

<u>öffentlich</u>	
Verantwortlich: Fachdienst Stadt- u. Landschaftsplanung	BESCHLUSSVORLAGE

Geschäftszeichen 2-61/Ho	Datum 03.07.2020	BV/2020/044
-----------------------------	---------------------	--------------------

Beratungsfolge	Zuständigkeit	Termine
Planungsausschuss	Entscheidung	08.09.2020

Sanierungsgebiet "Stadthafen Wedel" hier: Sanierungsmaßnahme Kaimauer

Beschlussvorschlag:

Der Planungsausschuss beschließt,

die Kaimauersanierung im Teilbereich 5 + 6 der Spundwand durch den Einbau einer aufgelösten Säulengründung als Kombination aus geokunststoffummantelten Säulen (GEC) in Verbindung mit Nassmörtelsäulen (CMC) durchzuführen (Variante 2).

Ziele

1. Strategischer Beitrag des Beschlusses

(Bezug auf Produkt / Handlungsfeld / Oberziele)

2. Maßnahmen und Kennzahlen für die Zielerreichung des Beschlusses

Darstellung des Sachverhaltes

Im Zuge der Planungen der Neugestaltung der Freianlage des Schulauer Hafens wurde überprüft, ob die vorhandenen Kaimauerwände die zusätzlich auftretenden Belastungen aus der neu zu errichtenden Freianlage aufnehmen können. Für die Bereiche 5 und 6 hat die Prüfung ergeben, dass die Standsicherheit dieser Wände selbst ohne Zusatzbeanspruchung aus der Freianlage (also im heutigen Zustand) nicht mehr nach den Regeln der Technik nachgewiesen werden kann. Die Bauteile Wand und Verankerung sind demnach stark überlastet.

Zur Ausarbeitung möglicher Sanierungsvarianten wurde daraufhin eine Machbarkeitsstudie vom Büro Ramboll durchgeführt, beauftragt durch Beschluss im Planungsausschuss am 10.09.2019. Diese Machbarkeitsstudie führte zu drei möglichen Sanierungsvarianten.

Das anliegende Memo zur Machbarkeitsstudie, erarbeitet von Büro Ramboll, ist Grundlage dieser Beschlussvorlage. Im Folgenden werden die Schwerpunkte aus diesem Memo herausgearbeitet.

Sanierungsvarianten:

1) Kaimauersanierung durch das Vorsetzen einer neuen Kaimauer vor die bestehende Wand (sogenannte Vorsetze)

Die Kaimauersanierung erfolgt durch den Neubau einer einfach verankerten Spundwand, die nach den Regeln der Technik ausgelegt wird. Die neue Wand muss bei üblicher Bauweise etwa 2 m vor die bestehende Wand eingebracht werden, eine sogenannte „Vorsetze“, was zu einer geringfügigen Reduktion der zur Verfügung stehenden Hafenbreite sowie einem Versprung in der Kaimauervorderkante in diesem Bereich führt.

Vorsetze

Herstellkosten Vorsetze: 34.000,00 € / lfdm Wand (brutto)

Summe Herstellkosten: 2.400.000,00 € gesamt (brutto)

2) Kaimauersanierung durch den Einbau einer aufgelösten Säulengründung als Kombination aus geokunststoffummantelten Säulen (GEC) in Verbindung mit Nassmörtelsäulen (CMC) zur Erhöhung der Scherfestigkeit im Widerlagerbereich des wasserseitigen Fußauflagers der Mauer

Bei dieser Sanierungsvariante werden die Bodeneigenschaften der oberen Weichschichten auf der Wasserseite durch den Einbau einer Kombination aus geokunststoffummantelten Sandsäulen und CMC-Säulen verbessert. Darüber hinaus wird bei dieser Maßnahme eine Kolksicherung vorgesehen, so dass die Berechnungssohle angehoben werden kann, ohne die planmäßige Hafensohle dafür erhöhen zu müssen.

Herstellkosten GEC + CMC: 23.300,00 € / lfdm Wand (brutto)

Summe Herstellkosten: 1.700.000,00 € gesamt (brutto)

Zusatzkosten: ca. 200.000,00 € (brutto)

(Aufwand für Messungen während der Bauphase)

3) Kaimauersanierung mittels Einbaus eines großflächigen monolithischen Widerlagerblocks im Bereich des wasserseitigen Fußauflagers der Mauer (Column Stabilisation)

Bei der Column Stabilisation werden die Weichschichten auf der Passivseite der Uferwand mittels

Zugabe geeigneter Zusatzstoffe lückenlos stabilisiert (monolithischer Block). Die Verfestigung des Bodens erfolgt hierbei abschnittsweise. Zur Verfestigung des Bodens wird dieser zunächst lokal über die gesamte Höhe der Weichschicht mit einem Zusatzstoff (Bindemittel) versehen. Dieser führt im Laufe der Zeit zu der angestrebten Bodenverfestigung.

Herstellkosten Column Stabilisation: 50.800,00 € / lfdm Wand (brutto)
Summe Herstellkosten: 3.600.000,00 € gesamt (brutto)
Zusatzkosten: ca. 200.000,00 € (brutto)
(Aufwand für Messungen während der Bauphase)

Bei allen 3 Varianten bestehen Risiken bei der Umsetzung der Maßnahme.

