

Stadtstrecke 4. BA, Deichschart Buntentor Machbarkeitsstudie

Erläuterungsbericht

28.10.2024

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

Impressum

Auftraggeberin: Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau 3-2, Stabstelle Deichbau Stadtstrecke

Auftragnehmerin: **Sweco GmbH**

Karl-Ferdinand-Braun-Straße 9
28359 Bremen

Auftragsnummer: 71004167

Bearbeitung:



Bearbeitungszeitraum: Februar bis Oktober 2024

Inhalt

1	Veranlassung und Zielsetzung	8
2	Planungsgrundlage und Randbedingungen	10
2.1	Lage	10
2.2	Ist-Zustand und Geometrie	11
2.3	Baugrundverhältnisse	16
2.4	Wasserstände	17
2.5	Notwendigkeit der Ertüchtigung	18
2.6	Voraussetzungen und Anforderungen	18
3	Beschreibung der Alternativen	21
3.1	Alternative 1: Ersatzloser Rückbau	21
3.2	Alternative 2: Grundinstandsetzung	25
3.2.1	Visualisierung der Alternative Grundinstandsetzung	30
3.3	Alternative 3: Neubau	32
3.4	Verkehrskonzept für die Alternative Grundinstandsetzung und Neubau	34
3.5	Bauzeitliches Hochwasserschutzkonzept	36
4	Kosten und Wirtschaftlichkeit	38
4.1	Kostenrahmen	38
4.1.1	Finanzierung	38
4.2	Dynamische Kostenvergleichsrechnung	39
4.2.1	Einführung und Überblick	39
4.2.2	Ergebnis der dynamischen Kostenvergleichsrechnung	40
4.3	Nutzwertanalyse	41
4.3.1	Einführung und Überblick	41
4.3.2	Ergebnis der Nutzwertanalyse	42
5	Fazit	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Deichschart Buntentor mit Blickrichtung zum Buntentorsteinweg; <i>Fotos: Sweco GmbH</i>	9
Abbildung 2: Übersicht - Lage des Deichscharts, <i>Quelle: www.geoportal.bremen.de</i>	10
Abbildung 3: links: Deichschart Buntentor, Blick in den Buntentorsteinweg, rechts: Dammbalkennut und Holzdrehotor; <i>Fotos: Sweco GmbH</i>	11
Abbildung 4: Draufsicht Deichschart <i>Quelle: Archiv, Bremischer Deichverband am linken Weserufer</i>	12
Abbildung 5: Ansicht, Längsschnitt Deichschart <i>Quelle: Archiv Bremischer Deichverband am linken Weserufer</i>	13
Abbildung 6: Querschnitt Deichschart <i>Quelle: Archiv, Bremischer Deichverband am linken Weserufer</i>	13
Abbildung 7: Bereich der geplanten Zufahrt für Rettungsfahrzeuge mit der zu fällenden Linde, Blickrichtung Buntentorsdeich; <i>Foto: Sweco GmbH</i>	23
Abbildung 8: Geplante Zufahrt für Rettungsfahrzeuge, Blickrichtung vom Buntentorsteinweg zu „Am Dammacker“, <i>Foto: Sweco GmbH</i>	23
Abbildung 9: Alternative „Grundinstandsetzung“ – Querschnitt (Stand 2023)	25
Abbildung 10: Alternative „Grundinstandsetzung“ – Grundriss (Stand 2023)	26
Abbildung 11: Alternative „Grundinstandsetzung“ überarbeitet – Querschnitt B-B	27
Abbildung 12: Alternative „Grundinstandsetzung“ überarbeitet - Grundriss	28
Abbildung 13: Alternative „Grundinstandsetzung“ überarbeitet – Querschnitt A-A	29
Abbildung 14: Alternative „Grundinstandsetzung“ überarbeitet – Draufsicht	30
Abbildung 15: Visualisierung überarbeitete Alternative „Grundinstandsetzung“ – Blick Richtung Weser [21]	31
Abbildung 16: Visualisierung überarbeitete Alternative „Grundinstandsetzung“ – Blick Richtung Neustadt [21]	31
Abbildung 17: Alternative „Neubau“ - Draufsicht	32
Abbildung 18: Alternative „Neubau“ – Querschnitt	33
Abbildung 19: Darstellung von untersuchten Alternativen für Hindernisse zur Störung der Durchfahrt	35
Abbildung 20: Skizze Big Bags als bauzeitl. Hochwasserschutz, <i>Foto: J. Krebs, Bearbeitung: Sweco GmbH</i>	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung der Bauwerksprüfungen aus dem Jahr 2023	14
Tabelle 2: Bemessungsprofil [14]	16
Tabelle 3: Bodenkennwerte [14]	16
Tabelle 4: Bemessungsprofil KRB 01 [15]	16
Tabelle 5: Bodenkennwerte [15]	17
Tabelle 6: Übersicht - Ergebnis der Ermittlung des Kostenrahmens	38

Tabelle 7: Übersicht - Ergebnis der dynamischen Kostenvergleichsrechnung	40
Tabelle 8: Übersicht des Bewertungsergebnisses der Nutzwertanalyse	42

Anhang

Anhang 1 – Kostenrahmen

Anhang 2 – Kostenvergleichsrechnung

Anhang 3 – Nutzwertanalyse

Anlagen

Anlage 1.1 – Lageplan – Alternative 1, Ersatzloser Rückbau

Anlage 1.2 – Querschnitt – Alternative 1, Ersatzloser Rückbau

Anlage 2 – Bauwerksplan – Alternative 2, Grundinstandsetzung

Anlage 3 – Bauwerksplan – Alternative 3, Neubau

Verwendete Unterlagen

- [1] Landesamt für Denkmalpflege, „Denkmalschutz für das Deichschart, Buntentorsteinweg zwischen 268/270,“ 11.10.2023.
- [2] Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, „Generalplan Küstenschutz Niedersachsen / Bremen - Festland,“ März 2007.
- [3] Helmut und Michael Paesler, Steinmetz- und Steinbildhauermeister, „Restaurierung und Sanierung des Deichscharts Buntentorsteinweg im Auftrag des Bremischen Deichverbandes am linken Weserufer,“ ca. 1994.
- [4] Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, „Bauwerksprüfung Deichschart Buntentor 2023, Prüfbericht, Stemmtorpaar,“ Dezember 2023.
- [5] Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, „Bauwerksprüfung Deichschart Buntentor 2023, Prüfbericht, Bohlenbelag,“ Dezember 2023.
- [6] Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, „Bauwerksprüfung Deichschart Buntentor 2023, Prüfbericht, Deckwerk, Zuwegung, Außenanlage,“ Dezember 2023.
- [7] Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, „Bauwerksprüfung Deichschart Buntentor 2023, Prüfbericht, Ausrüstung Brücke mit seitlichen Geländerauflagerbalken,“ Dezember 2023.
- [8] Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, „Bauwerksprüfung Deichschart Buntentor 2023, Prüfbericht, Überbau (Stahlbetonplatte),“ Dezember 2023.
- [9] Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, „Bauwerksprüfung Deichschart Buntentor 2023, Prüfbericht, Unterbau (Massivbauwerk Deischart),“ Dezember 2023.
- [10] Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, „Bauwerksprüfung Deichschart Buntentor 2023, Prüfbericht, Massivbauwerk (Schart- und Flügelwände, Sohle),“ Dezember 2023.
- [11] Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, „Bauwerksprüfung Deichschart Buntentor 2023, Prüfbericht, Dammbalkenverschlüsse,“ Dezember 2023.
- [12] Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, „Statische Nachrechnung, Deichschart Buntentor, Dammbalkenverschluss,“ Dezember 2023.
- [13] Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, „Maßnahmenkonzept für hochwasserfreie Zeiten und den Betrieb im Hochwasserfall - Deichschart Buntentor, Vorabzug,“ 17.01.2024.
- [14] Institut für Geotechnik - Hochschule Bremen, „Geotechnischer Bericht,“ 08.09.2014.
- [15] Ingenieurgeologisches Büro underground, „Kurzbericht zu den Baugrunderkundungen 2024, Deichschart Buntentor in Bremen,“ 13.08.2024.
- [16] Prüfungsvermerk zur Stadtstrecke, Machbarkeitsstudie Teil I und Teil II zum städtebaulichen Siegerentwurf, „Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau,“ 10.02.2022.
- [17] Sweco GmbH, „Statische Berechnung / Nachrechnung – Deichschart Buntentor von 1882,“ 22.07.2022.
- [18] Freie Hansestadt Bremen; Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr; Referat 32, „Stadtstrecke (Eisenbahnbrücke - Straße "Am Dammacker" - Kriterien für weiterführende Planungen in Bezug auf Hochwasserschutzanlagen,“ 26.11.2014.
- [19] Besprechungsprotokoll, „Machbarkeitsstudie Deischart - Abstimmung Berücksichtigung des Denkmalschutzes,“ 13.03.2024.
- [20] Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH, „Bauwerksprüfung Deichschart Buntentor 2023 - Hauptprüfung,“ 06.12.2023.
- [21] Architektur und Technische Visualisierungen, Dipl.-Ing. Jörg Nitschke, „Visualisierung des Deichscharts Buntentor,“ 08/2024.
- [22] Bremischer Deichverband am rechten Weserufer, „Pflichtenheft Deichschart,“ 06.10.2021.

- [23] DWA/DVGW, *Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien)*, Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.), 8. Auflage, Juli 2012.

1 Veranlassung und Zielsetzung

Derzeit erfolgt im Zuge der Umsetzung des Generalplans Küstenschutz die Ausarbeitung einer Vorplanung für den 4. Bauabschnitt (4. BA) der Stadtstrecke in Bremen. Im Rahmen dieser Deichbauplanung ist die bestehende Hochwasserschutzlinie zu ertüchtigen und auf ein Bestickmaß von +8,70 m ü. NHN zu erhöhen. Dabei ist eine spätere Erhöhungsmöglichkeit (Vorsorgemaß) auf eine Höhe von +9,70 m ü. NHN statisch-konstruktiv und räumlich zu berücksichtigen.

Der 4. Bauabschnitt (4. BA) verläuft in der Bremer Neustadt von der Piepe bis zur Straße „Am Dammacker“ und umfasst somit auch das Deichschart am Buntentorsteinweg (kurz: Deichschart Buntentor).

Im Zuge der Bearbeitung des 4. Bauabschnitts wurde die Weiterverwendung des Deichscharts als Bestandsbauwerk überprüft und zu diesem Zweck eine statische Nachrechnung für das Bauwerk durchgeführt. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass das Deichschart für die aktuell gültigen Bemessungswasserstände für Neubauten und erst recht für zukünftige Szenarien ohne Ertüchtigungsmaßnahmen nicht weiter betrieben werden kann.

Im Mai 2023 wurde bereits eine Machbarkeitsstudie mit Planungsalternativen für den Umgang mit dem sanierungsbedürftigen Deichschart Buntentor vorgelegt. Im Rahmen dieser Studie wurden die Alternativen „Ersatzloser Rückbau“, „Grundinstandsetzung“ und „Neubau“ untersucht. Als Ergebnis der monetären und nicht monetären Betrachtung hat sich dabei die Alternative „Ersatzloser Rückbau“ mit dem höchsten Nutzwert als Vorzugsalternative herausgestellt.

Nach der Fertigstellung der Machbarkeitsstudie wurde das Deichschart im Oktober 2023 als Kulturdenkmal unter Denkmalschutz gestellt [1]. Die Belange des Denkmalschutzes und der Denkmalpflege sind zukünftig in die städtebauliche Entwicklung und in die Landesplanung einzubeziehen sowie bei öffentlichen Planungen und Maßnahmen angemessen zu berücksichtigen. Des Weiteren ist zukünftig ein durchgängiger Deichverteidigungsweg (SLW 60) mit einer befestigten Mindestbreite von 4,0 m zu berücksichtigen.

Vor diesem Hintergrund hat die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft (SUKW) die Erweiterung der Machbarkeitsstudie zum Deichschart beauftragt. Aufgrund der örtlichen geschichtlichen und überörtlichen technikgeschichtlichen Bedeutung sowie der städtebaulichen Bedeutung des Scharls ist die in der Nutzwertanalyse der Machbarkeitsstudie auf den letzten Platz verwiesene Lösung „Erhalt des Bauwerkes durch eine „Grundinstandsetzung““ nochmals einer vertieften Prüfung zu unterziehen. Dabei ist insbesondere die statisch-konstruktive Lösung zur Instandsetzung unter veränderten Eingangsbedingungen zu vertiefen. Gegenüber der ursprünglichen Machbarkeitsstudie ist nun auch die Herstellung der Durchgängigkeit der Deichverteidigung zu berücksichtigen. Grundsätzlich gilt, dass als Ziel der Alternative der möglichst umfangreiche und langfristige Erhalt des Bauwerkes unter Berücksichtigung der Vorgaben des Generalplan Küstenschutz [2] zu verstehen ist.

Neben der statisch-konstruktive Lösung sind bezüglich der in der Machbarkeitsstudie ausgewiesenen Nachteile (z.B. für das Verkehrskonzept im BA 4) Lösungen / Kompromisse auszuarbeiten.

Im Zuge der Bearbeitung der Erweiterung der Machbarkeitsstudie ist ebenfalls die vorgesehene Finanzierung darzustellen.

Des Weiteren hat der Bremische Deichverband am linken Weserufer (DVL) zur Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit des Deichscharls eine Bauwerksinspektion und eine Nachrechnung einzelner Bauwerksteile in Auftrag gegeben. Die Ergebnisse wurden zwischenzeitlich vorgelegt und führen zu keinen wesentlichen neuen Erkenntnissen im Zusammenhang mit der Machbarkeitsstudie.



Abbildung 1: Deichschart Buntentor mit Blickrichtung zum Buntentorsteinweg; *Fotos: Sweco GmbH*

2 Planungsgrundlage und Randbedingungen

2.1 Lage

Das Deichschart Buntentor liegt im 4. Bauabschnitt der Stadtstrecke in der Bremer Neustadt und wird durch die Häuser Buntentorsteinweg 268 und 270 eingerahmt. Gemäß der Kilometrierung des Generalplans Küstenschutz Niedersachsen / Bremen (GPK) kann das Deichschart zwischen km 17+153 und 17+166 verortet werden. Nach der Kilometrierung der Bremer Gewässerkarte liegt das Deichschart zwischen km 6+283 und 6+288. Am Deichschart treffen die beiden Neustädter Ortsteile Buntentor und Hukelriede aufeinander. Die Deichlinie löst sich hier von der Uferlinie der Kleinen Weser und bildet eine Vorlandbucht, in deren Mitte das Deichschart eine Öffnung im linksseitigen Weserdeich bildet. Über diese Öffnung gelangen Fußgänger und Fahrradfahrer vom Buntentorsteinweg kommend, auf Straßenhöhe, zur Kleinen Weser und in die Grünanlage am Werdersee mit dem Kiosk am Deichschart.

Die Abbildung 2 bietet eine Übersicht über die Lage des Deichscharts zwischen der Fahrradbücke und dem Kiosk am Deichschart. Der Deichabschnitt beinhaltet den wasserseitig der Deichlinie verlaufenden Deichunterhaltungsweg, sowie den auf der Deichkrone verlaufenden Deichverteidigungsweg. Der Deichunterhaltungsweg wird im Bestand als gemeinsamer Geh- und Radwege genutzt. Der Deichverteidigungsweg ist in diesem Abschnitt lediglich für den Fußgängerverkehr freigegeben.



Abbildung 2: Übersicht - Lage des Deichscharts, *Quelle: www.geoportal.bremen.de*

2.2 Ist-Zustand und Geometrie

Das Deichschart wurde 1882 errichtet und besteht aus zwei Widerlagern, die als Schwergewichtswände konzipiert wurden. Als Verschlussorgane dienen ein Stemmtor aus Holz (1. Deichsicherheit) sowie wasser- und landseitig des Holztores je zwei Dammbalkenlagen (2. Deichsicherheit). Der entstehende Hohlraum zwischen den Dammbalkenlagen kann im Hochwasserfall mit Sandsäcken gefüllt werden. Der Brückenüberbau wurde 1965 erneuert und liegt beidseitig auf den Widerlagern des Deichscharts auf. Außerdem wurde 1995 eine Sanierung des Deichscharts durchgeführt.



Abbildung 3: links: Deichschart Buntentor, Blick in den Buntentorsteinweg, rechts: Dammbalkennut und Holzdrehtor; Fotos: Sweco GmbH

Die Sanierungsarbeiten wurden 1995 von einem Steinmetz- und Steinbildhauermeister durchgeführt. Dazu liegt ein Bericht vor [3], der das seinerzeitige Schadensbild abbildet und Sanierungsmaßnahmen beschreibt. Die beschriebenen Maßnahmen, die zur Restaurierung und Sanierung durchgeführt wurden, umfassten den Austausch des vorgesetzten Ziegelmauerwerks. Zudem wird beschrieben, dass die Brückenwiderlager saniert wurden. Kaputte Sandsteinquader wurden ersetzt und das neue Auflager mit einer 1,5 cm starken Neoprenmatte ausgeführt. Außerdem wurde das Stahlrohrgeländer gegen ein schmiedeeisernes, im Stil des ursprünglichen Brückengeländers, ausgetauscht. Da einige Sandsteine Ausblühungen oder Schäden aufwiesen, wurden diese ebenfalls ersetzt. Eine grundlegende Ertüchtigung tragender Bauteile fand nicht statt.

Die Abbildungen 4 bis 6 wurden den Bestandsunterlagen des Deichscharts entnommen, die durch den Bremischen Deichverband am linken Weserufer zur Verfügung gestellt wurden.

Das Deichschart weist eine Einfahrtsbreite flussseitig von 7,50 m und am Buntentorsteinweg von 5,00 m auf. Da die Wände konisch verlaufen, verjüngt sich die Durchfahrtsbreite bis zum Tor auf 3,50 m. Die Durchfahrtsbreite beträgt 3,85 m. Das Deichschart besteht aus zwei Widerlagern, 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 Höhe der Holztores beträgt 2,90 m. Somit liegt die OK des Tores bei +8,46 m NHN. Unterhalb des Scharls sind zwei Sickerschürzen in Holzspundweise mit einer Länge von ca. 3,50 m eingebracht. Die Drenpelhöhe des Deichscharts liegt bei +5,56 m NHN.

Der Deichverteidigungsweg wird mit Hilfe eines Brückenüberbaus über das Deichschart geführt. Während der Deichverteidigungsweg in dem Abschnitt zwischen der Fahrradbücke und der Verlängerung „Am Dammacker“ überwiegend lediglich eine Breite von 1,6 m aufweist, beträgt die Durchfahrtsbreite des Brückenüberbaus ca. 2,5 m. Der Deichverteidigungsweg erfüllt somit im Bestand nicht die Planungsanforderung von 4,0 m befestigter Mindestbreite. Vom Buntentorsteinweg kommend führt östlich des Deichscharts eine Treppe auf die Deichkrone.

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 (einschließlich Absturzsicherung). Die Fahrbahnplatte liegt lediglich auf den Wänden des Deichscharls auf.

Der Deichkörper in den das Deichschart eingebettet ist, weist beidseitig des Deichscharls eine Höhe von ca. +8,65 m NHN auf. Das Deichschart bildet innerhalb des Deichverlaufs einen Hochpunkt mit einer Höhe von +9,57 m NHN bezogen auf den Brückenüberbau, entsprechend ist beidseitig des Brückenüberbaus eine kurze Anrampung vorhanden. Die Außenböschung des Deichkörpers ist im betrachteten Abschnitt mit einer Neigung von teilweise 1:2,5 übersteil und entspricht somit nicht den Vorgaben des Generalplans Küstenschutz [2]. Auf der Binnenseite steht überwiegend sehr hohes Gelände an und der Abstand zur Bebauung am Buntentorsteinweg beträgt abschnittsweise weniger als 5,0 m, wodurch keine klassisch ausgebildete Deichbinnenböschung vorhanden ist.

Das Deichschart befindet sich im Eigentum und in der Unterhaltungspflicht des Bremischen Deichverbandes am linken Weserufer. Der Brückenüberbau wird vom Amt für Straßenbau und Verkehr Bremen unterhalten.

Mit dem Gutachten zum Denkmalwert vom 11.10.2023 [1] wird das Deichschart unter Denkmalschutz gestellt.

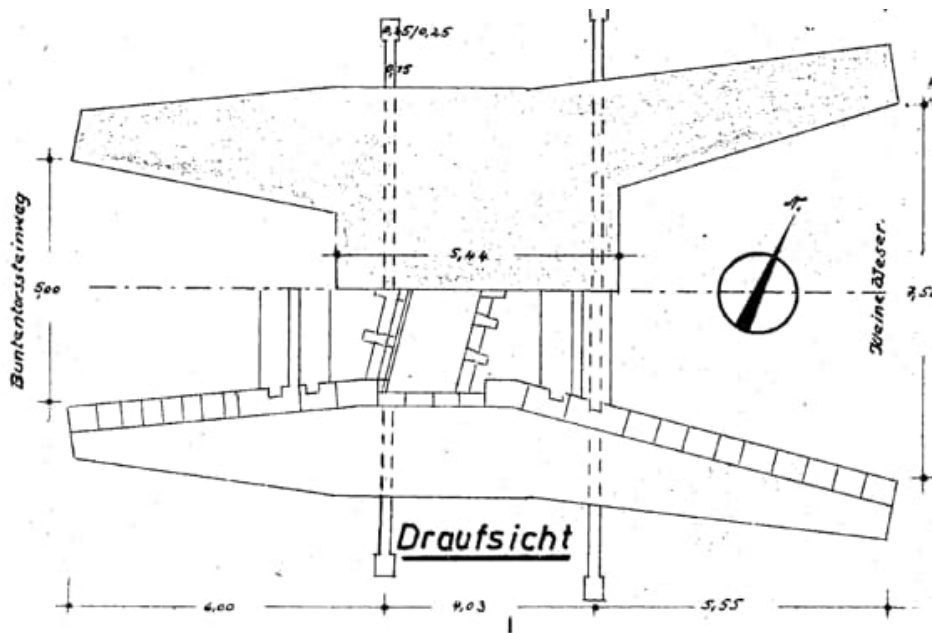


Abbildung 4: Draufsicht Deichschart Quelle: Archiv, Bremischer Deichverband am linken Weserufer

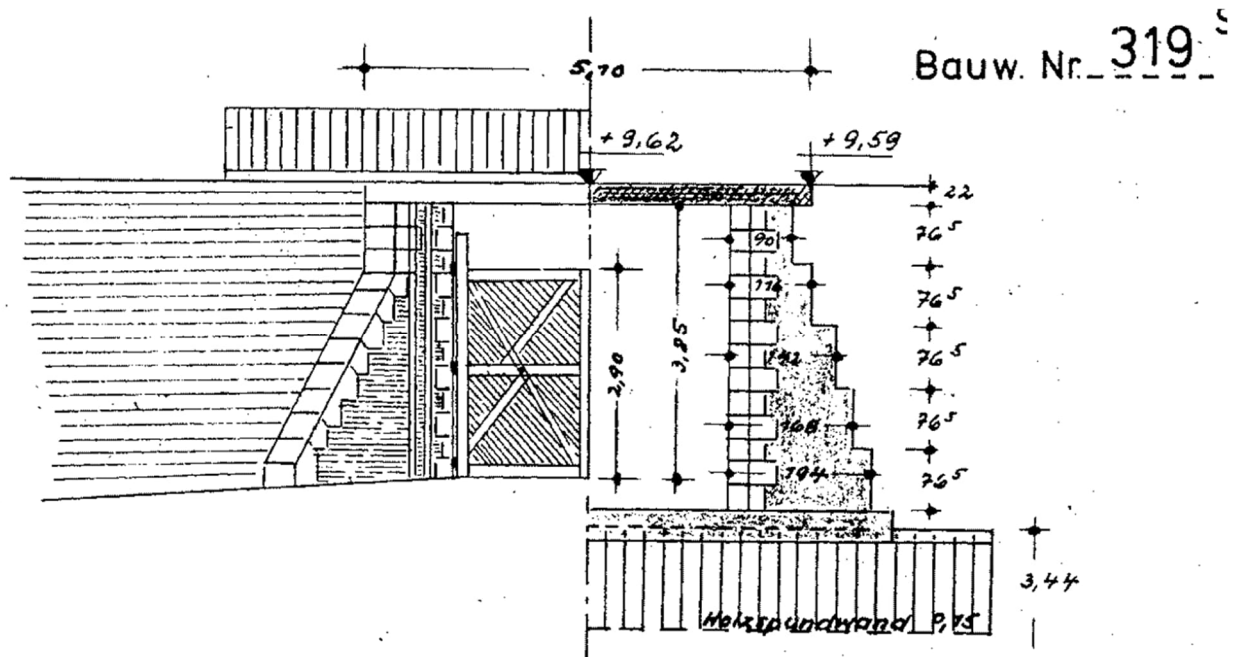


Abbildung 5: Ansicht, Längsschnitt Deichschart Quelle: Archiv Bremischer Deichverband am linken Weserufer

