

Genehmigungsstatik

Hochwasserschutz Kühlhauskaje

HWS-Wand – Abschnitt 2b



Auftraggeber:

Wirtschaftsförderung Bremen

Stand:

24. Februar 2023

Genehmigungsstatik

Hochwasserschutz Kühlhauskaje

HWS-Wand – Abschnitt 2b

Auftragnehmer:

Bremenports GmbH & Co. KG
Am Strom 2
27568 Bremen

Auftraggeber:

Wirtschaftsförderung Bremen
Langenstraße 2-4
28195 Bremen

Bearbeitung:

Wolfgang Grefe

Version: 02

Stand: 24. Februar 2023

Projektnummer / Dok-ID:

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
Unterlagenverzeichnis	5
1 Vorbemerkungen	6
1.1 Allgemeines.....	6
1.2 Übersicht	6
2 Berechnungsansätze.....	8
2.1 Wasserstände.....	8
2.2 Grundwasserstände.....	8
2.3 Verkehrslasten	8
2.4 Wellendruck	9
2.5 Treibgutstoß.....	9
3 Baugrund.....	10
3.1 Belastungskombinationen	10
4 Winkelstützwand Bereich 1.....	11
4.1 Kühlhausnase – Projekt km 0+678,29 bis 0+790,40.....	11
4.2 Allgemeine Berechnungsannahmen.....	12
4.3 Berechnung LFK 1 (Hochwasser +halbe Welle).....	13
4.4 Berechnung LFK 2 (Hochwasser + Welle).....	14
4.5 Berechnung LFK 3 (Hochwasser + Welle + Treibgutstoß)	15
4.6 Berechnung Endzustand mit Auffüllung bis +8,00 mNN (BS-P)	16
4.7 Bemessung	17
5 Winkelstützwand Bereich 2.....	19
5.1 Kühlhauskaje – Projekt km 0+790,40 bis 0+931,80	19
5.2 Allgemeine Berechnungsannahmen.....	20
5.3 Berechnung LFK 1 (Hochwasser +halbe Welle).....	21
5.4 Berechnung Endzustand mit Auffüllung bis +8,00 mNN (BS-P)	22
5.5 Berechnung Endzustand mit Auffüllung bis +8,00 mNN (BS-T)	23
5.6 Bemessung	24
5.7 Nachweis der Gründungslast (Pfähle).....	25
6 Winkelstützwand Bereich 3.....	26
6.1 Kühlhauskaje – Projekt km 0+931,80 bis 0+990,20	26

6.2	Allgemeine Berechnungsannahmen.....	27
6.3	Berechnung LFK 1 (Hochwasser +halbe Welle).....	28
6.4	Berechnung Endzustand mit Auffüllung bis +8,00 mNN (BS-P)	29
6.5	Berechnung Endzustand mit Auffüllung bis +8,00 mNN (BS-T)	30
6.6	Bemessung	31
6.7	Nachweis der Gründungslast (Pfähle).....	31
7	Rampentrog Bereich 4.....	36
7.1	Trogbauwerk – Projekt km 0+990,20 bis 1+082,70.....	36
7.2	Allgemeine Berechnungsannahmen.....	37
7.3	Auflagerkräfte.....	38
7.4	Bemessung	40
7.5	Nachweis der Gründungslast (Pfähle).....	41
8	Winkelstützwand Zufahrtsrampe	45
8.1	Allgemeine Berechnungsannahmen.....	46
8.2	Berechnung BS-P (Verkehr)	47
8.3	Berechnung BS-T (Verkehr + Schrammbordstoß)	48
9	Winkelstützwand Endwand zu Berninghausen	49
9.1	Allgemeine Berechnungsannahmen.....	49
9.2	Berechnung BS-P (Verkehr)	50
9.3	Berechnung BS-T (Verkehr + Schrammbordstoß)	51
9.4	Bemessung	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Lage Kranhafenkaje (Auszug aus [U1])	6
Abbildung 2 – Planungsbereiche Kühlhauskaje	7
Abbildung 3 – Lage der Baugrunderkundungen / Bemessungsprofile (Auszug aus [U3])	10
Abbildung 4 – Lage der HWS-Wand 0+678,29 bis 0+790,4.....	11
Abbildung 5 – Querschnitt 0+678,29 bis 0+790,4	12
Abbildung 6 – Lage der HWS-Wand 0+790,4 bis 0+931,8.....	19
Abbildung 7 – Querschnitt – 0+790,4 bis 0+931,8	20
Abbildung 8 – Lage der HWS-Wand 0+931,8 bis 0+990,2.....	26
Abbildung 9 – Querschnitt 0+931,8 bis 0+990,2	27
Abbildung 10 – Lage der HWS-Wand 0+990,2 bis 1+082,7.....	36
Abbildung 11 – Lage der Rampenwand.....	45

Unterlagenverzeichnis

- [U1] bremenports, Vorplanung Hochwasserschutz Wendebecken
Zeichnungen: 2a-1_Übersichtslageplan Kranhafenkaje Abschnitt 2a und 2b
2a-4.1_Kranhafen Lageplan und Schnitt D-D, E-E und G-G
2a-4.2_Kranhafen Lageplan und Schnitt F-F und I-I
2a-5.1_Kranhafen Details A und B
2a-5.2_Kranhafen Details C und D
- [U2] bremenports - Übersichtsplan
Hafenanlagen in Bremen Stand 2011
- [U3] Rizkallah + Partner GmbH – Baugrunduntersuchungsbericht mit
Gründungsempfehlung vom 10.02.2016
Überseestadt Bremen – Holz- und Fabrikenhafen Südseite, „Weiche Kante“
(Wendebecken);
Aktenzeichen: 1917-2015GU1
- [U4] Rizkallah + Partner GmbH – Baugrunduntersuchungsbericht mit
Gründungsempfehlung vom 09.05.2016 in der Revision a vom 26.08.2016
Überseestadt Bremen – Holz- und Fabrikenhafen Südseite, Vorhandene Kaje und
neue Hochwasserschutzwand (HWS) am Kühlhaus;
Aktenzeichen: 1917-2015GU2
- [U5] Rizkallah + Partner GmbH – Brief 1 vom 09.08.2016;
Überseestadt Bremen – Holz- und Fabrikenhafen Westseite
Wasserdruckverhältnisse nach Überflutung der Kaje beim Querschnitt I-I
Aktenzeichen: 1917-2015BR1
- [U6] Rizkallah + Partner GmbH – Brief 2 vom 09.08.2016;
Überseestadt Bremen – Holz- und Fabrikenhafen Westseite
Wasserdruckverhältnisse nach Überflutung der Kaje bei der westlichen Spundwand
Aktenzeichen: 1917-2015BR2
- [U7] Rizkallah + Partner GmbH – Brief 3 vom 09.08.2016;
Überseestadt Bremen – Holz- und Fabrikenhafen Westseite
Ergänzende Bemessungsprofile
Aktenzeichen: 1917-2015BR3

1 Vorbemerkungen

1.1 Allgemeines

Im Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen – Festland vom März 2007 wurden für den Bereich der Unterweser neue Sollhöhen für die Hochwasserschutzanlagen vorgegeben.

Der zu berücksichtigende Bemessungswasserstand wurde 2008 neu berechnet und die daraus resultierenden Bestickhöhen vom Senators für Umwelt Bau und Verkehr (SUBV) vorgegeben. Damit sind vereinheitlichte Bestickhöhen für zusammenhängende Uferabschnitte festgelegt.

Um die Forderungen einzuhalten, wurde ein Rahmenentwurf von der Inros-Lackner AG, Bremen für Teile der Überseestadt erstellt. Die neuen Bestickhöhe beträgt im Bereich der Kühlhauskaje NN + 8,40 m bzw. NN +8,00 m.

Die bremenports GmbH & Co.KG wurde daraufhin von der Wirtschaftsförderung Bremen (WfB) mit der Erarbeitung eines Bauentwurfes für den Bereich der Kranhafenkaje und der Kühlhauskaje (Abschnitt 1 und 2) beauftragt.

Im Bereich der Kühlhauskaje sieht der Bauentwurf im Abschnitt 2b eine rückgelagerte Schwergewichtsmauer, die im Endausbau ggfs. hinterfüllt wird vor.

Der Entwurf wurde in Anlehnung an die Hochwasserschutzwand im Abschnitt 2a ausgearbeitet. Im Wesentlichen können Geometrisch Abmessungen aus dem Abschnitt 2a übernommen werden. In einem Teilbereich befindet sich ein tiefgegründeter Kranbahnbalken, hier wird auf den wasserseitigen Schenkel der Winkelstützwand verzichtet.

1.2 Übersicht



Abbildung 1 – Lage Kranhafenkaje (Auszug aus [U1])

Festlegung der Abschnitte:

- Bereich 1 : Ausführung als Winkelstützwand (+8,40 mNN)
- Bereich 2 : Ausführung als Winkelstützwand auf Kranbahnbalken gegründet
- Bereich 3 : Ausführung als Winkelstützwand tiefgegründet (+8,00 mNN)
- Bereich 4 : Ausführung als tiefgegründetes Rampenbauwerk
- Bereich 6 : Ausführung als Rampenstützwand

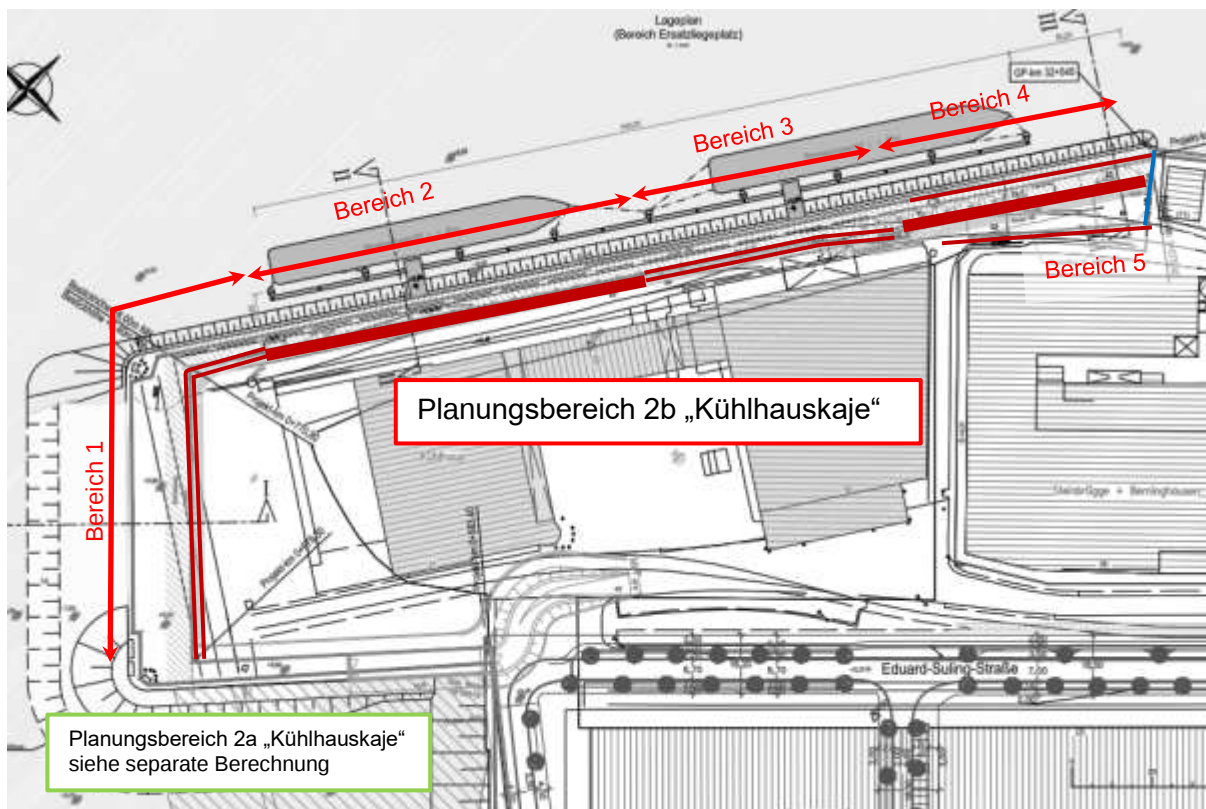


Abbildung 2 – Planungsbereiche Kühlhauskaje

2 Berechnungsansätze

2.1 Wasserstände

Die Wasserstände sind der hydrologischen Messreihe des WSA Bremen entnommen.

Außenwasserstände

HHThw:	NN	+5,34 m
MThw:	NN	+2,52 m
MTnw:	NN	-1,67 m
MSpTnw:	NN	-1,75 m
NNTnw:	NN	-3,23 m

Bemessungswasserstand für den Hochwasserschutz: (Bestand / Neubau)

Bereich 1:	Bestickhöhe	NN	+8,40 / 9,15 m
	Bemessungswasserstand	NN	+7,25 / 8,00 m
Bereich 2+3:	Bestickhöhe	NN	+8,00 / 8,75 m
	Bemessungswasserstand	NN	+7,25 / 8,00 m

2.2 Grundwasserstände

Für die Bemessung als HWS-Wände muss der ungünstigste Lastfall für den Erdwiderstand angenommen werden. Die Fläche vor der HWS-Wand ist versiegelt!

Die Grundwasserstände wurden über Pegelmessungen 2014/2015 ermittelt.

Gemäß den Untersuchungen von Prof.- Dr. Rizkallah kann davon ausgegangen werden, das selbst nach einem interpolierten Kettenhochwasser der Grundwasserstand unter +3,00 mNN liegt und damit eine Umströmung nicht gegeben ist.

2.3 Verkehrslasten

Die Verkehrslasten werden nach DIN 1072: 1985-12 und EAB (EB 55) angesetzt.

Auf dem Betriebsweg, wasserseitig der HWS-Wand $q_{k,1} = 10,00 \text{ kN/m}^2$

Oberhalb der späteren Geländeaufhöhung - auf +8,00 m NN-
wird eine vollflächige veränderliche Belastung $q_{k,2}$ angesetzt. $q_{k,2} = 10,00 \text{ kN/m}^2$

Der Deichverteidigungsweg , unmittelbar hinter der Spundwand
wird für Lasten des SLW 30 ausgelegt. $q_{k,2} = 16,70 \text{ kN/m}^2$

Schrammbordstoßlast nach DIN 1072, Tab. 5 (SLW 30) $H_k = 50,0 \text{ kN}$
(Lastverteilung nach DIN zulässig)

3 Baugrund

Die Bodenkennwerte werden aus dem Bodengutachten 1778-2013GU2 von Prof. Dr. Ing. V. Rizkallah entnommen.

Für diesen Berechnungsabschnitt liegen 11 Bemessungsquerschnitte vor.

