



# Die Umweltauswirkungen des JadeWeserPort

*Hydromorphologische und ökologische Auswirkungen  
des geplanten Tiefwasserhafens in Wilhelmshaven unter  
Einbeziehung des Alternativstandortes Cuxhaven*



**Herausgeber:** WWF Deutschland, Frankfurt am Main

**Stand:** August 2003, 1. Auflage (100 Exemplare)

**Autoren:** SSC Strategic Science Consult GmbH: Dr. habil. M. Kerner, Dipl.-  
Biol. A. Jacobi; TU-Dresden: Dr. S. Rolinski

**Redaktion:** Uwe Johannsen, WWF-Fachbereich Meere & Küsten Bremen

**Produktion:** Uwe Johannsen

**Layout und Satz:** Astrid Ernst

**Druck:** Meiners Druck OHG, Bremen

Gedruckt auf 100% Recycling-Papier

© 2003 WWF Deutschland, Frankfurt am Main

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers

# Inhalt

|  |    |
|--|----|
| 1. Einleitung.....   | 4  |
| 2. Beurteilung der hydrodynamischen Modelle der BAW .....                  | 5  |
| 2.1 Auswahl des Modells.....   | 5  |
| 2.2 Auswahl der simulierten Szenarien.....                                 | 6  |
| 2.3 Modellverifikation .....   | 7  |
| 3. Auswirkungen des JadeWeserports auf die marine Umwelt .....             | 8  |
| 3.1. Hydrodynamische und morphodynamische Veränderungen im Vergleich ..... | 8  |
| 3.1.1 Folgenabschätzung zum Unterhalt.....                                 | 11 |
| 3.2. Prognosen für die biotische marine Umwelt .....                       | 12 |
| 3.2.1 Wasserqualität .....   | 14 |
| 3.2.2 Primärproduktion (Phytoplankton) .....                               | 15 |
| 3.2.3 Zooplankton .....  | 17 |
| 3.2.4 Fische .....   | 18 |
| 3.2.5 Seegraswiesen .....  | 19 |
| 3.2.6 Makrozoobenthos des Sublitorals.....                                 | 19 |
| 3.2.7 Sandkoralle.....   | 20 |
| 3.2.8 Miesmuschel .....  | 20 |
| 4. Zerstörung und Entwertung von terrestrischen Lebensräumen .....         | 21 |
| 5. Weiterer Untersuchungsbedarf.....                                       | 23 |
| 6. Zusammenfassung .....   | 24 |
| 7. Literaturverzeichnis .....  | 26 |

## 1. Einleitung

Die öffentliche Diskussion über den möglichen Standort eines zusätzlichen Tiefwasserhafens an der deutschen Nordseeküste schien mit der Standortentscheidung für Wilhelmshaven im März 2001 abgeschlossen zu sein. Trotz des kurz darauf von Hamburg erklärten Rückzuges aus den bis dahin gemeinsamen Planungen der drei Länder haben Bremen und Niedersachsen zunächst scheinbar unbeirrt weiter an der Umsetzung des JadeWeserPorts in Wilhelmshaven gearbeitet.

Insbesondere die nach wie vor unsichere Finanzierung des Vorhabens, die offenbar anders als ursprünglich geplant überwiegend durch die Länder Bremen und Niedersachsen zu leisten wäre, lässt in letzter Zeit wieder zunehmend Zweifel am wirtschaftlichen Sinn und an den Realisierungschancen des Vorhabens aufkommen. Die Befürchtung, das Vorhaben könnte zu einer riesigen Investitionsruine werden und die Diskussion über möglichen Alternativen, die zwischenzeitlich in den zuständigen Behörden nur hinter vorgehaltener Hand geführt wurde, sind wieder vernehmbar.

Inzwischen strebt auch Cuxhaven den Einstieg in den Containerumschlag an und steht damit in direkter Konkurrenz zu Wilhelmshaven.

Vor dem Hintergrund dieser erneuten Standortdebatte ist es aus Sicht des Naturschutzes sinnvoll, auch die umweltbezogenen Grundlagen der früheren Standortentscheidung für einen Tiefwasserhafen an der deutschen Nordseeküste erneut unter die Lupe zu nehmen. Die Planungen der Alternativstandorte unterscheiden sich grundlegend. Während für den JadeWeserPort die gesamte Hafensfläche in die Jade gebaut werden soll, können in Cuxhaven ausgewiesene Gewerbeflächen am Ufer genutzt werden. Dadurch wird in Wilhelmshaven wesentlich in das Strömungsgeschehen der Jade eingegriffen. Die wasserbaulichen Eingriffe in Cuxhaven sind dagegen weniger gravierend. Die Machbarkeitsstudien (Arbeitsgemeinschaft CT 2000, Projektkonsortium JadePort 1999) kamen seinerzeit zu dem Schluss, dass an beiden Standorten keine Hinweise zu erkennen seien, aufgrund derer die Vorhaben nicht genehmigungsfähig wären. Diese Einschätzung stützte sich auf

