

## HOCHWASSERSCHUTZ BOIZENBURG – HAFENDEICH BOIZENBURG

### STATIK SPUNDWAND HAFENDEICH



Projektname **Hochwasserschutz Boizenburg – Hafendeich Boizenburg**

Projekt Nr. **301000506**

Empfänger **Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg**  
**Abteilung Naturschutz, Wasser und Boden**

Inhalt **Statik Spundwand Hafendeich**  
**Entwurfsplanung**

Version **Revision 1**

Datum **21.05.2021**

Bearbeitet von **Jens Hucklenbroch**

Überprüft von **Sophia Tietge**

Genehmigt von **Georg Zinßer**

## INHALT

<b>1.</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>3</b>
1.1	Veranlassung	3
1.2	Konstruktion der HWS-Wand	3
1.3	Regelquerschnitt HWS-Wand	3
1.4	Verwendete Unterlagen	3
1.5	Verwendete Software	4
1.6	Revisionsstatus Statik	4
<b>2.</b>	<b>Übersichtsskizze</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Bemessungsgrundlagen</b>	<b>6</b>
3.1	Bestickhöhen	6
3.2	Wasserstände	6
3.3	Baugrundverhältnisse	6
3.4	Einwirkungen	8
3.5	Bemessungssituationen	9
3.6	Allgemeines zur Nachweisführung	10
<b>4.</b>	<b>Tragfähigkeitsnachweise</b>	<b>11</b>
4.1	Skizze	11
4.2	Bemessungsfall 1 (BS-P)	12
4.3	Bemessungsfall 2 (BS-P)	12
4.4	Bemessungsfall 3 (BS-A)	13
4.5	Bemessungsfall 4 (BS-A)	22
4.6	Bemessungsfall 5 (BS-A)	23
4.7	Bemessungsfall 6 (BS-A)	24
4.8	Hydraulischer Grundbruch / Sickerweg	25
4.9	Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit	25
4.10	Zusammenfassung	26

## 1. Allgemeines

### 1.1 Veranlassung

Ausgelöst durch diverse Hochwasserereignisse der Elbe seit 2002 haben sich die Elbeminister 2009 auf einen Bemessungshochwasserabfluss von  $4.545 \text{ m}^3/\text{s}$  und einen Bemessungshochwasserstand (BHW) von  $+7,99 \text{ m}$  NHN am Pegel Wittenberge verständigt. Für den Pegel Boizenburg entspricht dies einem BHW von  $+11,37 \text{ m}$  NHN.

Unter Berücksichtigung des neuen BHWs ergibt sich für den Bereich des Hafendeichs in Boizenburg ein mittleres Freibordefizit von  $0,77 \text{ m}$ . Beidseitig des Schöpfwerkes Boizenburg wird der Hochwasserschutz aus Platzgründen sowie aus konstruktiven Gründen durch eine HWS-Wand in Spundwandbauweise sichergestellt (siehe [1]). Die Spundwand bindet in den in Erdbauweise erhöhten Hafendeich ein.

Inhalt der vorliegenden Unterlage sind die statischen Nachweise zur Bemessung der Hochwasserschutzanlage in Spundwandbauweise im Hafendeich. Details zur Planung sind der Planungsunterlage (z.B. [1]) zu entnehmen.

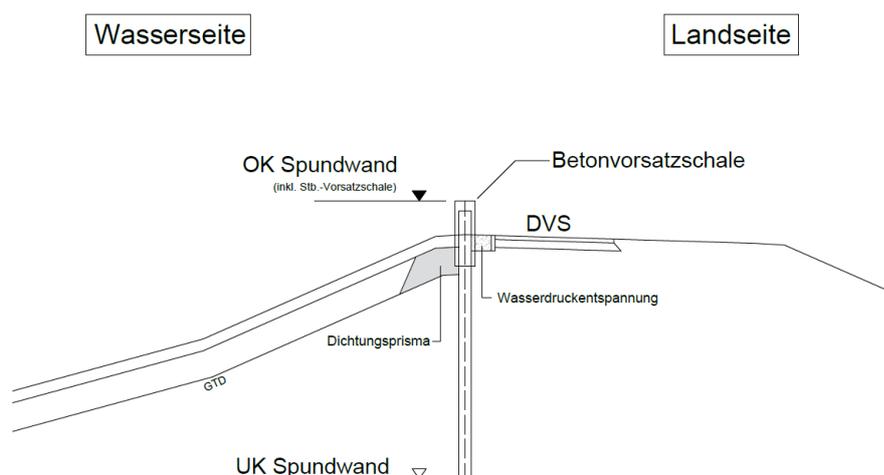
### 1.2 Konstruktion der HWS-Wand

Die HWS-Wand stellt die Verbindung der HWS-Linie zwischen Schöpfwerk und dem erdbaulich erhöhten Hafendeich dar und erstreckt sich auf eine Länge von rd.  $57 \text{ m}$  ( $27 \text{ m}$  östlich bzw.  $30 \text{ m}$  westlich des Schöpfwerkes). Die HWS-Wand wird als Spundwand mit Betonvorsatzschale ausgeführt. Die Spundwand wird in einem Rammgraben eingerammt, welcher im Endzustand wieder verfüllt wird. In den Berechnungen findet der Rammgraben keine Berücksichtigung. Der Rammgraben ist fachgerecht zu verfüllen und lagenweise zu verdichten.

Die Schnittgrößenermittlung sowie die Tragfähigkeitsnachweise erfolgen mit der Software GGU Retain. Ergänzend erfolgt eine Betrachtung der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch.

Eine zusätzliche Ausbaureserve ist zum aktuellen Zeitpunkt nicht vorgesehen. Weitere Hinweise zur Bemessung folgen in Kapitel 2.

### 1.3 Regelquerschnitt HWS-Wand



### 1.4 Verwendete Unterlagen

- [1] INGE Ramboll iKD: Verbundprojekt Hochwasserschutz Boizenburg – Rückdeichung Hafendeich, Sude Hochwassersperrwerk Boizenburg und Erhöhung Elbdeich Mahnkenwerder, Planfeststellungsunterlage, Teil B: Erläuterungsbericht, Rev. 0, September 2021

- [2] Ramboll: Hochwasserschutz Boizenburg – Hafendeich Boizenburg, Geotechnischer Bericht, Rev. 0, 06.11.2019
- [3] Wasserstand Haupttabelle Pegel Boizenburg und Sudepegel BP Sudeabschlusswehr bis AP SW Besitz, 2001-2019, StALU WM, 2019
- [4] ibs Ingenieurbüro Schwerin: Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen Nr. 18/05 HWS Boizenburg Hafendeich 15, ibs Ingenieurbüro Schwerin für Landeskultur, Umweltschutz und Wasserwirtschaft GmbH, Juni 2005
- [5] DIN 19712:2013-01: Hochwasserschutz an Fließgewässern
- [6] EAU 2020: Hafentechnische Gesellschaft e.V./ Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.: Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen" Häfen und Wasserstraßen, Dez. 2020
- [7] HPA (2008): Technische Rahmenbedingungen (TR HWS-Bau) für die Planung und Bauausführung zum Förderprogramm „Privater HWS“
- [8] HPA, LSBG, 2013: Berechnungsgrundsätze für Hochwasserschutzwände, Flutschutzanlagen und Uferbauwerke im Bereich der Tideelbe der Freien und Hansestadt Hamburg, April 2013