Sowohl bei Variante 1, als auch bei Variante 2 können aufgrund der hohen Rüttelenergie, die in den Baugrund eingebracht werden muss, kurzzeitig Schwächungen beim bestehenden Fußauflager der Wand entstehen. Durch diese kann die Wand in der Bauphase in ihrem unteren Bereich versagen, also zur Wasserseite hin ausweichen. Die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Risikos wird vom Gutachter aber als gering bis mittelmäßig bzw. gering bis mäßig eingeschätzt.

Auch bei Variante 3 besteht das Risiko des Versagens des Widerlagers, da durch das Eindüsen von Zement lokal und temporär eine Zerstörung der gewachsenen Bodenmatrix bewirkt wird. Auch hier wird die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Risikos vom Gutachter als gering bis mäßig eingestuft.

Die Verwaltung empfiehlt nach Abwägung der Herstellungskosten, der Kosten und der Risiken sowie nach Rücksprache mit den Gutachtern die Variante 2 auszuführen.

Begründung der Verwaltungsempfehlung

Die Variante 2 schneidet sowohl bei der Bewertung mit geschätzten Kosten von 1,9 Mio. € (brutto), als auch bei der Risikoeinschätzung als Vorzugsvariante ab. Sie ist die kostengünstigste und die Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos ist mit am geringsten.

Außerdem bietet diese Variante den Vorteil, dass die Kaikante in diesem Abschnitt nicht um zwei Meter zur Wasserseite verschoben werden muss.

Die Restnutzungsdauer (51 Jahre - 57 Jahre) des Bauwerks liegt kaum niedriger als bei Variante 1 (62 Jahre), zu Variante 3 (53 Jahre-56 Jahre) ist sie in etwa gleich.

Somit ist bei Betrachtung und Abwägung aller Varianten die Variante 2 die zu Empfehlende.

Darstellung von Alternativen und deren Konsequenzen mit finanziellen Auswirkungen

Alternativen wären die Anwendung der Variante 1 oder Variante 3.

Variante 1 beinhaltet die Sanierung durch eine vorgesetzte Spundwand, deren reine Herstellungskosten mit 2,4 Mio. höher sind. Des Weiteren würde diese Variante das bisherige Gestaltungskonzept maßgeblich verändern und eventuelle Rückzahlungen von Fördermitteln nach sich ziehen.

Die Kosten der Variante 3 sind doppelt so hoch wie bei Variante 2, die Restnutzungsdauer ist gleich.

Grundsätzlich wird die Verwaltung versuchen, Fördermittel für die Spundwandsanierung zu generieren.

Finanzielle Auswirkungen

Der Beschluss hat finanzielle Auswirkungen:

☒ ja ☐ nein

Mittel sind im Haushalt bereits veranschlagt

☒ ja ☐ teilweise ☐ nein

Es liegt eine Ausweitung oder Neuaufnahme von freiwilligen Leistungen vor:

☐ ja ☐ nein

Die Maßnahme / Aufgabe ist

☐ vollständig gegenfinanziert (durch Dritte)
☐ teilweise gegenfinanziert (durch Dritte)

☐ nicht gegenfinanziert, städt. Mittel erforderlich

Aufgrund des Ratsbeschlusses vom 21.02.2019 zum Handlungsfeld 8 (Finanzielle Handlungsfähigkeit) sind folgende Kompensationen für die Leistungserweiterung vorgesehen:

(entfällt, da keine Leistungserweiterung)

Ergebnisplan						
Erträge / Aufwendungen	2020 alt	2020 neu	2021	2022	2023	2024 ff.
		in EURO				
*Anzugeben bei Erträge, ob Zuschüsse / Zuweisungen, Transfererträge, Kostenerstattungen/Leistungsentgelte oder sonstige Erträge Anzugeben bei Aufwendungen, ob Personalkosten, Sozialtransferaufwand, Sachaufwand, Zuschüsse, Zuweisungen oder sonstige Aufwendungen						
Erträge*						
Aufwendungen*	2 Mio. €					
Saldo (E-A)						

Investition	2020 alt	2020 neu	2021	2022	2023	2024 ff.
	in EURO					
Investive Einzahlungen						
Investive Auszahlungen						
Saldo (E-A)						

Anlage/n

- 1 Memo 01 - Kaimauersanierung Bereiche 5 und 6

MEMO

Projekt	Kaimauersanierung Bereiche 5 und 6
Thema	Zuarbeit Beschlussvorlage
Memo Nr.	01
Datum	13.08.2020
Ersteller	Dr. Magnus Geduhn, Dipl.-Ing. Frank Scholtyssek
Kopie an	Dr. Peter Ruland

1. Zusammenfassende Empfehlungen aus der Machbarkeitsstudie

Im Zuge der Planungen der Neugestaltung der Freianlage des Schulauer Hafens wurde überprüft, ob die vorhandenen Kaimauerwände die zusätzlich auftretenden Belastungen aus der neu zu errichtenden Freianlage aufnehmen können. Für die Bereiche 5 und 6 hat die Prüfung ergeben, dass diese Wände selbst ohne Zusatzbeanspruchung aus der Freianlage (also im heutigen Zustand) nicht mehr nach den Regeln der Technik nachgewiesen werden können. Die Bauteile Wand und Verankerung sind demnach stark überlastet.