relativ geringe Kenntnisse und lückenhafte Daten. Insbesondere die Veränderungen der Strömungsverhältnisse in der Jade durch den JadeWeserPort wurden durch die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) unter Verwendung stark vereinfachter Modellannahmen nur sehr grob abgeschätzt. Die Auswirkungen der Strömungsveränderungen auf Abtrag, Transport und Ablagerung von Feststoffen (z.B. Sand und Schlick) in der Jade sowie die damit verbundenen weitreichenden ökologischen Folgen wurden zu diesem Zeitpunkt überhaupt noch nicht betrachtet und konnten somit auch nicht in die Standortentscheidung einfließen.

Die vorliegende Studie diskutiert die zu erwartenden Umweltauswirkungen durch Bau und Betrieb eines Containertiefwasserhafens an den Standorten Wilhelmshaven und Cuxhaven auf der Grundlage freizugänglicher Literatur und stellt sie vergleichend gegenüber. Inzwischen wurden im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung für den JadeWeserPort weit umfangreichere und detailliertere Untersuchungen vorgenommen, als sie dieser Studie zu Grunde liegen. Erste Ergebnisse dieser Untersuchungen und Modellrechnungen liegen inzwischen vor und wurden teilweise bereits der Öffentlichkeit vorgestellt. Jedoch zeigen auch die daraus bisher bekannt gewordenen Ergebnisse und die neuen Modellrechnungen der BAW, dass einige grundlegende in der vorliegenden Studie angesprochene Probleme, wie z.B. der Abgleich der Modellvorhersagen mit Messwerten aus der Natur oder die Ermittlung der tatsächlich am Gewässerboden wirkenden Kräfte zwar erkannt und bearbeitet, aber nach wie vor nicht gelöst wurden.

Die in der vorliegenden Studie aufgeworfenen Fragen und Bewertungen sind deshalb nach wie vor aktuell. Sie können auch als Grundlage dienen, die neueren Erkenntnisse kritisch zu beleuchten, wenn diese der Öffentlichkeit vorgelegt werden. Konkret wurden folgende offene Fragen bearbeitet:

- Sicherheit der Vorhersagen aus den Modellrechnungen
- Änderungen in den Sedimentations-/Resuspensionsprozessen

- Verluste an Eulitoral
- Langfristige morphologische Änderungen im Jadebusen
- Auswirkungen erhöhter Gehalte an suspendiertem partikulärem Material (SPM) auf das Nahrungsnetz
- Auswirkungen erhöhter Sedimentation auf das Makrozoobenthos

## 2. Beurteilung der hydrodynamischen Modelle der BAW

### 2.1 Auswahl des Modells

Die wasserbaulichen Systemanalysen für die Machbarkeitsuntersuchungen zum JadeWeserPort und zum CuxPort (Projektkonsortium Jade Port 1999, Arbeitsgemeinschaft CT 2000) wurden von der BAW mit dem numerischen Modell TRIM 2D (Casulli & Cheng 1992) durchgeführt. Die Anwendung dieses Modells ist aufgrund der folgenden Überlegungen für beide Untersuchungsgewässer (Jade, Elbe) jedoch nur bedingt geeignet und die Aussagekraft der Ergebnisse der Modellrechnungen muss deshalb in einigen wichtigen Punkten in Frage gestellt werden.

1. In dem verwendeten Modell wird davon ausgegangen, dass Dichtegradienten keine Auswirkungen auf die Strömung haben. Dementsprechend wird nur der durch Druckgradienten (Wasserstandsunterschiede) verursachte, barotrope Strömungsanteil in der Modellierung berücksichtigt. Der barokline Anteil, der durch Dichtegradienten (Salzgehalts- und Temperaturunterschiede) bestimmt wird, bleibt unberücksichtigt. Signifikante barokline Strömungsanteile sind jedoch in beiden Untersuchungsgewässern (Elbe, Jade) aufgrund von Salzgehaltsschwankungen anzunehmen. So ändert sich im Bereich des CuxPorts der Salzgehalt zwischen Hoch- zu Niedrigwasser um mehr als 10 PSU (Station LZ3 Altenbrucher Bogen der WSA Cuxhaven; Daten online verfügbar unter <http://www.cux.wsd-nord.de/htm/start.asp>. Diese kurzfristigen Änderungen werden durch die Vermischung von Flusswasser (0-2 PSU) mit dem

Meerwasser (34 PSU) hervorgerufen, was auf vertikale Unterschiede in der Dichte und somit auf eine „ästuarine Zirkulation“ schließen lässt (Riedel-Lorjé et al. 1992). Auch in der Jade ist von Dichteunterschieden und somit von baroklinen Strömungsanteilen auszugehen, da hier ein diffuser Frischwasserzufluss zusammen mit einem beschränkten Wasseraustausch mit dem Meer besteht.