### 1.5 Verwendete Software

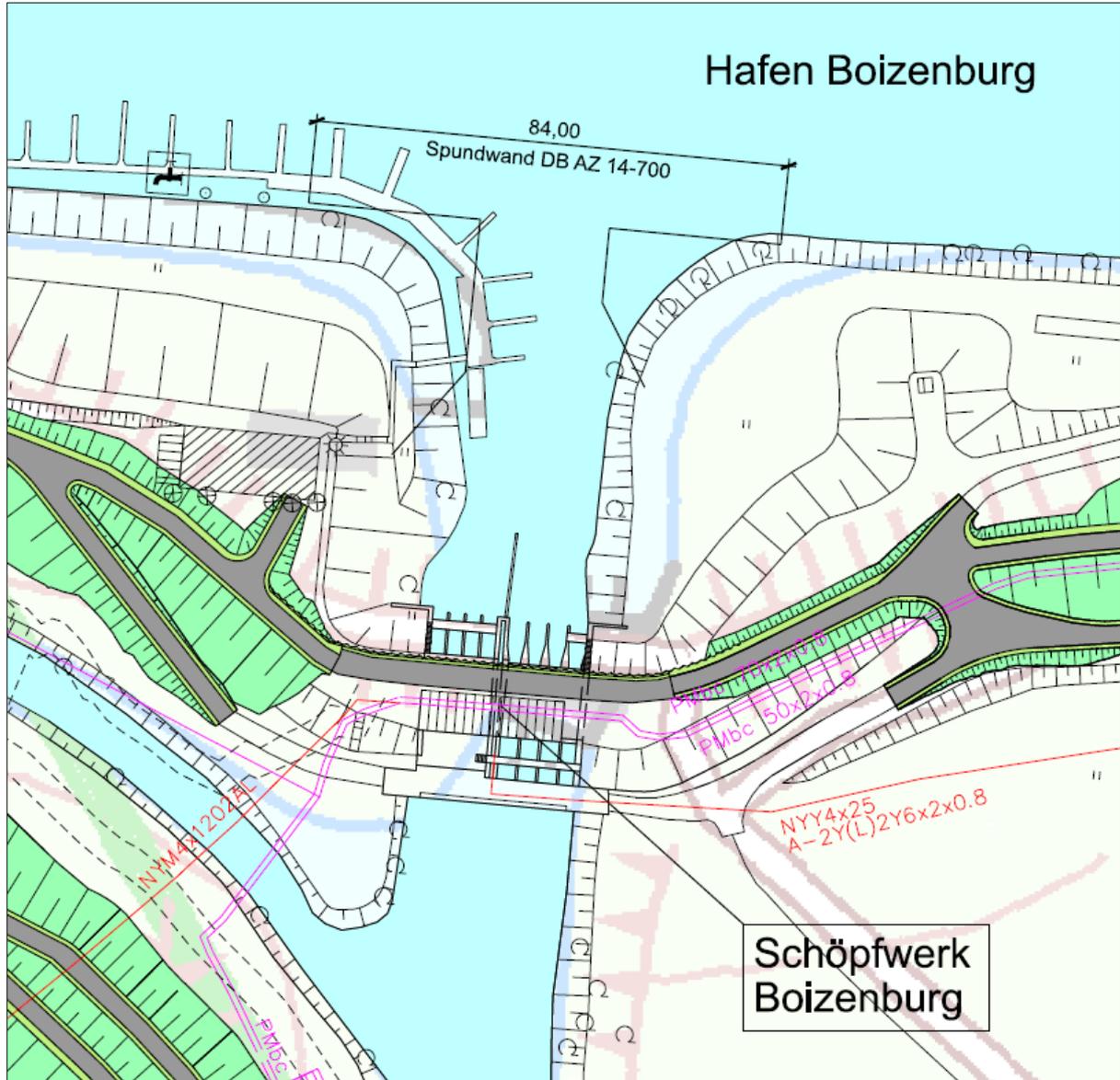
Programm	Version	Hersteller	Verwendung
Office 365 ProPlus, Word	-	Microsoft	Erstellung des Dokuments
GGU-Retain	10.24	GGU-Software	Berechnung & Bemessung der Spundwand

### 1.6 Revisionsstatus Statik

Rev	Datum	Beschreibung	Verfasser	gesehen
0	20.05.21	Aufstellung Statik Seiten 1-25	J. Hucklenbroch	S. Tietge
1	23.11.21	Anmerkungen AG eingepflegt	J. Hucklenbroch	S. Tietge

## 2. Übersichtsskizze

Übersicht der Maßnahmen am Hafendeich



### 3. Bemessungsgrundlagen

#### 3.1 Bestickhöhen

##### Bestand/Ist-Zustand (Hafendeich)

Der bestehende Hafendeich weist im Bereich des Schöpfwerks derzeit eine Kronenhöhe zwischen 11,30 m bis 11,60 m auf.

##### Planung/Soll-Zustand

Die an die HWS-Wand angrenzenden Deicherhöhungen werden mit einer Kronenhöhe von 12,37 m NHN hergestellt. Aus gestalterischen Gründen wird die Oberkante der HWS-Wand ebenfalls mit **12,37 m NHN** festgelegt.

Damit beträgt der Freibord gegenüber dem Bemessungshochwasser 1,0 m.

#### 3.2 Wasserstände

##### 3.2.1 Elbe

Ausgehend von der Wasserstands-Haupttabelle [3], Reihe 2001-2019, werden vom StALU WM / Gewässerkunde für den Pegel Boizenburg folgende Werte angegeben:

PNP		3,79 m NHN
NNW	-0,45 m	3,34 m NHN
NW	0,22 m	4,01 m NHN
MNW	0,71 m	4,50 m NHN
MW	1,91 m	5,70 m NHN
MHW	4,65 m	8,44 m NHN
HW	7,32 m	11,11 m NHN
HHW	7,32 m	11,11 m NHN

Der anzusetzende Bemessungswasserstand beträgt am Hafendeich **BHW = 11,37 m NHN**.

##### 3.2.2 Grundwasser

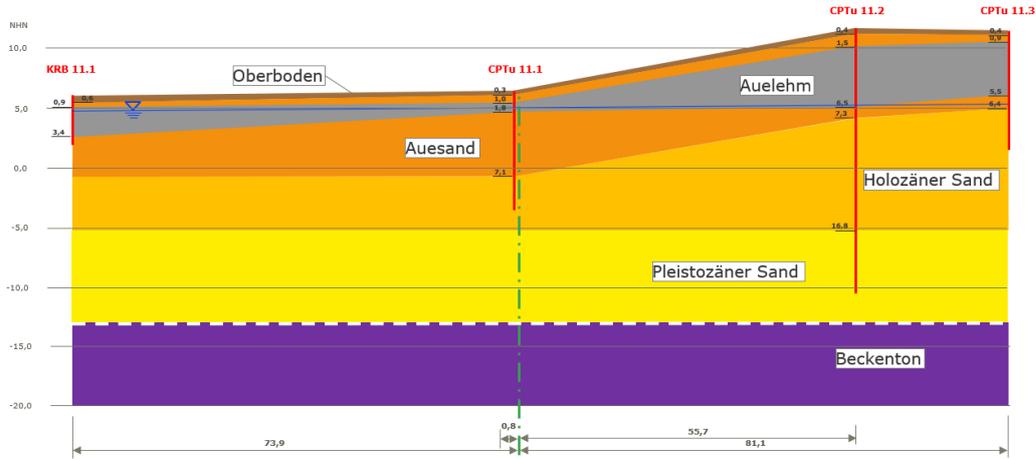
Der im Untersuchungsgebiet und auf dem Höhenniveau der zukünftigen Polderfläche Boizenburg gelegene Pegel Gothmann weist für das Jahr 2017 einen Mittelwert von 6,08 m NHN [2] auf.

#### 3.3 Baugrundverhältnisse

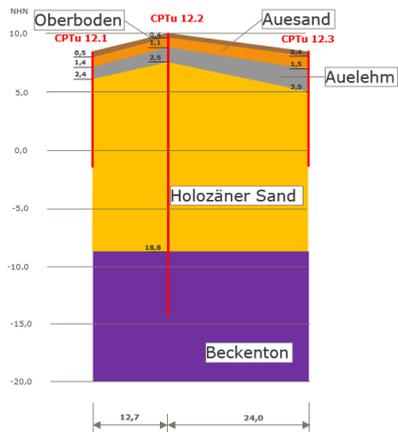
Zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse wurde 2018 eine Baugrunderkundung vorgenommen. Die Ergebnisse sind im geotechnischen Bericht [1] zusammengefasst. Insgesamt wurden 12 Querprofile erkundet. Für den Hafendeich sind die Profile/Achsen XI (westlich des SW) und XII (östlich des SW) relevant.

Grundsätzlich wurden oberflächennahe Auensedimente über holozänen Sanden, unterlagert von Pleistozänen Sanden, in denen vereinzelt im süd-östlichen Projektgebiet Beckenschluff-Linsen eingelagert sind, vorgefunden. Unterhalb der Pleistozänen Talsande befindet sich ein Beckenton, dessen Oberkante im südöstlich geplanten Deichabschnitt teilweise nicht erkundet wurde. In Kleinrammbohrungen wurden vereinzelt Torflinsen im Bereich von teilweise noch wasserführenden Gräben festgestellt, die jedoch nicht im Bereich des Hafendeichs liegen.

**Achse XI:**



**Achse XII:**



Gemäß geotechnischem Bericht [1] sind die folgenden charakteristischen Bodenkennwerte zu verwenden.