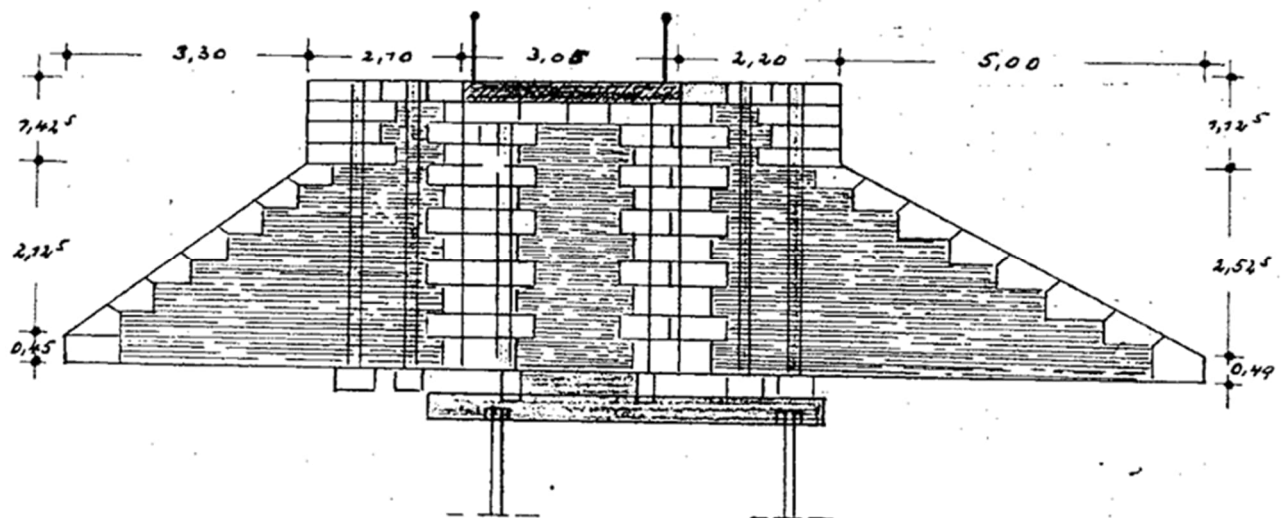


Abbildung 6: Querschnitt Deichschart Quelle: Archiv, Bremischer Deichverband am linken Weserufer

Im Dezember 2023 wurden durch die Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH Bauwerksprüfungen der einzelnen Bauwerksabschnitte am Deichschart Buntentor durchgeführt. Die Ergebnisse der einzelnen Prüfberichte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Bauwerksprüfungen aus dem Jahr 2023

Bauwerksabschnitt	Bewertung	Maßnahme
Stemmtorpaar [4]	Die Standsicherheit und Funktionsfähigkeit der Holztore und somit die Verkehrssicherheit sind im Hochwasserfall nicht mehr gegeben.	Erneuerung erforderlich.
Bohlenbelag [5]	Die Standsicherheit und Verkehrssicherheit des Bohlenbelags sind gegeben.	Keine.
Deckwerk, Zuwegung, Außenanlagen [6]	Die Verkehrssicherheit rund um das Deichschart ist durch fehlende Absturzsicherungen beeinträchtigt.	Maßnahmen zur Schadensbeseitigung oder Warnhinweise zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit oder Nutzungseinschränkungen sind umgehend erforderlich.
Ausrüstung Brücke mit seitlichen Geländerauflagerbalken [7]	Die Verkehrssicherheit des Bauwerks kann beeinträchtigt sein.	Laufende Unterhaltung erforderlich.
Überbau (Stahlbetonplatte) [8]	Die Standsicherheit und / oder Verkehrssicherheit des Brückenüberbaus sind erheblich beeinträchtigt.	Der Verkehr über die Brücke ist auf Fußgängerverkehr zu beschränken. Die Bügel unterhalb der Brücke sind nicht mehr für das Herausheben von Lasten nutzbar.
Unterbau (Massivbauwerk Deichschart) [9]	Die Standsicherheit und Verkehrssicherheit des Unterbaus sind gegeben.	Laufende Unterhaltung erforderlich.
Massivbauwerk (Schart- und Flügelwände, Sohle) [10]	Die Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit des Bauwerks sind beeinträchtigt.	Laufende Unterhaltung sowie kurzfristig bis mittelfristig Instandsetzung erforderlich.
Dambalkenverschlüsse [11]	Die Funktionsfähigkeit des Dambalkenverschlusses ist im Hochwasserfall durch Um- und Unterläufigkeit beeinträchtigt. Keine abschließende Beurteilung möglich.	Nachrechnung der Dambalken erforderlich (siehe auch Statische Nachrechnung von Dambalkenverschluss [12]). Umgehende Ergänzung von Dichtungen erforderlich.

Auf Grundlage der Bauwerksuntersuchungen wurde durch die Ingenieurberatung Bröggelhoff GmbH ein „Maßnahmenkonzept für hochwasserfreie Zeiten und den Betrieb im Hochwasserfall“ ausgearbeitet [13]. Das Ziel des Maßnahmenkonzeptes ist es, den Betrieb des Deichscharts bis zur Bauumsetzung der Hochwasserschutzplanung für den BA 4 sicherzustellen. Gemäß des Maßnahmenkonzeptes wird das Deichschart in Zeiten ohne Beanspruchung durch Hochwasser als Standsicher angesehen. Es werden jedoch Maßnahmen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit und der Verkehrssicherheit gefordert. Die Standsicherheit im Hochwasserfall ist aufgrund von Schäden an den Stemmtoren sowie durch

Steinschäden im Bereich der Toraufleger nicht mehr gegeben. Die Standsicherheit der Brücke ist durch Betonschäden erheblich beeinträchtigt und es wird empfohlen die Nutzung für den Fußgängerverkehr einzuschränken.

Das Deichschart Buntentor befindet sich im Besitz des Sondervermögens Infrastruktur. Sofern es den Hochwasserschutzt betrifft, ist der Deichverband am linken Weserufer für die Unterhaltung des Bauwerks zuständig.

2.3 Baugrundverhältnisse

Im Jahr 2014 wurden u. a. im Bereich des BA 4 Baugrunderkundungen durchgeführt und die Ergebnisse im Geotechnischen Bericht vom 08.09.2014 von der Hochschule Bremen – Institut für Geotechnik zusammengefasst [14]. Wegen der räumlichen Nähe zum Deichschart soll das Aufschlussergebnis der in diesem Zusammenhang bei Deichkilometer 6+800 durchgeführten Bohrsondierungen zur Beschreibung des Baugrundes herangezogen werden. In der Tabelle 2 ist der Baugrundaufbau vereinfacht dargestellt.

Tabelle 2: Bemessungsprofil [14]

	Bodenart	Schichtunterkante
1	Auffüllung (tw. Bauschutthaltig, Schluff)	+3,30 m NHN
2	Ton	0,00 m NHN
3	Sand	-3,30 m NHN

Wie der Tabelle 2 entnommen werden kann, wird im Untersuchungsgebiet eine ca. 3,3 m mächtige Tonschicht von Sanden unterlagert. Oberhalb der Tonschicht liegt eine ebenfalls ca. 3,3 m mächtige Auffüllung vor.

Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick der Bodenkennwerte, die für die Betrachtung des Tragwerks relevant sind.

Tabelle 3: Bodenkennwerte [14]

Bodenschicht (Bodengruppe)	Wichte	Scherfestigkeit		Undränierete Scherfestigkeit	Steifezahl
	γ/γ' [kN/m ³]	φ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	E_{sk} [MN/m ²]
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

Nach der Überarbeitung der Alternative „Grundinstandsetzung“ wurde der Kurzbericht zu den Baugrunderkundungen 2024 übermittelt. Der Vollständigkeit halber werden die Ergebnisse kurz zusammengefasst. Die Berücksichtigung der Baugrunderkundungen 2024 findet jedoch in der Machbarkeitsstudie keine Anwendung.

Tabelle 4: Bemessungsprofil KRB 01 [15]

	Bodenart	Schichtunterkante
1	Auelehm Deichkörper, steif	+5,01 m NHN
2	Auelehm gewachsen weich bis steif	+2,21 m NHN
3	Enggestufte Sande mitteldicht bis dicht	-3,29 m NHN

Tabelle 5: Bodenkennwerte [15]

Bodenschicht (Bodengruppe)	Wichte	Scherfestigkeit		Steifezahl
	γ/γ' [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	E_{sk} [MN/m ²]
Auelehm Deichkörper, steif	17/7	22,5	5-15	1-4
Auelehm gewachsen weich bis steif	16,5/6,5	20	5-10	1-3
Enggestufte Sande mitteldicht bis dicht	18,5/9,5	32,5	0	30-50

2.4 Wasserstände

Gemäß dem Prüfungsvermerk aus dem Jahr 2022 [16] sind den Planungen für den BA 4 ein Bemessungsstand von +7,95 m NHN und eine Bestickhöhe von +8,70 m NHN zugrunde zu legen. Aufgrund der Erkenntnisse zum Meeresspiegelanstieg (IPCC Sonderbericht SROCC 2019) ist darüber hinaus ein erhöhtes Klimavorsorgemaß von 1,0 m schon jetzt statisch-konstruktiv zu berücksichtigen, wonach sich ein Bemessungswasserstand von +8,95 m NHN und eine Bestickhöhe von +9,70 m NHN ergeben.

Die bauzeitliche Hochwasserschutzhöhe wurde in Abstimmung mit der Auftraggeberin (Besprechung vom 13.12.2022) auf +7,00 m NHN festgelegt.

2.5 Notwendigkeit der Ertüchtigung

Im Zuge der Deichbauplanung des 4. BA der Stadtstrecke wurde eine Nachrechnung des Deichscharts durchgeführt [17]. Es wurde festgestellt, dass das Deichschart eine ungenügende Standsicherheit für den aktuell gültigen und zukünftigen Bemessungswasserstand aufweist. Es wurden Defizite der Nachweise der inneren Sicherheit und äußeren Sicherheit festgestellt. Der Kippnachweis der inneren Sicherheit und der Nachweis gegen Kippen, Gleiten und Grundbruch der äußeren Standsicherheit wurde nicht eingehalten.

2.6 Voraussetzungen und Anforderungen

Die drei Planungsalternativen sind im Kontext der aktuell laufenden Vorplanung für den 4. BA der Stadtstrecke zu betrachten (in Bearbeitung durch die ARGE Grontmij GmbH / WES GmbH). Sofern keine abweichenden Randbedingungen aufgeführt werden, gelten die Randbedingungen aus der zuvor genannten Planung.

Hinsichtlich des Küstenschutzes gelten grundsätzlich die „Kriterien für weiterführende Planungen in Bezug auf Hochwasserschutzanlagen“ [18] sowie die aktualisierten Vorgaben aus dem Prüfungsvermerk [16]. Darüber hinausgehende Planungsrandbedingungen für die Ausarbeitung der Alternativen werden von der Auftraggeberin vorgegeben. Die Planungsalternativen werden mit unterschiedlichen Randbedingungen entwickelt. Für die Alternativen „Ersatzloser Rückbau“ und „Neubau“ gelten folgende Randbedingungen:

- die Abmessungen des vorhandenen Deichscharts sind für den Neubau für den Zweck der Machbarkeitsstudie beizubehalten (ggf. in einer anschließenden Vorplanung jedoch zu verifizieren)
- auf der Deichkrone ist ein 4,00 m breiter, befestigter Deichverteidigungsweg, der gleichzeitig als Radpremiumroute dient, zu berücksichtigen (für einen reinen Deichverteidigungsweg sind lediglich 3,0 m zu berücksichtigen)
- für den Deichverteidigungsweg sind die Nutzungsanforderungen entsprechend SLW 60 einzuhalten
- für Erddeiche gilt eine Außenböschungsneigung von 1:4 und eine Binnenböschungsneigung von 1:3
- eine Erhöhungsmöglichkeit der Bestickhöhe um 1,0 m auf +9,70 m NHN (Vorsorgemaß) ist statisch-konstruktiv und räumlich zu berücksichtigen
- Eingriffe in Privatgrundstücke sind zu minimieren
- eine Zufahrt ins Vorland für Rettungs- und Unterhaltungsfahrzeuge ist vorzusehen
- eine barrierefreie Zuwegung vom Buntentorsteinweg ins Vorland ist zu identifizieren
- eine Trennung der Geh- und Radverkehre entlang des Deiches sowie eine Reduzierung von gefährlichen Kreuzungsbereichen ist gewünscht

Für die Alternative „Grundinstandsetzung“ werden in Absprache mit der Auftraggeberin die nachfolgenden Randbedingungen berücksichtigt.

- die Bestickhöhe von +8,70 m NHN ist einzuhalten

- das Vorsorgemaß von 1,00 m darf bei Bauen im Bestand vernachlässigt werden
- die Breite der Überfahrt darf wie im Bestand beibehalten werden
- der Brückenüberbau ist nicht auf Schwerlastverkehr SLW 60 auszulegen
- eine Zufahrt ins Vorland für Rettungs- und Unterhaltungsfahrzeuge ist vorzusehen
- eine barrierefreie Zuwegung vom Buntentorsteinweg ins Vorland ist zu identifizieren
- eine Trennung der Geh- und Radverkehre entlang des Deiches sowie eine Reduzierung von gefährlichen Kreuzungsbereichen ist gewünscht

Für die Überarbeitung der Alternative „Grundinstandsetzung“ haben sich die folgenden Randbedingungen geändert:

- eine Erhöhungsmöglichkeit der Bestickhöhe um 1,0 m auf +9,70 m NHN (Vorsorgemaß) ist statisch-konstruktiv und räumlich zu berücksichtigen (Abstimmung vom 12.03.2024)
- es ist eine befestigten Mindestbreite von 4,0 m für die Überfahrt vorzusehen
- der Brückenüberbau ist auf Scherlastverkehr SLW 60 auszulegen
- die Anforderungen des Denkmalschutzes sind für das Deichschart zu berücksichtigen

Zur bestmöglichen Berücksichtigung des Denkmalschutzes haben Abstimmungsgespräche mit dem Landesamt für Denkmalpflege, Bremen stattgefunden. Gemäß Besprechungsprotokoll vom 13.03.2024 [19] sind insbesondere folgende Elemente des Deichscharts im Sinne des Denkmalschutzes von Bedeutung:

- Schwergewichtswände mit sichtbaren Ziegelsteinen
- Kalksandstein
- Bodenbelag aus Granitstein

Für die nachfolgend aufgeführten Bestandteile des Deichscharts wurde abgestimmt, dass diese entfallen oder verändert werden können ohne, dass die Denkmalwürdigkeit des Bauwerkes gefährdet ist.

- die Brücke (es ist wünschenswert das vorhandene Geländer zu erhalten)
- die Holztore können durch Tore aus einem anderen Material ersetzt werden
- die Treppe
- die Holzklappen im Boden nur bei Notwendigkeit und mit abgestimmtem Ersatz
- die Böschungsbefestigung (Granitpflaster) hinter der Flügelwand (ein Rückbau muss gestalterisch angemessen im Zusammenspiel mit der neuen Hochwasserschutzanlage erfolgen)

Die Hinweise und Vorgaben des Landesamts für Denkmalpflege werden in der überarbeiteten Alternative „Grundinstandsetzung“ berücksichtigt.

Des Weiteren ist in allen Alternativen ein Mikro-Park zwischen der Deichlinie und dem Buntentorsteinweg vorzusehen.

Hinsichtlich der Gestaltung sind für den gesamten 4. BA der Stadtstrecke die Vorgaben aus dem Flächennutzungsplan Bremen, Stand 01.10.2021 zu berücksichtigen. Gemäß dem Flächennutzungsplan Bremen, Stand 01.10.2021 liegt der Planungsraum in einer Grünfläche, die gleichzeitig eine Grünverbindung darstellt.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie ist im Kontext der laufenden Vorplanung für den 4. Bauabschnitt der Stadtstrecke zu sehen. Der geplante Verlauf und die Geometrie des Deiches werden entsprechend des derzeitigen Standes der Vorplanung in der Machbarkeitsstudie berücksichtigt (siehe Anlage 1.2).

3 Beschreibung der Alternativen

3.1 Alternative 1: Ersatzloser Rückbau

Die Planungsalternative 1 „Ersatzloser Rückbau“ umfasst den vollständigen Rückbau des bestehenden Deichschart und die Errichtung eines Erddeiches nach den Vorgaben des Generalplans Küstenschutz Niedersachsen/Bremen. Im Zuge der Ausarbeitung dieser Planungsalternative sind der Abbruch des Deichschart, die Linienführung des neu zu planenden Deiches, ein neues Konzept der Wegeführung sowie der bauzeitliche Hochwasserschutz zu betrachten.

Im Bestand bietet das Deichschart im Bereich der Neustadt und Habenhausens eine zentrale Zufahrt bzw. Zugang ins Deichvorland auf Straßenhöheniveau. Die Zufahrt wird durch den Deichverband am linken Weserufer und den Umweltbetrieb Bremen (UBB) nicht oder kaum für Unterhaltungszwecke genutzt. Weiterhin dient das Deichschart insbesondere auch als Zuwegung für Rettungsfahrzeuge, da die Feuerwehr die Slipanlage im Vorland für das Einsetzen des Rettungsbootes nutzt. Ein weiteres Interesse besteht seitens des Kiosks am Deichschart, da die Lieferverkehre über das Deichschart erfolgen. Für die Geh- und Radverkehre stellt das Deichschart eine barrierefreie Verbindung zwischen dem Buntentorsteinweg und dem Naherholungsgebiet Werdersee dar. Die Machbarkeit der Planungsalternative kann erst als gegeben bewertet werden, wenn für alle bestehenden Interessen eine akzeptable Alternativlösung gefunden wurde.

In Abstimmung mit dem Deichverband am linken Weserufer und dem Referat 32, SKUMS wurde festgestellt, dass sofern möglich auf Deichscharte in Hochwasserschutzanlagen zu verzichten ist, da diese grundsätzlich eine Schwachstelle darstellen. Das Tor muss bei einem zu erwartenden Hochwasserereignis durch das Personal des Deichverbandes am linken Weserufer aktiv verschlossen werden, um sicherheitswirksam zu werden.

Die Planungsalternative ist in einem Lageplan und einem Querschnitt, die diesem Bericht als Anlage 1.1 und 1.2 beigelegt sind, dargestellt. Die Darstellung der Alternative im Lageplan erfolgt auf der Grundlage des aktuellen Planungsstandes der Vorplanung des 4. BA (in Bearbeitung durch die ARGE Grontmij GmbH / WES GmbH).

Die Planungsalternative sieht vor, dass das Deichschart vollständig zurückgebaut und ein begrünter Erddeich mit einer Bestickhöhe von +8,70 m NHN ausgeführt wird. Für die zukünftige Erhöhung, um das Vorsorgemaß von 1,00 m (2. Ausbauschritt) auf +9,70 m NHN, wird der Einsatz einer HWS-Wand im Bereich des wasserseitigen Bankettes vorgesehen. Der Deichverteidigungsweg (Radpremiumroute) ist auf der Deichkrone mit einer Fahrbahnbreite von 4,00 m und beidseitiger je 0,50 m breiter Bankette geplant. Die Außenböschung des Deiches wird mit einer Neigung von 1:4 ausgebildet und die Binnenböschung mit einer Neigung von 1:3. Im Bereich der anliegenden Häuser wird die Bestandsböschung beibehalten. Bei nicht vollständiger Ausbildung des Deichfußes wird ein Stützbauwerk binnenseitig sowie außenseitig zur Abfangung errichtet. Grundsätzlich ist vorgesehen den hier beschriebenen grünen Erddeichs beizubehalten und ihn bestmöglich in das grüne Landschaftsbild des 4. BA einzubetten.

Um weiterhin an der Stelle des Deichschart eine Zuwegung vom Buntentorsteinweg ins Deichvorland zu gewährleisten, wird eine Treppenführung über den Deich vorgesehen. Die Treppe wird mit Podesten und einem Handlauf ausgeführt. Zwischen dem geplanten Deich und dem Buntentorsteinweg verbleibt eine platzartige Fläche, die als sogenannter Mikro-Park (ca. 90 m² Grünfläche) mit einem Bestandsbaum und ggf. weiteren Baumpflanzungen genutzt werden kann. Als Mikro-Park ist hier eine innovative Lösung für Grün auf knappem Raum zu verstehen. Vor dem Fahrradgeschäft im Buntentorsteinweg 270

ist eine ca. 4,0 m breite befestigte Fläche vorgesehen und der Hinterhof des Buntentorsteinweg 268 wird über einen 1,2 m breiten befestigten Weg erschlossen.

Im Zuge der Deichbauplanung des 4. BA der Stadtstrecke ist die Errichtung einer barrierefreien Rampe vom Buntentorsteinweg auf den Deich innerhalb der Grünanlage an der Straßenbahnhaltestelle Kirchweg vorgesehen. Somit entsteht in einer Entfernung von ca. 100 m zum bestehenden Deichschart ein vollständig barrierefrei ausgebauter Zugang auf den Deich und bietet somit Zugang in das Naherholungsgebiet Werdersee.

In dieser Alternative wird eine Trennung der Geh- und Radverkehre umgesetzt. Der Radverkehr wird zukünftig über den Deichkronenweg geführt, während der Fußgängerverkehr den Deichunterhaltungsweg im Vorland nutzt.

Die Zufahrt für Rettungs- und Unterhaltungsfahrzeuge ins Vorland sowie für Lieferverkehre zum Kiosk ist vom Buntentorsteinweg kommend über einen Weg auf Höhe der Haltestelle Rosenpfad und weiter über den Geh- und Radweg in Verlängerung Buntentorsdeich vorgesehen. Der straßenseitige Teil des Weges dient bereits als Feuerwehrezufahrt vom Buntentorsteinweg auf den Hinterhof des Gebäudes Buntentorsteinweg 374 und weist hier eine Breite von ca. 5,0 m auf. Im weiteren Verlauf verjüngt sich die befestigte Breite des Weges auf ca. 2,5 m, wobei die Breite des Flurstücks ca. 5,0 m beträgt. Wie in Anlage 1.1 dargestellt wurden die Schleppkurven für Rettungsfahrzeuge der Feuerwehr gemäß der „Muster-Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr“ vom Februar 2007 überprüft und es ergibt sich der Bedarf die Seitenbereiche des Weges teilweise zu pflastern. Zur Herstellung des Anschlusses zwischen dem Weg und dem vorhandenen Geh- und Radweg in Verlängerung Buntentorsdeich ist ein Baum (Linde) zu fällen und der Bereich der Schleppkurve zu pflastern (siehe Abbildung 7). Es liegen keine Bestandsunterlagen über den Aufbau des bestehenden Geh- und Radwegs vor, daher wurde im Kostenrahmen eine Ertüchtigung des Wegeaufbaus vorgesehen. Ausgehend von einer Anfahrt aus Richtung Wache 1 der Feuerwehr verlängert sich der Anfahrtsweg für Rettungsfahrzeuge um 700 m. In einem Abstimmungstermin am 09.03.2023 gab die Feuerwehr Bremen an, dass eine Zufahrt über die dargestellte Wegeführung (Anlage 1.1.) hingenommen werden könne.



Abbildung 7: Bereich der geplanten Zufahrt für Rettungsfahrzeuge mit der zu fällenden Linde, Blickrichtung Buntentorsdeich; *Foto: Sweco GmbH*



Abbildung 8: Geplante Zufahrt für Rettungsfahrzeuge, Blickrichtung vom Buntentorsteinweg zu „Am Dammacker“, *Foto: Sweco GmbH*

Im Allgemeinen wird vorgesehen das Deichschart konventionell bzw. maschinell zurückzubauen. Für den Rückbau wird eine geböschte Baugrube hergestellt. Die Sickerschürze des Scharfs wird bis 1,00 m unter GOK abgebrochen. Die darunterliegende Spundwand kann im Boden verbleiben. Bezüglich des bauzeitlichen Hochwasserschutzes siehe 3.5.

Der Kostenrahmen für die beschriebene Alternative kann dem Abschnitt 4.1 entnommen werden. Im Kostenrahmen wird ein pauschaler Ansatz für eine besondere Gestaltung der Freianlage im Bereich des entfallenden Deichscharfs vorgesehen.

Die Planungsalternative „Ersatzloser Rückbau“ erfüllt alle Voraussetzungen und Anforderungen (siehe Abschnitt 2.6) und gilt somit im Sinne der Studie als machbar.

