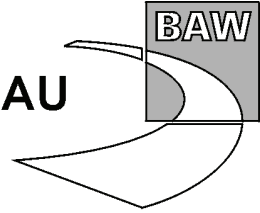


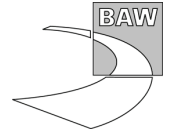


**BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU**  
Karlsruhe · Hamburg · Ilmenau



**Einleitung von Salzabwasser  
aus der Kaliproduktion  
in die Innenjade**

Stellungnahme  
zur Ausbreitung der Sole



## Zusammenfassung

Der Runde Tisch Gewässerschutz Werra / Weser und Kaliproduktion hat die Prüfung einer überregionalen Entsorgung von Salzabwasser aus dem Kalibergbau der K + S KALI GmbH mit einer Rohrfernleitungsanlage zur Weser oder zur Nordsee beschlossen. Die überregionale Entsorgung des Salzabwassers soll dazu beitragen, die Umweltbelastungen aus dem Kalibergbau insbesondere in der Werra und Weser zu vermindern.

Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) hat mit einer Stellungnahme vom 02. Oktober 2009 [U2] aus wasserbaulicher Sicht als Suchraum einer geeigneten Einleitungsstelle für den Bereich der Nordsee die Innenjade empfohlen. Für die *Naturschutzfachliche Ersteinschätzung der Einleitung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion der K+S KALI GmbH in die Innenjade* sind die bisherigen Erkenntnisse eigener Untersuchungsergebnisse der BAW zur Soleeinleitung in die Innenjade im vorliegenden Dokument zusammengefasst.

Als Grundlage der wasserbaulichen Systemanalyse wurde ein vorhandenes 3D HN-Modell der BAW verwendet, welches in einem Simulations- und Analyseszenario zur Erfassung charakteristischer gewässerphysikalischer Prozesse für Systemstudien im Weserästuar bei der BAW betrieben wird. Es wurde die Einleitung des Salzabwassers am Inselanleger und alternativ am Küstenanleger der WRG untersucht. Die örtliche Auflösung des Modellgitters war für die Ermittlung der großräumigen Auswirkungen einer Soleeinleitung optimiert.

Die geplante Einleitung von Salzabwasser in die Innenjade führt in beiden untersuchten Varianten großräumig zu einleitungsbedingten Erhöhungen der tiefenintegrierten Salzgehalte von bis zu 0,2 PSU. Betroffen sind der Jadebusen sowie die gesamte Innenjade, teilweise auch nördlich von Schillig. Erhöhungen von kleiner 0,5 PSU zeigen sich bei Einleitung am Inselanleger in einem schmalen Bereich der hydraulisch leitungsfähigen tiefen Rinne der Innenjade. Die Einleitung am Küstenanleger führt zu stärkeren Erhöhungen von 0,5 PSU im weiteren Umfeld der Einleitung und bis ca. 0,3 PSU im westlichen Abschnitt der Innenjade, insbesondere nördlich sowie im südlichen Strömungsschatten des JadeWeserPort. Der Schwerpunkt der Ausbreitungsfahne liegt im Vergleich zur Einleitung am Inselanleger insgesamt weiter nördlich.

Aus wasserbaulicher Sicht ist die einleitungsbedingte Erhöhung ohne praktische Relevanz für die charakteristischen gewässertypischen abiotischen Systemparameter der Innenjade. Die naturschutzfachlichen Aspekte sind jedoch an anderer Stelle zu bewerten.

Für weitere Planungsschritte sind die besonderen Verhältnisse hinsichtlich der bedarfsorientierten Unterhaltung der Fahrrinne sowie ggf. der Zufahrt zum JadeWeserPort einschließlich der zu erwartenden morphologischen Veränderungen durch den Bau des Hafens zu berücksichtigen. Weitergehende Untersuchungen sollten für die nächsten Planungsschritte mit einem örtlich höher aufgelösten 3D-HN-Modell durchgeführt werden, so dass die Ausbreitung des Salzabwassers im Nahbereich der Einleitungsstelle genauer erfasst wird.

## Inhaltsverzeichnis

## Seite

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Unterlagen	2
3	Beschreibung des geplanten Vorhabens	2
4	Untersuchungskonzept	2
4.1	Vorbemerkung	2
4.2	Bearbeitungskonzept	3
5	Hydrodynamisch-numerisches Modell	4
6	Maßnahmenbedingte Wirkungen	7
6.1	Physikalische Prozesse	7
6.2	Ergebnisse der hydrodynamisch-numerischen Simulation	8
7	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	23

<b>Bildverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Bild 1: Übersicht zur Lage der geplanten Soleeileitung in die Innenjade. Hinweis: In der Abbildung ist der Fortschritt des Baus des JadeWeserPort noch nicht zu sehen.	1
Bild 2: Modelltopographie innerhalb des Modellgebietes	6
Bild 3: Ausschnitt der Modelltopographie mit teilweiser Darstellung der Gitterauflösung (Knoten) des HN-Modells im Bereich der Jade	7
Bild 4: Simulierter Nipp-Springzyklus (oben) mit Ausschnitt der für die synoptischen Analysen gewählten Tidephasen (unten)	9
Bild 5: Übersicht der Einleitstelle am Inselanleger der WRG	10
Bild 6: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Ebbestromkenterung	11
Bild 7: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Flutstrom	11
Bild 8: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Flutstromkenterung	12
Bild 9: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Ebbestrom	12
Bild 10: Zeitreihe der einleitungsbedingten Erhöhung der tiefenintegrierten Salzgehalte an drei ausgewählten Orten an der Westküste der Innenjade	13
Bild 11: Tidekennwertanalyse des maximalen Salzgehaltes in der 3. und 4. Simulationswoche	15
Bild 12: Tidekennwertanalyse des minimalen Salzgehaltes in der 3. und 4. Simulationswoche	15
Bild 13: Übersicht der Einleitstelle am Küstenanleger der WRG	16
Bild 14: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Ebbestromkenterung	17
Bild 15: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Flutstrom	17
Bild 16: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Flutstromkenterung	18
Bild 17: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Ebbestrom	18
Bild 18: Zeitreihe der einleitungsbedingten Erhöhung der tiefenintegrierten Salzgehalte an drei ausgewählten Orten an der Westküste der Innenjade (Einleitung am Küstenanleger)	19
Bild 19: Tidekennwertanalyse des maximalen Salzgehaltes in der 3. und 4. Simulationswoche	21
Bild 20: Tidekennwertanalyse des minimalen Salzgehaltes in der 3. und 4. Simulationswoche	21
Bild 21: Wirkung der unterschiedlichen Einleitungsorte auf die Ausbreitung des Salzabwassers am Beispiel der Tidekennwertanalyse maximaler und minimaler Salzgehalte	22

## 1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Der Runde Tisch Gewässerschutz Werra / Weser und Kaliproduktion hat die Prüfung einer überregionalen Entsorgung von Salzabwasser aus dem Kalibergbau der K + S KALI GmbH mit einer Rohrfernleitungsanlage zur Weser oder zur Nordsee beschlossen. Die überregionale Entsorgung des Salzabwassers soll dazu beitragen, die Umweltbelastungen aus dem Kalibergbau insbesondere in der Werra und Weser zu vermindern.

Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) hat mit einer Stellungnahme vom 02. Oktober 2009 [U2] aus wasserbaulicher Sicht als Suchraum einer geeigneten Einleitungsstelle für den Bereich der Nordsee die Innenjade empfohlen. Für die *Naturschutzfachliche Ersteinschätzung der Einleitung von Salzabwasser aus der Kaliproduktion der K+S KALI GmbH in die Innenjade* sind die bisherigen Erkenntnisse eigener Untersuchungsergebnisse der BAW zur Soleeinleitung in die Innenjade im vorliegenden Dokument zusammengefasst.



Bild 1: Übersicht zur Lage der geplanten Soleeinleitung in die Innenjade.  
Hinweis: In der Abbildung ist der Fortschritt des Baus des JadeWeserPort noch nicht zu sehen.

## **2 Unterlagen**

Folgende Unterlagen wurden in der vorliegenden Untersuchung der BAW verwendet:

- [U1] Orientierende umweltfachliche Untersuchung zur überregionalen Entsorgung von Salzwasser aus der Kaliproduktion mittels Rohrfernleitungsanlagen zur Weser oder Nordsee, Jestaedt und Partner, Mainz, 31.08.2009
- [U2] Brief der BAW vom 02. Oktober 2009 mit grundsätzlicher Einschätzung zur Soleeintritt in die Nordsee, BAW, 02.10.2009
- [U3] Soleeintritt in die Ems bei Rysum - Gutachten zur Untersuchung der Auswirkung einer Soleeintritt und Wasserentnahme auf die Salzgehaltsverhältnisse in der Tideems, BAW-Gutachten Nr. A395 503 10096, Hamburg, 26.09.2008

## **3 Beschreibung des geplanten Vorhabens**

Nach [U1] ist geplant, bis zu 1500 m<sup>3</sup>/h (ca. 0,42 m<sup>3</sup>/s) Salzabwasser (Sole) als Dauerlast in die Innenjade zu leiten. Der Salzgehalt des Abwassers wird mit 39 % und die Dichte mit 1,25 g/cm<sup>3</sup> angegeben. Da es sich um Abwasser einer industriellen Produktion handelt, weicht die Salzzusammensetzung des Abwassers von der Salzzusammensetzung des Seewassers in der Innenjade ab.

Aus [U1] geht hervor, dass die derzeitigen Planungen zur Soleeintritt im Sinne einer Vorplanung zu werten sind. Nach Empfehlung der BAW [U2] ist in den weiterführenden Planungen die Einleitung in die Innenjade an einer Position größtmöglicher Durchmischung sinnvoll. Deswegen wurde zunächst eine Einleitung am Inselanleger der WRG (Anleger nördlich des geplanten JadeWeserPort) angenommen. Als Alternative wurde auch eine Einleitung am Küstenanleger betrachtet.

## **4 Untersuchungskonzept**

### **4.1 Vorbemerkung**

Die vorhabensbedingte Wirkung der geplanten Soleeintritt auf die abiotischen Systemparameter wird nach Stand der Technik durch Simulationen in einem dreidimensionalen hydrodynamisch numerischen Modell (3D - HN-Modell) des Jade-Weserästuars ermittelt, analysiert und bewertet. Aufgrund des wasserbaulichen Erfahrungswissens zu den Wirkungen

einer Soleeinleitung im Küstenbereich, der hauptsächlich auf den Bereich der Innenjade zu erwartenden beschränkten Ausbreitungsfahne sowie der vorangegangenen fachwissenschaftlichen Auseinandersetzung zum Suchraum einer geeigneten Einleitungsstelle kann von dem üblichen Konzept der BAW zur Erstellung einer wasserbaulichen Systemanalyse abgewichen werden. Als Grundlage für die weitergehenden Planungsschritte wird dem Runden Tisch eine vereinfachte Systemanalyse mit auf der sicheren Seite liegenden Berechnungsergebnissen zur großräumigen Ausbreitung des Salzabwassers als Entscheidungshilfe zur Verfügung gestellt.

