

Statische Berechnung / Nachrechnung Deichschart Buntentor von 1882

Stand: 22.07.2022

Betreff Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4

Bauherr Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt Mobilität, Stadtentwicklung und
Wohnungsbau
3-2 Stabstelle Deichbau Stadtstrecke
An der Reeperbahn 2
28217 Bremen

Auftraggeber Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt Mobilität, Stadtentwicklung und
Wohnungsbau
3-2 Stabstelle Deichbau Stadtstrecke
An der Reeperbahn 2
28217 Bremen

Auftrag Nr. 0711-21-014

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
1. Einleitung	3
1.1. Allgemeines	3
1.2. Unterlagen	4
1.3. Technische Vorschriften, Normen	4
1.4. Verwendete Programme	5
2. Berechnungsgrundlagen	6
2.1. Geometrie	6
2.2. Baustoffe	8
2.3. Lastannahmen	8
2.3.1. Eigengewicht	8
2.3.2. Nutzlast	9
2.4. Bodenkennwerte	9
2.5. Bemessungswasserstände	10
2.6. Bemessungssituationen und -lastfälle	10
3. Bemessung	14
3.1. Allgemeines	14
3.2. Bemessungsschnitt	14
3.3. Systembeschreibung	16
3.4. Nachweisführung	17
3.4.1. Nachweis gegen Kippen innerhalb des Bauteils und in der Sohlfuge (SLS)	17
3.4.2. Nachweis der Gleitsicherheit innerhalb des Bauteils und in der Sohlfuge (GEO-2)	18
3.4.3. Nachweis der Grundbruchsicherheit in der Sohlfuge (GEO-2)	18
3.5. Teilsicherheiten	19
3.6. Ergebnisse	20
3.6.1. Ist-Zustand	20
3.6.2. Zukünftige Nutzung	30

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 1
Vorgang:	

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.:	0711-21-014
Programm:			
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum:	22.07.2022

3.6.3. Zusammenfassung der Ergebnisse.....	36
3.6.4. Nachweisführung nach EAU 1990	39
4. Fazit	41
5. Unterschriften.....	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Bemessungsprofil	9
Tabelle 2 Bodenkennwerte.....	10
Tabelle 3 Bemessungssituationen für aktuelle Lastsituation.....	11
Tabelle 4 Bemessungssituationen für zukünftige Lasten.....	11
Tabelle 5 Zusammenfassung der Nachweise der inneren Sicherheit	36
Tabelle 6 Zusammenfassung der Nachweise der äußeren Sicherheit des Ist-Zustands	37
Tabelle 7 Zusammenfassung der Nachweis der äußeren Sicherheit zukünftiger Nutzung	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Deichschart mit Blickrichtung zum Buntentorsteinweg.....	3
Abbildung 2 Draufsicht Deichschart	6
Abbildung 3 Ansicht, Längsschnitt Deichschart.....	7
Abbildung 4 Querschnitt Deichschart	7

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 2
Vorgang:		

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.:	0711-21-014
Programm:			
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum:	22.07.2022

1. Einleitung

1.1. Allgemeines

Das Deichschart am Buntentorsteinweg in Bremen (kurz: Deichschart Buntentor) wurde 1882 errichtet und besteht aus zwei Widerlagern, die als Schwergewichtswände konzipiert wurden, Holztoren und beidseitig zwei Dammbalkennischen. Die seitlichen Wände der Einfahrtsbereiche laufen konisch zu. Das Deichschart weist eine Überquerungsmöglichkeit auf. Der Brückenüberbau wurde 1965 erneuert und liegt beidseitig auf den Widerlagern des Deichscharts auf. Außerdem wurde 1995 eine Sanierung des Deichscharts durchgeführt.

Im Rahmen der Planungen für die Umsetzung des Generalplans Küstenschutz am linken Weserufer in Bremen soll die prinzipielle Machbarkeit in Bezug auf die Weiterverwendung des Bestandsbauwerks überprüft werden. Die vorliegende Statik dokumentiert die Nachrechnung des Deichscharts als Bestandsbauwerk unter Berücksichtigung der für einen Neubau geltenden aktuellen Bemessungswasserstände.

Zukünftig ist geplant, dass der Deichverteidigungsweg über das Deichschart führt. Aufgrund dessen wird im Zuge dieser Nachrechnung die Standsicherheit im Hinblick auf die zukünftigen Lasten einschließlich zu erwartenden Erhöhungen der Bemessungswasserstände durchgeführt.



Abbildung 1 Deichschart Buntentor mit Blickrichtung zum Buntentorsteinweg

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 3
Vorgang:		

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

1.2. Unterlagen

- [1] Geotechnischer Bericht, aufgestellt von Institut für Geotechnik – Hochschule Bremen, vom 08.09.2014
- [2] Prüfungsvermerk zur Stadtstrecke, Machbarkeitsstudie Teil I und Teil II zum städtebaulichen Siegerentwurf – Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau, vom 10.02.2022
- [3] Besprechungsprotokoll, Ortstermin, vom 14.12.2021
- [4] Statik – Erneuerung des Brückenüberbaus, aufgestellt von Heinr. Nordmann, Bremen-Horn, vom 15.04.1965
- [5] Restaurierung und Sanierung des Deichscharts Buntentorsteinweg, aufgestellt von Helmut + Michael Paesler, Steinmetz- und Steinbildhauermeister, 1993
- [6] Bremer Leitfaden für Nachrechnung von Ufereinfassungen, 2010

1.3. Technische Vorschriften, Normen

- DIN EN 1997-1:2014-03 Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln
- DIN EN 1991-2:2003 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken
- DIN EN 1992-1-1:2011 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
- DIN 19712:2013-01 Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern
- DIN 1054: 2021-04 Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- DIN 4085: 2017-08 Baugrund - Berechnung des Erddrucks
- DIN 1072: 1985-12 Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen
- Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen" Häfen und Wasserstraßen (EAU) 2020, 12. Auflage, Verlag Ernst & Sohn

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 4
Vorgang:		

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

1.4. Verwendete Programme

Die Nachrechnung der Schwergewichtswand erfolgt mit RTGabion Version 21.0.

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 5
Vorgang:		

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.:	0711-21-014
Programm:			
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum:	22.07.2022

2. Berechnungsgrundlagen

2.1. Geometrie

Das Deichschart weist eine Einfahrtsbreite flussseitig von 7,5 m und am Buntentorsteinweg von 5 m auf. Da die Wände konisch verlaufen, verjüngt sich die Durchfahrtsbreite bis zum Tor auf 3,5 m. Die Durchfahrtshöhe beträgt 3,85 m. Das Deichschart besteht aus zwei Widerlagern, konzipiert als Schwergewichtswand, die sich zum Wandfuß verdicken. Die Schwergewichtswand weist am Kopf eine Stärke von 0,9 m auf, diese verdickt sich treppenförmig zum Wandfuß auf 1,94 m. Die Holztore weisen eine Höhe von 2,9 m auf. Somit liegt die OK des Tores bei 8,46 m NHN.

Der Brückenüberbau liegt auf einer Höhe von 9,57 m NHN, die Länge der Fahrbahnplatte beträgt 5,10 m und die Breite 3,05 m. Die Fahrbahnplatte liegt lediglich auf den Wänden des Deichscharts auf und kann somit nicht aussteifend angesetzt werden.

Im Bereich zwischen den Deichschartwänden liegen Natursteinelemente, die jedoch rechnerisch nicht angesetzt werden, da die Einwirkungen auf das System nicht genauer bekannt sind. Die Schartsohle liegt auf einer Höhe von 5,56 m NHN.

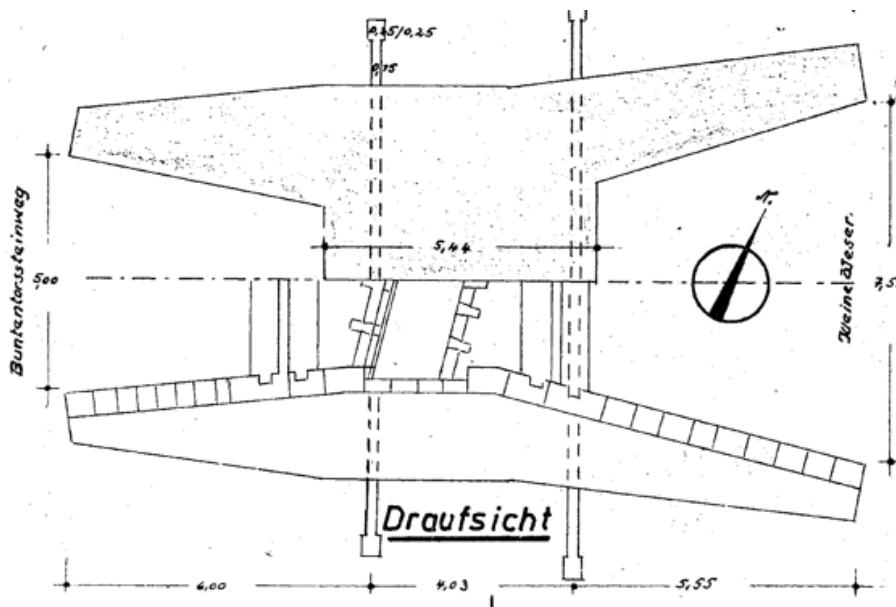


Abbildung 2 Draufsicht Deichschart

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 6
Vorgang:		

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

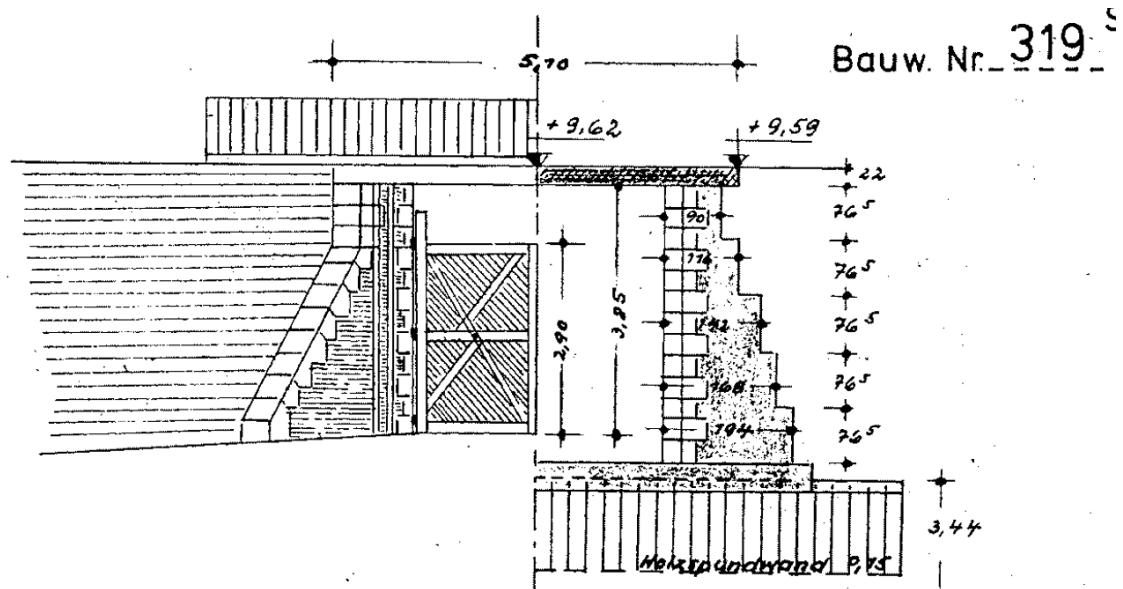


Abbildung 3 Ansicht, Längsschnitt Deichschart

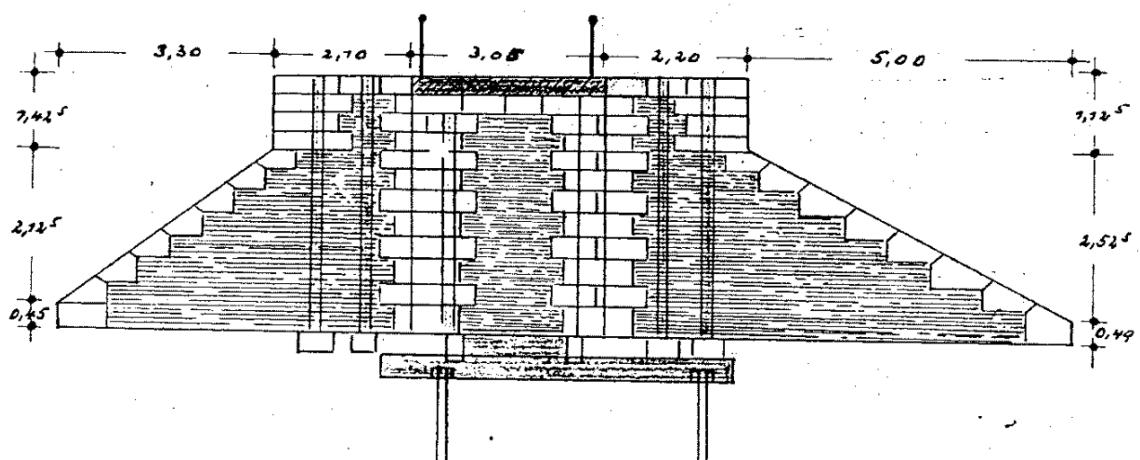


Abbildung 4 Querschnitt Deichschart

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 7
Vorgang:	