3.2 Alternative 2: Grundinstandsetzung

Die Planungsalternative „Grundinstandsetzung“ wurde im Rahmen der Erweiterung der Machbarkeitsstudie überarbeitet. Im Folgenden wird zunächst kurz die ursprüngliche Alternative zusammengefasst und dann die überarbeitete Alternative 2.1 vorgestellt.

Im Zuge der Deichbauplanungen wurde eine Nachrechnung des Deichscharfs durchgeführt [17]. Es wurden Defizite der Nachweise der inneren und äußeren Sicherheit festgestellt. Der Kippnachweis der inneren Sicherheit und der Nachweis gegen Kippen, Gleiten und Grundbruch der äußeren Sicherheiten wurde nicht eingehalten.

Für die Wiederherstellung der Standsicherheit wurde in der ursprünglichen Planungsalternative „Grundinstandsetzung“ ein Verspannen der Mauerelemente mittels Verpressanker vorgesehen. Die Fundamentplatte sollte im Bereich der Tore neu ausgebildet werden und dadurch aussteifend wirken. Im Bereich der Flügelwände wurde ein Stahlbeton-Balkensystem geplant, welches ebenfalls eine aussteifende Wirkung erzeugen sollte. Die Flügelwände sollten aufgrund der flacheren Deichneigung aufgehöhht und durch Winkelstützwände verlängert werden. Die Abbildung 9 und die Abbildung 10 zeigen die ursprüngliche Planung.

Der Bauwerksuntersuchungen [20] kann entnommen werden, dass die Scharf- und Flügelwände möglicherweise aus Ziegelmauerwerk bestehen. Dies würde dazu führen, dass die Umsetzung der ursprünglichen Alternative nicht empfohlen werden kann.

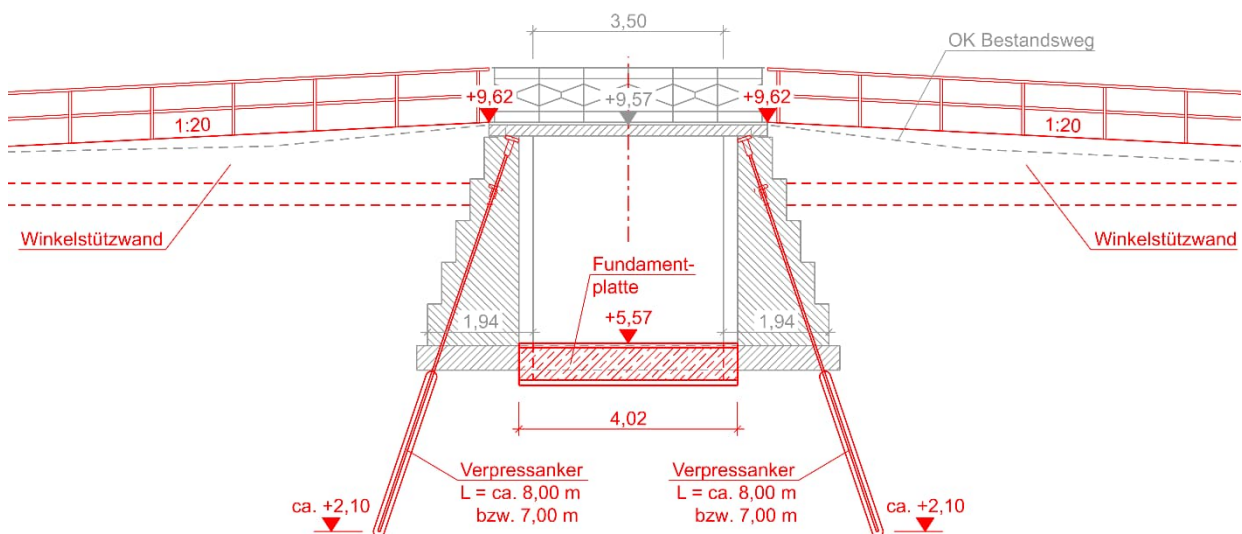


Abbildung 9: Alternative „Grundinstandsetzung“ – Querschnitt (Stand 2023)

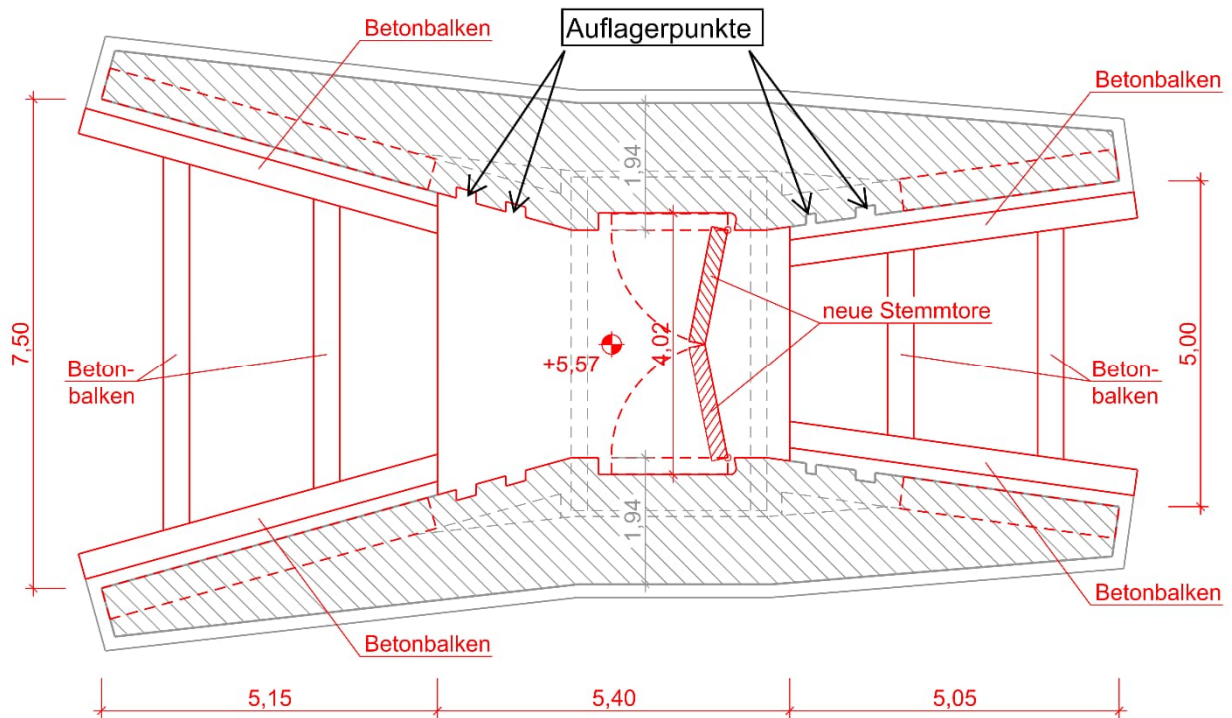


Abbildung 10: Alternative „Grundinstandsetzung“ – Grundriss (Stand 2023)

Aufgrund der Belange des Denkmalschutzes und der Denkmalpflege [1] sowie geänderten Planungsrandbedingungen wurde die Planungsalternative „Grundinstandsetzung“ überarbeitet und mit dem Landesamt für Denkmalpflege abgestimmt.

Die Lösungsalternative für das Tragwerk wurde ausgehend von den zuvor in der „Nachrechnung Deichschart“ festgestellten Mängeln entwickelt. Die Zielsetzung sieht vor, dass der Erddruck von den bestehenden Schwergewichtswänden genommen und die Entstehung von Wasserdruckdifferenzen als Last auf die Schwergewichtswände verhindert wird. Sie auch Anlage 2.

In der Alternative „Grundinstandsetzung“ wird die innere und äußere Standsicherheit mithilfe von Flügelwänden erhöht. Die Flügelwände werden als Spundwände parallel zur Schwergewichtswand verlaufend ausgebildet und dienen dazu, den Geländesprung des flacher verlaufenden Deiches (Neigung 1:4) abzufangen sowie den Erd- und Wasserdruck auf die Schwergewichtswände aufzunehmen. Außerdem werden die Spundwände als Gründungselement des Brückenüberbaus für den Deichverteidigungsweg genutzt. Aufgrund des nahestehenden Bestandsbauwerkes sind die Spundbohlen erschütterungsarm einzupressen. Der Boden zwischen den Schwergewichtswänden und Flügelwänden ist abzugraben und mit einer selbsttragenden und drainierten Hinterfüllung aufzufüllen.

Schnitt B-B M. 1:100

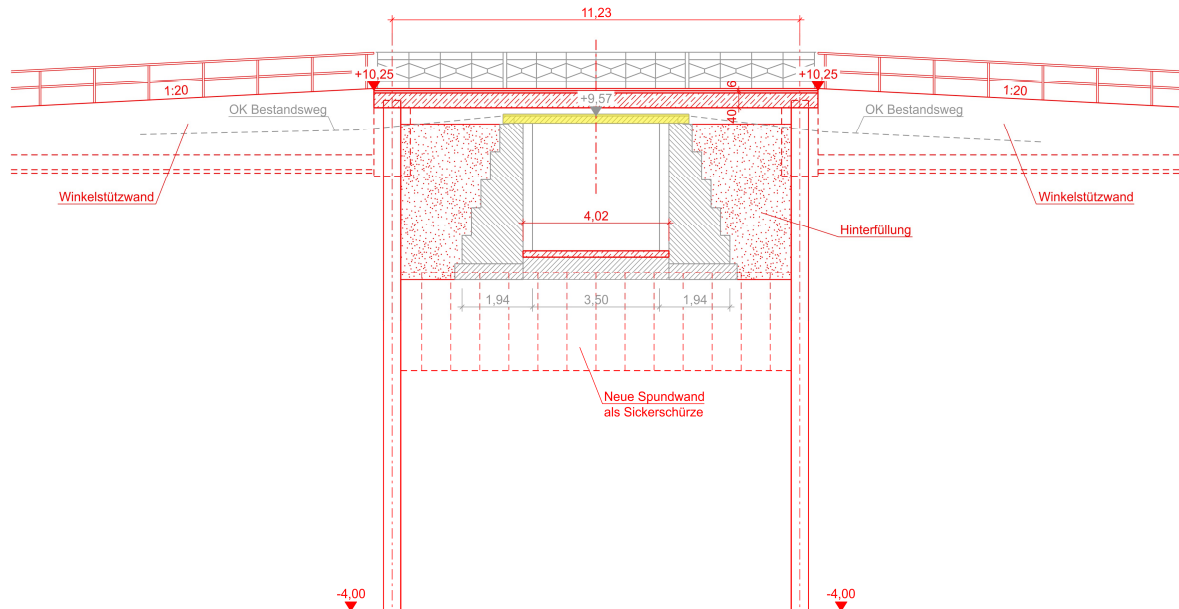


Abbildung 11: Alternative „Grundinstandsetzung“ überarbeitet – Querschnitt B-B

Es ist davon auszugehen, dass die Toraufhängungen erneuert werden müssen. Die Lösungsvariante beinhaltet ein Durchtrennen der Schwergewichtswände im Bereich der Toraufhängungen. Es ist geplant ca. 0,80 m Breite Teile der Schwergewichtswände herauszuschneiden und mit Stahlbeton bis zur Spundwand auszufüllen. Der daraus entstehende Stahlbetonriegel ist mit Bolzen an die Flügelwände anzuschließen. Die Toraufhängungen werden in dem Stahlbeton verankert und bilden das Schott. Im Zuge dessen wird empfohlen, die Sickerschürze ebenfalls zu erneuern. Die neu einzusetzende Sickerschürze in Form einer Stahlspundwand wird im Zuge der Ertüchtigung der Toraufhängung eingebracht. Die Sickerschürze verläuft über die gesamte Breite zwischen den Flügelwänden und wird an diese mittels Verbindungsstücke angeschlossen. Das Stahlbeton-Schott mit Sickerschürze bildet dabei die Dichtungslinie des Deichschartes.

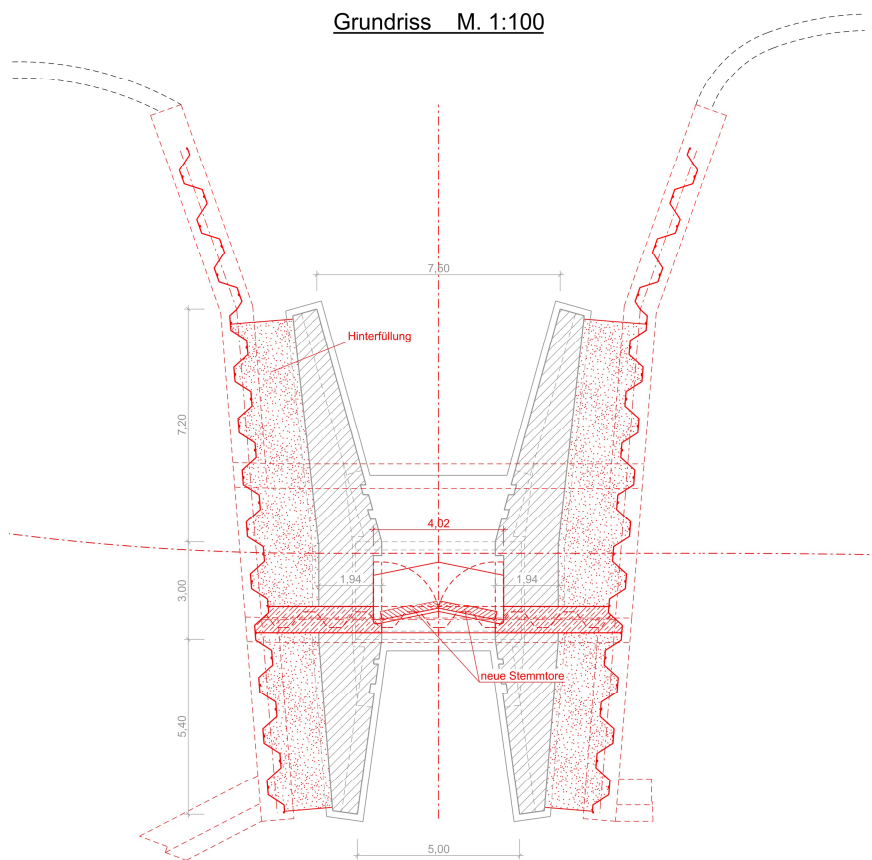


Abbildung 12: Alternative „Grundinstandsetzung“ überarbeitet - Grundriss

Im Bereich der Stenmtore ist im Bestand eine Bodennische angeordnet, welche im Hochwasserfall die Unterkante des Stenmtores abdichtet. Diese ist im Bestand mit Holzplatten abgedeckt. Da die Stenmtore ebenfalls erneuert werden, wird eine durchgehende Fundamentplatte ausgebildet und die Bodennische entfällt. Dies hat den Vorteil, dass in einem Hochwasserfall die Stenmtore ohne Hilfsmittel verschlossen werden können. Diese Maßnahme führt zu einem sichereren Hochwasserschutz und einem geringeren Wartungsaufwand.

Schnitt A-A M. 1:100

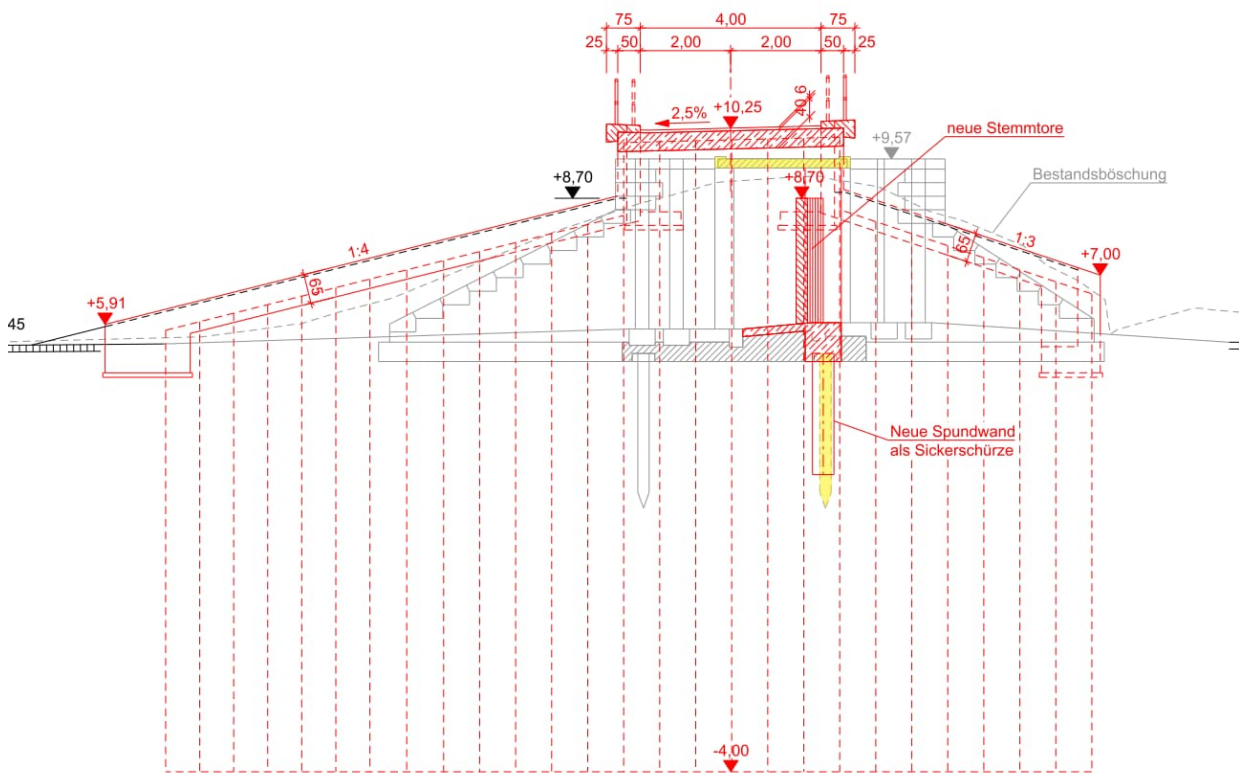


Abbildung 13: Alternative „Grundinstandsetzung“ überarbeitet – Querschnitt A-A

Die Holzstemmtore werden durch Stahlstemmtore ersetzt.

Für die Durchgängigkeit des Deichverteidigungsweges wird die Bestandsüberbauplate im Zuge der Sanierung durch eine 4,5 m breite und ca. 0,80 m starke Überbauplate ersetzt, welche auf die Belastung SLW 60 ausgelegt ist. Dabei werden die wasserseitigen Dammbalkennischen von der Überbauplate überspannt. Im Hochwasserfall sind die landseitigen Dammbalkennischen zu verwenden. Eine Verstärkung der Dammbalkennischen ist vorgesehen. Die Überbauplate wird mit einer Höhe von +10,25 m NHN ausgebildet. Die Rampe des Deichverteidigungsweges auf den Brückenüberbau wird mit einer Neigung von 1:20 ausgebildet. Der entstehende Geländesprung zwischen Rampe und Deichböschung wird mittels Winkelstützwänden abgefangen. Es entstehen Wandansichtshöhen von bis zu ca. 1,5 m auf der Wasserseite und von bis zu ca. 1,3 m auf der Binnenseite.

Für eine Erhöhung der Bestickhöhen auf +9,70 m NHN muss der Überbau entfernt, die Auflager erhöht und das Tor ausgetauscht werden. Des Weiteren müssen die Anrampungen angepasst werden, wodurch sich die Ansichtshöhen der Stützwände der Rampen erhöhen.

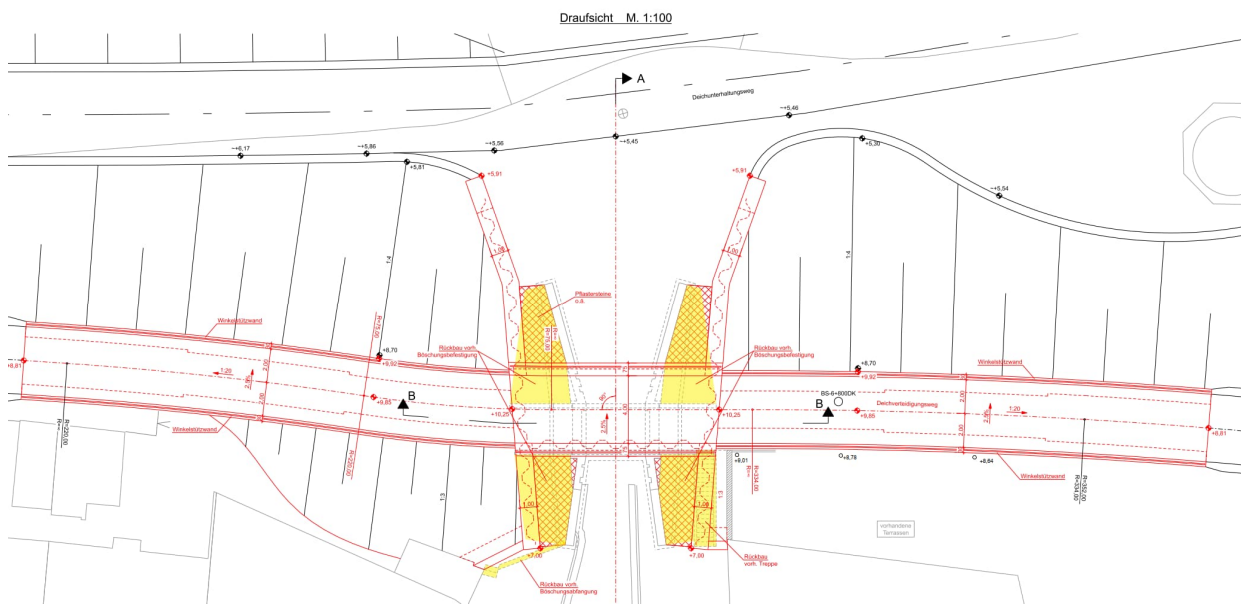


Abbildung 14: Alternative „Grundinstandsetzung“ überarbeitet – Draufsicht

Vor dem Beginn der Maßnahme ist das Deichschart bauzeitlich auszusteifen. Es sind vertikale Lastverteilungsbalken über die Höhe der Schwergewichtswände anzuordnen.

Die Schwerlastwände bleiben in dieser Alternative lediglich aus Gründen des Denkmalschutzes erhalten. Ihre Funktion für den Hochwasserschutz beschränkt sich auf die Dammbalkennischen, wobei im Zuge der nächsten Planungsphase auch eine Entkopplung der Dammbalkenlagen von den Schwergewichtswänden untersucht werden kann. Seitens des Deichverbandes am linken Weserufer wurde bereits signalisiert, dass eine Unterhaltung der Schwergewichtswände nicht durch den Deichverband erfolgen könne. Alternativ muss das Sondervermögen Infrastruktur für die Unterhaltung der Schwergewichtswände sorgen.

Das Verkehrskonzept kann dem Abschnitt 3.4 entnommen werden. Bezüglich des bauzeitlichen Hochwasserschutzes siehe 3.5.

Der Kostenrahmen für die beschriebene Alternative kann dem Abschnitt 4.1 entnommen werden.

Die Planungsalternative „Grundinstandsetzung“ erfüllt alle Voraussetzungen und Anforderungen (siehe Abschnitt 2.6) und gilt somit im Sinne der Studie als machbar.

3.2.1 Visualisierung der Alternative Grundinstandsetzung

Im Zuge der Erweiterung der Machbarkeitsstudie wurden durch das Büro „Architektur- und technische Visualisierungen, Dipl.-Ing. Jörg Nitschke“ Visualisierungen für die überarbeitete Alternative „Grundinstandsetzung“ ausgearbeitet. Die Abbildung 15 und Abbildung 16 zeigen die Visualisierung der überarbeiteten Alternative „Grundinstandsetzung“.



Abbildung 15: Visualisierung überarbeitete Alternative „Grundinstandsetzung“ – Blick Richtung Weser [21]



Abbildung 16: Visualisierung überarbeitete Alternative „Grundinstandsetzung“ – Blick Richtung Neustadt [21]

3.3 Alternative 3: Neubau

Als dritte Planungsalternative wird der Neubau des Deichscharls beschrieben (siehe Anlage 3). Die Planungsalternative beinhaltet zunächst den Rückbau des bestehenden Deichscharls und einen modifizierten und an die Planungsrandbedingungen angepassten Neubau.

Für die Umsetzung der Alternative „Neubau“ wird das vorhandene Deichschart vollumfänglich zurückgebaut. Somit ist ebenfalls ein Ziehen der Sickerschürze in Holzbauweise durchzuführen. Bei einem Neubau kann die Baugrube des Abbruchs ebenfalls für das zu erstellende Bauwerk verwendet werden.

