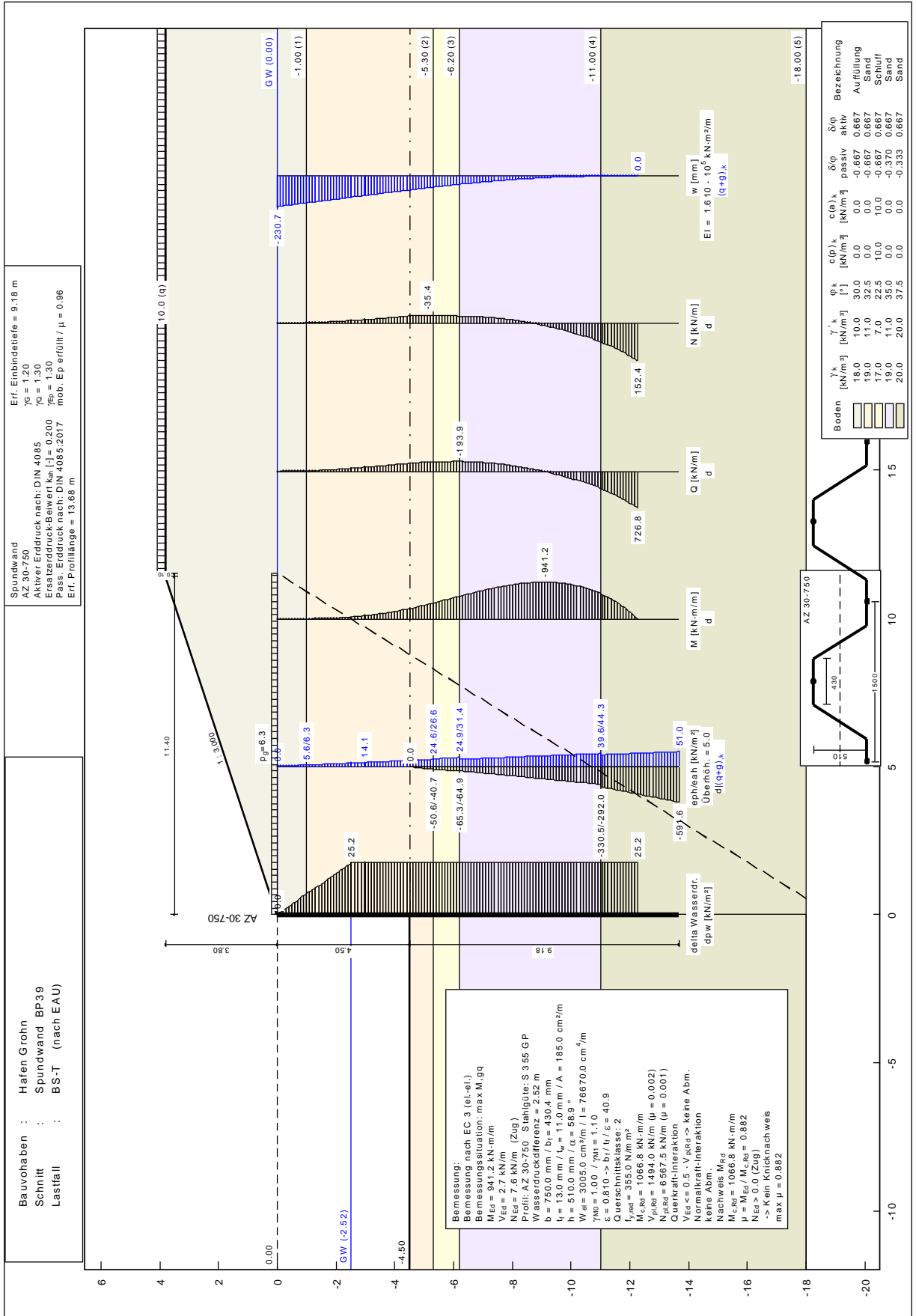
Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße
nach unten gerichtet ist.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G, k + Pv, k + Eav, k + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq (Bh, k - 0.5 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p))$
 $G, k = 20.07 \text{ kN/m}$
 $Pv, k = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, k = 132.90 \text{ kN/m}$ ($Eah, k = 318.82 \text{ kN/m}$)
 $Ch, k = 520.48 \text{ kN/m}$
 $Bv, k = -251.23 \text{ kN/m}$
 $\delta(p) [^\circ] = -12.5$
 $\delta(C) [^\circ] = 12.5$
Summe $V, k = 17.01 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
Nachweis mit Bemessungsgrößen
 $(Qg, k + Bv, k - 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(p))) / \gamma(P) \geq Pv, d + Eav, d + G, d + 0.5 \cdot Ch, d \cdot \tan(\delta(C))$
(Qg, k = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)
(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)
 $\gamma(P) \text{ i.a.} = 1.40$
 $Pv, d = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, d = 179.99 \text{ kN/m}$
 $G, d = 27.09 \text{ kN/m}$
 $Ch, d = 703.14 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:
 $(Qg, k + 251.23 - 57.63) / \gamma(P) \geq 284.94 \text{ kN/m}$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

3.1.2 Lastfall 2 (BS-T)



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 0.00 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = -4.50 m

Grundwasserstand (rechts) = 0.00 m

Grundwasserstand (links) = -2.52 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

Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	a	x	y	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[-]
1	0.00	11.40	3.80	0.00	0.00	11.15	10.00	ja

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/m² als Verkehrslast

Lasten (zweiseitig begrenzt)

Nr.	sig(v)	x(links)	x(rechts)	Tiefe	y(1)	y(2)	y(3)	y(4)	Verkehrslast
[-]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
1	6.30	0.00	11.50	0.00	0.00	-0.01	-18.88	-18.88	nein

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 1422.12 kN/m (Epv,d = -327.51 kN/m)

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

Bh(g+q),d = 1422.12 kN/m

Bh,g,d = 1407.73 kN/m

Bh,q,d = 14.39 kN/m

Bh,w,d = 748.52 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch,k = 605.35 kN/m

Ch,g,k = 602.08 kN/m

Ch,q,k = 3.28 kN/m

Ch,w,k = 352.64 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam,k	gam',k	phi,k	c(pas),k	c(akt),k	d(p)/phi	d(a)/phi
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	-1.00	18.00	10.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667
2	-5.30	19.00	11.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667
3	-6.20	17.00	7.00	22.50	10.00	10.00	-0.667	0.667
4	-11.00	19.00	11.00	35.00	0.00	0.00	-0.370	0.667
5	-18.00	20.00	20.00	37.50	0.00	0.00	-0.333	0.667

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion <> 0.0.

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.
bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	kagh	kach	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	-1.00	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	-5.30	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46
3	-6.20	0.384	1.109	22.500	15.01	51.51
4	-11.00	0.224	0.813	35.000	23.35	58.94
5	-18.00	0.200	0.762	37.500	25.01	60.41

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
0.000	-0.005	0.000	1.782	0.00	0.05
-0.005	-1.000	1.783	6.267	0.05	10.00
-1.000	-1.100	5.622	6.051	10.00	11.00
-1.100	-2.000	6.051	9.915	11.00	20.00
-2.000	-2.520	9.916	12.148	20.00	25.20
-2.520	-2.966	12.148	14.063	25.20	25.20
-2.966	-3.000	14.064	14.217	25.20	25.20
-3.000	-4.000	14.217	18.733	25.20	25.20
-4.000	-4.500	18.734	20.992	25.20	25.20
-4.500	-5.100	20.992	23.702	25.20	25.20
-5.100	-5.300	23.702	24.605	25.20	25.20
-5.300	-6.100	26.595	30.901	25.20	25.20
-6.100	-6.200	30.901	31.440	25.20	25.20
-6.200	-7.100	24.864	28.504	25.20	25.20
-7.100	-8.100	28.504	32.548	25.20	25.20
-8.100	-9.100	32.548	36.592	25.20	25.20
-9.100	-10.100	36.592	40.637	25.20	25.20
-10.100	-11.000	40.637	44.276	25.20	25.20
-11.000	-11.077	39.553	39.971	25.20	25.20
-11.077	-11.155	39.971	40.390	25.20	25.20
-11.155	-12.065	40.390	44.202	25.20	25.20
-12.065	-12.267	44.202	45.049	25.20	25.20
-12.267	-14.189	45.049	53.097	25.20	25.20
-14.189	-18.000	53.097	68.376	25.20	25.20

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	kpgh	kpch	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
2	-5.30	6.006	6.054	32.500	-21.68	16.35
3	-6.20	3.034	3.911	22.500	-15.01	23.23
4	-11.00	5.592	5.594	35.000	-12.95	19.75
5	-18.00	6.327	5.998	37.500	-12.49	18.93

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-4.00	-4.50	0.00	0.00
-4.50	-5.10	0.00	-30.49
-5.10	-5.30	-30.49	-40.65
-5.30	-6.10	-50.62	-63.69
-6.10	-6.20	-63.69	-65.32
-6.20	-7.10	-64.95	-107.53
-7.10	-8.10	-107.53	-154.84
-8.10	-9.10	-154.84	-202.15
-9.10	-10.10	-202.15	-249.47
-10.10	-11.00	-249.47	-292.05
-11.00	-11.08	-330.45	-337.98
-11.08	-11.15	-337.98	-345.51
-11.15	-12.06	-345.51	-434.11
-12.06	-12.27	-434.11	-453.80
-12.27	-14.19	-453.80	-640.84
-14.19	-18.00	-640.84	-1011.80

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe N Q M

[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-1.00	-3.5	-10.8	-4.0
-1.10	-3.9	-12.8	-5.1
-2.00	-8.9	-38.1	-27.0
-2.52	-12.6	-59.1	-52.1
-2.97	-16.2	-79.6	-83.0
-3.00	-16.4	-81.2	-85.7
-4.00	-26.0	-131.2	-191.5
-4.50	-31.7	-158.3	-263.8
-5.10	-35.4	-183.3	-367.1
-5.30	-35.2	-188.0	-404.3
-6.10	-31.7	-193.6	-557.4
-6.20	-31.1	-193.9	-576.7
-7.10	-27.1	-171.5	-743.8
-8.10	-14.2	-105.9	-886.0
-9.10	7.6	2.7	-941.2
-10.10	38.3	154.3	-866.3
-11.00	73.5	327.4	-652.1
-11.08	77.5	347.5	-626.0
-11.15	81.5	368.1	-598.3
-12.06	137.7	653.0	-139.5
-12.27	152.4	726.8	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)
 Bemessungssituation: max M,gq
 M,Ed = 941.2 kN·m/m
 V,Ed = 2.7 kN/m
 N,Ed = 7.6 kN/m (Zug)
 Profil: AZ 30-750 Stahlgüte: S 355 GP
 Wasserdruckdifferenz = 2.52 m
 b = 750.0 mm / b,f = 430.4 mm
 t,f = 13.0 mm / t,w = 11.0 mm / A = 185.0 cm²/m
 h = 510.0 mm / alpha = 58.9 °
 W,el = 3005.0 cm³/m / I = 76670.0 cm⁴/m
 gam,M0 = 1.00 / gam,M1 = 1.10
 epsilon = 0.810 -> b,f / t,f / epsilon = 40.9
 Querschnittsklasse: 2
 fy,red = 355.0 N/mm²
 Mc,Rd = 1066.8 kN·m/m
 Vpl,Rd = 1494.0 kN/m (μ = 0.002)
 Npl,Rd = 6567.5 kN/m (μ = 0.001)
 Querkraft-Interaktion
 V,Ed <= 0.5 · Vpl,Rd -> keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.
 Nachweis M,Rd
 Mc,Rd = 1066.8 kN·m/m
 μ = M,Ed / Mc,Rd = 0.882
 N,Ed > 0.0 (Zug)
 -> Kein Knicknachweis
 max μ = 0.882

max M,d = 941.2 kN·m/m (Tiefe = -9.10 m)
 Zugehörige Werte: N,d = 7.6 kN/m; Q,d = 2.7 kN/m; w,k = 13.1 mm

max Q,d = 726.8 kN·m/m (Tiefe = -12.27 m)
 Zugehörige Werte: N,d = 152.4 kN/m; M,d = 0.0 kN·m/m; w,k = 0.0 mm

max N,d = 152.4 kN/m (Tiefe = -12.27 m)
 Zugehörige Werte: Q,d = 726.8 kN/m; M,d = 0.0 kN·m/m; w,k = 0.0 mm

max w,k = 230.7 mm (Tiefe = 0.00 m)
 Zugehörige Werte: N,d = 0.0 kN/m; Q,d = 0.0 kN/m; M,d = 0.0 kN·m/m

Längenzuschlag dx über Formel bestimmt
 Ersatzkräfte Ch (Blum)
 Ch,g,k = 602.08

$Ch, q, k = 3.28$
 $Ch, w, k = 352.64$
 $dt = Ch, d \cdot \gamma(Ep) / eph(\phi, \delta), k$
 $Ch, d = 0.5 \cdot ([Ch, g, k - Ch, w, k]) \cdot \gamma, w + Ch, q, k \cdot \gamma, q + Ch, w, k \cdot \gamma, w$
 $\gamma, w = 1.20$
 $Ch, d = 363.38 \text{ kN/m}$
 $eph(\phi, \delta), k = kpg h \cdot \sigma_{z, k} + kpch \cdot c, k = 335.04 + 0.00 = 335.04 \text{ kN/m}^2$
 $kpg h \text{ (Streck)} = 2.364$
 $\sigma_{z, k} = 141.74 \text{ kN/m}^2$
 $\phi, k = 37.5^\circ$
 $deltap/\phi, k = 0.333$
 $kpch \text{ (Streck)} = 2.221$
 $c, k = 0.0 \text{ kN/m}^2$
 $dt = 1.41 \text{ m}$
Mindesteinbindetiefe nach EAU 2012 8.2.9 berücksichtigt.
Theoretische Einbindetiefe $t_1 = 7.77 \text{ m}$
Einbindetiefe $t_g = 9.18 \text{ m}$
Profillänge = 13.68 m

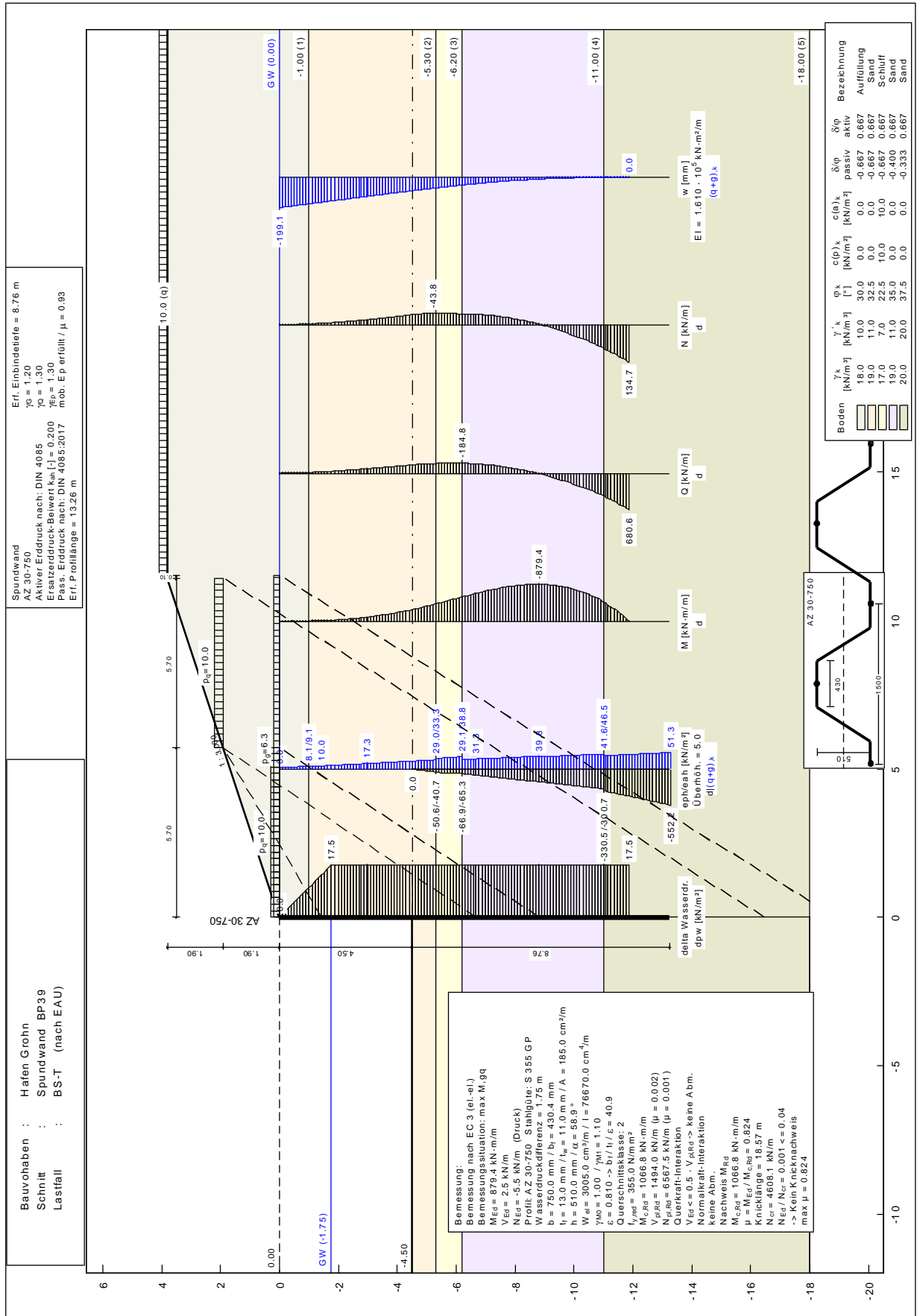
Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G, k + Pv, k + Eav, k + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq (Bh, k - 0.5 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p))$
 $G, k = 19.86 \text{ kN/m}$
 $Pv, k = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, k = 130.77 \text{ kN/m}$ ($Eah, k = 314.25 \text{ kN/m}$)
 $Ch, k = 605.35 \text{ kN/m}$
 $Bv, k = -275.66 \text{ kN/m}$
 $\delta(p) [^\circ] = -12.5$
 $\delta(C) [^\circ] = 12.5$
Summe $V, k = 9.03 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
Nachweis mit Bemessungsgrößen
 $(Qg, k + Bv, k - 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(p))) / \gamma(P) \geq Pv, d + Eav, d + G, d + 0.5 \cdot Ch, d \cdot \tan(\delta(C))$
(Qg, k = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)
(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)
 $\gamma(P) \text{ i.a.} = 1.40$
 $Pv, d = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, d = 157.29 \text{ kN/m}$
 $G, d = 23.84 \text{ kN/m}$
 $Ch, d = 726.75 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:
 $(Qg, k + 275.66 - 67.03) / \gamma(P) \geq 261.60 \text{ kN/m}$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