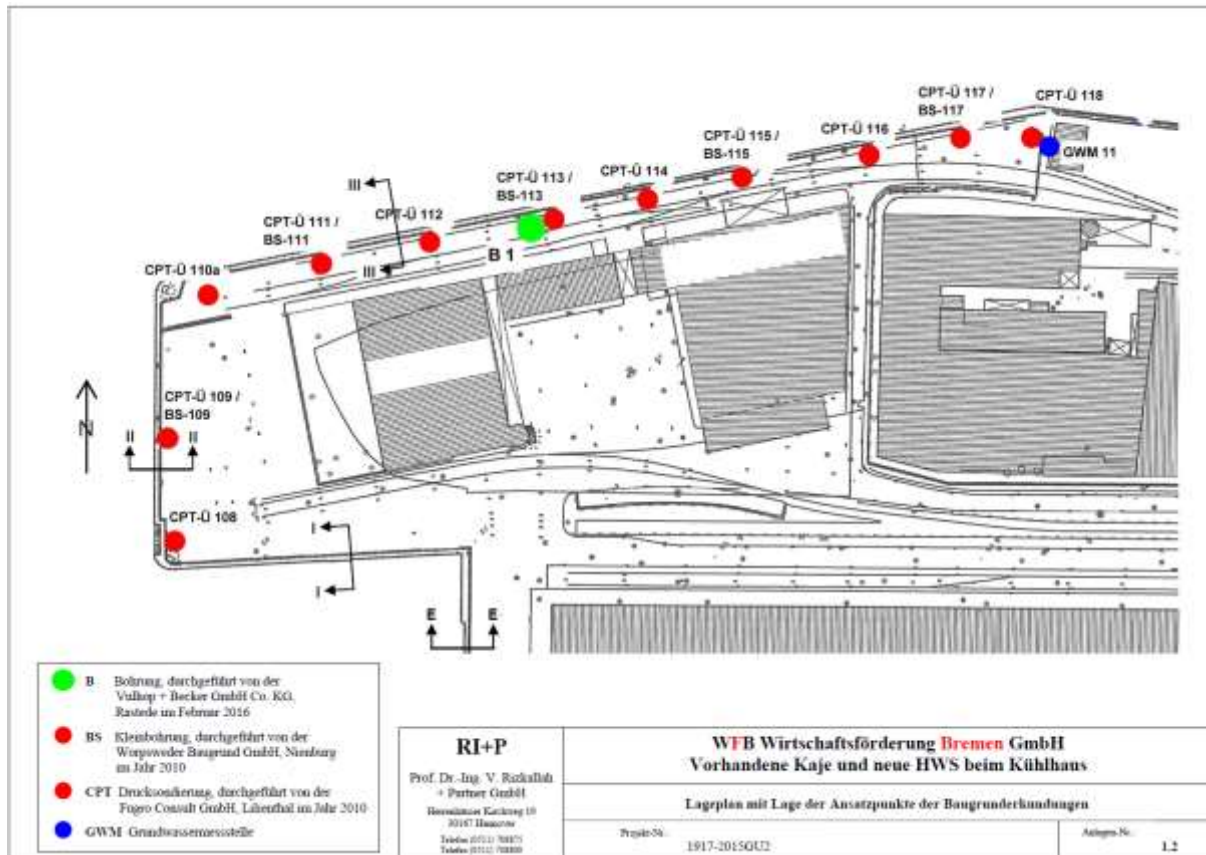


Abbildung 3 – Lage der Baugrunderkundungen / Bemessungsprofile (Auszug aus [U3])

3.1 Belastungskombinationen

Es werden Belastungskombinationen nach HPA gewählt.

Für Leeseitig HWS-Wände muss nur die erste Lastkombination untersucht werden.

Kombination	Einwirkungen Weserseite oberhalb GOK	LF gem. EAU 2012
1	Bemessungshochwasser + halbe Welle	BS-T
2	Bemessungshochwasser + volle Welle	BS-A
3	Bemessungshochwasser + volle Welle + Treibgutstoß	BS-E

4 Winkelstützwand Bereich 1

4.1 Kühlhausnase – Projekt km 0+678,29 bis 0+790,40

Die Hochwasserschutzwand an der Hafeneinfahrt beginnt an der Winkelstützwand der Baumaßnahme „HWS- Weiche Kante - Abschnitt 2a“ und endet am vorhandenen landseitigen Kranbahnbalken.

Die Schutzhöhe und Beanspruchung auf der Hafenseite ist geringer, die Konstruktion bzw. Abmessungen der Winkelstützwand werden für den kurzen Bereich jedoch nicht verändert.

Das Gelände hinter der Winkelstützwand soll später auf +8,00 verfüllt werden.

Die Verkehrslast wird dann auf flächige 10,0 kN/m² verringert.

Die Flächenbefestigung auf der Wasserseite ist gedichtet auszuführen, damit das Grundwasser innerhalb der Kaje nicht über +3,0 mNN ansteigt (siehe hierzu Berechnung der Kajeiwände).



Abbildung 4 – Lage der HWS-Wand 0+678,29 bis 0+790,40

Für diesen Bereich gelten die Bemessungsprofile I bis IV

Im oberen Bereich befinden sich bei allen Bemessungsprofilen lockere, bis sehr lockere Sande ($\gamma_c = 3,0$). Die Bodenkennwerte werden einheitlich mit $\gamma = 18/10$ kN/m³ und $\varphi = 30^\circ$ angesetzt.

Für Auffüllböden (Mittelsand) wird $\varphi = 32,5^\circ$ angenommen. Die Unterkante der Sohlplatte wird ca. 80 cm unter GeländeOK angelegt. Um den erforderliche Erdwiderstand zu erreichen wird zusätzlich ein Spundwandsporn angelegt, der dann auch gleichzeitig als Sickerschürze wirkt.

Erf. Sickerweg = $3 \cdot 1,96 = 5,88$ m $\leq 2,84 + 3,40/2 + 2,65 = 7,19$ m $\rightarrow$ OK (3,66-facher Sickerweg)
(horizontale Sickerwege dürfen nur zur Hälfte angesetzt werden)

Alle Höhenkoten sind auf NN bezogen. Die HWS-Oberkante liegt auf NN + 9,15 m.

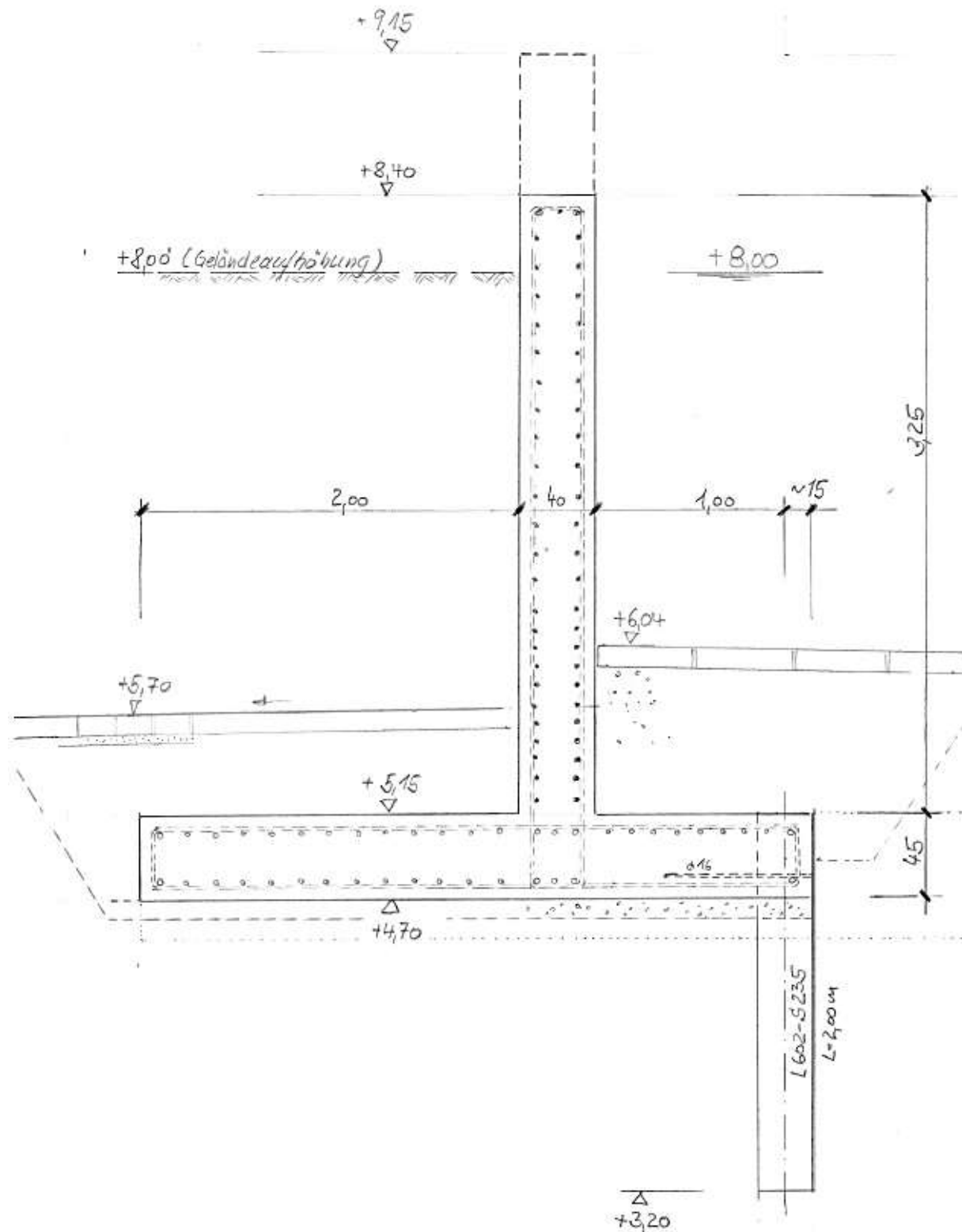


Abbildung 5 – Querschnitt 0+678,29 bis 0+790,40

Die ermittelte Bewehrung ergibt sich überwiegend aus Temperatur und Zwang aus Hydratationswärme.

Fall :

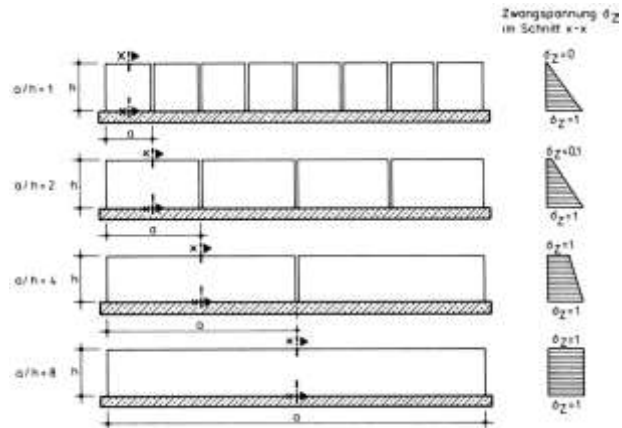
$a = \sim 12,00 \text{ m}$

$h = 3,25 \text{ m}$

$a/h = 3,69$

Zwangsbeanspruchung

über die gesamte Wandhöhe



4.7 Bemessung

Gew. Hochwasserschutzwand C30/37 mit Sickerschürze
OK +8,40 (+9,15) mNN
UK +4,70 mNN
Schenkellänge Landseite = 2,00 m
Wandhöhe $H = 3,25 \text{ m}$ $d = 0,40 \text{ m}$
Mindestbewehrung nach ZTV-Ing, Rissbewehrung beachten!
Expositionsklasse XC4, XD3, XF4
Sickerschürze konstruktiv
L 602 – S 240 GP
OK +5,15 mNN UK + 3,20 m

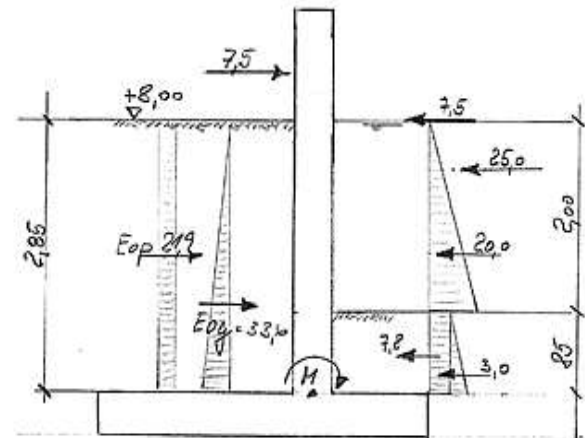
Die Überschreitung der Gleitsicherheit im LF BS-E kann hingenommen werden, da die Spundwandschürze in der Berechnung nicht berücksichtigt wurde

Wanddicke $h = 40$ cm
Betondeckung $c_{nom} = 6$ cm
Stabdurchmesser $d_s = 1,4$ cm
 $d = 33,3$ cm

Erdruehdruckbeiwert $k_0 = 0,46$

Lastfall Auffüllung

Auffüllboden $\gamma = 18,0$ kN/m³
Höhe Bodenkörper $H = 2,85$ m
Verkehrslast $q = 16,7$ kN/m²



		e	M _k	
Erdruehdruck aus Boden	$E_{o,g} = 33,63$ kN/m	0,95	31,9	kNm/m
Erdruehdruck aus Verkehr	$E_{o,q} = 21,89$ kN/m	1,43	31,2	kNm/m
$F_{stoss} \leq 7,5$ kN/m		3,35	25,1	kNm/m
			88,3	kNm/m
Biegebemessung	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q = 1,5$		
$M_{Ed} = 119,2$ kNm/m		$V_{Ed} = 85,1$ kN/m		
$k_d = 3,051$		$k_s = 2,38$	$a_s = 8,52$ cm ² /m	o14/15

Lastfall Bemessungswasser

Höhe Wassersäule $2,00$ m
Höhe Bodenkörper $0,85$ m

		e	M _k	
Treibgutstoß	$F_{stoss} \leq -7,5$ kN/m	2,85	-21,4	kNm/m
aus Wellendruck	$F_{welle} = -25,0$ kN/m	2,35	-58,8	kNm/m
aus Wasserdruck	$F_{hydrost} = -20,0$ kN/m	1,52	-30,3	kNm/m
Erdruehdruck aus Boden	$E_{o,g} = -3,0$ kN/m	0,28	-0,8	kNm/m
Ruhedruck aus Wasserauflast	$E_{o,q} = -7,8$ kN/m	0,43	-3,3	kNm/m
			-114,6	kNm/m
Biegebemessung	$\gamma_{G/Q} = 1,0$ (EAU BS-A)			
$M_{Ed} = -114,6$ kNm/m		$V_{Ed} = -63,3$ kN/m		
$k_d = 3,11$		$k_s = 2,38$	$a_s = -8,19$ cm ² /m	o14/15

Rissbeschränkung für Lastfall Hydration nach Günter Meyer -Diagramme zur direkten Bemessung
mittiger Zwang

	Dicke	w _{cal}	abgelesen	
für aufgehende Wand	40 cm	0,15 mm	erf $a_{si} = a_{sa} = 14,0$ cm ² /m	o14/10
für die Sohlplatte	45 cm	0,25 mm	erf $a_{si} = a_{sa} = 11,0$ cm ² /m	o14/12,5

5 Winkelstützwand Bereich 2

5.1 Kühlhauskaje – Projekt km 0+790,40 bis 0+931,80

Dieser Hochwasserschutzabschnitt verläuft auf dem vorhandenen Kranbahnbalken.

Die Schutzhöhe beträgt auf der Hafenseite +8,00 mNN und soll um 75 cm aufstockbar sein.

Das Gelände hinter der Winkelstützwand soll später auf +8,00 verfüllt werden.

Die Verkehrslast wird dann auf flächige 10,0 kN/m² verringert.

Die Flächenbefestigung auf der Wasserseite ist gedichtet auszuführen, damit das Grundwasser innerhalb der Kaje nicht über +3,0 mNN ansteigt (siehe hierzu Berechnung der Kajeiwände).