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

2.2. Baustoffe

Schwergewichtswand:

Die Schwergewichtswand wird von einem vorgesetzten Mauerwerk verkleidet. Das Mauerwerk wird in der statischen Berechnung mit dem Material der Schwergewichtswand gleichgesetzt, da davon ausgegangen wird, dass mind. die Festigkeit des Magerbetons von dem Mauerwerk eingehalten wird.

Das Material der Widerlagerwand ist nicht bekannt. Es wird davon ausgegangen, dass ein Magerbeton vergleichbar mit einem C8/10 verbaut wurde.

Sohlplatte:

Zwischen den gegenüberliegenden Schwergewichtswänden befindet sich eine Sohlplatte mit der Breite von 5,40 m. Es wird davon ausgegangen, dass die Sohlplatte unbewehrt vorliegt.

Fahrbahnplatte:

Die Fahrbahnplatte besteht aus bewehrtem Beton. Es wird keine Bemessung der Fahrbahnplatte durchgeführt. Daher sind die Materialeigenschaften mit Ausnahme der Wichte (gem. Abschnitt 2.3.1) nicht relevant.

2.3. Lastannahmen

2.3.1. Eigengewicht

Die angenommene Dichte des Magerbetons der Schwergewichtswand beträgt:

$$\rho_{Zementmörtel} = 21 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{Annahme})$$

Das Eigengewicht der Schwergewichtswand wird programmintern berücksichtigt.

Eigengewicht der Fahrbahnplatte:

$$p_k = 5,10 \text{ m} * 3,05 \text{ m} * 0,22 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 85,6 \text{ kN} / 2 = 42,8 \text{ kN}$$

Die Fahrbahnplatte liegt auf den beiden Widerlagern auf und wirkt nicht aussteifend.

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 8
Vorgang:	

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.:	0711-21-014
Programm:			
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum:	22.07.2022

2.3.2. Nutzlast

In der 1965 erstellten Statik für die Überbauplatte [4] des Deichscharts wurde die Last der Brückenklasse 6 angenommen. In der Nachrechnung werden für die Verkehrslasten ebenfalls die Lasten der Brückenklasse 6 aufgebracht. Die Verkehrslast wird ausschließlich auf die Hinterfüllung angesetzt. Die Verkehrslast auf der Fahrbahnplatte wird vernachlässigt, da die Einwirkung auf die Nachweise gegen Kippen und Gleiten günstig wirkt.

$$q_k = 4 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{DIN 1072})$$

Da zukünftig der Deichverteidigungsweg über das Deichschart führt, wird eine weitere Berechnung durchgeführt, bei der die Verkehrslasten von 600 kN [3] angesetzt werden.

$$q_k = 33,3 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{DIN 1072})$$

2.4. Bodenkennwerte

Das Deichschart liegt unmittelbar vor dem Deichkilometer 6+800. Die Bohrung erfolgte im Deichkörper nahe der Deichkrone. Das Bemessungsprofil wird aus dem geotechnischen Gutachten [1] angenommen und wie folgt beschrieben.

Tabelle 1 Bemessungsprofil

	Bodenart	Schichtunterkante
1	Auffüllung (tw. Bauschutthaltig, Schluff)	3,3 m NHN
2	Ton	0 m NHN
3	Sand	-3,3 m NHN

Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick der Bodenkennwerte.

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 9
Vorgang:		

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.:	0711-21-014
Programm:			
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum:	22.07.2022

Tabelle 2 Bodenkennwerte

Bodenschicht (Boden-gruppe)	Wichte	Scherfestigkeit		Undränierter Scherfestigkeit	Steifezahl
	γ/γ' [kN/m³]	ϕ'_{k} [°]	c'_{k} [kN/m²]	$C_{u,k}$ [kN/m²]	E_{sk} [MN/m²]
Auffüllung	19/9	22,5	2,5-5	7,5-15	1-2
Ton	19/9	20	2,5-5	7,5-15	1-2
Sand	18/10	33	0	0	40-80

2.5. Bemessungswasserstände

Gemäß dem Prüfungsvermerk [2] wird der Bemessungswasserstand auf 7,95 m NHN festgelegt. Für die zukünftigen Bemessungen wird ein konstruktiver Zuschlag von ebenfalls 1,0 m berücksichtigt. Somit ergibt sich ein statisch zu berücksichtigender Bemessungswasserstand von 8,95 m NHN. Die Bestickhöhe beträgt 8,70 m NHN und wird ebenfalls durch das konstruktive Vorsorgemaß von 1,0 m auf 9,70 m NHN erhöht.

Die Nachrechnung des Deichscharts erfolgt mit dem aktuellen Bemessungswasserstand von 7,95 m NHN ohne den konstruktiven Zuschlag, da dieser erst zu einem nicht absehbaren Zeitpunkt anzusetzen ist.

Bei der Betrachtung von zukünftigen Szenarien, wird ein Bemessungswasserstand von 8,95 m NHN angesetzt. Dieser Bemessungswasserstand beinhaltet das konstruktive Vorsorgemaß von 1,0 m.

2.6. Bemessungssituationen und -lastfälle

Die Bemessungssituationen und -lastfälle werden gemäß DIN 19712 festgelegt. Der Bau- und Revisionszustand (BS-T) und die besonderen Belastungen und Situationen (BS-A) können vernachlässigt werden. Die Nachweise für das Deichschart werden für den Hochwasserzustand (BS-P) untersucht. Die Bemessungssituation Hochwasserzustand (BS-P1) setzt den gleichen Wasserstand vor und hinter der Schwergewichtswand voraus. Für die Bemessungssituationen mit Berücksichtigung von Sunk (BS-P2

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 10
Vorgang:		

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

und BS-P3) wird in Anlehnung der EAU 2020 Abs. 3.3.2 als ungünstigste Wasserstandsdifferenz 1,0 m angenommen. Die Sunklastfälle unterscheiden sich in der angenommenen Wasserstandshöhe hinter dem Widerlager. Die Bemessungssituation P2 u. P3 sind offensichtlich maßgebend, deshalb wird BS-P1 nicht weiter untersucht.

Die Tabelle 3 zeigt die Bemessungssituationen für die Nachrechnung des Bestandbauwerks unter Berücksichtigung der aktuellen Lastsituation. Die

Tabelle 4 zeigt die Bemessungssituationen für die zukünftig zu berücksichtigende Lastsituation.

Tabelle 3 Bemessungssituationen für aktuelle Lastsituation

	BS-P1	BS-P2	BS-P3
	Hochwasser-zustand	Sunk-1	Sunk-2
Eigenlast	$\rho = 21 \text{ kN/m}^3$	$\rho = 21 \text{ kN/m}^3$	$\rho = 21 \text{ kN/m}^3$
Auflast	$p_k = 42,8 \text{ kN}$	$p_k = 42,8 \text{ kN}$	$p_k = 42,8 \text{ kN}$
Verkehrslast	$q_k = 4 \text{ kN/m}^2$	$q_k = 4 \text{ kN/m}^2$	$q_k = 4 \text{ kN/m}^2$
Wasserstand hinter Widerlager	7,95 m NHN	7,95 m NHN	6,56 m NHN
Wasserstandsdifferenz vor und hinter dem Widerlager	$\Delta h = 0 \text{ m}$	$\Delta h = 1 \text{ m}$	$\Delta h = 1 \text{ m}$

Tabelle 4 Bemessungssituationen für zukünftige Lasten

	BS-P1	BS-P2	BS-P3
	Hochwasser-zustand	Sunk-1	Sunk-2
Eigenlast	$\rho = 21 \text{ kN/m}^3$	$\rho = 21 \text{ kN/m}^3$	$\rho = 21 \text{ kN/m}^3$
Auflast	$p_k = 0$	$p_k = 0$	$p_k = 0 \text{ kN}$
Verkehrslast	$q_k = 33,3 \text{ kN/m}^2$	$q_k = 33,3 \text{ kN/m}^2$	$q_k = 33,3 \text{ kN/m}^2$
Wasserstand hinter Widerlager	8,95 m NHN	8,95 m NHN	6,56 m NHN
Wasserstandsdifferenz vor und hinter dem Widerlager	$\Delta h = 0 \text{ m}$	$\Delta h = 1 \text{ m}$	$\Delta h = 1 \text{ m}$

Im Folgenden werden die Bemessungssituationen skizzenhaft dargestellt.