3.1.3 Lastfall 3 (BS-T)



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 0.00 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = -4.50 m

Grundwasserstand (rechts) = 0.00 m

Grundwasserstand (links) = -1.75 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

Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	a	x	y	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[-]
1	0.00	11.40	3.80	0.00	0.00	11.15	10.00	ja

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/m² als Verkehrslast

Lasten (zweiseitig begrenzt)

Nr.	sig(v)	x(links)	x(rechts)	Tiefe	y(1)	y(2)	y(3)	y(4)	Verkehrslast
[-]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
1	6.30	0.00	11.50	0.00	0.00	-0.01	-18.88	-18.88	nein
2	10.00	0.00	5.70	0.00	0.00	-0.01	-8.80	-8.80	ja
3	10.00	5.70	11.40	1.90	-1.43	-6.67	-16.44	-16.45	ja

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 1271.97 kN/m (Epv,d = -311.57 kN/m)

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

Bh(g+q),d = 1271.97 kN/m

Bh,g,d = 1133.66 kN/m

Bh,q,d = 138.30 kN/m

Bh,w,d = 524.32 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch,k = 561.45 kN/m

Ch,g,k = 492.64 kN/m

Ch,q,k = 68.81 kN/m

Ch,w,k = 257.78 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam,k	gam',k	phi,k	c(pas),k	c(akt),k	d(p)/phi	d(a)/phi
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	-1.00	18.00	10.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667
2	-5.30	19.00	11.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667
3	-6.20	17.00	7.00	22.50	10.00	10.00	-0.667	0.667
4	-11.00	19.00	11.00	35.00	0.00	0.00	-0.400	0.667
5	-18.00	20.00	20.00	37.50	0.00	0.00	-0.333	0.667

Aktive Erddruckbeiwerte

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

Ersatzerddruck-Beiwert k_{ah} wird angewendet, wenn Kohäsion $<> 0.0$.

Ersatzerddruck-Beiwert k_{ah} wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	k_{agh}	k_{ach}	$\phi_{i,k}$	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	-1.00	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	-5.30	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46
3	-6.20	0.384	1.109	22.500	15.01	51.51
4	-11.00	0.224	0.813	35.000	23.35	58.94
5	-18.00	0.200	0.762	37.500	25.01	60.41

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

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
0.000	-0.005	0.000	4.576	0.00	0.05
-0.005	-1.000	4.576	9.060	0.05	10.00
-1.000	-1.108	8.128	8.591	10.00	11.08
-1.108	-1.431	8.591	9.980	11.08	14.31
-1.431	-1.750	9.980	11.501	14.31	17.50
-1.750	-2.100	11.501	13.171	17.50	17.50
-2.100	-2.966	13.171	17.304	17.50	17.50
-2.966	-3.000	17.304	17.473	17.50	17.50
-3.000	-4.000	17.473	22.468	17.50	17.50
-4.000	-4.500	22.468	24.966	17.50	17.50
-4.500	-5.100	24.966	27.963	17.50	17.50
-5.100	-5.300	27.963	28.962	17.50	17.50
-5.300	-6.100	33.268	38.160	17.50	17.50
-6.100	-6.200	38.160	38.772	17.50	17.50
-6.200	-6.671	29.150	31.257	17.50	17.50
-6.671	-7.076	31.257	32.893	17.50	17.50
-7.076	-8.087	32.893	36.985	17.50	17.50
-8.087	-8.795	36.985	39.849	17.50	17.50
-8.795	-8.800	39.849	37.625	17.50	17.50
-8.800	-9.000	37.625	38.434	17.50	17.50
-9.000	-10.000	38.434	42.477	17.50	17.50
-10.000	-11.000	42.477	46.520	17.50	17.50
-11.000	-11.077	41.557	41.976	17.50	17.50
-11.077	-11.155	41.976	42.395	17.50	17.50
-11.155	-11.863	42.395	45.360	17.50	17.50
-11.863	-14.189	45.360	55.101	17.50	17.50
-14.189	-16.443	55.101	64.137	17.50	17.50
-16.443	-18.000	64.137	68.376	17.50	17.50

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	$\phi_{i,k}$	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
2	-5.30	6.006	6.054	32.500	-21.68	16.35
3	-6.20	3.034	3.911	22.500	-15.01	23.23
4	-11.00	5.758	5.730	35.000	-14.00	19.19
5	-18.00	6.327	5.998	37.500	-12.49	18.93

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-4.00	-4.50	0.00	0.00
-4.50	-5.10	0.00	-30.49
-5.10	-5.30	-30.49	-40.65
-5.30	-6.10	-50.62	-63.69
-6.10	-6.20	-63.69	-65.32
-6.20	-6.67	-66.88	-89.83
-6.67	-7.08	-89.83	-109.54
-7.08	-8.09	-109.54	-158.83
-8.09	-8.80	-158.83	-193.33
-8.80	-8.80	-193.33	-193.57
-8.80	-9.00	-193.57	-203.31
-9.00	-10.00	-203.31	-252.02
-10.00	-11.00	-252.02	-300.73
-11.00	-11.08	-330.45	-337.98

-11.08	-11.15	-337.98	-345.51
-11.15	-11.86	-345.51	-414.42
-11.86	-14.19	-414.42	-640.84
-14.19	-16.44	-640.84	-860.21
-16.44	-18.00	-860.21	-1011.80

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-1.00	-4.8	-14.4	-5.8
-1.11	-5.4	-16.9	-7.4
-1.43	-7.5	-25.5	-14.3
-1.75	-9.7	-35.8	-24.0
-2.10	-12.4	-48.4	-38.7
-2.97	-20.3	-82.7	-95.2
-3.00	-20.7	-84.1	-98.0
-4.00	-32.1	-129.5	-204.3
-4.50	-38.7	-154.4	-275.2
-5.10	-43.6	-176.8	-375.4
-5.30	-43.8	-180.6	-411.2
-6.10	-41.8	-184.7	-557.7
-6.20	-41.4	-184.8	-576.2
-6.67	-40.2	-173.7	-661.0
-7.08	-37.2	-156.0	-728.0
-8.09	-22.4	-79.2	-850.9
-8.80	-5.5	2.5	-879.4
-8.80	-5.4	3.2	-879.4
-9.00	0.6	31.0	-876.0
-10.00	36.7	197.7	-765.4
-11.00	83.4	410.2	-465.3
-11.08	87.4	431.5	-432.8
-11.15	91.5	453.4	-398.6
-11.86	134.7	680.6	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)
 Bemessungssituation: max M, gq
 M,Ed = 879.4 kN·m/m
 V,Ed = 2.5 kN/m
 N,Ed = -5.5 kN/m (Druck)
 Profil: AZ 30-750 Stahlgüte: S 355 GP
 Wasserdruckdifferenz = 1.75 m
 b = 750.0 mm / b,f = 430.4 mm
 t,f = 13.0 mm / t,w = 11.0 mm / A = 185.0 cm²/m
 h = 510.0 mm / alpha = 58.9 °
 W,el = 3005.0 cm³/m / I = 76670.0 cm⁴/m
 gam,M0 = 1.00 / gam,M1 = 1.10
 epsilon = 0.810 -> b,f / t,f / epsilon = 40.9
 Querschnittsklasse: 2
 fy,red = 355.0 N/mm²
 Mc,Rd = 1066.8 kN·m/m
 Vpl,Rd = 1494.0 kN/m (μ = 0.002)
 Npl,Rd = 6567.5 kN/m (μ = 0.001)
 Querkraft-Interaktion
 V,Ed <= 0.5 · Vpl,Rd -> keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.
 Nachweis M,Rd
 Mc,Rd = 1066.8 kN·m/m
 μ = M,Ed / Mc,Rd = 0.824
 Knicklänge = 18.57 m
 Ncr = 4608.1 kN/m
 N,Ed / Ncr = 0.001 <= 0.04
 -> Kein Knicknachweis
 max μ = 0.824

max $M_{,d} = 879.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = -8.80 m)
Zugehörige Werte: $N_{,d} = -5.5 \text{ kN/m}$; $Q_{,d} = 2.5 \text{ kN/m}$; $w_{,k} = 11.2 \text{ mm}$

max $Q_{,d} = 680.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = -11.86 m)
Zugehörige Werte: $N_{,d} = 134.7 \text{ kN/m}$; $M_{,d} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_{,k} = 0.0 \text{ mm}$

max $N_{,d} = 134.7 \text{ kN/m}$ (Tiefe = -11.86 m)
Zugehörige Werte: $Q_{,d} = 680.6 \text{ kN/m}$; $M_{,d} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w_{,k} = 0.0 \text{ mm}$

max $w_{,k} = 199.1 \text{ mm}$ (Tiefe = 0.00 m)
Zugehörige Werte: $N_{,d} = 0.0 \text{ kN/m}$; $Q_{,d} = 0.0 \text{ kN/m}$; $M_{,d} = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Längenzuschlag dx über Formel bestimmt
Ersatzkräfte Ch (Blum)
 $Ch_{,g,k} = 492.64$
 $Ch_{,q,k} = 68.81$
 $Ch_{,w,k} = 257.78$
 $dt = Ch_{,d} \cdot \gamma(Ep) / eph(\phi, \delta),k$
 $Ch_{,d} = 0.5 \cdot [(Ch_{,g,k} - Ch_{,w,k}) \cdot \gamma_{,w} + Ch_{,q,k} \cdot \gamma_{,q} + Ch_{,w,k} \cdot \gamma_{,w}]$
 $\gamma_{,w} = 1.20$
 $Ch_{,d} = 340.31 \text{ kN/m}$
 $eph(\phi, \delta),k = kpgh \cdot \sigma_{z,k} + kpch \cdot c,k = 315.91 + 0.00 = 315.91 \text{ kN/m}^2$
 $kpgh$ (Streck) = 2.364
 $\sigma_{z,k} = 133.65 \text{ kN/m}^2$
 $\phi,k = 37.5^\circ$
 $deltap/\phi,k = 0.333$
 $kpch$ (Streck) = 2.221
 $c,k = 0.0 \text{ kN/m}^2$
 $dt = 1.40 \text{ m}$
Mindesteinbindetiefe nach EAU 2012 8.2.9 berücksichtigt.
Theoretische Einbindetiefe $t_l = 7.36 \text{ m}$
Einbindetiefe $t_g = 8.76 \text{ m}$
Profillänge = 13.26 m

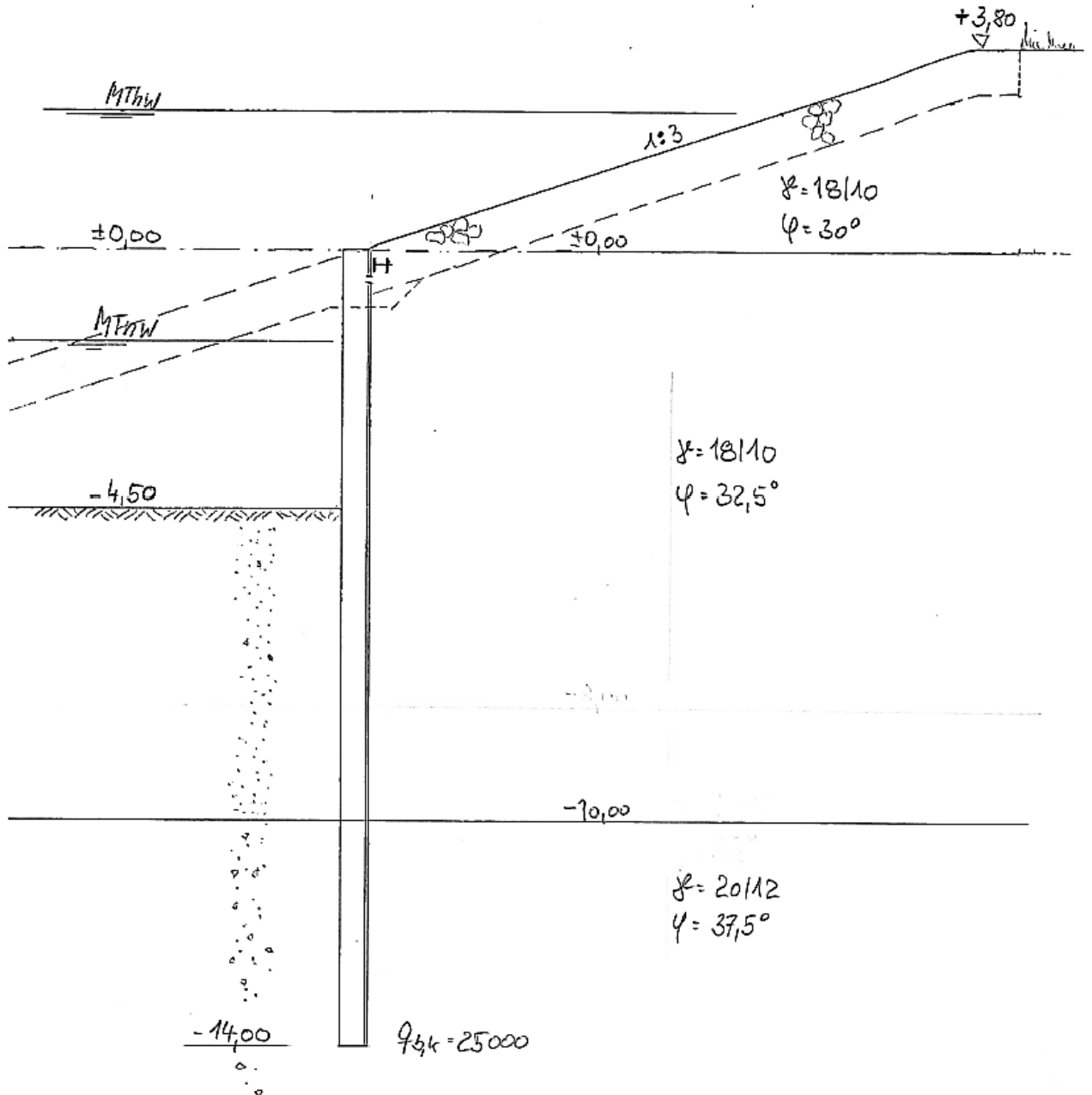
Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G_{,k} + Pv_{,k} + Eav_{,k} + 0.5 \cdot Ch_{,k} \cdot \tan(\delta(C)) \geq (Bh_{,k} - 0.5 \cdot Ch_{,k}) \cdot \tan(\delta(p))$
 $G_{,k} = 19.26 \text{ kN/m}$
 $Pv_{,k} = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav_{,k} = 138.79 \text{ kN/m}$ ($Eah_{,k} = 338.09 \text{ kN/m}$)
 $Ch_{,k} = 561.45 \text{ kN/m}$
 $Bv_{,k} = -267.45 \text{ kN/m}$
 $\delta(p) [^\circ] = -12.5$
 $\delta(C) [^\circ] = 12.5$
Summe $V_{,k} = 14.94 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
Nachweis mit Bemessungsgrößen
 $(Qg_{,k} + Bv_{,k} - 0.5 \cdot Ch_{,k} \cdot \tan(\delta(p))) / \gamma(P) \geq Pv_{,d} + Eav_{,d} + G_{,d} + 0.5 \cdot Ch_{,d} \cdot \tan(\delta(C))$
($Qg_{,k}$ = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)
(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)
 $\gamma(P)$ i.a. = 1.40
 $Pv_{,d} = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav_{,d} = 168.52 \text{ kN/m}$
 $G_{,d} = 23.11 \text{ kN/m}$
 $Ch_{,d} = 680.62 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:
 $(Qg_{,k} + 267.45 - 62.17) / \gamma(P) \geq 267.00 \text{ kN/m}$