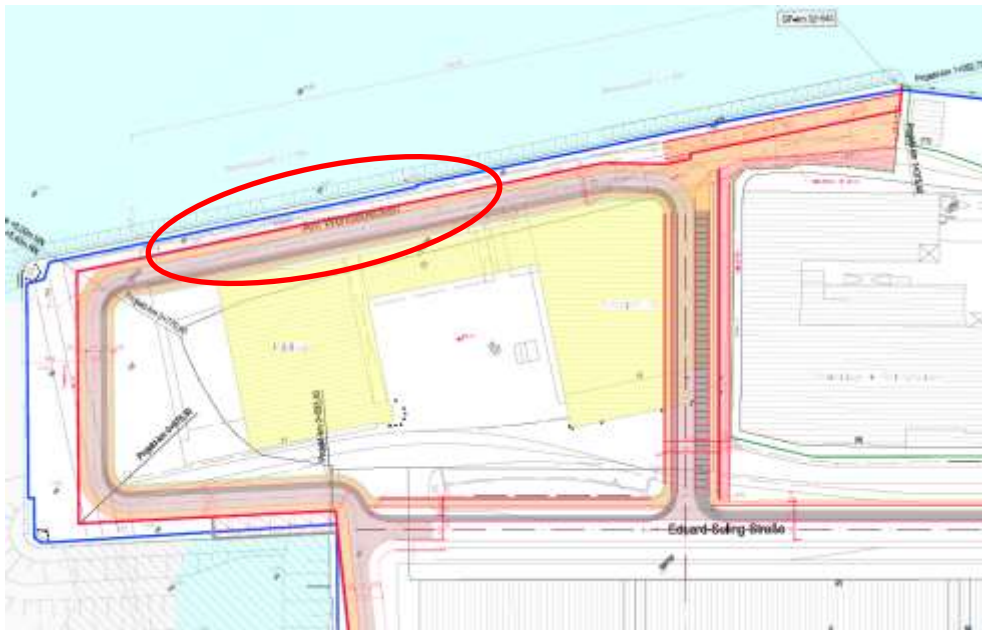


Abbildung 6 – Lage der HWS-Wand 0+790,40 bis 0+931,80

Für diesen Bereich gelten die Bemessungsprofile IV bis VII

Im oberen Bereich befinden sich bei allen Bemessungsprofilen lockere, bis sehr lockere

Sande ($q_c = 3,0$). Die Bodenkennwerte werden einheitlich mit $\gamma = 18/10$ kN/m³ und $\varphi = 30^\circ$ angesetzt.

Für Auffüllböden (Mittelsand) wird $\varphi = 32,5^\circ$ angenommen dieser muss zum Zeitpunkt der Erhöhung der Wand vorhanden sein. Die Unterkante der Sohlplatte wird ca. 75 cm unter GeländeOK angelegt. Um den erforderliche Erdwiderstand zu erreichen wird die Winkelstützwand an den Kranbahnbalken angeschlossen, die Fuge zwischen Winkelstützwand und Kranbahnbalken ist dauerelastisch zu dichten.

$$\text{Erf. Sickerweg} = 3 \cdot 1,96 = 5,88 \text{ m} > 1,75 + 3,60/2 + 1,94 = 5,49 \text{ m}$$

(horizontale Sickerwege dürfen nur zur Hälfte angesetzt werden)

~> Einbau einer Sickerschürze erforderlich, gewählt Larssen L601 , UK +3,50 mNHN

Alle Höhenkoten sind auf NN bezogen. Die HWS-Oberkante liegt auf NN +8,75 m.

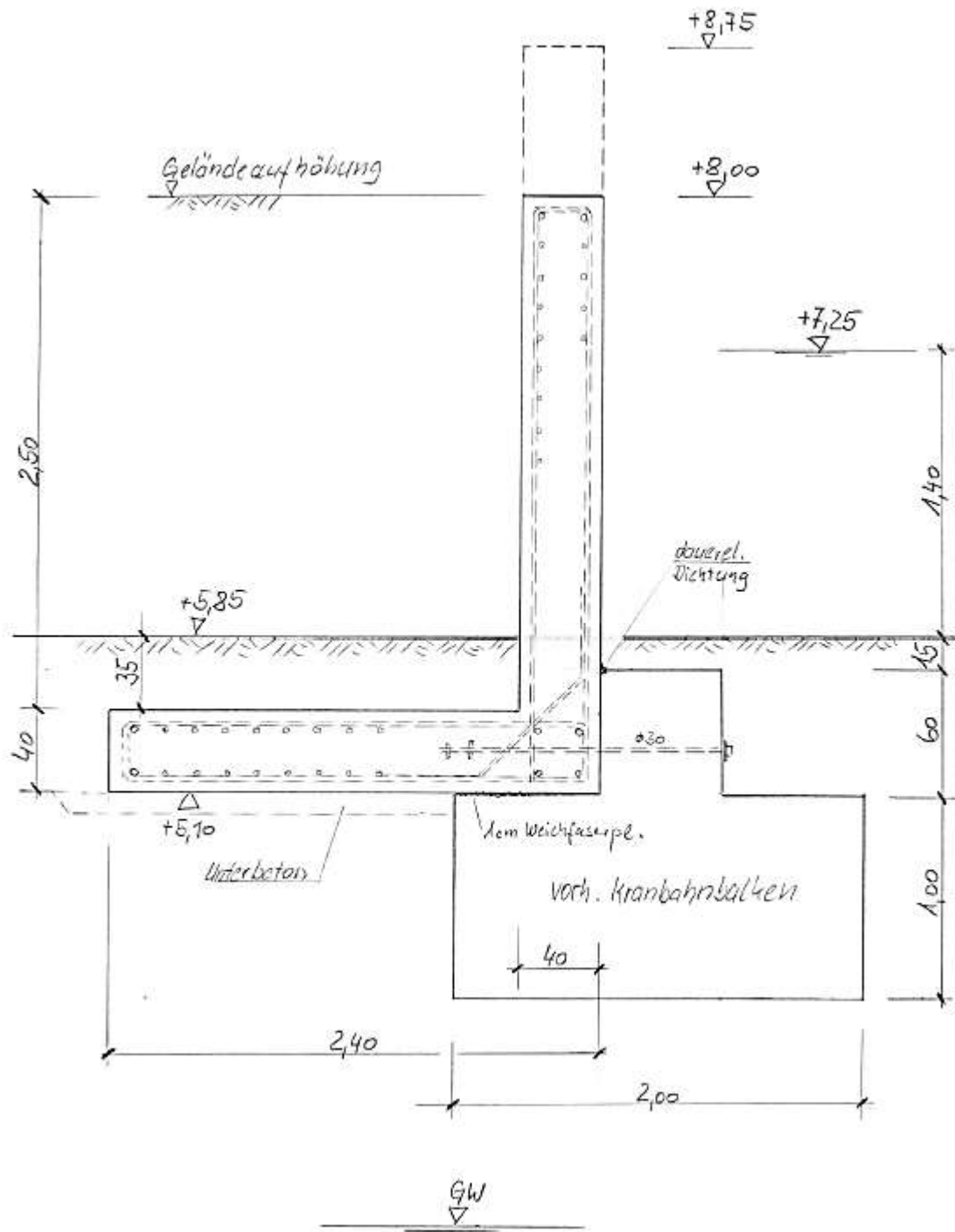
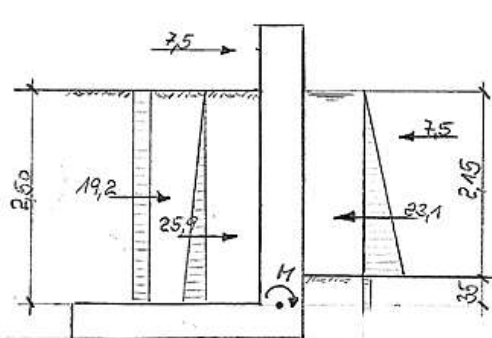


Abbildung 7 – Querschnitt – 0+790,4 bis 0+931,8

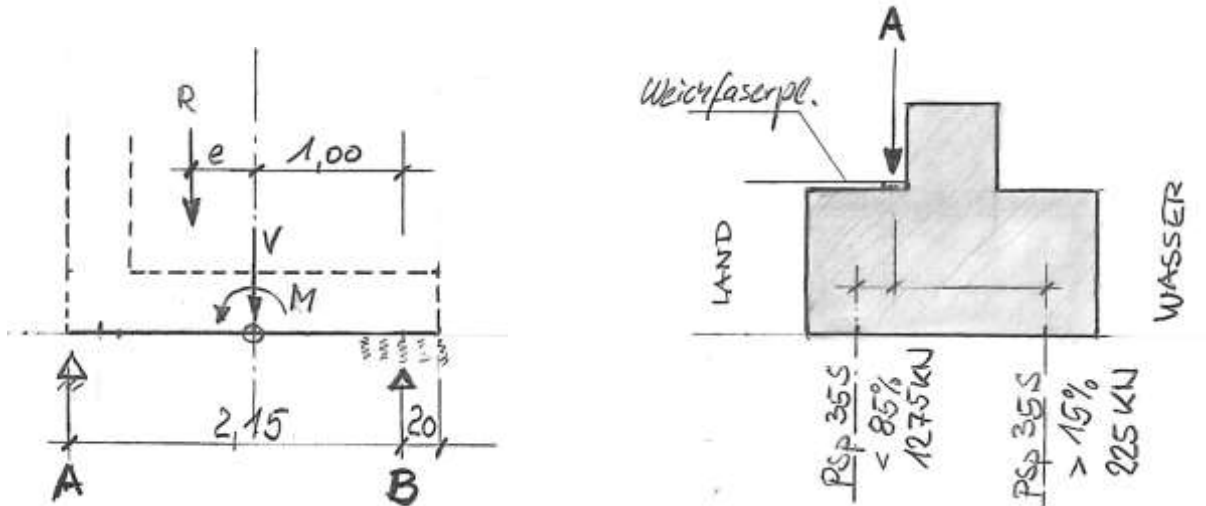
5.6 Bemessung

Gew. Hochwasserschutzwand C30/37 mit Sickerschürze
OK +8,00 (8,75) mNN
UK +5,10 mNN
Schenkellänge Landseite = 2,00 m
Wandhöhe $H = 2,50$ m $d = 0,40$ m
Mindestbewehrung nach ZTV-Ing, Rissbewehrung beachten!
Expositionsklasse XC4, XD3, XF4
Konstruktiv horizontal verankert mit Kranbahnbalken $\varnothing 30$, $a = 1,50$ m

Wanddicke	$h = 40$ cm			
Betondeckung	$c_{nom} = 6$ cm			
Stabdurchmesser	$d_s = 14$ cm			
	$d = 33,3$ cm			
Erdruehdruckbeiwert	$k_o = 0,46$			
Lastfall Auffüllung				
Auffüllboden	$\gamma = 18,0$ kN/m ³			
Höhe Bodenkörper	$H = 2,50$ m			
Verkehrslast	$q = 16,7$ kN/m ²			
				
Erdruehdruck aus Boden	$E_{o,g} = 25,88$ kN/m	$e = 0,83$	$M_k = 21,6$ kNm/m	
Erdruehdruck aus Verkehr	$E_{o,q} = 19,21$ kN/m	$e = 1,25$	$M_k = 24,0$ kNm/m	
	$F_{stoss} \leq 7,5$ kN/m	$e = 3,00$	$M_k = 22,5$ kNm/m	
			$M_k = 68,1$ kNm/m	
Biegebemessung	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q = 1,5$		
	$M_{Ed} = 91,9$ kNm/m	$V_{Ed} = 71,0$ kN/m		
	$k_d = 3,474$	$k_s = 2,38$	$a_s = 6,57$ cm ² /m	o14/15
Lastfall Bemessungswasser				
	Höhe Wassersäule	$2,15$ m		
	Höhe Bodenkörper	$0,35$ m		
		e	M_k	
Treibgutstoß	$F_{stoss} \leq 0,0$ kN/m	$2,50$	$0,0$ kNm/m	
aus Wellendruck	$F_{welle} = -7,5$ kN/m	$2,00$	$-15,0$ kNm/m	
aus Wasserdruck	$F_{hydrost} = -23,1$ kN/m	$1,07$	$-24,7$ kNm/m	
Erdruehdruck aus Boden	$E_{o,g} = -0,5$ kN/m	$0,12$	$-0,1$ kNm/m	
Ruhedruck aus Wasserauflast	$E_{o,q} = -3,7$ kN/m	$0,18$	$-0,7$ kNm/m	
			$-40,4$ kNm/m	
Biegebemessung	$\gamma_{G/Q} = 1,3$ (EAU BS-T)			
	$M_{Ed} = -52,5$ kNm/m	$V_{Ed} = -45,3$ kN/m		
	$k_d = 4,597$	$k_s = 2,34$	$a_s = -3,69$ cm ² /m	o14/15
Rissbeschränkung für Lastfall Hydration nach Günter Meyer -Diagramme zur direkten Bemessung				
	mittiger Zwang			
	Dicke	wcal	abgelesen	
für aufgehende Wand	40 cm	$0,15$ mm	erf $a_{si} = a_{sa} = 14,0$ cm ² /m	o14/10
für die Sohlplatte	40 cm	$0,25$ mm	erf $a_{si} = a_{sa} = 10,5$ cm ² /m	o14/12,5

5.7 Nachweis der Gründungslast (Pfähle)

Für den Nachweis der Pfahlauflegerkraft wird das System aus Kap 5.5 in einer Nebenrechnung ohne Verkehrslasten (nur Eigenlast) gerechnet. Aus den Ergebnissen beider Berechnungen kann der Verkehrslastanteil dann zurückgerechnet werden.



Die Auflagerkraft der Pfähle lässt sich hieraus bestimmen: $A_{v,k} = M_k / 2,15 + 1,00 / 2,15 \cdot V_k$

	$V_{Fu\beta}$	e	$M_{Fu\beta}$	A_v [kN/m]
aus Kap. 5.5	188,7	0,432	81,5	125,7
aus Nebenrechnung	154,2	0,217	33,4	87,30
aus Verkehr *)	34,5		48,1	38,40

*) $V_{Fu\beta}(\text{Verkehr}) = V_{Fu\beta}(\text{Kap. 5.5}) - V_{Fu\beta}(\text{Nebenrechnung})$ $M_{Fu\beta}(\text{Verkehr}) = M_{Fu\beta}(\text{Kap. 5.5}) - M_{Fu\beta}(\text{Nebenrechnung})$

Pfahlbelastung

mit einem Rastermaß von 6,60 m : $F_d = 6,60 \cdot (1,35 \cdot 87,3 + 1,50 \cdot 38,4) = 1158 \text{ kN}$

vorhanden PSp 35 S UK=-14,60 mNN $A = 6 \cdot 0,0161 = 0,0966 \text{ m}^2$ $U \sim 2,31 - 0,10 = 2,21 \text{ m}^2/\text{m}$

BP IV $R_k = 3000 \cdot 0,0966 + 2,21 \cdot (50 \cdot 1,0 + 30 \cdot 1,7 + 40 \cdot 2,5 + 60 \cdot 1,0 + 80 \cdot 4,0 + 70 \cdot 2,5 + 50 \cdot 3,6) = 2358,36 \text{ kN}$

BP V $R_k = 3500 \cdot 0,0966 + 2,21 \cdot (60 \cdot 4,5 + 80 \cdot 9,0 + 60 \cdot 0,6) = 2605,56 \text{ kN}$

BP VI $R_k = 2500 \cdot 0,0966 + 2,21 \cdot (50 \cdot 4,0 + 60 \cdot 2,5 + 70 \cdot 4,0 + 60 \cdot 3,6) = 2111,16 \text{ kN}$

BP VII $R_k = 3000 \cdot 0,0966 + 2,21 \cdot (40 \cdot 4,5 + 60 \cdot 4,0 + 60 \cdot 5,6) = 1960,56 \text{ kN}$

$R_d = 1960 / 1,4 = 1400 \text{ kN}$ $\rightarrow$ Die Verteilung auf den Pfahlbock erfolgt im Verhältnis

$> 85\% \cdot 1158 = 985 \text{ kN}$ Landseitiger Pfahl

$> 15\% \cdot 1158 = 174 \text{ kN}$ Wasserseitiger Pfahl

6 Winkelstützwand Bereich 3

6.1 Kühlhauskaje – Projekt km 0+931,80 bis 0+990,20

Dieser Hochwasserschutzabschnitt verläuft im Bereich vom Kranbahnbalken bis zur Rampe (Treppenanlage).

