

Anlage 11.9
Anlage zum
wasserbehördlichen Verfahren
Bremerhaven, den 12. JUNI 2025

bremenports GmbH & Co. KG
Kajensanierung Nordmole Geeste
Badelagune nördlich der Geestemündung
Antragsplanung

Ingenieurgesellschaft agwa GmbH
Hannover, Dezember 2023

Inhaltsverzeichnis

1 Veranlassung und Zielsetzung	1
2 Verwendete Unterlagen	2
3 Ausgangssituation	3
3.1 Geplante Badelagune gemäß Maßnahmenskizze	3
3.2 Bodenverhältnisse	3
3.3 Randbedingungen	4
3.3.1 Zuleitungsmenge	4
3.3.2 Wasserverluste	5
3.3.3 Sediment	5
3.3.4 Forderungen des Gesundheitsamtes	6
4 Geplante Maßnahme	7

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Anstieg des Wasserspiegels in der Lagune abhängig von der Größe und Anzahl der Rohrleitungen	5
---	----------

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Wasserstandskurve (bsh.de, abgefragt am 27.01.21)	4
--	----------

Anlagen

Anlage 1:	Lageplan	1	:	1.000
Anlage 2:	Schnitt Lagunenbereich	1	:	500/50;100
Anlage 3:	Detail Zulaufbauwerk	1	:	50

1 Veranlassung und Zielsetzung

Bremenports plant im Rahmen der Kajensanierung Nordmole Geeste die Gestaltung einer Badelagune nördlich der Geestemündung. Die Lagune soll im Bereich des Strandbades angeordnet werden, nach der Verlegung der Nordmole in nördliche Richtung. Hierzu soll zunächst ein Uferwall angelegt und mit Sand abgedeckt werden. Hinter dem Uferwall wird landseitig eine Mulde als Badelagune ausgeformt.

Die Zuwässerung soll über eine Verbindung in der Nordmole aus dem Geestevorhafen erfolgen. Dabei korrespondiert der Wasserstand mit dem der Weser. Bei sinkendem Wasserstand in der Weser wird auch der Wasserstand in der Lagune absinken. Durch die Gestaltung des Zulaufbauwerks wird der Absunk begrenzt und es wird eine Restwassermenge in der Lagune gehalten.

In einem ersten Planungsschritt wurden Angaben zu den zu erwartenden Wasserverlusten in der Lagune erarbeitet, die erforderliche Auffüllmenge ermittelt und eine Berechnung des erforderlichen Zulaufes in der Hochwasserphase einschließlich der Dimensionierung des Zuleitungsrohres durchgeführt.

Als weiterer Planungsschritt war die Antragsplanung durchzuführen.

Die Ingenieurgemeinschaft agwa GmbH wurde damit beauftragt, die hierfür erforderlichen Unterlagen zusammenzustellen.

2 Verwendete Unterlagen

- Schnitt Lagune.pdf, zur Verfügung gestellt von bremenports
- Tosbecken.pdf, zur Verfügung gestellt von bremenports
- Schnitt Nordmole.pdf, zur Verfügung gestellt von bremenports
- Übersicht Lagune.pdf, zur Verfügung gestellt von bremenports
- Maßnahmenskizze Badelagune, zur Verfügung gestellt von bremenports
- Baugrund Nordmole.pdf (Baugrunduntersuchungsbericht und Gründungsberatung, RI+P, Hannover, 06.11.2012)
- Auskünfte des Molenplaners, zur Verfügung gestellt von bremenport
- Neubau der Geeste-Nordmole, Entwurfsunterlage Bau einschl. Anlage 1-01, 1-02, 1-03 und 1-08, Stand 07/2022, zur Verfügung gestellt von bremenports
- Scopingverfahren – Neubau der Geeste-Mole, Stellungnahme bzgl. Badelagune, Gesundheitsamt 53/32, vom 10.11.2022, zur Verfügung gestellt von bremenports

3 Ausgangssituation

3.1 Geplante Badeflagune gemäß Maßnahmenskizze

Die Neuausrichtung der Mole hat Auswirkungen auf das nördlich der Mole gelegene Strandbad. Auf der einen Seite wird ein Teil des südlichen Strandabschnittes überbaut, auf der anderen Seite werden sich die Sedimentationsverhältnisse nördlich der Mole verändern. Die Uferlinie des jetzigen Strandbades wird sich durch Sedimentation verändern (siehe **Anlage 1**) und weiter in Richtung Weser wandern. Der zu erwartende Zuwachs wird durch eine Abdeckung mit Sand zu einem naturnahen Sandstrand gestaltet.