Der Neubau des Deichscharls wird als flachgegründetes Stahlbetonbauwerk geplant.

Das Stahlbetonbauwerk wird im Bereich des Tores als Trogbauwerk ausgeführt. Zur Abfangung des Deichkörpers werden Flügelwände als Winkelstützwände konzipiert. Die Winkelstützwände können entsprechend mit der Deichneigung abflachen. Das Stahlbetonbauwerk kann durch eine vorgesetzte Verklinkerung optisch an das Bestandsbauwerk angenähert werden.

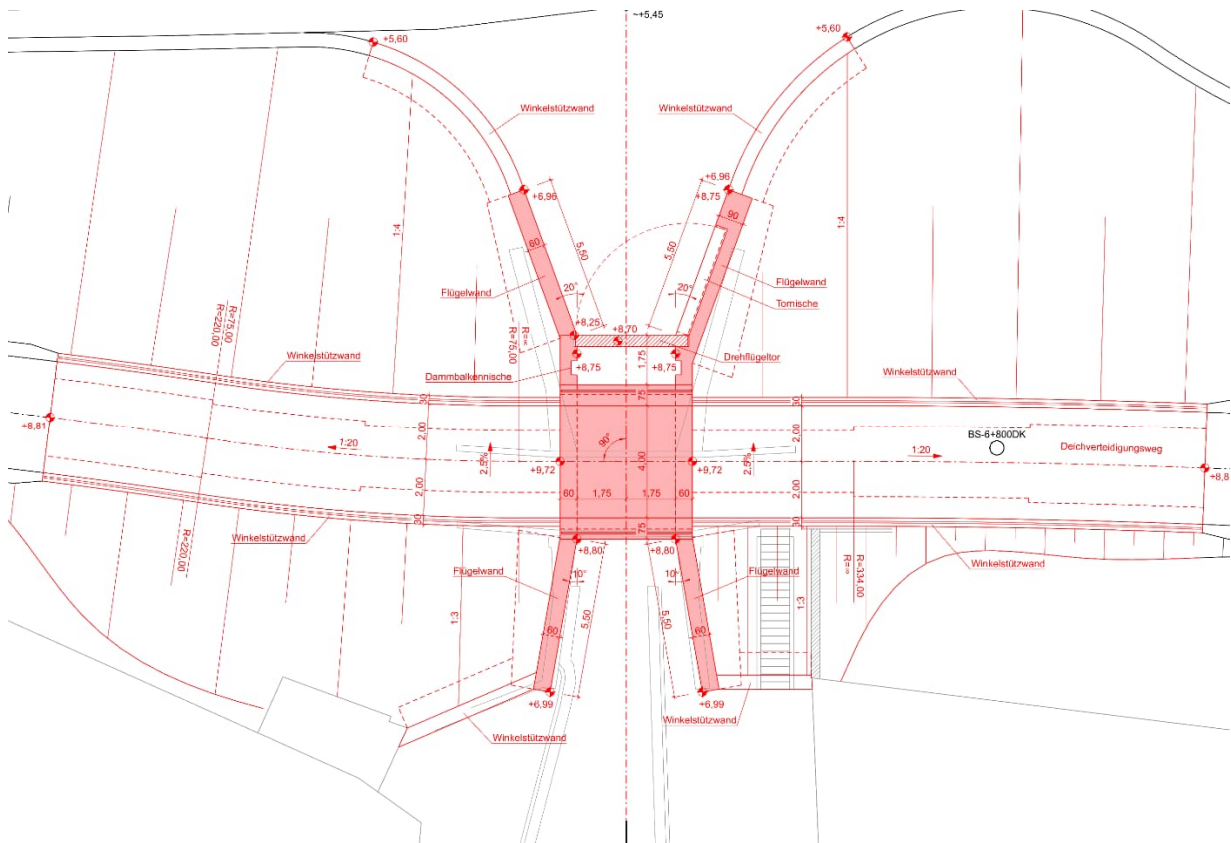


Abbildung 17: Alternative „Neubau“ - Draufsicht

Für die Verlängerung des Sickerwegs wird empfohlen eine Sickerschürze aus Spundwänden unter dem Trogbauwerk auszubilden. Die Sickerschürze wird unter dem Drehflügeltor angeordnet und bindet in die bindige Schicht (Ton) ausreichend ein.

Gemäß des Pflichtenhefts für Deichscharte [22] sind Deichscharte mit einem ortsfesten (1. Deichsicherheit) und einem ortsveränderlichen (2. Deichsicherheit) Verschluss auszurüsten. Außerdem wird vorgegeben, dass bei geringen Öffnungsweiten ein einteiliges Tor (Drehflügeltor) verwendet werden soll.

Es ist geplant den Neubau mit einem Drehflügeltor und Dammbalkennischen auszurüsten. Die Dammbalkennischen werden binnenseitig des Drehflügeltores angeordnet, um eine doppelte Deichsicherheit für den Deichverteidigungsweg (gleichzeitig Radpremiumroute) zu gewährleisten. Das Drehflügeltor wird zunächst mit einer Höhe von +8,70 m NHN ausgestattet. Bei einer Erhöhung der Bestickhöhen auf +9,70 m NHN wird das Tor ausgetauscht und die Dammbalkennischen und Tornischen um 1,00 m erhöht (siehe Abbildung 18).

Die Platte für den Überbau des Deichverteidigungswegs (gleichzeitig Radpremiumroute) wird auf die Belastung SLW 60 ausgelegt und weist eine Mindestbreite von 4,00 m auf. Seitlich der Überbauplatte befinden sich jeweils 0,50 m breite Bankette und ein Geländer. Der Überbau wird auf zwei Auflagerpunkte des Trogbauwerkes aufgelegt und aussteifend ausgebildet. Die Überbauplatte weist eine Stärke von 0,30 m auf und wird ebenfalls in stahlbauweise ausgeführt.

Um die lichte Durchfahrtshöhe von 3,80 m einzuhalten, wird der Überbau auf eine Höhe von ca. +9,70 m NHN ausgeführt. Es werden Rampen mit einer Neigung von 1:20 hergestellt, die seitlich durch Winkelstützwände abgefangen werden. Das Gelände vor den Stützwänden beträgt somit +8,70 m NHN.

Das Verkehrskonzept kann dem Abschnitt 3.4 entnommen werden. Bezüglich des bauzeitlichen Hochwasserschutzes siehe 3.5.

Der Kostenrahmen für die beschriebene Alternative kann dem Abschnitt 4.1 entnommen werden. Im Kostenrahmen wird ein pauschaler Ansatz für eine besondere Gestaltung des Bauwerks Deichschart vorgesehen.

Die Planungsalternative „Neubau“ erfüllt alle Voraussetzungen und Anforderungen (siehe Abschnitt 2.6) und gilt somit im Sinne der Studie als machbar.

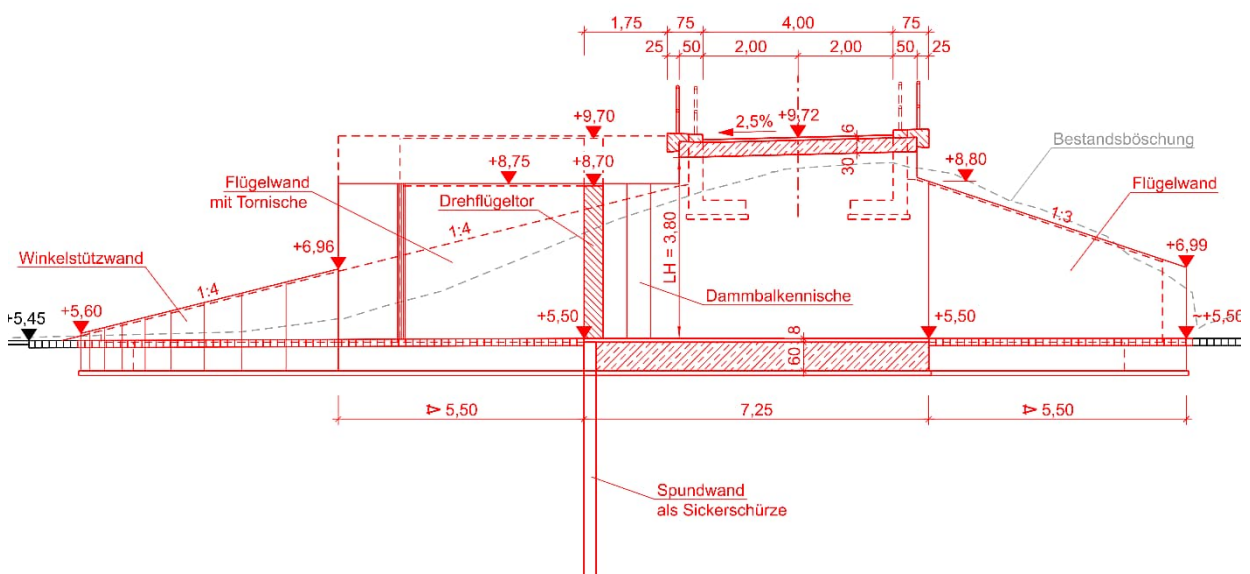


Abbildung 18: Alternative „Neubau“ – Querschnitt

3.4 Verkehrskonzept für die Alternative Grundinstandsetzung und Neubau

Als Planungsrandbedingung ist eine Trennung der Geh- und Radverkehre entlang des Deiches sowie eine Reduzierung von gefährlichen Kreuzungsbereichen definiert (siehe 2.6). Im Bestand liegt ein Konfliktpunkt wasserseitig des Deichschart vor, da hier Radfahrende und Fußgänger aus drei Richtungen aufeinandertreffen, wobei durch das Deichschart keine ausreichenden Sichtverhältnisse gegeben sind.

Zur Auflösung dieses Konfliktes ist in den beiden Alternativen mit Deichschart vorgesehen, dass die Durchfahrt durch das Deichschart für den Radverkehr gesperrt wird. Lediglich der Fußgängerverkehr wird durch das Deichschart geführt.

Wie in der Alternative „Ersatzloser Rückbau“ erfolgt die Verkehrsführung für den Radverkehr über den Deichkronenweg und für den Fußgängerverkehr über den wasserseitigen Deichunterhaltungsweg. Zur Durchsetzung des Konzeptes ist die Anordnung von Elementen, die ein schnelles Durchfahren mit dem Fahrrad stören, vorgesehen. Auf der Binnenseite, zwischen Deichschart und Buntentorsteinweg, kann die Störung durch die Gestaltung des Mikro-Parks - beispielsweise mit Bäumen – erfolgen. Wasserseitig des Deichscharts ist die Anordnung eines Hindernisses zur Störung der Durchfahrt vorgesehen. In Abbildung 19 sind drei Alternativen zur Störung der Durchfahrt dargestellt, welche im Rahmen der Machbarkeitsstudie untersucht wurden. Im Ergebnis wurde die Anordnung von Beton-Sitzstufen mit einer geringen Durchfahrtsbreite als Vorzugslösung festgelegt (siehe Anlage 2 und 3). Die Durchfahrtsbreite wird so gewählt, dass die Barrierefreiheit gegeben ist.

Durch das gewählte Verkehrskonzept ist das Deichschart in den beiden Alternativen nicht für PKW durchfahrbar. Entsprechend erfolgt auch in diesen Alternativen die Zuwegung für Rettungsfahrzeuge und die Belieferung des Kioskes am Deichschart über die Verlängerung Buntentorsdeich (siehe Anlage 1.1 und Erläuterungen unter 3.1).

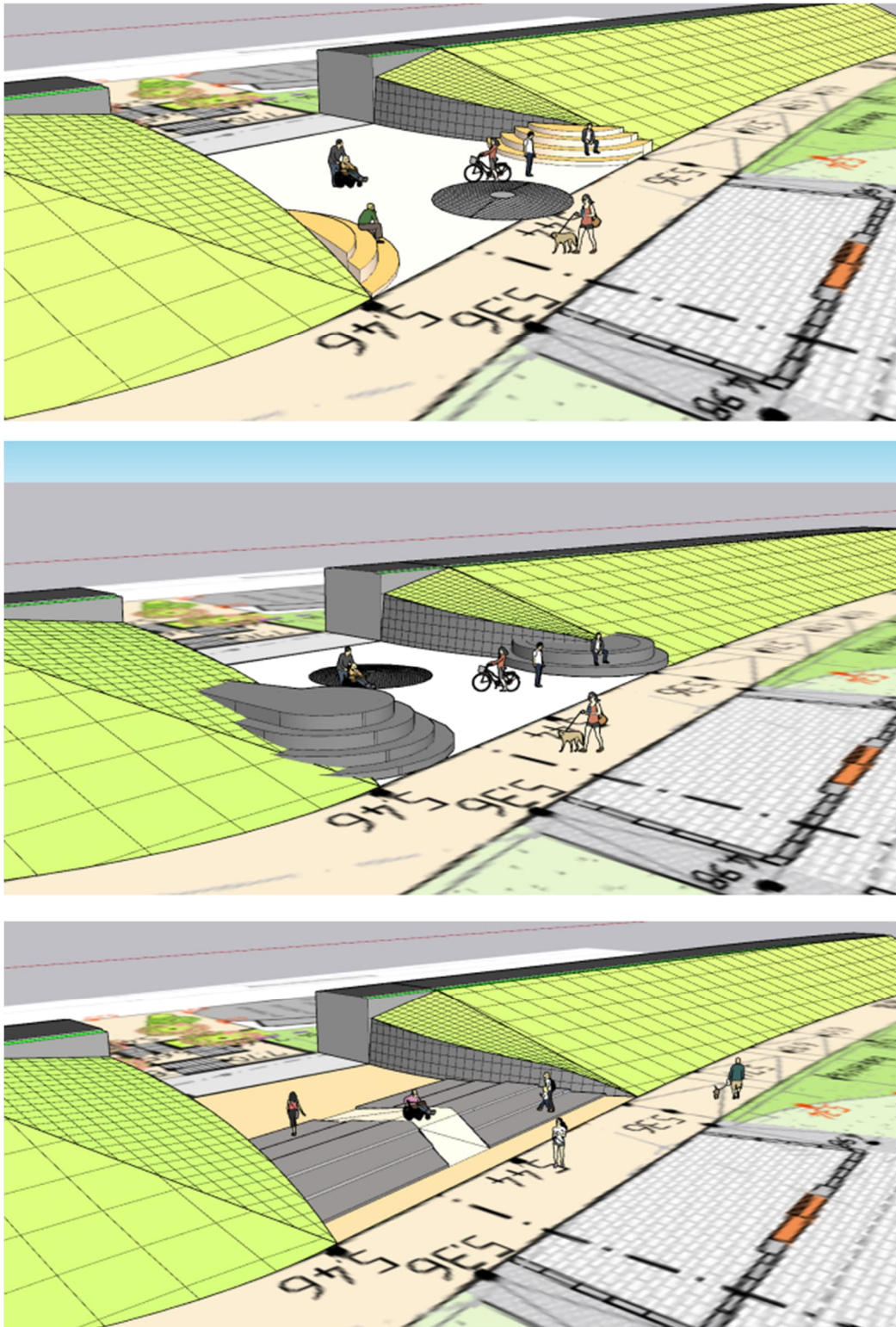


Abbildung 19: Darstellung von untersuchten Alternativen für Hindernisse zur Störung der Durchfahrt

3.5 Bauzeitliches Hochwasserschutzkonzept

Bei der Baumaßnahme am Deichschart ist ein temporärer Hochwasserschutz während der Bauzeit aufzustellen.

Ein bauzeitlicher Hochwasserschutz kann durch mobile Schutzvorrichtungen errichtet werden. Es ist ein Hochwasserschutz bis +7,00 m NHN (siehe Abschnitt 0) zu gewährleisten. Das Gelände des Deichscharts liegt bei ca. +5,40 m NHN. Somit ist ein Hochwasserschutzsystem mit einer Höhe von 1,60 m aufzustellen.

Das mobile Hochwasserschutzsystem wird auf der Weserseite aufgestellt (siehe Abbildung 20). Die Baustellenzufahrt kann somit vom Buntentorsteinweg erfolgen.

Eine sehr einfach umzusetzende Lösung stellen sandgefüllte Big Bags mit einer Höhe von ca. 0,90 m dar. Um die Mindesthöhe von 1,60 m zu erreichen, werden zwei Big Bags übereinandergestellt. Die Big Bags werden auf dem Deichkörper angeordnet. Ab einer Höhe von +6,10 m NHN ist nur noch ein Big Bag zu verwenden. Es wird empfohlen in der unteren Reihe zwei Big Bags hintereinander aufzustellen, um genügend Eigengewicht generieren zu können. Somit wird die Hochwasserschutzwand pyramidenartig aufgestellt.

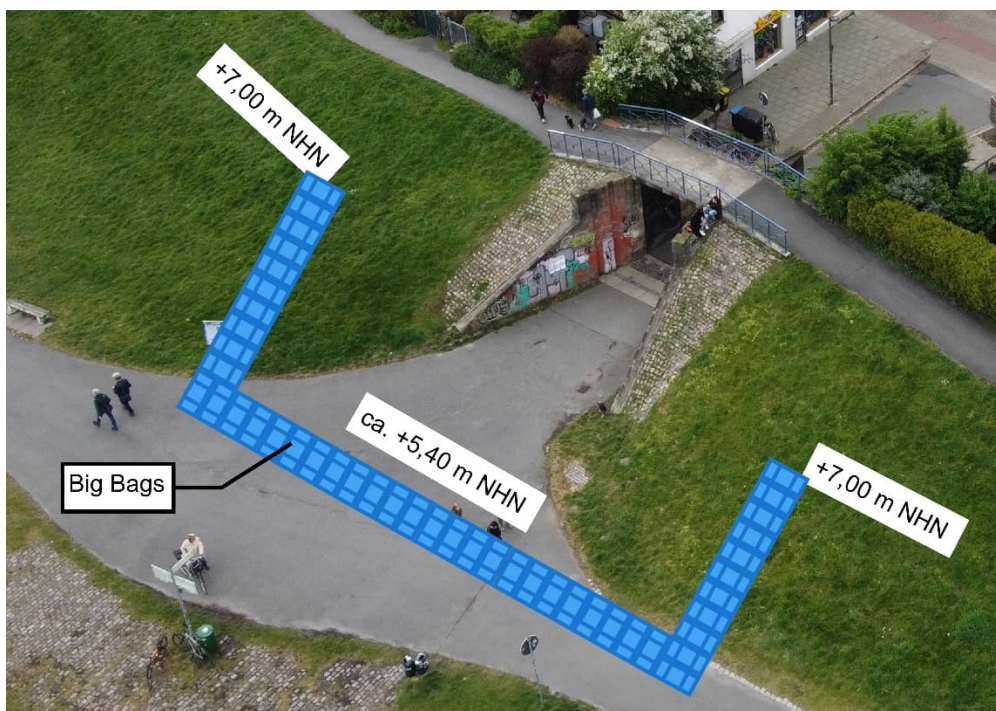


Abbildung 20: Skizze Big Bags als bauzeitl. Hochwasserschutz,
Foto: J. Krebs, Bearbeitung: Sweco GmbH

Big Bags, die speziell für den Hochwasserschutz eingesetzt werden, verfügen über einen U-förmigen Gewebeschuh mit Klettband und Innenpaneele. Die Innenpaneele geben dem Big Bag Formstabilität und eine höhere Standfestigkeit. Durch den U-förmigen Gewebeschuh greifen die Big Bags ineinander

und verzahnen sich. Dies sorgt für eine ausreichende Standfestigkeit während eines Hochwasserereignisses.

Grundsätzlich gilt die Empfehlung, den bauzeitlichen Hochwasserschutz über die gesamte Bauzeit aufzustellen. Es ist jedoch auch möglich, einen mobilen Hochwasserschutz z.B. wasser- oder luftgefüllte Schlauchsysteme vorzuhalten und diese erst bei einem angekündigten Hochwasserereignis aufzustellen. Dies hätte den Vorteil, dass das Baufeld und der öffentliche Raum durch den Hochwasserschutz nicht eingeschränkt werden.

4 Kosten und Wirtschaftlichkeit

4.1 Kostenrahmen

Für die drei zuvor beschriebenen Planungsalternativen erfolgt die Ermittlung des Kostenrahmens (Ermittlung der Kosten auf Grundlage der Bedarfsplanung gem. DIN 276). Der Kostenrahmen ist Teil der Gesamtabwägung der monetär bewertbaren und der nicht monetär bewertbaren Aspekte zur Ermittlung der Vorzugslösung.

Für die Erstellung des Kostenrahmens erfolgt eine überschlägige Ermittlung der Massen, die mit Einheitspreisen (EP) multipliziert werden. Die Einheitspreise werden auf Grundlage aktueller Submissionsergebnisse abgeschätzt. Der Kostenrahmen umfasst die Baukosten einschließlich der Baustelleneinrichtung sowie einen pauschalen Ansatz von 10 % der Baukosten für die Planungsleistungen (Baunebenkosten). Die Erhaltungskosten werden bei der Abschätzung nicht betrachtet, finden jedoch Berücksichtigung in der dynamischen Kostenvergleichsrechnung.

Der Kostenrahmen ist diesem Bericht als Anhang 1 beigelegt. In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse zusammenfassend (gerundet) dargestellt.

Tabelle 6: Übersicht - Ergebnis der Ermittlung des Kostenrahmens

Kostengruppe	A1 Ersatzloser Rückbau	A2.1 Grundinstand- setzung	A3 Neubau
200 – vorbereitende Maßnahmen			€
300 – Bauwerk			€
500 – Außenanlagen und Freiflächen			€
700 - Baunebenkosten			€
800 - Finanzierung			€
Summe, netto			€

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Alternative 1 „Ersatzloser Rückbau“ mit rund [REDACTED] netto die kostengünstigste Alternative ist. Als teuerste Alternative ergibt sich die „Grundinstandsetzung“ mit rund [REDACTED] netto. Im Vergleich zur kostengünstigsten Alternative handelt es sich um Mehrkosten von rund [REDACTED]. Im Mittelfeld liegt die Alternative 3 mit Kosten von rund [REDACTED]. Die Alternative ist somit rund [REDACTED] teurer als die Alternative 1.

4.1.1 Finanzierung

Bei der Einschätzung der Kosten ist zu berücksichtigen, dass die Alternative 1 „Ersatzloser Rückbau“ vollständig aus GAK-Mitteln (Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes) gefördert werden kann, während die darüber hinaus anfallenden Kosten der Alternativen 2.1 und 3 aus Drittmitteln zu finanzieren wären.

Abstimmungsgespräche mit dem Landesamt für Denkmalpflege, dem Sondervermögen Infrastruktur, dem Ortsamt Neustadt, der Stadtplanung (Abt. 6, SBMS), der Qualitativen Wasserwirtschaft (Ref. 32, SUKW) und der Stabsstelle Deichbau, SUKW haben ergeben, dass seitens des Landes Bremen und des Bundes keine Finanzierung des Differenzbetrages für Alternative 2.1 oder 3 realisierbar ist. Recherchen haben ergeben, dass über private Stiftungen eine Förderung in Höhe von ca. 50.000 Euro realistisch anzunehmen ist. Siehe hierzu auch Protokoll zum Abstimmungstermin am 03.06.2024.

Eine Finanzierung für die Alternativen 2.1 und 3 ist nicht gegeben.

4.2 Dynamische Kostenvergleichsrechnung

4.2.1 Einführung und Überblick

Die dynamische Kostenvergleichsrechnung wird auf der Grundlage der Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien) der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) durchgeführt [23].

Bei der Durchführung der Kostenvergleichsrechnung wird die Nutzengleichheit der verschiedenen Planungsalternativen unterstellt. Berücksichtigt werden die realen Gesamtkosten (Investitions- und Reinvestitionskosten, Unterhaltungskosten und Betriebskosten) der jeweiligen Alternativen über eine angenommene Lebensdauer. Die Investitionskosten können dem Kostenrahmen in Abschnitt 4.1 entnommen werden.

Die Methode dient vor allem dem Kostenvergleich mehrerer Alternativen untereinander, nicht jedoch der konkreten Ermittlung von laufenden Kosten einzelner Alternativen. So werden die laufenden Kosten bzw. die jährlich anfallenden Kosten für Betrieb und Unterhaltung nicht im Einzelnen ermittelt, sondern über pauschale Prozentwerte bezogen auf die Investitionskosten ermittelt. Die Ansätze entsprechen mittleren Erfahrungswerten zu vergleichbaren Anlagen:

- Konstruktionen, Technische Anlagen:
- Straßen und Wege:
- Außenanlagen:



Die Betrachtung wird im vorliegenden Fall für den Bezugszeitpunkt 2024 und einen Gesamtzeitraum von 100 Jahren durchgeführt, wobei einzelnen Bauteilen unterschiedliche Nutzungsdauern zugeschrieben werden. Wenn die Nutzungsdauer eines Bauteils unterhalb der o.g. 100 Jahre liegt, so werden die Herstellungskosten dieses Bauteils nach Ablauf der Nutzungsdauer erneut angesetzt, und zwar als Reinvestitionskosten.