Die Schutzhöhe beträgt auf der Hafenseite +8,00 mNN und soll um 75 cm erhöhbar sein.

Das Gelände hinter der Winkelstützwand soll später auf +8,00 verfüllt werden.

Die Verkehrslast wird dann auf flächige 10,0 kN/m² verringert.

Die Flächenbefestigung auf der Wasserseite ist gedichtet auszuführen, damit das Grundwasser innerhalb der Kaje nicht über +3,0 mNN ansteigt (siehe hierzu Berechnung der Kajenwände).

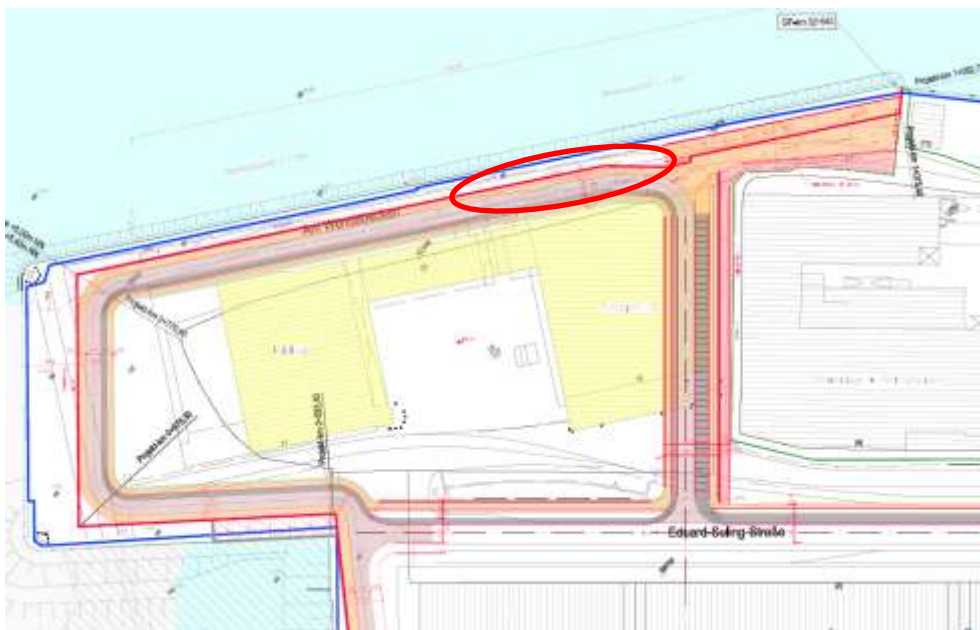


Abbildung 8 – Lage der HWS-Wand 0+931,80 bis 0+990,20

Für diesen Bereich gelten die Bemessungsprofile VII bis IX

Im oberen Bereich befinden sich bei allen Bemessungsprofilen lockere, bis sehr lockere

Sande ($\gamma_c = 3,0$). Die Bodenkennwerte werden einheitlich mit $\gamma = 18/10 \text{ kN/m}^3$ und $\varphi = 30^\circ$ angesetzt.

Für Auffüllböden (Mittelsand) wird $\varphi = 32,5^\circ$ angenommen dieser muss zum Zeitpunkt der Erhöhung der Wand vorhanden sein. Die Unterkante der Sohlplatte wird ca. 85 cm unter GeländeOK angelegt. Um den erforderliche Erdwiderstand zu erreichen wird zusätzlich ein Spundwandsporn angelegt, der dann auch gleichzeitig als Sickerschürze wirkt.

Erf. Sickerweg = $3 \cdot 1,96 = 5,88 \text{ m} \leq 2,35 + 2,50/2 + 2,54 = 6,14 \text{ m} \rightarrow \text{OK}$ (3,13-facher Sickerweg)
(horizontale Sickerwege dürfen nur zur Hälfte angesetzt werden)

6.2 Allgemeine Berechnungsannahmen

Alle Höhenkoten sind auf NN bezogen. Die Oberkante der Winkelstütze liegt auf NN+8,00 m.

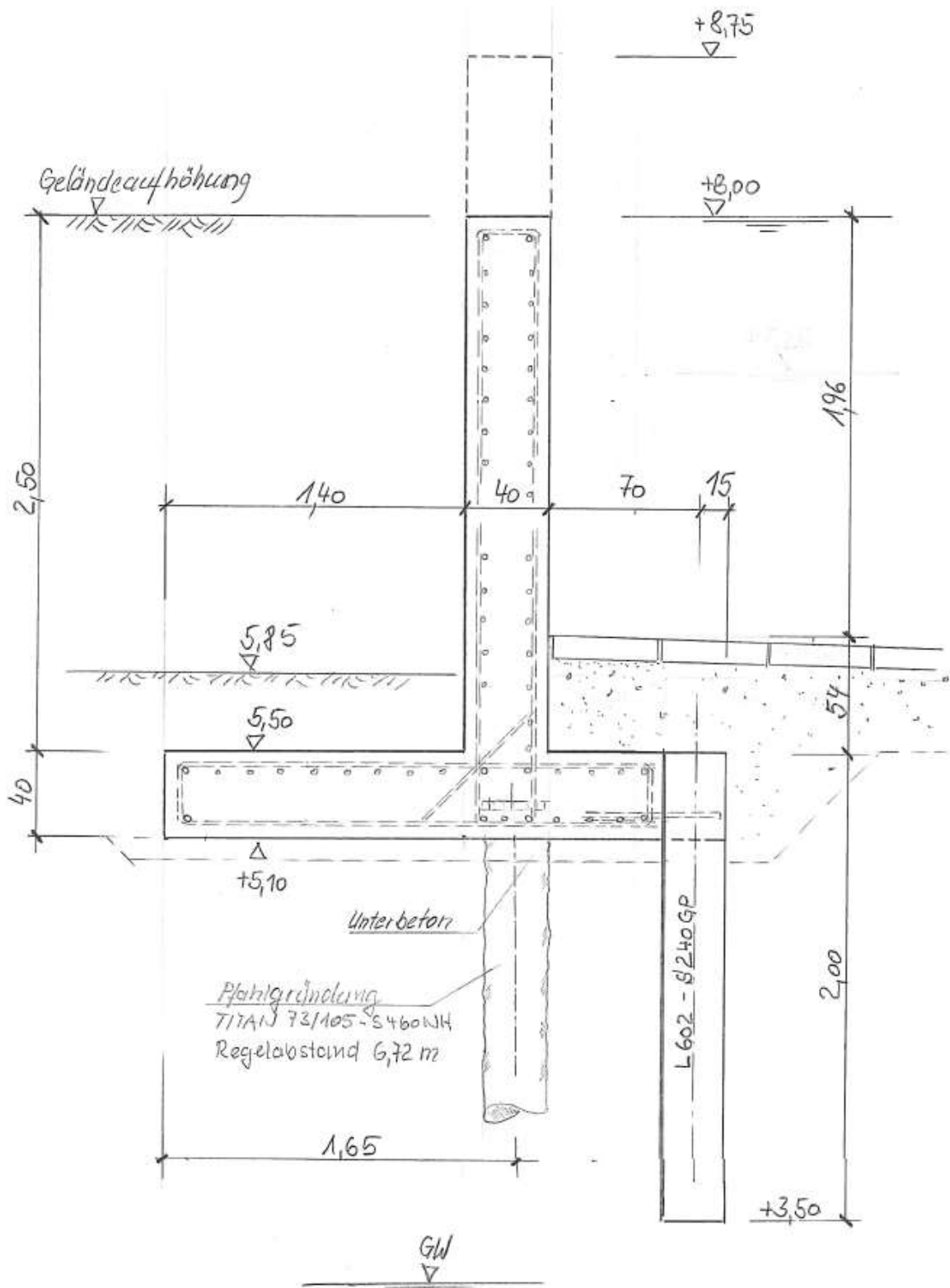
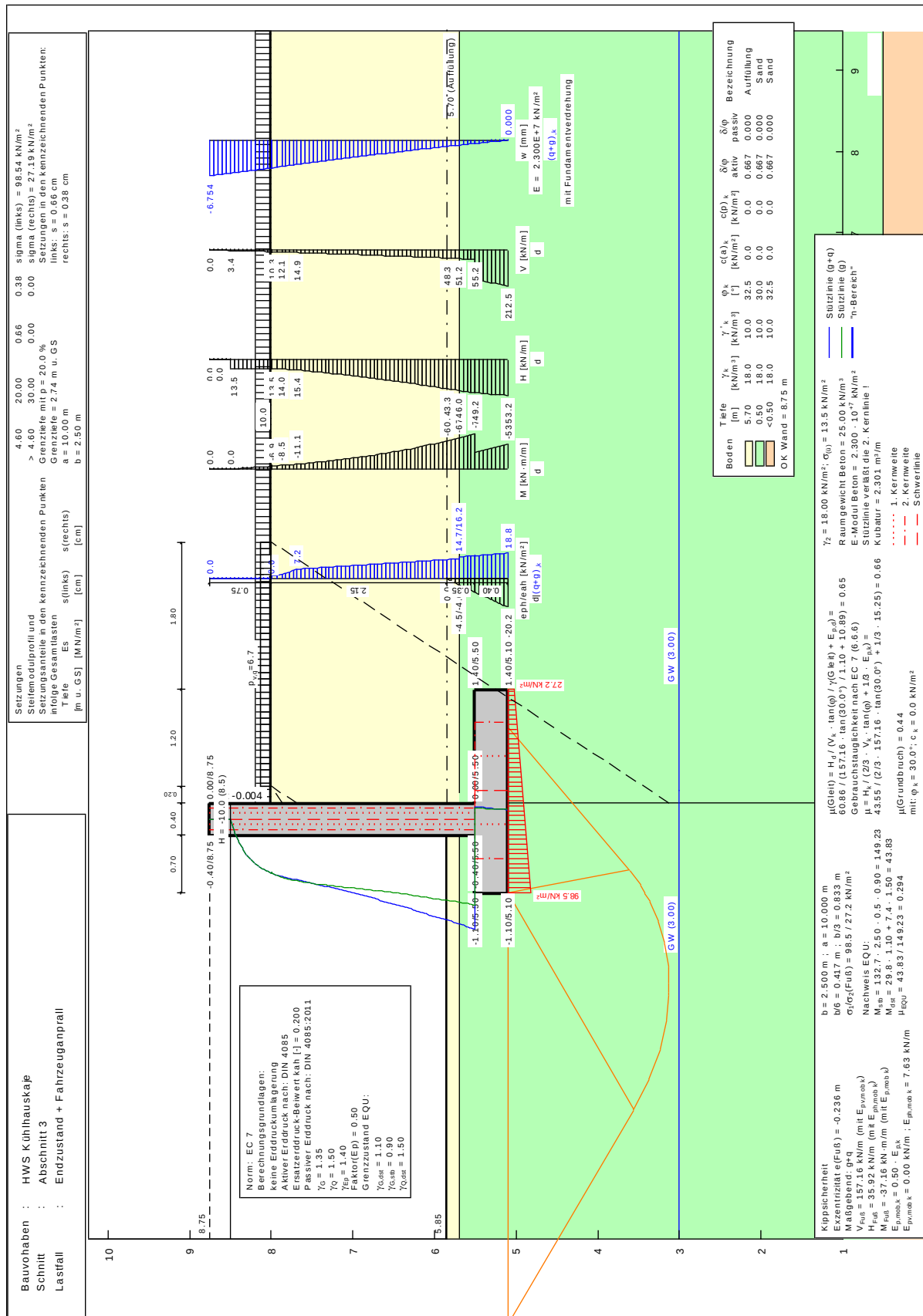


Abbildung 9 – Querschnitt 0+931,80 bis 0+990,20

Seite 30



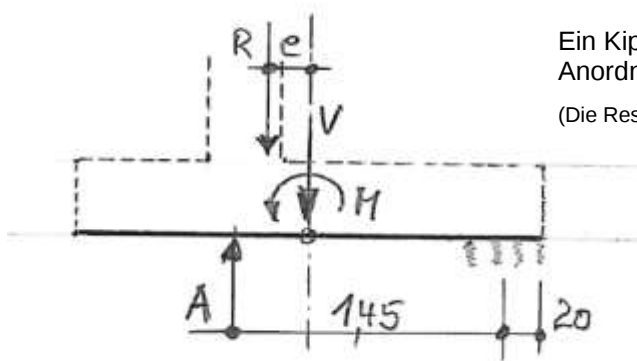
6.6 Bemessung

Gew. Hochwasserschutzwand C30/37 mit Sickerschürze
OK +8,00 (8,75) mNN
UK +5,10 mNN
Schenkellänge Landseite = 1,40 m
Wandhöhe H = 2,50 m d = 0,40 m
Mindestbewehrung nach ZTV-Ing, Rissbewehrung beachten!
Expositionsklasse XC4, XD3, XF4
Sickerschürze konstruktiv
L 602 – S 240 GP
OK +5,50 mNN UK + 3,50 m

Bewehrung sinngemäß zu Kap. 5.6

6.7 Nachweis der Gründungslast (Pfähle)

Für den Nachweis der Pfahlauflegerkraft wird das System aus Kap 6.5 in einer Nebenrechnung ohne Verkehrslasten (nur Eigenlast) gerechnet. Aus den Ergebnissen beider Berechnungen kann der Verkehrslastanteil dann zurückgerechnet werden.