Die naturnah ausgestaltete Lagune soll über einen Durchlass in der Nordmole bewässert werden. Dabei war angedacht, den Durchlass auf einer Höhe von 1,6 m NHN anzulegen, so dass zum einen die Lagune bei jedem normal auflaufenden Tidehochwasser mit Frischwasser versorgt wird, zum anderen aber auch gewährleistet wird, dass nur vergleichsweise sedimentarmes Wasser zugeführt wird.

Die letzte Information des Molenplaners sieht einen Durchlass in der Nordmole vor, der weiter westlich von der Lagune gelegen ist. Zwischenzeitlich war von Rohren bis DN 250 die Rede, jetzt wurde der Durchmesser auf DN 400 festgelegt.

Es ist zu erwarten, dass die Wasserstände in der Lagune nach dem Befüllen etwa dem Tidehochwasser entsprechen. Ein Rückfluss aus der Lagune in den Geestevorhafen ist für den kontinuierlichen Wasseraustausch vorgesehen. Mit dem ablaufenden Wasser wird es im Bereich der Lagune zusätzlich zu einem verzögerten Absinken des Wasserstandes kommen.

Im Fall von schweren Sturmfluten ist ein Brechen des Strandwailes nicht auszuschließen. Daher ist davon auszugehen, dass nach der winterlichen Sturmflutsaison regelmäßig eine Ausbesserung und Neugestaltung der Lagune erforderlich sein wird.

In einer ersten Skizze wurde die Lagune mit einer Gesamtfläche von rd. 4.000 m² eingezeichnet. Die Größe der Lagune sollte sich danach richten, ob der Wasserstand in der Lagune gehalten werden kann.

Der Uferbereich der Lagune sollte eine Neigung zwischen 1:3 und 1:5 besitzen.

3.2 Bodenverhältnisse

Im Bereich der bestehenden Nordmole wurden 2012 Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Der feste Schlickboden steht gemäß Bodengutachten im Bereich der Lagune bei Tiefen zwischen -0,5 m NHN und -1,0 m NHN an. Darüber befindet sich eine Schicht Sandschlick. Oberhalb der Uferlinie wurde das Strandbad mit Sand aufgefüllt.

Der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens wird stark durch den Sandanteil beeinflusst. Der feste Schlickboden hat einen k_f -Wert $\approx 1 \times 10^{-7}$ m/s und der Sandschlick hat einen k_f -Wert $\approx 2 \times 10^{-6}$ bis 5×10^{-5} m/s (Baugrund Nordmole.pdf). Der aufgefüllte Sand wurde nicht untersucht. Es ist zu erwarten, dass er einen k_f -Wert von ca. $\approx 1 \times 10^{-4}$ m/s besitzt.

Nach Verlegung der Nordmole ist eine verstärkte Sedimentation im nördlichen angrenzenden Bereich zu erwarten. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich hier weiterhin schlackige Sedimente ablagern werden und sich die heutigen Watten weiter aufhöhen und die Wattkante weiter in Richtung Weser wandert (vgl. mögliche neue Uferlinie in **Anlage 1** und mögliche neue Sohle in **Anlage 2**)