Da die jährlichen Kosten, mit Ausnahme des ersten Jahres, und die Reinvestitionskosten nach dem Bezugszeitpunkt 2024 anfallen, müssen diese zunächst finanzmathematisch auf den Bezugszeitpunkt umgerechnet werden. Nur dann können diese Kosten korrekt aufsummiert werden, um den Gesamtkostenbarwert einer Variante zu ermitteln. Dieser Gesamtkostenbarwert setzt sich dabei aus den Baukosten, Reinvestitionskosten und den jährlichen Kosten über die gesamte Lebensdauer zusammen.

Kosten, die nach dem Bezugszeitpunkt anfallen, werden entsprechend des Zinssatzes i abgezinst (Diskontierung) bei gleichzeitiger Aufzinsung (Akkumulierung) in Höhe einer eventuell angesetzten Preissteigerungsrate r . Die KVR-Leitlinien beinhalten verschiedenen Umrechnungsfaktoren in Abhängigkeit der Kostenart (Einzelkosten oder Kostenreihen), Zeitpunkt des Kostenanfalls im Vergleich zum Bezugszeitpunkt (Auf- oder Abzinsung), sowie ob eine Preissteigerungsrate r berücksichtigt wird.

- Einzelkosten, Aufzinsung (hier für Preissteigerungsrate r): AFAKE
- Einzelkosten, Abzinsung (hier für Zinssatz i): DFAKE
- Einzelkosten, Auf- und Abzinsung (Wenn r und $i \neq 0\%$): AFAKE · DFAKE
- Kostenreihen, Auf- und Abzinsung (Mit oder ohne r bzw. i): DFAKRP

Zur Absicherung der Ergebnisse wird der angewandte Zinssatz variiert und betrachtet, ob sich dies auf die Ergebnisse auswirkt. Des Weiteren wird die Betrachtung sowohl für eine Preissteigerungsrate von $r = 0\%$ als auch von $r = 1\%$ durchgeführt, um die Auswirkungen einer möglichen Kostensteigerung zu untersuchen.

4.2.2 Ergebnis der dynamischen Kostenvergleichsrechnung

Die Ansätze und die Berechnungen zur Kostenvergleichsrechnung sind diesem Bericht als Anhang 3 beigelegt. Zusammenfassend ist das Ergebnis in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben.

Tabelle 7: Übersicht - Ergebnis der dynamischen Kostenvergleichsrechnung

	A1 Ersatzloser Rückbau	A2.1 Grundinstandsetzung	A3 Neubau
Netto-Herstellungskosten			
Dynamische Kostenvergleich			
Gesamtkostenbarwerte			
Jahreskosten			
Empfindlichkeitsprüfung: Zin			
Gesamtkostenbarwerte			
Empfindlichkeitsprüfung: Zin			
Gesamtkostenbarwerte			

Es zeigt sich, dass wie bei den Herstellungskosten auch bei der Betrachtung der Gesamtkostenbarwerte die Alternative 1 „Ersatzloser Rückbau“ die kostengünstigste Alternative ist und die Alternative 2.1 „Grundinstandsetzung“ die höchsten Kosten verursacht. Eine Variation der Zinssätze im Rahmen der Empfindlichkeitsprüfung führt zu einer unveränderten Reihenfolge der Alternativen. Mit diesen Ergebnissen bestätigt sich die Alternative 1 „Ersatzlose Rückbau“ als die kostengünstigste Alternative auch bei einer Betrachtung über den Gesamtzeitraum von 100 Jahren und einer Variation der Zinssätze.

Ergänzend wurden die Untersuchungen auch mit Ansatz einer Kostensteigerung $r = 1\%$ durchgeführt (siehe Anhang 2). Auch bei dieser Betrachtung wird die Alternative „Ersatzloser Rückbau“ als die kostengünstigste Alternative bestätigt.

4.3 Nutzwertanalyse

4.3.1 Einführung und Überblick

Die Nutzwertanalyse dient dazu, in der Gesamtabwägung der monetär bewertbaren und der nicht monetär bewertbaren Aspekte eine Vorzugslösung zu ermitteln. Dazu werden nicht monetäre Bewertungskriterien in Abstimmung mit der Auftraggeberin ausgearbeitet und beschrieben.

Im nächsten Schritt erfolgt eine Gewichtung der Bewertungskriterien mit Hilfe einer Matrix, die ein Abwägen eines jeden Kriteriums gegenüber allen anderen Kriterien ermöglicht.

Im letzten Schritt erfolgt eine Bewertung der Planungsalternativen bezüglich der einzelnen Bewertungskriterien. Die Bewertung erfolgt nach einem Bewertungsschema mit einer Punktevergabe von 1 bis 10, wobei die Bewertung 10 jeweils für die im Sinne des jeweiligen Kriteriums günstigste / beste Alternative steht. Defizite der weiteren Alternativen gegenüber diesem optimalen Zustand werden mit Abschlägen berücksichtigt. Sind Alternativen gleichwertig, so werden sie gleichermaßen mit 10 bewertet.

Folgende Bewertungskriterien werden betrachtet:

- **Hochwasserschutz:** Hierzu werden als Teilaspekte die technische Sicherheit, die Deichunterhaltung und die Deichverteidigung sowie die spätere Umsetzbarkeit des Vorsorgemaßes und die damit verbundenen Nachhaltigkeit bewertet.
- **Aspekte des Ortsbildes:** Hierzu werden als Teilaspekte der Erhalt des Stadtbildes sowie des Landschaftsbildes und die Anforderung aus dem Flächennutzungsplan, eine Grünverbindung herzustellen, bewertet.
- **(Verkehrs-) Erschließung:** Hierzu werden als Teilaspekte das Fuß- und Radwegenetz sowie die Barrierefreiheit bewertet.
- **Bautechnische- und Kostenrisiken:** Hierzu werden als Teilaspekte das bautechnische Risiko und das damit verbundene Risiko einer Kostensteigerung bewertet.

4.3.2 Ergebnis der Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse ist diesem Bericht als Anhang 3 beigelegt. In Tabelle 8 ist eine Übersicht des Bewertungsergebnisses dargestellt.

Tabelle 8: Übersicht des Bewertungsergebnisses der Nutzwertanalyse

Bewertungskriterien	A1 Ersatzloser Rückbau	A2.1 Grundinstand- setzung	A3 Neubau
1. Hochwasserschutz	349	214	255
2. Aspekte des Ortsbildes	127,4	254,8	145,6
3. (Verkehrs-) Erschließung	142,2	190,7	190,7
4. Bautechnische- und Kostenrisiken	152	60,8	91,2
Summe 1. bis 4.	770,6	720,3	682,5

Das Ergebnis der Nutzwertanalyse zeigt, dass die Alternative 1 „Ersatzloser Rückbau“ mit rund 771 Punkten den höchsten Nutzwert aufweist. Die Alternative 2.1 „Grundinstandsetzung“ folgt mit rund 720 Punkten und somit knapp 7% weniger Punkten hinter der Alternative 1. Während die Alternative 3 „Neubau“ mit 683 Punkten einen um rund 11% geringeren Nutzwert als Alternative 1 aufweist.

5 Fazit

Die drei Planungsalternativen „Ersatzloser Rückbau“, „Grundinstandsetzung“ und „Neubau“ wurden in der vorliegenden Unterlage beschrieben und hinsichtlich ihrer Machbarkeit untersucht. Für alle drei Alternativen konnte die technische Machbarkeit festgestellt werden.

Für die Umsetzung der drei Alternativen wurde jeweils der zu erwartende Kostenrahmen ermittelt. Als Ergebnis wurde die Alternative „Ersatzloser Rückbau“ als kostengünstigste Alternative mit Nettokosten von rund. [REDACTED] Euro ermittelt. Aus wirtschaftlicher Sicht landet die Alternative „Neubau“ im Mittelfeld mit rund [REDACTED] Euro netto. Die höchsten Kosten ergeben sich mit rund [REDACTED] Euro netto für die Alternative „Grundinstandsetzung“.

Auf Grundlage des ermittelten Kostenrahmens wurde eine dynamische Kostenvergleichsrechnung nach der Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien) der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser [23] durchgeführt. Es handelt sich um eine Wirtschaftlichkeitsprüfung, die die realen Gesamtkosten (Investitions- und Reinvestitionskosten, Unterhaltungskosten und Betriebskosten) der Alternativen über eine angenommene Nutzungsdauer berücksichtigt. Im Ergebnis der Kostenvergleichsrechnung zeigt sich, dass hinsichtlich rein wirtschaftlicher Aspekte die Alternative „Ersatzloser Rückbau“ als Vorzugsalternative zu benennen ist. Der Gesamtkostenbarwert der Alternative „Ersatzloser Rückbau“ beläuft sich für einen angenommenen Zinssatz von 3,5 % auf [REDACTED] Euro, während sich die Gesamtkostenbarwerte der beiden anderen Alternativen über die zu erwartende Nutzungsdauer annähern und bei rund [REDACTED] Euro bzw. [REDACTED] Euro für den Neubau liegen.

Im nächsten Schritt wurden die drei Alternativen einer Nutzwertanalyse unterzogen. Bewertet wurden hierbei Kriterien des Hochwasserschutzes, der Aspekte des Ortsbildes, der (Verkehrs-)Erschließung sowie der Bautechnischen- und Kostenrisiken. In einem 2-stufigen Bewertungsverfahren erfolgte zunächst die Ermittlung der Gewichtung der Kriterien und nachfolgend die Punktevergabe der Bewertung.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Alternative 1 „Ersatzloser Rückbau“ den höchsten Nutzwert aufweist. Als wesentlicher Vorteil der Alternative ist der selbstwirksame Hochwasserschutz durch den Erddeich zu nennen, der neben der bestmöglichen technischen Sicherheit einen geringen Unterhaltungsaufwand bietet. Die gewünschte Grünverbindung kann mit der Alternative bestmöglich umgesetzt werden. Für den Entfall des barrierefreien Zugangs vom Buntentorsteinweg ins Vorland ist ein barrierearmer Ersatz auf Höhe der Haltestelle Kirchweg geplant. Negativ ist zu bewerten, dass durch den Entfall des Deichscharls ein historischer und ortsbildprägender Deichdurchlass mit einer Sichtverbindung zwischen Straße und Werdersee entfällt. In dieser Alternative wird der Denkmalschutz nicht berücksichtigt.

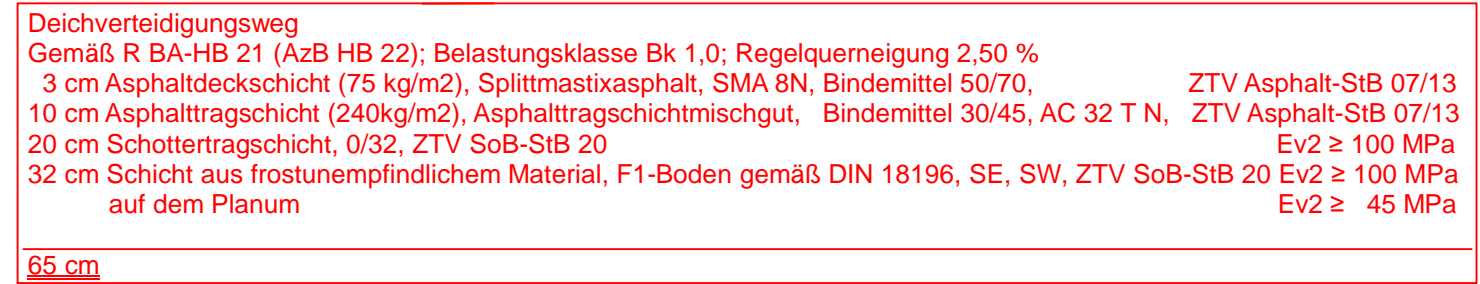
Der zweithöchste Nutzwert konnte für die Alternative „Grundinstandsetzung“ ermittelt werden. Diese Alternative zeichnet sich durch die Berücksichtigung des Denkmalschutzes und den Erhalt des historischen und ortsbildprägenden Deichscharls mit dem barrierefreien Zugang zum Deichvorland aus. Die erforderliche Wegebreite für den zu überführenden Deichverteidigungsweg kann voll umgesetzt werden. Negativ ist hier das bautechnische Risiko und das damit verbundene finanzielle Umsetzungsrisiko zu bewerten. Des Weiteren ist die Umsetzung des Vorsorgemaßes bei dieser Alternative vergleichsweise aufwendig. Die Alternative sieht vor, dass das Deichschart ausschließlich für den Fußgängerverkehr freigegeben ist.

Das schlechteste Ergebnis hinsichtlich des Nutzwertes hat sich für die Alternative „Neubau“ ergeben. Durch die Umsetzung eines Neubaus verbessert sich gegenüber der Alternative „Grundinstandsetzung“ das Umsetzungsrisiken etwas. Die erforderliche Wegebreite für den zu überführenden Deichverteidigungsweg kann voll umgesetzt werden und die Alternative beinhaltet eine statisch-konstruktive sowie räumliche Berücksichtigung für die Umsetzung des Vorsorgemaßes. Die technische Sicherheit ist

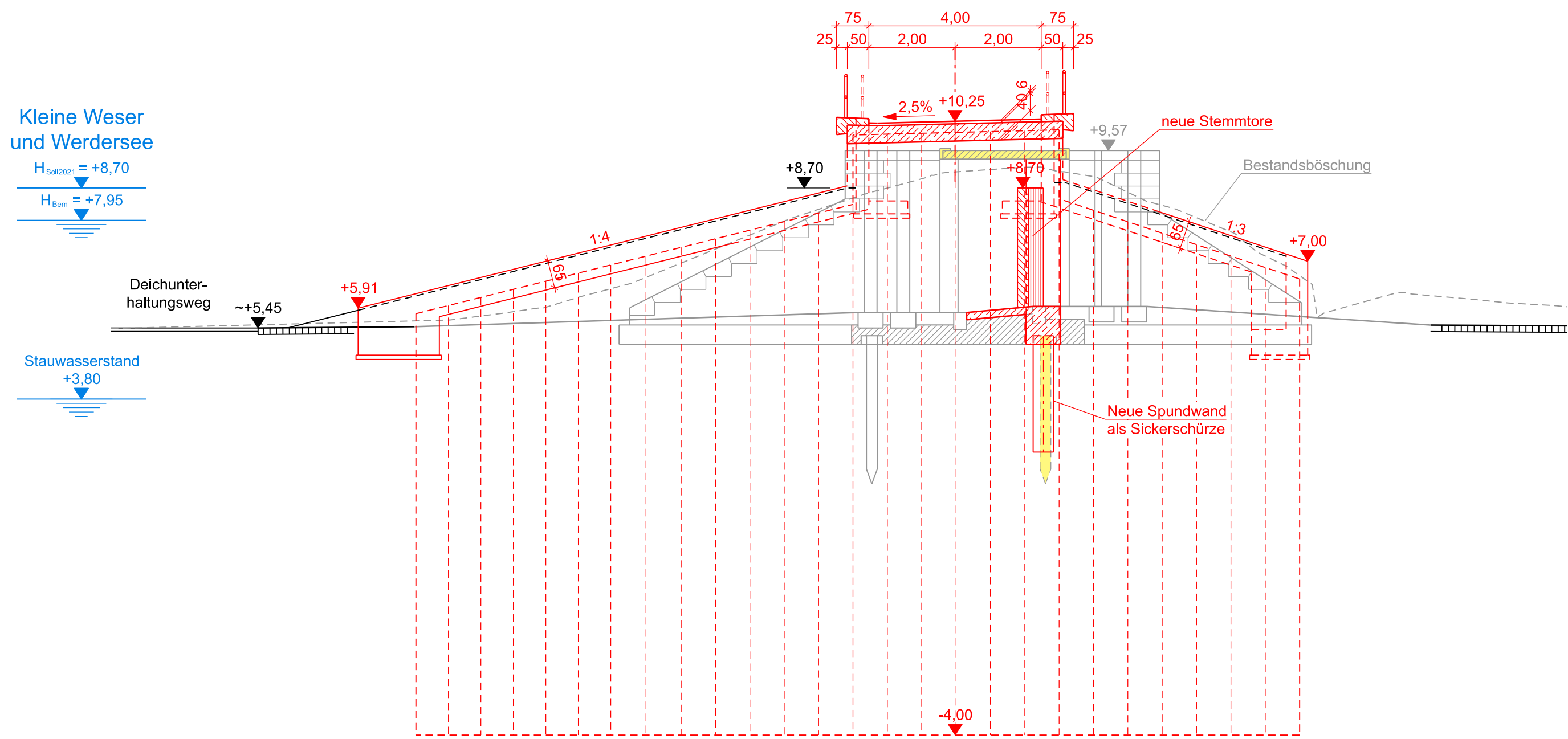
gegenüber einem selbstwirksamen Hochwasserschutz etwas schlechter zu bewerten und auch die Unterhaltung ist grundsätzlich für ein konstruktives und komplexes Bauwerk aufwändiger. Hinsichtlich des Erhalts des Stadtbildes ist positiv zu bewerten, dass in dieser Alternative ein Neubau an das historische Deichschart erinnert und die Sichtverbindung zwischen dem Buntentorsteinweg und dem Werdersee erhalten bleibt, aber die Belange des Denkmalschutzes bleiben unberücksichtigt. Durch das neue Deichschart bleibt ein barrierefreier Zugang auf Straßenniveau bestehen. Die Alternative sieht vor, dass das Deichschart ausschließlich für den Fußgängerverkehr freigegeben ist.

Alle Alternativen beinhalten eine vollständige Trennung der Geh- und Radverkehre. Die Zufahrt für Rettungsfahrzeuge verlängert sich in allen Alternativen um 700 m und kann über den Weg auf Höhe der Haltestelle Rosenpfad realisiert werden.

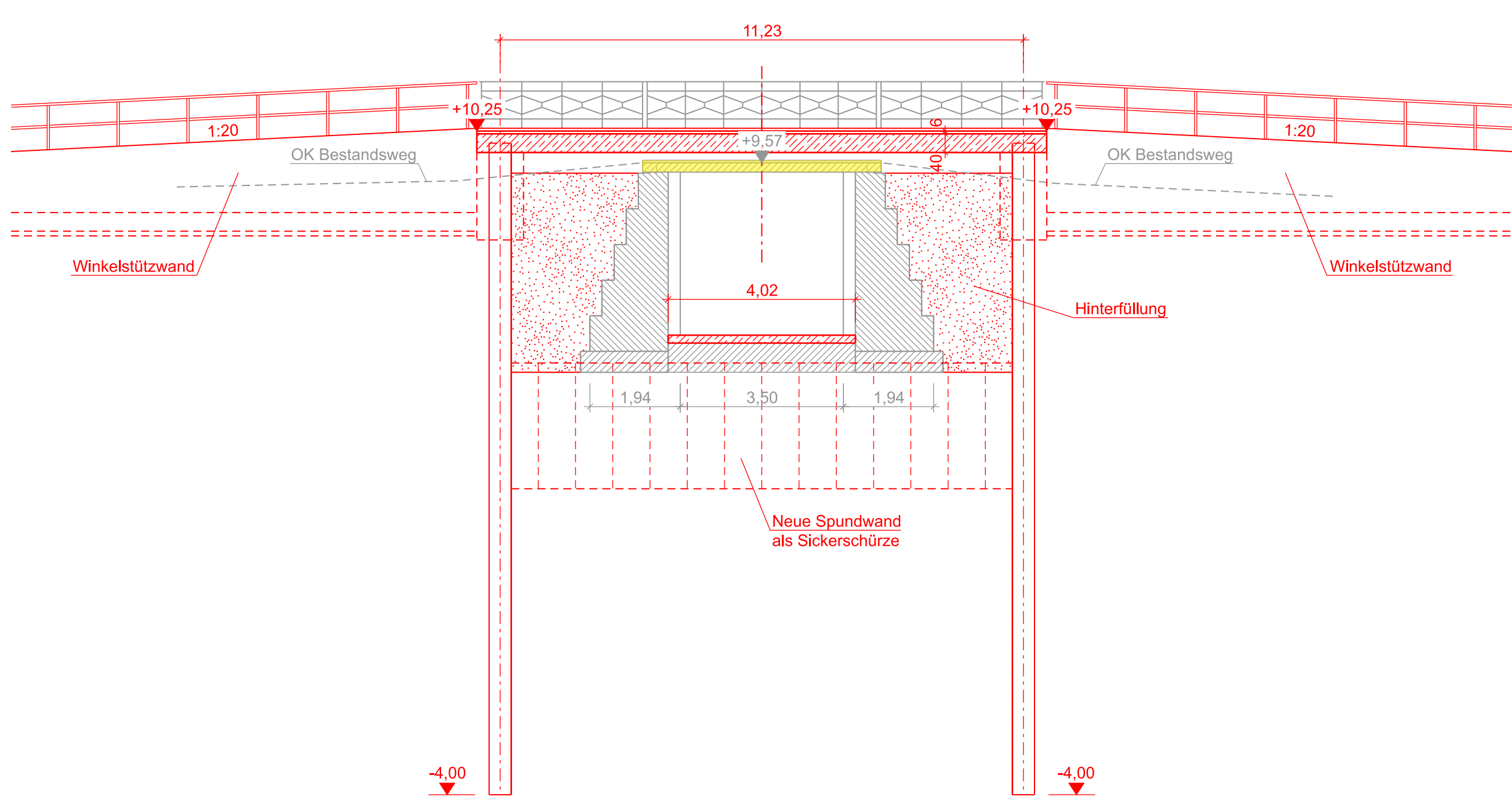
Unabhängig voneinander haben die Nutzwertanalyse und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die Alternative „Ersatzloser Rückbau“ als Vorzugsalternative ermittelt. Eine Finanzierung ist für die beiden anderen Alternativen nicht gegeben.