Ein Kippen auf dem Pfahl kann durch die geometrische Anordnung des Auflagerpfahls nicht entstehen

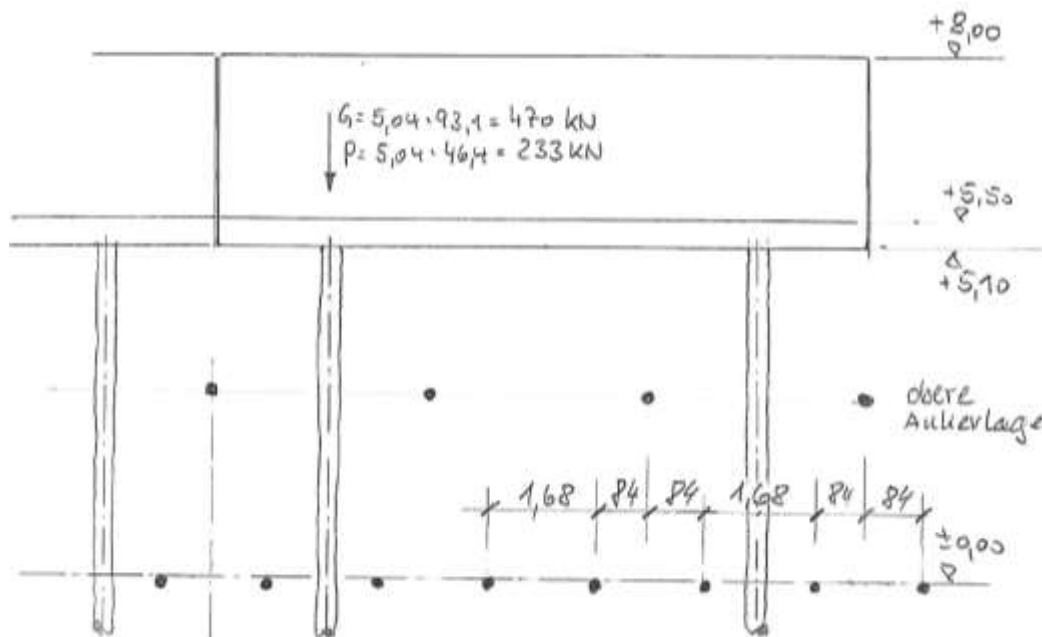
(Die Resultierende liegt immer zwischen den Auflagern A und B liegt)

Die Auflagerkraft der Pfähle lässt sich hieraus bestimmen: $A_{v,k} = M_k/1,45 + 1,05/1,45 \cdot V_k$

	$V_{Fu\beta}$	e	$M_{Fu\beta}$	A_v [kN/m]
Aus 6.5	157,2	0,236	37,2	139,5
Aus Nebenrechnung	132,6	-0,032	-4,21	93,1
Aus Verkehr	24,6		41,4	46,4

*) $V_{Fu\beta}(\text{Verkehr}) = V_{Fu\beta}(\text{Kap. 6.5}) - V_{Fu\beta}(\text{Nebenrechnung})$ $M_{Fu\beta}(\text{Verkehr}) = M_{Fu\beta}(\text{Kap. 6.5}) - M_{Fu\beta}(\text{Nebenrechnung})$

Pfahlbelastung:



mit einem Rastermaß von 6,72 m

$$F_d = 1,5 \cdot 3,36 \cdot (1,35 \cdot 93,1 + 1,50 \cdot 46,4) = 984,2 \text{ kN}$$

gew. TITAN 103/78 - S460 NH UK=-13,0 / -10,0 mNN

Lehmbohrkrone Ø280 mm + 20 mm => Pfahldurchmesser Ø 300 mm

$$U \sim 3,14 \cdot (0,28 + 0,02) = 0,942 \text{ m}^2/\text{m}$$

Zementsteinüberdeckung 98,5 mm

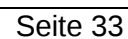
$$R_d = 1770 / 1,15 = 1539 \text{ kN} > 985 \text{ kN} \quad (\text{nach Zulassung Nr. Z-34.14-209 (Geltungsdauer bis 03.04.2026)})$$

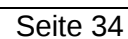
BP VII R_k = siehe Berechnung folgende Seite = 1461 kN bei UK -13,00 mNHN

BP VIII R_k = siehe Berechnung folgende Seite = 1761 kN bei UK -10,00 mNHN

BP IX R_k = siehe Berechnung folgende Seite = 1420 kN bei UK -10,00 mNHN

$$R_d = 1420 / 1,4 = 1014 \text{ kN} > 985 \text{ kN}$$



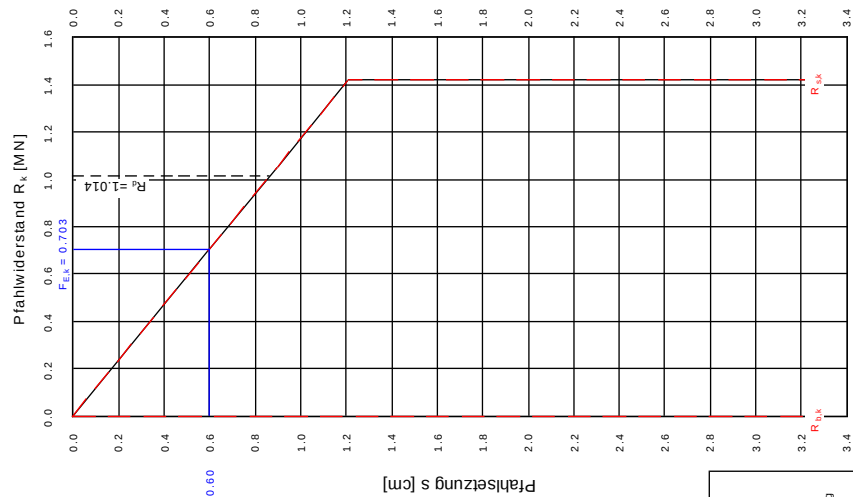


Ergebnisse
Pflahldurchmesser = 0.300 m
Pflahlänge = 15.70 m
Pflahlspitzenwiderstand:
 $\sigma_{02} = 0.000 \text{ MN/m}^2$
 $\sigma_{03} = 0.000 \text{ MN/m}^2$
 $\sigma_{10} = 0.000 \text{ MN/m}^2$
Fläche $A_0 = 0.071 \text{ m}^2$
Umfang $U_0 = 0.942 \text{ m}$

 $s_{90} = 0.900 \text{ cm}$
 $R_{s,k(9)} = 1.056 \text{ MN}$
 $R_{b,k(9)} = 0.000 \text{ MN}$
 $R_{k(9)} = 1.056 \text{ MN}$
 $s_{600} = 0.600 \text{ cm}$
 $R_{s,k(6)} = 0.704 \text{ MN}$
 $R_{b,k(6)} = 0.000 \text{ MN}$
 $R_{k(6)} = 0.704 \text{ MN}$
 $s_{220} = 1.210 \text{ cm}$
 $R_{s,k(2)} = 1.420 \text{ MN}$
 $R_{b,k(2)} = 0.000 \text{ MN}$
 $R_{k(2)} = 1.420 \text{ MN}$
 $s_{30} = 3.000 \text{ cm}$
 $R_{s,k(3)} = 1.420 \text{ MN}$
 $R_{b,k(3)} = 0.000 \text{ MN}$
 $R_{k(3)} = 1.420 \text{ MN}$

 $F_{Gk} = 0.470 \text{ MN}$
 $F_{Qk} = 0.233 \text{ MN}$
 $F_{Ed} = 1.350 \cdot 0.470 + 1.500 \cdot 0.233$
 $F_{Ed} = 0.984 \text{ MN}$
 $R_d = R_k / \gamma_p = 1.420 / 1.400$
 $R_d = 1.014 \text{ MN}$
Ausnutzungsgrad $\mu = F_{Ed} / R_d = 0.970$
Nachweis erbracht
 $F_{Ek} = 0.703 \text{ MN}$
Setzung $s = 0.60 \text{ cm}$

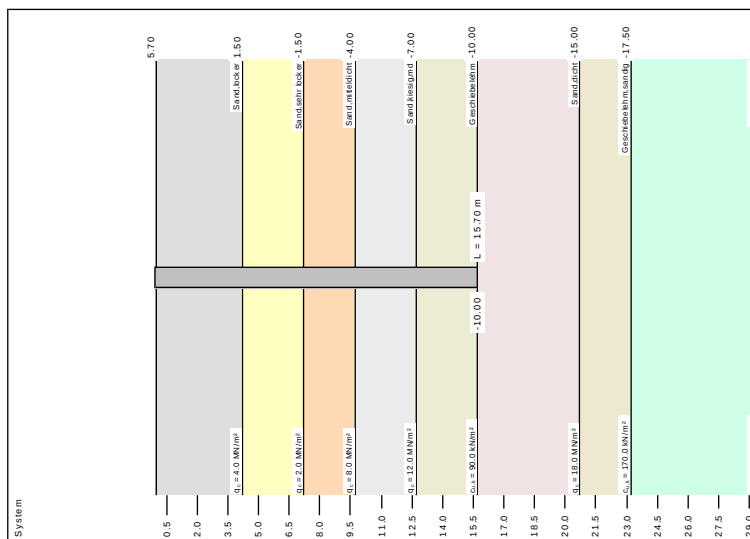
Bemessungsprofil IX
TITAN 103/78 RD=1014 kN
Lehmbohrkrone 280+20=300 mm



s/D	Pfahlspitzenwiderstand $q_{t,k}$ [MN/m²]	
	$q_t = 7.5 \text{ MN/m}^2$	$q_t = 15 \text{ MN/m}^2$
0.02	-	-
0.03	-	-
0.10	-	-
0.02	$c_{t,k} = 100 \text{ kN/m}^2$	$c_{t,k} = 150 \text{ kN/m}^2$
0.03	-	-
0.10	-	-
Pfahlm antreibung $q_{t,k}$ [MN/m²]		
$q_t = 7.5 \text{ MN/m}^2$	$q_t = 15 \text{ MN/m}^2$	$q_t = 25 \text{ MN/m}^2$
0.170 - 0.210	0.255 - 0.320	0.305 - 0.365
$c_{t,k} = 60 \text{ kN/m}^2$	$c_{t,k} = 150 \text{ kN/m}^2$	$c_{t,k} = 250 \text{ kN/m}^2$
0.070 - 0.080	0.115 - 0.125	0.140 - 0.150

Widerstandssetzungsline
für Pflahlänge = 15.70 m

GGU-AXPILE / Version 6.09 / 29.04.2014
Berechnungsrundlagen
No m: EC 7
Rohrverpressplan
Verhältniswert (min, max) = 0.50
Interpolation Maniereibung:
bei $q_{t,k} < 7.5 \text{ MN/m}^2$ deaktiviert
bei $c_{t,k} < 60 \text{ kN/m}^2$ deaktiviert
Pflahlänge = 15.70 m



Tiefe	$q_{t,k}$	$c_{t,k}$	$q_{t,0.02}$	$q_{t,0.03}$	$q_{t,0.10}$	$q_{t,0.17}$	Bezeichnung
0.0	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Sand locker
1.50	2.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Sand locker
3.00	2.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	Sand locker
4.50	8.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1965	Sand mittellocker
6.00	12.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.2485	Sand mittellocker
7.50	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0900	Geschiebelehm
9.00	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.0900	Geschiebelehm
10.50	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1250	Geschiebelehm sandig
12.00	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
13.50	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
15.00	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
16.50	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
18.00	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
19.50	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
21.00	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
22.50	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
24.00	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
25.50	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
27.00	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
28.50	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm
30.00	90.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.1050	Geschiebelehm

7 Rampentrog Bereich 4

7.1 Trogbauwerk – Projekt km 0+990,20 bis 1+082,70

Die Hochwasserschutzlinie wird als tiefgegründetes Rampenbauwerk erstellt. Die Schutzhöhe beträgt auf der Landseite +8,00 (+8,75) mNN. Die Sickerschürze wird konstruktiv wie im Bereich 2 und 3, jedoch hier landseitig eingebaut.

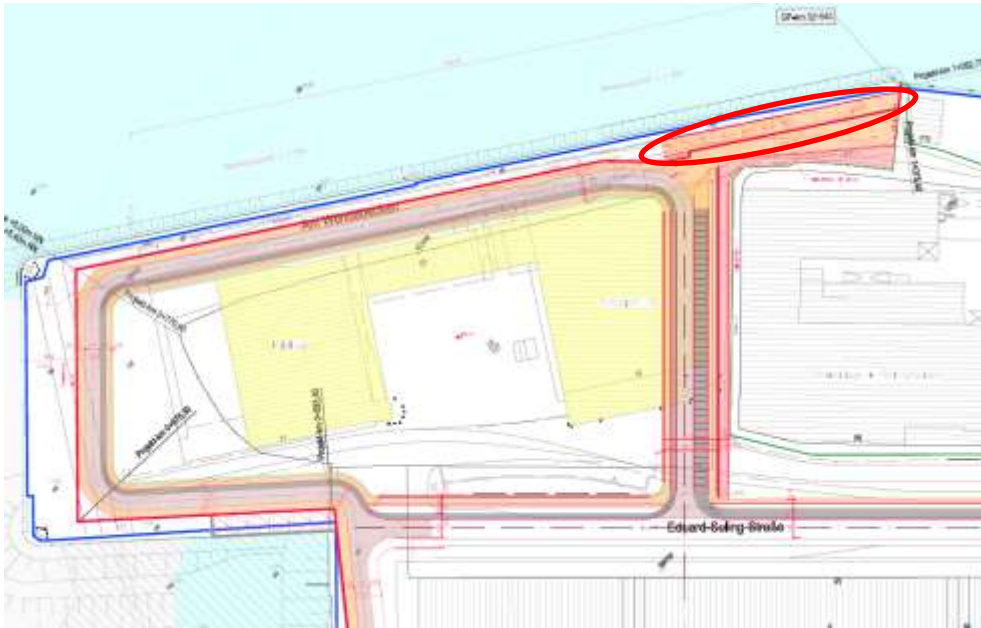
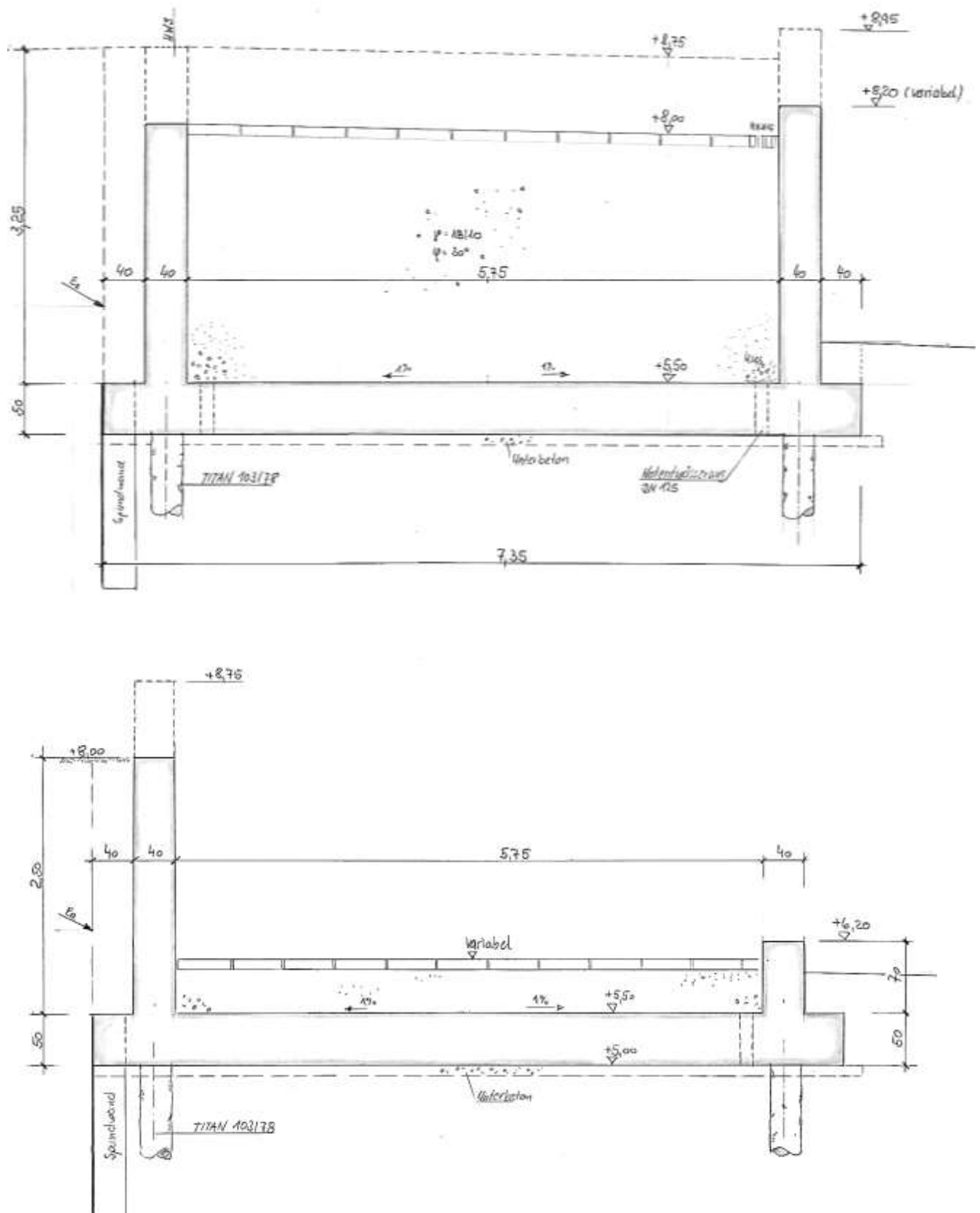