Zur Ausarbeitung möglicher Sanierungsvarianten wurde daraufhin eine Machbarkeitsstudie von Ramboll durchgeführt. Diese führte zu drei möglichen Sanierungsvarianten, die nachfolgend kurz beschrieben werden:

- (1) Kaimauersanierung durch das Vorsetzen einer neuen Kaimauer vor die bestehende Wand (sogenannte Vorsetze)

Die Kaimauersanierung erfolgt durch den Neubau einer einfach verankerten Spundwand, die nach den Regeln der Technik ausgelegt wird. Die neue Wand muss hier bei üblicher Bauweise etwa 2 m vor die bestehende Wand eingebracht werden, eine sogenannte „Vorsetze“, was zu einer geringfügigen Reduktion der zur Verfügung stehenden Hafenbreite sowie einem Versprung in der Kaimauervorderkante in diesem Bereich führt.



Abbildung 1-1: Visualisierung Versprung in Hafenkante durch „Vorsetze“

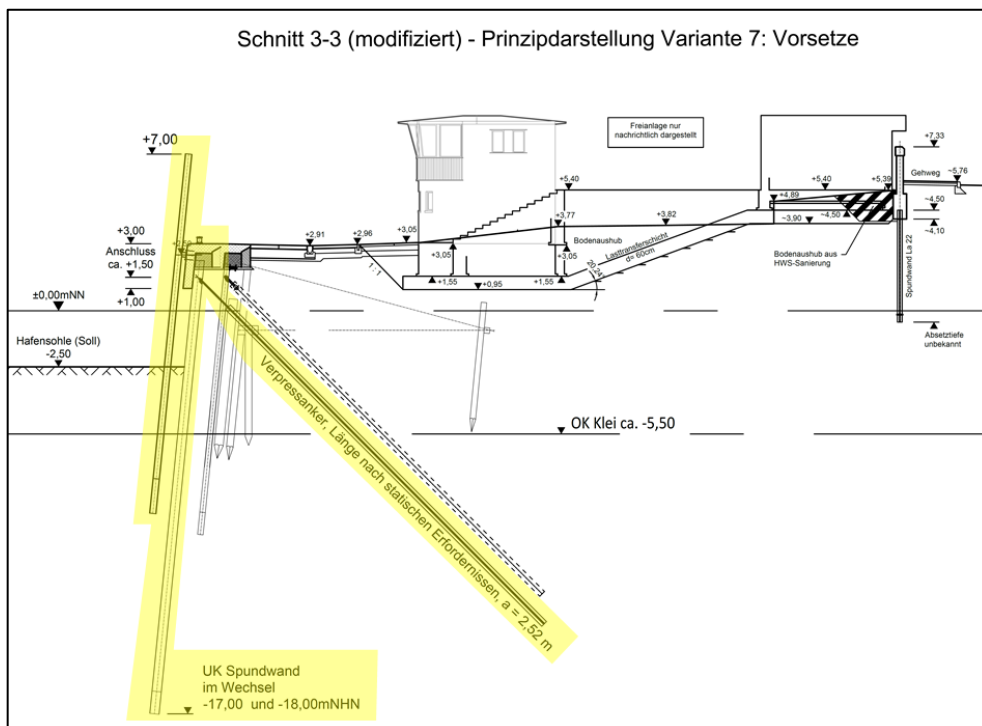


Abbildung 1-2: Prinzipdarstellung: Vorsetze

Herstellkosten Vorsetze:	34.000,00 € / lfdm Wand (brutto)
Summe Herstellkosten:	2.400.000,00 € gesamt (brutto)

- (2) Kaimauersanierung durch den Einbau einer aufgelösten Säulengründung als Kombination aus geokunststoffummantelten Säulen (GEC) in Verbindung mit Nassmörtelsäulen (CMC) zur Erhöhung der Scherfestigkeit im Widerlagerbereich des wasserseitigen Fußauflagers der Mauer

Bei dieser Sanierungsvariante werden die Bodeneigenschaften der oberen Weichschichten auf der Wasserseite durch den Einbau einer Kombination aus geokunststoffummantelten Sandsäulen und CMC-Säulen verbessert. Darüber hinaus wird bei dieser Maßnahme außerdem eine Kolkssicherung vorgesehen, so dass die Berechnungssohle angehoben werden kann, ohne die planmäßige Hafensohle dafür erhöhen zu müssen.