Tabelle 3-1: Charakteristische Bodenkennwerte [1]

Schicht	Wichte $\gamma / \gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Scherfestigkeit			Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Durchlässigkeit $k_f$ [m/s]
		$\varphi'$ [°]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]		
Oberboden <i>weich</i>	17,5 / 8,0	20,0	0	10	k.A.	$1 \cdot 10^{-5}$
Auesand <i>locker</i>	18,0 / 10,0	28,0	0	0	1,5	$2 \cdot 10^{-6}$
Auelehm <i>weich</i>	16,5 / 7,0	18,0	10	20	2,5	$1 \cdot 10^{-7}$
Torf <i>sehr weich</i>	12,0 / 2,0	15,0	10	15	0,5	$1 \cdot 10^{-5}$
Holozäne Sande <i>mitteldicht bis dicht</i>	18,0 / 10,5	32,5 31,0	0	0	40 (SE) 25 (SU)	$1 \cdot 10^{-4}$ $6 \cdot 10^{-5}$
Pleistozäne Sande <i>dicht bis sehr dicht</i>	19,0 / 11,0	35,0	0	0	80	$2 \cdot 10^{-4}$
Beckenschluff <i>breiig bis weich</i>	18,0 / 8,0	20,0	5	50	3	$5 \cdot 10^{-8}$
Beckenton <i>steif</i>	19,5 / 9,5	20,0	15	80	4,3	$< 1 \cdot 10^{-9}$

Die Auswertung der Drucksondierungen durch den Bodengutachter [1] ergibt folgende Spitzenwiderstände bzw. Mantelreibungswerte für den Einbau von Spundwänden in den tragfähigen Baugrundsichten (gem. [6]):

Tabelle 3-2: Charakteristische Spitzenwiderstände und Mantelreibung von geramten Spundwänden für die tragfähigen Baugrundsichten gem. [1] und [6]

	Holozäne Sande	Pleistozäne Sande
Mittlerer Sondierspitzenwiderstand $q_c$ der Drucksonde [MN/m <sup>2</sup> ]	10	15
Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ im Bruchzustand [MN/m <sup>2</sup> ]	12	18
Mantelreibung $q_{s,k}$ im Bruchzustand [kN/m <sup>2</sup> ]	26,76	40

### 3.4 Einwirkungen

#### 3.4.1 Ständige Einwirkungen

Das Eigengewicht der Spundwand wird programmintern berücksichtigt und erfordert keine gesonderte Eingabe. Das Eigengewicht der Betonvorsatzschale wird als zusätzliche Vertikalkraft in der Spundwandachse aufgetragen.

Annahme Abmessungen Betonvorsatzschale: beidseitig +10cm zur Spundwandbreite; Einbindung 0,8 m.

➔ Eigengewicht Betonvorsatzschale:  $25 \text{ kN/m}^3 * (0,8+0,86)*(0,3+2*0,1) = \underline{20,75 \text{ kN/m}}$

### 3.4.2 Veränderliche Einwirkungen

#### Wasserdruck

Die Spundwand ist auf ein Bemessungshochwasser von 11,37 m NHN zu bemessen. Darüber hinaus wird gemäß DIN 19712 [5] der bordvolle Einstau mit einem Wasserstand von 12,37 m NHN sowie der Sunklastfall bei schnell fallendem Hochwasser (AW=10,37 m NHN; BW=11,37 m NHN) untersucht.

#### Wellendruck

Aufgrund der Höhenlage des Bestandsdeiches wirken keine bzw. nur sehr geringe Wellen (<10cm) unmittelbar auf die Spundwand ein, weshalb Wellendruck bei der Bemessung vernachlässigt wird.

#### Eisdruck

Analog zum Wellendruck wird Eisdruck auf die Spundwand aufgrund der Höhenlage des Bestandsdeichs nicht berücksichtigt.

#### Treibgutstoß

Nach BHFU [8] ist für die Bemessung von HWS-Wänden ein Stoß von treibenden Gegenständen (Treibgutstoß) in Höhe von 30 kN auf Wasserspiegelhöhe (BHW: 11,37 m NHN) zu berücksichtigen. Der Ansatz des Treibgutstoßes entfällt, da das BHW unterhalb der GOK (11,51 m NHN) liegt. Beim Ansatz des Treibgutstoßes auf Höhe des Bemessungswasserstandes würde diese Einwirkung lediglich auf die Böschung vor der Spundwand wirken und keinen maßgebenden Einfluss auf die Spundwand haben.

#### Verkehrslasten

Auf dem parallel zur Spundwand verlaufenden Deichverteidigungsweg wird gemäß DIN 19712 – sofern ungünstig wirkend - eine Verkehrslast von 33,0 kN/m<sup>2</sup> angesetzt.

Darüber hinaus wird unter Berücksichtigung von EAU 2012 ein landseitiger Fahrzeuganprall von 30 kN herangezogen.

### 3.4.3 Korrosion

Aufgrund der vorgesehenen Betonvorsatzschale wird für die Spundwand im Luft-/Wasserbereich kein Korrosionsschutz vorgesehen. Unterhalb der Betonvorsatzschale wird gemäß [6] bei nicht aggressiven Böden eine Abrostungsrate von 0,01 mm/a berücksichtigt. Bei einer Nutzungsdauer von 80 Jahren wird das Spundwandprofil daher mit einer um 1,6 mm reduzierten Wandstärke bemessen. Die Berücksichtigung der Korrosion erfolgt gemäß [6] lediglich für den maßgebenden Lastfall in der Bemessungssituation BS-A.

Bei einer gewählten Blechdicke von 9 mm ergibt sich dadurch folgende Schwächung des Querschnittswiderstandes:

$$2 \text{ mm} / 9 \text{ mm} * 100 = 22,2 \%$$

Bei einem Ausnutzungsgrad von  $\mu < 0,70$  wird die Korrosion nicht gesondert berücksichtigt.

### 3.5 Bemessungssituationen

Zur Ermittlung der Bemessungssituationen wird auf die DIN 19712 [5] und die Richtlinie BHFU [8] zurückgegriffen. Aus den vorgenannten Randbedingungen und Einwirkungen ergeben sich die folgenden Einwirkungskombinationen:

Tabelle 3-3: Bemessungssituationen

Bemes- sungs- fall	Außenwasserstand	Binnenwasserstand	Einwirkungen	Bemessungs- situation
1	BHW 11,37 m NHN	GOK Hinterland	BHW	BS-P
2	MW Elbe = 5,70 m NHN	mittleres GW = 6,08 m NHN	GW + Verkehrslast	BS-P (~Sunk 1 BHFU)
3			GW + Verkehrslast + Anprall binnen	BS-A
4	MW Elbe = 5,70 m NHN	max GW = 6,30 m NHN (max Stauziel SW Boizenburg)	max GW + Ver- kehrslast	BS-A (~Sunk 2 BHFU)
5	12,37 m NHN (bordvoll)	GOK Hinterland	BHW + 1,0 m	BS-A (bordvoll DIN 19712)
6	10,37 m NHN	11,37 m NHN	BHW (Sunk) + Ver- kehrslast	BS-A (Sunk aus BHW DIN 19712)

Für den Niedrigwasserfall (Elbe) werden keine gesonderten Nachweise geführt, da die Absetztiefen der Spundwand oberhalb des Niedrigwassers liegen.

### 3.6 Allgemeines zur Nachweisführung

#### 3.6.1 Profilwahl

Nach den in [7] genannten Anforderungen müssen die Spundwandprofile für den Hochwasserschutz eine Mindestdicke von 9 mm aufweisen. Die Festlegung der Profile erfolgt im Rahmen der Software-gestützten Bemessung.

Eine Begrenzung der Verformungen ist für die Auswahl der Profile nicht relevant. Die Berücksichtigung möglicher Verformungen und einer damit einhergehenden Spaltbildung ist bereits im Nachweis des hydraulischen Grundbruchs (siehe Kapitel 4.8) verankert (vgl. [7], Anlage 17).

#### 3.6.2 Nachweise

Die Nachweisführung/Bemessung der HWS-Wand erfolgt mithilfe der Software GGU-Retain.

Der Nachweis des hydraulischen Grundbruchs erfolgt über den Nachweis über die Sickerweglänge. Diese sollte nach EAU [6], E 165, mindestens das 4-fache der Wasserstandsdifferenz betragen, welche sich im Hochwasserfall aus der Differenz zwischen Hochwasserstand (NNN +11,37 m) und binnenseitiger Geländeoberkante (OK Deich) ergibt.

Zum Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit (Versinken der Spundwand im Baugrund) wird die Vertikallast über Mantelreibung abgetragen. Im Regelfall wird hierfür jede 5. DB tiefer abgesetzt und die Spundbohlen am Kopf verschweißt, sodass die Lastübertragung auf die „Tragbohle“ entsprechend stattfinden kann. Der Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit erfolgt gemäß EAU, Bild E4-3 rechts.