Abbildung 10 – Lage der HWS-Wand 0+990,20 bis 1+082,70

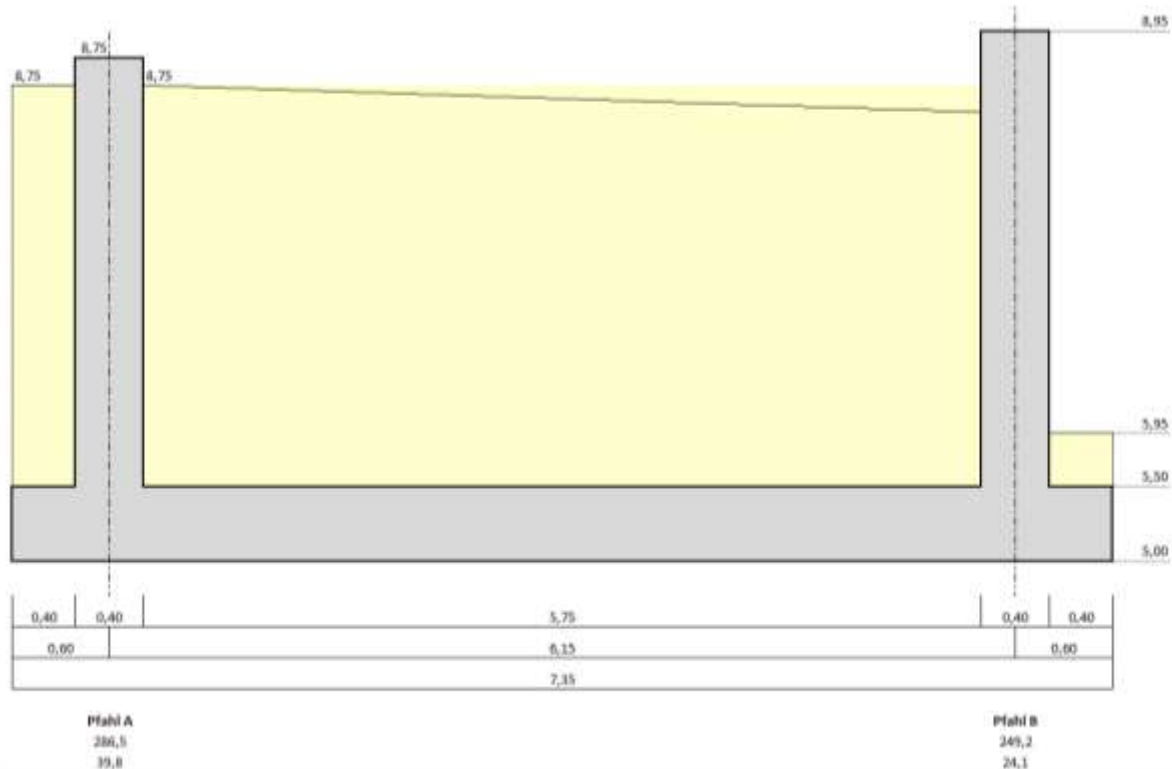
7.2 Allgemeine Berechnungsannahmen

Alle Höhenkoten sind auf NN bezogen. Die HWS-Oberkante liegt auf NN + 8,00 m.



7.3 Auflagerkräfte

Rampe an der Überfahrt



Gegenstand	Abmessung	A	Wichte	G	x	M
		m ²	kN/m ³	kN	m	kNm
Bodenplatte	7,35x0,50	3,68	25,0	91,9	3,68	337,6
HWS-Wand	0,40x3,25	1,30	25,0	32,5	0,60	19,5
Rampenwand	0,40x3,45	1,38	25,0	34,5	6,75	232,9
Boden Landseitig	0,40x3,25	1,30	18,0	23,4	0,20	4,7
Trogfüllung	5,75x3,25	18,69	18,0	336,4	3,68	1236,2
Boden Wasserseite	0,40x0,45	0,18	18,0	3,2	7,15	23,2
Erddruckanteil Eav	Eav=0,5x18*0,30*3,75 ²		38,0	13,8	0,00	0,0
				535,7		1854,0
				e=	3,46	
SLW 30		16,7 *3,00		50,1	2,30	115,2
Verkehr		5,0*2,75		13,75	5,18	71,2
				63,9		186,4
				e=	2,92	

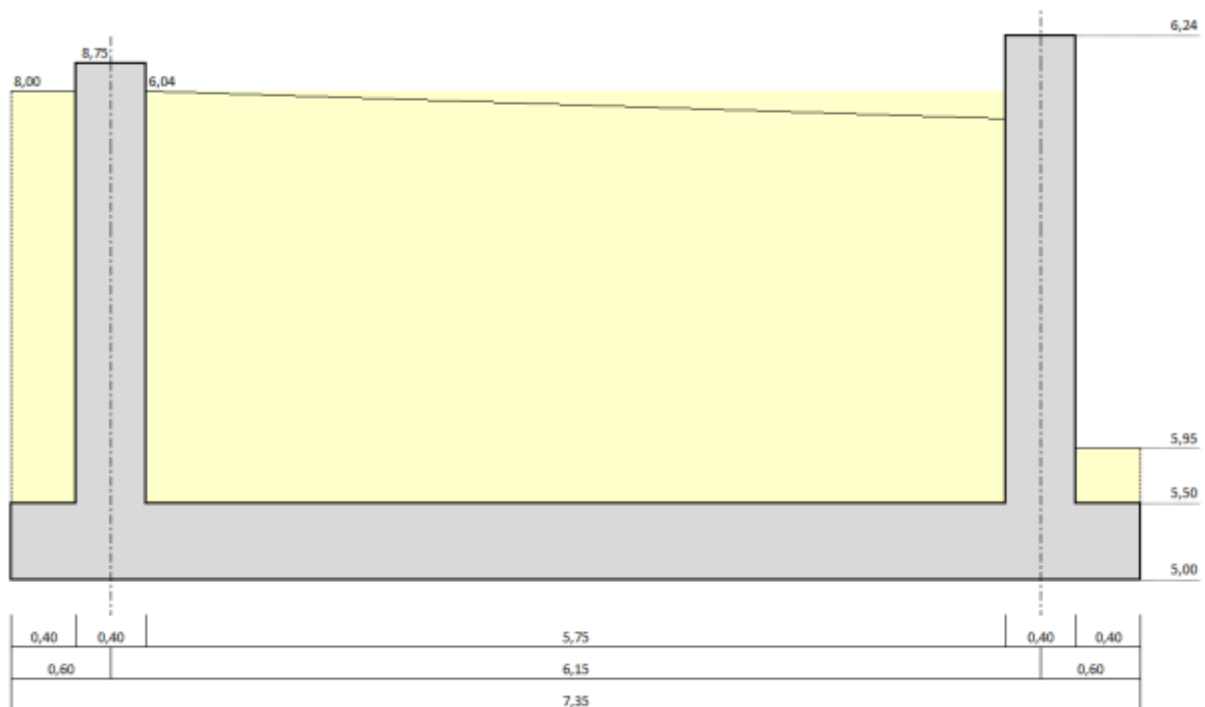
$$A_g = 535,71 \times (6,75 - 3,46) / 6,15 = 286,5 \text{ kN}$$

$$A_p = 63,85 \times (6,75 - 2,92) / 6,15 = 39,8 \text{ kN}$$

$$B_g = 249,2 \text{ kN}$$

$$B_p = 24,1 \text{ kN}$$

Rampe am Beginn



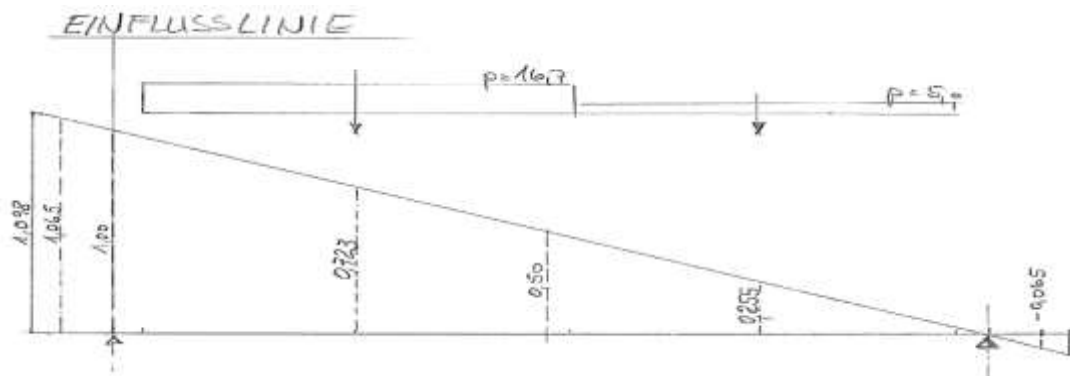
Gegenstand	Abmessung	A	Wichte	G	x	M
		m ²	kN/m ³	kN	m	kNm
Bodenplatte	7,35x0,50	3,68	25,0	91,9	3,68	337,6
HWS-Wand	0,40x3,25	1,30	25,0	32,5	0,60	19,5
Rampenwand	0,40x0,74	0,30	25,0	7,4	6,75	50,0
Boden Landseitig	0,40x2,50	1,00	18,0	18,0	0,20	3,6
Trogfüllung	5,75x0,54	3,11	18,0	55,9	3,68	205,4
Boden Wasserseite	0,40x0,45	0,18	18,0	3,2	7,15	23,2
Erddruckanteil Eav	Eah=0,5x18*0,30*3 ²		24,3	8,8	0,00	0,0
				217,7		639,3
				e=	2,94	
SLW 30		16,7 *3,00		50,1	2,30	115,2
Verkehr		5,0*2,75		13,75	5,18	71,2
				63,9		186,4
				e=	2,92	

$$Ag = 217,75 \times (6,75 - 2,94) / 6,15 = 135,0 \text{ kN}$$

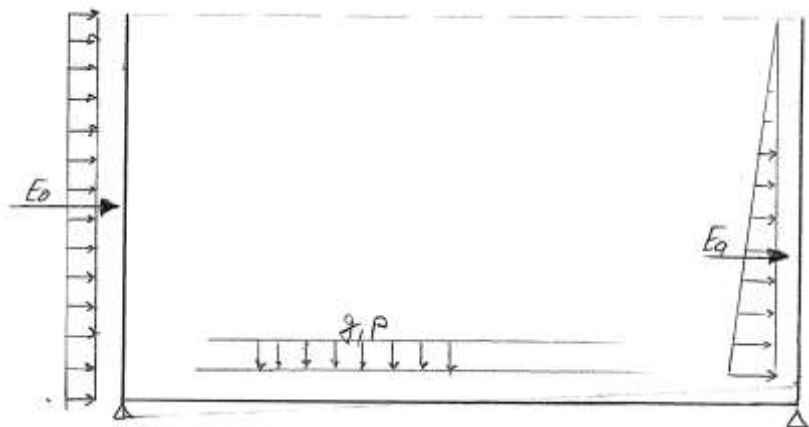
$$Bg = 82,7 \text{ kN}$$

$$Ap = 63,85 \times (6,75 - 2,92) / 6,15 = 39,8 \text{ kN}$$

$$Bp = 24,1 \text{ kN}$$



7.4 Bemessung



Belastung

Aus Platteneigengewicht $d = 0,50 \text{ m} = 0,50 \cdot 25,0$

$$g_{k,1} = 12,5 \text{ kN/m}^2$$

Aus Bodeneigengewicht $d = 3,25 \text{ m} = 3,25 \cdot 18,0$

$$g_{k,2} = 58,5 \text{ kN/m}^2$$

Aus Lasten des SLW 30 (vereinfachend vollflächig)

$$q_{k,2} = 16,70 \text{ kN/m}^2$$

Aus Erddruck auf landseitige Wand (nur Verkehr) $= 0,46 \cdot 10,0 \cdot 3,50$

$$E0_{k,1} = 16,1 \text{ kN/m}^2$$

Aus Moment $e = 3,25/2 + 0,25 = 1,88 \text{ m} \quad M = 16,1 \cdot 1,75$

$$M_{k,1} = 28,2 \text{ kN/m}^2$$

Aus Erddruck auf wasserseitige Wand $= 0,5 \cdot 0,3 \cdot 18,0 \cdot 3,25^2$

$$Ea_{k,2} = 30,1 \text{ kN/m}^2$$

Aus Moment $e = 3,25/3 + 0,25 = 1,33 \text{ m} \quad M = 30,1 \cdot 1,33$

$$M_{k,2} = 40,3 \text{ kN/m}^2$$

Bemessungslast $q_d = 1,35 \cdot (12,5 + 58,5) + 1,5 \cdot 16,7 = 121,0 \text{ kN}$

$$M_d = 0,125 \cdot 121,0 \cdot 6,15^2 = 572,0 \text{ kNm/m}$$

Biegebemessung:

$$k_d = 44,0 / 572^{0,5} = 1,84 \quad \sim \rightarrow k_s = 2,57 \quad a_s = 2,57 \cdot 572,0 / 44,0 = 33,41 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \varnothing 25 / 12,5 \text{ cm}$$

Gew. Hochwasserschutzwand mit Rampe als Trogbauwerk
Beton C30/37 mit Sickerschürze
OK +8,00 (8,75) mNN UK +5,10 mNN
Wandhöhe $H = 2,50$ m $d = 0,40$ m
Mindestbewehrung nach ZTV-Ing, Rissbewehrung beachten!
Expositionsklasse XC4, XD3, XF4
Sickerschürze, landseitig konstruktiv L 602 – S 240 GP
OK +5,50 mNN UK + 3,50 m

Aufhängebewehrung:

Einhängelast in die Stahlbetonwand $= 1,35 \cdot 287,0 + 1,5 \cdot 39,8 = 450$ kN/m
erf. $a_s = 450/43,5 = 10,3$ cm²/m $\rightarrow$ je Wandseite $= 5,15$ cm²