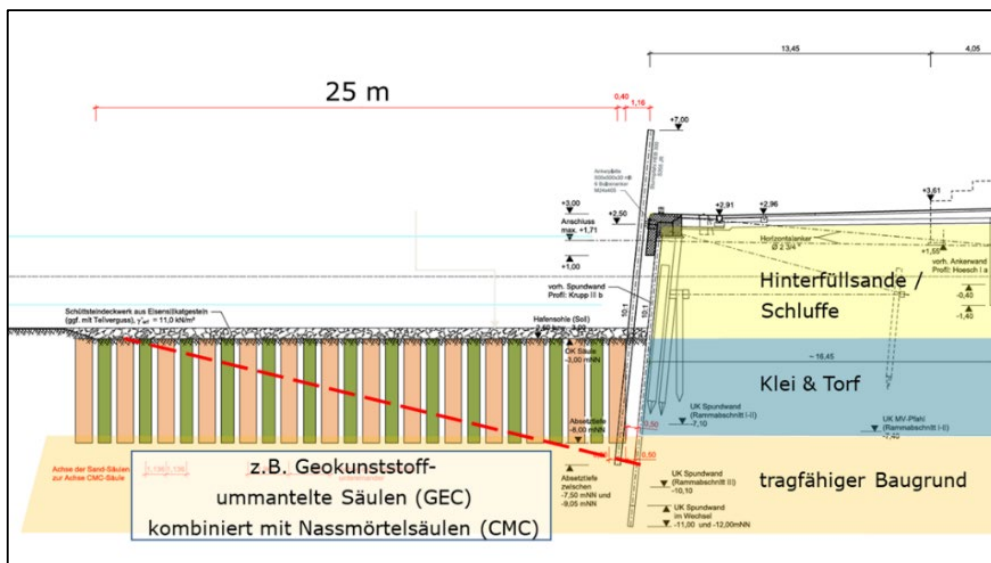


Abbildung 1-3: Prinzipdarstellung: Bodenverbesserung mittels GEC + CMC (Schnitt)

Herstellkosten GEC + CMC:	23.300,00 € / lfdm Wand (brutto)
Summe Herstellkosten:	1.700.000,00 € gesamt (brutto)
Zusatzkosten:	ca. 200.000,00 € (brutto)
(Aufwand für Messungen während der Bauphase)	

(3) Kaimauersanierung mittels Einbaus eines großflächigen monolithischen Widerlagerblocks im Bereich des wasserseitigen Fußauflagers der Mauer (Column Stabilisation)

Bei der Column Stabilisation werden die Weichschichten auf der Passivseite der Uferwand mittels Zugabe geeigneter Zusatzstoffe lückenlos stabilisiert (monolithischer Block). Die Verfestigung des Bodens erfolgt hierbei abschnittsweise.

Zur Verfestigung des Bodens wird dieser zunächst lokal über die gesamte Höhe der Weichschicht mit einem Zusatzstoff (Bindemittel) versehen. Dieser führt im Laufe der Zeit zu der angestrebten Bodenverfestigung.

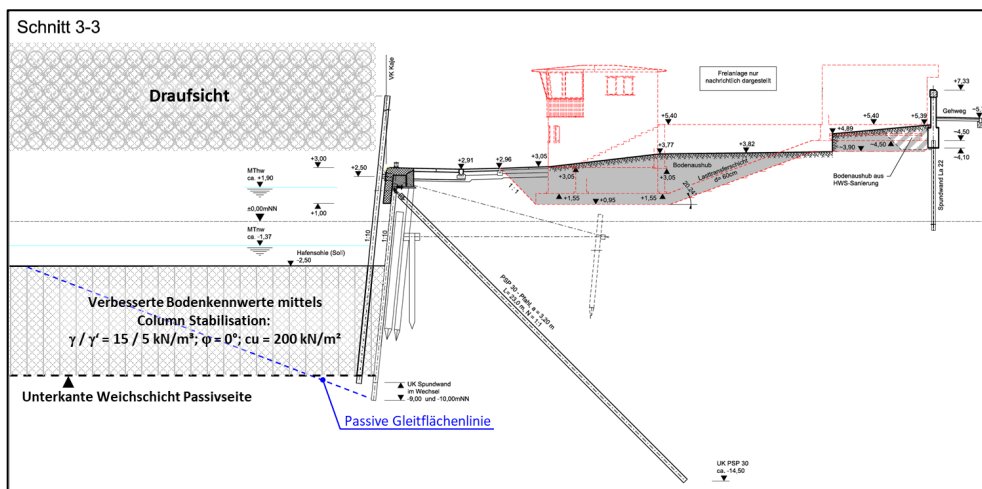


Abbildung 1-4: Prinzipdarstellung: Bodenverbesserung mittels Column Stabilisation

Herstellkosten Column Stabilisation:	50.800,00 € / lfdm Wand (brutto)
Summe Herstellkosten:	3.600.000,00 € gesamt (brutto)
Zusatzkosten:	ca. 200.000,00 € (brutto)
(Aufwand für Messungen während der Bauphase)	

Hinsichtlich der Sicherheit der Kostenschätzung gibt es zwischen der Variante 1 und den anderen beiden Varianten einen qualitativen Unterschied. Die Variante 1 ist eine oftmals ausgeführte Lösung, bei der die statische Bemessung verhältnismäßig einfach ist, so dass die Kostenschätzung vergleichsweise genau möglich ist. Bei den Varianten 2 und 3 hängen die Kosten stark vom Baustoffeinsatz ab, der erst durch ausführlichere statische Berechnung, als sie im Rahmen einer Machbarkeitsstudie möglich sind, ermittelt werden kann.