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 11
Vorgang:	

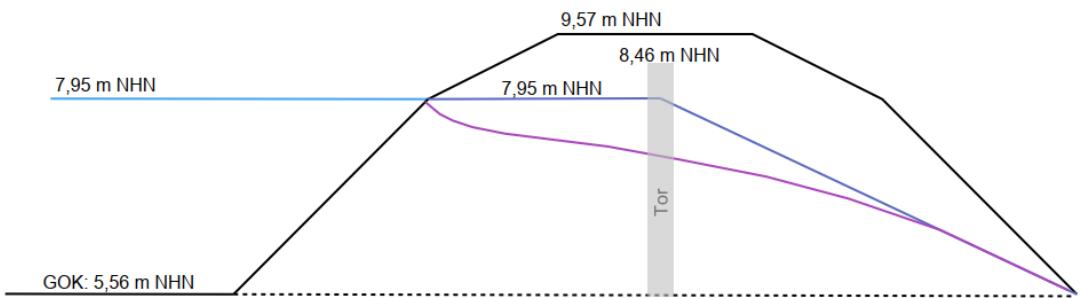
Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Nachrechnung des Deichscharts für den Ist-Zustand

BS-P1 aktuelle Lasten (Hochwasserzustand)

$$q_k = 4 \text{ kN/m}^2$$

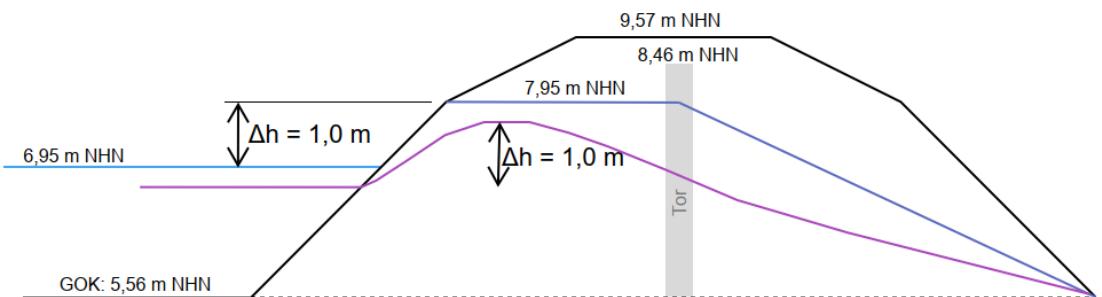
Legende:
— Wasserstand vor dem Deichschart
— vsl. einstellende Sickerlinie (qualitativ)
— Auf der sicheren Seite liegende Sickerlinie



BS-P2 aktuelle Lasten (Sunk-1)

$$q_k = 4 \text{ kN/m}^2$$

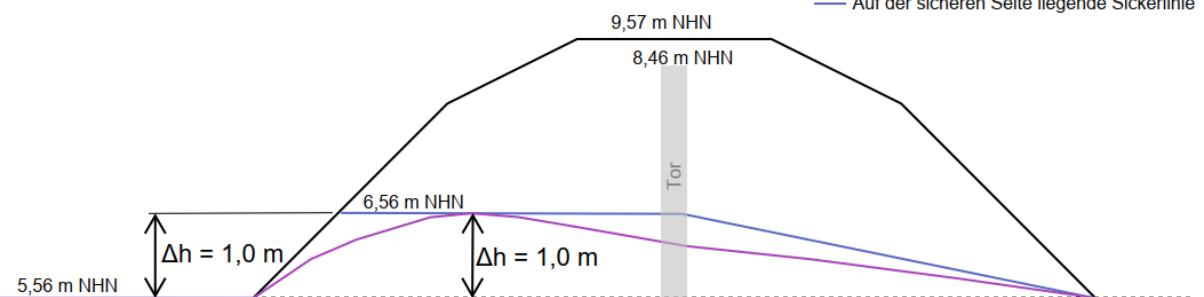
Legende:
— Wasserstand vor dem Deichschart
— vsl. einstellende Sickerlinie (qualitativ)
— Auf der sicheren Seite liegende Sickerlinie



BS-P3 aktuelle Lasten (Sunk-2)

$$q_k = 4 \text{ kN/m}^2$$

Legende:
— Wasserstand vor dem Deichschart
— vsl. einstellende Sickerlinie (qualitativ)
— Auf der sicheren Seite liegende Sickerlinie



Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)

Archiv-Nr.:

Block: Nachrechnung

Seite: 12

Vorgang:

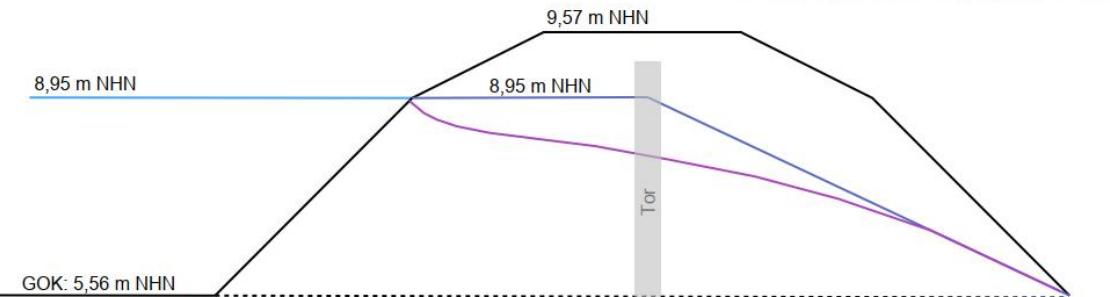
Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Nachrechnung des Deichscharts für zukünftige Szenarien

BS-P1 Zukünftige Szenarien (Hochwasserzustand)

$$q_k = 33,3 \text{ kN/m}^2$$

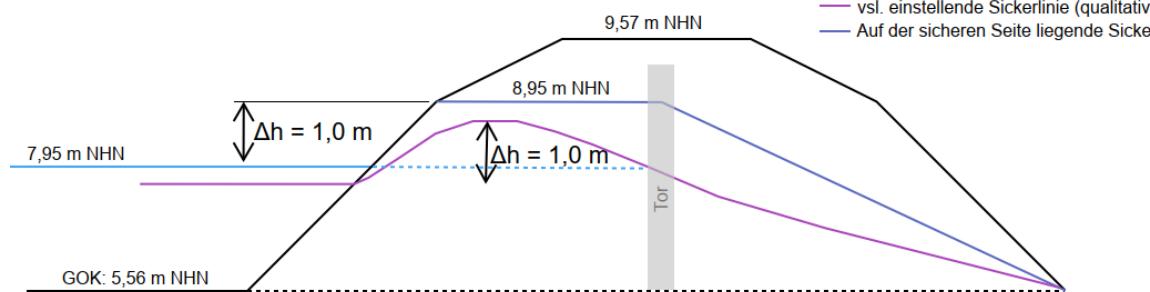
Legende:
— Wasserstand vor dem Deichschart
— vsl. einstellende Sicherlinie (qualitativ)
— Auf der sicheren Seite liegende Sicherlinie



BS-P2 Zukünftige Szenarien (Sunk-1)

$$q_k = 33,3 \text{ kN/m}^2$$

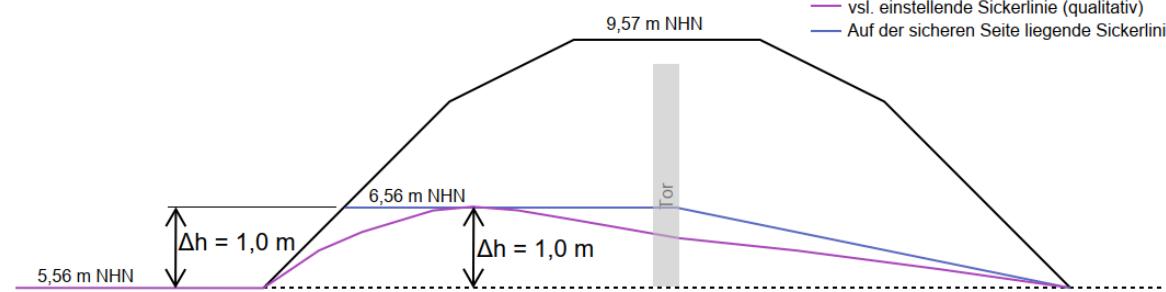
Legende:
— Wasserstand vor dem Deichschart
— vsl. einstellende Sicherlinie (qualitativ)
— Auf der sicheren Seite liegende Sicherlinie



BS-P3 Zukünftige Szenarien (Sunk-2)

$$q_k = 33,3 \text{ kN/m}^2$$

Legende:
— Wasserstand vor dem Deichschart
— vsl. einstellende Sicherlinie (qualitativ)
— Auf der sicheren Seite liegende Sicherlinie



Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 13
Vorgang:	

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

3. Bemessung

3.1. Allgemeines

Gem. des Leitfadens für die Nachrechnung von Ufereinfassungen [6] ist eine Neuberechnung auf Grundlage aktueller Normen bei einer wesentlichen Änderung der Randbedingungen (Wasserstandsverhältnisse, Verkehrslasten, Veränderung der Solllage) erforderlich. Wenn keine Bestandsstatik vorliegt, ist ein Vergleich der Untersuchungen nach EAU 1990 sowie der gültigen EAU durchzuführen.

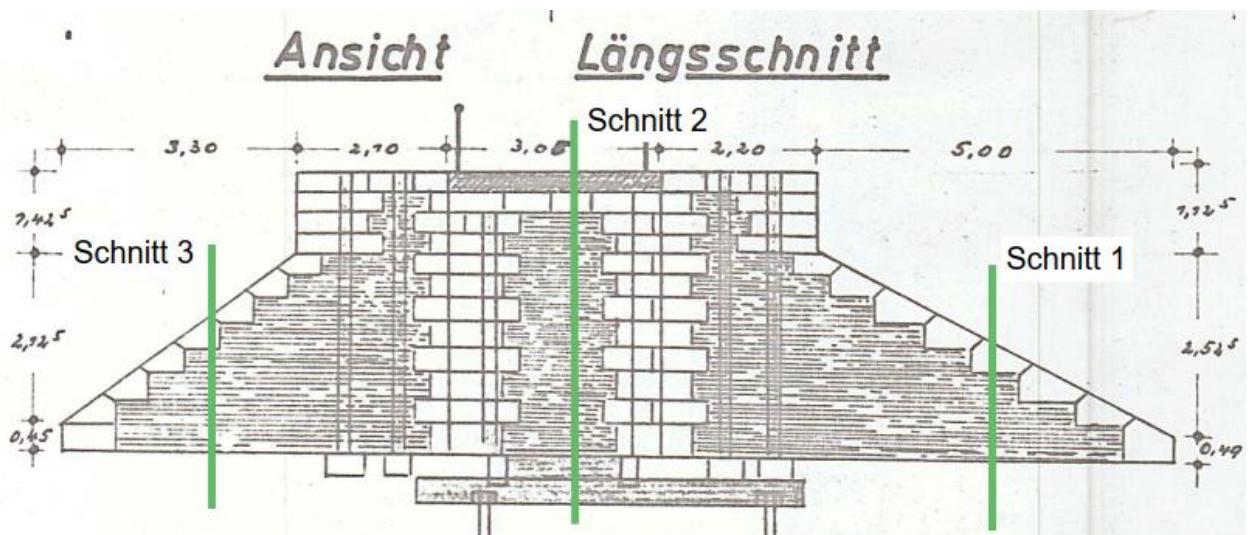
Im Folgenden wird die Bemessung für den Ist-Zustand und für die zukünftige Nutzung des Deichscharts nach aktueller EAU durchgeführt. Für die zukünftige Nutzung sind geänderte Wasserstandsverhältnisse Grundlage (siehe Abschnitt 2.5).

Es wird die innere und äußere Standsicherheit nachgewiesen. Die Nachweise werden in 3 Bemessungsschnitten durchgeführt.

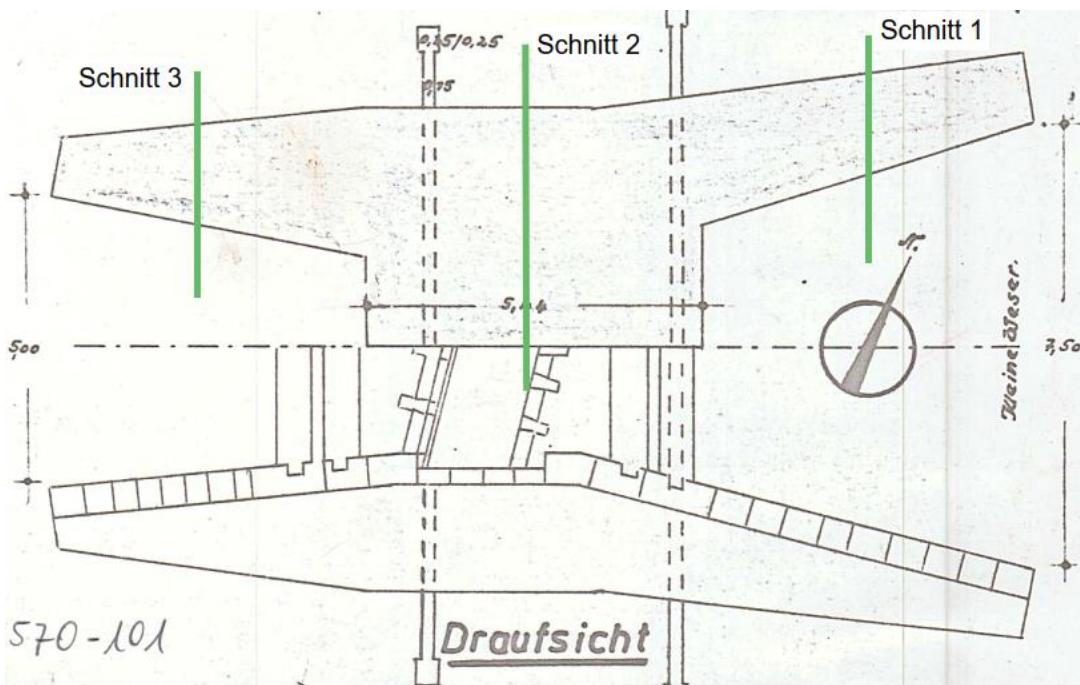
Der Nachweis der klaffenden Fuge wird im Rahmen dieser Nachrechnung als Kippnachweis bezeichnet.