Wandbemessung sinngemäß zu Kap. 5.6
Bodenplatte Ø25 / 12,5 cm

7.5 Nachweis der Gründungslast (Pfähle)

Pfahllast $F_d = 3,36 \cdot (1,35 \cdot 286,5 + 1,5 \cdot 39,8) = 1500,16$ kN

Die hohe Pfahllast gilt nur für die Bemessungsprofile BP X und BP XI für das
Bemessungsprofil IX wird eine mittlere Last angesetzt $= 0,5 \cdot (286,5 + 135,0) = 210,8$ kN/m
Pfahllast $F_d = 3,36 \cdot (1,35 \cdot 210,8 + 1,5 \cdot 39,8) = 1156,78$ kN

gew. TITAN 103/78 - S460 NH UK = -13,0 / -10,0 mNN

Lehmbohrkrone Ø280 mm + 20 mm $\Rightarrow$ Pfahldurchmesser Ø 300 mm

$U \sim 3,14 \cdot (0,28 + 0,02) = 0,942$ m²/m

Zementsteinüberdeckung 98,5 mm

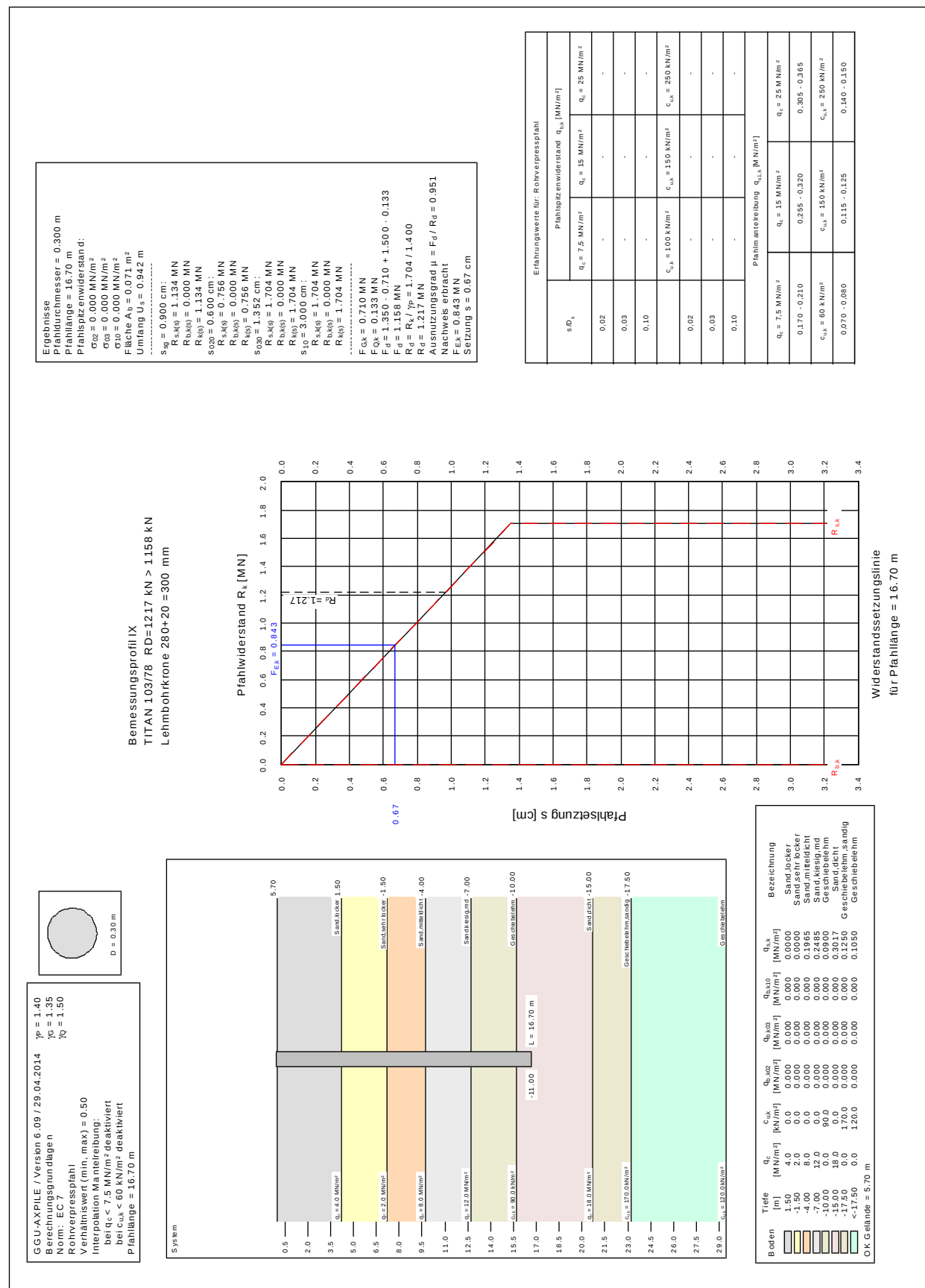
$R_d = 1770 / 1,15 = 1539$ kN > 1500 kN (nach Zulassung Nr. Z-34.14-209 (Geltungsdauer bis 03.04.2026))

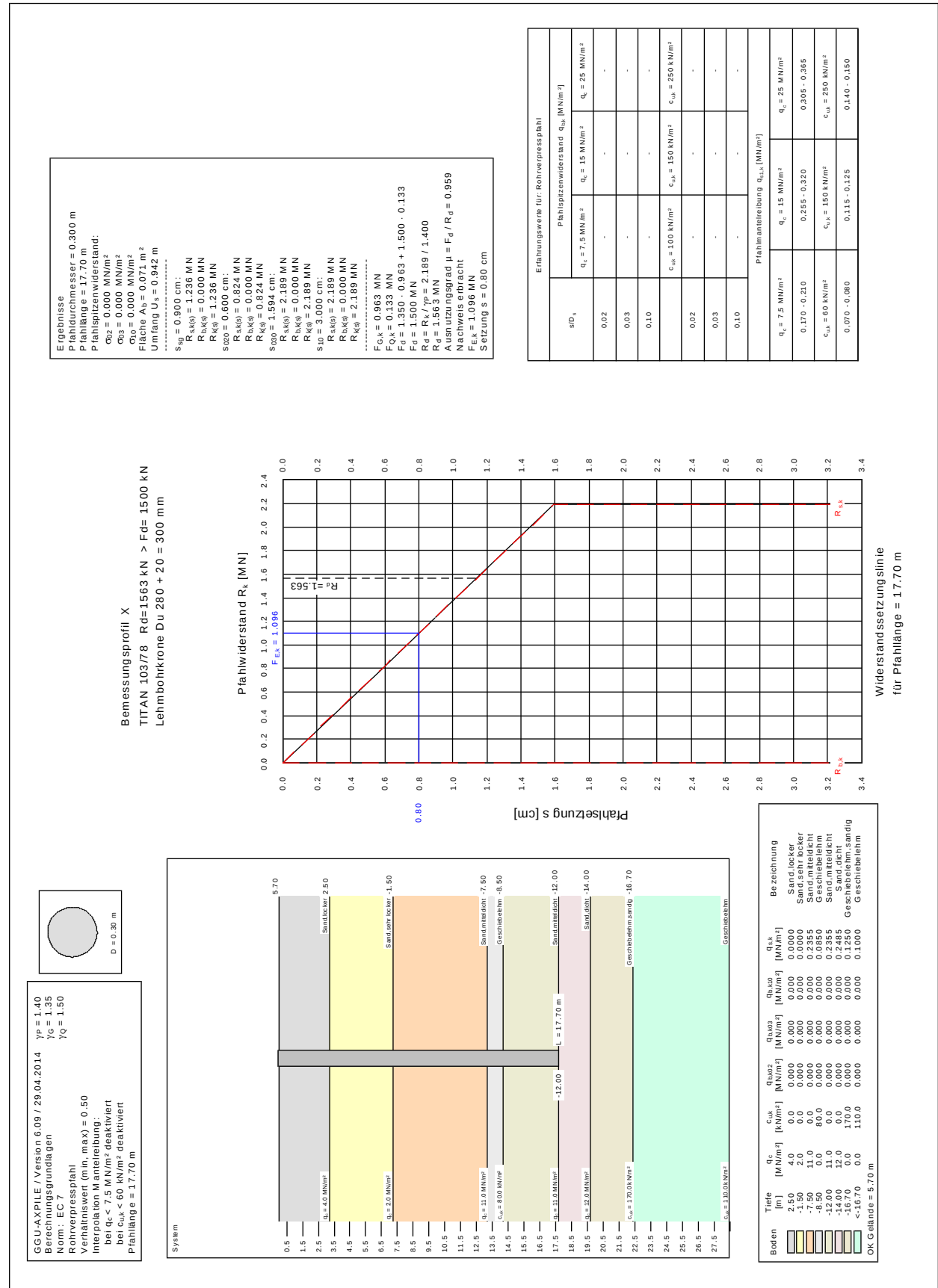
BP IX $R_k =$ siehe Berechnung folgende Seite $= 1704$ kN bei UK -11,00 mNHN

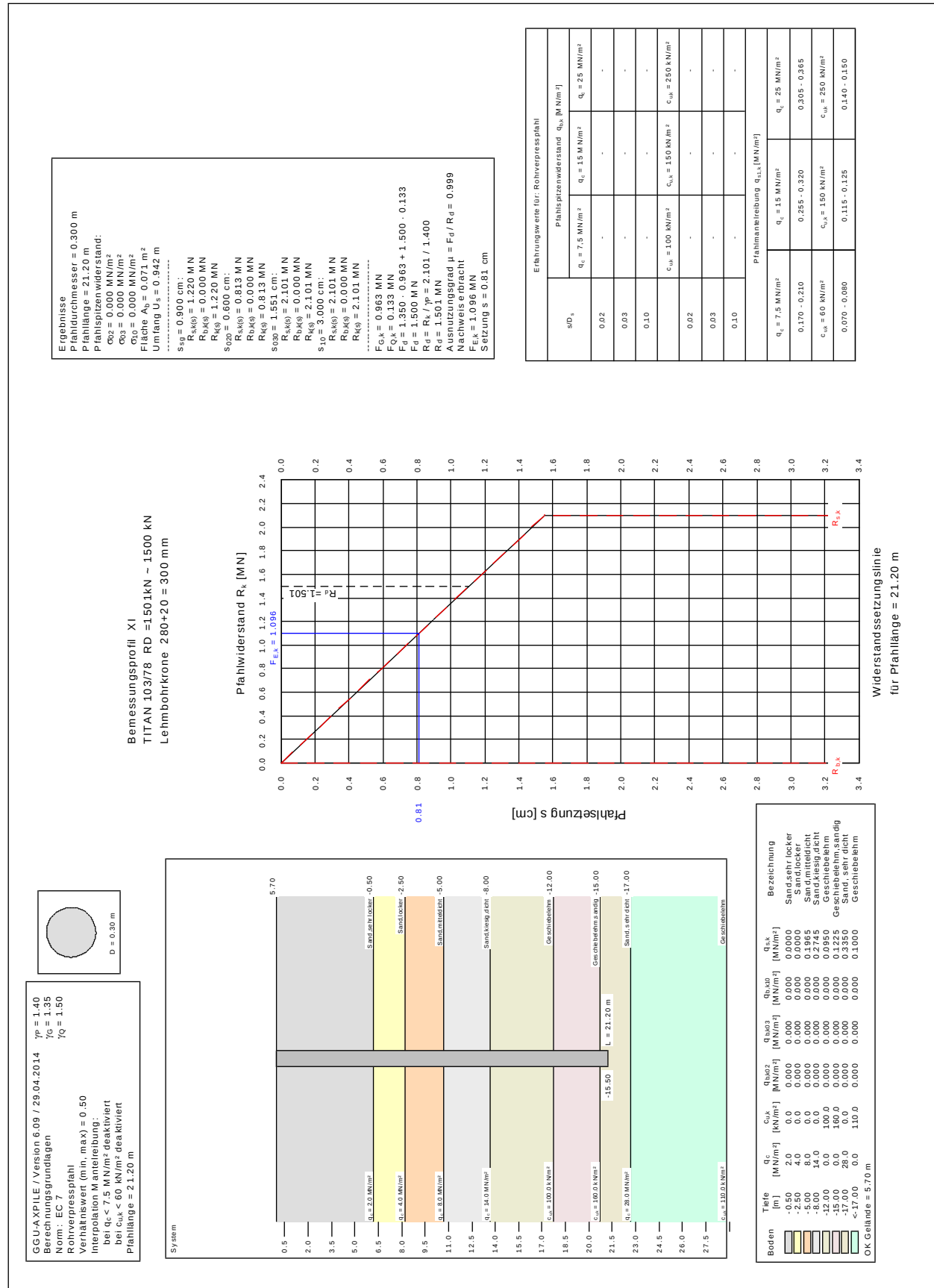
BP X $R_k =$ siehe Berechnung folgende Seite $= 2189$ kN bei UK -12,00 mNHN

BP XI $R_k =$ siehe Berechnung folgende Seite $= 2101$ kN bei UK -15,50 mNHN

$R_d = 2101 / 1,4 = 1501$ kN > 1500 kN







8 Winkelstützwand Zufahrtsrampe

Die Winkelstützwand dient zur Überquerung der Hochwasserschutzwand und ist nicht Bestandteil der eigentlichen Hochwasserschutzlinie.

Die Oberkante der HWS-Überfahrt liegt auf +8,00 (+8,75) mNN.

Da das Gelände zur Wand hin geneigt verläuft liegt die Belagsoberkante an der Winkelstützwand auf +7,75 (+8,50) mNN. Die Oberkante der Wand wird 25 cm über dem Belag angelegt und dient damit gleichzeitig als Schrammbord für die Fahrzeuge.

Weiterhin ist eine Absturzsicherung auf der Wand herzustellen. Die Gesamthöhe vom Belag aus gemessen beträgt 1,30 m



Abbildung 11 – Lage der Rampenwand

Für diesen Bereich gelten die Bemessungsprofile IX bis XI

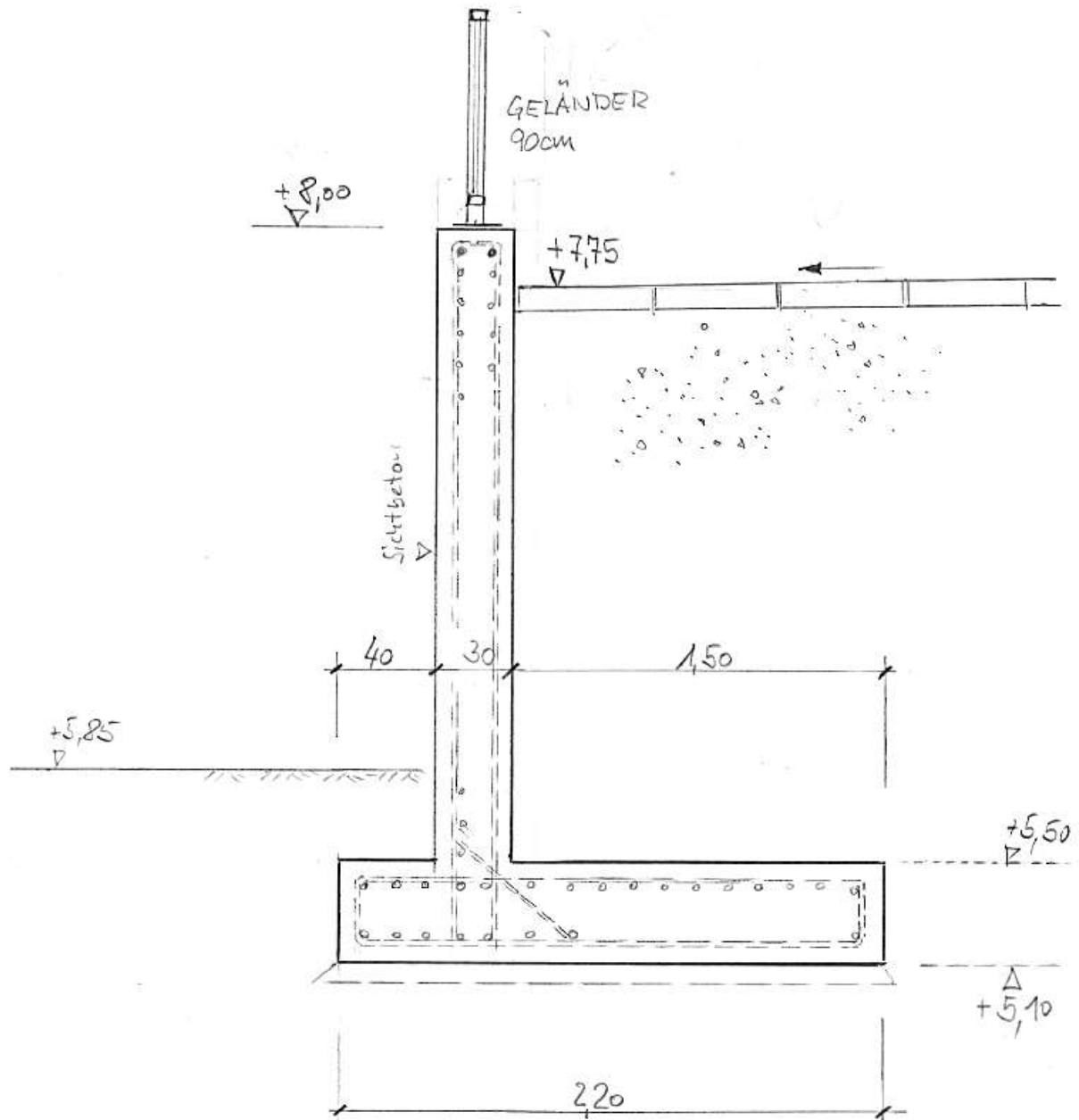
Im oberen Bereich befinden sich bei allen Bemessungsprofilen lockere, bis sehr lockere Sande ($\gamma_c = 3,0$). Die Bodenkennwerte werden einheitlich mit $\gamma = 18/10 \text{ kN/m}^3$ und $\varphi = 30^\circ$ angesetzt.