2. Das bei der Machbarkeitsuntersuchung verwendete zweidimensionale Modell, welches einen über die Gewässertiefe integrierten Wert der Strömung berechnet, erlaubt keine ausreichende Information über die an der Gewässersohle herrschenden Kräfte. Dies ist aber für verlässliche Aussagen über die Resuspension bzw. Sedimentation von Feststoffen notwendig. Die Anwendung eines dreidimensionalen Modells ermöglicht die Bestimmung der bodennahen Strömungen und Scherkräfte und liefert eine wichtige Voraussetzung zur morphologischen Modellierung. Die bisher im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung angestellten Berechnungen lassen jedoch keine belastbare Prognose über die Dynamik der Feststoffe in der Jade und die Veränderungen durch den Bau des JadeWeserPorts erkennen.
3. Das System Jade ist bereits unter den heutigen Bedingungen ständigen natürlichen (Umlagerungen) und anthropogenen (Unterhaltsbaggerung) Veränderungen unterworfen und befindet sich damit in einem semi-stabilen morphologischen Zustand. Die BAW geht in ihren bisherigen Untersuchungen und Modellierungen aber davon aus, dass sich nach dem Bau des JadeWeserPort kurzfristig ein zumindest ebenso stabiles System einstellen wird, wie das in der Vergangenheit über einen langen Zeitraum geformte System. Ihre Modellrechnungen beschränken sie deshalb auf einen Vergleich zwischen dem Ist-Zustand und einem Zustand unmittelbar nach dem Bau eines Tiefwasserhafens. Die nach dem Eingriff stattfindenden Veränderungen werden unter dem Begriff „morphologischer Nachlauf“ zusammengefasst und von der BAW als geringfügig eingeschätzt, ohne dass dazu Ergebnisse aus Modellrechnungen vorgelegt werden.

Eine prognostische Modellierung ist aber unabdingbar, um eine genauere Vorhersage des „neuen“ semi-stabilen morphologischen Zustandes zu ermöglichen. Diese müsste die Kombination von veränderter Topographie, daran angreifender Kräfte und die während des Anpassungsprozesses aufrecht zu erhaltenden Tiefen (inkl. der Entnahmemengen von Feststoffen) berücksichtigen und so die während des Anpassungsprozesses wirkenden Kräfte ständig im hydrodynamischen Modell aktualisieren. Da die Unsicherheiten in den Ergebnissen aufgrund der Fülle der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren mit der Länge des zu prognostizierenden Zeitraums zunehmen, sind einer prognostischen Modellierung prinzipiell enge Grenzen gesetzt. Dies ist sicherlich ein Grund dafür, dass sich die BAW bei den vorgestellten Kenngrößenverschiebungen (Strömung und Wasserstand) nur auf den ersten Schritt in einer Kette von zukünftigen Änderungen beschränkt.

Allerdings lassen bereits die Änderungen der Kenngrößen im einfachen 2D-Modell erkennen, dass der durch den Tiefwasserhafen JadeWeserPort erzeugte Zustand eine mehr oder weniger starke Umformung durch die angreifenden Kräfte erfahren wird und sich bestenfalls erst langfristig wieder ein semi-stabiles System einstellen kann. Aufgrund des Ausmaßes der wasserbaulichen Veränderungen insbesondere in der Jade ist darüber hinaus zu vermuten, dass Verlagerungen von Sedimenten bis in den Jadebusen hinein stattfinden werden, die mit großen Veränderungen seiner Morphologie verbunden wären. Um diese in ihrer Wirkung abzuschätzen, wurden in der vorliegenden Studie eigene Prinzipstudien mit einem eindimensionalen Modell angestellt. Das Prinzipmodell berücksichtigt die Einflüsse der Reibung entlang einer Fahrrinne mit variabler Breite, ohne die gesamte Topographie des Untersuchungsgebietes abzubilden. Trotz dieser Einschränkung erlaubt das Prinzipmodell einen tieferen Einblick in die einzelnen Auswirkungen von Vertiefung bzw. Verengung der Fahrrinne sowie der damit verbundenen kompensierenden Effekte.