## 4.2 Bearbeitungskonzept

Als Grundlage der wasserbaulichen Systemanalyse wird ein vorhandenes 3D HN-Modell der BAW verwendet, welches in einem Simulations- und Analyseszenario zur Erfassung charakteristischer gewässerphysikalischer Prozesse für Systemstudien im Weserästuar bei der BAW betrieben wird. Im Rahmen von zahlreichen Kalibrierungsrechnenläufen wurde auch die Qualität der Berechnungsergebnisse in der Innenjade überprüft, so dass ein sicherer Einsatz des HN-Modells für Untersuchungen von Soleeinleitungen abgeleitet werden konnte.

Aufgrund der weiträumigen seeseitigen Begrenzung des HN-Modellgebiets sowie der berücksichtigten Kopplung der Jade über das Hohe-Weg-Watt mit der Weser werden somit die Wasseraustauschprozesse der Jade mit der Nordsee und der Weser dreidimensional und gewässerphysikalisch ganzheitlich betrachtet. Der seeseitigen Rand des HN-Modells ist weit entfernt von der Einleitstelle der Sole, so dass eine freie, vom Modellrand unbeeinflusste Ausbreitung der Sole im HN-Modell gewährleistet ist.

Die Jade hat als Meeresbucht keine ausgeprägten natürlichen lateralen Gradienten des Salzgehalts. Vereinfachend wird ohne nennenswerten Qualitätsverlust der Prognose einer einleitungsbedingten Ausbreitung von Salzabwasser von einem konstanten Salzgehalt in der Jade zu Beginn der Einleitung ausgegangen. Die im HN-Modell simulierte Einleitung von Salzabwasser führt aufgrund der Salzfracht demzufolge zu einer zusätzlichen Salzkonzentration in der Jade, so dass sich die ursprünglich konstant vorbelegten Salzgehalte im Bereich der Ausbreitung des Salzabwassers erhöhen. Diese erhöhten Salzgehalte werden als Ergebnis des Rechenlaufs analysiert und bewertet. Dieses Vorgehen ist für eine erste Einschätzung der Ausdehnung der Einleitungsfahne hinreichend.

Die Untersuchungen werden für zwei Einleitungspositionen durchgeführt, um den Einfluss auf die Ausbreitung und Ausdehnung der Flächen erhöhter Salzgehalte zu ermitteln. Eine **Einleitung am Inselanleger** der WRG (Wilhelmshavener Raffineriegesellschaft, Lage nördlich des JadeWeserPorts) steht stellvertretend für eine Einleitung nahe der tiefen, hydraulisch leistungsfähigen Rinne der Innenjade. Aufgrund der hohen tidebedingten Strömungsge-



schwindigkeiten und großen vorhandenen Wassertiefen ist an dieser Einleitungsposition eine intensive Durchmischung des Salzabwassers mit dem Seewasser gewährleistet.

Die Berechnung der Ausbreitung einer **Einleitung am Küstenanleger** zeigt, wie sich der geringere Abstand zum Ufer und die veränderte Anströmung sowie die geringeren Wassertiefen auf die Durchmischung des Salzabwassers auf die Ausbreitung auswirken.

Zu beachten ist die unterschiedliche Zusammensetzung des Salzabwassers im Vergleich zum Seewasser. Entscheidend für die Analyse der Ausbreitung und Erhöhung der einleitungsbedingten Salzgehalte ist die Konzentration der Salze im Abwasser, die mit 39% angegeben wird. Da im HN-Modell die Dichte einer vorgegebenen Salzkonzentration nach der UNESCO-Formel (IES80) berechnet wird, muss im HN-Modell die Konzentration des Salzabwassers mit 390 PSU angegeben werden. Für so hohe unnatürliche Salzkonzentrationen ist die Anwendung der UNESCO-Formel (IES80) jedoch unsicher, modellintern ergibt sich daraus eine Überschätzung der Dichte des Salzabwassers (tatsächliche Dichte von  $1,25 \text{ g/cm}^3$  im Vergleich zur berechneten Dichte im HN-Modell von ca.  $1,35 \text{ g/cm}^3$ ). Aufgrund der geringen Einleitmenge bei relativ grober örtlicher Auflösung des HN-Modellgitters sowie der Intensität der Tidedynamik in der Jade und der damit verbundenen Durchmischung des Wasserkörpers, die auch durch die Umströmung des JadeWeserPort noch gefördert wird, führt die Verwendung einer erhöhten Dichte in der HN-Modellrechnung für eine Ersteinschätzung der Ausbreitungsfahne zu keinem nennenswerten Qualitätsverlust der Prognose. Die Berechnungsergebnisse der HN-Simulation werden interpretiert und hinsichtlich der maßnahmenbedingten Wirkungen der Salzausbreitung bewertet.

## 5 Hydrodynamisch-numerisches Modell

Das verwendete HN-Modell des Jade-Weserästuars entspricht dem hohen Standard der BAW, ist aber in der angewendeten aktualisierten Version noch nicht gutachterlich dokumentiert. Folgende Kurzdarstellung wesentlicher Attribute des Modells ermöglicht einen Überblick über das verwendete HN-Modell:

- mathematisches Verfahren
  - UnTRIM 3D<sub>2007</sub>
  - Unstrukturiertes Modellgitter mit Dreiecks und Rechteckelementen

- HN-Modellgebiet
  - Jade-Weserästuars nach Standard BAW
  - Stand der Topographie in der Jade ca. 2002 – 2007
  - Baukörper des JadeWeserPort ohne Hafenzufahrt und Verlegung der Fahrrinne berücksichtigt
- Modellsteuerung
  - Randwerte mit mittlerer charakteristischer Tidedynamik, Vorbelegung der Salzkonzentrationen in der Jade konstant mit 32 PSU, gemessenes Oberwasser im Weserästuar, keine Berücksichtigung von Wind
  - Einleitung des Salzabwassers am Inselanleger in einer Wassertiefe von – 15 mNN ( $Q = 0,42 \text{ m}^3/\text{s}$  mit 390 PSU)
  - Einleitung des Salzabwassers am Küstenanleger in einer Wassertiefe von – 10 mNN ( $Q = 0,42 \text{ m}^3/\text{s}$  mit 390 PSU)
- Untersuchungszeitraum
  - Tidedynamik im Juni 2002
- Analysezeitraum
  - Letzte Tide im Simulationszeitraum für synoptische Darstellungen
  - Nipp-Spring-Zyklus (3. und 4. Woche des Untersuchungszeitraumes) für Tidekennwertanalyse
- Analyse der Simulationsergebnisse
  - Synoptische Verteilung der tiefenintegrierten Salzgehalte
  - Minimaler und maximaler Salzgehalt als Tidekennwert über die Dauer eines Nipp-Spring-Zyklus
- Kalibrierung
  - Überprüfung von Wasserständen und Strömungen im Modellgebiet
  - Kalibrierung noch nicht dokumentiert