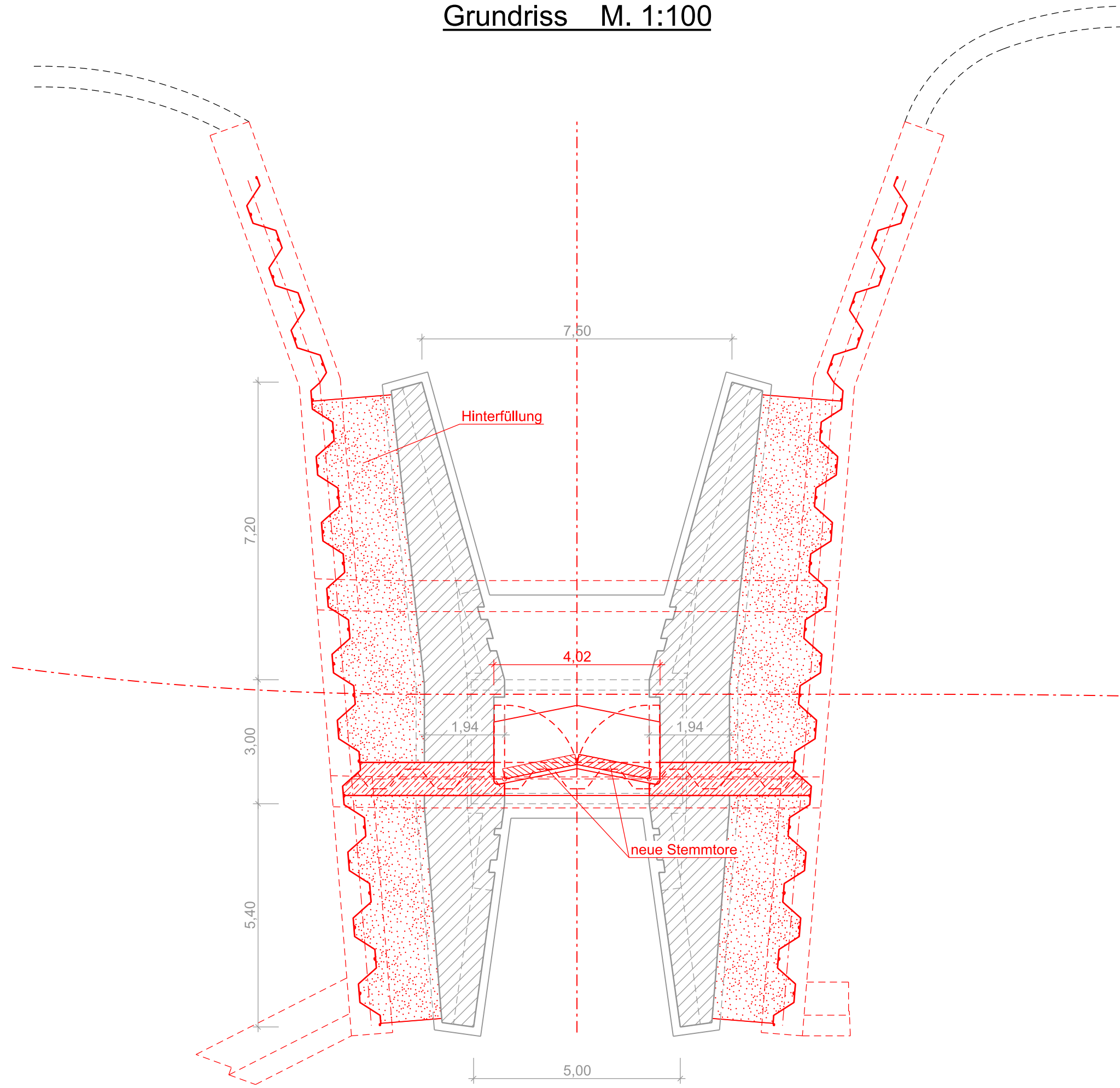
Schnitt A-A M. 1:100



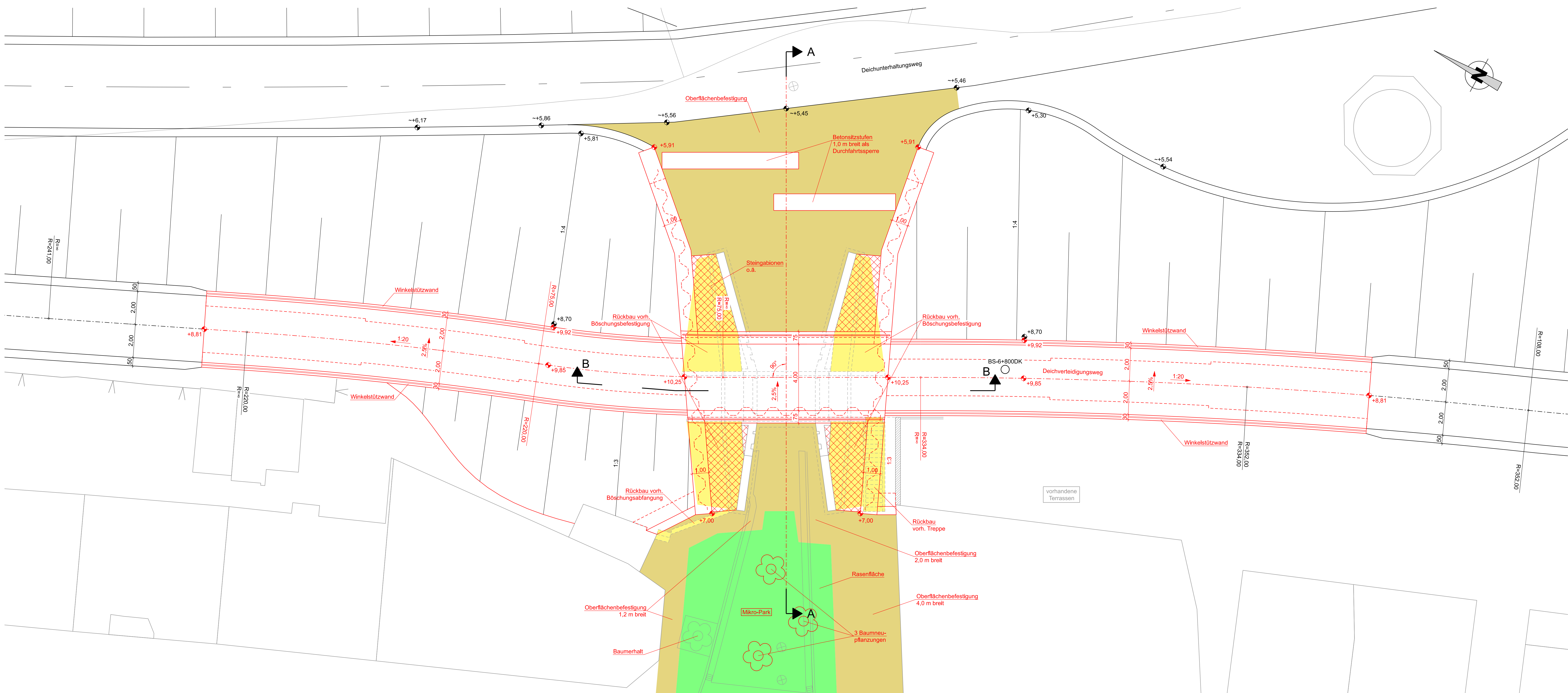
Schnitt B-B M. 1:100



Grundriss M. 1:100



Draufsicht M. 1:100



Legende

- Bestand
- Planung
- Planung Dritter
- Rückbau

BAUVORHABEN: GENERALPLAN KÜSTENSCHUTZ
STADTSTRECKE, BA 4
Machbarkeitsstudie Deichschart Buntentor

PLANINHALT: Draufsicht/Schnitte
Alternative - Grundinstandsetzung Variante 2

0711-22-061	1:100	April 2024	HT	SW Blatt 1 - Anlage 2	-
PROJ.-NR.:	PHASE:	MASS-STAB:	DATUM:	GEZ.:	PLAN-NR.:



BAUHERR: Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau
Freie Hansestadt Bremen
3-2 Stabsstelle Deichbau Stadtstrecke
An der Roesperbahn 2
28217 Bremen

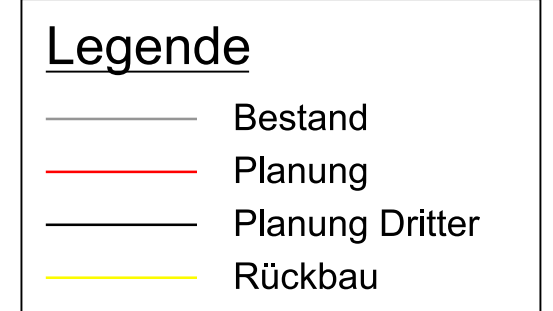
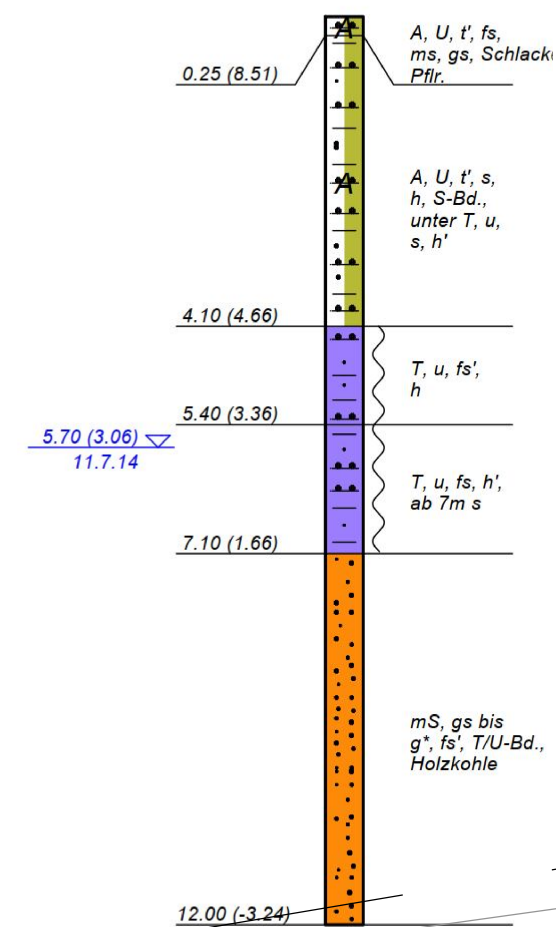
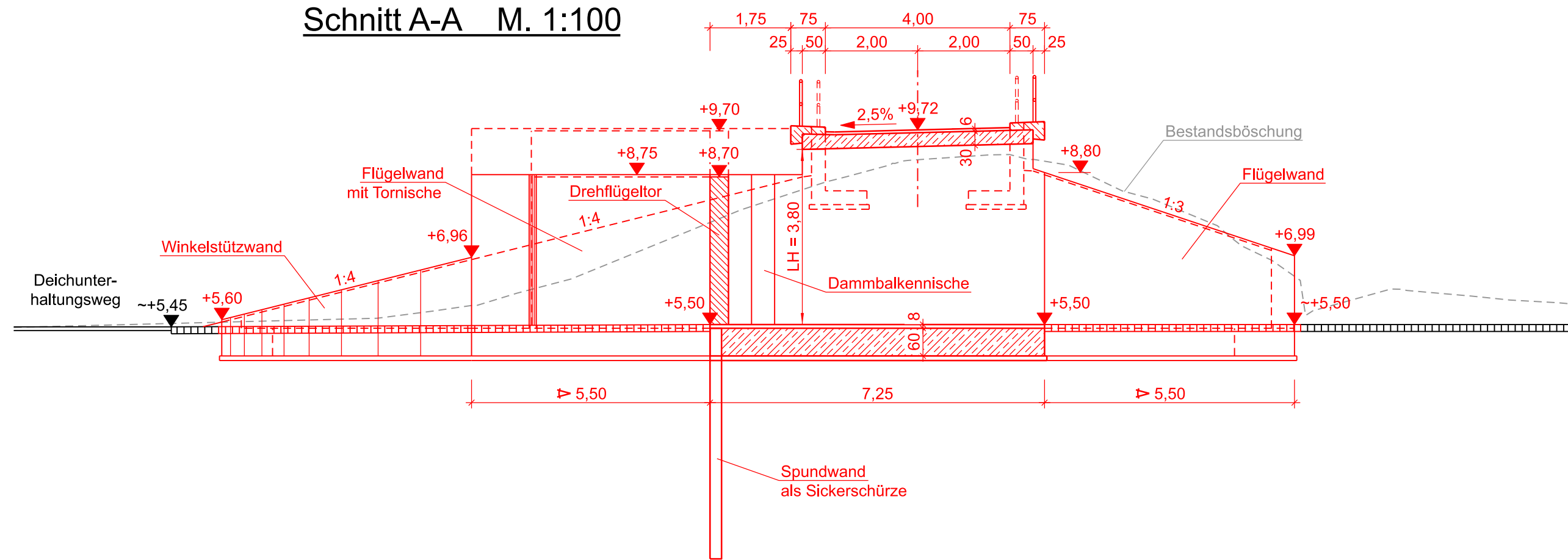
PLANVERFASSER: für die Arge Grontmij GmbH / WES GmbH:



SWECO GmbH
Postfach 34 70 17
28339 Bremen
Karl-Friedrich-Braun-Straße 9
28359 Bremen
Telefon +49 421 2032-6
Telefax +49 421 2032-747

FACHPLANER:

PLANVERFASSER:	FREIGABE PLANVERFASSER:	FREIGABE BAUHERR:
sweco		



Plattengröße: A1 841mm x 594mm

Bewertungsschema mit Erläuterungen	
Bewertungskriterien	Erläuterung
1. Hochwasserschutz	
1.1 Technische Sicherheit	Die Anforderungen des Hochwasserschutzes bezüglich Schutzhöhe und Standsicherheit müssen immer erfüllt sein. Eine HWS-Anlage, die für sich selbst wirksam ist, ist besser zu bewerten als eine deren Wirksamkeit mit personellem Aufwand im HWS-Fall herzustellen ist.
1.2 Unterhaltungsaufwand und Leichtigkeit der Deichverteidigung	Die Zugänglichkeit der Hochwasserschutzanlage und Leichtigkeit der Deichverteidigung muss immer gegeben sein. Alternativen mit mehr Breite zur Deichverteidigung und mit guter Zugänglichkeit für die Bauwerksprüfung und geringem Unterhaltungsaufwand für das Bauwerk sind besser zu bewerten.
1.3 Umsetzbarkeit des Vorsorgemaßes und Nachhaltigkeit	Das Vorsorgemaß von 1,0 m muss statisch-konstruktiv und räumlich berücksichtigt werden. Alternativen in denen die Umsetzung der Erhöhung einfach, ohne großen baulichen Aufwand und ohne Einschränkung der Nutzbarkeit erfolgen kann, sind besser zu bewerten. Ebenfalls sind Alternativen, die ein zukunftssichere Lösung beinhalten, besser zu bewerten.
2. Aspekte des Ortsbildes	
2.1 Erhalt des Stadtbildes (einschl. Belange des Denkmalschutzes)	Das Deichschart kann als prägend für die Neustädter Ortsteile Buntentor und Huckelriede bezeichnet werden. Es bildet ein Fenster zum Werdersee, macht den Hochwasserschutz erlebbar und erinnert gleichzeitig an die historische Entwicklung rund um den Werdersee. Aus diesen Gründen wurde auch der Denkmalschutz für das Deichschart festgestellt (Erhalt aus geschichtlichen, technikgeschichtlichen und städtebaulichen Gründen). Alternativen, die den Erhalt des Stadtbildes, bei Wahrung der Belange des Denkmalschutzes, bestmöglich berücksichtigen sind besser zu bewerten.
2.2 Grünverbindung und Landschaftsbild	Gemäß dem Flächennutzungsplan Bremen, Stand 01.10.2021 liegt der Planungsraum in einer Grünfläche, die gleichzeitig eine Grünverbindung darstellt. Die Vorgaben aus dem Flächennutzungsplan (Erhalt und Fortentwicklung von Grünqualität und -funktion) sind bestmöglich zu berücksichtigen. Vor diesem Hintergrund wird an die Gesamtplanung der Hochwasserschutzanlage ein hoher Anspruch hinsichtlich der Gestaltung gestellt. Die Alternative, die am besten in das Gesamtkonzept passt und die beste Gestaltung beinhaltet, ist am besten zu bewerten.
3. (Verkehrs-) Erschließung	
3.1 Fuß- und Radwegenetz	Im betrachteten Abschnitt ist eine starke Frequentierung durch Rad- und Gehverkehr zu berücksichtigen. Der VEP 2025 legt eine Entschärfung des Engpasses an der Kleinen Weser fest. Zu berücksichtigen ist auch die starke Frequentierung durch besonders schutzbedürftige Verkehrsteilnehmer bedingt durch die Lage im Quartier. Für alle Alternativen gilt als Planungsrandbedingung, dass Fahrradfahren ausschließlich auf der Deichkrone gestattet wird. Alternativen, die konstruktive Lösungen zur Verkehrstrennung beinhalten und somit gefährliche Situationen bei Missachtung des Fahrverbotes verhindern, werden besser bewertet.
3.2 barrierefreier Zugang	Ein barrierefreier Zugang zur Grünanlage im Vorland des Deiches und dem vorhandenen Kiosk muss gegeben sein. Alternativen, die eine möglichst kurze Zuwegung zum Kiosk beinhalten, sind besser zu bewerten.
4. Bautechnische- und Kostenrisiken	
4.1 Bautechnische- und Kostenrisiken	Alternativen, mit einem möglichst geringen bautechnischen Umsetzungsrisiko in Bezug auf Standsicherheit und Dauerhaftigkeit auch in Hinblick auf den Zustand der ggf. weiter zu nutzenden Bestandsstruktur, sind besser zu bewerten.

Matrix zur Gewichtung der Kriterien											
		1.1 Technische Sicherheit	1.2 Unterhaltungsaufwand und Leichtigkeit der Deichverteidigung	1.3 Umsetzbarkeit des Vorsorgemaßes und Nachhaltigkeit	2.1 Erhalt des Stadtbildes einsch. Belange des Denkmalschutzes	2.2 Grünverbindung und Landschaftsbild	3.1 Fuß- und Radwegenetz	3.2 barrierefreier Zugang	4.1 Bautechnische- und Kostenrisiken	Σ	G
1. Hochwasserschutz	1.1 Technische Sicherheit	1	1	2	1	2	1	2	1	11	16,7%
	1.2 Unterhaltungsaufwand und Leichtigkeit der Deichverteidigung	1	1	2	0	1	1	1	1	8	12,1%
	1.3 Umsetzbarkeit des Vorsorgemaßes und Nachhaltigkeit	0	0	1	0	0	2	1	0	4	6,1%
2. Aspekte des Ortsbildes	2.1 Erhalt des Stadtbildes einsch. Belange des Denkmalschutzes	1	2	2	1	1	2	1	2	12	18,2%
	2.2 Grünverbindung und Landschaftsbild	0	1	2	1	1	0	1	0	6	9,1%
3. (Verkehrs-) Erschließung	3.1 Fuß- und Radwegenetz	1	1	0	1	2	1	1	1	8	12,1%
	3.2 barrierefreier Zugang	0	1	1	1	1	1	1	1	7	10,6%
4. Bautechnische- und Kostenrisiken	4.1 Bautechnische- und Kostenrisiken	1	1	2	1	2	1	1	1	10	15,2%
Σ										66	100,0%

0	= Zeile weniger wichtig als Spalte
1	= Zeile genauso wichtig wie Spalte
2	= Zeile wichtiger als Spalte
G	= Gewichtung

Bewertung der Planungsalternativen					
	Gewichtung	A1 Ersatzloser Rückbau	A2.1 Grundinstandsetzung	A3 Neubau	Erläuterungen (noch nicht angepasst)
1. Hochwasserschutz	35	349	214	255	
1.1 Technische Sicherheit	16,7	10	7	8	Die Alternative 1 erhält die höchste Bewertung, da diese Alternative einen selbstwirksamen Hochwasserschutz beinhaltet. In Alternativen 2 und 3 ist der Hochwasserschutz durch das manuelle schließen des Tores und der Dammbalken herzustellen. Im Falle des Neubaus (A3) wird die technische Sicherheit gegenüber einer Grundinstandsetzung (A2) als geringfügig höher bewertet.
1.2 Unterhaltungsaufwand und Leichtigkeit der Deichverteidigung	12,1	10	5	6	Die Deichverteidigung ist in allen Alternativen über einen 4,0m breiten Deichverteidigungsweg auf der Deichkrone gegeben. Die Alternative 1 erhält die höchste Bewertung, da ein Erddeich grundsätzlich gegenüber einem Deichschart einen deutlich geringeren Unterhaltungsaufwand aufweist. Im Falle des Neubaus (A3) wird der Unterhaltungsaufwand gegenüber einer Grundinstandsetzung (A2) als geringfügig geringer bewertet.
1.3 Umsetzbarkeit des Vorsorgemaßes und Nachhaltigkeit	6,1	10	6	8	Die Alternative 1 erhält die höchste Bewertung, da der Erddeich vergleichsweise einfach mit einer Spundwand wasserseitig des Deichverteidigungsweges erhöht werden kann. Im Falle der Alternativen 2 und 3 kann die Erhöhung durch den Austausch des Tores und eine konstruktive Erhöhung der Flügelwände erzielt werden. Die Umsetzung ist in Alternative 2 aufwendiger.
2. Aspekte des Ortsbildes	27	127,4	254,8	145,6	
2.1 Erhalt des Stadtbildes (einschl. Belange des Denkmalschutzes)	18,2	2	10	4	Die Alternative 2 erhält die höchste Bewertung, da in dieser Alternative das denkmalgeschützte Deichschart erhalten bleibt. Die Alternative 1 wird am schlechtesten bewertet, da sich das Stadtbild durch den ersatzlosen Rückbau des Deichscharts verändert. In Alternative 3 wird zwar ein neues Deichschart vorgesehen, jedoch sind dadurch nicht die Belange des Denkmalschutzes berücksichtigt.
2.2 Grünverbindung und Landschaftsbild	9,1	10	8	8	Hinsichtlich der Umsetzung einer Grünverbindung und eines grünen Landschaftsbildes ist die Alternative 1 mit der höchsten Punktzahl zu bewerten. Die Alternativen 2 und 3 beinhalten beide ein konstruktives Bauwerk und eine größere Flächenversiegelung, wodurch diese gleichermaßen gegenüber der Alternative 1 schlechter zu bewerten sind.

	Gewichtung	A1 Ersatzloser Rückbau	A2 Grundinstandsetzung	A3 Neubau	Erläuterungen (noch nicht angepasst)
3. (Verkehrs-)Erschließung	23	142,2	190,7	190,7	
3.1 Fuß- und Radwegenetz	12,1	10	7	7	Alle Alternativen beinhalten eine Trennung des Geh- und Radverkehrs. In Alternative 1 wird dieses Kriterium am konsequentesten umgesetzt, da durch den Entfall des Deichscharts kein Anreiz besteht die Verkehrsregeln zu missachten. In Alternative 2 und 3 sind binnenseitig ein Mikro-Park und wasserseitig Sitzblöcke zur Behinderung der Durchfahrt geplant. Dennoch kann eine Durchfahrt mit Fahrrädern nicht verhindert werden, da weiterhin die Barrierefreiheit gegeben sein soll. Die Alternative 1 wird mit der vollen Punktzahl bewertet und die beiden anderen Alternativen werden gleichermaßen schlechter bewertet.
3.2 barrierefreier Zugang zum Deichschartkiosk und den naherholungsflächen im Vorland	10,6	2	10	10	Die Alternativen 2 und 3 beinhalten mit je einem Deichschart einen Zugang bzw. eine Zufahrt auf Straßenniveau vom Buntentorsteinweg ins Vorland und zum Kiosk. Die Zuwegung kann als barrierefrei beschrieben werden. Entsprechend sind die beiden Alternativen mit der höchsten Punktzahl zu bewerten. In Alternative 1 erfolgt der barrierefreie Zugang über eine Rampe in der Parkanlage am Kirchweg und eine Rampe von der Brücke am Deichschart ins Vorland. Eine weitere barrierefreie Zuwegung erfolgt über einen Weg auf Höhe der Haltestelle Rosenpfad und einem Geh- und Radweg parallel zur Bebauung "Am Dammacker". Entsprechend ist die Alternative 1 mit der geringsten Punktzahl zu bewerten.
4. Bautechnische- und Kostenrisiken	15	152	60,8	91,2	
4.1 Bautechnische- und Kostenrisiken	15,2	10	4	6	Die Alternativen 1 beinhaltet das geringste bautechnische Risiko und ist somit mit der höchsten Punktzahl zu bewerten. Für den Naubau wird ein mittleres Risiko beim Einbringen von Spundwänden etc. im Nahbereich zur Wohnbebauung gesehen. Für die Alternative 2 - Grundinstandsetzung wird das bautechnische und finanzielle Umsetzungsrisiko als vergleichsweise hoch bewertet und daher erhält die Alternative somit die geringste Punktzahl.
Summen 1. bis 4.	100	770,6	720,3	682,5	

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 Programm:	Auftrag Nr.: 0711-21-014																																																						
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07 2022																																																						
<div style="text-align: center;"><h2>Inhaltsverzeichnis</h2></div> <table border="0"> <tr> <td>Inhaltsverzeichnis</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1. Einleitung</td><td>3</td></tr> <tr> <td> 1.1. Allgemeines</td><td>3</td></tr> <tr> <td> 1.2. Unterlagen</td><td>4</td></tr> <tr> <td> 1.3. Technische Vorschriften, Normen</td><td>4</td></tr> <tr> <td> 1.4. Verwendete Programme</td><td>5</td></tr> <tr> <td>2. Berechnungsgrundlagen</td><td>6</td></tr> <tr> <td> 2.1. Geometrie</td><td>6</td></tr> <tr> <td> 2.2. Baustoffe</td><td>8</td></tr> <tr> <td> 2.3. Lastannahmen</td><td>8</td></tr> <tr> <td> 2.3.1. Eigengewicht</td><td>8</td></tr> <tr> <td> 2.3.2. Nutzlast</td><td>9</td></tr> <tr> <td> 2.4. Bodenkennwerte</td><td>9</td></tr> <tr> <td> 2.5. Bemessungswasserstände</td><td>10</td></tr> <tr> <td> 2.6. Bemessungssituationen und -lastfälle</td><td>10</td></tr> <tr> <td>3. Bemessung</td><td>14</td></tr> <tr> <td> 3.1. Allgemeines</td><td>14</td></tr> <tr> <td> 3.2. Bemessungsschnitt</td><td>14</td></tr> <tr> <td> 3.3. Systembeschreibung</td><td>16</td></tr> <tr> <td> 3.4. Nachweisführung</td><td>17</td></tr> <tr> <td> 3.4.1. Nachweis gegen Kippen innerhalb des Bauteils und in der Sohlfuge (SLS)</td><td>17</td></tr> <tr> <td> 3.4.2. Nachweis der Gleitsicherheit innerhalb des Bauteils und in der Sohlfuge (GEO-2)</td><td>18</td></tr> <tr> <td> 3.4.3. Nachweis der Grundbruchsicherheit in der Sohlfuge (GEO-2)</td><td>18</td></tr> <tr> <td> 3.5. Teilsicherheiten</td><td>19</td></tr> <tr> <td> 3.6. Ergebnisse</td><td>20</td></tr> <tr> <td> 3.6.1. Ist-Zustand</td><td>20</td></tr> <tr> <td> 3.6.2. Zukünftige Nutzung</td><td>30</td></tr> </table>		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
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) Block: Nachrechnung Vorgang:	Archiv-Nr.: <div style="text-align: right;">Seite: 1</div>																																																						

Verfasser: Sweco GmbH Programm:	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07 2022
<div data-bbox="239 331 1412 526"> <p>3.6.3. Zusammenfassung der Ergebnisse.....36</p> <p>3.6.4. Nachweisführung nach EAU 199039</p> <p>4. Fazit41</p> <p>5. Unterschriften42</p> </div> <div data-bbox="279 667 569 703"> <p>Tabellenverzeichnis</p> </div> <div data-bbox="239 732 1412 1122"> <p>Tabelle 1 Bemessungsprofil 9</p> <p>Tabelle 2 Bodenkennwerte.....10</p> <p>Tabelle 3 Bemessungssituationen für aktuelle Lastsituation.....11</p> <p>Tabelle 4 Bemessungssituationen für zukünftige Lasten.....11</p> <p>Tabelle 5 Zusammenfassung der Nachweise der inneren Sicherheit36</p> <p>Tabelle 6 Zusammenfassung der Nachweise der äußeren Sicherheit des Ist-Zustands37</p> <p>Tabelle 7 Zusammenfassung der Nachweis der äußeren Sicherheit zukünftiger Nutzung38</p> </div> <div data-bbox="279 1265 612 1303"> <p>Abbildungsverzeichnis</p> </div> <div data-bbox="239 1332 1412 1523"> <p>Abbildung 1 Deichschart mit Blickrichtung zum Buntentorsteinweg..... 3</p> <p>Abbildung 2 Draufsicht Deichschart 6</p> <p>Abbildung 3 Ansicht, Längsschnitt Deichschart 7</p> <p>Abbildung 4 Querschnitt Deichschart 7</p> </div>	
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882) Block: Nachrechnung Vorgang:	Archiv-Nr.: Seite: 2

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
<p>1.2. Unterlagen</p> <p>[1] Geotechnischer Bericht, aufgestellt von Institut für Geotechnik – Hochschule Bremen, vom 08.09.2014</p> <p>[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</p> <p>[3] Besprechungsprotokoll, Ortstermin, vom 14.12.2021</p> <p>[4] Statik – Erneuerung des Brückenüberbaus, aufgestellt von Heinr. Nordmann, Bremen-Horn, vom 15.04.1965</p> <p>[5] Restaurierung und Sanierung des Deichscharls Buntentorsteinweg, aufgestellt von Helmut + Michael Paesler, Steinmetz- und Steinbildhauermeister, 1993</p> <p>[6] Bremer Leitfaden für Nachrechnung von Ufereinfassungen, 2010</p> <p>1.3. Technische Vorschriften, Normen</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	
<p>1.4. Verwendete Programme</p> <p>Die Nachrechnung der Schwergewichtswand erfolgt mit RTGabion Version 21.0.</p>		
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.