## 2.2 Auswahl der simulierten Szenarien

Neben den oben beschriebenen Defiziten der verwendeten Modelle (2D, 3D), stellt die Auswahl der simu-

lierten Szenarien eine weitere Einschränkung der Aussagekraft der Ergebnisse der hydrodynamischen Simulationen dar. So beschränkt sich die BAW auf Winddaten aus einer mäßig windigen Frühsommer-Periode als Antrieb und simuliert damit einen Zeitraum von einem Spring-Nipp-Zyklus. Bei diesen Winddaten handelt es sich um mittlere Werte aus einem 14-tägigen Zeitraum mit sehr variablen Bedingungen. Mit diesen Szenarien können zwar Variationen erfasst werden, wie sie im Laufe der Gezeiten auftreten, nicht jedoch diejenigen bei stark veränderlichen Windsituationen, was die Aussagekraft der Modellergebnisse insbesondere für die zu prognostizierenden morphologischen Änderungen einschränkt. Um die Feststoffdynamik innerhalb des Elbeästuars bzw. Jadebusens näher abschätzen zu können, wäre es notwendig, sowohl eine Schwachwindsituation mit Stagnationsphase und erhöhter Sedimentation als auch eine Starkwindsituation mit erhöhtem Energieeintrag und erhöhter Resuspension als zusätzliche Szenarien zu simulieren.

Die von der BAW für die beiden oben genannten Szenarien ermittelten Änderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten und Wasserständen im Bereich des geplanten JadeWeserPorts aber auch innerhalb des Jadebusens sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefasst. Nicht bestimmt wurden von der BAW das Ausmaß der Änderungen in den Flächen, die ständig bedeckt oder überflutet werden und die Dauer der Wasserbedeckung und Luftexposition der Wattflächen. Die vorliegende Studie wurde deshalb um Flächenabschätzungen anhand der von der BAW prognostizierten Wasserstandsänderungen erweitert (Tabelle 1). Diese groben Abschätzungen anhand topographischer Seekarten (Maßstab 1:35000) könnten durch die Verwendung digitaler Topographien, die nur der BAW zur Verfügung stehen, wesentlich verbessert werden. Auch Änderungen in den Gehalten an suspendiertem partikulärem Material (SPM) können anhand der öffentlich zugänglichen Daten nicht quantitativ bestimmt werden. Über Änderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten konnten jedoch Sedimentations- und Resuspensionstendenzen abgeschätzt werden (Tabelle 2), die in ihren ökologischen Folgen in den Kapiteln 2.II.1-5 qualitativ diskutiert werden.

## 2.3 Modellverifikation

Um die Zuverlässigkeit eines Modells und der verwendeten Szenarien zu belegen, werden üblicherweise Modellergebnisse mit Freilanddaten verglichen. Die BAW zieht für solch eine Verifikation ihres Modells in den wasserbaulichen Systemanalysen die Güte der Reproduktionen von Pegelständen heran (Arbeitsgemeinschaft CT 2000, Projektkonsortium Jade Port 1999). Dieses Verfahren reicht allerdings nicht aus, um z.B. die Qualität der Simulation der Strömung zu beurteilen. So kann gerade im Flachwasserbereich der Wasserstand in guter Qualität simuliert werden, obwohl die Strömungsgeschwindigkeiten aufgrund von Reflektionen zu gering angegeben werden. Sedimentations- und Resuspensionsprozesse werden jedoch von Strömungen und nicht von Wasserständen kontrolliert. Um beurteilen zu können, ob das Modell die hydrodynamischen Vorgänge im System zuverlässig beschreibt, ist deshalb auch ein Vergleich der Strömungsergebnisse aus dem Modell mit Messungen im Freiland notwendig. Solch ein Vergleich fehlt bisher auch bei der 3D Modellierung. Die Validationsdaten der BAW zeigten zudem systematische Abweichungen, die auf Abweichungen zwischen Modell und Natur hinweisen. Zur Erklärung wurde darauf hingewiesen, dass auch mit den neuen Modellen nicht die zu erwartenden Änderungen in der Natur beschrieben werden, sondern lediglich die Änderung gegenüber einem ebenfalls modellierten Ausgangszustand. Mit diesem Kunstgriff kann das Problem der Verifikation zwar zunächst „ausgeblendet“ aber nicht wirklich gelöst werden, da die Frage der Verlässlichkeit der Ergebnisse spätestens bei der Übertragung der Modellergebnisse auf die Natur beantwortet werden muss.