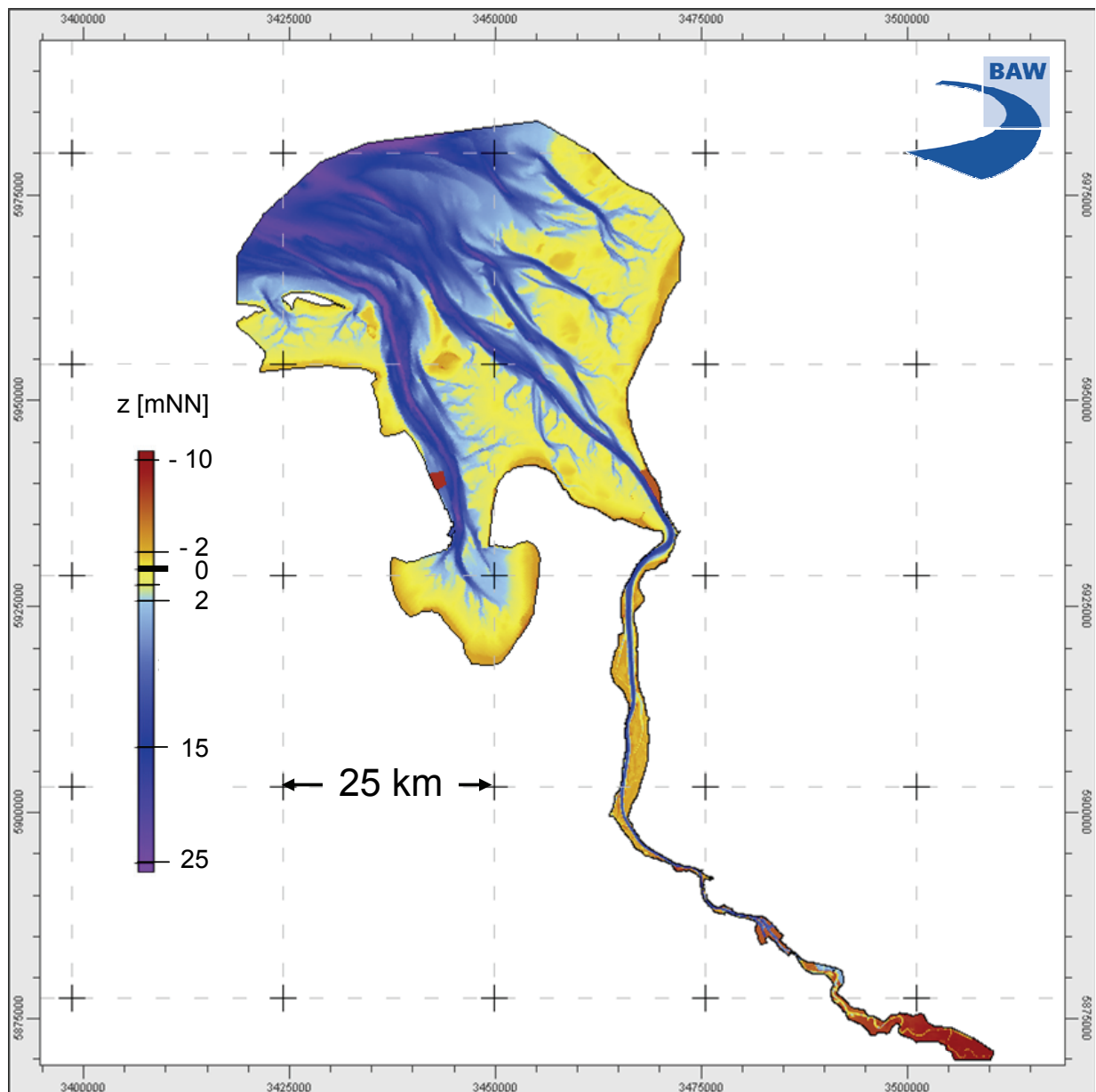


Bild 2: Modelltopographie innerhalb des Modellgebietes

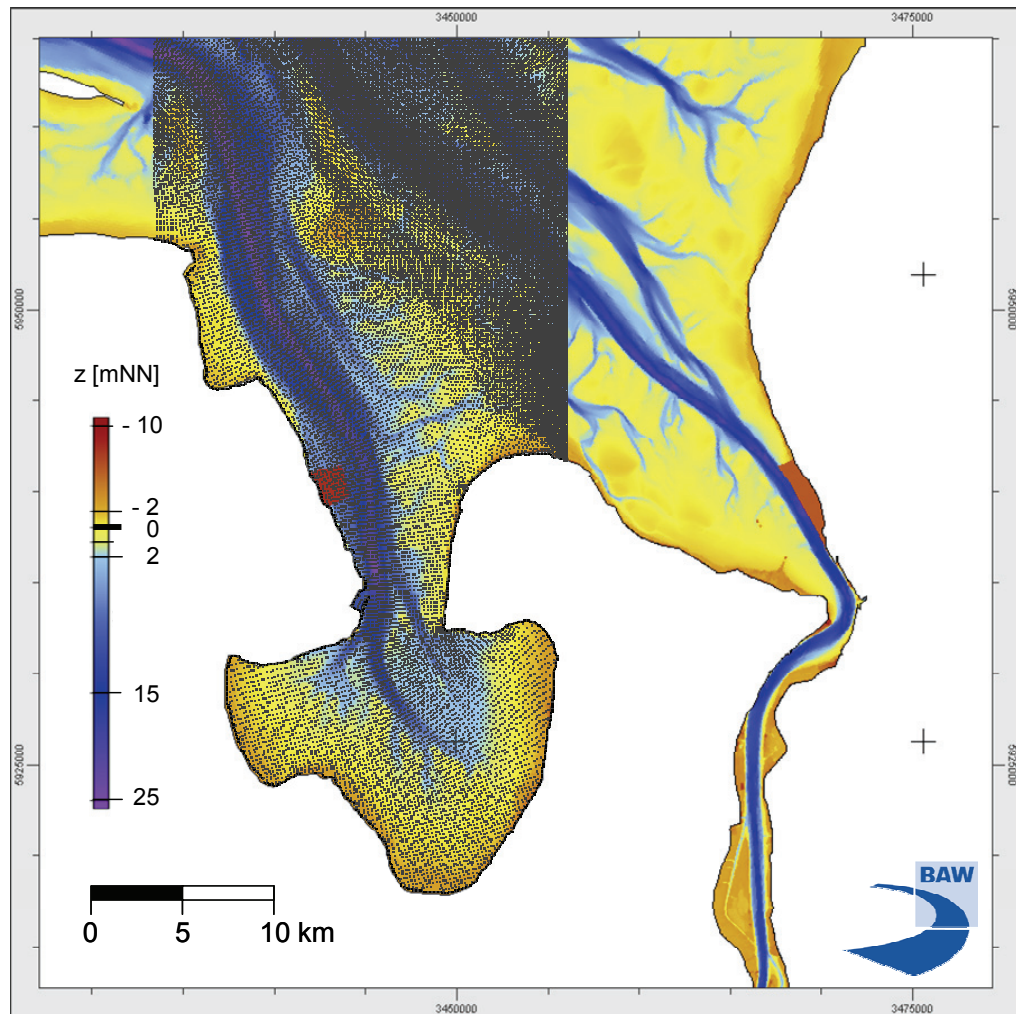


Bild 3: Ausschnitt der Modelltopographie mit teilweiser Darstellung der Gitterauflösung (Knoten) des HN-Modells im Bereich der Jade

## 6 Maßnahmenbedingte Wirkungen

### 6.1 Physikalische Prozesse

Die Innenjade ist aufgrund des fehlenden Oberwassers eine Meeresbucht. Ästuarine Prozesse sind kaum ausgeprägt, da die natürlichen Salzgehaltsvariationen über die Dauer einer Tide sehr gering sind. Langjährige Messungen zeigen mittlere Salzgehalte in der Innenjade von ca. 30 PSU-31 PSU. Der Jadebusen hat mit ca. 28 PSU etwas geringere Salzgehalte. Die Ursache liegt in der Binnenentwässerung durch zahlreiche Siele. Da hierzu keine Messungen möglich sind, wird z.B. in der Gewässerkunde des Wasser- und Schiffsamtes

Wilhelmshaven begründet angenommen, dass insgesamt pro Tide im Mittel ca. 1 Mio m<sup>3</sup> Sielwasser in den Jadebusen eingeleitet werden.

Das Salzabwasser wird sich aufgrund seiner höheren Dichte im Vergleich zum Seewasser der Innenjade in Abhängigkeit

- von der konstruktiven Gestaltung des Einleitbauwerkes,
- der Höhe der Einleitung in der Wassersäule und
- der Tidephase

nach der Einleitung zunächst in den unteren Wasserschichten vermischen und sich z.B. diffusiv ausbreiten. Aufgrund der tidebedingt vorhandenen Turbulenz findet zusätzlich auch zu den Kenterphasen bereits ein horizontaler und vertikaler Austausch der Wassermassen statt. Zu Beginn der Flut- und Ebbestromphase und insbesondere bei voll ausgeprägter Flut- und Ebbestromung wird das Salzabwasser durch advektiven Transport in Abhängigkeit der Strömungsrichtung stromauf bzw. stromab transportiert. Die Flut- und Ebbestromwege betragen in der Innenjade bei mittleren Tideverhältnissen in der hydraulisch leistungsfähigen tiefen Rinne während der Flut- und Ebbestromphasen ca. 10 bis 15 km. Die alternierende Strömungsrichtung führt bei kontinuierlicher Einleitung zu einer Aufkonzentration des Salzgehaltes in einem Wasserkörper, der sich um die Einleitstelle in Hauptströmungsrichtung, die durch die tiefe Rinne in der Innenjade vorgegeben ist, ausdehnt. Da die vorherrschenden Querströmungen geringer als die Hauptströmungen sind, bildet sich um die Einleitstelle eine längliche Ausbreitungsfahne des Salzabwassers aus, deren Schwerpunkt in Abhängigkeit der Tidephase (genauer: Strömungsrichtung und Strömungsdauer) nördlich oder südlich der Einleitung liegt. Zu den Kenterphasen am Ende der Flut- und Ebbestromdauer ist die Ausdehnung der Ausbreitungsfahne in Strömungsrichtung am größten. Gleichzeitig wird jedoch an der Einleitstelle aufgrund der kenterbedingten geringen Strömungsgeschwindigkeiten die höchste Aufkonzentration in der Wassersäule festzustellen sein.

## 6.2 Ergebnisse der hydrodynamisch-numerischen Simulation

Die Ergebnisse der HN-Simulation sind sehr umfangreich und werden hier nur verkürzt und auszugsweise für eine beispielhafte Erläuterung der einleitungsbedingten Wirkung herangezogen. Die Darstellungen werden auf einen Ausschnitt des HN-Modells im Bereich der Innenjade beschränkt, um die Ausbreitung der Salzfahne in den Abbildungen hervorheben zu können. Über diesen Ausschnitt hinaus sind keine nennenswerten Änderungen der Salzkonzentration aufgetreten. Für die Interpretation und Bewertung der HN-Modellergebnisse wurde jedoch das Gesamtmodellgebiet betrachtet.

Die einleitungsbedingten Erhöhungen der Salzkonzentrationen zeigen im Folgenden zunächst als synoptische Darstellung zum Einen die unterschiedliche Ausdehnung des Salzabwassers in Abhängigkeit unterschiedlicher Tidephasen und zum Anderen die in der Wassersäule berechneten tiefengemittelten Salzgehalte.

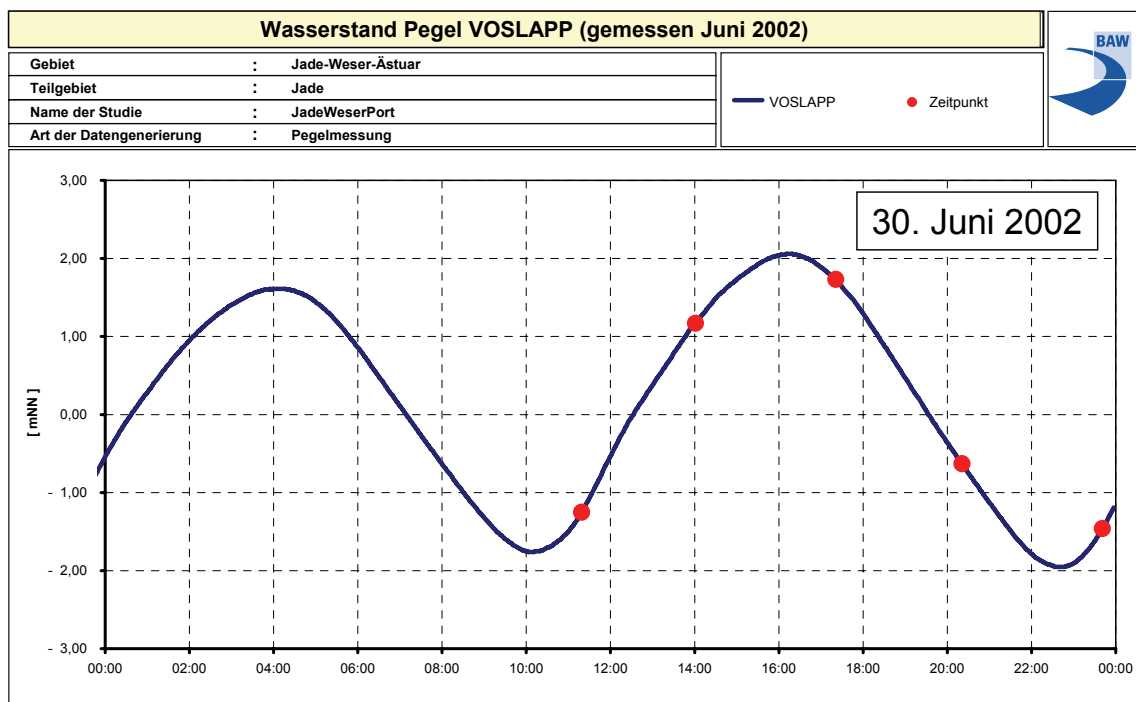
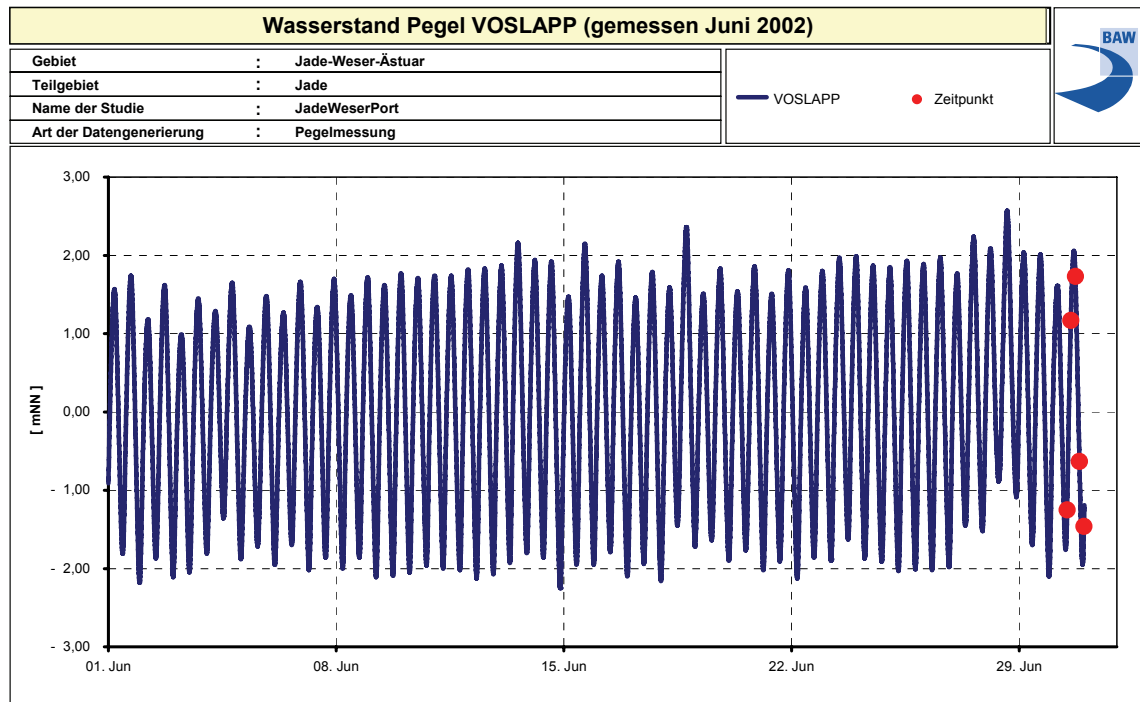


Bild 4: Simulierter Nipp-Springzyklus (oben) mit Ausschnitt der für die synoptischen Analysen gewählten Tidephasen (unten)



## Einleitung am Inselanleger

In der Übersicht (Bild 5) ist die Lage der Einleitstelle des Inselanlegers der WRG dargestellt. Aufgrund der Lage an der tiefen Rinne der Innenjade ergibt sich eine gute Durchmischung des Salzabwassers mit einem entsprechend geringen tiefenintegrierten zusätzlichen Salzgehalt.