3.3 Randbedingungen

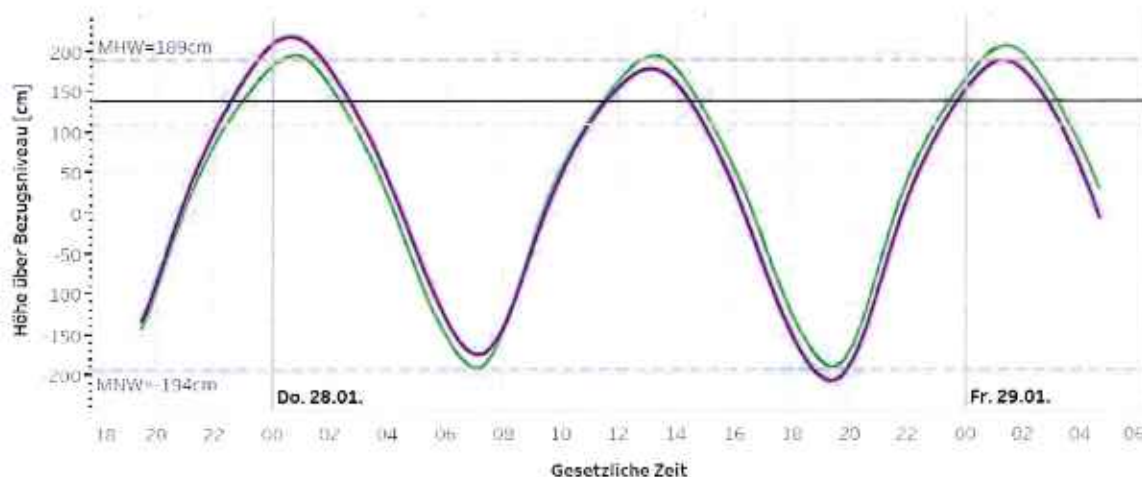
3.3.1 Zuleitungsmenge

Eine Auswertung der Wasserstandskurve des Pegels „Weser, Alter Leuchtturm“ zeigt, dass die Zuleitungszeit bei einer Überlaufhöhe bei 1,10 m NHN im Mittel ca. 4 h pro Tide beträgt und bei einer Überlaufhöhe bei 1,40 m NHN ca. 3 h (siehe **Abb. 1**). Unterschreitet der Wasserstand hafenseitig den Wasserstand in der Lagune, endet die Zuleitung. Es wird von einer mittleren Befüllhöhe entsprechend dem MTHW von 1,89 m NHN ausgegangen

Abb. 1: Wasserstandskurve (bsh.de, abgefragt am 27.01.21)

Bremerhaven, Weser, Alter Leuchtturm

Daten aktualisiert am 27.01.2021 15:00:37 Uhr



Die Zuleitung kann über eine oder mehrere Rohrleitungen erfolgen. Zusätzlich soll ein Überlauf eingerichtet werden, damit ein maximaler Wasserstand gehalten werden kann. Der Einlauf soll relativ hoch angebracht werden, um nur sedimentarmes Wasser aus der Hochwasserphase einzufangen. Nach ersten Aussagen der Planer der Mole sollten maximal 3 Rohre, vorzugsweise DN 250, die Mole durchdringen. Die Höhenlage OK-Rohr soll nicht höher als 2,1 m NHN und die UK-Rohr nicht unter - 0,5 m NHN liegen.

Die Zuleitungsmenge ist abhängig vom beidseitigen Wasserstand. Sie beträgt bei einer Fließgeschwindigkeit im Rohr von bis zu $v = 1 \text{ m/s}$ bei Rohrleitungen DN 250 bis zu $175 \text{ m}^3/\text{h}$, bei DN 300 bis zu $250 \text{ m}^3/\text{h}$ und bei DN 400 bis zu $450 \text{ m}^3/\text{h}$.

Der folgenden Tabelle 1 sind die zu erwartenden Wasserstandserhöhungen – abhängig von der Zuflussdauer, dem Rohrdurchmesser, der Rohranzahl und der Größe der Lagune – zu entnehmen. Die Wasserstandserhöhungen mit einer Zuflussdauer von 4 h sind als unwahrscheinlich anzusehen.

Tab. 1: Zuleitungsmenge und Anstieg des Wasserspiegels in der Lagune abhängig von der Größe und Anzahl der Rohrleitungen

	Überlauf bei 1,40 m NHN und niedrige Tide (ca. 2h)	Überlauf bei 1,40 m NHN und mittlere Tide (ca. 3h)	Überlauf bei 1,40 m NHN und erhöhte Tide (ca. 4h)
2 x DN 250	350 m³	700 m³	875 m³
	18 cm	35 cm	44 cm
1 x DN 300	250 m³	500 m³	625 m³
	13 cm	25 cm	31 cm
1 x DN 400	450 m³	900 m³	1.125 m³
	23 cm	45 cm	56 cm

3.3.2 Wasserverluste

Die Wasserverluste während einer Tide lassen sich über die Sickerleistung abschätzen, die als Flächenversickerung mit $Q = A_S \times k_f / 2$ berechnet werden kann.