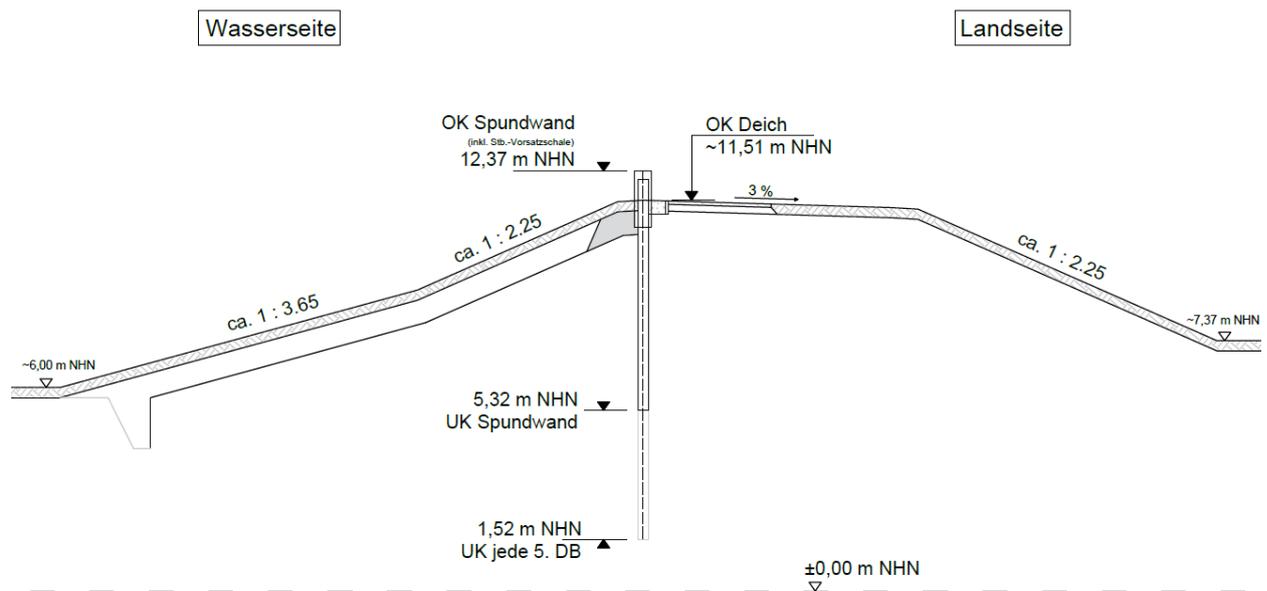
## 4. Tragfähigkeitsnachweise

Die Tragfähigkeitsnachweise für die Spundwand erfolgen im Rahmen der Entwurfsplanung vereinfacht an einem charakteristischen Querschnitt. Als charakteristischer bzw. ungünstigster Querschnitt wurde dabei der Deich-km 0+234 des Hafendeichs identifiziert. Dort treffen die ungünstigeren Baugrundverhältnisse (Achse XI) und die ungünstigsten geometrischen Randbedingungen (insb. wasserseitige Böschungen des Bestandsdeichs) zusammen.

Das Baugrundprofil der Achse XI (westlich des Schöpfwerks) weist im Vergleich zur Achse XII insbesondere durch die größere (oberflächennahe) Auelehmmächtigkeit die ungünstigeren Baugrundverhältnisse auf.

Die Tragfähigkeitsnachweise erfolgen für alle Bemessungsfälle. Es werden jeweils die wesentlichen Eingabe- und Ergebniswerte mit dem grafischen Programmausdruck von Retain dargestellt. Für die maßgebliche Bemessungssituation (hier Bemessungsfall 3 – binnenseitiger Anprall) wird das gesamte Ausdruckprotokoll beigefügt. Die grundsätzlichen Einstellungen sind für alle geführten Berechnungen identisch, sodass aus Gründen der Übersichtlichkeit auf das Beifügen der Ausdruckprotokolle für jede Bemessungssituation verzichtet wird.

### 4.1 Skizze

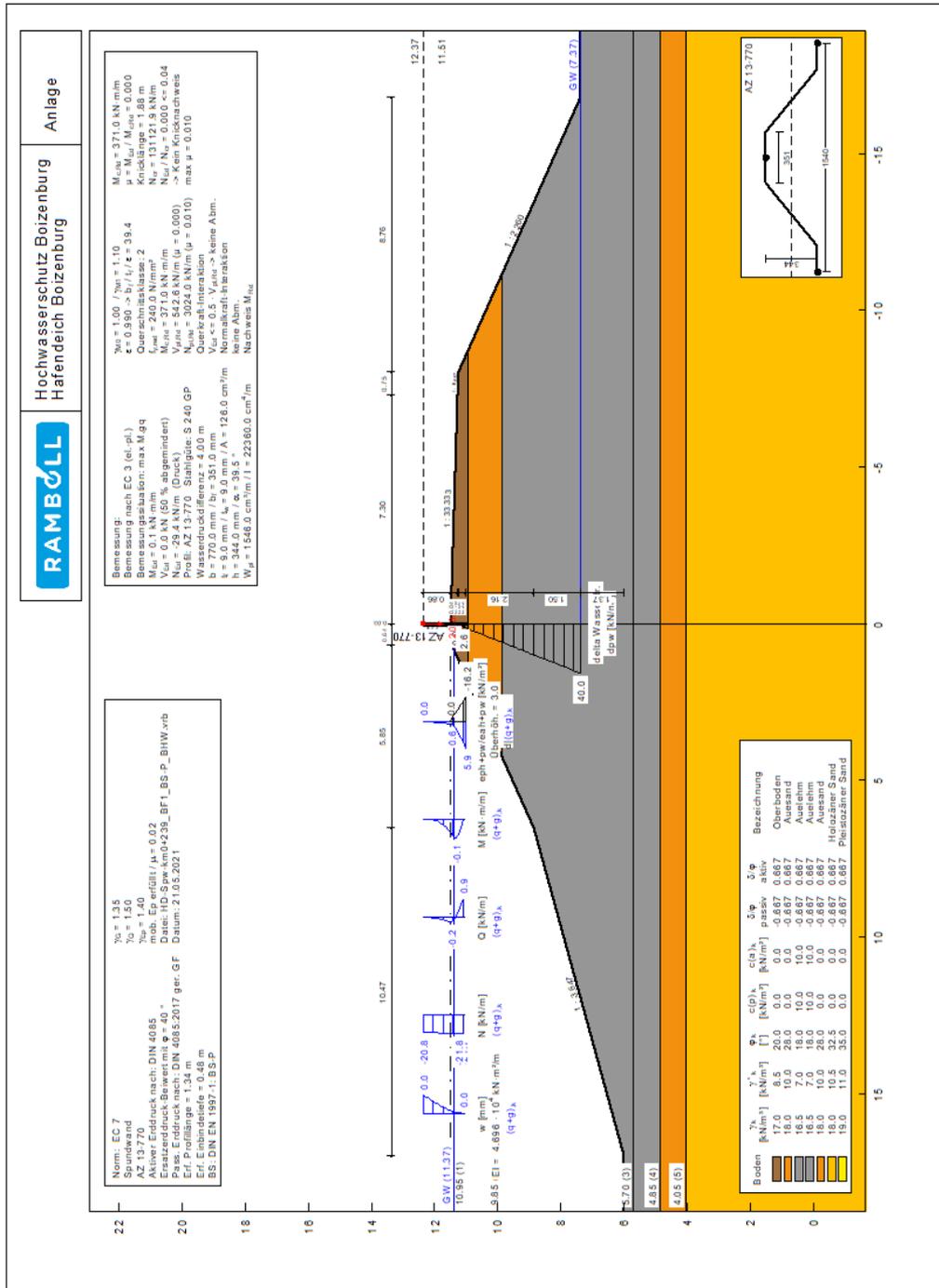


### 4.2 Bemessungsfall 1 (BS-P)

Beanspruchung durch BHW (Außenwasserstand). Binnenwasserstand auf GOK-Niveau des binnenseitigen Deichfußes.

#### Ergebnis:

Erf. Einbindetiefe:  $t = 0,48 \text{ m}$  (UK Spw.: 11,03 m NHN)  $\rightarrow$  gew.  $t = 0,51 \text{ m}$  (UK Spw.: 11,00 m NHN). Ausnutzung Stahlspannung:  $\mu = 0,01 < 1,0$  Nachweis erbracht