Bild 5: Übersicht der Einleitstelle am Inselanleger der WRG

Bild 6 zeigt, dass bei Ebbestromkenterung die Ausbreitung der einleitungsbedingten Erhöhung des tiefenintegrierten Salzgehalts bis über Schillig hinaus in einer Größenordnung von bis zu 0,1 PSU berechnet wurde. Im Jadebusen ist eine Erhöhung bis 0,15 PSU berechnet worden. Aufgrund der kenterungsbedingten geringen Strömungsgeschwindigkeiten erhöht sich der tiefenintegrierte Salzgehalt im Bereich der Einleitstelle auf Größenordnungen um 0,3 PSU. Zu beachten ist, dass aufgrund der geometrischen Auflösung des Gitternetzes mit Elementgrößen von ca. 90m x 180m im Nahbereich methodisch bedingt eine rasche Verdünnung des Salzabwassers mit dem Seewasser der Jade einstellt und deswegen die einleitungsbedingten Erhöhungen dort nicht überinterpretiert werden dürfen.

Durch den Flutstrom (Bild 7) wird die Salzausbreitung durch den advektiven Transport in Richtung des Jadebusens verlagert und erreicht zur Flutstromkenterung seine maximale Ausdehnung nach Süden (Bild 8). Zu diesem Zeitpunkt beträgt die einleitungsbedingte Erhöhung der Salzgehalte im Jadebusen bis zu 0,2 PSU. Gleichzeitig ist die einleitungsbedingte Erhöhung in Schillig nicht mehr nachweisbar (kleiner 0,05 PSU).

Bild 9 zeigt, wie sich während des Ebbestroms die Ausbreitungsfahne aus dem Jadebusen hinaus in Richtung Norden verlagert.

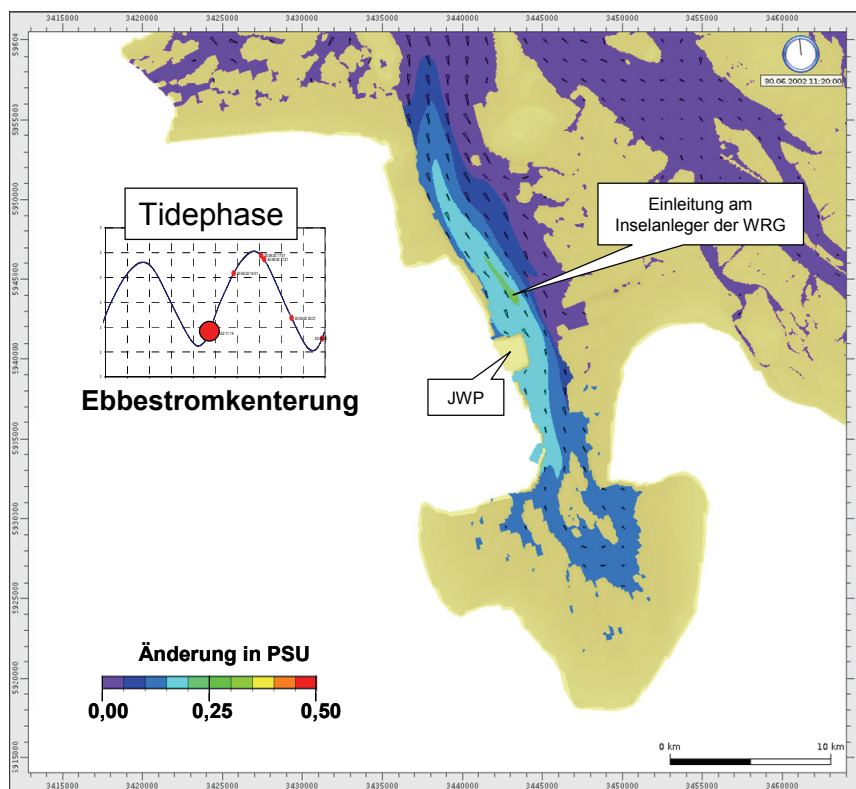


Bild 6: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Ebbestromkenterung

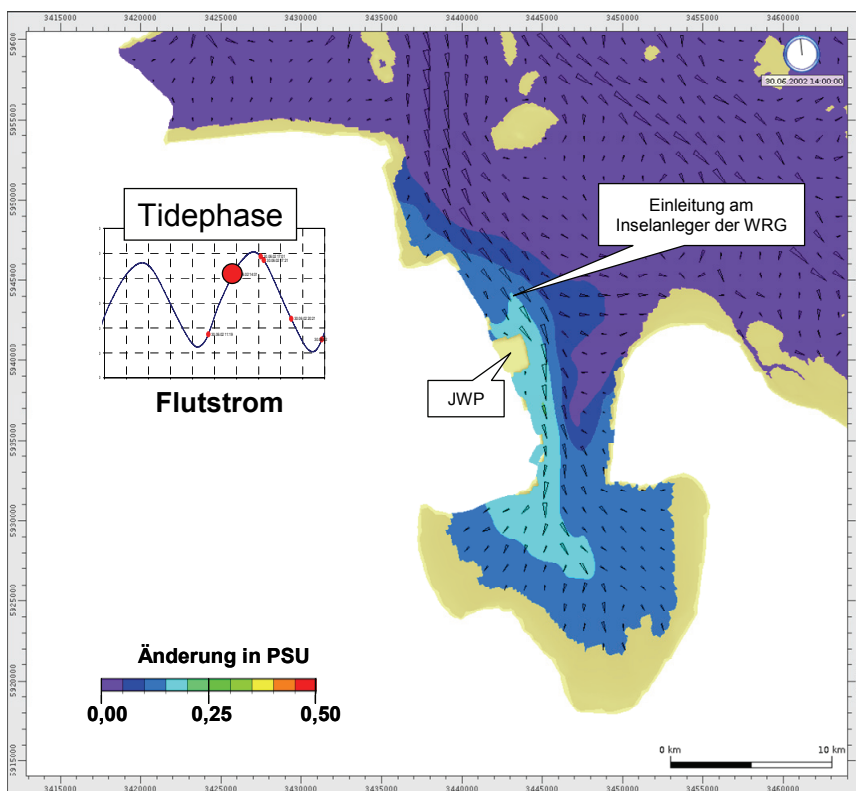


Bild 7: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Flutstrom



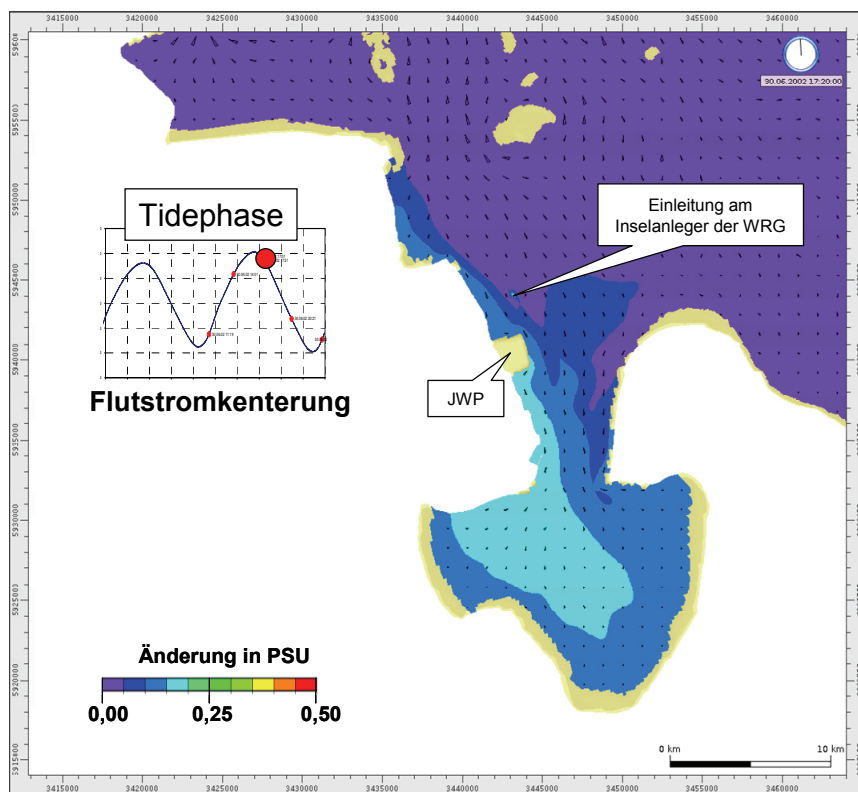


Bild 8: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Flutstromkenterung

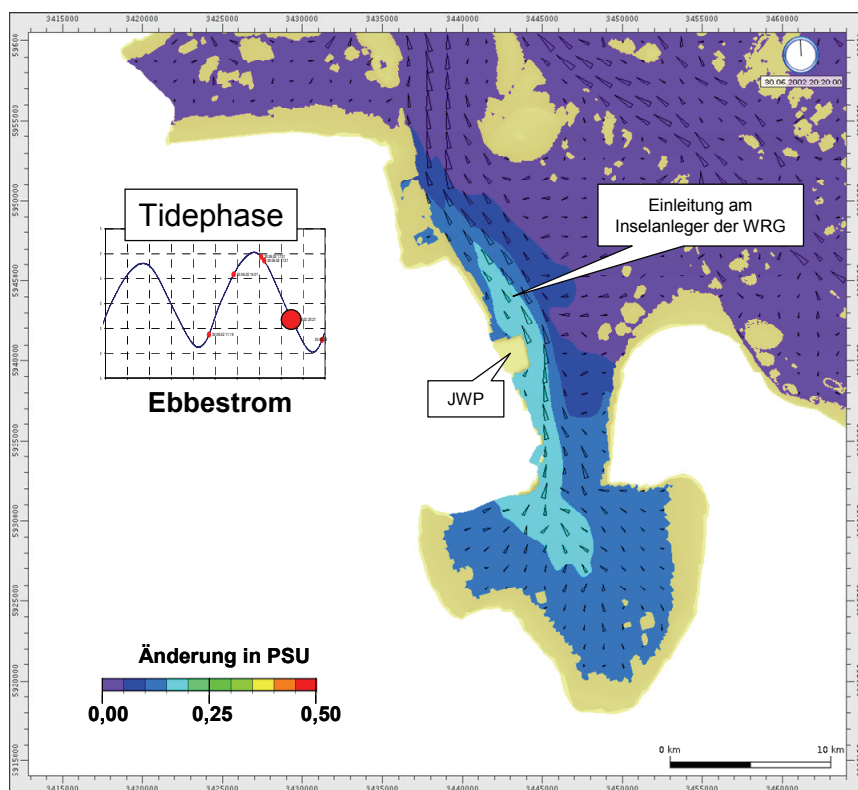


Bild 9: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Ebbestrom

Die folgende Abbildung (Bild 10) zeigt an drei ausgewählten Pegelstandorten an der Westküste der Innenjade die berechnete zeitliche Entwicklung der tiefenintegrierten Salzgehalte. Da der Rechenlauf mit einer konstanten Vorbelegung von 32 PSU gestartet wurde, zeigen sich die einleitungsbedingten Erhöhungen durch Salzgehalte, deren Wert größer als 32 PSU ist.