Die Sickerleistung bei sandigem Lehm (k_f -Wert $\approx 1 \times 10^{-6}$ m/s) beträgt knapp 2 cm/h, bei schluffigem Sand (k_f -Wert $\approx 1 \times 10^{-5}$ m/s) ~ 20 cm/h und bei reinem Sand (k_f -Wert $= 1 \times 10^{-4}$ m/s) ~ 2 m/h. Der Absunk in der Lagune beträgt somit ab dem Zeitpunkt der einsetzenden Ebbe bis zum erneuten Befüllvorgang bei sandigem Lehm nur ca. 20 cm, bei schluffigem Sand bereits ca. 2,0 m.

Daraus wird ersichtlich, dass bei einer Sohle und Böschung aus schluffigem Sand oder reinem Sand die Lagune bis zum nächsten Befüllvorgang leerlaufen würde. Der Bereich der Lagune, in dem das Wasser längere Zeit gehalten werden soll, muss aus Boden mit einem Durchlässigkeitsbeiwert $< 2 \times 10^{-6}$ m/s erstellt werden. Die Schichtdicke sollte mindestens 50 cm betragen, damit die Abdichtung nicht einfach zerstört werden kann. Beim Einbau des Materials ist auf eine gute Verzahnung und Verdichtung zu achten.

3.3.3 Sediment

Seitens der Planer der Badelagune ist eine Befüllung mit möglichst sedimentarmem Wasser gewünscht. Der Bereich aus dem das Zuleitungswasser entnommen wird, ist die Südseite der neuen Nordmole. Hier wird die Sohle des Fahrwassers bei einer Tiefe von mehr als 5 m unter dem Wasserspiegel liegen.

Es liegen Untersuchungen zu der Dynamik von Flüssigschlick in Ästuarsystem¹ vor, die folgendes besagen:

Flüssigschlick ist eine Suspension, die aus mineralischen Partikeln, organischen Stoffen, Wasser und teilweise auch geringen Anteilen von Gasen besteht. Flüssigschlick wird durch turbulente Strömungen transportiert. Er sinkt in strömungsberuhigten Gebieten und in Phasen beruhigter Strömung, d. h. während der Kenterungsphasen in Tideströmungen, zu Boden und akkumulieren dort. Der Übergangsbereich zwischen einer Flüssigschlickschicht und dem darüber liegenden Wasserkörper weist in der Regel einen starken Dichtegradienten auf. Der Grenzschicht wird als Lutokline bezeichnet. Die Abbildung 2 in dem Artikel zur Untersuchung zeigt, dass die Lutokline erst in einer Wassertiefe von mindestens zwei Metern anzutreffen ist, sofern die Sohle ausreichend tief ist.

3.3.4 Forderungen des Gesundheitsamtes

Das Gesundheitsamt hat im Rahmen des Scopingverfahrens folgende Forderungen formuliert:

- Die Qualität des aufzubringenden Bodenaushubs und der neu aufgeschütteten Böden muss so beschaffen sein, dass Gesundheitsbeeinträchtigungen der Badegäste durch Schadstoffbelastungen und bakterielle Verunreinigungen nicht zu erwarten sind.
- Um den Gehalt an Schadstoffen im Sinne des Gesundheitsschutzes zu minimieren, muss in der Badelagune ein adäquater Wasseraustausch stattfinden, um ein schadstoffarmes Badewasser ohne Fäkalbakterienbelastung zu gewährleisten.
- Der Planer ist aufgefordert bei der Planung und Bauausführung der Badegewässeranlage darzustellen wie die hygienischen Bedingungen im Badeteich sichergestellt wird, damit die Gesundheit der Badegäste nicht gefährdet ist.

Für die Ausgestaltung der Badelagune einschließlich des Zuleitungsbereiches ergeben sich durch die vorgenannten Anforderungen, folgende Grundsätze:

Die Maßnahme wird so angelegt,

- dass eine möglichst hohe Wasseraustauschquote erreicht wird,
- dass das Zulaufwasser möglichst sedimentarm ist und
- dass im Falle von Verunreinigungen im Bereich des Geestevorhakens der Zulauf von verunreinigtem Wasser möglichst ausgeschlossen wird.

¹ Wehr, Denise (2018): Numerische Simulation der Dynamik von Flüssigschlick in Ästuarsystemen – Überblick und Ausblick. In: Die Küste 86. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 501-511.