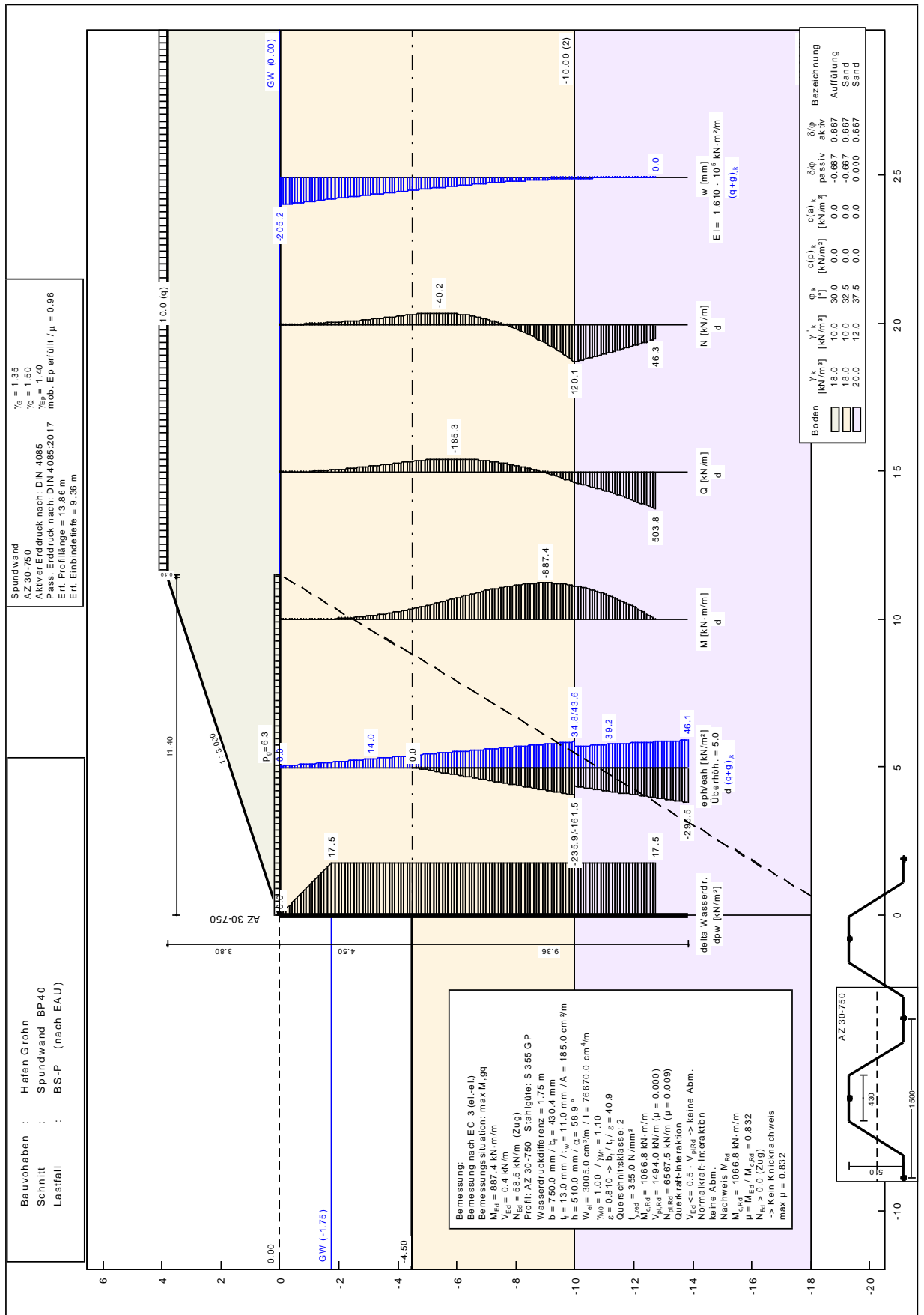
Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

3.2 Spundwand Bemessungsprofil DS40



Bodenkennwerte aus Baugrundgutachten Anlage 4.2, BP DS 40

3.2.1 Lastfall 1 (BS-P)



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 0.00 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = -4.50 m

Grundwasserstand (rechts) = 0.00 m

Grundwasserstand (links) = -1.75 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 ²]	[-]
1	0.00	11.40	3.80	0.00	0.00	11.15	10.00	ja

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/m² als Verkehrslast

Lasten (zweiseitig begrenzt)

Nr.	sig(v)	x(links)	x(rechts)	Tiefe	y(1)	y(2)	y(3)	y(4)	Verkehrslast
[-]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
1	6.30	0.00	11.50	0.00	0.00	-0.01	-19.01	-19.02	nein

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 1223.65 kN/m (Epv,d = -257.91 kN/m)

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

Bh(g+q),d = 1223.65 kN/m

Bh,g,d = 1209.31 kN/m

Bh,q,d = 14.33 kN/m

Bh,w,d = 548.32 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch,k = 373.06 kN/m

Ch,g,k = 371.78 kN/m

Ch,q,k = 1.29 kN/m

Ch,w,k = 201.12 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam,k	gam',k	phi,k	c(pas),k	c(akt),k	d(p)/phi	d(a)/phi
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	-0.01	18.00	10.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667
2	-10.00	18.00	10.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667
3	-18.00	20.00	12.00	37.50	0.00	0.00	0.000	0.667

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	kagh	kach	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	-0.01	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	-10.00	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46
3	-18.00	0.200	0.762	37.500	25.01	60.41

Aktive Erddruckordinaten ([g+q], k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
0.000	-0.005	0.000	1.782	0.00	0.05
-0.005	-0.010	1.783	1.805	0.05	0.10
-0.010	-1.100	1.619	6.026	0.10	11.00
-1.100	-1.750	6.026	8.654	11.00	17.50
-1.750	-2.100	8.654	10.069	17.50	17.50
-2.100	-3.000	10.069	13.708	17.50	17.50
-3.000	-4.000	13.708	17.958	17.50	17.50
-4.000	-4.500	17.958	20.091	17.50	17.50
-4.500	-5.100	20.091	22.650	17.50	17.50
-5.100	-6.100	22.650	26.916	17.50	17.50
-6.100	-7.100	26.916	31.182	17.50	17.50
-7.100	-8.100	31.182	35.447	17.50	17.50
-8.100	-9.000	35.447	39.286	17.50	17.50
-9.000	-9.100	39.286	39.713	17.50	17.50
-9.100	-10.000	39.713	43.552	17.50	17.50
-10.000	-10.096	34.835	35.202	17.50	17.50
-10.096	-11.058	35.202	38.871	17.50	17.50
-11.058	-11.155	38.871	39.238	17.50	17.50
-11.155	-12.046	39.238	41.541	17.50	17.50
-12.046	-12.740	41.541	43.332	17.50	17.50
-12.740	-18.000	43.332	56.269	17.50	17.50

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	kpgh	kpch	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
2	-10.00	6.006	6.054	32.500	-21.68	16.35
3	-18.00	4.112	4.056	37.500	0.00	26.25

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-4.00	-4.50	0.00	0.00
-4.50	-5.10	0.00	-25.74
-5.10	-6.10	-25.74	-68.64
-6.10	-7.10	-68.64	-111.54
-7.10	-8.10	-111.54	-154.43
-8.10	-9.00	-154.43	-193.04
-9.00	-9.10	-193.04	-197.33
-9.10	-10.00	-197.33	-235.94
-10.00	-10.10	-161.54	-164.93
-10.10	-11.06	-164.93	-198.85
-11.06	-11.15	-198.85	-202.24
-11.15	-12.05	-202.24	-233.66
-12.05	-12.74	-233.66	-258.10
-12.74	-18.00	-258.10	-443.51

Schnittgrößen (Bemessungswerte)			
Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-1.10	-4.4	-13.8	-5.5
-1.75	-8.2	-32.8	-20.2
-2.10	-10.7	-45.4	-33.9
-3.00	-18.2	-81.2	-90.5
-4.00	-28.6	-126.2	-193.7
-4.50	-34.7	-150.8	-262.9
-5.10	-39.7	-174.6	-361.2
-6.10	-36.1	-184.2	-543.7
-7.10	-17.6	-156.4	-717.1
-8.10	15.8	-91.1	-843.9
-9.00	58.5	-0.4	-887.4
-9.10	64.0	11.6	-886.8
-10.00	120.1	136.0	-822.7
-10.10	117.8	145.0	-809.2
-11.06	93.4	250.3	-621.2
-11.15	90.8	262.4	-596.6
-12.05	66.3	388.3	-308.4
-12.74	46.3	503.8	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)
 Bemessungssituation: max M,gq
 M,Ed = 887.4 kN·m/m
 V,Ed = 0.4 kN/m
 N,Ed = 58.5 kN/m (Zug)
 Profil: AZ 30-750 Stahlgüte: S 355 GP
 Wasserdruckdifferenz = 1.75 m
 b = 750.0 mm / b,f = 430.4 mm
 t,f = 13.0 mm / t,w = 11.0 mm / A = 185.0 cm²/m
 h = 510.0 mm / alpha = 58.9 °
 W,el = 3005.0 cm³/m / I = 76670.0 cm⁴/m
 gam,M0 = 1.00 / gam,M1 = 1.10
 epsilon = 0.810 -> b,f / t,f / epsilon = 40.9
 Querschnittsklasse: 2
 fy,red = 355.0 N/mm²
 Mc,Rd = 1066.8 kN·m/m
 Vpl,Rd = 1494.0 kN/m (μ = 0.000)
 Npl,Rd = 6567.5 kN/m (μ = 0.009)
 Querkraft-Interaktion
 V,Ed <= 0.5 · Vpl,Rd -> keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.
 Nachweis M,Rd
 Mc,Rd = 1066.8 kN·m/m
 μ = M,Ed / Mc,Rd = 0.832
 N,Ed > 0.0 (Zug)
 -> Kein Knicknachweis
 max μ = 0.832

max M,d = 887.4 kN·m/m (Tiefe = -9.00 m)
 Zugehörige Werte: N,d = 58.5 kN/m; Q,d = -0.4 kN/m; w,k = 14.4 mm

max Q,d = 503.8 kN·m/m (Tiefe = -12.74 m)
 Zugehörige Werte: N,d = 46.3 kN/m; M,d = 0.0 kN·m/m; w,k = 0.0 mm

max N,d = 120.1 kN/m (Tiefe = -10.00 m)
 Zugehörige Werte: Q,d = 136.0 kN/m; M,d = -822.7 kN·m/m; w,k = 8.4 mm

max w,k = 205.2 mm (Tiefe = 0.00 m)
 Zugehörige Werte: N,d = 0.0 kN/m; Q,d = 0.0 kN/m; M,d = 0.0 kN·m/m

Längenzuschlag dx über Formel bestimmt
Ersatzkräfte Ch (Blum)
 $Ch, g, k = 371.78$
 $Ch, q, k = 1.29$
 $Ch, w, k = 201.12$
 $dt = Ch, d \cdot \gamma(Ep) / eph(\phi, \delta), k$
 $Ch, d = 0.5 \cdot ([Ch, g, k - Ch, w, k]) \cdot \gamma, w + Ch, q, k \cdot \gamma, q + Ch, w, k \cdot \gamma, w$
 $\gamma, w = 1.35$
 $Ch, d = 251.91 \text{ kN/m}$
 $eph(\phi, \delta), k = kpgh \cdot \sigma_{z, k} + kpch \cdot c, k = 314.07 + 0.00 = 314.07 \text{ kN/m}^2$
 $kpgh \text{ (Streck)} = 2.364$
 $\sigma_{z, k} = 132.87 \text{ kN/m}^2$
 $\phi, k = 37.5^\circ$
 $deltap/\phi, k = 0.333$
 $kpch \text{ (Streck)} = 2.221$
 $c, k = 0.0 \text{ kN/m}^2$
 $dt = 1.12 \text{ m}$
Mindesteinbindetiefe nach EAU 2012 8.2.9 berücksichtigt.
Theoretische Einbindetiefe $t_1 = 8.24 \text{ m}$
Einbindetiefe $t_g = 9.36 \text{ m}$
Profillänge = 13.86 m

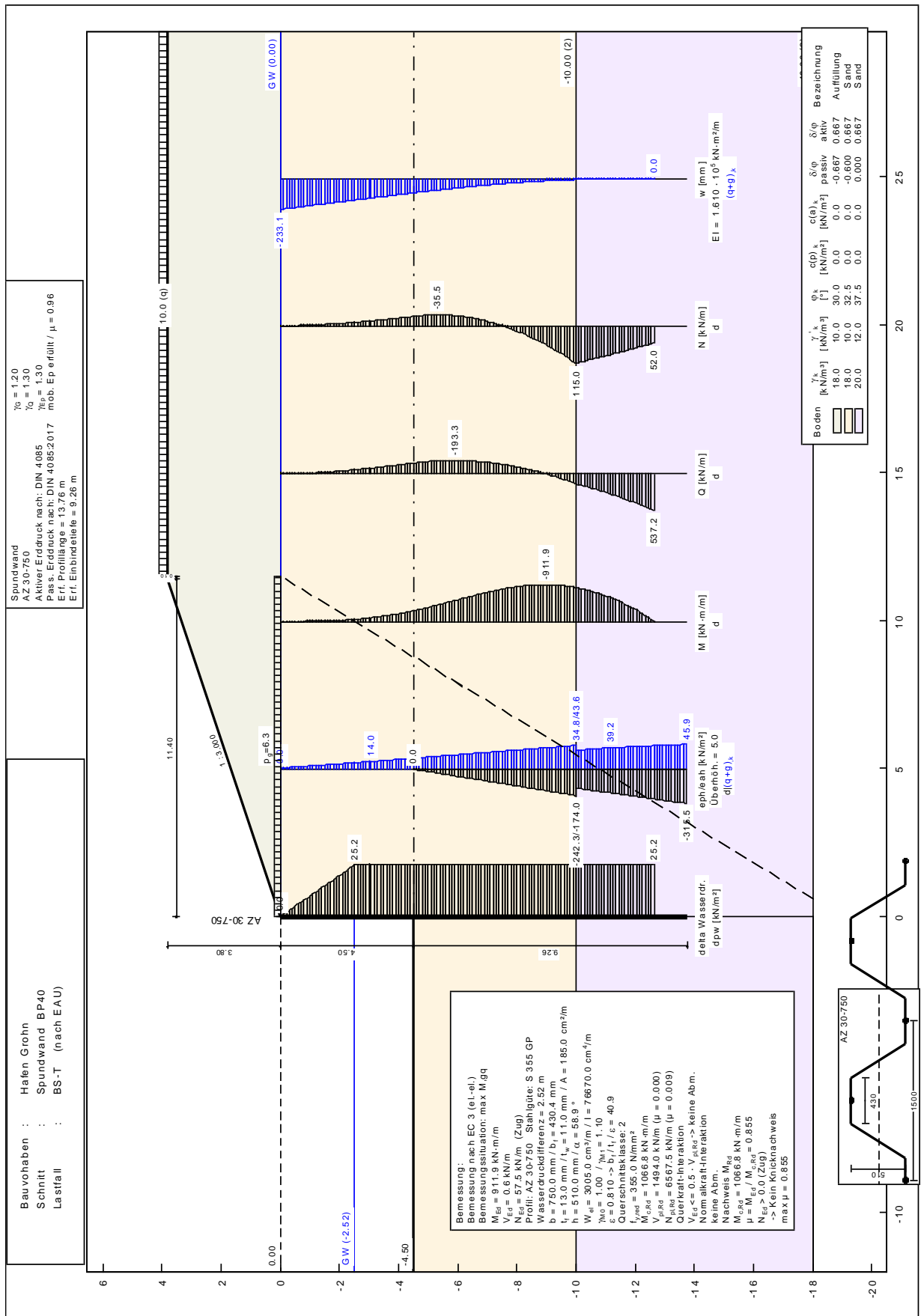
Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße
nach unten gerichtet ist.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G, k + Pv, k + Eav, k + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq (Bh, k - 0.5 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p))$
 $G, k = 20.13 \text{ kN/m}$
 $Pv, k = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, k = 139.23 \text{ kN/m}$ ($Eah, k = 331.48 \text{ kN/m}$)
 $Ch, k = 373.06 \text{ kN/m}$
 $Bv, k = -192.26 \text{ kN/m}$
 $\delta(p) [^\circ] = 0.0$
 $\delta(C) [^\circ] = 12.5$
Summe $V, k = 8.42 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
Nachweis mit Bemessungsgrößen
 $(Qg, k + Bv, k - 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(p))) / \gamma(P) \geq Pv, d + Eav, d + G, d + 0.5 \cdot Ch, d \cdot \tan(\delta(C))$
(Qg, k = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)
(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)
 $\gamma(P)$ i.a. = 1.40
 $Pv, d = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, d = 188.57 \text{ kN/m}$
 $G, d = 27.18 \text{ kN/m}$
 $Ch, d = 503.83 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:
 $(Qg, k + 192.26 - 0.00) / \gamma(P) \geq 271.54 \text{ kN/m}$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