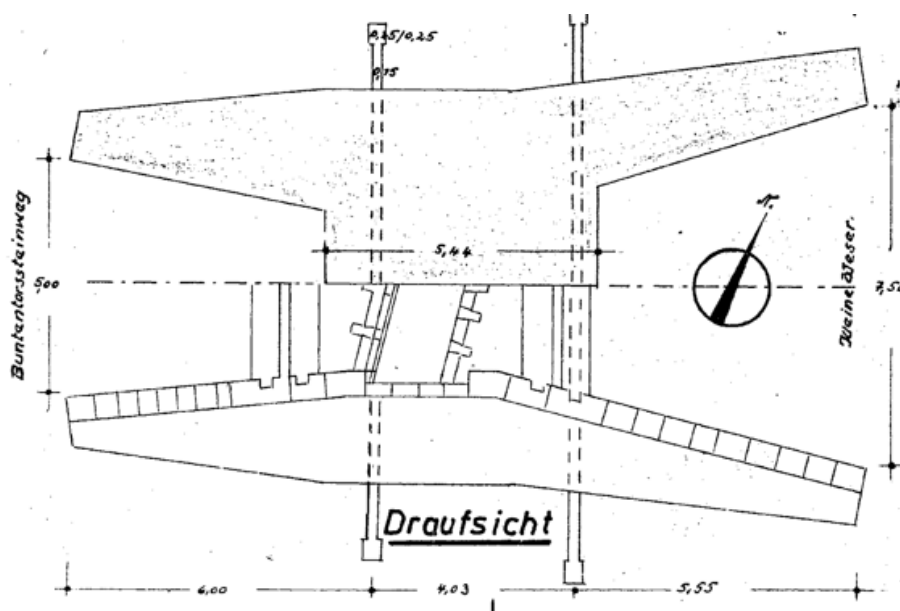


Abbildung 2 Draufsicht Deichschart

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

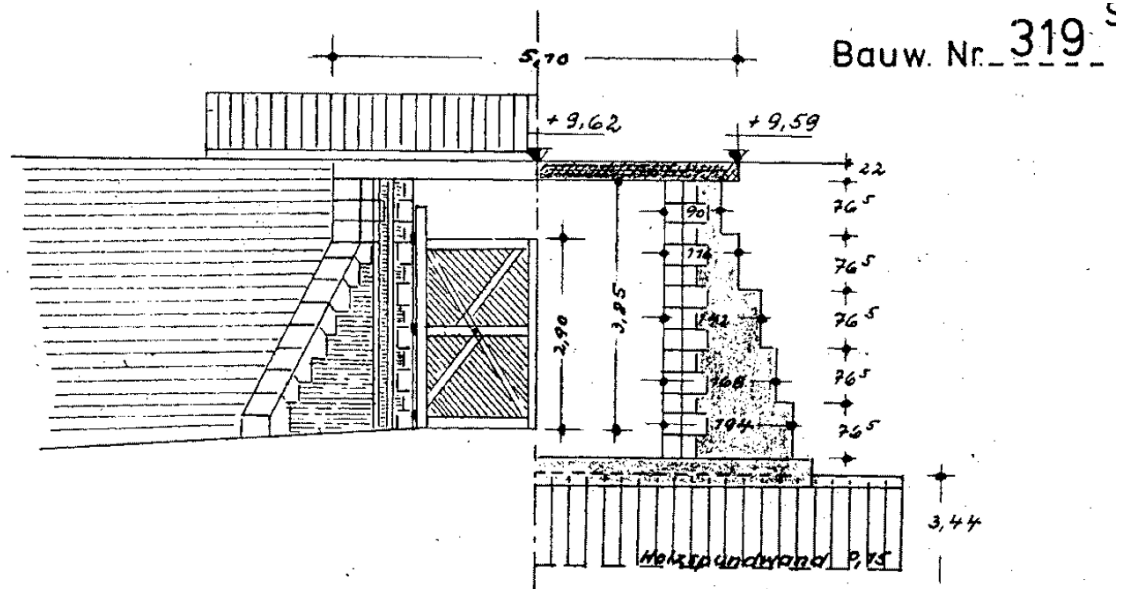


Abbildung 3 Ansicht, Längsschnitt Deichschart

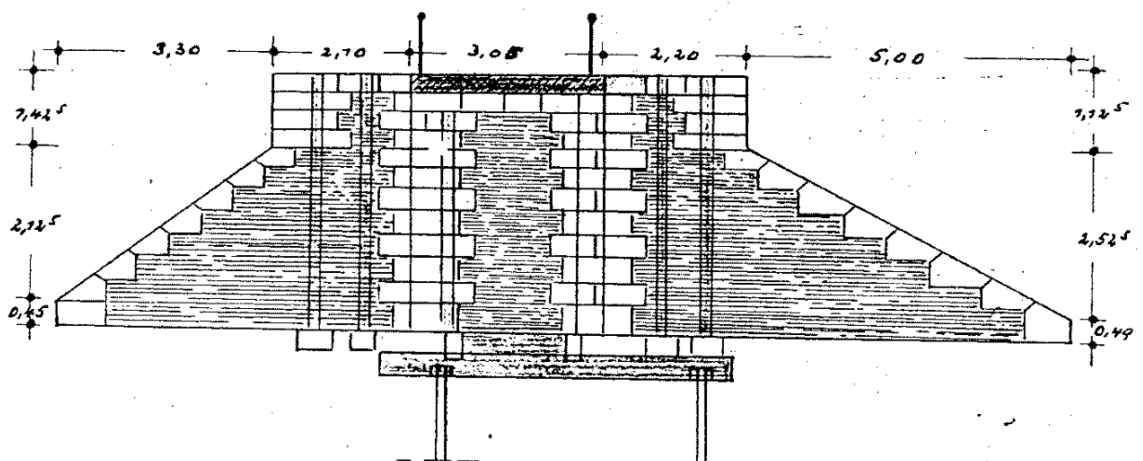


Abbildung 4 Querschnitt Deichschart

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

Schergewichtswand:

Die Schergewichtswand wird von einem vorgesetzten Mauerwerk verkleidet. Das Mauerwerk wird in der statischen Berechnung mit dem Material der Schergewichtswand 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 Schergewichtswänden 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 Schergewichtswand beträgt:

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

Das Eigengewicht der Schergewichtswand 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	
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 Deichscharls 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 abgesetzt. 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		UndrÄnierte Scherfestigkeit	Steifezahl
	γ/γ' [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	E_{sk} [MN/m ²]
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 Deichscharls 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	
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 Wasserstands-differenz 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 Bestandsbauwerks 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
Wasserstands-differenz 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
Wasserstands-differenz 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

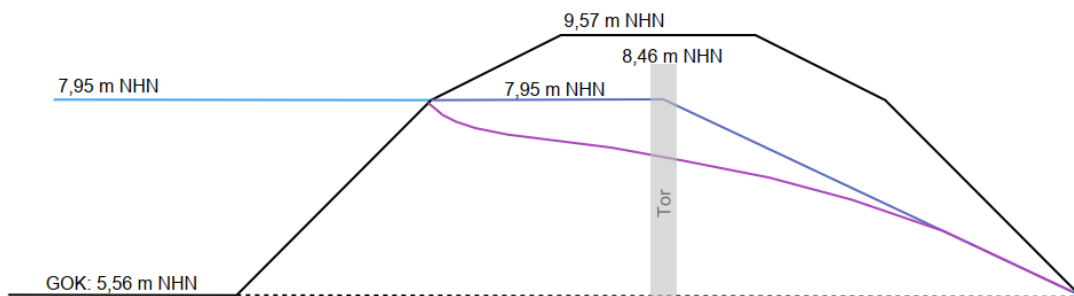
Nachrechnung des Deichscharts für den Ist-Zustand

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

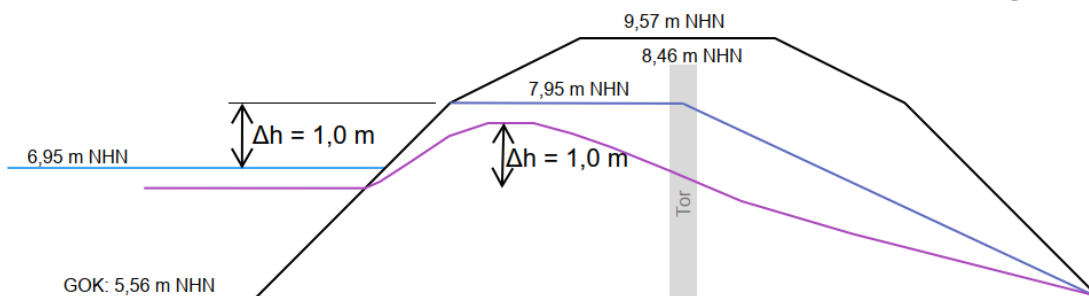


BS-P2 aktuelle Lasten (Sunk-1)

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

Legende:

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

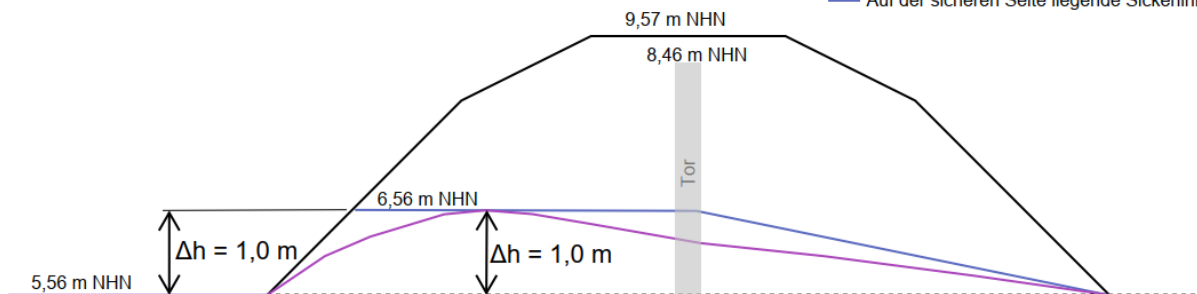


BS-P3 aktuelle Lasten (Sunk-2)

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

Legende:

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



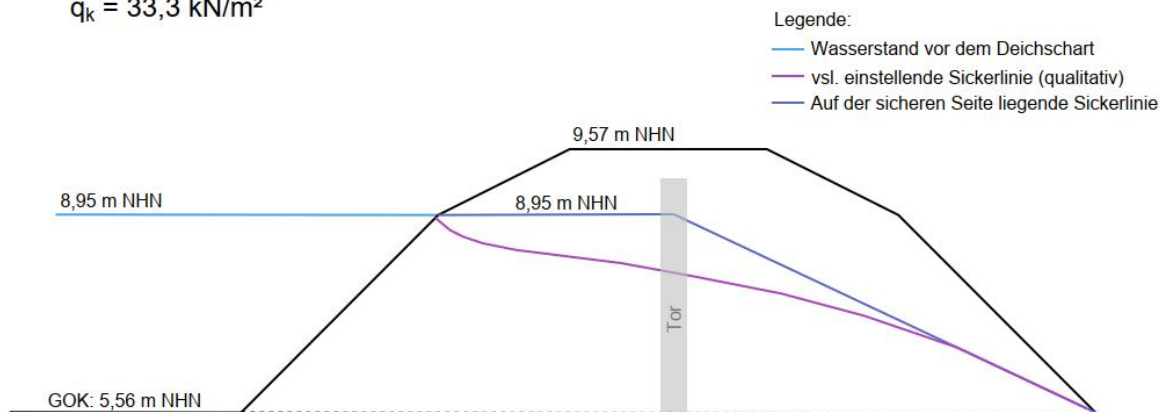
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 12
Vorgang:	

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

Nachrechnung des Deichschart für zukünftige Szenarien

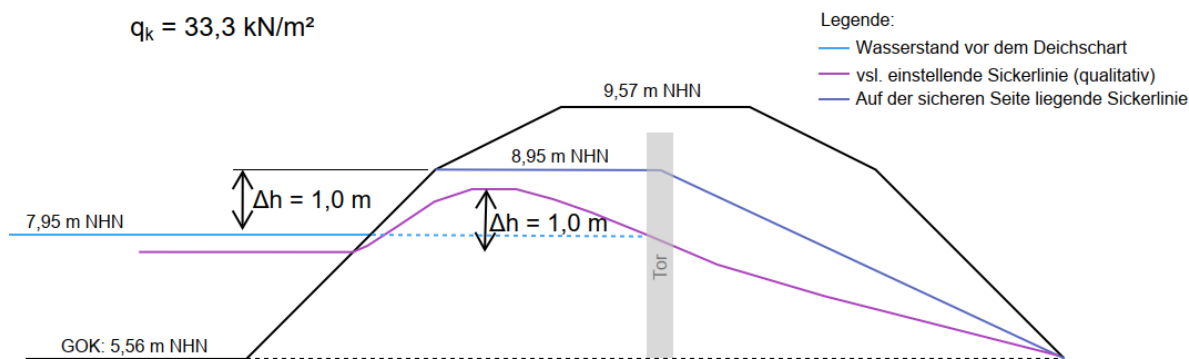
BS-P1 Zukünftige Szenarien (Hochwasserzustand)

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



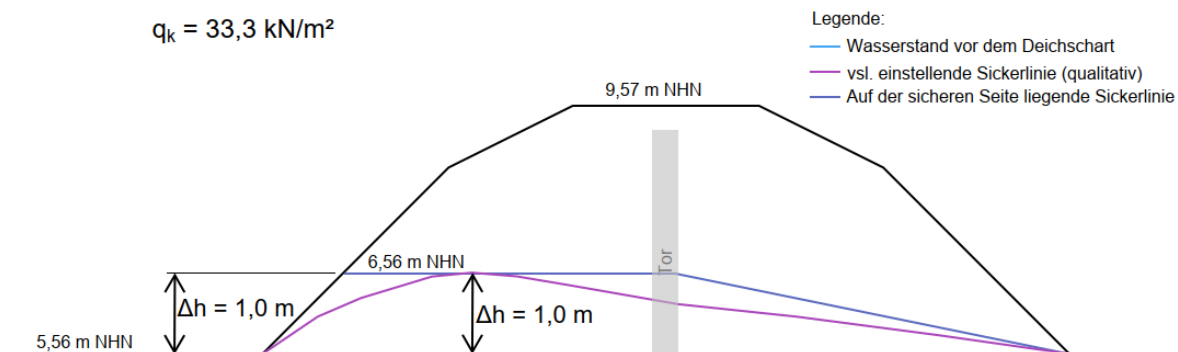
BS-P2 Zukünftige Szenarien (Sunk-1)

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



BS-P3 Zukünftige Szenarien (Sunk-2)

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



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 Soillage) erforderlich. Wenn keine Bestandsstatik vorliegt, ist ein Vergleich der Untersuchungen nach EAU 1990 sowie der gültigen EAU durchzuführen.

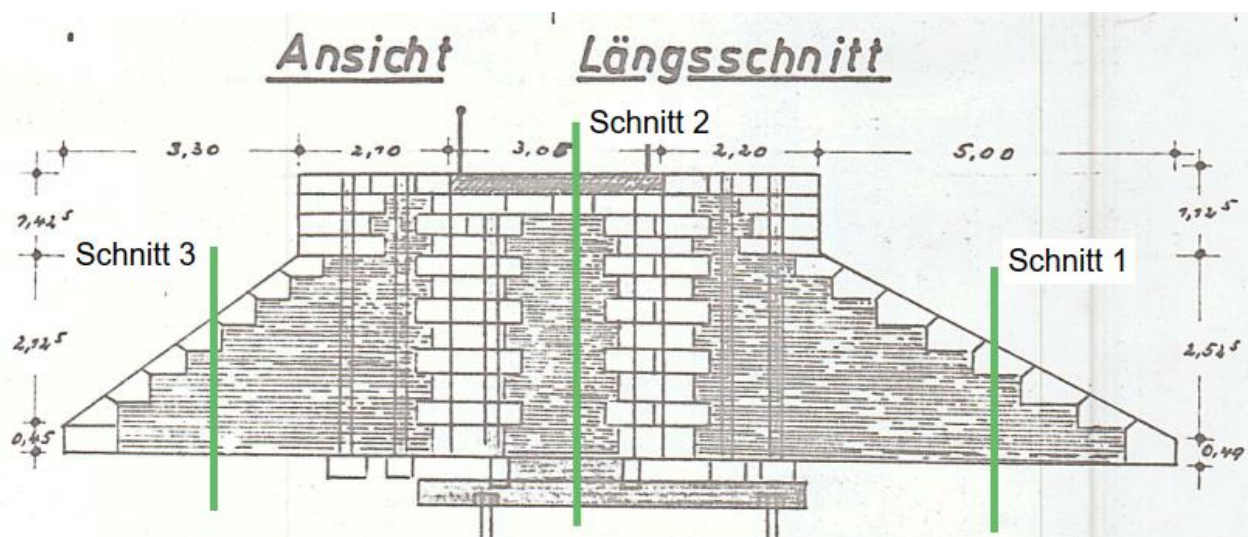
Im Folgenden wird die Bemessung für den Ist-Zustand und für die zukünftige Nutzung des Deichscharls nach aktueller EAU durchgeführt. Für die zukünftige Nutzung sind geänderte Wasserstandsverhältnisse Grundlage (siehe Abschnitt 2.5).

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.

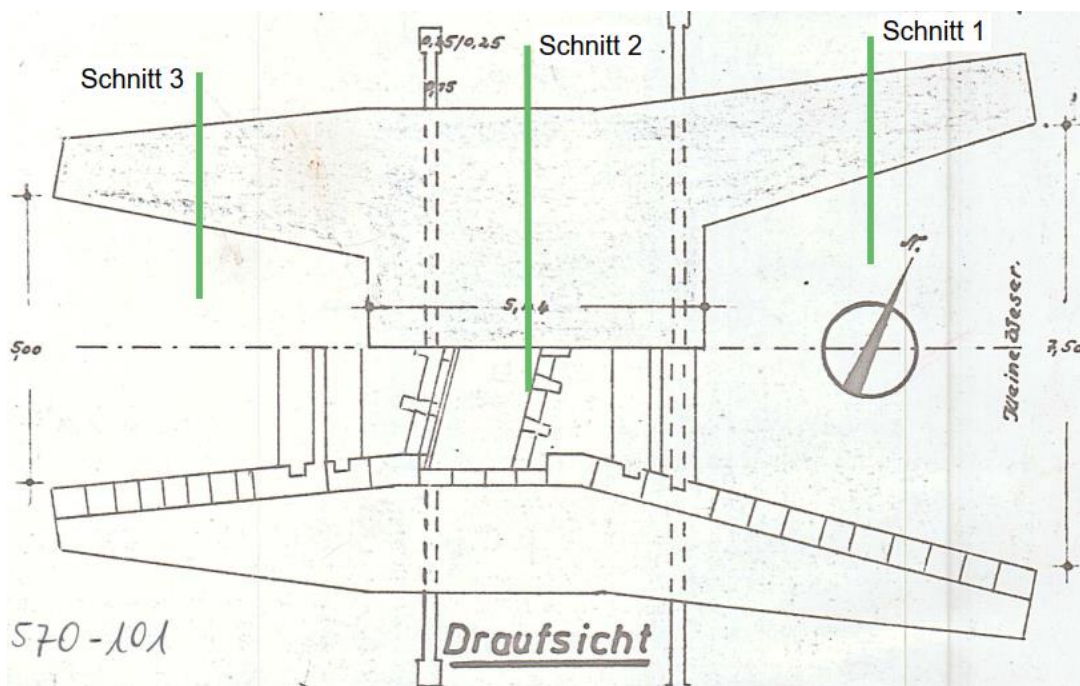
Die Nachweise nach EAU 1990 werden für den maßgebenden Fall exemplarisch in Abschnitt 0 geführt.