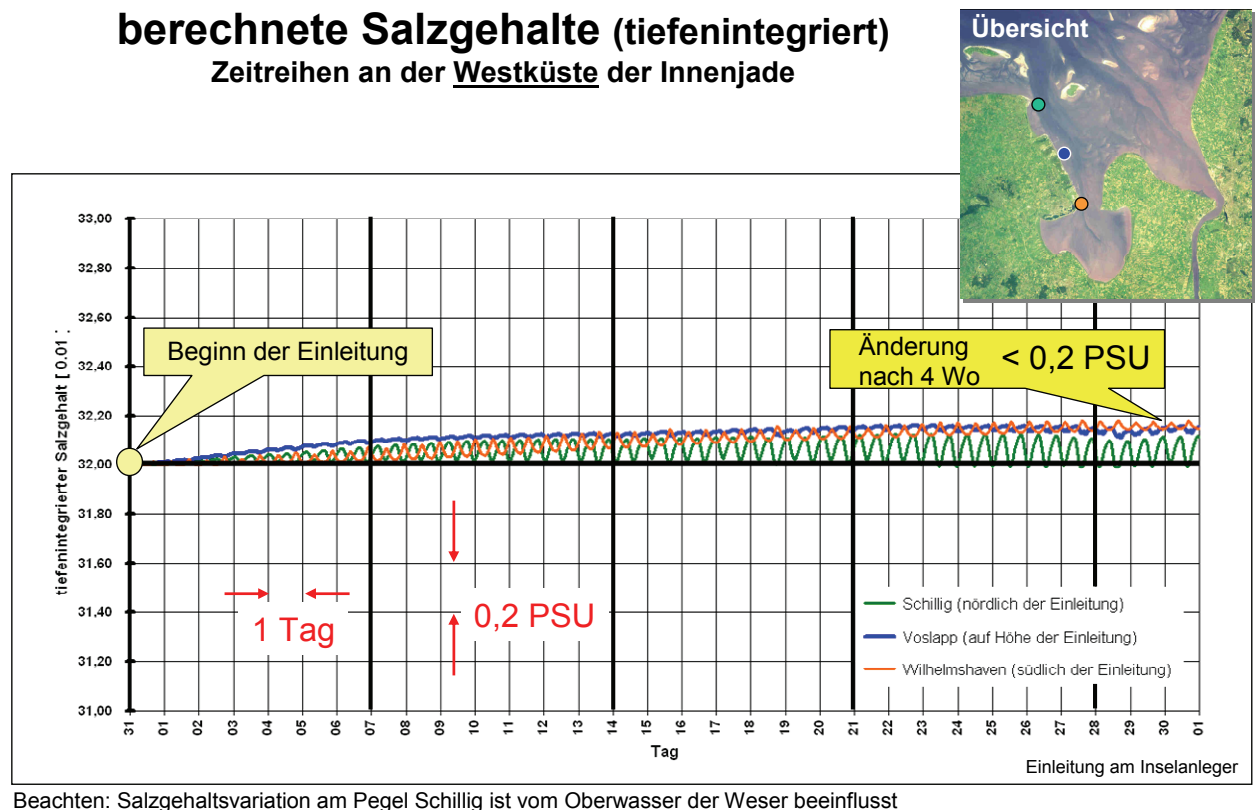
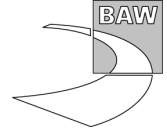


Bild 10: Zeitreihe der einleitungsbedingten Erhöhung der tiefenintegrierten Salzgehalte an drei ausgewählten Orten an der Westküste der Innenjade

Nach ca. 3 bis 4 Wochen zeigt die asymptotische Annäherung der Zeitreihen, das ein „quasisynoptischer Gleichgewichtszustand“ hinsichtlich der einleitungsbedingten Erhöhung der Salzgehalte von kleiner 0,2 PSU an den betrachteten Orten eingetreten ist. Eine weitere nennenswerte Zunahme der Salzgehalte kann aufgrund der Wasseraustauschprozesse mit der Nordsee und der Weser (über das Hohe-Weg-Watt) auch bei längerer Simulationszeit ausgeschlossen werden.

Eine Tidekennwertanalyse über den Zeitraum der 3. und 4. Simulationswoche zeigt in den folgenden Abbildungen die im Modellgebiet auftretenden Variationen der minimalen und maximalen Salzgehalte, die in einer gemeinsamen Betrachtung auch als Schwankungsbreite der einleitungsbedingten maximalen und minimalen Erhöhung der tiefenintegrierten Salzge-



haltserhöhung interpretiert werden können. Während das über alle Tiden im Analysezeitraum ermittelte Maximum der während einer Tide berechneten maximalen Salzgehaltserhöhungen nur zeitweise (wenige Minuten bis Stunden) auftritt (Bild 11), kann das Minimum der über alle Tiden ermittelten minimalen Salzgehalte als dauerhafte einleitungsbedingte Salzgehaltserhöhung interpretiert werden (Bild 12). Die höchsten Salzgehaltserhöhungen zeigen sich in einer langgestreckte Fläche in der tiefen Rinne der Innenjade mit Werten in der Größenordnung von kleiner 0,5 PSU. Die langgestreckte Fläche entsteht durch den flut- und ebbe-strombedingten advektiven Transport der während der Kenterphasen um die Einleitstelle konzentrierten Salzabwassereinleitung. Großflächigere Erhöhungen der Salzgehalte von bis zu 0,2 PSU wurden sowohl in der Innenjade als auch im Jadebusen berechnet.

Die Differenz des minimalen und maximalen Salzgehaltes an einem betrachteten Ort kann als tidebedingte Schwankung der auftretenden einleitungsbedingten Erhöhung der Salzgehalte interpretiert werden.

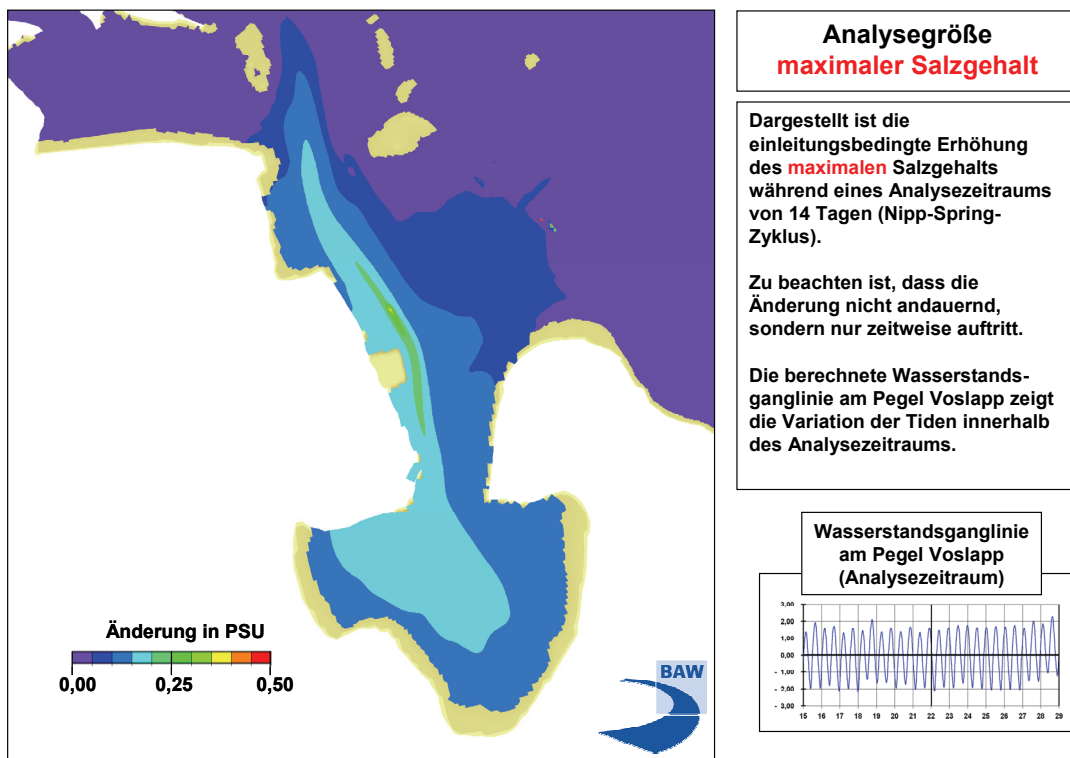


Bild 11: Tidekennwertanalyse des maximalen Salzgehaltes in der 3. und 4. Simulationswoche

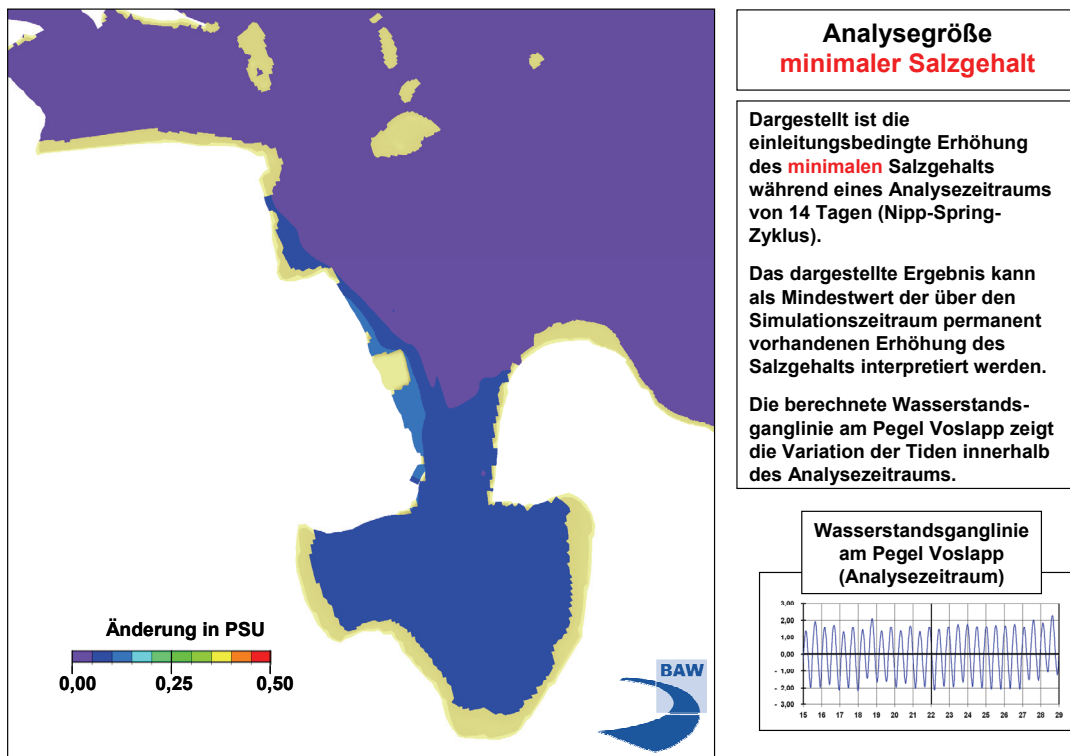


Bild 12: Tidekennwertanalyse des minimalen Salzgehaltes in der 3. und 4. Simulationswoche