3.2.2 Lastfall 2 (BS-T)



Spundwand
=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Indices:

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

Wandkopf = 0.00 m

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

Baugrubensohle = -4.50 m
Grundwasserstand (rechts) = 0.00 m
Grundwasserstand (links) = -2.52 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

Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	a	x	y	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[-]
1	0.00	11.40	3.80	0.00	0.00	11.15	10.00	ja

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/m² als Verkehrslast

Lasten (zweiseitig begrenzt)

Nr.	sig(v)	x(links)	x(rechts)	Tiefe	y(1)	y(2)	y(3)	y(4)	Verkehrslast
[-]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
1	6.30	0.00	11.50	0.00	0.00	-0.01	-19.01	-19.02	nein

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 1258.13 kN/m (Epv,d = -236.00 kN/m)
Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000
Bh(g+q),d = 1258.13 kN/m
Bh,g,d = 1245.52 kN/m
Bh,q,d = 12.61 kN/m
Bh,w,d = 659.54 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch,k = 447.57 kN/m
Ch,g,k = 446.16 kN/m
Ch,q,k = 1.41 kN/m
Ch,w,k = 269.70 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam,k	gam',k	phi,k	c(pas),k	c(akt),k	d(p)/phi	d(a)/phi
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	-0.01	18.00	10.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667
2	-10.00	18.00	10.00	32.50	0.00	0.00	-0.600	0.667
3	-18.00	20.00	12.00	37.50	0.00	0.00	0.000	0.667

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	kagh	kach	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	-0.01	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	-10.00	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46
3	-18.00	0.200	0.762	37.500	25.01	60.41

Aktive Erddruckordinaten ([g+q], k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
0.000	-0.005	0.000	1.782	0.00	0.05
-0.005	-0.010	1.783	1.805	0.05	0.10
-0.010	-1.100	1.619	6.026	0.10	11.00
-1.100	-2.000	6.026	9.665	11.00	20.00
-2.000	-2.520	9.665	11.767	20.00	25.20
-2.520	-3.000	11.767	13.708	25.20	25.20
-3.000	-4.000	13.708	17.958	25.20	25.20
-4.000	-4.500	17.958	20.091	25.20	25.20
-4.500	-5.100	20.091	22.650	25.20	25.20
-5.100	-6.100	22.650	26.916	25.20	25.20
-6.100	-7.100	26.916	31.182	25.20	25.20
-7.100	-8.100	31.182	35.447	25.20	25.20
-8.100	-9.000	35.447	39.286	25.20	25.20
-9.000	-9.100	39.286	39.713	25.20	25.20
-9.100	-10.000	39.713	43.552	25.20	25.20
-10.000	-10.096	34.835	35.202	25.20	25.20
-10.096	-11.058	35.202	38.871	25.20	25.20
-11.058	-11.155	38.871	39.238	25.20	25.20
-11.155	-12.046	39.238	41.541	25.20	25.20
-12.046	-12.640	41.541	43.076	25.20	25.20
-12.640	-18.000	43.076	56.269	25.20	25.20

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	kpgh	kpch	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
2	-10.00	5.728	5.849	32.500	-19.50	17.41
3	-18.00	4.112	4.056	37.500	0.00	26.25

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-4.00	-4.50	0.00	0.00
-4.50	-5.10	0.00	-26.44
-5.10	-6.10	-26.44	-70.50
-6.10	-7.10	-70.50	-114.56
-7.10	-8.10	-114.56	-158.63
-8.10	-9.00	-158.63	-198.28
-9.00	-9.10	-198.28	-202.69
-9.10	-10.00	-202.69	-242.35
-10.00	-10.10	-173.97	-177.62
-10.10	-11.06	-177.62	-214.14
-11.06	-11.15	-214.14	-217.79
-11.15	-12.05	-217.79	-251.63
-12.05	-12.64	-251.63	-274.19
-12.64	-18.00	-274.19	-477.62

Schnittgrößen (Bemessungswerte)			
Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-1.10	-3.9	-12.3	-4.9
-2.00	-8.8	-37.5	-26.3
-2.52	-12.4	-58.3	-51.0
-3.00	-16.2	-80.1	-84.1
-4.00	-25.5	-129.4	-188.5
-4.50	-30.9	-155.9	-259.7
-5.10	-35.2	-181.4	-361.6
-6.10	-31.4	-192.4	-551.8
-7.10	-13.8	-163.8	-733.2
-8.10	17.5	-95.7	-866.2
-9.00	57.5	-0.6	-911.9
-9.10	62.6	11.9	-911.3
-10.00	115.0	142.6	-844.2
-10.10	113.0	152.8	-830.0
-11.06	91.3	271.8	-628.3
-11.15	89.0	285.4	-601.5
-12.05	67.2	427.1	-286.0
-12.64	52.0	537.2	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)
 Bemessungssituation: max M,gq
 $M,Ed = 911.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V,Ed = 0.6 \text{ kN/m}$
 $N,Ed = 57.5 \text{ kN/m}$ (Zug)
 Profil: AZ 30-750 Stahlgüte: S 355 GP
 Wasserdruckdifferenz = 2.52 m
 $b = 750.0 \text{ mm}$ / $b,f = 430.4 \text{ mm}$
 $t,f = 13.0 \text{ mm}$ / $t,w = 11.0 \text{ mm}$ / $A = 185.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 510.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 58.9^\circ$
 $W,el = 3005.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 76670.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
 $\gamma_{M,0} = 1.00$ / $\gamma_{M,1} = 1.10$
 $\epsilon = 0.810 \rightarrow b,f / t,f / \epsilon = 40.9$
 Querschnittsklasse: 2
 $f_{y,red} = 355.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 1066.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 1494.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.000$)
 $N_{pl,Rd} = 6567.5 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.009$)
 Querkraft-Interaktion
 $V,Ed \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.
 Nachweis M,Rd
 $M_{c,Rd} = 1066.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M,Ed / M_{c,Rd} = 0.855$
 $N,Ed > 0.0$ (Zug)
 \rightarrow Kein Knicknachweis
 $\max \mu = 0.855$

$\max M,d = 911.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = -9.00 m)
 Zugehörige Werte: $N,d = 57.5 \text{ kN/m}$; $Q,d = -0.6 \text{ kN/m}$; $w,k = 15.9 \text{ mm}$

$\max Q,d = 537.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = -12.64 m)
 Zugehörige Werte: $N,d = 52.0 \text{ kN/m}$; $M,d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w,k = 0.0 \text{ mm}$

$\max N,d = 115.0 \text{ kN/m}$ (Tiefe = -10.00 m)
 Zugehörige Werte: $Q,d = 142.6 \text{ kN/m}$; $M,d = -844.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w,k = 8.0 \text{ mm}$

$\max w,k = 233.1 \text{ mm}$ (Tiefe = 0.00 m)
 Zugehörige Werte: $N,d = 0.0 \text{ kN/m}$; $Q,d = 0.0 \text{ kN/m}$; $M,d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Längenzuschlag dx über Formel bestimmt
Ersatzkräfte Ch (Blum)
 $Ch, g, k = 446.16$
 $Ch, q, k = 1.41$
 $Ch, w, k = 269.70$
 $dt = Ch, d \cdot \gamma(Ep) / eph(\phi, \delta), k$
 $Ch, d = 0.5 \cdot ([Ch, g, k - Ch, w, k]) \cdot \gamma, w + Ch, q, k \cdot \gamma, q + Ch, w, k \cdot \gamma, w$
 $\gamma, w = 1.20$
 $Ch, d = 268.61 \text{ kN/m}$
 $eph(\phi, \delta), k = kpgh \cdot \sigma_{z, k} + kpch \cdot c, k = 311.26 + 0.00 = 311.26 \text{ kN/m}^2$
 $kpgh \text{ (Streck)} = 2.364$
 $\sigma_{z, k} = 131.69 \text{ kN/m}^2$
 $\phi, k = 37.5^\circ$
 $deltap/\phi, k = 0.333$
 $kpch \text{ (Streck)} = 2.221$
 $c, k = 0.0 \text{ kN/m}^2$
 $dt = 1.12 \text{ m}$
Mindesteinbindetiefe nach EAU 2012 8.2.9 berücksichtigt.
Theoretische Einbindetiefe $t_1 = 8.14 \text{ m}$
Einbindetiefe $t_g = 9.26 \text{ m}$
Profillänge = 13.76 m

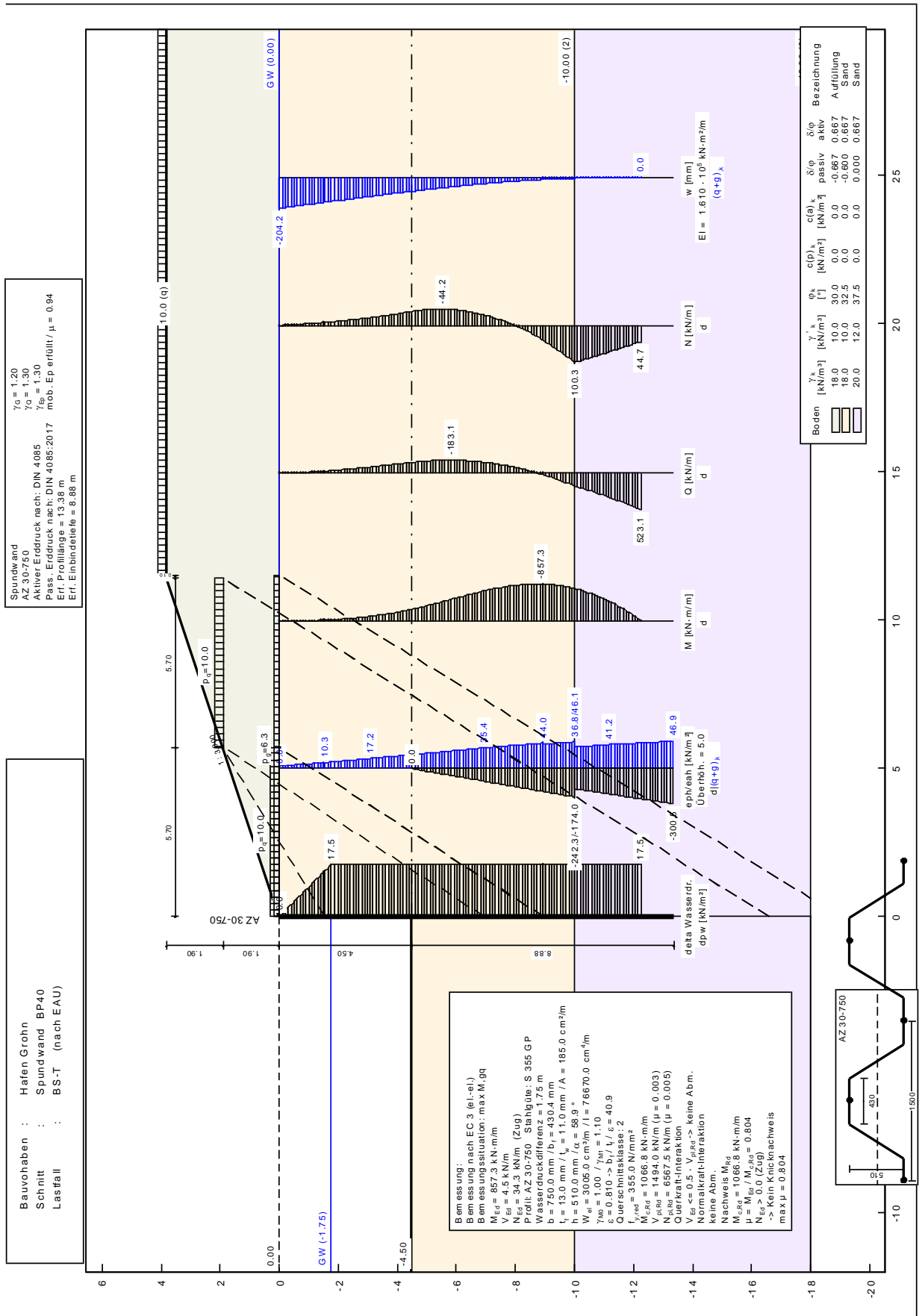
Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße
nach unten gerichtet ist.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G, k + Pv, k + Eav, k + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq (Bh, k - 0.5 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p))$
 $G, k = 19.99 \text{ kN/m}$
 $Pv, k = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, k = 137.24 \text{ kN/m}$ ($Eah, k = 327.20 \text{ kN/m}$)
 $Ch, k = 447.57 \text{ kN/m}$
 $Bv, k = -199.13 \text{ kN/m}$
 $\delta(p) [^\circ] = 0.0$
 $\delta(C) [^\circ] = 12.5$
Summe $V, k = 7.66 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
Nachweis mit Bemessungsgrößen
 $(Qg, k + Bv, k - 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(p))) / \gamma(P) \geq Pv, d + Eav, d + G, d + 0.5 \cdot Ch, d \cdot \tan(\delta(C))$
(Qg, k = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)
(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)
 $\gamma(P)$ i.a. = 1.40
 $Pv, d = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, d = 165.08 \text{ kN/m}$
 $G, d = 23.98 \text{ kN/m}$
 $Ch, d = 537.23 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:
 $(Qg, k + 199.13 - 0.00) / \gamma(P) \geq 248.55 \text{ kN/m}$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

3.2.3 Lastfall 3 (BS-T)



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 0.00 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = -4.50 m

Grundwasserstand (rechts) = 0.00 m

Grundwasserstand (links) = -1.75 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

Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	a	x	y	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[-]
1	0.00	11.40	3.80	0.00	0.00	11.15	10.00	ja

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/m² als Verkehrslast

Lasten (zweiseitig begrenzt)

Nr.	sig(v)	x(links)	x(rechts)	Tiefe	y(1)	y(2)	y(3)	y(4)	Verkehrslast
[-]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
1	6.30	0.00	11.50	0.00	0.00	-0.01	-19.01	-19.02	nein
2	10.00	0.00	5.70	0.00	0.00	-0.01	-8.93	-8.93	ja
3	10.00	5.70	11.40	1.90	-1.53	-6.92	-16.58	-16.58	ja

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 1152.47 kN/m (Epv,d = -236.00 kN/m)

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

Bh(g+q),d = 1152.47 kN/m

Bh,g,d = 1033.41 kN/m

Bh,q,d = 119.06 kN/m

Bh,w,d = 474.85 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch,k = 431.60 kN/m

Ch,g,k = 380.03 kN/m

Ch,q,k = 51.56 kN/m

Ch,w,k = 205.75 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam,k	gam',k	phi,k	c(pas),k	c(akt),k	d(p)/phi	d(a)/phi
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	-0.01	18.00	10.00	30.00	0.00	0.00	-0.667	0.667
2	-10.00	18.00	10.00	32.50	0.00	0.00	-0.600	0.667
3	-18.00	20.00	12.00	37.50	0.00	0.00	0.000	0.667

Aktive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	kagh	kach	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	-0.01	0.279	0.921	30.000	20.01	55.98
2	-10.00	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46
3	-18.00	0.200	0.762	37.500	25.01	60.41

Aktive Erddruckordinaten ([g+q], k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
0.000	-0.005	0.000	4.576	0.00	0.05
-0.005	-0.010	4.576	4.599	0.05	0.10
-0.010	-1.100	4.126	8.532	0.10	11.00
-1.100	-1.534	8.532	10.286	11.00	15.34
-1.534	-1.750	10.286	11.261	15.34	17.50
-1.750	-2.100	11.261	12.839	17.50	17.50
-2.100	-3.000	12.839	16.896	17.50	17.50
-3.000	-4.000	16.896	21.611	17.50	17.50
-4.000	-4.500	21.611	23.976	17.50	17.50
-4.500	-5.005	23.976	26.365	17.50	17.50
-5.005	-6.015	26.365	31.143	17.50	17.50
-6.015	-6.924	31.143	35.443	17.50	17.50
-6.924	-7.024	35.443	35.871	17.50	17.50
-7.024	-8.027	35.871	40.148	17.50	17.50
-8.027	-8.829	40.148	43.569	17.50	17.50
-8.829	-8.929	43.569	43.996	17.50	17.50
-8.929	-8.934	43.997	41.512	17.50	17.50
-8.934	-9.031	41.512	41.925	17.50	17.50
-9.031	-10.000	41.925	46.058	17.50	17.50
-10.000	-10.096	36.840	37.207	17.50	17.50
-10.096	-11.058	37.207	40.875	17.50	17.50
-11.058	-11.155	40.875	41.242	17.50	17.50
-11.155	-12.046	41.242	43.545	17.50	17.50
-12.046	-12.244	43.545	44.057	17.50	17.50
-12.244	-16.578	44.057	54.853	17.50	17.50
-16.578	-16.583	54.853	52.860	17.50	17.50
-16.583	-18.000	52.860	56.269	17.50	17.50