2. Erläuterungen Risikoeinschätzung

Neben den zu erwartenden Herstellkosten sind die möglichen Sanierungsvarianten auch hinsichtlich der mit Durchführung der Arbeiten verbundenen Risiken zu beurteilen. Hierbei sind die Risiken differenziert zu betrachten und zu bewerten: Einerseits weisen die erforderlichen Bauverfahren unterschiedliche Risiken auf, andererseits bestehen unterschiedliche Risiken hinsichtlich des Tragverhaltens der zu sanierenden Hafenwand sowohl im Bau- als auch im Endzustand.

2.1 Sanierung durch vorgesetzte Spundwand

Bei der **vorgesetzten Spundwand (1)** handelt es sich um ein gängiges Sanierungsverfahren von nicht mehr tragfähigen Uferwänden. Es ist ein erprobtes Bauverfahren. Für die Erbringung dieser Leistung würde sich ein großer Bieterkreis von Baufirmen bewerben.

Da die Standsicherheit der Uferwand im Ist-Zustand nicht gegeben ist, kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dass durch den Einbau der neuen Spundwand (durch Rammen und Rütteln der neuen Spundbohlen) Schäden, an der bestehenden Uferwand auftreten. Im einfachsten Fall bestehen diese aus Verformungen und Sackungen der Verkehrsfläche landseitig der Kaikante. Es kann aber auch zu einem Versagen des Widerlagers der Wand (also des unteren Teils der Spundwand) kommen. Dann muss der betreffende Teil der alten Spundwand einschließlich des rückwärtigen Erdreiches rückgebaut werden, um die neue Spundwand mit ihrer Verankerung an der vorgesehenen Stelle einbringen zu können.

Die neue Wand kann alle statischen Anforderungen für den Hafenbetrieb ohne Einschränkungen erfüllen. Die Lebensdauer des Bauwerks kann über die Stahlgüte und Profilstärke der Spundwand gesteuert werden und beträgt bei den in der Kostenschätzung berücksichtigten Profilen ca. 62 Jahre.

Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos:	gering bis mittelmäßig schätzungsweise zwischen 1 bis 10 %
Einfluss des Risikos auf die gesamten Baukosten:	mäßig schätzungsweise Zusatzkosten zwischen 10 und 20 % der bisherigen gesamten Baukosten

2.2 Sanierung durch Bodenverbesserung mittels GEC + CMC

Im Falle einer Sanierung mittels **Bodenverbesserung durch geokunststoffummantelter Sandsäulen (geotextile encase columns, GEC) in Kombination mit Nassmörtelsäulen CMC (constrained modulus columns) (2)** handelt es sich dagegen um ein Bauverfahren, welches bisher noch nicht in der hier erdstatisch erforderlichen Kombination verbaut wurde. Inwiefern sich die verschiedenen Säulentypen bei der Herstellung gegenseitig positiv oder negativ beeinflussen, kann deshalb nicht abgeschätzt werden. Generell sind zur Umsetzung beider Verfahren (GEC & CMC) nur wenige Spezialtiefbauunternehmen auf dem Markt tätig. Zudem sind bei Erhalt der alten Spundwand regelmäßige engmaschige Bauwerksprüfungen zur Überwachung des Bauwerks erforderlich. Letztendlich kann die Lebensdauer des Bauwerks nicht mehr über die bereits verbaute Stahlgüte gesteuert werden und beträgt ca. 57 Jahre für den Bereich 5 und ca. 51 Jahre für den Bereich 6.

Ähnlich wie bei dem Einbringen der neuen Spundbohlen für die Variante 1 wird bei diesem Verfahren hohe Rüttelenergie in den Baugrund eingebracht, um den Boden säulenartig seitlich zu verdrängen. Dies kann das bestehende Fußauflager der Wand kurzzeitig, insbesondere dort wo noch keine Säulen vorgesetzt sind, schwächen. Durch diese Schwächung kann die Wand in der Bauphase in ihrem unteren Bereich versagen, also zur Wasserseite hin ausweichen. Ähnlich wie bei der Variante 1 muss dann der betreffende Teil der alten Spundwand einschließlich des rückwärtigen Erdreiches rückgebaut werden, um an gleicher Stelle eine neue Spundwand mit Verankerung zum Schließen der Lücke einbringen zu können. (Das Verfahren ähnelt der Sanierung des Schadensfalls von 1988).

Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos:	gering bis mäßig, schätzungsweise zwischen 1 bis 15%
--	---

Einfluss des Risikos auf die gesamten Baukosten: hoch >> 10%
schätzungsweise Zusatzkosten abhängig von
der Länge des betroffenen
Wandstückes (im Rahmen der Neubaukosten
der Variante 1)

2.3 Sanierung durch Bodenverbesserung mittels Column Stabilisation

Das **Bauverfahren Column Stabilisation (3)** wird in sehr ähnlicher Ausführungsform aktuell bei der Sanierung der Kaimauern in der Hamburger Speicherstadt für einen Kaispeicher zunächst als Testfeld realisiert. Das Testfeld wurde durch Ramboll geplant, ausgeschrieben und die Bauausführung wird derzeit von Ramboll fachtechnisch überwacht. Damit liegen zum Zeitpunkt einer möglichen Bauausführung ausreichende Informationen und Erfahrungen bezüglich der Ausführbarkeit dieses Bauverfahrens vor.