## Einleitung am Küstenanleger

In der Übersicht (Bild 13) ist die Lage der Einleitstelle am Küstenanleger der WRG dargestellt. Die folgenden Abbildungen sollen hauptsächlich dazu dienen, den Einfluss einer alternativen Einleitungsstelle mit geringeren Wassertiefen und veränderter Anströmung auf die Ausbreitung des Salzabwassers zu verdeutlichen.



Bild 13: Übersicht der Einleitstelle am Küstenanleger der WRG

Die Einleitstelle liegt näher an der Küste und wird bei Ebbestrom durch die Abschattungswirkung des JadeWeserPort im Vergleich zur hydraulisch leitungsfähigen tiefen Rinne der Innenjade mit geringeren Strömungsgeschwindigkeiten angeströmt. Zur Ebbestromkenterung zeigt sich die Ausbreitungsfahne des eingeleiteten Salzabwassers nach Norden in einem küstennahen Streifen, der auch nördlich von Schillig noch Salzgehaltserhöhungen von ca. 0,2 PSU aufweist. Die Ursache liegt in den im nördlichen Bereich der Heppenser Rinne küstennah geringeren Wassertiefen und es stellen sich an der Westküste der Innenjade deswegen in der nördlichen Ausbreitungsfahne des Salzabwassers im Vergleich zur Einleitung am Inselanleger höhere tiefenintegrierte Salzgehalte mit bis zu 0,35 PSU ein. Zur Kenterphase bildet sich um die Einleitstelle ein Bereich mit erhöhten Salzgehalten von ca. 0,5 PSU (Bild 14)