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	kpgh	kpch	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
2	-10.00	5.728	5.849	32.500	-19.50	17.41
3	-18.00	4.112	4.056	37.500	0.00	26.25

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-4.00	-4.50	0.00	0.00
-4.50	-5.00	0.00	-22.25
-5.00	-6.01	-22.25	-66.75
-6.01	-6.92	-66.75	-106.81
-6.92	-7.02	-106.81	-111.23
-7.02	-8.03	-111.23	-155.40
-8.03	-8.83	-155.40	-190.74
-8.83	-8.93	-190.74	-195.16
-8.93	-8.93	-195.16	-195.38
-8.93	-9.03	-195.38	-199.65
-9.03	-10.00	-199.65	-242.35
-10.00	-10.10	-173.97	-177.62
-10.10	-11.06	-177.62	-214.14
-11.06	-11.15	-214.14	-217.79
-11.15	-12.05	-217.79	-251.63
-12.05	-12.24	-251.63	-259.15
-12.24	-16.58	-259.15	-423.65
-16.58	-16.58	-423.65	-423.84
-16.58	-18.00	-423.84	-477.62

Schnittgrößen (Bemessungswerte)			
Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-1.10	-5.3	-15.9	-6.8
-1.53	-8.1	-27.7	-16.2
-1.75	-9.6	-34.8	-22.9
-2.10	-12.2	-47.3	-37.3
-3.00	-20.3	-82.6	-95.4
-4.00	-31.4	-127.0	-199.7
-4.50	-37.8	-151.4	-269.2
-5.00	-42.7	-171.7	-351.2
-6.01	-42.1	-181.9	-533.2
-6.92	-29.5	-156.4	-689.4
-7.02	-27.4	-151.6	-704.8
-8.03	1.2	-81.1	-824.8
-8.83	34.3	4.5	-857.3
-8.93	39.1	17.0	-856.2
-8.93	39.3	17.7	-856.1
-9.03	44.2	30.5	-853.8
-10.00	100.3	179.5	-755.1
-10.10	98.1	190.6	-737.3
-11.06	75.2	319.4	-494.5
-11.15	72.8	334.1	-463.1
-12.05	50.0	485.5	-99.9
-12.24	44.7	523.1	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max M,gq

M,Ed = 857.3 kN·m/m

V,Ed = 4.5 kN/m

N,Ed = 34.3 kN/m (Zug)

Profil: AZ 30-750 Stahlgüte: S 355 GP

Wasserdruckdifferenz = 1.75 m

b = 750.0 mm / b,f = 430.4 mm

t,f = 13.0 mm / t,w = 11.0 mm / A = 185.0 cm²/m

h = 510.0 mm / alpha = 58.9 °

W,el = 3005.0 cm³/m / I = 76670.0 cm⁴/m

gam,M0 = 1.00 / gam,M1 = 1.10

epsilon = 0.810 -> b,f / t,f / epsilon = 40.9

Querschnittsklasse: 2

fy,red = 355.0 N/mm²

Mc,Rd = 1066.8 kN·m/m

Vpl,Rd = 1494.0 kN/m (μ = 0.003)

Npl,Rd = 6567.5 kN/m (μ = 0.005)

Querkraft-Interaktion

V,Ed <= 0.5 · Vpl,Rd -> keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M,Rd

Mc,Rd = 1066.8 kN·m/m

μ = M,Ed / Mc,Rd = 0.804

N,Ed > 0.0 (Zug)

-> Kein Knicknachweis

max μ = 0.804

max M,d = 857.3 kN·m/m (Tiefe = -8.83 m)

Zugehörige Werte: N,d = 34.3 kN/m; Q,d = 4.5 kN/m; w,k = 12.9 mm

max Q,d = 523.1 kN·m/m (Tiefe = -12.24 m)

Zugehörige Werte: N,d = 44.7 kN/m; M,d = 0.0 kN·m/m; w,k = 0.0 mm

max N,d = 100.3 kN/m (Tiefe = -10.00 m)

Zugehörige Werte: Q,d = 179.5 kN/m; M,d = -755.1 kN·m/m; w,k = 5.0 mm

max w,k = 204.2 mm (Tiefe = 0.00 m)

Zugehörige Werte: N,d = 0.0 kN/m; Q,d = 0.0 kN/m; M,d = 0.0 kN·m/m

Längenzuschlag dx über Formel bestimmt
Ersatzkräfte Ch (Blum)
 $Ch, g, k = 380.03$
 $Ch, q, k = 51.56$
 $Ch, w, k = 205.75$
 $dt = Ch, d \cdot \gamma(Ep) / eph(\phi, \delta), k$
 $Ch, d = 0.5 \cdot ([Ch, g, k - Ch, w, k]) \cdot \gamma, w + Ch, q, k \cdot \gamma, q + Ch, w, k \cdot \gamma, w$
 $\gamma, w = 1.20$
 $Ch, d = 261.54 \text{ kN/m}$
 $eph(\phi, \delta), k = kpgh \cdot \sigma_{z, k} + kpch \cdot c, k = 300.02 + 0.00 = 300.02 \text{ kN/m}^2$
 $kpgh \text{ (Streck)} = 2.364$
 $\sigma_{z, k} = 126.93 \text{ kN/m}^2$
 $\phi, k = 37.5^\circ$
 $deltap/\phi, k = 0.333$
 $kpch \text{ (Streck)} = 2.221$
 $c, k = 0.0 \text{ kN/m}^2$
 $dt = 1.13 \text{ m}$
Mindesteinbindetiefe nach EAU 2012 8.2.9 berücksichtigt.
Theoretische Einbindetiefe $t_1 = 7.74 \text{ m}$
Einbindetiefe $t_g = 8.88 \text{ m}$
Profillänge = 13.38 m

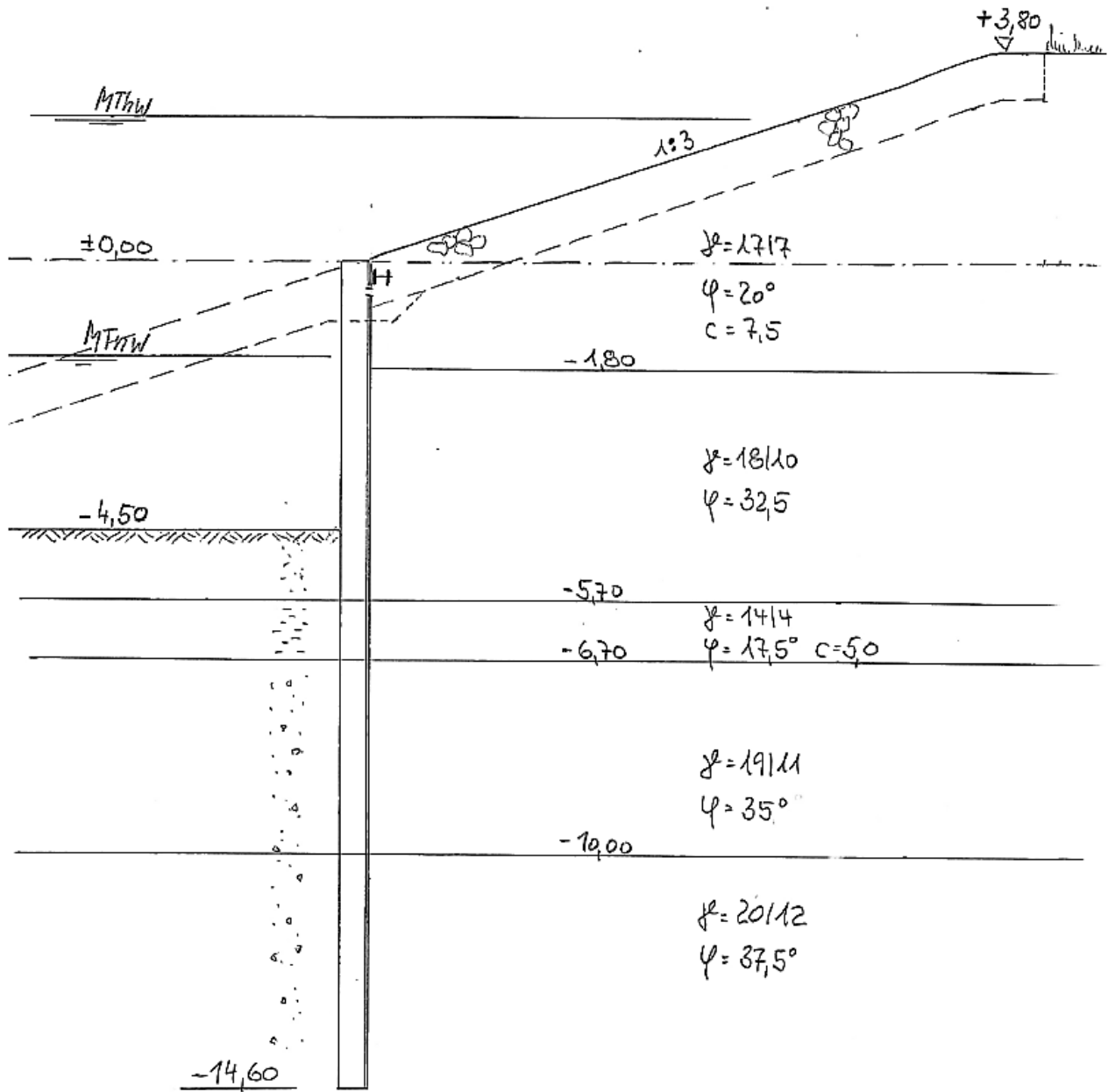
Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße
nach unten gerichtet ist.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G, k + Pv, k + Eav, k + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq (Bh, k - 0.5 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p))$
 $G, k = 19.43 \text{ kN/m}$
 $Pv, k = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, k = 146.11 \text{ kN/m}$ ($Eah, k = 351.68 \text{ kN/m}$)
 $Ch, k = 431.60 \text{ kN/m}$
 $Bv, k = -201.14 \text{ kN/m}$
 $\delta(p) [^\circ] = 0.0$
 $\delta(C) [^\circ] = 12.5$
Summe $V, k = 12.19 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
Nachweis mit Bemessungsgrößen
 $(Qg, k + Bv, k - 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(p))) / \gamma(P) \geq Pv, d + Eav, d + G, d + 0.5 \cdot Ch, d \cdot \tan(\delta(C))$
(Qg, k = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)
(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)
 $\gamma(P)$ i.a. = 1.40
 $Pv, d = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, d = 177.37 \text{ kN/m}$
 $G, d = 23.31 \text{ kN/m}$
 $Ch, d = 523.08 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:
 $(Qg, k + 201.14 - 0.00) / \gamma(P) \geq 258.61 \text{ kN/m}$

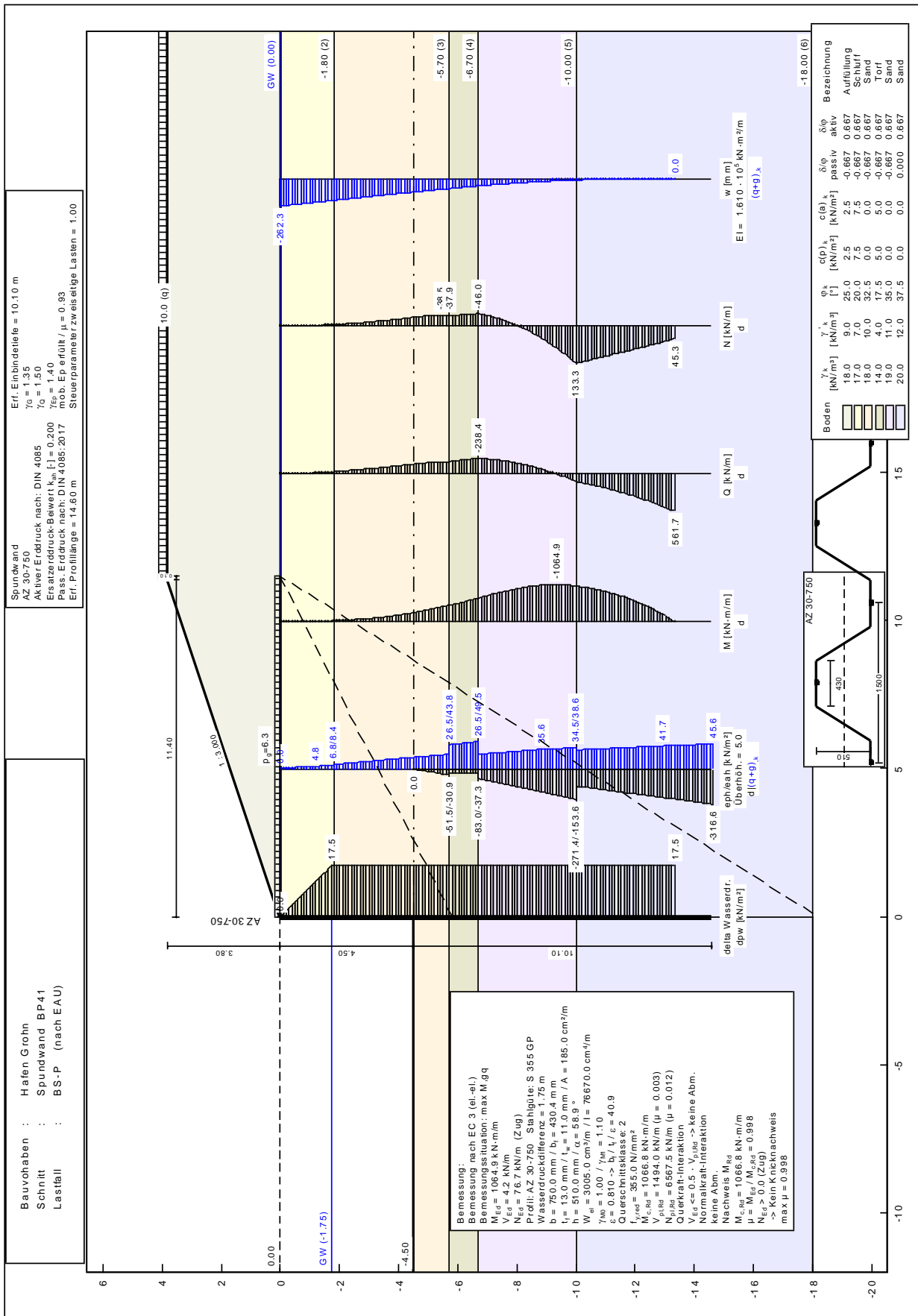
Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

3.3 Spundwand Bemessungsprofil DS41



Bodenkennwerte aus Baugrundgutachten Anlage 4.3, BP DS 41

3.3.1 Lastfall 1 (BS-P)



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 0.00 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = -4.50 m

Grundwasserstand (rechts) = 0.00 m

Grundwasserstand (links) = -1.75 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 ²]	[-]
1	0.00	11.40	3.80	0.00	0.00	8.84	10.00	ja

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/m² als Verkehrslast

Lasten (zweiseitig begrenzt)

Nr.	sig(v)	x(links)	x(rechts)	Tiefe	y(1)	y(2)	y(3)	y(4)	Verkehrslast
[-]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
1	6.30	0.00	11.50	0.00	0.00	-0.01	-5.83	-18.16	nein

Steuerparameter = 1.00

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 1357.86 kN/m (Epv,d = -271.70 kN/m)

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

Bh(g+q),d = 1357.86 kN/m

Bh,g,d = 1329.46 kN/m

Bh,q,d = 28.40 kN/m

Bh,w,d = 586.36 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch,k = 415.38 kN/m

Ch,g,k = 409.28 kN/m

Ch,q,k = 6.10 kN/m

Ch,w,k = 210.97 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam,k	gam',k	phi,k	c(pas),k	c(akt),k	d(p)/phi	d(a)/phi
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	-0.01	18.00	9.00	25.00	2.50	2.50	-0.667	0.667
2	-1.80	17.00	7.00	20.00	7.50	7.50	-0.667	0.667
3	-5.70	18.00	10.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667
4	-6.70	14.00	4.00	17.50	5.00	5.00	-0.667	0.667
5	-10.00	19.00	11.00	35.00	0.00	0.00	-0.667	0.667
6	-18.00	20.00	12.00	37.50	0.00	0.00	0.000	0.667

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert kah [-] = 0.200

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird angewendet, wenn Kohäsion <> 0.0.