Ähnlich wie bei der Variante 2 kann die Lebensdauer des Bauwerks nicht mehr über die bereits verbaute Stahlgüte gesteuert werden und beträgt ca. 53 Jahre für den Bereich 5 und ca. 56 Jahre für den Bereich 6. Zudem sind bei Erhalt der alten Spundwand regelmäßige engmaschige Bauwerksprüfungen zur Überwachung des Bauwerks erforderlich.

Es besteht ein Risiko des Versagens des Widerlagers wie bei der Sanierung mittels GEC + CMC (Variante 2), da durch das Eindüsen von Zement lokal und temporär eine Zerstörung der gewachsenen Bodenmatrix bewirkt wird und erst nach einer Abhärtungszeit von ca. 20 h ein Anfangsfestigkeit wieder hergestellt ist, die die Festigkeit des gewachsenen Bodens überschreitet. Allerdings wird keine Rüttelenergie zum Einmischen des Zements benötigt, so dass im Vergleich zu Variante 2 die Eintrittswahrscheinlichkeit deutlich geringer eingeschätzt wird.

Im Schadensfalle wäre eine Sanierung wie bei der Variante 2 erforderlich

Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos: gering bis mäßig,
schätzungsweise zwischen 1 bis 15 %

Einfluss des Risikos auf die gesamten Baukosten: hoch >> 10%
Zusatzkosten je nach Länge des betroffenen
Wandstückes (im Rahmen der Neubaukosten
der Variante 1)

2.4 Zusammenfassung

Die Hafenwand in den Bereichen 5 und 6 kann bereits für den bestehenden IST-Zustand rechnerisch nicht mehr nachgewiesen werden. Die erdstatischen Berechnungen haben hierbei deutliche Defizite bei allen Bauteilen (Spundwand, Verankerung) aufgezeigt.

Ferner sind keinerlei Anschlussdetails der Schräg- und Horizontalanker an die Spundwand sowie im Bereich 6 auch an die rückwärtige Ankerwand bekannt. Ein statischer Nachweis dieser Details ist demzufolge nicht möglich. Die durchgeführten statischen Berechnungen beschränken sich auf den Nachweis der Haupttraglelemente. Somit besteht bei Weiternutzung der vorhandenen Konstruktion das Risiko, dass die Wand in vorgenannten Detailpunkten versagen kann, obwohl für die Gesamtkonstruktion eine ausreichende Tragfähigkeit ermittelt wurde.

Der Endzustand der neuen Vorsetze (1) kann hingegen eindeutig mit den üblichen Berechnungsmethoden für alle Bauteile und Detailpunkte nachgewiesen werden.

Für die Sanierungsvarianten GEC + CMC (2) sowie Column Stabilisation (3) konnte der Endzustand der bestehenden Wand zwar mit den üblichen Berechnungsmethoden nachgewiesen werden, aber es konnte bei diesen Nachweisen die Belastungs- bzw. Verformungshistorie nicht mitberücksichtigt werden, da sie unbekannt ist. Allerdings können sich Kaimauerkonstruktionen in Spundwandbauweise in weiten Grenzen verformen, ohne dass es zu einem Versagen kommt, so dass auf einen Nachweis etwaiger Zwischen- oder Bauzustände verzichtet werden kann. Hierzu wurde auch eine Vorabstimmung mit dem Prüfstatiker durchgeführt, der dieses Vorgehen grundsätzlich akzeptiert hat. Die endgültige Zustimmung bleibt der finalen Prüfung des Prüfstatikers vorbehalten.

Aus Risikogesichtspunkten sowie aufgrund sonstiger Bedenken hinsichtlich der Nachweismethodik, der Dauerhaftigkeit und der Robustheit der Gesamtkonstruktion, bietet sich die Ausführung der Sanierungsvariante „Vorsetze“ (1) an. Zudem bietet sie den Vorteil, dass hinsichtlich neuer Hafennutzungskonzepte ggf. notwendige zusätzliche Lasten bei der Planung berücksichtigt werden können. Die geschätzten Kosten dieser Variante liegen bei 2,4 Mio. € (brutto).

Die Variante (2) schneidet bei der Bewertung mit geschätzten Kosten von 1,9 Mio. € (brutto) aus Kostengesichtspunkten am besten ab und bietet den Vorteil, dass die Kaikante in diesem Abschnitt nicht um zwei Meter zur Wasserseite verschoben werden muss. Im Vergleich zu Variante 1 ist das bauzeitliche Ausführungsrisiko dieser Variante aber höher (siehe Abschnitt 2 dieses Memos).