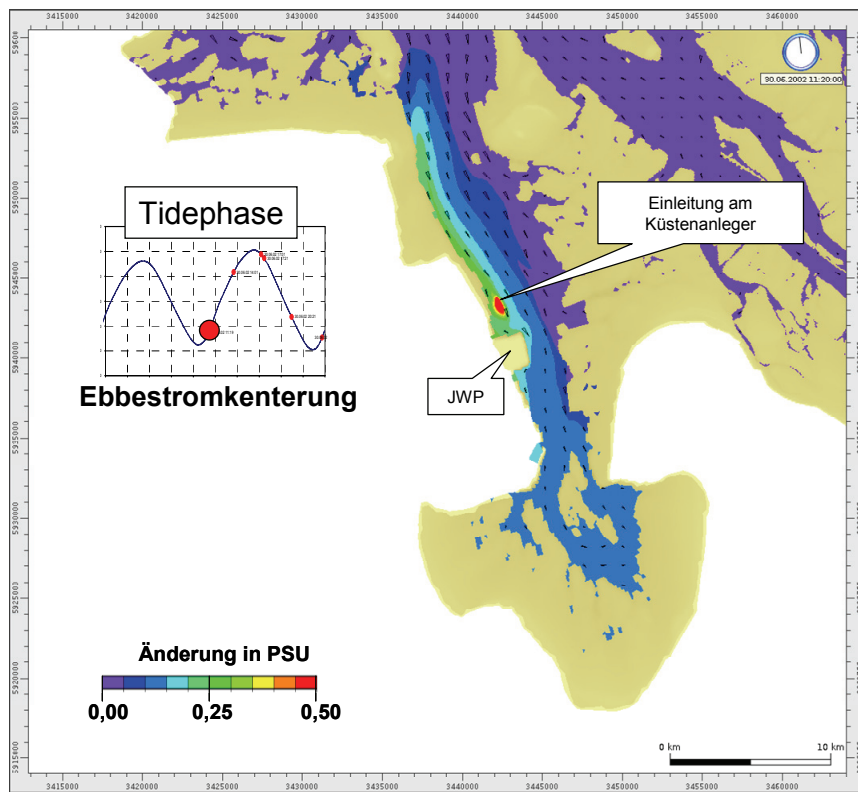


Bild 14: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Ebbestromkenterung

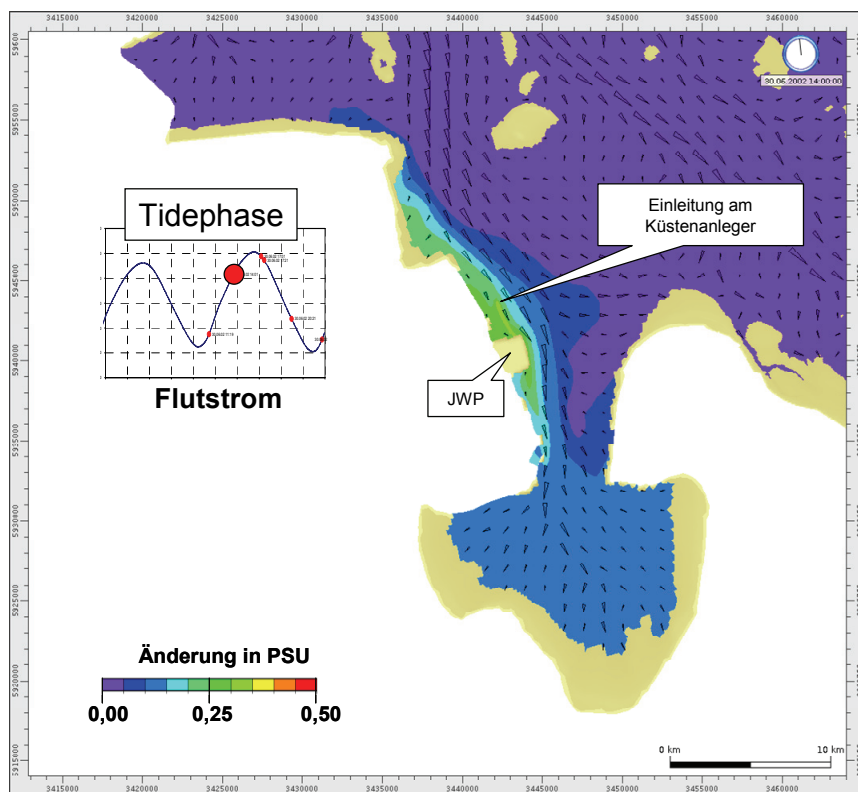


Bild 15: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Flutstrom

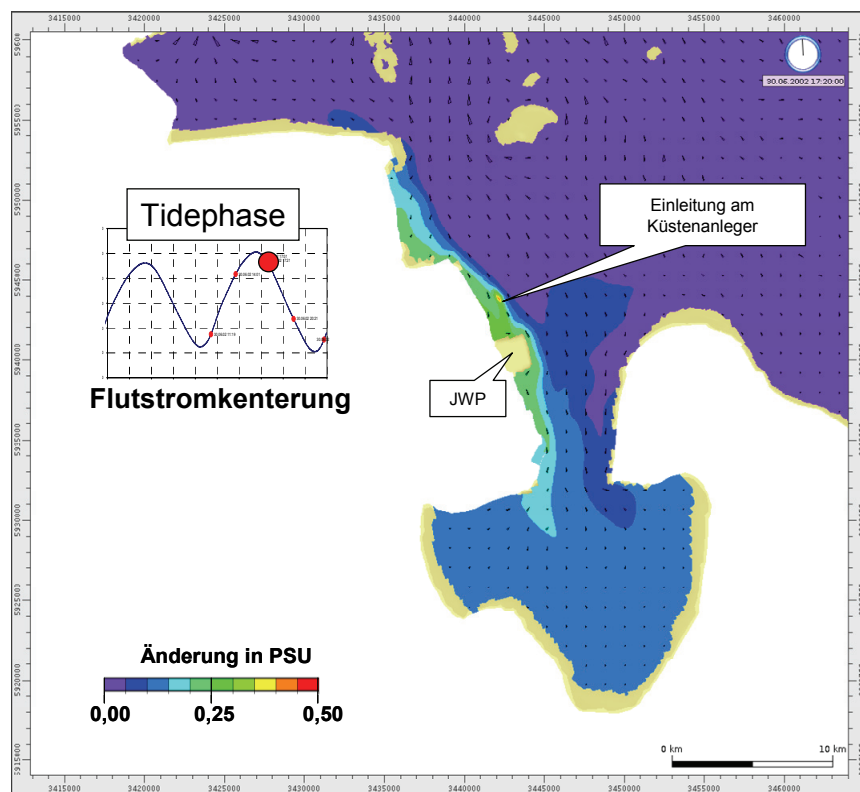


Bild 16: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Flutstromkenterung

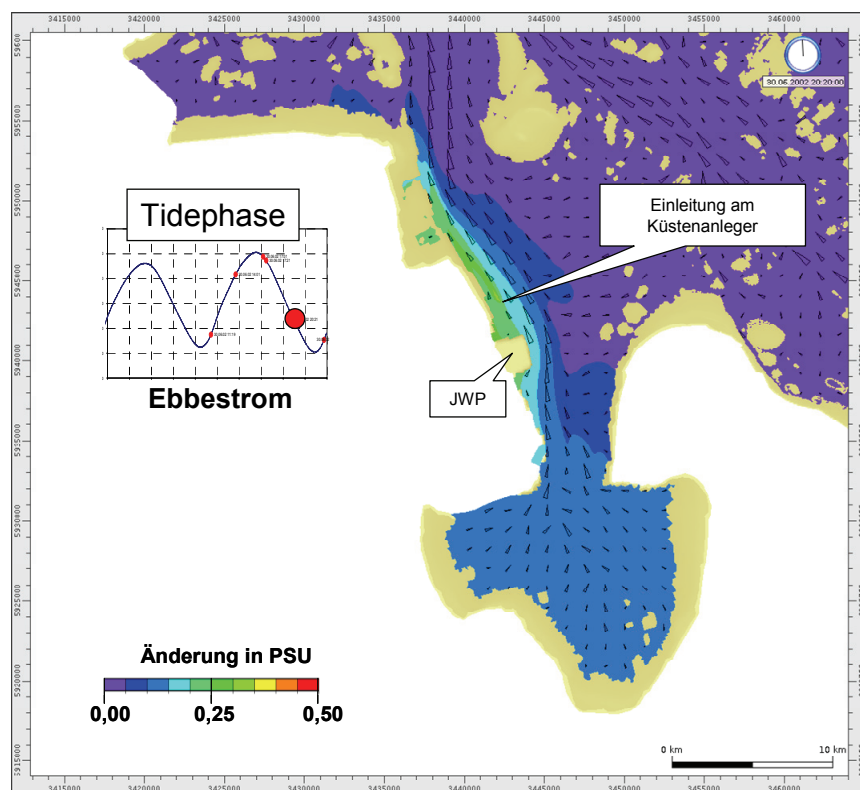


Bild 17: Übersicht der einleitungsbedingten Salzgehaltserhöhung bei Ebbestrom

Aufgrund der Umlenkung der Flutströmung durch den JadeWeserPort wird die Salzwasserfahne bei Flutstrom ebenfalls in die tiefe Rinne der Innenjade geleitet und dementsprechend ist eine gute Durchmischung mit dem Seewasser der Innenjade sichergestellt (Bild 15). Zur Flutstromkenterung zeigt sich die Ausbreitung des Salzabwassers nach Süden. Im Vergleich zur Einleitung am Inselanleger ist eine geringere einleitungsbedingte Erhöhung der tiefenintegrierten Salzgehalte in Teilen des Jadebusens berechnet worden. Salzgehaltserhöhungen von 0,2 PSU treten nur am Beginn des Jadebusens auf. Großflächig ergeben sich im Jadebusen Salzgehaltserhöhungen von kleiner 0,15 PSU (Bild 16). Die Ebbestromphase zeigt durch die Umlenkströmung des JadeWeserPort die Ausbreitung der Salzfahne in enger Anlehnung an die Küstenlinie (Bild 17). Es werden küstennah einleitungsbedingte Salzgehaltserhöhungen von ca 0,35 PSU nördlich des JadeWeserPort berechnet.

Insgesamt ergibt sich auch bei Einleitung am Küstenanleger eine gute Durchmischung des Salzabwassers mit dem Seewasser.

Bild 18 zeigt an drei ausgewählten Pegelstandorten an der Westküste der Innenjade die berechnete zeitliche Entwicklung der tiefenintegrierten Salzgehalte bei Einleitung des Salzabwassers am Küstenanleger. Da der Rechenlauf mit einer konstanten Vorbelegung von 32 PSU gestartet wurde, zeigen sich die einleitungsbedingten Erhöhungen durch Salzgehalte, deren Wert größer als 32 PSU ist.

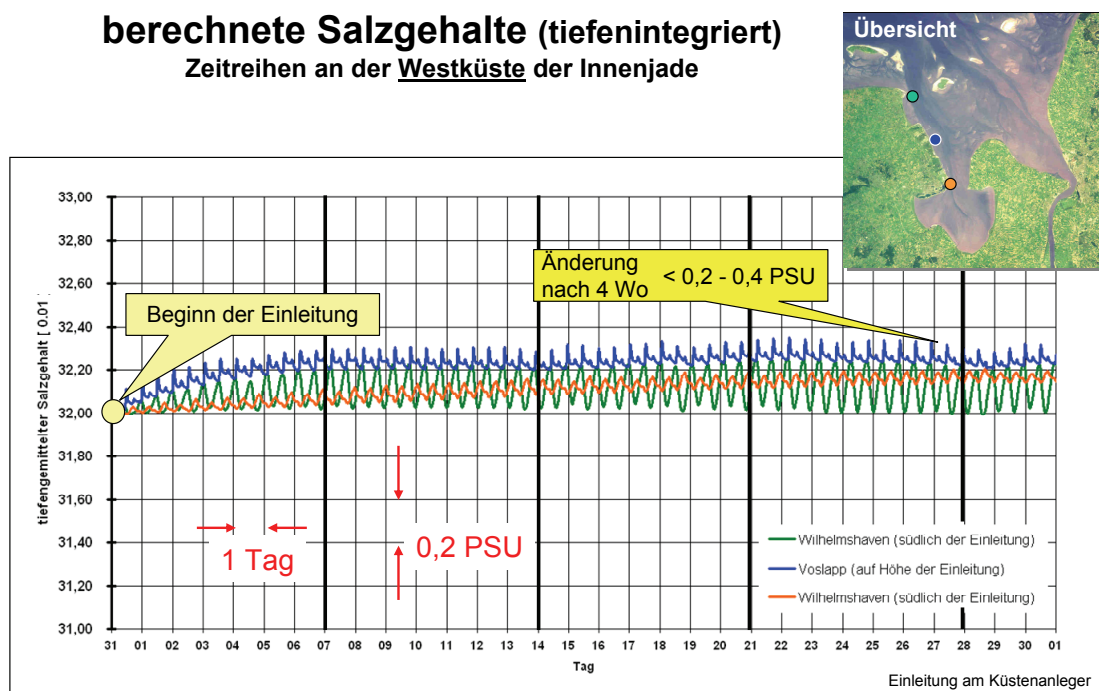


Bild 18: Zeitreihe der einleitungsbedingten Erhöhung der tiefenintegrierten Salzgehalte an drei ausgewählten Orte an der Westküste der Innenjade (Einleitung am Küstenanleger)



Im Bereich der Pegelstandorte Voslapp und Schillig zeigt sich bereits nach 1 Woche ein „quasisynoptischer Gleichgewichtszustand“ hinsichtlich der einleitungsbedingten Erhöhung der tiefenintegrierten Salzgehalte. Der tidebedingt auf 32 PSU absinkende Salzgehalt am Pegel Schillig bedeutet, dass am Ende der Flutstromphase die Salzflut in die Innenjade gedrückt wurde und frisches Nordseewasser vorherrscht. Im Bereich des Pegels Voslapp ist die einleitungsbedingte Erhöhung der tiefenintegrierten Salzgehalte zu ca. 0,2 bis 0,4 PSU berechnet worden. Der Einfluss des Nipp-Springzyklus führt zu den Schwankungen in der Größenordnung von ca. 0,2 PSU. Am Pegel Wilhelmshaven zeigt sich die asymptotische Annäherung der Zeitreihen genauso wie bei der Einleitung am Inselanleger erst nach ca. 2 bis 3 Wochen.

Eine weitere nennenswerte Zunahme der Salzgehalte kann auch in dieser Variante aufgrund der Wasseraustauschprozesse mit der Nordsee und der Weser (über das Hohe-Weg-Watt) auch bei längerer Simulationszeit ausgeschlossen werden.

Eine Tidekennwertanalyse über den Zeitraum der 3. und 4. Simulationswoche zeigt in den folgenden Abbildungen die im Modellgebiet auftretenden Variationen der minimalen und maximalen Salzgehalte, die in einer gemeinsamen Betrachtung auch als Schwankungsbreite der einleitungsbedingten maximalen und minimalen Erhöhung des tiefenintegrierten Salzgehalts interpretiert werden kann. Während das über alle Tiden im Analysezeitraum ermittelte Maximum der während einer Tide berechneten maximalen Salzgehaltserhöhungen nur zeitweise (wenige Minuten bis Stunden) auftritt (Bild 19), kann das Minimum der über alle Tiden ermittelten minimalen Salzgehalte als dauerhafte einleitungsbedingte Salzgehaltserhöhung angesehen werden (Bild 20). Die höchsten Salzgehaltserhöhungen zeigen sich in einer langgestreckte Fläche westlich der tiefen Rinne der Innenjade mit Werten in der Größenordnung von kleiner 0,5 PSU. Insbesondere um die Einleitstelle am Küstenanleger bildet sich eine Fläche mit erhöhten tiefenintegrierten maximalen Salzgehalten aus. Dort treten auch einleitungsbedingte Erhöhungen von geringfügig größer 0,5 PSU auf. Die langgestreckte Fläche entsteht durch den flut- und ebbestrombedingten advektiven Transport der während der Kenterphasen um die Einleitstelle konzentrierten Salzabwassereinleitung. Großflächigere Erhöhungen der maximalen Salzgehalte von bis zu 0,2 PSU wurden sowohl in der Innenjade als auch im Jadebusen berechnet.

Die Differenz des minimalen und maximalen Salzgehaltes an einem betrachteten Ort kann als tidebedingte Schwankung der auftretenden einleitungsbedingten Erhöhung der Salzgehalte interpretiert werden.

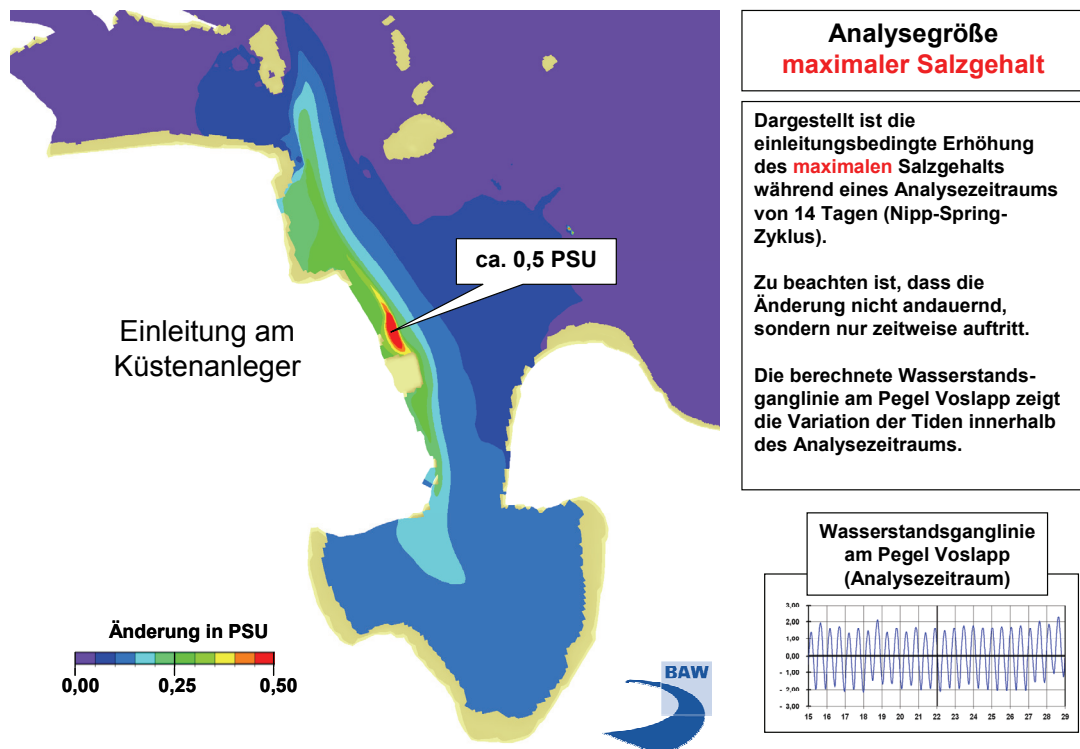


Bild 19: Tidekennwertanalyse des maximalen Salzgehaltes in der 3. und 4. Simulationswoche