Die Nachweise nach EAU 1990 werden für den maßgebenden Fall exemplarisch in Abschnitt 0 geführt.

3.2. Bemessungsschnitt



Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 14
Vorgang:		



Die Nachweise der 3 Schnitte erfolgt jeweils mit folgenden angesetzten Wasserständen:

	BS-P2		BS-P3	
	Durchfahrt	Deichseitig	Durchfahrt	Deichseitig
Ist-Zustand				
Schnitt 1	6,95	7,95	5,56	6,56
Schnitt 2	6,95	7,95	5,56	6,56
Schnitt 3	5,56	6,76*	5,56	6,76*
Zukünftige Nutzung				
Schnitt 1	7,95	8,95	5,56	6,56
Schnitt 2	7,95	8,95	5,56	6,56
Schnitt 3	5,56	6,76*	5,56	6,76*

* Annahme: Das Potenzial der Sickerlinie hat sich Deichrückseitig halbiert

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

3.3. Systembeschreibung

Für die Abbildung des Systems wurden verschiedene Annahmen getroffen. Diese werden im Folgenden erläutert:

Es wird angenommen, dass das Deichschart als Trogbauwerk ausgebildet wurde und als starres System wirkt, welches keine Relativbewegungen zur anstehenden Hinterfüllung zulässt.

Wandreibungswinkel:

Der Neigungswinkel des Erddrucks ergibt sich aus den Wechselwirkungen zwischen Boden und Bauwerk. Es wird davon ausgegangen, dass keine Relativbewegungen zwischen Bauwerk und Boden stattfinden. Es wird somit davon ausgegangen, dass der Erddruck senkrecht auf der Ersatzrückwand steht. Aufgrund dessen ist nach DIN 4085 ein Wandreibungswinkel von 0 Grad zu wählen.

Erddruckansatz:

Nach DIN 4085 darf bei Winkelstützwänden der aktive Erddruck für die äußere Bemessung angesetzt werden. Für die innere Bemessung wird nach DIN 4085 der Erdruhedruck angesetzt. Da die Stützwand des Deichscharts als ausgesteifte Winkelstützwand und als sehr unnachgiebig angesehen wird, wird für die äußeren Standsicherheitsnachweise der Erdruhedruck verwendet.

Aussteifende Wirkung der Sohlplatte:

Die gegenüberliegenden Stützwände in Schnitt 2 des Deichscharts werden durch eine Bodenplatte miteinander verbunden. Die Bodenplatte und die gegenüberliegende Stützwand wirken aussteifend im Fußbereich. Deshalb wird eine Ausgleichskraft in Höhe des horizontal wirkenden Erddrucks angesetzt. In den Schnitten 1 und 3 kann diese Ausgleichskraft aufgrund der fehlenden Bodenplatte nicht angesetzt werden.

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 16
Vorgang:		

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.:	0711-21-014
Programm:			
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum:	22.07.2022

Lastausbreitung durch Sohlplatte:

Es wird davon ausgegangen, dass die Bodenplatte unbewehrt vorliegt und somit kann keine Biegetragfähigkeit angesetzt werden. Im System wird die Bodenplatte deshalb nur als 40 cm langer Sporn abgebildet, um eine Lastausbreitung von 45° zu zulassen.

Auflast durch Sohlplatte:

Die Sohlplatte wird im System nicht abgebildet. Das Eigengewicht der Platte wird so mit vernachlässigt. Deshalb wird eine zusätzliche Flächenlast in Höhe der Differenz zwischen der Wichte des Bodens und Wichte des unbewehrten Betons der Bodenplatte in dem Bereich aufgebracht. Die Wichte des Bodens beträgt $\gamma = 19 \text{ kN/m}^2$ und die Wichte des Betons 21 kN/m^2 . Es wurde eine zusätzliche Flächenlast von 2 kN/m^2 aufgebracht.

3.4. Nachweisführung

3.4.1. Nachweis gegen Kippen innerhalb des Bauteils und in der Sohlfuge (SLS)

Der Nachweis gegen Kippen überprüft die Fundamentverdrehung und die Begrenzung einer klaffenden Fuge. Die ständigen Lasten müssen innerhalb der 1. Kernfläche liegen $e < b/6$ (GZ2). Ungünstige Kombinationen der charakteristischen Werte der ständigen und veränderlichen Lasten müssen innerhalb der 2. Kernfläche liegen $e \leq b/3$ (GZ1A). Der Nachweis wird ausschließlich mit charakteristischen Einwirkungen geführt.

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 17
Vorgang:		

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

3.4.2. Nachweis der Gleitsicherheit innerhalb des Bauteils und in der Sohlfuge (GEO-2)

Die Gefahr des Gleitens eines Bauwerkes besteht entlang der Sohlfläche oder einer darunter liegenden Schnittfläche im Baugrund. Der Nachweis gegen Gleiten wird für das gesamte Bauwerk überprüft sowie für die einzelnen Gabionsfugen. Der Nachweis lautet:

$$T_d \leq R_{t,d} + E_{pt,d}$$

Mit $R_{t,d}$ für nichtbindige oder konsolidiert bindige Böden:

$$R_{t,d} = N_k * \tan \delta_{s,k} / \gamma_{R,h}$$

Der Grundbuchnachweis wird mit 50 % Erdwiderstand berechnet.

Es kann davon ausgegangen werden, dass in den Gabionsfugen Schubkraftübertragung über Reibung stattfindet und diese zusätzlich angesetzt werden kann. Nach DIN EN 1992-1-1 kann diese wie folgt berechnet werden:

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi}$$

$$V_{Rdi} = c * f_{ctd} + \mu * \sigma_n + \rho * f_{yd} (\mu * \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 * v * f_{cd}$$

Der hintere Term der obenstehenden Gleichung ($\rho * f_{yd} (\mu * \sin \alpha + \cos \alpha)$) berücksichtigt eine ggf. vorhandene Bewehrung und wird hier nicht angesetzt.

Der Nachweis wird bei der Darstellung der Ergebnisse geführt.

3.4.3. Nachweis der Grundbruchsicherheit in der Sohlfuge (GEO-2)

Der Nachweis gegen Grundbruch prüft ein seitliches Wegbrechen des Bodens aufgrund zu großer Bodenpressung. Nach DIN EN 1997-1 wird der Nachweis der Grundbruchsicherheit wie folgt geführt:

$$V_d \leq R_{n,d}$$

$$V_d = N_{G,k} * \gamma_G + N_{Q,k} * \gamma_Q$$

$$R_{n,d} = R_{n,k} / \gamma_{R,v}$$

$$R_{n,k} = b' * a' * (c_k * N_c + \gamma_{1k} * d * N_d + \gamma_{2k} * b' * N_b)$$

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 18
Vorgang:	

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

3.5. Teilsicherheiten

Im Folgenden werden die Teilsicherheiten für die Nachweise nach DIN 1054:2021-04 aufgeführt:

Einwirkung bzw. Beanspruchung **BS-P**

GEO-2 Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund

Ständige Einwirkungen γ_G	1,35
Günstige ständige Einwirkungen $\gamma_{G,inf}$	1,0
Ständige Einwirkungen aus Erdruhedruck $\gamma_{G,E0}$	1,2
Ungünstige veränderliche Einwirkung γ_Q	1,5
Günstige veränderliche Einwirkung γ_Q	0

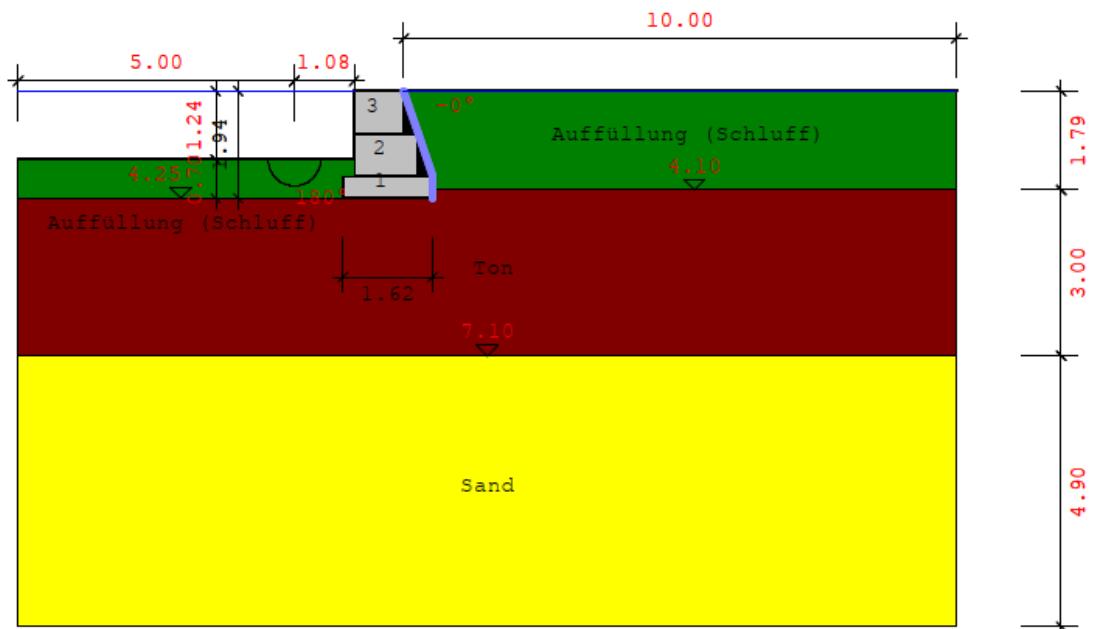
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 19
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

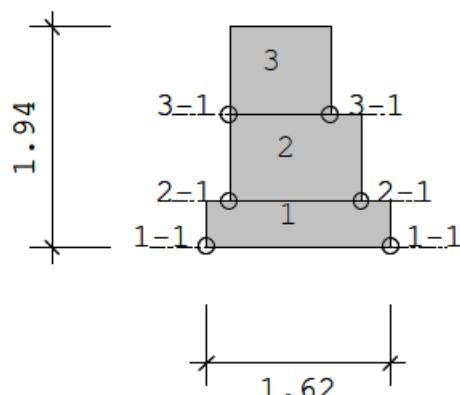
3.6. Ergebnisse

3.6.1. Ist-Zustand

Schnitt 1 – BS-P2



Gabionengeometrie:



Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 20
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Übersicht Kipp- und Gleitnachweis zur inneren Sicherheit:

Fuge	LF	e	zul.e	Kippnachw.	Rt,d	T,d	Gleitnachw.
---	---	---	---	---	---	---	---
2-1	1	8.47	19.33	erfüllt	17.47	8.89	erfüllt
3-1	1	0.50	15.00	erfüllt	6.87	2.22	erfüllt

Übersicht Sicherheitsnachweise äußere Sicherheit:

Kippnachweis im GZ2

LF	Rk [kN]	vorh.e[m]	zul.e[m]	Asohl [%]	Nachw.erfüllt
1 (g)	31.00	0.22	0.27	100.00	Ja

Gleitnachweis im GZ1B:

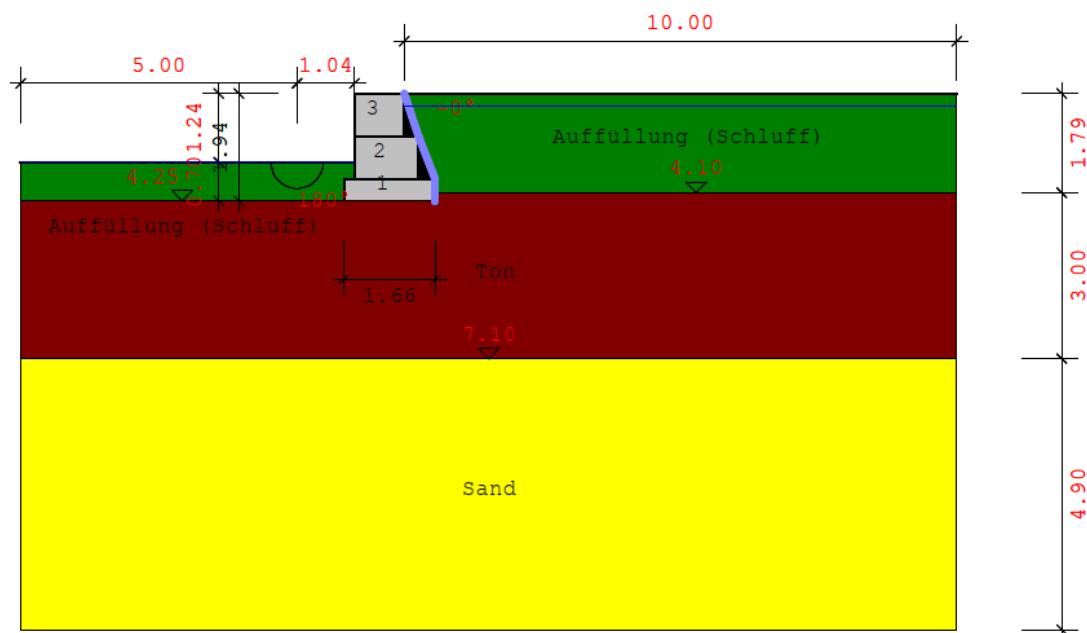
$T_d \leq R_{td} + E_{pd}$ $12.67 \leq 9.64 + 3.63 \dots$ Nachweis erfüllt LF 1

Grundbruchnachweis im GZ1B:

LF 1: $R_{nd} < N_d = 27.80 < 34.97 \dots$ Nachweis nicht erfüllt

Der Grundbuchnachweis wurde mit 50 % Erdwiderstand berechnet.

Schnitt 1 – BS-P3



Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)

Archiv-Nr.:

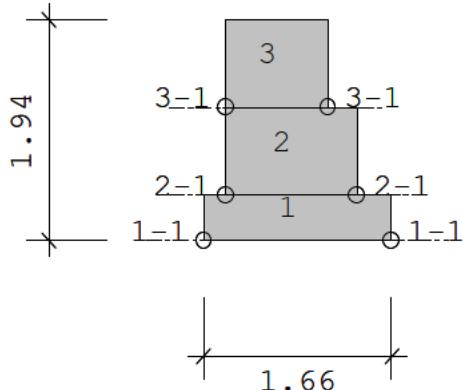
Block: Nachrechnung

Seite: 21

Vorgang:

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Gabionengeometrie:



Übersicht Kipp- und Gleitnachweis zur inneren Sicherheit:

Fuge	LF	e	zul e	Kippnachw.	Rt,d	T,d	Gleitnachw.
2-1	1	20.49	19.33	nicht erfüllt	17.69	22.53	nicht erfüllt
3-1	1	2.89	15.00	erfüllt	7.01	5.42	erfüllt

In den Fugen können horizontale Lasten über Reibung abgetragen werden. Im Folgenden wird die Schubübertragung in der Fuge nachgewiesen.

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi}$$

$$V_{Rdi} = c * f_{ctd} + \mu * \sigma_n + \rho * f_{yd} (\mu * \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 * v * f_{cd} \text{ (DIN EN 1992-1-1)}$$

mit $c = 0,2$ (auf der sicheren Seite wird eine glatte Fugenausbildung angenommen)

$$f_{ctm} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} = 0,3 * 8^{2/3} = 1,2$$

$$f_{ctk;0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 0,7 * 1,2 = 0,84$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} * f_{ctk;0,05} / \gamma_c = 0,85 * 0,84 / 1,5 = 0,48$$

Fuge 2-1:

$$V_{Rdi} = 17,69 + 0,2 * 0,48 * 1000 = 114 \text{ kN} > 22,53 \text{ kN}$$

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 22
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Übersicht Sicherheitsnachweise äußere Sicherheit:

Kippnachweis im GZ2

LF	Rk [kN]	vorh.e[m]	zul.e[m]	Aschl[%]	Nachw.erfüllt
-----	-----	-----	-----	-----	-----
1(g)	46.50	0.44	0.28	69.94	Nein
Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall 1(g)					

Gleitnachweis im GZ1B:

Td > Rtd + Epd 30.32 > 12.92+3.63 ... Nachweis nicht erfüllt LF 1

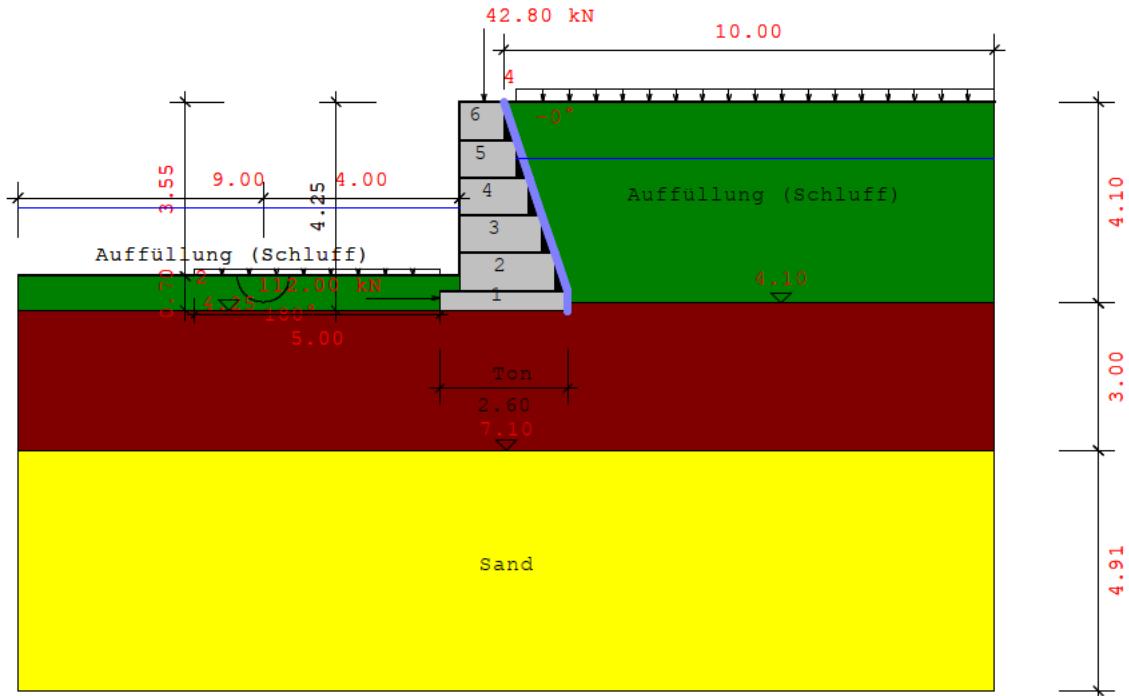
Grundbruchnachweis im GZ1B:

System 'A' LF 1(g) Abbruch Grundbruch System 'A' LF 1(g): Die Neigung der Resultierenden zur Fundamentsohle $\delta=32.91^\circ$ ist grösser als der Reibungswinkel $\phi=20.00^\circ$ des Bodens.

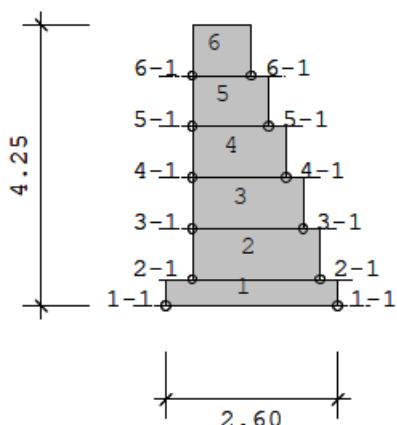
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 23
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Schnitt 2 – BS-P2



Gabionengeometrie:



Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 24
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Übersicht Kipp- und Gleitnachweis zur inneren Sicherheit:

Fuge	LF	e	zul.e	Kippnachw.	Rt,d	T,d	Gleitnachw.
2-1	1	72.82	64.67	nicht erfüllt	130.83	130.37	erfüllt
3-1	1	51.40	56.00	erfüllt	106.32	89.67	erfüllt
4-1	1	30.62	47.33	erfüllt	85.81	53.41	erfüllt
5-1	1	12.10	38.67	erfüllt	69.15	24.20	erfüllt
6-1	1	3.91	30.00	erfüllt*	55.62	6.89	erfüllt

Übersicht Sicherheitsnachweise äußere Sicherheit:

Kippnachweis im GZ1A

LF	Rk [kN]	vorh.e [m]	zul.e [m]	Asohl [%]	Nachw.erfüllt
1 (q)	166.89	0.93	0.87	43.05	Nein

Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall , 1(q)

Kippnachweis im GZ2

LF	Rk [kN]	vorh.e [m]	zul.e [m]	Asohl [%]	Nachw.erfüllt
1 (g)	164.25	0.84	0.43	53.43	Nein

Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall 1(g)

Gleitnachweis im GZ1B:

$T_d \leq R_{td} + E_{pd}$ $3.20 \leq 55.22 + 0.19 \dots$ Nachweis erfüllt LF 1(q)

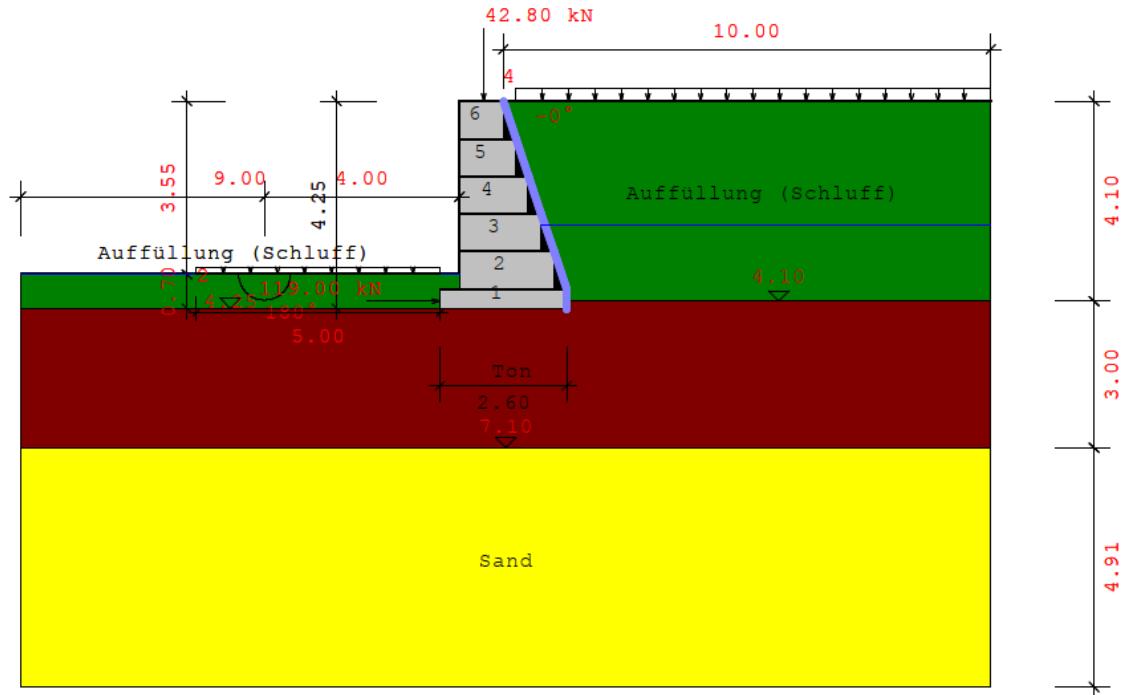
Grundbruchnachweis im GZ1B:

LF 1: $R_{nd} < N_d = 54.91 < 201.13 \dots$ Nachweis nicht erfüllt

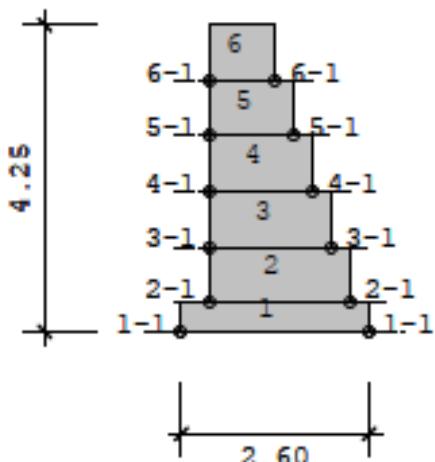
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 25
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Schnitt 2 – BS-P3



Gabionengeometrie:



Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 26
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Übersicht Kipp- und Gleitnachweis zur inneren Sicherheit:

Fuge	LF	e	zul.e	Kippnachw.	Rt,d	T,d	Gleitnachw.
2-1	1	71.90	64.67	nicht erfüllt	108.86	134.72	nicht erfüllt
3-1	1	49.70	56.00	erfüllt	89.05	86.58	erfüllt
4-1	1	29.68	47.33	erfüllt	71.90	50.15	erfüllt
5-1	1	11.97	38.67	erfüllt	57.60	23.83	erfüllt
6-1	1	3.91	30.00	erfüllt*	46.27	6.89	erfüllt

In den Fugen können horizontale Lasten über Reibung abgetragen werden. Im Folgenden wird die Schubübertragung in der Fuge 2-1 nachgewiesen.

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi}$$

$$V_{Rdi} = c * f_{ctd} + \mu * \sigma_n + \rho * f_{yld} (\mu * \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 * v * f_{cd} \quad (\text{DIN EN 1992-1-1})$$

mit $c = 0,2$ (auf der sicheren Seite wird eine glatte Fugenausbildung angenommen)

$$f_{ctm} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} = 0,3 * 8^{2/3} = 1,2$$

$$f_{ctk;0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 0,7 * 1,2 = 0,84$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} * f_{ctk;0,05} / \gamma_c = 0,85 * 0,84 / 1,5 = 0,48$$

Fuge 2-1:

$$V_{Rdi} = 108,86 + 0,2 * 0,48 * 1000 = 205 \text{ kN} > 134,72 \text{ kN}$$

Übersicht Sicherheitsnachweise äußere Sicherheit:

Kippnachweis im GZ1A

LF	Rk [kN]	vorh.e [m]	zul.e [m]	Asohl [%]	Nachw.erfüllt
1 (q)	193.88	0.83	0.87	54.13	Ja

Kippnachweis im GZ2

LF	Rk [kN]	vorh.e [m]	zul.e [m]	Asohl [%]	Nachw.erfüllt
1 (g)	191.22	0.75	0.43	63.22	Nein

Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall 1(g)

Gleitnachweis im GZ1B:

$$T_d \leq R_{td} + E_{pd} \quad 2.88 \leq 64.15 + 0.00 \dots \text{Nachweis erfüllt LF 1(q)}$$

Grundbruchnachweis im GZ1B:

$$LF 1: R_{nd} < N_d = 71.57 < 233.53 \dots \text{Nachweis nicht erfüllt}$$

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)

Archiv-Nr.:

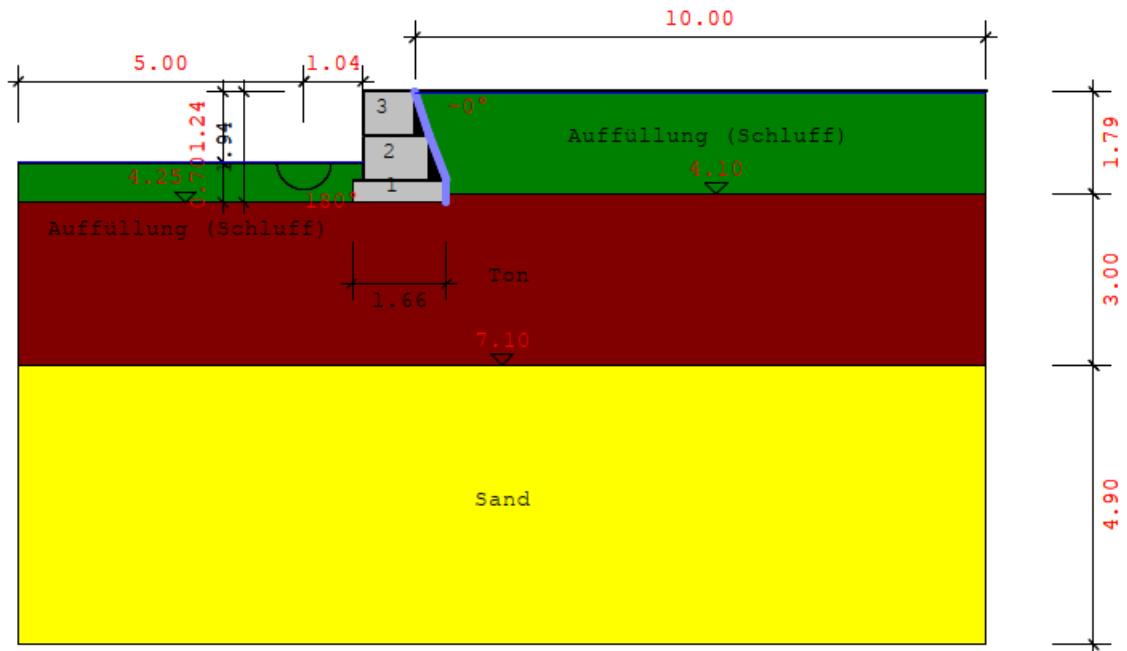
Block: Nachrechnung

Seite: 27

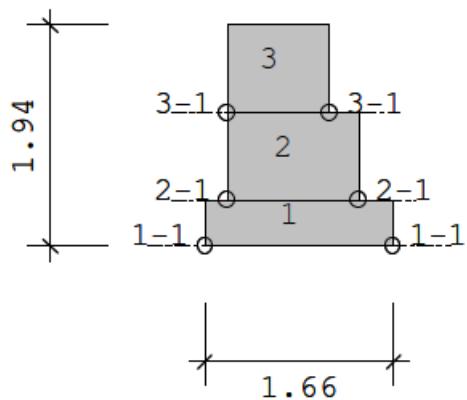
Vorgang:

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Schnitt 3 – BS-P2



Gabionengeometrie:



Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 28
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Übersicht Kipp- und Gleitnachweis zur inneren Sicherheit:

Fuge	LF	e	zul.e	Kippnachw.	Rt,d	T,d	Gleitnachw.
2-1	1	15.48	19.33	erfüllt	17.58	19.87	nicht erfüllt
3-1	1	0.49	15.00	erfüllt	6.87	2.22	erfüllt

In den Fugen können horizontale Lasten über Reibung abgetragen werden. Im Folgenden wird die Schubübertragung in der Fuge 2-1 nachgewiesen.

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi}$$

$$V_{Rdi} = c * f_{ctd} + \mu * \sigma_n + \rho * f_{yd} (\mu * \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 * v * f_{cd} \quad (\text{DIN EN 1992-1-1})$$

mit $c = 0,2$ (auf der sicheren Seite wird eine glatte Fugenausbildung angenommen)

$$f_{ctm} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} = 0,3 * 8^{2/3} = 1,2$$

$$f_{ctk;0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 0,7 * 1,2 = 0,84$$

$$f_{ctd} = a_{ct} * f_{ctk;0,05} / \gamma_c = 0,85 * 0,84 / 1,5 = 0,48$$

Fuge 2-1:

$$V_{Rdi} = 17,58 + 0,2 * 0,48 * 1000 = 114 \text{ kN} > 19,87 \text{ kN}$$

Übersicht Sicherheitsnachweise äußere Sicherheit:

Kippnachweis im GZ2

LF	Rk [kN]	vorh.e [m]	zul.e [m]	Asohl [%]	Nachw.erfüllt
1(g)	44.55	0.38	0.28	80.73	Nein

Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall 1(g)

Gleitnachweis im GZ1B:

$$T_d > R_{td} + E_{pd} \quad 28.19 > 12.52 + 3.63 \dots \text{Nachweis nicht erfüllt LF 1}$$

Grundbruchnachweis im GZ1B:

System 'A' LF 1(g) Abbruch Grundbruch System 'A' LF 1(g): Die Neigung der Resultierenden zur Fundamentschale $\delta=31.82^\circ$ ist grösser als der Reibungswinkel $\phi=20.00^\circ$ des Bodens.

Der Grundbuchnachweis wurde mit 50 % Erdwiderstand berechnet.

Schnitt 3 – BS-P3

Siehe Schnitt 3 – BS-P2 Ist-Zustand. Keine Änderung der Randbedingungen.

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 29
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

3.6.2. Zukünftige Nutzung

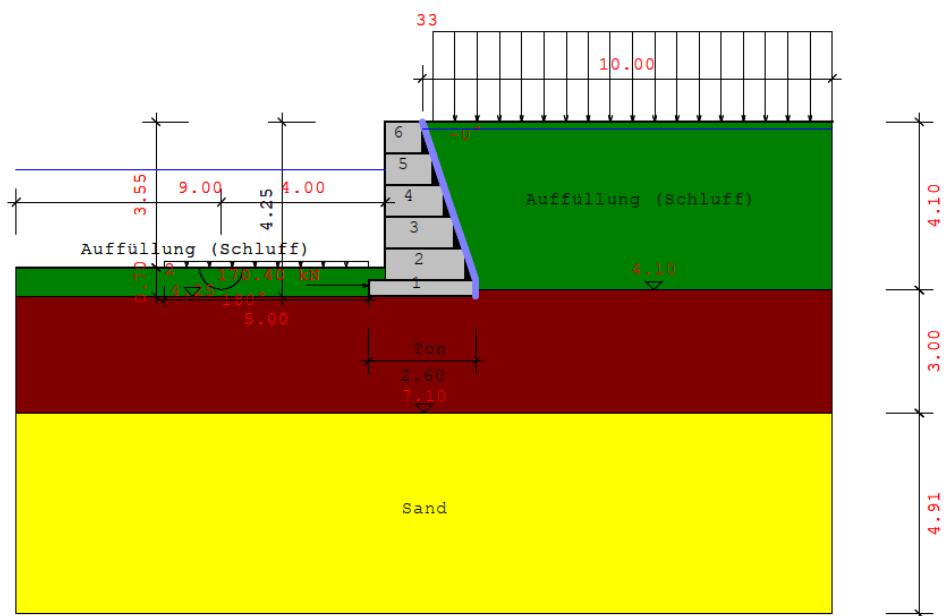
Schnitt 1 – BS-P2

Siehe Schnitt 1 BS-P2 Ist-Zustand. Keine Änderung der Randbedingungen.