Als Ursache für die Abweichungen in Phase als auch Amplitude zwischen Pegeldaten und simulierten Wasserständen in dem von der BAW zur Verifikation vor-

gestellten Vergleich kommt eine unzureichende Qualität der simulierten Strömungen ebenso in Betracht wie Ungenauigkeiten in der Topographie und in den Windinflüssen. Auch wenn die so bestimmten Abweichungen der Wasserstände nur einige Zentimeter betragen und im Verhältnis zur Amplitude gering waren, liegen sie doch in der Größenordnung der prognostizierten Änderungen der mittleren Kenngrößen. Es ist deshalb nicht auszuschließen, dass die prognostizierten Änderungen trotz der Validation fehlerbehaftet sind. Dies ist nicht nur entscheidend für die Prognosen der Wasserstandsänderungen, sondern auch für die Volumina des ein- bzw. ausströmenden Wassers und dem damit verbundenen Ein- und Austrag von suspendiertem und gelöstem Material sowie planktischer Organismen.

In Bezug auf den CuxPort deuten die Ergebnisse der Änderungen in Wasserstand und Strömung darüber hinaus darauf hin, dass die Flutstromgeschwindigkeiten nur unzureichend simuliert wurden. Diese Vermutung ergibt sich aus einem Vergleich der durch den CuxPort prognostizierten Effekte bei Ebbe und Flut mit vorhergehenden Fahrrinnenvertiefungen. So haben sich bislang die Kennwerte jeweils in einem bestimmten Verhältnis verändert, das sich deutlich unterscheidet von der Prognose zum CuxPort, wobei nunmehr das Verhältnis aufgrund höherer Veränderungen bei der Ebbe deutlich geringer ausfällt<sup>1</sup>. Da die Kennwerte bei Flut von den Wasserständen am äußeren Modellrand stärker beeinflusst werden als bei Ebbe, ist anzunehmen, dass der seeseitige Rand des Modells unzureichend definiert wurde und deshalb die prognostizierten Kenngrößen bei Flut fehlerbehaftet sind.

---

<sup>1</sup> siehe z.B. Vortrag Dr.-Ing. H. Heyer, 15.11.2001, Entwicklung der Tideniedrigwasserstände in der Elbe, [www.baw.de](http://www.baw.de)

### 3. Auswirkungen des JadeWeserports auf die marine Umwelt

#### 3.1. Hydrodynamische und morphodynamische Veränderungen im Vergleich

##### JadeWeserPort

Nachdem am 30.3.2001 politisch die Entscheidung zu Gunsten eines Tiefwasserhafens in Wilhelmshaven gefallen war, wurde von Seiten der Betreibergesellschaft versucht, über eine Optimierung der Geometrie und Größe des zunächst geplanten Tiefwasserhafens die hydromorphologischen Auswirkungen zu verringern. Dazu wurden und werden von der BAW laufend Modellrechnungen zu verschiedenen Planungsvarianten durchgeführt. Ein Vergleich der Modellrechnungen für die erste Ausbaustufe des Jade Ports zum Planungsstand März 2000 (Malcherek 2000) und dem Mitte 2002 (Daten wurden freundlicherweise im Dezember 2002 von der Jade Port Betreibergesellschaft zur Verfügung gestellt) zeigten jedoch keine Unterschiede in den Änderungen im Thb, MTnW, MThW und Wasserstand. Damit führte die bis 2002 veränderte Geometrie des Jade Ports nicht zu der damit angestrebten Reduktion seiner hydrodynamischen Auswirkungen.

Wie aus den Tabellen 1 und 2 zu ersehen, erfolgt bei beiden Ausbauvarianten (1. Ausbaustufe, Gesamtausbau) im Bereich der Kaje eine Abnahme des Tidehubs (Thb) von 1-2 cm, die auf einer Zunahme des mittleren Tideniedrigwassers (MTnW) beruht. Beim Gesamtausbau reicht diese Zunahme des MTnW bis in den Nationalpark Wattenmeer, was dort zu entsprechenden Verlusten an Wattflächen führt (Tabelle 2). Im Jadebusen wurden für die beiden Ausbauvarianten hingegen gegenläufige und im Ausmaß sehr unterschiedliche Auswirkungen auf das aktuelle hydrodynamische Regime der Jade simuliert. Für die erste Ausbauphase wurde eine **Abnahme** des Thb um etwa 1 cm aufgrund der Zunahme des MTnW bestimmt. Für den Gesamtausbau wurde hingegen eine **Zunahme** des Thb um 1-2 cm aufgrund der entsprechenden Abnahme des MTnW bestimmt. Dieser Vorzeichenwechsel zeigt, wie sensibel das hydrodynamische Regime in der Jade auf eine Vertiefung mit gleichzeitiger Verengung im Bereich der Innenjade reagiert, und lässt zusammen mit den oben genannten Einschränkungen der Modelleignung vermuten, dass die vorgestellten Prognosen kaum eine Aussagekraft für die langfristigen Veränderungen innerhalb der Jade haben können.