3.2. Bemessungsschnitt



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

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



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

Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 15
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07 2022
<p>3.3. Systembeschreibung</p> <p>Für die Abbildung des Systems wurden verschiedene Annahmen getroffen. Diese werden im Folgenden erläutert:</p> <p>Es wird angenommen, dass das Deichschart als Trogbauwerk ausgebildet wurde und als starres System wirkt, welches keine Relativbewegungen zur anstehenden Hinterfüllung zulässt.</p> <p><u>Wandreibungswinkel:</u></p> <p>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.</p> <p><u>Erddruckansatz:</u></p> <p>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.</p> <p><u>Aussteifende Wirkung der Sohlplatte:</u></p> <p>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.</p>	
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
<p><u>Lastausbreitung durch Sohlplatte:</u></p> <p>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.</p> <p><u>Auflast durch Sohlplatte:</u></p> <p>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 Boden- platte 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.</p> <p>3.4. Nachweisführung</p> <p>3.4.1. Nachweis gegen Kippen innerhalb des Bauteils und in der Sohlfuge (SLS)</p> <p>Der Nachweis gegen Kippen überprüft die Fundamentverdrehung und die Begren- zung einer klaffenden Fuge. Die ständigen Lasten müssen innerhalb der 1. Kernflä- che 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 Einwirkun- gen geführt.</p>	
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 17
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH Programm:	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07 2022
<p>3.4.2. Nachweis der Gleitsicherheit innerhalb des Bauteils und in der Sohlfuge (GEO-2)</p> <p>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:</p> $T_d \leq R_{t,d} + E_{pt,d}$ <p>Mit $R_{t,d}$ für nichtbindige oder konsolidiert bindige Böden:</p> $R_{t,d} = N_k \cdot \tan \delta_{s,k} / \gamma_{R,h}$ <p>Der Grundbuchnachweis wird mit 50 % Erdwiderstand berechnet.</p> <p>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:</p> $V_{Edi} \leq V_{Rdi}$ $V_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$ <p>Der hintere Term der obenstehenden Gleichung ($\rho \cdot f_{yd} (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha)$) berücksichtigt eine ggf. vorhandene Bewehrung und wird hier nicht angesetzt.</p> <p>Der Nachweis wird bei der Darstellung der Ergebnisse geführt.</p> <p>3.4.3. Nachweis der Grundbruchsicherheit in der Sohlfuge (GEO-2)</p> <p>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:</p> $V_d \leq R_{n,d}$ $V_d = N_{G,k} \cdot \gamma_G + N_{Q,k} \cdot \gamma_Q$ $R_{n,d} = R_{n,k} / \gamma_{R,v}$ $R_{n,k} = b' \cdot a' \cdot (c_k \cdot N_c + \gamma_{1k} \cdot d \cdot N_d + \gamma_{2k} \cdot b' \cdot N_b)$	
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	
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 Bau- grund	
Ständige Einwirkungen γ_G	1,35
Günstige ständige Einwirkungen $\gamma_{G,inf}$	1,0
Ständige Einwirkungen aus Erdruchedruck $\gamma_{G,E0}$	1,2
Ungünstige veränderliche Einwirkung γ_Q	1,5
Günstige veränderliche Einwirkung γ_Q	0

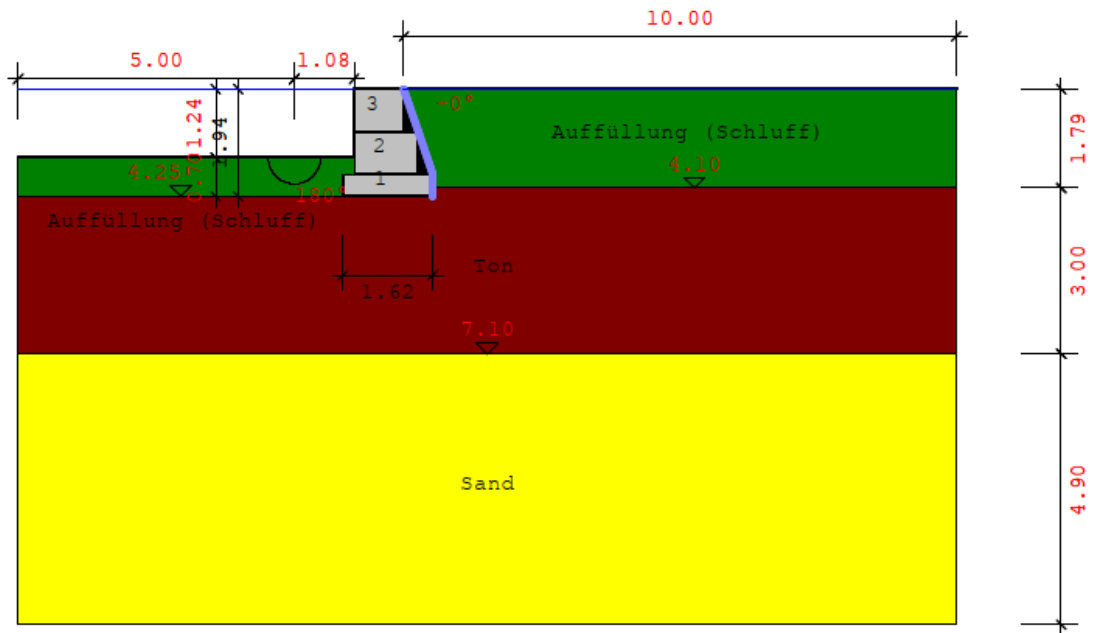
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:	
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07 2022

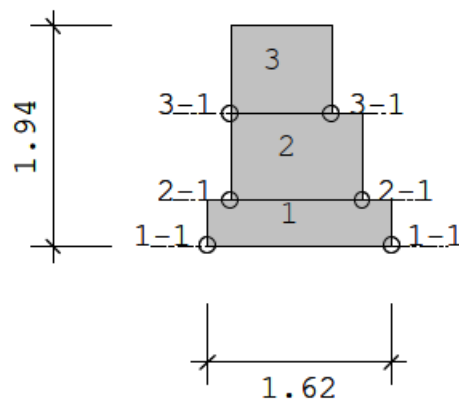
3.6. Ergebnisse

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:

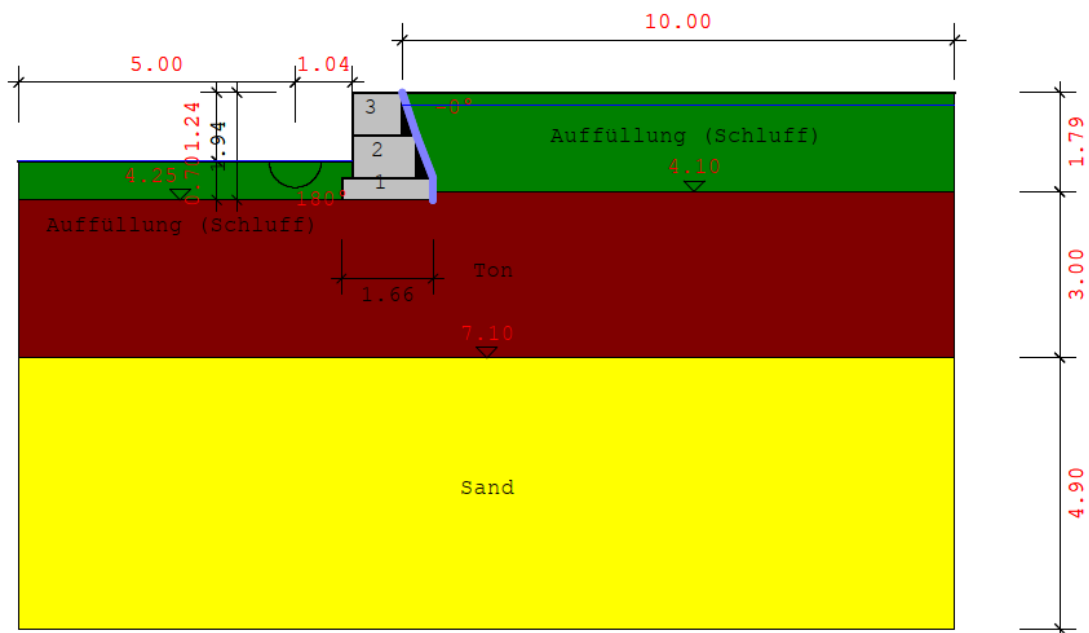
$T_d \leq R_{td} + E_{pd}$ $12.67 \leq 9.64 + 3.63$... Nachweis erfüllt LF 1

Grundbruchnachweis im GZ1B:

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

Der Grundbruchnachweis wurde mit 50 % Erdwiderstand berechnet.

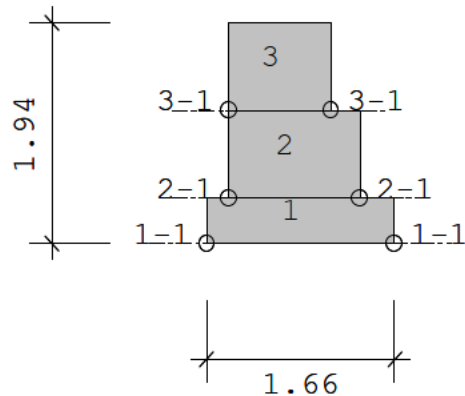
Schnitt 1 – BS-P3



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:

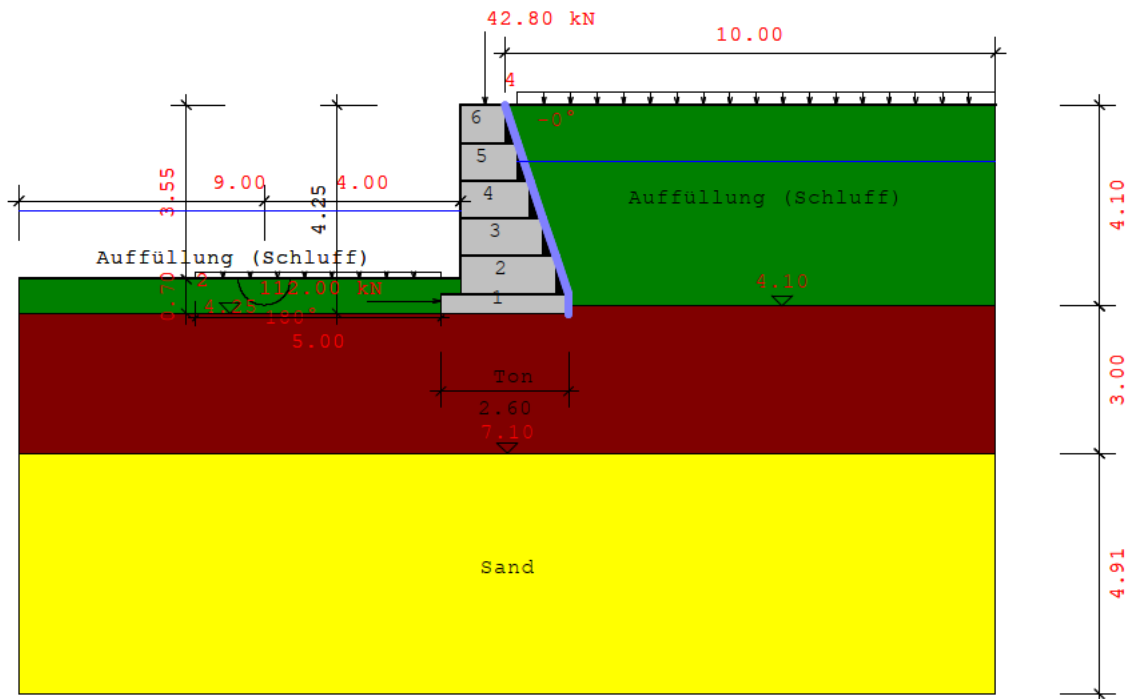
$$V_{Rdi} = 17,69 + 0,2 * 0,48 * 1000 = 114 \text{ kN} > 22,53 \text{ kN}$$

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

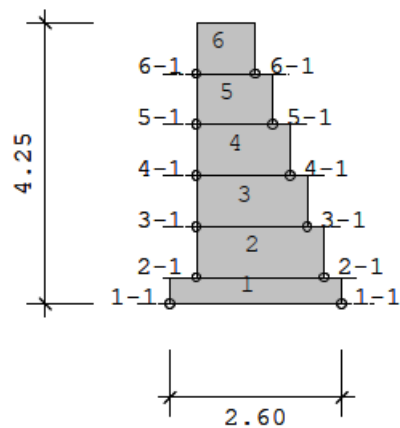
Verfasser: Sweco GmbH		Auftrag Nr.: 0711-21-014												
Programm:														
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4		Datum: 22.07 2022												
<p><u>Übersicht Sicherheitsnachweise äußere Sicherheit:</u></p> <p>Kippnachweis im GZ2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>LF</th> <th>Rk[kN]</th> <th>vorh.e[m]</th> <th>zul.e[m]</th> <th>Asohl[%]</th> <th>Nachw.erfüllt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1(g)</td> <td>46.50</td> <td>0.44</td> <td>0.28</td> <td>69.94</td> <td>Nein</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall 1(g)</p> <p>Gleitnachweis im GZ1B:</p> <p>$T_d > R_{td} + E_{pd}$ $30.32 > 12.92 + 3.63$... Nachweis nicht erfüllt LF 1</p> <p>Grundbruchnachweis im GZ1B:</p> <p>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.</p>			LF	Rk[kN]	vorh.e[m]	zul.e[m]	Asohl[%]	Nachw.erfüllt	1(g)	46.50	0.44	0.28	69.94	Nein
LF	Rk[kN]	vorh.e[m]	zul.e[m]	Asohl[%]	Nachw.erfüllt									
1(g)	46.50	0.44	0.28	69.94	Nein									
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:

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

Grundbruchnachweis im GZ1B:

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

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

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

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

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:

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

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:

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

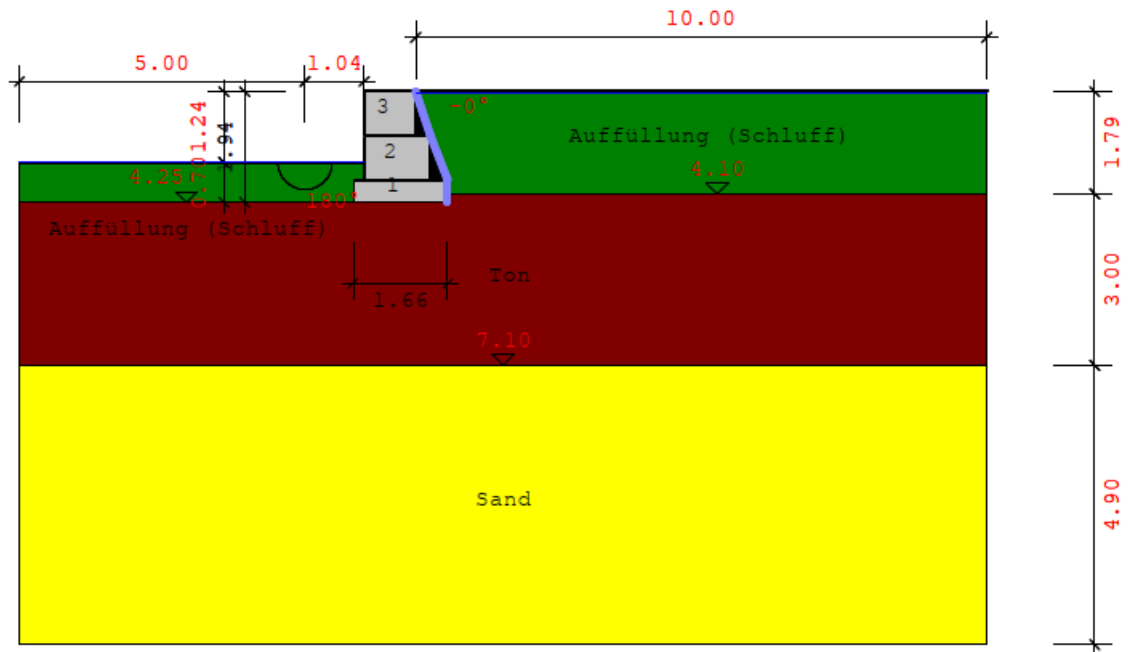
Grundbruchnachweis im GZ1B:

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

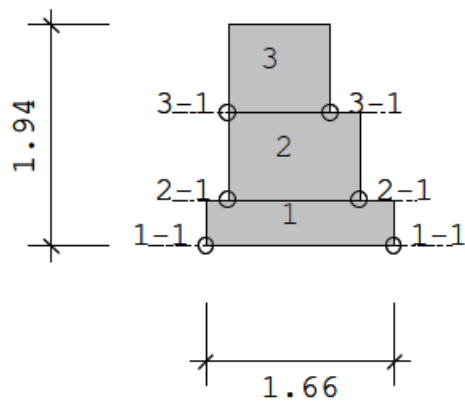
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)	Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 27
Vorgang:	

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.

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

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

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

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

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

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

Fuge 2-1:

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

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:

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

Grundbruchnachweis im GZ1B:

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

Der Grundbruchnachweis 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

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.

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

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

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

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

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

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

Fuge 2-1:

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

Fuge 3-1:

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

Fuge 4-1:

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

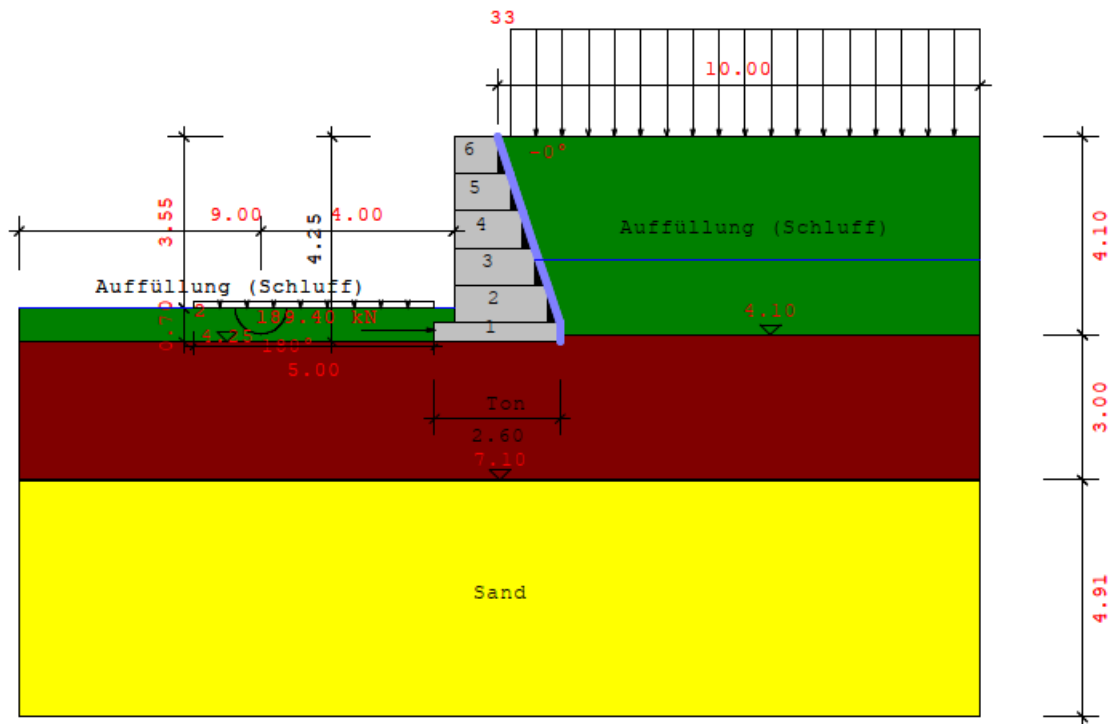
Die Nachweise für die Fugen 5-1 bis 6-1 sind offensichtlich erfüllt.

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

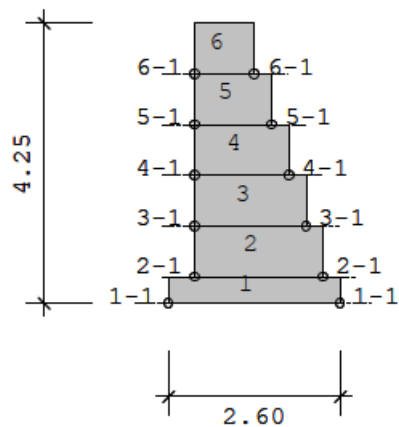
Verfasser: Sweco GmbH		Auftrag Nr.: 0711-21-014																								
Programm:																										
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4		Datum: 22.07 2022																								
<p>Übersicht Sicherheitsnachweise äußere Sicherheit:</p> <p>Kippnachweis im GZ1A</p> <table> <thead> <tr> <th>LF</th> <th>Rk[kN]</th> <th>vorh.e[m]</th> <th>zul.e[m]</th> <th>Asohl[%]</th> <th>Nachw.erfüllt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1(q)</td> <td>127.46</td> <td>1.91</td> <td>0.87</td> <td>-69.93</td> <td>Nein</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall , 1(q)</p> <p>Kippnachweis im GZ2</p> <table> <thead> <tr> <th>LF</th> <th>Rk[kN]</th> <th>vorh.e[m]</th> <th>zul.e[m]</th> <th>Asohl[%]</th> <th>Nachw.erfüllt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1(g)</td> <td>130.64</td> <td>0.95</td> <td>0.43</td> <td>40.92</td> <td>Nein</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall 1(g)</p> <p>Gleitnachweis im GZ1B:</p> <p>$T_d \leq R_{td} + E_{pd}$ $24.00 \leq 42.18 + 0.00$... Nachweis erfüllt LF 1(q)</p> <p>Grundbruchnachweis im GZ1B:</p> <p>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).</p>			LF	Rk[kN]	vorh.e[m]	zul.e[m]	Asohl[%]	Nachw.erfüllt	1(q)	127.46	1.91	0.87	-69.93	Nein	LF	Rk[kN]	vorh.e[m]	zul.e[m]	Asohl[%]	Nachw.erfüllt	1(g)	130.64	0.95	0.43	40.92	Nein
LF	Rk[kN]	vorh.e[m]	zul.e[m]	Asohl[%]	Nachw.erfüllt																					
1(q)	127.46	1.91	0.87	-69.93	Nein																					
LF	Rk[kN]	vorh.e[m]	zul.e[m]	Asohl[%]	Nachw.erfüllt																					
1(g)	130.64	0.95	0.43	40.92	Nein																					
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.

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

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

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(q)	172.34	1.41	0.87	-12.24	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)	168.40	0.65	0.43	74.45	Nein

Nachweis nicht erfüllt für den Lastfall 1(g)

Gleitnachweis im GZ1B:

$T_d \leq R_{td} + E_{pd}$ 23.95<=57.02+-0.03 ... 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=1.41 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	
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	
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	
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	
Vorgang:	

Verfasser: Sweco GmbH Programm:	Auftrag Nr.: 0711-21-014
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4	Datum: 22.07.2022
<p>3.6.4. Nachweisführung nach EAU 1990</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p><u>Kippsicherheit:</u></p> <p>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.</p> <p><u>Gleitsicherheit:</u></p> <p>Globales Sicherheitskonzept nach DIN 1054 aus 1976 für BS-P:</p> $\eta_G = 1,5$ $\eta_g = (H_s + 0,5 \cdot E_{p,t}) / H$ <p>Als maßgebend gilt der im Schnitt 1 des Ist-Zustandes BS-P3 geführte Gleitnachweis:</p> $H_s = 39,04 \cdot \tan(20^\circ) = 14,21 \text{ kN}$ $E_{p,t} = 10,18 \cdot 0,5 = 5,09 \text{ kN}$ $H = 25,27 \text{ kN}$ $\eta_g = 14,21 + 5,09 / 25,27 = 0,76 < 1,5$ <p style="text-align: right;">Nachweis nicht erfüllt</p> <p>Nach dem globalen Sicherheitskonzept beträgt das Verhältnis von globaler Sicherheit gegenüber der geforderten Sicherheit 1,97.</p> <p>Nach dem Teilsicherheitskonzept beträgt die vergleichbare Ausnutzung 1,83 (siehe Tabelle 6).</p>	
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882) Block: Nachrechnung Vorgang:	Archiv-Nr.: Seite: 39

Verfasser: Sweco GmbH		Auftrag Nr.: 0711-21-014
Programm:		
Betreff: Generalplan Küstenschutz - Abschnitt Stadtstrecke BA 4		Datum: 22.07 2022
<p><u>Grundbruchsicherheit:</u></p> <p>Globales Sicherheitskonzept nach DIN 1054 aus 1976 für BS-P:</p> <p style="text-align: center;">$\eta_g = 2,0$</p> <p>Als maßgebend gilt der im Schnitt 2 des Ist-Zustandes BS-P2 geführte Grundbruchnachweis:</p> <p>$N_k = 163,98 + 2,9 = 166,8 \text{ kN}$</p> <p>$T_k = -9,34 + 9,61 = 0,27 \text{ kN}$</p> <p>$R_{n,k} = 76,87$</p> <p>$N = N_k + T_k = 167,07 \text{ kN}$</p> <p>$R_{n,k} / N = 76,87 / 167,07 = 0,46 < 2,0$ Nachweis nicht erfüllt</p> <p>Nach dem globalen Sicherheitskonzept beträgt das Verhältnis von globaler Sicherheit gegenüber der geforderten Sicherheit 4,35.</p> <p>Nach dem Teilsicherheitskonzept beträgt die vergleichbare Ausnutzung 3,66 (siehe Tabelle 6).</p>		
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
<h4>4. Fazit</h4> <p>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.</p> <p>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%.</p> <p>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%).</p> <p>Eine Berücksichtigung des Globalsicherheitskonzepts gemäß EAU 1990 führt zu rechnerisch höheren Ausnutzungen.</p> <p>Nach den durchgeführten Berechnungen ist festzustellen, dass das Deichschart für die aktuell gültigen Bemessungswasserstände für Neubauten und erstreckt 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.</p>		
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
<div>5. Unterschriften</div> <div>Statische Berechnung Deichschart Buntentor</div> <div>Seiten Deckblatt 1 - 42</div> <div>Anhang Anlage 1</div> <div>Aufgestellt: Hannover, 22.07.2022</div> <div><div></div><div></div></div>		
Bauteil: Deichschart Buntentor (1882)		Archiv-Nr.:
Block: Nachrechnung	Seite: 42	
Vorgang:		