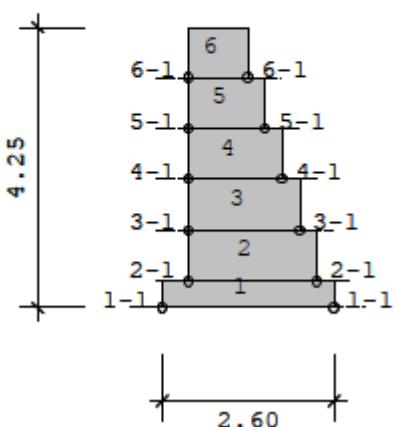
Schnitt 1 – BS-P3

Siehe Schnitt 1 BS-P3 Ist-Zustand. Keine Änderung der Randbedingungen.

Schnitt 2 – BS-P2



Gabionengeometrie:



Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 30
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Übersicht Kipp- und Gleitnachweis zur inneren Sicherheit:

Fuge	LF	e	zul e	Kippnachw.	Rt,d	T,d	Gleitnachw.
---	---	---	---	---	---	---	---
2-1	1	133,62	64,67	nicht erfüllt	80,83	216,95	nicht erfüllt
3-1	1	107,75	56,00	nicht erfüllt	57,85	161,78	nicht erfüllt
4-1	1	78,70	47,33	nicht erfüllt	38,20	111,05	nicht erfüllt
5-1	1	45,55	38,67	nicht erfüllt	21,87	64,76	nicht erfüllt
6-1	1	8,68	30,00	erfüllt	8,84	23,96	nicht erfüllt

In den Fugen können horizontale Lasten über Reibung abgetragen werden. Im Folgenden wird die Schubübertragung nachgewiesen.

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi}$$

$$V_{Rdi} = c * f_{ctd} + \mu * \sigma_n + \rho * f_{ys} (\mu * \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 * v * f_{cd} \quad (\text{DIN EN 1992-1-1})$$

mit $c = 0,2$ (auf der sicheren Seite wird eine glatte Fugenausbildung angenommen)

$$f_{ctm} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} = 0,3 * 8^{2/3} = 1,2$$

$$f_{ctk;0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 0,7 * 1,2 = 0,84$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} * f_{ctk;0,05} / \gamma_c = 0,85 * 0,84 / 1,5 = 0,48$$

Fuge 2-1:

$$V_{Rdi} = 80,83 + 0,2 * 0,48 * 1000 = 177 \text{ kN} < 216,95 \text{ kN} \quad \text{Nachweis nicht erfüllt}$$

Fuge 3-1:

$$V_{Rdi} = 57,85 + 0,2 * 0,48 * 1000 = 153,85 \text{ kN} > 161,78 \text{ kN} \quad \text{Nachweis nicht erfüllt}$$

Fuge 4-1:

$$V_{Rdi} = 38,20 + 0,2 * 0,48 * 1000 = 134 \text{ kN} > 111 \text{ kN} \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

Die Nachweise für die Fugen 5-1 bis 6-1 sind offensichtlich erfüllt.

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 31
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Übersicht Sicherheitsnachweise äußere Sicherheit:

Kippnachweis im GZ1A

LF	Rk [kN]	vorh.e [m]	zul.e [m]	Asohl [%]	Nachw.erfüllt
1 (q)	127.46	1.91	0.87	-69.93	Nein

Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall , 1(q)

Kippnachweis im GZ2

LF	Rk [kN]	vorh.e [m]	zul.e [m]	Asohl [%]	Nachw.erfüllt
1 (g)	130.64	0.95	0.43	40.92	Nein

Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall 1(g)

Gleitnachweis im GZ1B:

Td <= Rtd + Epd $24.00 \leq 42.18 + 0.00 \dots$ Nachweis erfüllt LF 1(q)

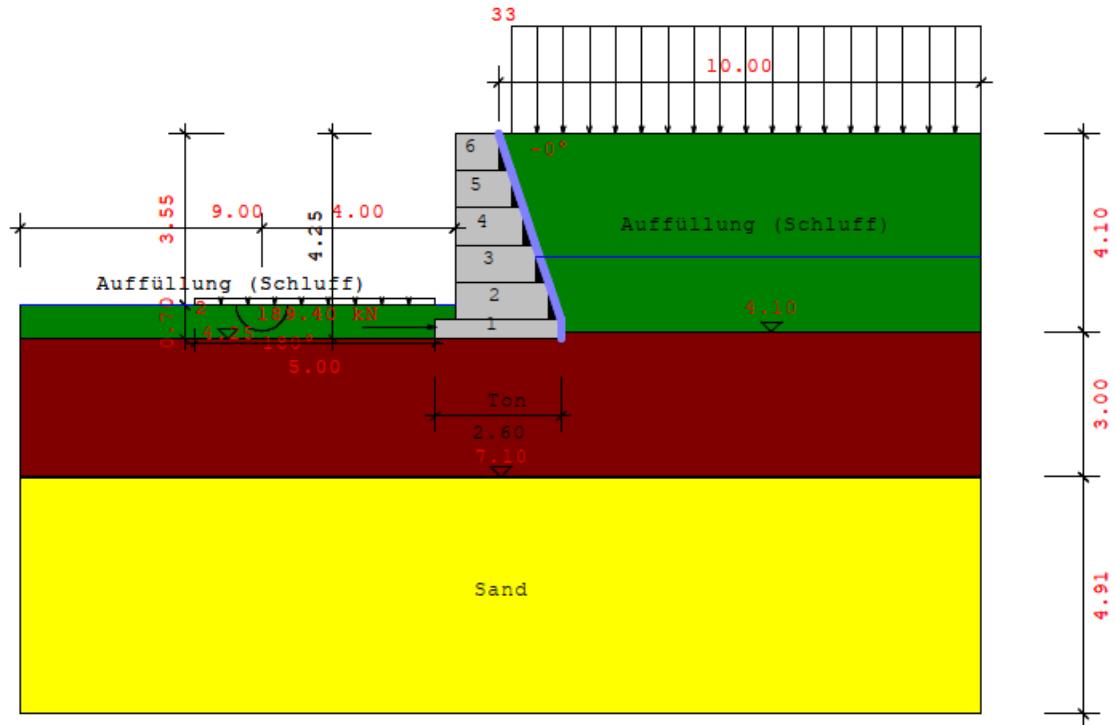
Grundbruchnachweis im GZ1B:

System 'A' LF 1(g) Abbruch Grundbruch System 'A' LF 1(g): Die Lastresultierende befindet sich ausserhalb des Fundaments (Ausmitte eb=1.91 Breite b=2.60).

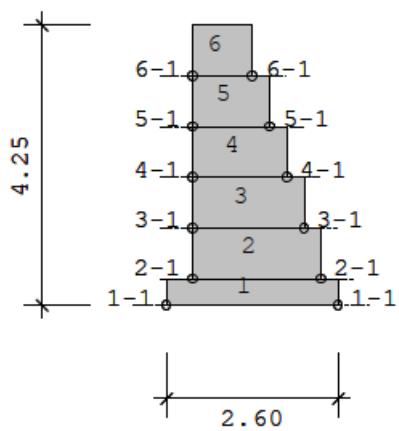
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 32
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Schnitt 2 – BS-P3



Gabionengeometrie:



Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 33
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Übersicht Kipp- und Gleitnachweis zur inneren Sicherheit:

Fuge	LF	e	zul e	Kippnachw.	Rt,d	T,d	Gleitnachw.
---	---	---	---	---	---	---	---
2-1	1	136.28	64.67	nicht erfüllt	80.15	234.38	nicht erfüllt
3-1	1	104.40	56.00	nicht erfüllt	58.21	165.36	nicht erfüllt
4-1	1	72.65	47.33	nicht erfüllt	38.92	108.03	nicht erfüllt
5-1	1	40.58	38.67	nicht erfüllt	22.48	60.82	nicht erfüllt
6-1	1	6.52	30.00	erfüllt	9.02	23.00	nicht erfüllt

In den Fugen können horizontale Lasten über Reibung abgetragen werden. Im Folgenden wird die Schubübertragung nachgewiesen.

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi}$$

$$V_{Rdi} = c * f_{ctd} + \mu * \sigma_n + \rho * f_{yd} (\mu * \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 * v * f_{cd} \quad (\text{DIN EN 1992-1-1})$$

mit $c = 0,2$ (auf der sicheren Seite wird eine glatte Fugenausbildung angenommen)

$$f_{ctm} = 0,3 * f_{ck}^{2/3} = 0,3 * 8^{2/3} = 1,2$$

$$f_{ctk;0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 0,7 * 1,2 = 0,84$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} * f_{ctk;0,05} / \gamma_c = 0,85 * 0,84 / 1,5 = 0,48$$

Fuge 2-1:

$$V_{Rdi} = 80,15 + 0,2 * 0,48 * 1000 = 176 \text{ kN} < 216,95 \text{ kN} \quad \text{Nachweis nicht erfüllt}$$

Fuge 3-1:

$$V_{Rdi} = 58,21 + 0,2 * 0,48 * 1000 = 154 \text{ kN} > 165,36 \text{ kN} \quad \text{Nachweis nicht erfüllt}$$

Fuge 4-1:

$$V_{Rdi} = 38,92 + 0,2 * 0,48 * 1000 = 135 \text{ kN} > 108,03 \text{ kN} \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

Die Nachweise für die Fugen 5-1 bis 6-1 sind offensichtlich erfüllt.

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 34
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Übersicht Sicherheitsnachweise äußere Sicherheit:

Kippnachweis im GZ1A

LF	Rk [kN]	vorh.e [m]	zul.e [m]	Asohl [%]	Nachw.erfüllt
1 (g)	172.34	1.41	0.87	-12.24	Nein

Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall , 1 (g)

Kippnachweis im GZ2

LF	Rk [kN]	vorh.e [m]	zul.e [m]	Asohl [%]	Nachw.erfüllt
1 (g)	168.40	0.65	0.43	74.45	Nein

Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall 1 (g)

Gleitnachweis im GZ1B:

Td <= Rtd + Epd $23.95 \leq 57.02 + 0.03 \dots$ Nachweis erfüllt LF 1 (g)

Grundbruchnachweis im GZ1B:

System 'A' LF 1 (g) Abbruch Grundbruch System 'A' LF 1 (g): Die Lastresultierende befindet sich ausserhalb des Fundaments (Ausmitte eb=1.41 Breite b=2.60).

Schnitt 3 – BS-P2

Siehe Schnitt 3 – BS-P2 Ist-Zustand. Keine Änderung der Randbedingungen.

Schnitt 3 – BS-P3

Siehe Schnitt 3 – BS-P2 Ist-Zustand. Keine Änderung der Randbedingungen.