Tabelle 1: Zusammenfassung der von der BAW prognostizierten Änderungen der Wasserstände in der Jade für die 1. Ausbaustufe und den Gesamtausbau (Malcherek 2000)

| Gebiet                    | 1. Ausbaustufe |               |             |           | Gesamtausbau      |                   |           |                |
|---------------------------|----------------|---------------|-------------|-----------|-------------------|-------------------|-----------|----------------|
|                           | Thb [cm]       | MTnw [cm]     | MThw [cm]   | Eulitoral | Thb [cm]          | MTnw [cm]         | MThw [cm] | Eulitoral [ha] |
| <b>Außenjade</b>          | <±0.5          | <±0.25        | - (0-0.3)   | ~         | <±0.5             | <±0.25            | -1        | ~              |
| <b>Innenjade</b>          | Lokal bis -1   | + (0.25-0.75) | -0.3 - +0.3 | --        | -(0.5-2.5)        | +(0.5-1.5)        | -(0-1)    | -              |
| <b>Schatten Stromkaje</b> | bis -2         | bis 1.25      | -1 bis +1   | -         | - 2               | +(0.5-1.5)        | -1        | ~              |
| <b>Priel-system</b>       | <±0.5          | +0.5          | +0.3        | ~         | +(0.5-2.5; max 3) | -(0.5-2.5; max 3) | ± 0       | ~              |
| <b>Jadebusen</b>          | Lokal bis -1   | +0.5          | <±0.1       | --        | +(0.5-2.5; max 3) | -(0.5-2.5; max 3) | ± 0       | ++             |

Änderungen an Wattflächen anhand eigener Abschätzungen (- Abnahme (10-50 ha), -- starke Abnahme (50-100 ha), + Zunahme (10-50 ha), ++ starke Zunahme (50-100 ha), ~ keine Änderung).

Tabelle 2: Zusammenfassung der von der BAW prognostizierten Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten in der Jade für die 1. Ausbaustufe und den Gesamtausbau (Malcherek 2000)

| Gebiet, km                    | 1. Ausbaustufe |             |     |     | Gesamtausbau |             |     |     |
|-------------------------------|----------------|-------------|-----|-----|--------------|-------------|-----|-----|
|                               | Ebbe [cm/s]    | Flut [cm/s] | Sed | Res | Ebbe [cm/s]  | Flut [cm/s] | Sed | Res |
| <b>Außenjade bis Hooksiel</b> | - (0-2)        | - (2-3)     |     |     | - (2-4)      | - (2-6)     | +   |     |
| <b>Hooksiel (km 17)</b>       | - (0-4)        | - (2-3)     |     |     | -8 - +4      | - 10        |     | +   |
| <b>11-19</b>                  | -6 - +12       | - (2-3)     | ++  | +   | -10 - +24    | - 10        | +   | +   |
| <b>9 - 10</b>                 | +(0-12)        | 0.6 - 0.7   | +   | +   | +14          | +5          |     | +   |
| <b>8 - 9</b>                  | -6 - +2        | 0.8 - 0.7   | +   |     | +(4-24)      | -2 - +18    |     | +   |
| <b>7</b>                      | -4 - +2        | 0.8         |     | +   | + 30         | +(14-18)    |     | +   |
| <b>5 - 6</b>                  | +(0-2)         | 0.6 - 0.8   | ++  | +   | +(4-14)      | -2 - +10    |     | ++  |
| <b>4 (4. Einfahrt)</b>        | +(0-2)         | 0.6         | ++  |     | - 10         | - 10        | +   |     |
| <b>Prielsystem</b>            | ±0             | - (0-2)     | +   |     | +(1-4)       | -3 - +3     | ++  | +   |

Die großen Variationen ergeben sich aus den räumlichen Inhomogenitäten über die betrachteten Querschnitte. Angaben zu Tendenzen für Sedimentation/Resuspension beruhen auf eigenen Abschätzungen (+ Zunahme = Trübungsveränderung, jedoch kaum Korngrößenverschiebung; ++ große Zunahme = Trübungsveränderung und Korngrößenverschiebung zusammen mit morphologischen Veränderungen).

Prinzipielle Überlegungen in Anlehnung an die Wirkungen der gleichzeitigen Verengung und Vertiefung des Jadefahrwassers (BAW 1999) sowie eigene Simulationen ergeben für beide Veränderungen (1. Ausbaustufe/ Gesamtausbau) morphologische Konsequenzen, die im folgenden beschrieben werden. Die Karte in Abbildung 1. gibt zusätzlich einen Überblick über die zu erwartenden hydromorphologischen Veränderungen und die betroffenen Gebiete bzw. Tiere und Pflanzen.