4 Geplante Maßnahme

Die geplante Badelagune wird zunächst mit einer Größe von ca. 1.000 m² auf Höhe der Sohle bei 0,8 m NHN, 1.700 m² auf Höhe der Überlaufkante des Zulaufbauwerks von 1,4 m NHN und 2.200 m² auf Höhe des Wasserspiegels bei 1,8 m NHN angelegt. Wenn sich zeigt, dass der Wasserspiegel in der Lagune auf dem angestrebten Niveau gehalten werden kann und darüber hinaus ein ausreichender Wasseraustausch erreicht wird, der sicherstellt, dass die Gesundheit der Badegäste nicht gefährdet ist, ist eine Vergrößerung möglich.

Die Sohle der Lagune sowie die Böschung bis zu einer Höhe von mindestens 1,6 m NHN sollen möglichst wasserundurchlässig sein. Es wird daher eine Abdichtung aus Boden mit einem Durchlässigkeitsbeiwert $< 2 \times 10^{-6}$ m/s erstellt werden. Die Schichtdicke der Abdichtung sollte mindestens 50 cm betragen. Es ist zu prüfen, ob sich hierfür der Boden eignet, der bei der Zufahrt zur Geestemündung ausgebaggert wird.

Die Sohle der Lagune liegt bei 0,8 m NHN. In jeder Zuwässerungsphase wird die Lagune bis zum Tidehochwasser aufgefüllt und bei absinkendem Wasserspiegel wieder bis auf die Höhe der Überlaufkante des Zulaufbauwerks von 1,4 m NHN abgesenkt. Dadurch wird ein stetiger Wasseraustausch erreicht. Das Gesamtvolumen der Lagune bei Flut beträgt ca. 1.600 m³ und nach Absunk bei Ebbe 800 m³. Ca. 800 m³ werden somit bei jeder normalen Tide der Lagune bei Flut zugeführt und bei Ebbe wieder abgeleitet. Die Austauschquote je Tide beträgt somit 50 %.

Durch die Tiefenlage und Dimensionierung der Verbindungsleitungen wird zum einen eine möglichst hohe Wasseraustauschrate gewährleistet. Gleichzeitig wird durch die Lage der Zuleitungsöffnung sichergestellt, dass nur sedimentarmes Wasser zugeleitet wird.

Durch eine vor der Überleitung in die Badelagune befindliches Zulaufbauwerk wird eine Sedimentation des Zulaufwassers angestrebt. Das Zulaufbauwerk besteht aus zwei Kammern. Die erste Kammer ist so groß, dass dort eine Sedimentation erfolgen kann. Die zweite Kammer erhält einen Überlauf zur Badelagune. Der Boden der beiden Kammern ist durchlässig, so dass gewährleistet ist, dass das in den Kammern zurückbleibende Wasser ins Erdreich versickern kann.

In die Abdeckung des Zulaufbauwerks werden fest, verschraubte Gitterroste eingelassen, von denen je Kammer mindestens eins nach Lösen der Verschraubung herausnehmbar ist, um einen Einstieg ins Bauwerk mittels mobiler Leiter zu ermöglichen. Durch die Anordnung der Gitterroste ist eine ausreichende Belüftung des Bauwerks gewährleistet.

Der Auslauf wird mit vergossenen Wasserbausteinen zur Strömungsberuhigung und zur Befestigung der Sohle gesichert.

Die Zuwässerung erfolgt über eine Rohrleitung DN 400, die mit einem leichten Gefälle zum Hafenbecken verlegt wird, damit sie immer leerlaufen kann. Lagunenseitig wird die Rohrleitung mit einem Plattenschieber mit nichtsteigender Spindel an der Innenseite des Auslaufbauwerkes versehen, um die Zuwässerung im Winter zu unterbinden. Die Bedienung des Schiebers erfolgt über eine in die Abdeckung eingelassene Schieberkappe.

Durch den Einbau eines Schiebers in die Zuleitung ist die Möglichkeit zum Schließen der Zuleitung bei Gewässerverunreinigungen im Bereich des Geestevorhafens gegeben.

Hannover, den 19.12.2023


Ingenieurgesellschaft **agwa** GmbH
Im Mühlenfeld 30167 Hannover
Tel: (0511) 3 38 95-0 Fax: (0511) 3 38 95-50
www.agwa-gmbh.de

(Dipl.-Ing. Karen Mumm)