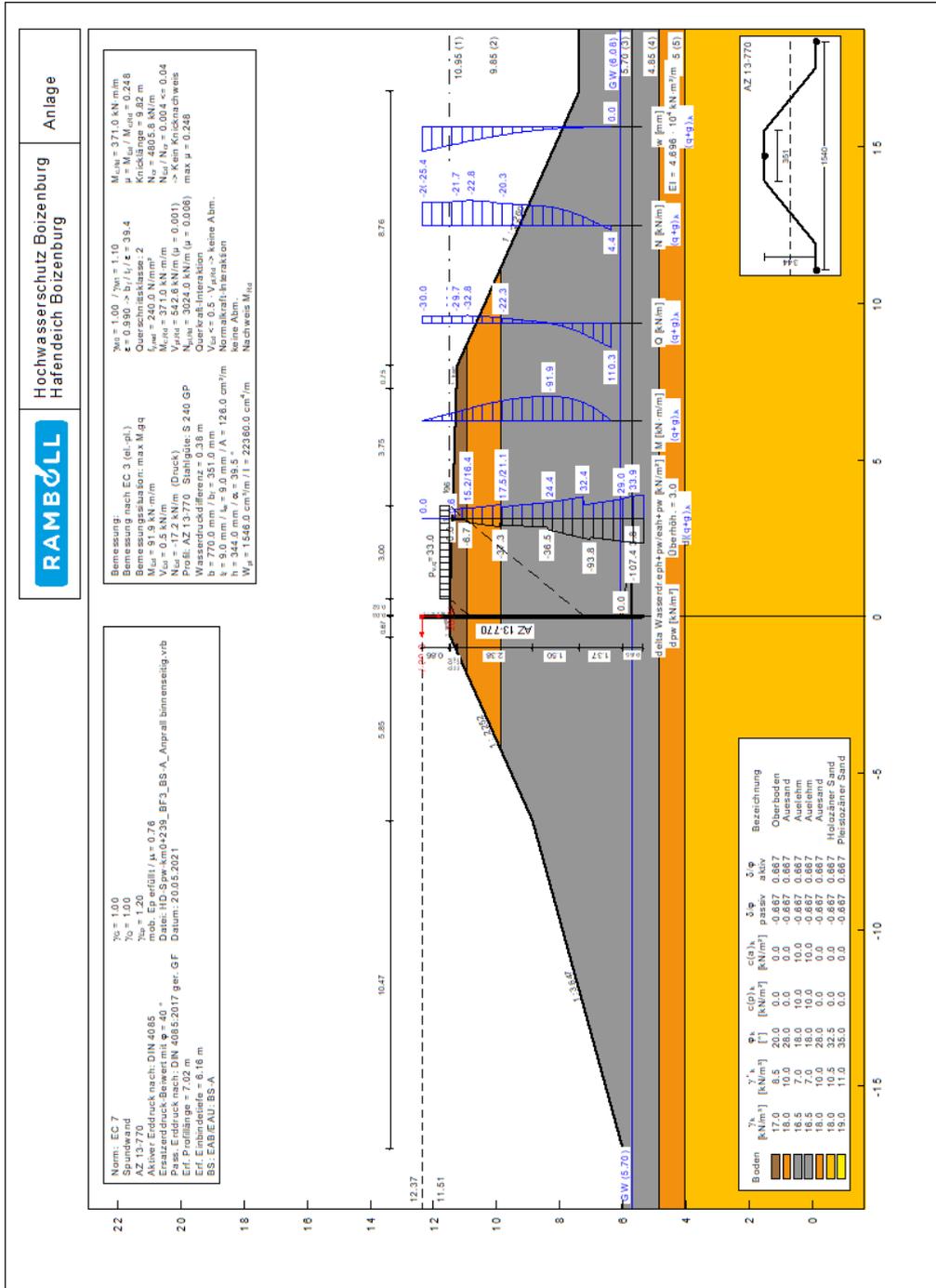


### 4.3 Bemessungsfall 2 (BS-P)

Mittelwasser Elbe (5,70 m NHN) auf mittleres Grundwasser (6,08 m NHN) und binnenseitiger Verkehrslast.



Ausnutzung Stahlspannung:  $\mu = 0,25 < 1,0$  Nachweis erbracht



## Ausdruck Berechnungsprotokoll Retain:

Spundwand

=====

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Datei: HD-Spw-km0+239\_BF3\_BS-A\_Anprall binnenseitig.vrb

Datum: 20.05.2021

Indices:

d = Bemessungswert

k = charakteristisch

g = Ständig, einschließlich Wasserdruck

q = Veränderlich

g+q = Ständig + Veränderlich, einschließlich Wasserdruck

w = Wasserdruck

Wandkopf = 12.37 mNHN

Maximale Teilung bis Baugrubensohle: 0.050 m

Maximale Teilung unter Baugrubensohle: 0.050 m

Baugrubensohle = 11.51 mNHN

Grundwasserstand (rechts) = 6.08 mNHN

Grundwasserstand (links) = 5.70 mNHN

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

Teilsicherheiten

BS: EAB/EAU: BS-A

$\gamma_0 = 1.00$

$\gamma_a = 1.00$

$\gamma_{Ed} = 1.20$

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

Bermen auf der Aktivseite

Nr.	x1	x2	dh	a	x	y	Auflast	Verkehr
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]
1	0.00	0.03	-0.88	0.00	0.00	0.94	0.00	nein
2	0.03	7.30	-0.22	0.00	0.04	9.01	0.00	nein
3	7.30	8.05	-0.04	-0.44	9.38	0.96	0.00	nein
4	8.05	16.81	-3.88	-3.56	14.67	15.97	0.00	nein

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

Bermen	auf	der	Passivseite	Auflast
Nr.	x1	x2	dh	[kN/m <sup>2</sup> ]
[-]	[m]	[m]	[m]	
1	0.00	-0.67	-0.04	0.00
2	-0.67	-6.52	-2.60	0.00
3	-6.52	-16.99	-2.87	0.00

Der Einfluss von Passivbermen auf den passiven Erddruck wird in Analogie zu den Beziehungen in "Spundwand-Handbuch Berechnung (1977) Abschnitt 4.9.2.2" für Aktivbermen berechnet.

Blocklasten

Aktiver Erddruck für Blocklasten verwendet

Nr.	sig(v)	sig(h)	x(links)	x(rechts)	Tiefe
[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[mNHN]
1	33.00	0.00	0.55	3.55	11.51

Nr.	y(oben)	y(mitte)	y(unten)	p(oben)	p(mitte)	p(unten)	Typ
[-]	[mNHN]	[mNHN]	[mNHN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	
1	11.31	10.84	7.22	12.40	12.40	12.40	0 Verkehrslast

Typ = 0 ==> rechteckförmig verteilt

Kraftränder

Momente (im Uhrzeigersinn positiv)

Horizontalkräfte (nach rechts positiv)

Vertikalkräfte (nach unten positiv)

Nr.	Tiefe	M,g,k	M,q,k	H,g,k	H,q,k	V,g,k	V,q,k
[-]	[mNHN]	[kN·m/m]	[kN·m/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	12.37	0.00	0.00	0.00	-30.00	20.75	0.00

Blocklasten nicht umgelagert

Art des Fußlagers:  
 Profillänge automatisch

Nachweis Fußauflager erbracht mit folgenden Kräften:  
 $E_{ph,d} = 235.93 \text{ kN/m}$  ( $E_{pv,d} = -53.86 \text{ kN/m}$ )  
 Ausnutzungsgrad (Erdwiderstand) =  $B_{h,d} / E_{ph,d} = 1.000$   
 $B_{h(g+q),d} = 235.93 \text{ kN/m}$   
 $B_{h,g,d} = 54.63 \text{ kN/m}$   
 $B_{h,q,d} = 181.30 \text{ kN/m}$   
 $B_{h,w,d} = 0.00 \text{ kN/m}$

Ersatzkräfte  $C_{h,k}$  (Blum)  
 $C_{h,k} = 110.34 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,q,k} = -1.00 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,w,k} = 111.35 \text{ kN/m}$   
 $C_{h,w,k} = 0.00 \text{ kN/m}$

Bodenkennwerte

Schicht	UK	$\gamma_k$	$\gamma'_k$	$\phi_k$	$c(\text{pas}),k$	$c(\text{akt}),k$	$d(p)/\phi$	$d(a)/\phi$
[-]	[mNHN]	[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kN/m²]	[kN/m²]	[-]	[-]
1	10.95	17.00	8.50	20.00	0.00	0.00	-0.667	0.667
2	9.85	18.00	10.00	28.00	0.00	0.00	-0.667	0.667
3	5.70	16.50	7.00	18.00	10.00	10.00	-0.667	0.667
4	4.85	16.50	7.00	18.00	10.00	10.00	-0.667	0.667
5	4.05	18.00	10.00	28.00	0.00	0.00	-0.667	0.667
6	-5.45	18.00	10.50	32.50	0.00	0.00	-0.667	0.667
7	-10.00	19.00	11.00	35.00	0.00	0.00	-0.667	0.667

Aktive Erddruckbeiwerte

Ersatzerddruck-Beiwert mit  $\phi = 40^\circ$   
 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	$k_{agh}$	$k_{ach}$	$\phi_k$	$\delta$	$\theta$	$k_{agh}(40^\circ)$
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]	[-]
1	10.95	0.426	1.180	20.000	13.34	50.01	0.179
2	9.85	0.304	0.968	28.000	18.68	54.79	0.179
3	5.70	0.463	1.240	18.000	12.01	48.80	0.179
4	4.85	0.463	1.240	18.000	12.01	48.80	0.179
5	4.05	0.304	0.968	28.000	18.68	54.79	0.179
6	-5.45	0.251	0.866	32.500	21.68	57.46	0.179
7	-10.00	0.224	0.813	35.000	23.35	58.94	0.179