### 1. Veränderungen bei der ersten Ausbaustufe

Aus der prognostizierten Verkleinerung des Tidehubs lässt sich schließen, dass die Effekte der Verengung des Jadefahrwassers diejenigen der Vertiefung in der ersten Ausbaustufe überwiegen. Diese führt dazu, dass bei einer Anhebung des MTnW bei nahezu unverändertem MThW der Energieeintrag in den Jadebusen geringfügig verringert wird. Auswirkungen sind deshalb insbesondere für die Ebbe zu prognostizieren. Dazu gehören:

- Abschwächung der Ebbstromgeschwindigkeiten und des seeseitigen Transports von Feststoffen. Zunehmende Sedimentationstendenzen führen zu einer Abnahme an Wattflächen durch Auflandung. Im Extremfall verlandet der Jadebusen zu einem flachen Fächer mit einem rapiden Übergang in die Innenjade.
- Ein abrupter Übergang von der ständig vertieften Fahrinne zu einem flachen Bereich kann bei der

einlaufenden Tidewelle zu Resonanzeffekten führen, wie sie auch in der Elbe beobachtet werden<sup>2</sup>. Eine Veränderung der Resonanz kann eine Veränderung des Schwingungsverhaltens der Innenjade bewirken, dessen Folgen und Wirkungsradius nicht genau prognostizierbar sind. Für den Fall, dass diese Resonanzen jedoch verbunden sind mit einer Anregung von Eigenschwingungen und dazugehörigen Oberschwingungen sind systematische Sedimentumlagerungen wahrscheinlich.

Fazit: Aufgrund der 1. Ausbaustufe ist eine Verlandung des Jadebusens wahrscheinlich, die ein größeres Ausmaß erreichen kann als beim Gesamtausbau. Aufgrund der Verringerung des Energieeintrags findet die Verlandung als stetiger Prozess vom landseitigen Rand bis ins Zentrum des Jadebusens statt. Zusätzlich erfolgt eine verstärkte Sedimentation im Prielsystem des Jadebusens. Ähnliche Effekte können für die dem JadeWeserPort gegenüberliegenden Bereiche des Nationalparks Wattenmeer nicht eindeutig vorhergesagt werden, da hier die Auswirkungen kleinräumig sehr unterschiedlich und von geringerer Amplitude sind.

<sup>2</sup> Siehe z.B. Vortragsveantaltung der BAW ([www.hamburg.baw.de](http://www.hamburg.baw.de)) am 15.11.2001; Harro Heyer zum Thema Zur Systemdynamik des Elbe-Ästuars sowie Rolinski and Eichweber (2000)