Ersatzerddruck-Beiwert kah wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	kagh	kach	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	-0.01	0.346	1.043	25.000	16.67	53.00
2	-1.80	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01
3	-5.70	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46
4	-6.70	0.473	1.256	17.500	11.67	48.50
5	-10.00	0.224	0.813	35.000	23.34	58.94
6	-18.00	0.200	0.762	37.500	25.01	60.41

Aktive Erddruckordinaten ([g+q],k)

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	
0.000	-0.005	0.000	1.277	0.00	0.05
-0.005	-0.010	1.277	1.293	0.05	0.10
-0.010	-1.093	1.294	4.485	0.10	10.93
-1.093	-1.750	4.485	6.627	10.93	17.50
-1.750	-1.800	6.627	6.792	17.50	17.50
-1.800	-2.100	8.363	9.761	17.50	17.50
-2.100	-3.000	9.761	13.953	17.50	17.50
-3.000	-4.000	13.954	18.612	17.50	17.50
-4.000	-4.500	18.612	20.941	17.50	17.50
-4.500	-5.100	20.941	23.736	17.50	17.50
-5.100	-5.700	23.736	26.531	17.50	17.50
-5.700	-5.833	43.784	44.577	17.50	17.50
-5.833	-6.026	44.578	45.677	17.50	17.50
-6.026	-6.700	45.677	49.527	17.50	17.50
-6.700	-7.006	26.482	27.790	17.50	17.50
-7.006	-8.025	27.790	32.153	17.50	17.50
-8.025	-8.840	32.153	35.643	17.50	17.50
-8.840	-9.034	35.644	36.135	17.50	17.50
-9.034	-9.323	36.135	36.873	17.50	17.50
-9.323	-10.000	36.873	38.595	17.50	17.50
-10.000	-10.101	34.477	34.727	17.50	17.50
-10.101	-11.013	34.727	36.982	17.50	17.50
-11.013	-12.026	36.982	39.488	17.50	17.50
-12.026	-13.037	39.488	41.971	17.50	17.50
-13.037	-13.334	41.971	42.657	17.50	17.50
-13.334	-18.000	42.657	53.402	17.50	17.50

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	kpgh	kpch	phi,k	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
3	-5.70	6.006	6.054	32.500	-21.68	16.35
4	-6.70	2.255	3.239	17.500	-11.67	26.55
5	-10.00	7.264	6.835	35.000	-23.34	14.57
6	-18.00	4.112	4.056	37.500	0.00	26.25

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.40

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]
-4.00	-4.50	0.00	0.00
-4.50	-5.10	0.00	-25.74
-5.10	-5.70	-25.74	-51.48
-5.70	-5.83	-30.89	-31.75
-5.83	-6.03	-31.75	-32.99
-6.03	-6.70	-32.99	-37.34
-6.70	-7.01	-83.02	-100.47
-7.01	-8.02	-100.47	-158.64
-8.02	-8.84	-158.64	-205.17
-8.84	-9.03	-205.17	-216.21
-9.03	-9.32	-216.21	-232.75
-9.32	-10.00	-232.75	-271.37
-10.00	-10.10	-153.61	-157.18
-10.10	-11.01	-157.18	-189.31
-11.01	-12.03	-189.31	-225.01
-12.03	-13.04	-225.01	-260.63
-13.04	-13.33	-260.63	-271.13
-13.33	-18.00	-271.13	-435.58

Schnittgrößen (Bemessungswerte)			
Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-1.09	-3.1	-12.3	-4.8
-1.75	-5.6	-29.8	-18.2
-1.80	-5.8	-31.5	-19.8
-2.10	-7.9	-42.2	-30.8
-3.00	-15.4	-77.9	-84.5
-4.00	-26.1	-123.6	-184.8
-4.50	-32.4	-148.8	-252.8
-5.10	-37.8	-173.5	-350.2
-5.70	-37.9	-185.2	-458.4
-5.83	-39.0	-192.2	-483.6
-6.03	-40.5	-202.4	-521.6
-6.70	-46.0	-238.4	-670.1
-7.01	-39.5	-229.1	-741.7
-8.02	-2.9	-163.8	-946.4
-8.84	42.7	-73.8	-1045.5
-9.03	55.6	-47.4	-1057.3
-9.32	76.7	-4.2	-1064.9
-10.00	133.3	114.0	-1029.1
-10.10	130.9	122.5	-1017.1
-11.01	108.4	212.9	-866.2
-12.03	81.9	344.2	-586.8
-13.04	53.8	507.4	-159.1
-13.33	45.3	561.7	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)
 Bemessungssituation: max M,gq
 $M,Ed = 1064.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V,Ed = 4.2 \text{ kN/m}$
 $N,Ed = 76.7 \text{ kN/m}$ (Zug)
 Profil: AZ 30-750 Stahlgüte: S 355 GP
 Wasserdruckdifferenz = 1.75 m
 $b = 750.0 \text{ mm}$ / $b,f = 430.4 \text{ mm}$
 $t,f = 13.0 \text{ mm}$ / $t,w = 11.0 \text{ mm}$ / $A = 185.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 510.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 58.9^\circ$
 $W,el = 3005.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 76670.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
 $\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.10$
 $\epsilon = 0.810 \rightarrow b,f / t,f / \epsilon = 40.9$
 Querschnittsklasse: 2
 $f_{y,red} = 355.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 1066.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 1494.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.003$)
 $N_{pl,Rd} = 6567.5 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.012$)
 Querkraft-Interaktion
 $V,Ed \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.
 Nachweis M,Rd
 $M_{c,Rd} = 1066.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M,Ed / M_{c,Rd} = 0.998$
 $N,Ed > 0.0$ (Zug)
 \rightarrow Kein Knicknachweis
 $\max \mu = 0.998$

$\max M,d = 1064.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = -9.32 m)
 Zugehörige Werte: $N,d = 76.7 \text{ kN/m}$; $Q,d = -4.2 \text{ kN/m}$; $w,k = 19.7 \text{ mm}$

$\max Q,d = 561.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = -13.33 m)
 Zugehörige Werte: $N,d = 45.3 \text{ kN/m}$; $M,d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w,k = 0.0 \text{ mm}$

$\max N,d = 133.3 \text{ kN/m}$ (Tiefe = -10.00 m)
 Zugehörige Werte: $Q,d = 114.0 \text{ kN/m}$; $M,d = -1029.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w,k = 16.2 \text{ mm}$

$\max w,k = 262.3 \text{ mm}$ (Tiefe = 0.00 m)
 Zugehörige Werte: $N,d = 0.0 \text{ kN/m}$; $Q,d = 0.0 \text{ kN/m}$; $M,d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Längenzuschlag dx über Formel bestimmt
Ersatzkräfte Ch (Blum)
 $Ch, g, k = 409.28$
 $Ch, q, k = 6.10$
 $Ch, w, k = 210.97$
 $dt = Ch, d \cdot \gamma(Ep) / eph(\phi, \delta), k$
 $Ch, d = 0.5 \cdot ([Ch, g, k - Ch, w, k]) \cdot \gamma, w + Ch, q, k \cdot \gamma, q + Ch, w, k \cdot \gamma, w$
 $\gamma, w = 1.35$
 $Ch, d = 280.84 \text{ kN/m}$
 $eph(\phi, \delta), k = kpgh \cdot \sigma_{z, k} + kpch \cdot c, k = 311.84 + 0.00 = 311.84 \text{ kN/m}^2$
 $kpgh \text{ (Streck)} = 2.364$
 $\sigma_{z, k} = 131.93 \text{ kN/m}^2$
 $\phi, k = 37.5^\circ$
 $deltap/\phi, k = 0.333$
 $kpch \text{ (Streck)} = 2.221$
 $c, k = 0.0 \text{ kN/m}^2$
 $dt = 1.26 \text{ m}$
Mindesteinbindetiefe nach EAU 2012 8.2.9 berücksichtigt.
Theoretische Einbindetiefe $t_1 = 8.83 \text{ m}$
Einbindetiefe $t_g = 10.10 \text{ m}$
Profillänge = 14.60 m

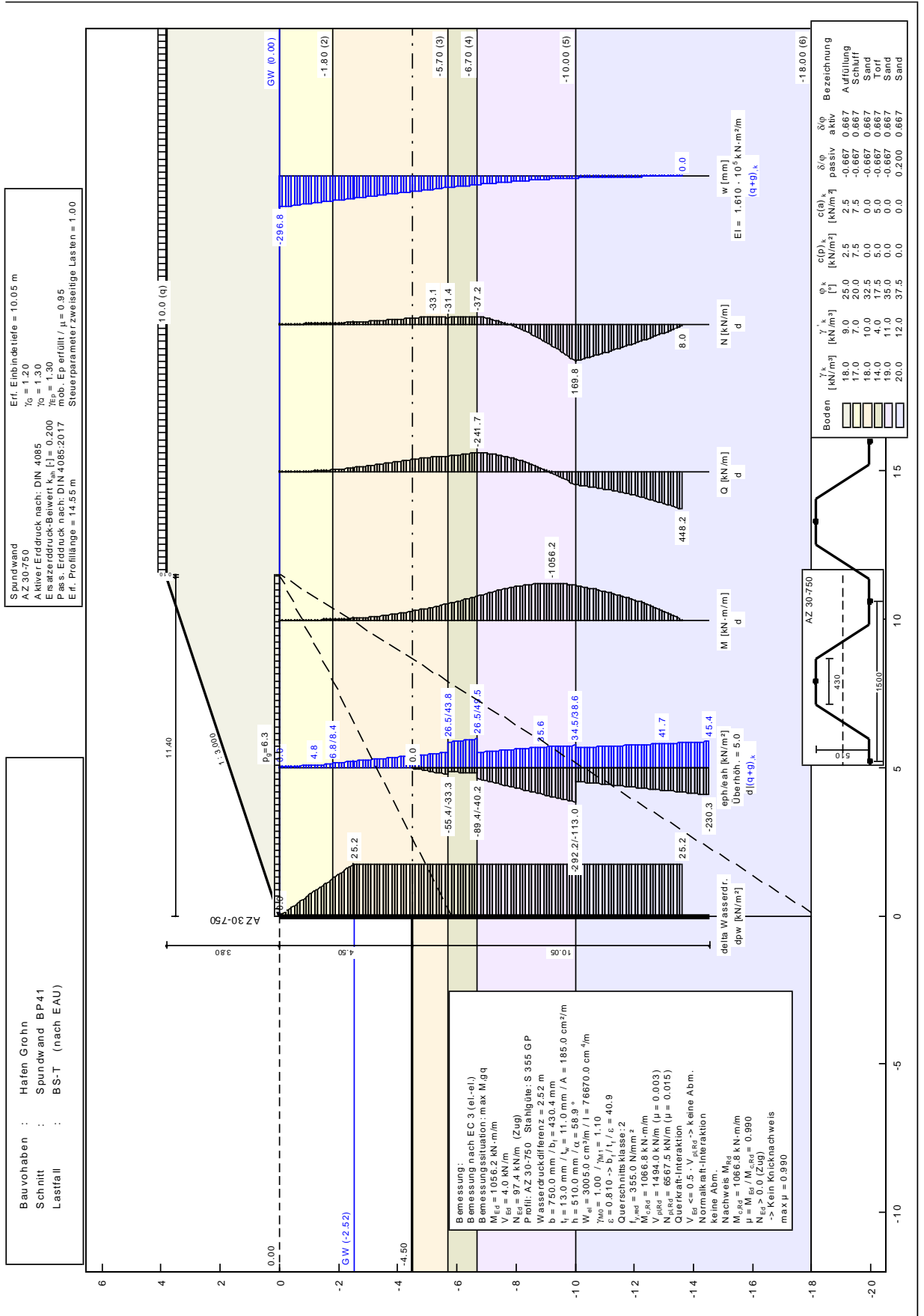
Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße nach unten gerichtet ist.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G, k + Pv, k + Eav, k + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq (Bh, k - 0.5 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p))$
 $G, k = 21.20 \text{ kN/m}$
 $Pv, k = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, k = 145.70 \text{ kN/m}$ ($Eah, k = 360.05 \text{ kN/m}$)
 $Ch, k = 415.38 \text{ kN/m}$
 $Bv, k = -198.79 \text{ kN/m}$
 $\delta(p) [^\circ] = 0.0$
 $\delta(C) [^\circ] = 12.5$
Summe $V, k = 14.10 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
Nachweis mit Bemessungsgrößen
 $(Qg, k + Bv, k - 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(p))) / \gamma(P) \geq Pv, d + Eav, d + G, d + 0.5 \cdot Ch, d \cdot \tan(\delta(C))$
(Qg, k = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)
(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)
 $\gamma(P)$ i.a. = 1.40
 $Pv, d = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, d = 197.59 \text{ kN/m}$
 $G, d = 28.61 \text{ kN/m}$
 $Ch, d = 561.67 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:
 $(Qg, k + 198.79 - 0.00) / \gamma(P) \geq 288.40 \text{ kN/m}$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

3.3.2 Lastfall 2 (BS-T)



Spundwand
=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Indices:

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

Wandkopf = 0.00 m

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

Baugrubensohle = -4.50 m
Grundwasserstand (rechts) = 0.00 m
Grundwasserstand (links) = -2.52 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

Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	a	x	y	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[-]
1	0.00	11.40	3.80	0.00	0.00	8.84	10.00	ja

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/m² als Verkehrslast

Lasten (zweiseitig begrenzt)

Nr.	sig(v)	x(links)	x(rechts)	Tiefe	y(1)	y(2)	y(3)	y(4)	Verkehrslast
[-]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
1	6.30	0.00	11.50	0.00	0.00	-0.01	-5.83	-18.16	nein

Steuerparameter = 1.00

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 1281.06 kN/m (Epv,d = -216.06 kN/m)
Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) = Bh,d / Eph,d = 1.000
Bh(g+q),d = 1281.06 kN/m
Bh,g,d = 1257.56 kN/m
Bh,q,d = 23.51 kN/m
Bh,w,d = 646.56 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch,k = 373.14 kN/m
Ch,g,k = 369.01 kN/m
Ch,q,k = 4.13 kN/m
Ch,w,k = 222.09 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam,k	gam',k	phi,k	c(pas),k	c(akt),k	d(p)/phi	d(a)/phi
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	-0.01	18.00	9.00	25.00	2.50	2.50	-0.667	0.667
2	-1.80	17.00	7.00	20.00	7.50	7.50	-0.667	0.667
3	-5.70	18.00	10.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667
4	-6.70	14.00	4.00	17.50	5.00	5.00	-0.667	0.667
5	-10.00	19.00	11.00	35.00	0.00	0.00	-0.667	0.667
6	-18.00	20.00	12.00	37.50	0.00	0.00	0.200	0.667

Aktive Erddruckbeiwerte

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

Ersatzerddruck-Beiwert k_{ah} wird angewendet, wenn Kohäsion < 0.0 .

Ersatzerddruck-Beiwert k_{ah} wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	k_{agh}	k_{ach}	$\phi_{i,k}$	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	-0.01	0.346	1.043	25.000	16.67	53.00
2	-1.80	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01
3	-5.70	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46
4	-6.70	0.473	1.256	17.500	11.67	48.50
5	-10.00	0.224	0.813	35.000	23.34	58.94
6	-18.00	0.200	0.762	37.500	25.01	60.41

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

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
0.000	-0.005	0.000	1.277	0.00	0.05
-0.005	-0.010	1.277	1.293	0.05	0.10
-0.010	-1.093	1.294	4.485	0.10	10.93
-1.093	-1.800	4.485	6.792	10.93	18.00
-1.800	-2.100	8.363	9.761	18.00	21.00
-2.100	-2.520	9.761	11.717	21.00	25.20
-2.520	-3.000	11.717	13.953	25.20	25.20
-3.000	-4.000	13.954	18.612	25.20	25.20
-4.000	-4.500	18.612	20.941	25.20	25.20
-4.500	-5.100	20.941	23.736	25.20	25.20
-5.100	-5.700	23.736	26.531	25.20	25.20
-5.700	-5.833	43.784	44.577	25.20	25.20
-5.833	-6.026	44.578	45.677	25.20	25.20
-6.026	-6.700	45.677	49.527	25.20	25.20
-6.700	-7.006	26.482	27.790	25.20	25.20
-7.006	-8.025	27.790	32.153	25.20	25.20
-8.025	-8.840	32.153	35.643	25.20	25.20
-8.840	-9.034	35.644	36.135	25.20	25.20
-9.034	-9.227	36.135	36.627	25.20	25.20
-9.227	-10.000	36.627	38.595	25.20	25.20
-10.000	-10.101	34.477	34.727	25.20	25.20
-10.101	-11.013	34.727	36.982	25.20	25.20
-11.013	-12.026	36.982	39.488	25.20	25.20
-12.026	-13.037	39.488	41.971	25.20	25.20
-13.037	-13.632	41.971	43.343	25.20	25.20
-13.632	-18.000	43.343	53.402	25.20	25.20

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	$\phi_{i,k}$	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
3	-5.70	6.006	6.054	32.500	-21.68	16.35
4	-6.70	2.255	3.239	17.500	-11.67	26.55
5	-10.00	7.264	6.835	35.000	-23.34	14.57
6	-18.00	2.808	3.027	37.500	7.50	31.70