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

von	bis	oben	unten	Wasserdruck	Wasserdruck
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m²]	[kN/m²]	oben[kN/m²]	unten[kN/m²]
12.370	11.510	0.000	0.532	0.00	0.00
11.510	11.474	0.532	0.555	0.00	0.00
11.474	11.430	0.554	0.574	0.00	0.00
11.430	11.379	0.574	0.934	0.00	0.00
11.379	11.368	0.934	1.013	0.00	0.00
11.368	11.310	1.013	1.421	0.00	0.00
11.310	10.950	13.817	16.360	0.00	0.00
10.950	10.836	15.227	15.836	0.00	0.00
10.836	10.343	15.836	18.475	0.00	0.00
10.343	9.850	18.475	21.115	0.00	0.00
9.850	9.353	17.511	19.796	0.00	0.00
9.353	8.360	19.796	24.364	0.00	0.00
8.360	7.982	24.364	27.181	0.00	0.00
7.982	7.705	27.181	29.240	0.00	0.00
7.705	7.330	29.240	32.036	0.00	0.00
7.330	7.218	32.036	20.476	0.00	0.00
7.218	6.379	20.476	26.725	0.00	0.00
6.379	6.080	26.725	28.954	0.00	0.00
6.080	5.700	28.954	33.914	0.00	3.80

5.700	4.850	33.914	36.507	3.80	3.80
4.850	4.050	33.444	35.779	3.80	3.80
4.050	2.967	30.132	32.869	3.80	3.80
2.967	2.467	32.869	34.133	3.80	3.80
2.467	2.352	34.133	34.435	3.80	3.80
2.352	1.389	34.435	36.779	3.80	3.80
1.389	0.135	36.779	40.079	3.80	3.80
0.135	-5.450	40.079	49.011	3.80	3.80
-5.450	-10.000	44.282	51.309	3.80	3.80

Passive Erddruckbeiwerte

bestimmt nach: DIN 4085:2017 ger. GF

(Erddruckbeiwerte für horizontales Gelände)

Schicht	UK	$k_{pgh}$	$k_{pgh}$	$\varphi_k$	$\delta$	$\theta$
[-]	[mNHN]	[-]	[-]	[°]	[°]	[°]
1	10.95	2.811	4.060	20.000	-13.34	24.90
2	9.85	4.883	6.139	28.000	-18.68	19.49
3	5.70	2.492	3.722	18.000	-12.01	26.22
4	4.85	2.492	3.722	18.000	-12.01	26.22
5	4.05	4.883	6.139	28.000	-18.68	19.49
6	-5.45	7.155	8.286	32.500	-21.68	16.35
7	-10.00	9.152	10.110	35.000	-23.35	14.57

Passive Erddruckordinaten (Bemessungswerte)

Teilsicherheit Erdwiderstand = 1.20

Anpassungsfaktor Erdwiderstand = 1.00

von	bis	oben	unten
[mNHN]	[mNHN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
12.37	11.51	0.00	0.00
11.51	11.47	0.00	-1.27
11.47	11.43	-1.27	-2.81
11.43	11.38	-2.81	-4.59
11.38	11.37	-4.59	-4.98
11.37	11.31	-4.98	-5.38
11.31	10.95	-5.38	-9.09
10.95	10.84	-15.78	-18.11
10.84	10.34	-18.11	-28.19
10.34	9.85	-28.19	-2.10
9.85	9.35	-30.12	-32.32
9.35	8.36	-32.32	-49.12
8.36	7.98	-49.12	-62.07
7.98	7.71	-62.07	-71.54
7.71	7.33	-71.54	-84.39
7.33	7.22	-84.39	-88.24
7.22	6.38	-88.24	-95.55
6.38	6.08	-95.55	-100.79
6.08	5.70	-100.79	-107.44
5.70	4.85	-107.44	-118.06
4.85	4.05	-170.59	-168.04
4.05	2.97	-246.23	-275.09
2.97	2.47	-275.09	-291.28
2.47	2.35	-291.28	-298.47
2.35	1.39	-298.47	-358.79
1.39	0.13	-358.79	-437.30
0.13	-5.45	-437.30	-781.75
-5.45	-10.00	-999.95	-1381.67

Schnittgrößen (Bemessungswerte)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN-m/m]
12.37	-20.8	-30.0	0.0
11.51	-21.7	-30.2	-25.9
11.47	-21.7	-30.2	-27.0
11.43	-21.7	-30.2	-28.3
11.38	-21.7	-30.0	-29.8
11.37	-21.7	-29.9	-30.2
11.31	-21.7	-29.7	-31.9
10.95	-22.8	-32.8	-43.1
10.84	-22.8	-32.5	-46.8
10.34	-22.1	-28.9	-62.1
9.85	-20.3	-22.3	-74.7
9.35	-19.3	-15.1	-84.0

8.36	-17.2	-0.5	-91.9
7.98	-14.9	12.0	-89.8
7.71	-12.7	23.7	-85.0
7.33	-8.9	43.2	-72.5
7.22	-7.6	50.1	-67.3
6.38	4.4	110.3	0.0

Schnittgrößen (g,d)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
12.37	-20.8	0.0	0.0
11.51	-21.7	-0.2	-0.1
11.47	-21.7	-0.2	-0.1
11.43	-21.7	-0.2	-0.1
11.38	-21.8	-0.2	-0.1
11.37	-21.8	-0.2	-0.1
11.31	-21.9	-0.2	-0.1
10.95	-22.3	-0.7	-0.3
10.84	-22.4	-0.5	-0.3
10.34	-22.7	-0.1	-0.5
9.85	-23.2	0.1	-0.4
9.35	-23.5	0.7	-0.2
8.36	-24.7	-0.4	0.2
7.98	-25.1	-0.3	0.1
7.71	-25.3	-0.2	0.0
7.33	-25.6	0.1	0.0
7.22	-25.7	0.3	0.0
6.38	-26.8	-1.0	0.0

Schnittgrößen ((g+q),k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
12.37	-20.8	-30.0	0.0
11.51	-21.7	-30.2	-25.9
11.47	-21.7	-30.2	-27.0
11.43	-21.7	-30.2	-28.3
11.38	-21.7	-30.0	-29.8
11.37	-21.7	-29.9	-30.2
11.31	-21.7	-29.7	-31.9
10.95	-22.8	-32.8	-43.1
10.84	-22.8	-32.5	-46.8
10.34	-22.1	-28.9	-62.1
9.85	-20.3	-22.3	-74.7
9.35	-19.3	-15.1	-84.0
8.36	-17.2	-0.5	-91.9
7.98	-14.9	12.0	-89.8
7.71	-12.7	23.7	-85.0
7.33	-8.9	43.2	-72.5
7.22	-7.6	50.1	-67.3
6.38	4.4	110.3	0.0

Schnittgrößen (g,k)

Tiefe	N	Q	M
[mNHN]	[kN/m]	[kN/m]	[kN·m/m]
12.37	-20.8	0.0	0.0
11.51	-21.7	-0.2	-0.1
11.47	-21.7	-0.2	-0.1
11.43	-21.7	-0.2	-0.1
11.38	-21.8	-0.2	-0.1
11.37	-21.8	-0.2	-0.1
11.31	-21.9	-0.2	-0.1
10.95	-22.3	-0.7	-0.3
10.84	-22.4	-0.5	-0.3
10.34	-22.7	-0.1	-0.5
9.85	-23.2	0.1	-0.4
9.35	-23.5	0.7	-0.2
8.36	-24.7	-0.4	0.2
7.98	-25.1	-0.3	0.1
7.71	-25.3	-0.2	0.0
7.33	-25.6	0.1	0.0
7.22	-25.7	0.3	0.0
6.38	-26.8	-1.0	0.0

Schnittgrößen (q,k)

Tiefe [mNHN]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN-m/m]
12.37	0.0	-30.0	0.0
11.51	0.0	-30.0	-25.8
11.47	0.0	-30.0	-26.9
11.43	0.0	-29.9	-28.2
11.38	0.1	-29.8	-29.7
11.37	0.1	-29.7	-30.1
11.31	0.1	-29.5	-31.8
10.95	-0.5	-32.1	-42.9
10.84	-0.4	-32.0	-46.5
10.34	0.6	-28.8	-61.7
9.85	2.8	-22.3	-74.3
9.35	4.2	-15.9	-83.8
8.36	7.5	-0.1	-92.1
7.98	10.2	12.3	-89.9
7.71	12.6	23.9	-85.0
7.33	16.7	43.0	-72.5
7.22	18.2	49.9	-67.3
6.38	31.2	111.3	0.0

Schnittgrößen (w,k)