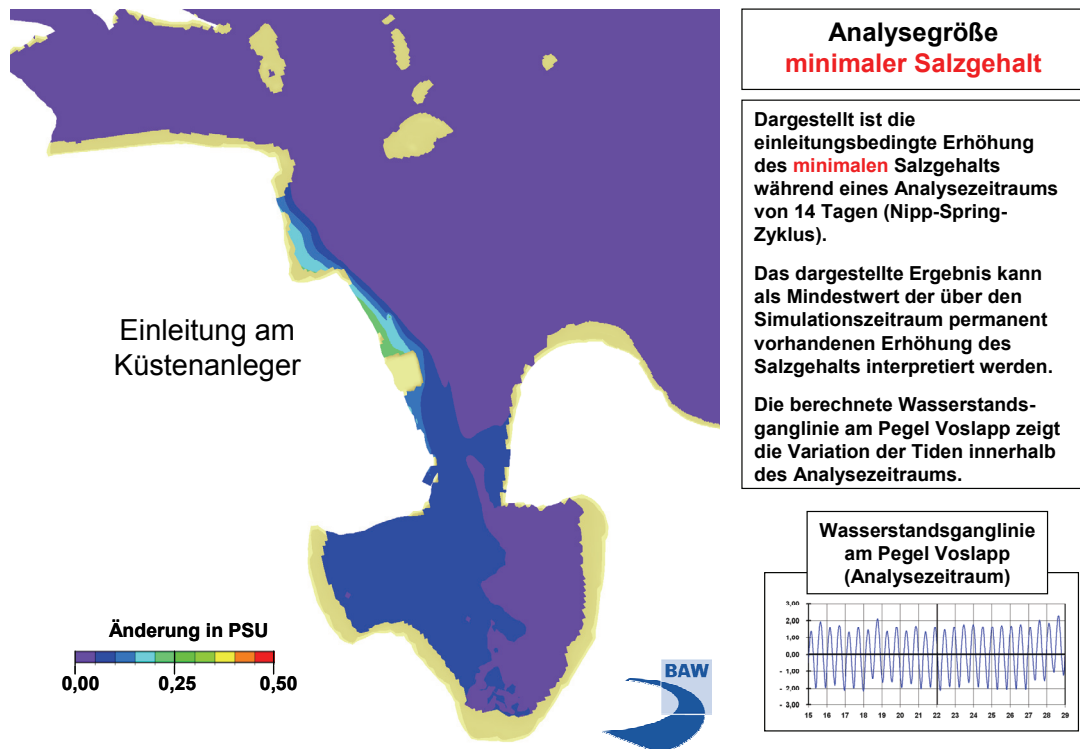


Bild 20: Tidekennwertanalyse des minimalen Salzgehaltes in der 3. und 4. Simulationswoche

Insgesamt führt die Einleitung am Küstenanleger im Vergleich zur Einleitung am Inselanleger zu erhöhten einleitungsbedingten tiefenintegrierten Salzgehalten nördlich des JadeWeser-Ports im küstennahen Streifen westlich der Innenjade. Die Ausbreitung des Salzabwassers ist insgesamt etwas nördlich verschoben. Das in der letzten Flutphase überströmte Hohe-Weg-Watt führt zu einer Nettoüberströmung von der Innenjade in die Weser. Daraus resultiert auf dem südlichen Hohe-Weg-Watt eine leichte einleitungsbedingte Erhöhung der maximalen tiefenintegrierten Salzgehalte von bis zu 0,1 PSU, die jedoch nur zeitweilig auftritt. Eine Übersicht zeigt die folgende Abbildung:

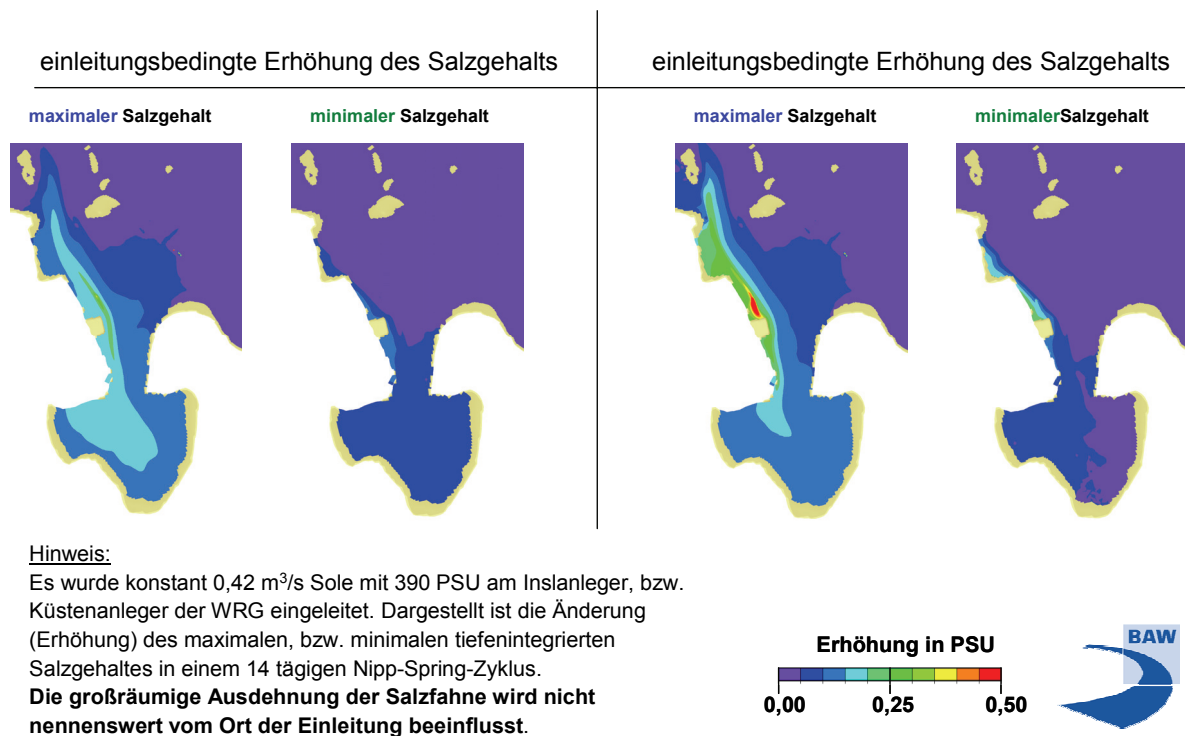


Bild 21: Wirkung der unterschiedlichen Einleitungsorte auf die Ausbreitung des Salzabwassers am Beispiel der Tidekennwertanalyse maximaler und minimaler Salzgehalte

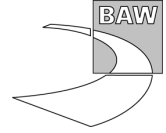
## 7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die geplante Einleitung von Salzabwasser in die Innenjade führt großräumig zu einleitungsbedingten Erhöhungen der tiefenintegrierten Salzgehalte von bis zu 0,2 PSU. Betroffen sind der Jadebusen sowie die gesamte Innenjade, teilweise auch nördlich von Schillig. Erhöhungen von kleiner 0,5 PSU zeigen sich bei Einleitung am Inselanleger in einem schmalen Bereich der hydraulisch leistungsfähigen tiefen Rinne der Innenjade. In Abhängigkeit der Tidephase tritt diese Erhöhung nördlich und/oder südlich der Einleitung auf. Die Tidekennwertanalyse der maximalen tiefenintegrierten Salzgehaltserhöhungen zeigt, dass insgesamt eine Fläche von ca. 15 km Länge betroffen ist. Aus wasserbaulicher Sicht ist die einleitungsbedingte Erhöhung ohne praktische Relevanz für die charakteristischen gewässertypischen abiotischen Systemparameter der Innenjade. Die naturschutzfachlichen Aspekte sind an anderer Stelle zu bewerten.

Die Einleitung am Küstenanleger führt zu stärkeren Erhöhungen von 0,5 PSU im weiteren Umfeld der Einleitung und bis ca. 0,3 PSU im westlichen Abschnitt der Innenjade, insbesondere nördlich sowie im südlichen Strömungsschatten des JadeWeserPort. Im Bereich der Einleitestelle treten Werte um 0,5 PSU auf. Der Schwerpunkt der Ausbreitungsfahne liegt im Vergleich zur Einleitung am Inselanleger weiter nördlich. Aus wasserbaulicher Sicht ist die einleitungsbedingte Erhöhung ohne praktische Relevanz für die charakteristischen gewässertypischen abiotischen Systemparameter der Innenjade. Die naturschutzfachlichen Aspekte sind jedoch an anderer Stelle zu bewerten.

Zu beachten ist, dass durch die relativ „grobe“ geometrische Gitterauflösung des verwendeten HN-Modells im Nahbereich der untersuchten Einleitstellen eine sofortige starke Verdünnung berechnet wird. Dies führt zu keiner nennenswerten Verfälschung der großräumigen Ausbreitung des Salzabwassers. Jedoch liegen die berechneten tiefenintegrierten Erhöhungen der Salzgehalte im Nahbereich der Einleitungsstelle nicht auf der sicheren Seite. Es wird daher empfohlen, die Berechnungsergebnisse in einem Umkreis von ca. 0,5 – 1,0 km um die Einleitungsstelle nicht zu verwenden. Zu beachten ist auch, dass die zukünftige Verlegung der Fahrrinne im Bereich des JadeWeserPort und die Vertiefung der Hafenzufahrt in der vorliegenden HN-Simulation unberücksichtigt blieb. Der Einfluss auf die großräumige Ausbreitung des eingeleiteten Salzabwassers wird jedoch als gering aber aufgrund der flachen Gradienten in der Ausbreitungsfahne dennoch als nachweisbar eingeschätzt.

Für weitergehende Planungsschritte, insbesondere als Grundlage einer Umweltrisikoeinschätzung oder einer Umweltverträglichkeitsstudie, ist die Verwendung eines 3D Simulationsmodells mit einer deutlich höheren örtlichen Auflösung in der Innenjade zu empfehlen. Darüber hinaus sollten die durch den Bau des JadeWeserPort bedingten morphologischen Veränderungen in der Fahrrinne und der Hafenzufahrt berücksichtigt werden. Zu beachten



und für zukünftige Simulationen zu berücksichtigen sind in diesem Zusammenhang auch die prognostizierten morphologischen Veränderungen (überwiegend Sedimentationen nördlich und südlich des Baukörpers), die durch den Bau des JadeWeserPort initiiert werden. In anderen Planungsvorhaben wurde ein „angenommener langfristiger Systemzustand der Jade“, mit den beteiligten Trägern der Vorhaben sowie den Genehmigungs- und Einvernehmensbehörden abgestimmt. Solange durch Beweissicherungsmessungen keine belastbaren Erkenntnisse hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung des morphologischen Systemzustands der Jade bekannt sind, ist die Anwendung des „angenommenen langfristigen Systemzustands der Jade“ für weitere Planungsschritte zu empfehlen.

Letztendlich ist anzumerken, dass die Fahrrinne der Innenjade derzeit nicht auf das planfestgestellte Sollniveau unterhalten wird. Eine bedarfsweise Baggerung auf das Sollniveau der Fahrrinne kann jederzeit erfolgen. Dies könnte zukünftig auch für die geplante Solltiefe der Hafenzufahrt zum JadeWeserPort gelten und ist für weitere Planungen ggf. zu beachten.

Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg

Hamburg, den 26. Januar 2010

Im Auftrag

gez. Rahlf

.....

BDir Dipl.-Ing. H. Rahlf