Der Detaillierungsgrad einer Machbarkeitsstudie lässt es allerdings nicht zu, die Kosten für diese Variante (und auch für die Variante 3) genügend genau zu ermitteln. Auch sind zusätzliche Maßnahmen für die Minderung des bauzeitlichen Risikos möglich, die im Zuge der weiteren Planung untersucht werden können. Grundsätzlich sind aber die Sanierungslösungen (2) und (3) verbunden mit den genannten Risiken ausführbar und aufgrund der geringsten Baukosten für die Variante (2) auch attraktiv.

Hamburg, 20. August 2020

Dr.-Ing. Peter Ruland

Dr.-Ing. Magnus Geduhn

Dipl.-Ing. Frank Scholtyssek

Anlage

Risikobewertung aus der Machbarkeitsstudie¹

¹ Die in diesem Memo zusammengefasste Risikobewertung stellt lediglich eine Zusammenfassung aller in Betracht zu ziehenden Aspekte dar. Eine vollständige Übersicht der Einzelrisiken und der daraus resultierenden Empfehlungen kann der beigefügten Anlage: „Risikobewertung“ entnommen werden.

Wertungsmatrix Machbarkeitsstudie:

Kriterium	Unterkriterium	Gewichtung %	Grundlage Punktebewertung	Variante 3: wasserseitig Column Stabilisation		Variante 2: Wasserseitige Bodenverbesserung mittels GEC + CMC		Variante 1: Vorsetze	
				Begründung	Bewertung	Begründung	Bewertung	Begründung	Bewertung
			wertbar:	Variante wertbar	+	Variante wertbar	+	Variante wertbar	+
1 Baukosten		35,0		3,80 Mio € brutto	 50	1,90 Mio € brutto	 350	2,40 Mio € brutto	 200
1.1	Preisvergleich	30,0	Kostenschätzung [€ netto]	mehr als doppelt so teuer wie der günstigste Preis	0,00	niedrigster Preis	10,00	linear interpoliert zwischen günstigstem und doppeltem Preis	5,00
1.2	Förderfähigkeit	5,0	Ist mit dem Fördergeber abzustimmen. Vermutlich keine Differenzierung, da alle Varianten die Sanierung einer vorhandenen Anlage bezwecken.		10,00		10,00		10,00
2 Technischer Wert		45,0			 163		 238		 406
2.1	statische Nachweisbarkeit	25,0	analytische statische Berechnungen generell gilt: Die bestehende Wand ist für den IST-Zustand rechnerisch nicht nachweisbar!	Verschlechterung der Tragfähigkeit im Bauzustand gegenüber der vorhandenen Situation durch temporäre Verflüssigungseffekte beim Eindüsen des Zementes in die zuvor zerstörte Bodenmatrix; Statische Nachweise im Endzustand in Detailpunkten weiterhin problematisch;	2,50	keine Verschlechterung der Tragfähigkeit im Bauzustand gegenüber der vorhandenen Situation durch Bodenverdrängung beim Einbau der Säulen; Statische Nachweise im Endzustand in Detailpunkten weiterhin problematisch;	5,00	Konstruktion wird nach statischen Erfordernissen ausgelegt; Ggf. können auch Reserven für zukünftige veränderte Nutzungsanforderungen eingeplant werden;	10,00
2.2	Restnutzungsdauer	5,0	analytische statische Berechnungen	Restnutzungsdauer (bezogen auf Sanierungsjahr 2021) auf Basis der durchgeführten Berechnungen ohne Berücksichtigung des IST-Zustands: ca. 53 Jahre (bis 2074)	7,50	Restnutzungsdauer (bezogen auf Sanierungsjahr 2021) auf Basis der durchgeführten Berechnungen ohne Berücksichtigung des IST-Zustands: ca. 51 Jahre (bis 2072)	7,50	Restnutzungsdauer (bezogen auf Sanierungsjahr 2021) auf Basis der vorliegenden Berechnungen: ca. 62 Jahre (bis 2083)	10,00
2.3	Nutzbarkeit (Liegeplatz)	2,5	analytische statische Berechnungen	keine Pollerzugkräfte aufnehmbar; bei Bedarf wären neue Pollerkonstruktionen einzubauen;	5,00	keine Pollerzugkräfte aufnehmbar; bei Bedarf wären neue Pollerkonstruktionen einzubauen;	5,00	Vorsetze kann für erforderliche Pollerzugkräfte (ggf. mit zusätzlichen Reserven) ausgelegt werden; Liegeplatz ist nutzbar;	10,00
2.4	Einfluss auf Freianlage	5,0	Objektplanerische Konfliktpunkte mit der geplanten Treppenkonstruktion	im Bereich 6 müsste Freianlage aufgrund der Überschneidung mit rückwärtiger Ankerwand verlegt werden;	2,50	im Bereich 6 müsste Freianlage aufgrund der Überschneidung mit rückwärtiger Ankerwand verlegt werden;	2,50	Freianlage ist nicht zu verlegen, da rückwärtige Ankerwand nicht mehr benötigt wird und, wo erforderlich, zurückgebaut werden kann;	10,00