Tiefe [mNHN]	N [kN/m]	Q [kN/m]	M [kN-m/m]
12.37	0.0	0.0	0.0
11.51	0.0	0.0	0.0
11.47	0.0	0.0	0.0
11.43	0.0	0.0	0.0
11.38	0.0	0.0	0.0
11.37	0.0	0.0	0.0
11.31	0.0	0.0	0.0
10.95	0.0	0.0	0.0
10.84	0.0	0.0	0.0
10.34	0.0	0.0	0.0
9.85	0.0	0.0	0.0
9.35	0.0	0.0	0.0
8.36	0.0	0.0	0.0
7.98	0.0	0.0	0.0
7.71	0.0	0.0	0.0
7.33	0.0	0.0	0.0
7.22	0.0	0.0	0.0
6.38	0.0	0.0	0.0

Momentennullpunkte (Bemessungswerte)

Tiefe  
[m]

Momentennullpunkte (g,d)

Tiefe  
[m]  
9.10  
7.65  
7.32  
6.38

Momentennullpunkte ((g+q),k)

Tiefe  
[m]

Momentennullpunkte (g,k)

Tiefe  
[m]  
9.10  
7.65  
7.32  
6.38

Momentennullpunkte (q,k)

Tiefe  
[m]

Momentennullpunkte (w,k)

Tiefe  
[m]

Querkraftnullpunkte (Bemessungswerte)

Tiefe  
[m]  
8.34

Querkraftnullpunkte (g,d)

Tiefe  
[m]  
10.23  
8.54  
7.48  
6.74

Querkraftnullpunkte ([g+q],k)

Tiefe  
[m]  
8.34

Querkraftnullpunkte (g,k)

Tiefe  
[m]  
10.23  
8.54  
7.48  
6.74

Querkraftnullpunkte (q,k)

Tiefe  
[m]  
8.36

Querkraftnullpunkte (r,k)

Tiefe  
[m]

Weggrößen ([g+q],k)

berechnet mit  $EI = 4.696E+4 \text{ kN}\cdot\text{m}^2/\text{m}$

Tiefe [m]	w [mm]												
12.37	-25.4	12.32	-25.1	11.56	-19.4	11.51	-19.1	11.51	-19.1	11.47	-18.8	11.47	-18.8
11.43	-18.5	11.43	-18.5	11.38	-18.1	11.38	-18.1	11.37	-18.0	11.37	-18.0	11.36	-18.0
11.35	-17.9	11.31	-17.6	11.31	-17.6	11.31	-17.6	11.31	-17.6	11.29	-17.5	11.00	-15.5
10.95	-15.1	10.95	-15.1	10.89	-14.7	10.89	-14.7	10.84	-14.3	10.84	-14.3	10.79	-14.0
10.39	-11.4	10.34	-11.1	10.34	-11.1	10.29	-10.8	9.90	-8.5	9.85	-8.3	9.85	-8.3
9.80	-8.0	9.40	-6.0	9.35	-5.7	9.35	-5.7	9.30	-5.5	8.41	-2.2	8.36	-2.1
8.36	-2.1	8.31	-1.9	8.04	-1.3	7.98	-1.2	7.98	-1.2	7.93	-1.1	7.75	-0.8
7.71	-0.7	7.71	-0.7	7.65	-0.6	7.38	-0.3	7.33	-0.3	7.33	-0.3	7.28	-0.2
7.28	-0.2	7.22	-0.2	7.22	-0.2	7.16	-0.2	6.43	0.0	6.38	0.0		

Verdrehung (Theoretischer Fußpunkt) [°]

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

Theoretischer Fußpunkt = 6.379 m

Bemessung nach EC 3 (el.-pl.)

Bemessungssituation: max M,q

$M_{Ed} = 91.9 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}$

$V_{Ed} = 0.5 \text{ kN}/\text{m}$

$N_{Ed} = -9.2 \text{ kN}/\text{m}$  (Druck)

Profil: AZ 13-770 Stahlgüte: S 240 GP

Wasserdruckdifferenz = 0.38 m

$b = 770.0 \text{ mm} / b_y = 351.0 \text{ mm}$

$t_f = 9.0 \text{ mm} / t_w = 9.0 \text{ mm} / A = 126.0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$h = 344.0 \text{ mm} / \alpha = 39.5^\circ$

$W_{pl} = 1546.0 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 22380.0 \text{ cm}^4/\text{m}$

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

$s = 0.990 \rightarrow b_y / t_f / s = 39.4$

Querschnittsklasse: 2

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

$M_{c,Rd} = 371.0 \text{ kN-m/m}$

$V_{pl,Rd} = 542.6 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.001$ )

$N_{pl,Rd} = 3024.0 \text{ kN/m}$  ( $\mu = 0.006$ )

Querkraft-Interaktion

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

Normalkraft-Interaktion

keine Abm.

Nachweis  $M_{Rd}$

$M_{c,Rd} = 371.0 \text{ kN-m/m}$

$\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.248$

Knicklänge = 9.82 m

$N_{cr} = 4805.8 \text{ kN/m}$

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

$\rightarrow$  Kein Knicknachweis

max  $\mu = 0.248$

max  $M_d = 91.9 \text{ kN-m/m}$  (Tiefe = 8.36 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -17.2 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -0.5 \text{ kN/m}$ ;  $w_k = 2.1 \text{ mm}$

max  $Q_d = 110.3 \text{ kN-m/m}$  (Tiefe = 6.38 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = 4.4 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN-m/m}$ ;  $w_k = 0.0 \text{ mm}$

max  $N_d = 22.8 \text{ kN/m}$  (Tiefe = 10.84 m)

Zugehörige Werte:  $Q_d = -32.5 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = -46.8 \text{ kN-m/m}$ ;  $w_k = 14.3 \text{ mm}$

max  $w_k = 25.4 \text{ mm}$  (Tiefe = 12.37 m)

Zugehörige Werte:  $N_d = -20.8 \text{ kN/m}$ ;  $Q_d = -30.0 \text{ kN/m}$ ;  $M_d = 0.0 \text{ kN-m/m}$

Vergrößerung der Einbindetiefe um 20.00 %

Einbindetiefe  $t_b = 6.16 \text{ m}$

Profillänge = 7.02 m

Nachweis Summe V

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

Nachweis des mobilisierten Erdwiderstands

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

$G_k = 6.94 \text{ kN/m}$

$P_{v,k} = 20.75 \text{ kN/m}$

$E_{av,k} = 25.85 \text{ kN/m}$  ( $E_{ah,k} = 109.12 \text{ kN/m}$ )

$C_{h,k} = 110.34 \text{ kN/m}$

$B_{v,k} = -56.95 \text{ kN/m}$

$\delta_p$  [°] = -12.0

$\delta_c$  [°] = 6.0

Summe  $V_k = 14.12 \text{ kN/m}$  (Druck)

Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

Nachweis mit Bemessungsgrößen

$(Q_{g,k} + B_{v,k} - 0.5 \cdot C_{h,k} \cdot \tan(\delta_p)) / \gamma_p \geq P_{v,d} + E_{av,d} + G_d + 0.5 \cdot C_{h,d} \cdot \tan(\delta_c)$

( $Q_{g,k}$  = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)

(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)

$\gamma_p$  i.a. = 1.40

$P_{v,d} = 20.75 \text{ kN/m}$

$E_{av,d} = 25.85 \text{ kN/m}$

$G_d = 6.94 \text{ kN/m}$

$C_{h,d} = 110.34 \text{ kN/m}$

Folgender Nachweis ist zu erbringen:

$(Q_{g,k} + 56.95 - 11.73) / \gamma_p \geq 59.34 \text{ kN/m}$

Horizontaler Wasserdruck herkömmlich bestimmt.