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 35
Vorgang:	

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

3.6.3. Zusammenfassung der Ergebnisse

Tabelle 5 Zusammenfassung der Nachweise der inneren Sicherheit

		Innere Sicherheit			
		Ist-Zustand		Zukünftige Nutzung	
	Fuge	Kippnachweis 1. Kernfläche	Gleitnachweis	Kippnachweis	Gleitnachweis
Schnitt 1					
BS-P2	2-1	erfüllt $\eta = 0,44$	erfüllt $\eta = 0,5$	erfüllt $\eta = 0,44$	erfüllt $\eta = 0,5$
	3-1	erfüllt $\eta = 0,03$	erfüllt $\eta = 0,32$	erfüllt $\eta = 0,03$	erfüllt $\eta = 0,32$
BS-P3	2-1	nicht erfüllt $\eta = 1,06$	erfüllt* $\eta = 0,16$	nicht erfüllt $\eta = 1,06$	erfüllt* $\eta = 0,16$
	3-1	erfüllt $\eta = 0,19$	erfüllt $\eta = 0,78$	erfüllt $\eta = 0,19$	erfüllt $\eta = 0,78$
Schnitt 2					
BS-P2	2-1	nicht erfüllt $\eta = 1,13$	erfüllt $\eta = 0,99$	nicht erfüllt $\eta = 2,07$	nicht erfüllt $\eta = 1,22$
	3-1	erfüllt $\eta = 0,92$	erfüllt $\eta = 0,84$	nicht erfüllt $\eta = 1,92$	nicht erfüllt $\eta = 1,05$
	4-1	erfüllt $\eta = 0,65$	erfüllt $\eta = 0,62$	nicht erfüllt $\eta = 1,66$	erfüllt $\eta = 0,83$
	5-1	erfüllt $\eta = 0,31$	erfüllt $\eta = 0,35$	nicht erfüllt $\eta = 1,18$	erfüllt $\eta = 0,44$
	6-1	erfüllt $\eta = 0,13$	erfüllt $\eta = 0,12$	erfüllt $\eta = 0,29$	erfüllt $\eta = 0,18$
BS-P3	2-1	nicht erfüllt $\eta = 1,11$	erfüllt* $\eta = 0,58$	nicht erfüllt $\eta = 2,11$	nicht erfüllt $\eta = 1,23$
	3-1	erfüllt $\eta = 0,89$	erfüllt* $\eta = 0,97$	nicht erfüllt $\eta = 1,86$	nicht erfüllt $\eta = 1,07$
	4-1	erfüllt $\eta = 0,63$	erfüllt $\eta = 0,70$	nicht erfüllt $\eta = 1,53$	erfüllt $\eta = 0,80$
	5-1	erfüllt $\eta = 0,31$	erfüllt $\eta = 0,41$	nicht erfüllt $\eta = 1,05$	erfüllt $\eta = 0,42$
	6-1	erfüllt $\eta = 0,13$	erfüllt $\eta = 0,15$	erfüllt $\eta = 0,22$	erfüllt $\eta = 0,17$
Schnitt 3					
BS-P2	2-1	erfüllt $\eta = 0,80$	erfüllt* $\eta = 0,14$	erfüllt $\eta = 0,44$	erfüllt $\eta = 0,5$
	3-1	erfüllt $\eta = 0,03$	erfüllt $\eta = 0,32$	erfüllt $\eta = 0,03$	erfüllt $\eta = 0,32$
BS-P3	2-1	erfüllt $\eta = 0,80$	erfüllt* $\eta = 0,14$	erfüllt $\eta = 0,44$	erfüllt $\eta = 0,5$
	3-1	erfüllt $\eta = 0,03$	erfüllt $\eta = 0,32$	erfüllt $\eta = 0,03$	erfüllt $\eta = 0,32$

* zusätzlich Reibungskräfte angesetzt nach Schubkraftnachweis

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 36
Vorgang:	

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Tabelle 6 Zusammenfassung der Nachweise der äußeren Sicherheit des Ist-Zustands

Äußere Sicherheit				
Ist-Zustand				
	Kippnachweis GZ 1A 2. Kernfläche	Kippnachweis GZ 2 1. Kernfläche	Gleitnachweis	Grundbruch- nachweis
Schnitt 1				
BS-P2	-	erfüllt $\eta = 0,81$	erfüllt $\eta = 0,95$	nicht erfüllt $\eta = 1,26$
BS-P3	-	nicht erfüllt $\eta = 1,57$	nicht erfüllt $\eta = 1,83$	nicht erfüllt*
Schnitt 2				
BS-P2	nicht erfüllt $\eta = 1,07$	nicht erfüllt $\eta = 1,95$	erfüllt $\eta = 0,06$	nicht erfüllt $\eta = 3,66$
BS-P3	erfüllt $\eta = 0,95$	nicht erfüllt $\eta = 1,74$	erfüllt $\eta = 0,04$	nicht erfüllt $\eta = 3,26$
Schnitt 3				
BS-P2	-	nicht erfüllt $\eta = 1,36$	nicht erfüllt $\eta = 1,76$	nicht erfüllt*
BS-P3	-	nicht erfüllt $\eta = 1,36$	nicht erfüllt $\eta = 1,76$	nicht erfüllt*

* Gleitnachweis maßgebend

Der Schnitt 2 BS-P2 des Ist-Zustandes ist als maßgebender Schnitt als Anlage 1 beigefügt.

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 37
Vorgang:	

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Tabelle 7 Zusammenfassung der Nachweis der äußeren Sicherheit zukünftiger Nutzung

Äußere Sicherheit				
Zukünftige Nutzung				
	Kippnachweis GZ 1A 2. Kernfläche	Kippnachweis GZ 2 1. Kernfläche	Gleitnachweis	Grundbruch- nachweis
Schnitt 1				
BS-P2	-	erfüllt $\eta = 0,81$	erfüllt $\eta = 0,95$	nicht erfüllt $\eta = 1,26$
BS-P3	-	nicht erfüllt $\eta = 1,57$	nicht erfüllt $\eta = 1,83$	nicht erfüllt*
Schnitt 2				
BS-P2	nicht erfüllt $\eta = 2,20$	nicht erfüllt $\eta = 2,21$	erfüllt $\eta = 0,57$	nicht erfüllt**
BS-P3	nicht erfüllt $\eta = 1,62$	nicht erfüllt $\eta = 1,51$	erfüllt $\eta = 0,42$	nicht erfüllt**
Schnitt 3				
BS-P2	-	nicht erfüllt $\eta = 1,36$	nicht erfüllt $\eta = 1,76$	nicht erfüllt*
BS-P3	-	nicht erfüllt $\eta = 1,36$	nicht erfüllt $\eta = 1,76$	nicht erfüllt*

* Gleitnachweis maßgebend

** Abbruch des Nachweises

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 38
Vorgang:	

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.:	0711-21-014
Programm:			
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum:	22.07.2022

3.6.4. Nachweisführung nach EAU 1990

Gem. Nachrechnungsrichtlinie [6] ist die Nachweisführung nach aktueller Norm und EAU 1990 zu vergleichen. Die Nachweise unter Abschnitt 3.6 wurden nach aktueller Norm durchgeführt.

Der EAU 1990 lag die DIN 1054 aus dem Jahr 1976 zu Grunde. Zu der Zeit war das globale Sicherheitskonzept aktuell. Im Folgenden werden die maßgebenden Nachweise mit dem globalen Sicherheitskonzept geführt.

Kippsicherheit:

Der Nachweis der Kippsicherheit wird in der DIN 1054 aus dem Jahr 1976 ausschließlich für die klaffende Fuge geführt. Der Nachweis wird damals wie heute mit charakteristischen Werten geführt. Somit haben die unterschiedlichen Sicherheitskonzepte keinen Einfluss auf die Ergebnisse.

Gleitsicherheit:

Globales Sicherheitskonzept nach DIN 1054 aus 1976 für BS-P:

$$\eta_G = 1,5$$

$$\eta_g = (H_s + 0,5 * E_{p,t}) / H$$

Als maßgebend gilt der im Schnitt 1 des Ist-Zustandes BS-P3 geführte Gleitnachweis:

$$H_s = 39,04 * \tan(20^\circ) = 14,21 \text{ kN}$$

$$E_{p,t} = 10,18 * 0,5 = 5,09 \text{ kN}$$

$$H = 25,27 \text{ kN}$$

$$\eta_g = 14,21 + 5,09 / 25,27 = 0,76 < 1,5$$

Nachweis nicht erfüllt

Nach dem globalen Sicherheitskonzept beträgt das Verhältnis von globaler Sicherheit gegenüber der geforderten Sicherheit 1,97.

Nach dem Teilsicherheitskonzept beträgt die vergleichbare Ausnutzung 1,83 (siehe Tabelle 6).

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 39
Vorgang:		

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

Grundbruchsicherheit:

Globales Sicherheitskonzept nach DIN 1054 aus 1976 für BS-P:

$$\eta_g = 2,0$$

Als maßgebend gilt der im Schnitt 2 des Ist-Zustandes BS-P2 geführte Grundbruch-nachweis:

$$N_k = 163,98 + 2,9 = 166,8 \text{ kN}$$

$$T_k = -9,34 + 9,61 = 0,27 \text{ kN}$$

$$R_{n,k} = 76,87$$

$$N = N_k + T_k = 167,07 \text{ kN}$$

$$R_{n,k} / N = 76,87 / 167,07 = 0,46 < 2,0 \quad \text{Nachweis nicht erfüllt}$$

Nach dem globalen Sicherheitskonzept beträgt das Verhältnis von globaler Sicherheit gegenüber der geforderten Sicherheit 4,35.

Nach dem Teilsicherheitskonzept beträgt die vergleichbare Ausnutzung 3,66 (siehe Tabelle 6).

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 40
Vorgang:		

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

4. Fazit

Die Nachrechnung des Deichscharts unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen für Neubauten zu berücksichtigenden Bemessungswasserstände nach aktuellem Teilsicherheitskonzept sowie bei Beachtung des globalen Sicherheitskonzept hat signifikante Defizite ergeben. Dabei wurden aus Unkenntnis des Bestandes Annahmen bezüglich der Geometrie und der Materialgüten getroffen.

In der derzeit zu berücksichtigenden Belastungssituation sind die Defizite beim Nachweis der inneren Tragfähigkeit mit maximal 13% Überschreitung der Ausnutzung relativ gering. Bei den Nachweisen der äußeren Tragfähigkeit sind die rechnerischen Defizite insbesondere beim Grundbruchnachweis mit einer Ausnutzung von bis zu 366% deutlich. Der Kippnachweis unter ständigen Lasten (GZ2) zeigt eine deutliche Überschreitung des Grenzwertes der Exzentrizität von 95%.

Bei Berücksichtigung der möglichen zukünftigen Wasserstände und der geplanten Verkehrslasten zur Nutzung als Deichverteidigungsweg ist die Lastexzentrizität sehr groß. Dadurch können bei den Nachweisen der äußeren Standsicherheit zum einen die Kippnachweise mit Ausnutzungen von bis zu 221% nicht erbracht werden. Zum anderen können die Grundbruchnachweise nicht geführt werden, da die Lastresultierende rechnerisch außerhalb des Fundamentes liegen würde. Auch die Nachweise der inneren Tragfähigkeit können für dieses Lastszenario nicht erfüllt werden (Ausnutzung Kippen bis zu 211% und Gleiten bis zu 123%).

Eine Berücksichtigung des Globalsicherheitskonzepts gemäß EAU 1990 führt zu rechnerisch höheren Ausnutzungen.

Nach den durchgeführten Berechnungen ist festzustellen, dass das Deichschart für die aktuell gültigen Bemessungswasserstände für Neubauten und erstrecht für zukünftige Szenarien ohne Ertüchtigungsmaßnahmen nicht weiter betrieben werden kann. Es wird empfohlen, im Rahmen einer Variantenuntersuchung Maßnahmen zur Sicherstellung der Tragfähigkeit zu erarbeiten. Optionen könnten ein Neubau, eine Ertüchtigung oder ein Entfall des Deichscharts sein.

Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 41
Vorgang:		

Verfasser:	Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff:	Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022

5. Unterschriften

Statische Berechnung Deichschart Buntentor

Seiten Deckblatt
1 - 42

Anhang Anlage 1

Aufgestellt:
Hannover, 22.07.2022



Bauteil:	Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block:	Nachrechnung	Seite: 42
Vorgang:		