2.5	Umweltaspekte	5,0	Bautechnik	Baustoffeintrag in die Elbe durch Bindemittel (Zement) für Column Stabilisation; dadurch temporäre ph-Wert Verschiebung bis pH 12 im Wasser möglich; lange Bauzeit mit entsprechender Lärmbelästigung;	2,50	Schlickaufwirbelungen / Verdrängung und Eintrag in das Hafenbecken; kürzere Bauzeit als Variante 1, jedoch ebenfalls mit Lärmbelästigung;	5,00	durch Rückbau Winkelabdeckstein gelangen Betonbrocken in das Hafenbecken; größere Lärmbelästigung durch Spundwand- und Ankereinbau;	5,00
2.6	Optisches Erscheinungsbild	2,5	Architektur bzw. räumliche Auswirkungen	keine äußerliche Änderung im Sichtbild der Wand gegenüber dem IST-Zustand; die planmäßige Hafensohle bei -2,50 m NHN wird jedoch auf 1.500 m² verfestigt und die Verankerung eines Schiffes ist dort ggf. schwer möglich;	10,00	keine äußerliche Änderung im Sichtbild der Wand gegenüber dem IST-Zustand; die planmäßige Hafensohle bei -2,50 m NHN wird jedoch durch einen 0,5 m dicken Kolkschutz oberhalb der Säulen auf 1.500 m² gesichert, so dass die Verankerung eines Schiffes dort ggf. schwer möglich ist;	10,00	Versprung in Hafenwand;	2,50
3 Risiko		20,0			 113		 100		 175
3.1	Bauverfahren	5,0	Bauverfahren/-technik zur Umsetzung der Sanierungslösung	Das Bauverfahren Column Stabilisation wird in sehr ähnlicher Ausführungsform aktuell bei der Sanierung der Kaimauern in der Speicherstadt für einen Kaispeicher realisiert. Damit liegen zum Zeitpunkt einer möglichen Bauausführung ausreichende Informationen und Erfahrungen vor. Hinweis: Die Planung erfolgte durch Ramboll.	7,50	Geokunststoffummantelte Säulen wurden auch von schwimmenden Einheiten im Jahre 2002 von der Fa. Möbius hergestellt. Die Baufirma existiert nicht mehr. CMC-Säulen wurden bislang noch nicht von schwimmenden Einheiten hergestellt. Nach Rücksprache mit Menard ist dies jedoch machbar. Somit verbleiben jedoch Unsicherheiten bei den Bauverfahren, da diese Sonderbauweisen darstellen.	5,00	Diese Sanierungslösung ist Stand der Technik und wurde in unzähligen Hafenbauprojekten realisiert.	10,00
3.2	Beauftragung / Bieterkreis	5,0	Unsicherheiten bei der Preisfindung der Bieter durch das verbleibende Restrisiko	Durch die Unsicherheit der zeitweisen Bodenverflüssigung des Bodenwiderlagers vor der Wand könnte der Bieter das Risiko hoch verpreisen bzw. könnten sich keine Bieter zur Ausführung dieser Lösung finden.	5,00	Durch die verbleibenden Unsicherheiten in der Bautechnik kann der Bieter das Risiko unverhältnismäßig hoch einpreisen bzw. könnten sich keine Bieter zur Ausführung dieser Lösung finden.	5,00	kein besonderes Risiko	10,00
3.3	Versagen des Bodenwiderlagers	10,0	Versagen der Wand während der Bauphase	Die temporäre Verschlechterung während des Eindüsen von Zement in die Bodenmatrix vor der Wand kann zu instabilen Zuständen der Wand führen und die Wand könnte während der Bauzeit versagen, da das Fußauflager der Wand bereichsweise kurzzeitig geschwächt wird. Dies ist ein verbleibendes Restrisiko.	5,00	Während des Einbaus der geokunststoffummantelten Säulen sowie der Nassmörtelsäulen im vorgesehenen Raster wird das Bodenwiderlager vor der Wand durch die Verdrängung des Bodens zu keinem Zeitpunkt in der Bauphase verschlechtert, sondern nur verbessert. Allerdings kann die durch die Herstellung der Säulen aufgebrauchte Rüttelenergie zu einem Versagen des bestehenden Fußauflagers und damit zum Kollabieren der Wand führen. Dies stellt ein nicht zu vernachlässigendes Restrisiko dar.	5,00	Risiken in der Bauzeit können durch den Bau der Vorsetze ausgeschlossen bzw. auf ein absolutes Minimum reduziert werden. Durch das Einrammen der Spundwand kann es jedoch zu Mitnahmesetzungen in der bestehenden Wand kommen, die ggf. zusätzliche Nachbesserungsarbeiten in der Pflasterung mit sich führen können.	7,50
Summe		100,0		wasserseitige Column Stabilisation	 325	wasserseitige Bodenverbesserung mittels GEC +	 688	Vorsetze	 781
Die vorliegende Tabelle ist ein Auszug aus der Machbarkeitsstudie. Dort waren die Investitionskosten mit einer Wichtung von 35 % gewertet worden. Räumt man den Investitionskosten einen höhere Gewichtung ein, so schneidet die Variante 2 besser als die Variante 1 ab.				PLATZ	3	PLATZ	2	PLATZ	1