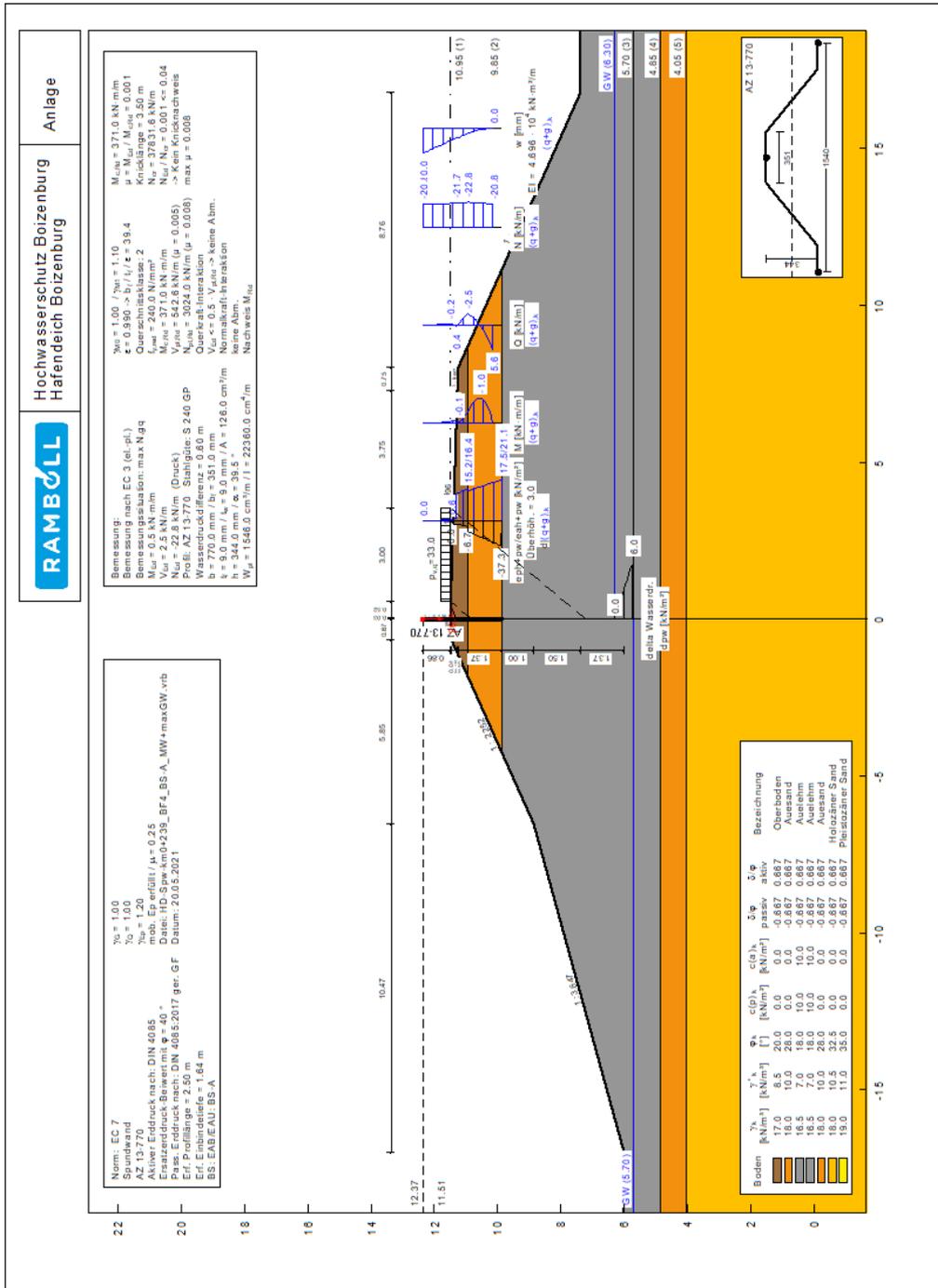
### 4.5 Bemessungsfall 4 (BS-A)

Mittelwasser Elbe (5,70 m NHN) auf maximales Grundwasser (6,30 m NHN, entspricht maximalem Stauziel des Schöpfwerks Boizenburg) und binnenseitiger Verkehrslast.

#### Ergebnis:

Erf. Einbindetiefe:  $t = 1,64 \text{ m}$  (UK Spw.: 9,87 m NHN)  $\rightarrow$  gew.  $t = 1,66 \text{ m}$  (UK Spw.: 9,85 m NHN)

Ausnutzung Stahlspannung:  $\mu = 0,01 < 1,0$  Nachweis erbracht







#### 4.8 Hydraulischer Grundbruch / Sickerweg

Die wasserseitige Böschung des Hafendeichs wird mit einer geotextilen Tondichtungsbahn (GTD) als Außendichtung nachgerüstet. Im Bereich der geplanten Spundwand erfolgt ein wasserdichter Anschluss zwischen GTD und Spundwand. Aus diesem Grund ist die Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs (entlang der Spundwand) nur im Versagensfall der Außendichtung gegeben.

Gemäß vereinfachtem Nachweis der EAU, E 165, liegt eine ausreichende Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch vor, wenn die Sickerwegslänge mindestens das 4-fache der Wasserstands Differenz beträgt.

Für den Nachweis gegen hydraulischen Grundbruch entspricht der Bemessungsfall 5 (bordvoller Einstau) der maßgebenden Bemessungssituation. In diesem Fall ergibt sich die Wasserstands Differenz aus der Differenz zwischen Hochwasserstand (BHW +1,0 m = 12,37 m NHN) und binnenseitiger Geländeoberkante (= OK Deich = 11,51 m NHN).

Mind. Sickerlänge:

$$s \sim 4 \cdot \text{Wasserüberdruck} = 4 \cdot 0,86 = 3,44 \text{ m} < 2 \cdot 6,16 = 12,32 \text{ m} \text{ (2xEinbindelänge BF 3)}$$

→ Nachweis gegen hydraulischen Grundbruch erbracht!

#### 4.9 Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

Der „Nachweis der Vertikalkomponente des mobilisierten Erdwiderstandes“ (Nachweis der horizontalen Tragfähigkeit des Bodenaufagers) wird mit Retain erbracht.

Der „Nachweis gegen Versagen durch Vertikalbewegung“ (Nachweis gegen Versinken im Baugrund) wird nachfolgend für den maßgebenden Bemessungsfall geführt – hier: BF 2 (BS-P). Es gelten die Mantelreibungswerte und Spitzenwiderstände der Tabelle 3-2.

Gemäß Retain-Protokoll ist folgender Nachweis zu erbringen:

```
Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit
Nachweis mit Bemessungsgrößen
(Qg,k + Bv,k - 0.5 · Ch,k · tan(delta(p))) / gamma(P) >= Pv,d + Eav,d + G,d + 0.5 · Ch,d · tan(delta(C))
(Qg,k = Druckkraft infolge Mantelreibung und Spitzendruck)
(Mantelreibung nur unterhalb des rechnerischen Fußpunktes)
gamma(P) i.a. = 1.40
Pv,d = 28.01 kN/m
Eav,d = 36.40 kN/m
G,d = 9.29 kN/m
Ch,d = 51.13 kN/m
```

```
Folgender Nachweis ist zu erbringen:
(Qg,k + 32.42 - 3.62) / gamma(P) >= 76.39 kN/m
```

$$Q_{g,k} \geq 76,39 \cdot 1,40 - 32,42 + 3,62 = 78,15 \text{ kN/m}$$

$$Q_{g,k} \geq 26,66 \text{ kN/m} \cdot (5 \cdot 1,54) / 1,54 = 390,73 \text{ kN/m} \quad (\text{Länge DB} = 1,54 \text{ m})$$

$$Q_{g,k} \geq 133,3 \text{ kN/m} / (A_s \cdot L_s \cdot q_{sk} + A_b \cdot q_{bk})$$

Absetzen der Spundwand bis in den holozänen Sand, da Auelehm und Auesand zur Lastabtragung ( $q_c > 7,5 \text{ MPa}$ ) nicht herangezogen werden können.

$$A_s = 1,20 \text{ m}^2/\text{m} \text{ (Arcelor, AZ 13-770, einseitig ohne Schloss)}$$

$$A_b = 0,0126 \text{ m}^2/\text{m} \text{ (Arcelor, AZ 13-770, Querschnittsfläche)}$$

$$q_{sk} = 26,67 \text{ kN/m}^2 \text{ (vgl. Abschnitt 3.3, Holozäner Sand)}$$

$q_{bk} = 12,00 \text{ MN/m}^2$  (vgl. Abschnitt 3.3, Holozäner Sand)

Erf  $L \geq 390,73 / (2 \times 1,20 * 26,67 + 12000 * 0,0126) = 1,82 \text{ m}$

--> gew.  $L = 2,53 \text{ m}$  (> Mindesteinbindetiefe gem. EA-Pfähle: 2,50 m)

OK der lastabtragenden Schicht: NHN +4,05 m

Erf. UK Spundwand: 4,05 - 2,53 m = **NHN +1,52 m**

$G = 98,8 \text{ kg/m}^2 * (12,37 - 1,52) * 1,54 = 1.651 \text{ kg/ 1 DB}$

$G = 98,8 \text{ kg/m}^2 * (12,37 - 5,32) * 4 * 1,54 = 4.291 \text{ kg/ 4 DB}$

$G = 5.942 \text{ kg/ 5 DB}$

#### 4.10 Zusammenfassung

Gewählt:

Profil AZ 13-770, S 240 GP

OK-Wand NHN +12,37 m

OK Deich NHN +11,51 m

UK-Wand NHN +5,32 m (L = 7,05)

jede 5. DB NHN +1,52 m (L = 10,85 m)

Tabelle 4-1: Zusammenfassung Ergebnisse Spundwandbemessung

Bemessungsfall	Ausnutzung Stahlspannung	Rechn. Einbin- delänge[m]	Rechn. UK Spw [m NHN]
1: BHW (BS-P)	0,01	0,48	11,03
2: MW Elbe + mittl. GW (BS-P)	0,08	6,10	5,41
<b>3: binnenseitiger Anprall</b>	<b>0,25</b>	<b>6,16</b>	<b>5,35</b>
4: max GW	0,01	1,64	9,87
5: bordvoller Einstau	0,02	1,46	10,05
6: Sunk aus BHW	0,01	3,97	7,54