Für Auffüllböden (Mittelsand) wird $\varphi = 32,5^\circ$ angenommen.

Die Unterkante der Sohlplatte wird ca. 75 cm unter GeländeOK angelegt.

8.1 Allgemeine Berechnungsannahmen

Alle Höhenkoten sind auf NN bezogen. Die Oberkante liegt auf NN + 8,00 m.

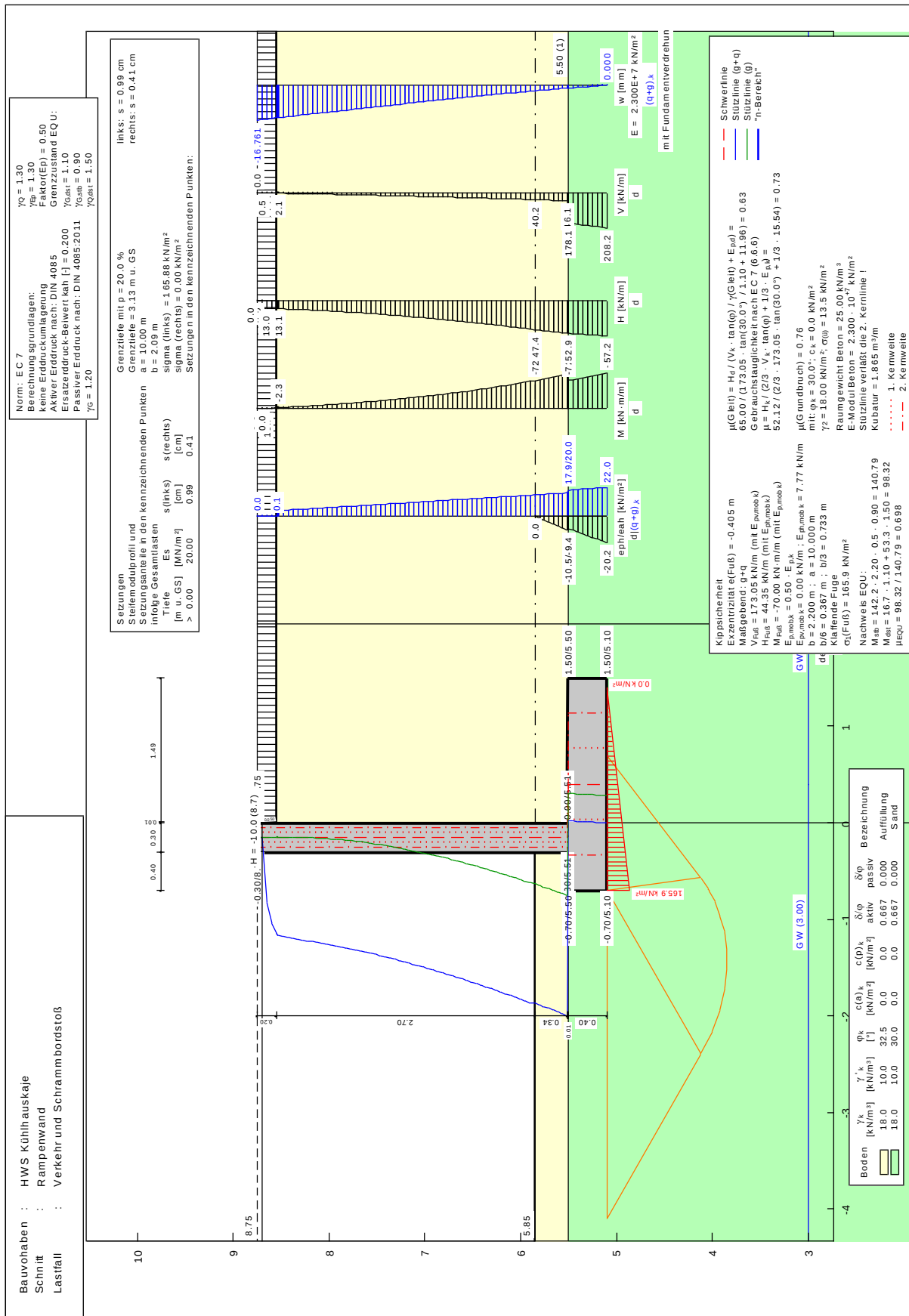


Die landseitige Schenkellänge kann der Rampenhöhe angepasst werden, jedoch nicht geringer als der luftseitige Schenkel ausbilden!

Rechnerisch wurde mit einer Wanddicke von $d=30\text{cm}$ gerechnet. Im Nachgang wurde konstruktiv $d=40\text{ cm}$ festgelegt. Die Festlegung hat keine relevanten statischen Auswirkungen.

Bewehrung sinngemäß zu Kap. 5.6

8.3 Berechnung BS-T (Verkehr + Schrammbordstoß)



9 Winkelstützwand Endwand zu Berninghausen

Die Winkelstützwand dient zur Überquerung der Hochwasserschutzwand und ist wie die Rampenstützwand nicht Bestandteil der eigentlichen Hochwasserschutzlinie.

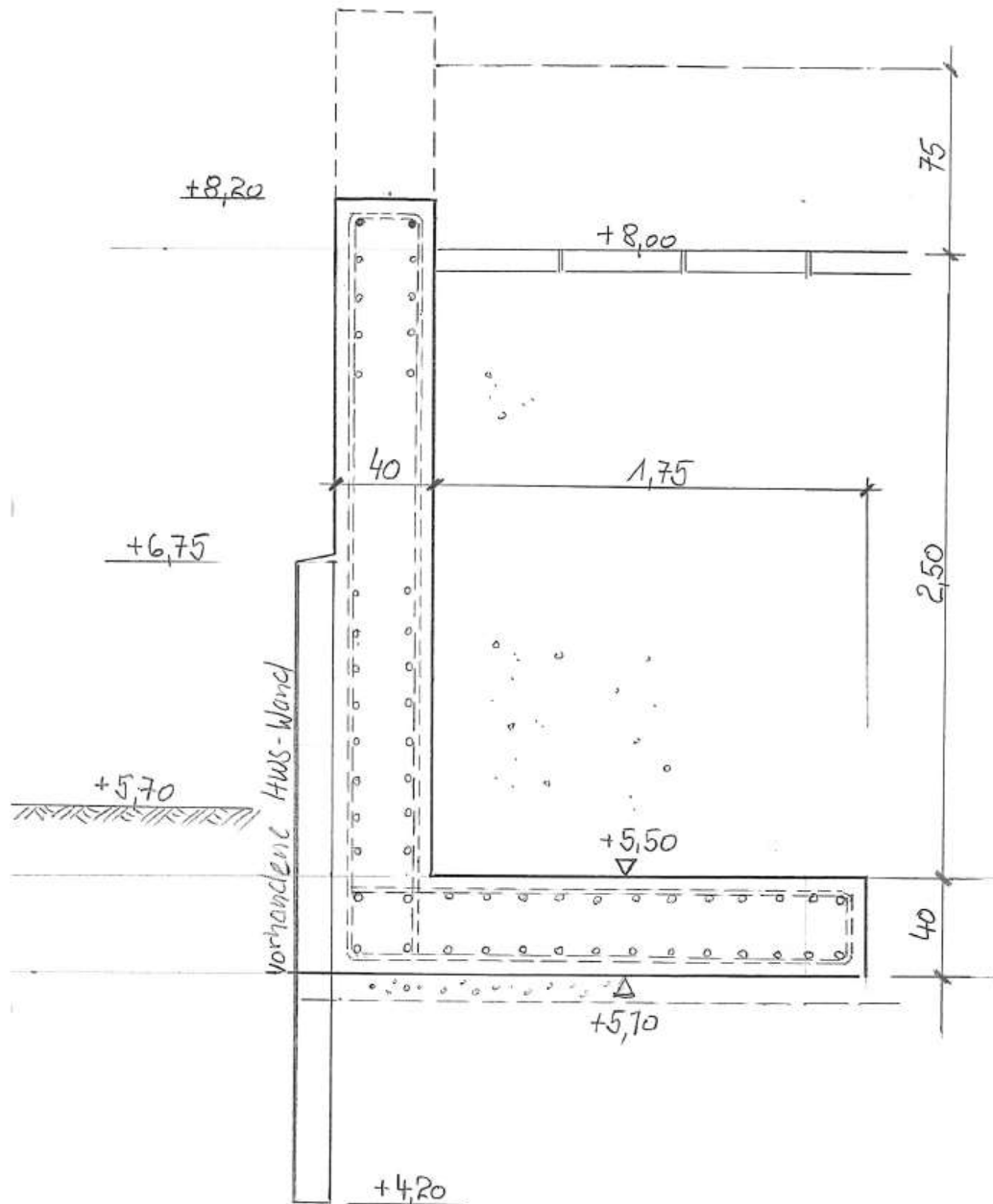
Die Oberkante der Überfahrt liegt hier mit entsprechender Erhöhung auf +8,75 mNN.

Die Oberkante der Wand wird 20 cm höher angelegt und dient damit gleichzeitig als Schrammbord für die Fahrzeuge. Weiterhin ist eine Absturzsicherung auf der Wand herzustellen.

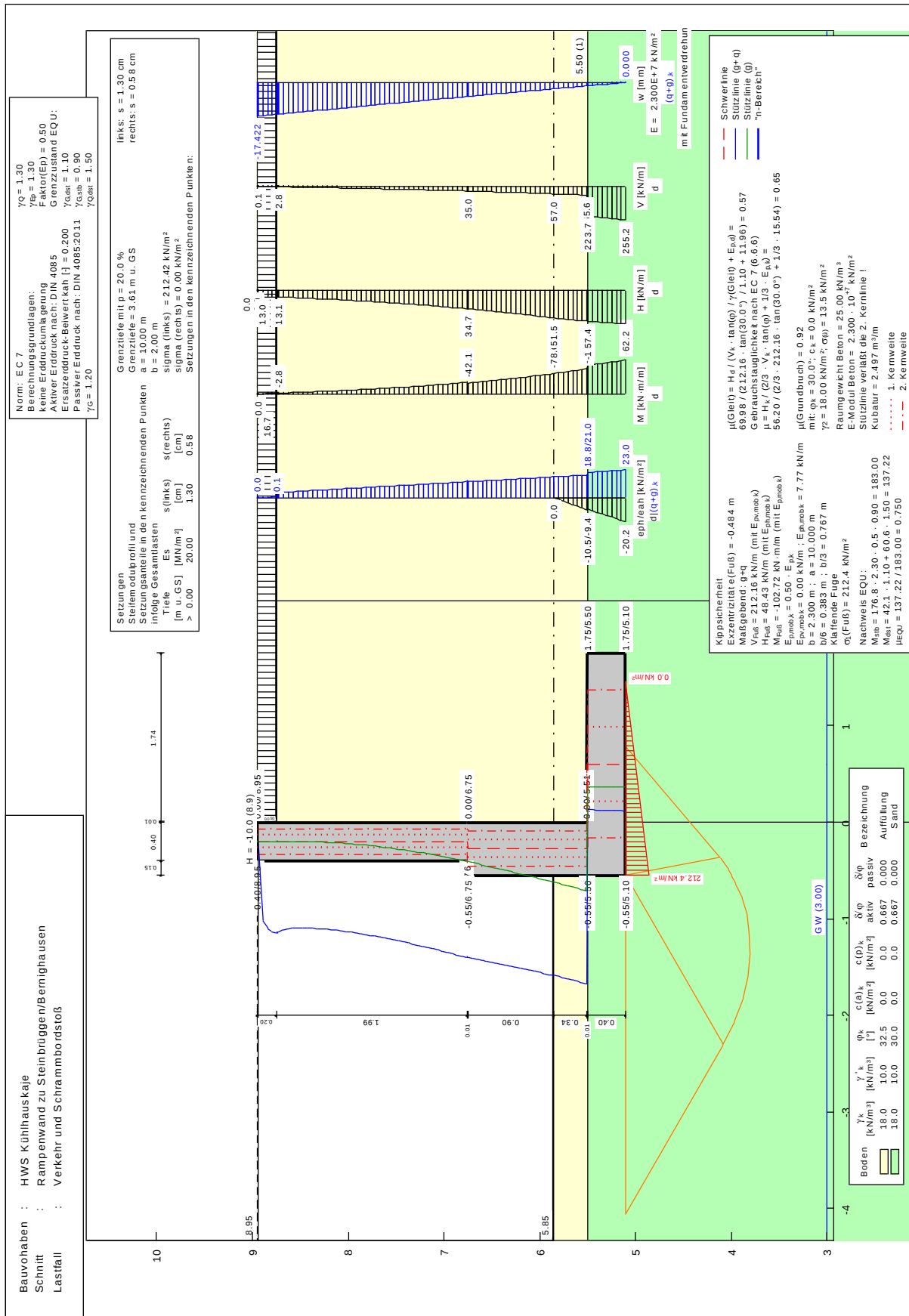
Zum Gelände „Steinbrücke & Berninghausen“ ist eine Zaunanlage erforderlich

9.1 Allgemeine Berechnungsannahmen

Alle Höhenkoten sind auf NN bezogen. Die Oberkante liegt auf NN + 8,20 m.



9.3 Berechnung BS-T (Verkehr + Schrammbordstoß)



9.4 Bemessung

Gew. Hochwasserschutzwand C30/37 mit Sickerschürze
OK +8,20 (8,95) mNN
UK +5,10 mNN
Schenkellänge Landseite = 1,75 m
Wandhöhe $H = 2,70$ m $d = 0,40$ m
Mindestbewehrung nach ZTV-Ing, Rissbewehrung beachten!
Expositionsklasse XC4, XD3, XF4
Konstruktiv mit aufgeschweißten Kopfbolzen an der vorhandenen
Hochwasserschutzwand angeschlossen

Bewehrung sinngemäß zu Kap. 5.6

Aufgestellt Seite 1 bis 52
Bremerhaven, den 28.02.2023

i.A. wolfgang grefe
SC 111-10