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-4.00	-4.50	0.00	0.00
-4.50	-5.10	0.00	-27.72
-5.10	-5.70	-27.72	-55.44
-5.70	-5.83	-33.27	-34.20
-5.83	-6.03	-34.20	-35.53
-6.03	-6.70	-35.53	-40.21
-6.70	-7.01	-89.40	-108.20
-7.01	-8.02	-108.20	-170.84
-8.02	-8.84	-170.84	-220.96
-8.84	-9.03	-220.96	-232.84
-9.03	-9.23	-232.84	-244.72
-9.23	-10.00	-244.72	-292.24
-10.00	-10.10	-112.98	-115.60
-10.10	-11.01	-115.60	-139.23
-11.01	-12.03	-139.23	-165.49
-12.03	-13.04	-165.49	-191.69
-13.04	-13.63	-191.69	-207.13
-13.63	-18.00	-207.13	-320.36

Schnittgrößen (Bemessungswerte)			
Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-1.09	-2.8	-10.9	-4.3
-1.80	-5.2	-28.0	-17.6
-2.10	-7.0	-38.3	-27.5
-2.52	-9.9	-55.3	-47.0
-3.00	-13.7	-77.3	-78.8
-4.00	-23.2	-127.1	-180.5
-4.50	-28.8	-154.1	-250.7
-5.10	-33.0	-180.1	-351.7
-5.70	-31.4	-191.7	-464.0
-5.83	-32.2	-198.3	-490.0
-6.03	-33.3	-208.0	-529.1
-6.70	-37.2	-241.7	-680.7
-7.01	-29.1	-230.9	-753.0
-8.02	14.1	-157.4	-955.8
-8.84	66.8	-56.8	-1045.7
-9.03	81.6	-27.5	-1053.9
-9.23	97.4	4.0	-1056.2
-10.00	169.8	151.6	-998.3
-10.10	166.2	155.8	-982.7
-11.01	131.0	204.1	-820.2
-12.03	87.4	280.0	-577.0
-13.04	38.9	378.9	-245.9
-13.63	8.0	448.2	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)
 Bemessungssituation: max M, qg
 $M, Ed = 1056.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V, Ed = 4.0 \text{ kN/m}$
 $N, Ed = 97.4 \text{ kN/m}$ (Zug)
 Profil: AZ 30-750 Stahlgüte: S 355 GP
 Wasserdruckdifferenz = 2.52 m
 $b = 750.0 \text{ mm}$ / $b, f = 430.4 \text{ mm}$
 $t, f = 13.0 \text{ mm}$ / $t, w = 11.0 \text{ mm}$ / $A = 185.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 510.0 \text{ mm}$ / $\alpha = 58.9^\circ$
 $W, el = 3005.0 \text{ cm}^3/\text{m}$ / $I = 76670.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
 $\gamma_{M0} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.10$
 $\epsilon = 0.810 \rightarrow b, f / t, f / \epsilon = 40.9$
 Querschnittsklasse: 2
 $f_{y, red} = 355.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c, Rd} = 1066.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl, Rd} = 1494.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.003$)
 $N_{pl, Rd} = 6567.5 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.015$)
 Querkraft-Interaktion
 $V, Ed \leq 0.5 \cdot V_{pl, Rd} \rightarrow$ keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.
 Nachweis M, Rd
 $M_{c, Rd} = 1066.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M, Ed / M_{c, Rd} = 0.990$
 $N, Ed > 0.0$ (Zug)
 \rightarrow Kein Knicknachweis
 $\max \mu = 0.990$

$\max M, d = 1056.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = -9.23 m)
 Zugehörige Werte: $N, d = 97.4 \text{ kN/m}$; $Q, d = 4.0 \text{ kN/m}$; $w, k = 24.7 \text{ mm}$

$\max Q, d = 448.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ (Tiefe = -13.63 m)
 Zugehörige Werte: $N, d = 8.0 \text{ kN/m}$; $M, d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w, k = 0.0 \text{ mm}$

$\max N, d = 169.8 \text{ kN/m}$ (Tiefe = -10.00 m)
 Zugehörige Werte: $Q, d = 151.6 \text{ kN/m}$; $M, d = -998.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$; $w, k = 17.4 \text{ mm}$

$\max w, k = 296.8 \text{ mm}$ (Tiefe = 0.00 m)
 Zugehörige Werte: $N, d = 0.0 \text{ kN/m}$; $Q, d = 0.0 \text{ kN/m}$; $M, d = 0.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

Längenzuschlag dx über Formel bestimmt
Ersatzkräfte Ch (Blum)
 $Ch, g, k = 369.01$
 $Ch, q, k = 4.13$
 $Ch, w, k = 222.09$
 $dt = Ch, d \cdot \gamma(Ep) / eph(\phi, \delta), k$
 $Ch, d = 0.5 \cdot ([Ch, g, k - Ch, w, k]) \cdot \gamma, w + Ch, q, k \cdot \gamma, q + Ch, w, k \cdot \gamma, w$
 $\gamma, w = 1.20$
 $Ch, d = 224.09 \text{ kN/m}$
 $eph(\phi, \delta), k = kpgh \cdot \sigma_{z, k} + kpch \cdot c, k = 320.29 + 0.00 = 320.29 \text{ kN/m}^2$
 $kpgh \text{ (Streck)} = 2.364$
 $\sigma_{z, k} = 135.51 \text{ kN/m}^2$
 $\phi, k = 37.5^\circ$
 $deltap/\phi, k = 0.333$
 $kpch \text{ (Streck)} = 2.221$
 $c, k = 0.0 \text{ kN/m}^2$
 $dt = 0.91 \text{ m}$
Mindesteinbindetiefe nach EAU 2012 8.2.9 berücksichtigt.
Theoretische Einbindetiefe $t_1 = 9.13 \text{ m}$
Einbindetiefe $t_g = 10.05 \text{ m}$
Profillänge = 14.55 m

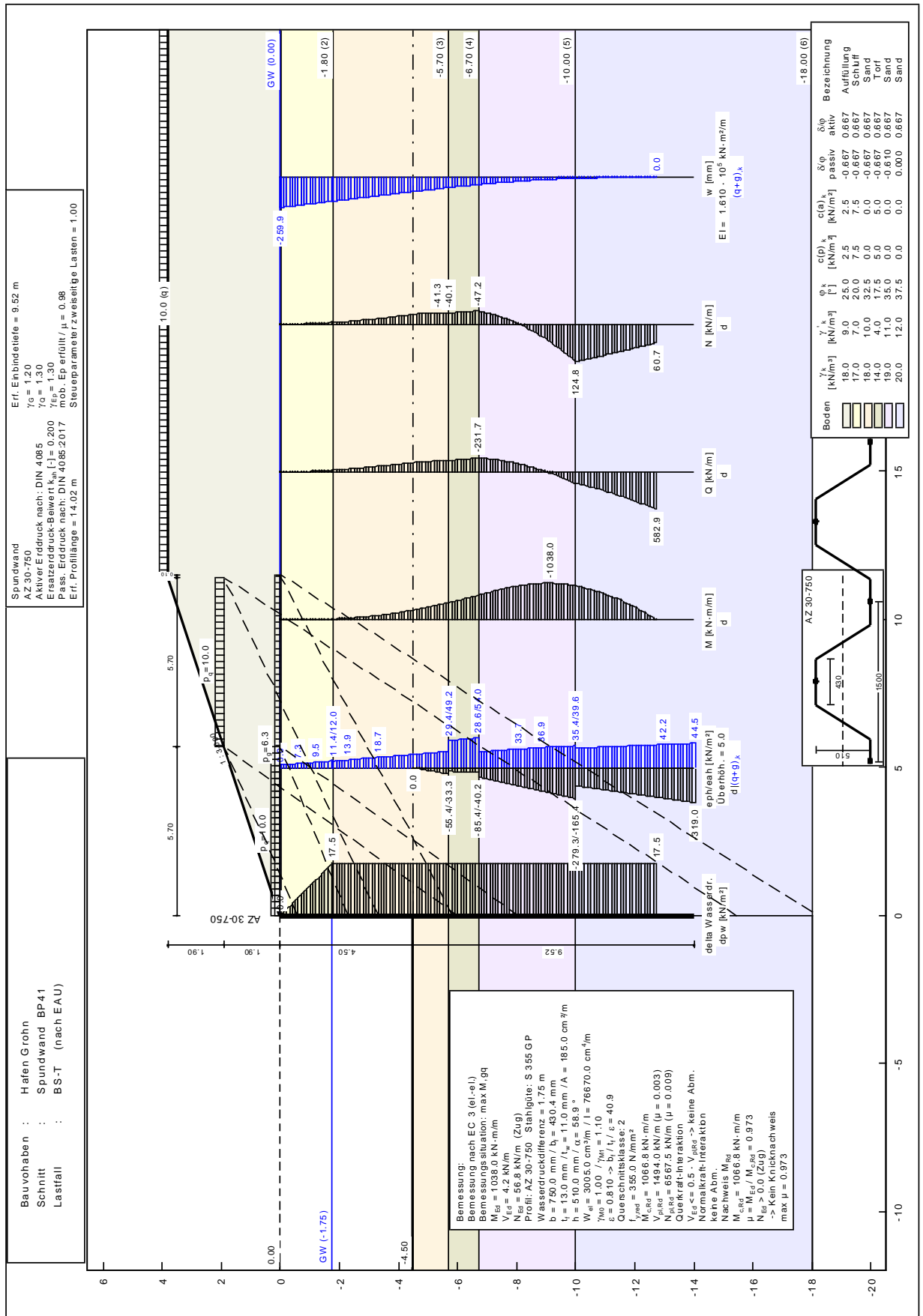
Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße
nach unten gerichtet ist.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G, k + Pv, k + Eav, k + 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(C)) \geq (Bh, k - 0.5 \cdot Ch, k) \cdot \tan(\delta(p))$
 $G, k = 21.12 \text{ kN/m}$
 $Pv, k = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, k = 151.67 \text{ kN/m}$ ($Eah, k = 372.86 \text{ kN/m}$)
 $Ch, k = 373.14 \text{ kN/m}$
 $Bv, k = -178.40 \text{ kN/m}$
 $\delta(p) [^\circ] = 7.5$
 $\delta(C) [^\circ] = 12.5$
Summe $V, k = 11.15 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
Nachweis mit Bemessungsgrößen
 $(Qg, k + Bv, k - 0.5 \cdot Ch, k \cdot \tan(\delta(p))) / \gamma(P) \geq Pv, d + Eav, d + G, d + 0.5 \cdot Ch, d \cdot \tan(\delta(C))$
(Qg, k = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)
(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)
 $\gamma(P)$ i.a. = 1.40
 $Pv, d = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav, d = 182.63 \text{ kN/m}$
 $G, d = 25.35 \text{ kN/m}$
 $Ch, d = 448.18 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:
 $(Qg, k + 178.40 - 24.56) / \gamma(P) \geq 257.61 \text{ kN/m}$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

3.3.3 Lastfall 3 (BS-T)



Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 0.00 m

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.100 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.100 m

Baugrubensohle = -4.50 m

Grundwasserstand (rechts) = 0.00 m

Grundwasserstand (links) = -1.75 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

Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	a	x	y	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[-]
1	0.00	11.40	3.80	0.00	0.00	8.84	10.00	ja

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/m² als Verkehrslast

Lasten (zweiseitig begrenzt)

Nr.	sig(v)	x(links)	x(rechts)	Tiefe	y(1)	y(2)	y(3)	y(4)	Verkehrslast
[-]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]
1	6.30	0.00	11.50	0.00	0.00	-0.01	-5.83	-18.16	nein
2	10.00	0.00	5.70	0.00	0.00	-0.01	-2.28	-8.06	ja
3	10.00	5.70	11.40	1.90	-0.59	-6.01	-3.32	-15.46	ja

Steuerparameter = 1.00

Art des Fußlagers:

Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:

Eph,d = 1266.13 kN/m (Epv,d = -256.05 kN/m)

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

Bh(g+q),d = 1266.13 kN/m

Bh,g,d = 1133.15 kN/m

Bh,q,d = 132.98 kN/m

Bh,w,d = 506.69 kN/m

Ersatzkräfte Ch (Blum)

Ch,k = 480.33 kN/m

Ch,g,k = 415.21 kN/m

Ch,q,k = 65.12 kN/m

Ch,w,k = 214.64 kN/m

Bodenkennwerte

Schicht	UK	gam,k	gam',k	phi,k	c(pas),k	c(akt),k	d(p)/phi	d(a)/phi
[-]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	-0.01	18.00	9.00	25.00	2.50	2.50	-0.667	0.667
2	-1.80	17.00	7.00	20.00	7.50	7.50	-0.667	0.667
3	-5.70	18.00	10.00	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667
4	-6.70	14.00	4.00	17.50	5.00	5.00	-0.667	0.667
5	-10.00	19.00	11.00	35.00	0.00	0.00	-0.610	0.667
6	-18.00	20.00	12.00	37.50	0.00	0.00	0.000	0.667

Aktive Erddruckbeiwerte

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

Ersatzerddruck-Beiwert k_{ah} wird angewendet, wenn Kohäsion < 0.0 .

Ersatzerddruck-Beiwert k_{ah} wird nur auf ständige Lasten angewendet.

bestimmt nach: DIN 4085

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	k_{agh}	k_{ach}	$\phi_{i,k}$	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	-0.01	0.346	1.043	25.000	16.67	53.00
2	-1.80	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01
3	-5.70	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46
4	-6.70	0.473	1.256	17.500	11.67	48.50
5	-10.00	0.224	0.813	35.000	23.34	58.94
6	-18.00	0.200	0.762	37.500	25.01	60.41

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

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	
0.000	-0.005	0.000	4.733	0.00	0.05
-0.005	-0.010	4.733	4.750	0.05	0.10
-0.010	-0.594	5.555	7.275	0.10	5.94
-0.594	-1.093	7.275	9.139	5.94	10.93
-1.093	-1.750	9.139	11.798	10.93	17.50
-1.750	-1.800	11.798	12.003	17.50	17.50
-1.800	-2.093	11.428	12.929	17.50	17.50
-2.093	-2.280	12.929	13.884	17.50	17.50
-2.280	-3.000	13.884	17.261	17.50	17.50
-3.000	-3.315	17.261	18.738	17.50	17.50
-3.315	-4.100	18.738	22.256	17.50	17.50
-4.100	-4.500	22.256	24.048	17.50	17.50
-4.500	-5.100	24.049	26.737	17.50	17.50
-5.100	-5.700	26.737	29.426	17.50	17.50
-5.700	-5.833	49.246	49.995	17.50	17.50
-5.833	-6.007	49.995	50.927	17.50	17.50
-6.007	-6.700	50.927	54.049	17.50	17.50
-6.700	-7.088	28.628	30.066	17.50	17.50
-7.088	-8.058	30.066	33.664	17.50	17.50
-8.058	-8.840	33.664	36.866	17.50	17.50
-8.840	-9.034	36.867	37.323	17.50	17.50
-9.034	-9.130	37.323	37.551	17.50	17.50
-9.130	-10.000	37.551	39.603	17.50	17.50
-10.000	-10.101	35.378	35.612	17.50	17.50
-10.101	-11.013	35.612	37.716	17.50	17.50
-11.013	-12.026	37.716	40.054	17.50	17.50
-12.026	-12.735	40.054	41.691	17.50	17.50
-12.735	-15.459	41.691	47.549	17.50	17.50
-15.459	-18.000	47.549	53.402	17.50	17.50

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017

Schicht	UK	k_{pgh}	k_{pch}	$\phi_{i,k}$	delta	theta
[-]	[m]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
3	-5.70	6.006	6.054	32.500	-21.68	16.35
4	-6.70	2.255	3.239	17.500	-11.67	26.55
5	-10.00	6.942	6.618	35.000	-21.35	15.52
6	-18.00	4.112	4.056	37.500	0.00	26.25

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.30

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
-4.10	-4.50	0.00	0.00
-4.50	-5.10	0.00	-27.72
-5.10	-5.70	-27.72	-55.44
-5.70	-5.83	-33.27	-34.20
-5.83	-6.01	-34.20	-35.40
-6.01	-6.70	-35.40	-40.21
-6.70	-7.09	-85.44	-108.24
-7.09	-8.06	-108.24	-165.23
-8.06	-8.84	-165.23	-211.16
-8.84	-9.03	-211.16	-222.52
-9.03	-9.13	-222.52	-228.19
-9.13	-10.00	-228.19	-279.29
-10.00	-10.10	-165.43	-169.27
-10.10	-11.01	-169.27	-203.87
-11.01	-12.03	-203.87	-242.32

-12.03	-12.73	-242.32	-269.23
-12.73	-15.46	-269.23	-372.62
-15.46	-18.00	-372.62	-469.08

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
0.00	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-0.01	0.0	0.0	0.0
-0.59	-2.2	-6.9	-1.8
-1.09	-4.3	-17.1	-7.6
-1.75	-7.4	-36.9	-24.9
-1.80	-7.7	-38.7	-26.8
-2.09	-10.0	-49.2	-39.7
-2.28	-11.5	-56.2	-49.5
-3.00	-18.2	-85.0	-100.2
-3.32	-21.5	-98.6	-129.1
-4.10	-30.7	-134.7	-220.4
-4.50	-35.8	-154.3	-278.2
-5.10	-40.9	-177.0	-378.3
-5.70	-40.1	-184.9	-487.7
-5.83	-41.0	-191.2	-512.7
-6.01	-42.3	-199.4	-546.6
-6.70	-47.2	-231.7	-696.1
-7.09	-39.0	-215.7	-783.2
-8.06	-4.5	-139.7	-959.8
-8.84	37.8	-41.0	-1032.6
-9.03	50.3	-11.4	-1037.7
-9.13	56.8	4.2	-1038.0
-10.00	124.8	168.0	-966.2
-10.10	122.6	178.6	-948.7
-11.01	102.2	290.7	-737.0
-12.03	78.3	449.8	-365.0
-12.73	60.7	582.9	0.0

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

Bemessung nach EC 3 (el.-el.)

Bemessungssituation: max M,gq

M,Ed = 1038.0 kN·m/m

V,Ed = 4.2 kN/m

N,Ed = 56.8 kN/m (Zug)

Profil: AZ 30-750 Stahlgüte: S 355 GP

Wasserdruckdifferenz = 1.75 m

b = 750.0 mm / b,f = 430.4 mm

t,f = 13.0 mm / t,w = 11.0 mm / A = 185.0 cm²/m

h = 510.0 mm / alpha = 58.9 °

W,el = 3005.0 cm³/m / I = 76670.0 cm⁴/m

gam,M0 = 1.00 / gam,M1 = 1.10

epsilon = 0.810 -> b,f / t,f / epsilon = 40.9

Querschnittsklasse: 2

fy,red = 355.0 N/mm²

Mc,Rd = 1066.8 kN·m/m

Vpl,Rd = 1494.0 kN/m (mu = 0.003)

Npl,Rd = 6567.5 kN/m (mu = 0.009)

Querkraft-Interaktion

V,Ed <= 0.5 · Vpl,Rd -> keine Abm.

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis M,Rd

Mc,Rd = 1066.8 kN·m/m

mu = M,Ed / Mc,Rd = 0.973

N,Ed > 0.0 (Zug)

-> Kein Knicknachweis

max mu = 0.973

max M,d = 1038.0 kN·m/m (Tiefe = -9.13 m)

Zugehörige Werte: N,d = 56.8 kN/m; Q,d = 4.2 kN/m; w,k = 17.0 mm

max Q,d = 582.9 kN·m/m (Tiefe = -12.73 m)

Zugehörige Werte: N,d = 60.7 kN/m; M,d = 0.0 kN·m/m; w,k = 0.0 mm

max N,d = 124.8 kN/m (Tiefe = -10.00 m)

Zugehörige Werte: Q,d = 168.0 kN/m; M,d = -966.2 kN·m/m; w,k = 9.7 mm

Längenzuschlag dx über Formel bestimmt
Ersatzkräfte Ch (Blum)
 $Ch,g,k = 415.21$
 $Ch,q,k = 65.12$
 $Ch,w,k = 214.64$
 $dt = Ch,d \cdot \gamma(Ep) / eph(\phi, \delta),k$
 $Ch,d = 0.5 \cdot ([Ch,g,k - Ch,w,k] \cdot \gamma,w + Ch,q,k \cdot \gamma,q + Ch,w,k \cdot \gamma,w)$
 $\gamma,w = 1.20$
 $Ch,d = 291.45 \text{ kN/m}$
 $eph(\phi, \delta),k = kpgh \cdot \sigma_{z,k} + kpch \cdot c,k = 294.84 + 0.00 = 294.84 \text{ kN/m}^2$
 $kpgh \text{ (Streck)} = 2.364$
 $\sigma_{z,k} = 124.74 \text{ kN/m}^2$
 $\phi,k = 37.5^\circ$
 $\delta/\phi,k = 0.333$
 $kpch \text{ (Streck)} = 2.221$
 $c,k = 0.0 \text{ kN/m}^2$
 $dt = 1.29 \text{ m}$
Mindesteinbindetiefe nach EAU 2012 8.2.9 berücksichtigt.
Theoretische Einbindetiefe $t_1 = 8.23 \text{ m}$
Einbindetiefe $t_g = 9.52 \text{ m}$
Profillänge = 14.02 m

Nachweis Summe V
Das Vorzeichen ist positiv, wenn Kraftgröße
nach unten gerichtet ist.
Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands
Bedingung: $G,k + Pv,k + Eav,k + 0.5 \cdot Ch,k \cdot \tan(\delta(C)) \geq (Bh,k - 0.5 \cdot Ch,k) \cdot \tan(\delta(p))$
 $G,k = 20.36 \text{ kN/m}$
 $Pv,k = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav,k = 144.75 \text{ kN/m}$ ($Eah,k = 367.09 \text{ kN/m}$)
 $Ch,k = 480.33 \text{ kN/m}$
 $Bv,k = -213.35 \text{ kN/m}$
 $\delta(p) [^\circ] = 0.0$
 $\delta(C) [^\circ] = 12.5$
Summe $V,k = 4.96 \text{ kN/m}$ (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
Nachweis mit Bemessungsgrößen
 $(Qg,k + Bv,k - 0.5 \cdot Ch,k \cdot \tan(\delta(p))) / \gamma(P) \geq Pv,d + Eav,d + G,d + 0.5 \cdot Ch,d \cdot \tan(\delta(C))$
(Qg,k = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)
(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)
 $\gamma(P) \text{ i.a.} = 1.40$
 $Pv,d = 0.00 \text{ kN/m}$
 $Eav,d = 175.33 \text{ kN/m}$
 $G,d = 24.43 \text{ kN/m}$
 $Ch,d = 582.90 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:
 $(Qg,k + 213.35 - 0.00) / \gamma(P) \geq 264.31 \text{ kN/m}$

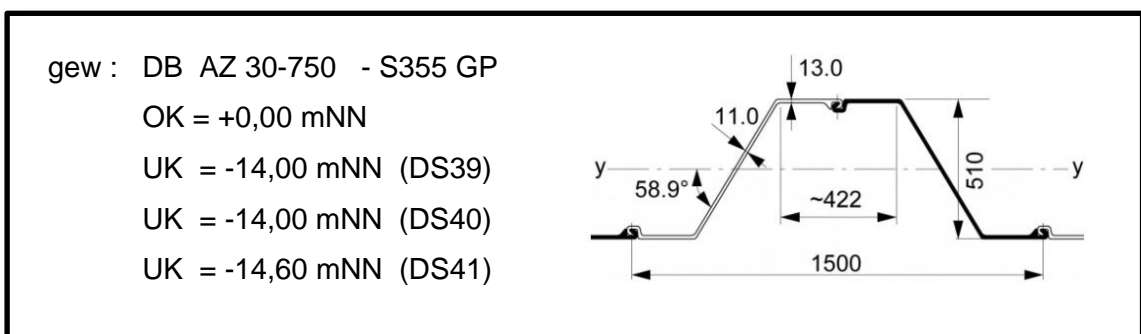
Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

3.4 Berechnungsergebnisse/ Bemessung:

DS 39		BS-P	BS-T	BS-T
M _{St,d}	kNm/m	932	941	880
Kopfbiegung	mm	207	230	199
Unterkante	mNN	-13,82	-13,68	-13,26

DS 40		BS-P	BS-T	BS-T
M _{St,d}	kNm/m	888	911	857
Kopfbiegung	mm	205	232	204
Unterkante	mNN	-13,86	-13,76	-13,38

DS 41		BS-P	BS-T	BS-T
M _{St,d}	kNm/m	1065	1056	1038
Kopfbiegung	mm	262	297	260
Unterkante	mNN	-14,60	-14,55	-14,02



Spundwand:

$$W_{y,el} = 3.005 \text{ cm}^3/\text{m} \quad I_y = 76.670 \text{ cm}^4/\text{m}$$

$$M_{C,Rd} = 3005 \cdot 35,5 / 100 = 1066,8 \text{ kNm} > 1065 \text{ kNm}$$

Die Ausnutzung beträgt damit $\mu = 0,998$

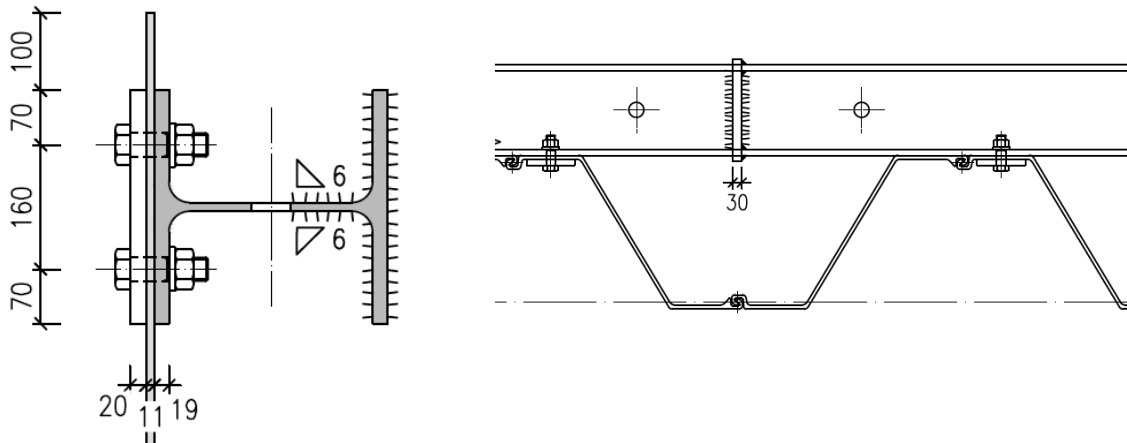
Mindestrestwanddicke nach 80 Jahren : $11,0 - 6,8 = 4,2 \text{ mm}$ \rightarrow ausreichend!

$$W_{y,el(80)} = 3.005 \cdot (13,0 - 1,6) / 13,0 = 2635 \text{ cm}^3/\text{m}$$

$$M_{C,Rd(80)} = 2635 \cdot 35,5 / 100 = 935 \text{ kNm} > 1065 \text{ kNm} (\mu = 1,14) \rightarrow \text{o.w.N.}$$

4 Nachweis Gurtung

Um eine stark ungleichmäßige Kopfdurchbiegung der Spundwand entgegenzuwirken wird konstruktiv eine Gurtung ~0,25 m unter dem Spundwandkopf angeordnet.



gew : HEB 300 – S355
mit Ankerplatte 160x20...300 mm S355
2 Bolzen M30x100 - 8.8 je Spundwandtal

$$W_{y,el} = 1680 \text{ cm}^3$$

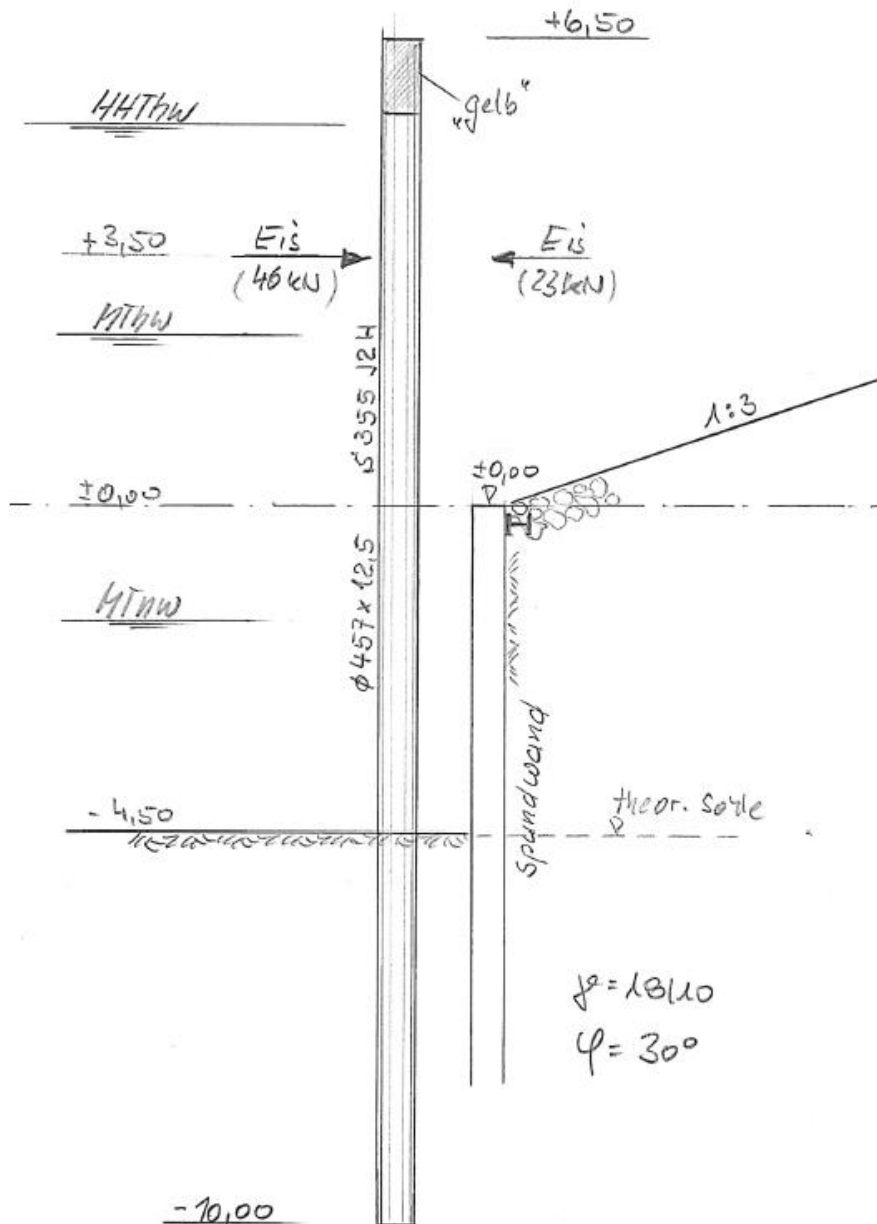
$$I_y = 25170 \text{ cm}^4$$

5 Nachweis der Sturmpfähle

Die Sturmpfähle werden auf Eisdruck (entspr. EAU 2020 mit $\gamma_Q = 1,0$) bemessen.

Die Eislast in Richtung Land beträgt $F_{\text{Eis}} = 100,0 \text{ kN} \cdot 0,46 = 46,0 \text{ kN}$

In Richtung des Hafenbeckens kann die Eislast nochmal halbiert werden.



gew : Rohrpfahl \varnothing 457x12,5 - S 355JH2
 OK + 6,50 mNN UK -10,0 mNN
 Konservierung von +5,50mNHN bis OK-Pfahl in Verkehrsgelb

DALBENBERECHNUNG nach Blum

Seite :

nach HOESCH Spundwandhandbuch , Kapitel 9

Bauvorhaben

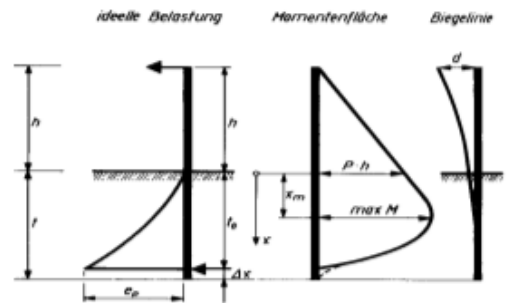
Eisdruck

System

Dalbenkopf	6,50 m	gefordertes Arbeitsvermögen	-	kNm
Lastangriff	3,50 m	Höhe Lastangriff bis Sohle	8,00 m	
Sohle	-4,50 m			
Dalbenfuß	-9,97 m			

Querschnittswerte

Rohr	457 mm
t =	11,7 mm
I =	40.598 cm ⁴
W =	1.777 cm ³
A =	164 cm ²
f _{y,k} =	355,0 N/mm ²
γ _M =	1,10
G _E =	1,3 kN/m
G _V =	0,0 kN/m ²
Elastische Länge	11,67 m



Bodenkennwerte

φ _k ' =	30,0 °	K _{ph} =	3,00
δ _p ' =	0,0 °		
γ _k ' =	10,0 kN/m ³		
γ _{Ep} ' =	1,10		

Berechnungswerte

fw = γ _k ' * K _{ph} / γ _{Ep} ' =	27,27 kN/m ³		
max M =	573 kNm		
x _m =	1,99 m	zug M =	573 kNm
F _{Eis, d} =	60,76 kN	maximaler Eisdruck	
t ₀ =	4,70 m	Einbindetiefe	
f =	0,377 m	Durchbiegung am Lastangriffspunkt	
f =	0,523 m	Durchbiegung am Dalbenkopf	
A =	11 kNm		
ep =	360 kN/m	G Dalben	21,16 kN
Ep =	611 kN	G Füllboden	0,00 kN
C =	550 kN	U	1,436 m ² /m
Δ t =	0,76 m	erf τ m	2,70 kN/m ²
Dalbenlänge	-16,47 m		

Aufgestellt S 1 bis 59

Bremerhaven, den 27. Mai 2022

i.A.

wolfgang grefe

SC111-10