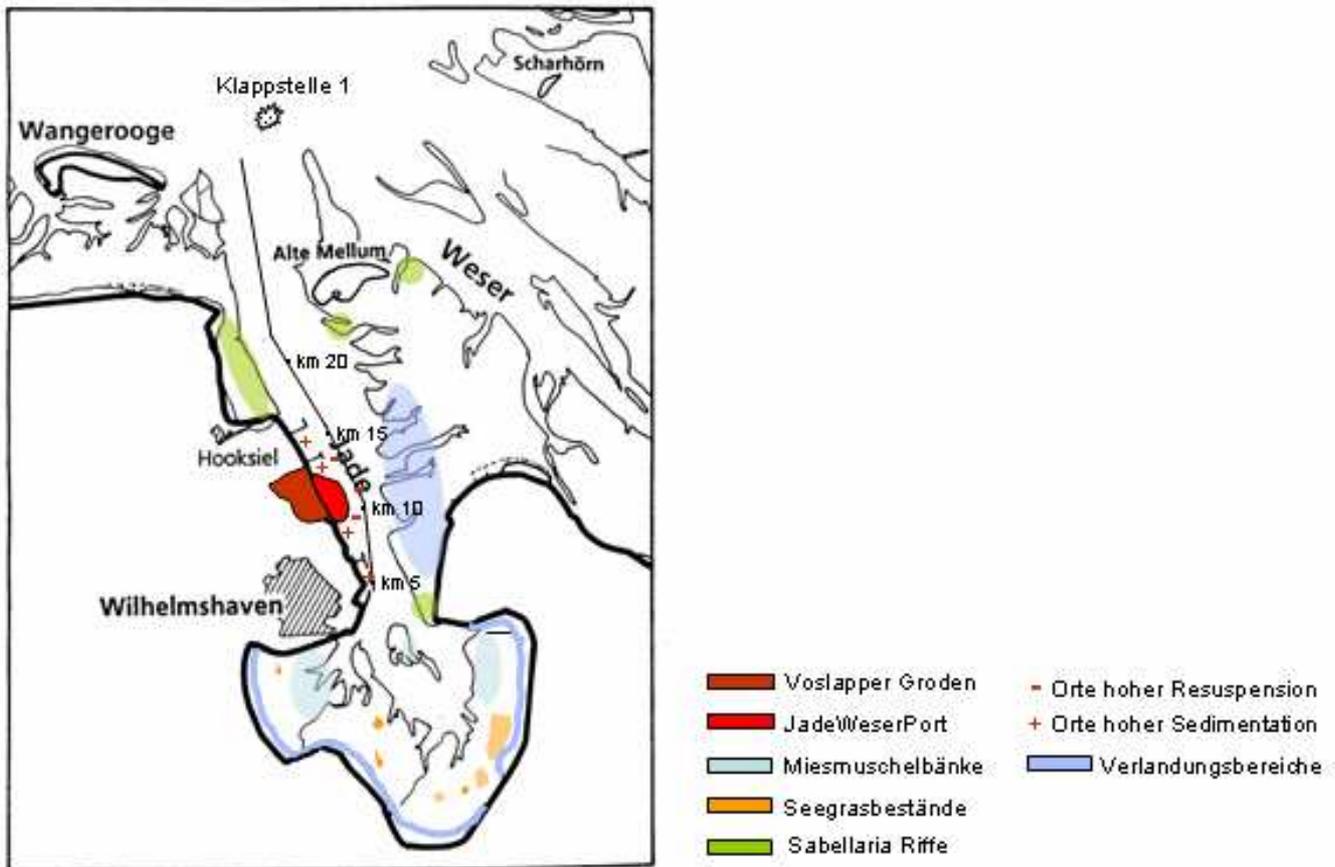


Abbildung 1: Übersicht über die Flächennutzung durch den Tiefwasserhafen JadeWeserPort und die durch seine hydromorphologischen Auswirkungen (1. Ausbaustufe) besonders gefährdeter Bestände an Tieren und Pflanzen in der Jade

## 2. Veränderungen beim Gesamtausbau

Die prognostizierte Vergrößerung des Tidehubs lässt darauf schließen, dass die Effekte der Vertiefung diejenigen der Verengung beim Gesamtausbau überwiegen. Damit verbunden ist eine Verringerung der Dämpfung in der Innenjade. Diese führt dazu, dass bei einer Absenkung des MTnW bei nahezu unverändertem MThW der Energieeintrag in den Jadebusen geringfügig erhöht wird. Auswirkungen sind deshalb insbesondere für die Ebbe zu prognostizieren. Dazu gehören:

- Leichte Erhöhung der Räumkraft der Ebbe, d.h. nicht unbedingt ein gehäuftes Auftreten von Erosionsereignissen, sondern eher ein langsamer, aber steter Transport von Sedimenten Richtung See.
- Bei Auftreten der maximalen Ebbgeschwindigkeiten ist der Wasserspiegel schon so weit gefallen, dass sich erosive Prozesse nur auf die Priele auswirken können. Die Tiefe der Priele wird sich damit eher vergrößern.
- Bei einer Vertiefung der Priele erhöht sich die mittlere Tiefe des Jadebusens. Befindet sich dann ein

größerer Anteil des Wasservolumens in den Prieln und wird nicht mehr auf die Wattflächen gespült, wird die Erhöhung des Thb abgeschwächt bei gleichzeitig erhöhtem Flutstromvolumen.

- Flutstromgeschwindigkeiten werden sich im Bereich der Vertiefung erhöhen, im Übergang zum Jadebusen geringer sein (dort erhöhte Dämpfung durch Reibung, die erosive Prozesse begünstigen kann) und sich in den äußersten Randbereichen des Jadebusens leicht erhöhen. Damit ist eine Destabilisierung der Sedimente in den äußeren Randbereichen möglich. Kommen dort Körner in Bewegung, können sie eher mit der leicht verstärkten Ebbströmung nordwärts transportiert werden.
- Es ist mit einer Zunahme der Wattflächen auf Kosten von Flachwasserbereichen zu rechnen.

Fazit: Wirken die oben aufgeführten Tendenzen ohne Unterbrechung durch Sturmereignisse und ohne die weitere Veränderung der Topographie der Innenjade auf den Jadebusen, kann davon ausgegangen werden,

dass sich der Bereich im Übergang zur Innenjade, also der Beginn des Prielsystems erodieren wird. Der nachfolgende Übergang wird sich steiler gestalten, wodurch der Fächer des inneren Jadebusens nur noch von einem geringeren Flutvolumen überspült wird, d.h. verlanden wird. Damit gehen langfristig Flachwasserbereiche durch Erosion des Prielsystems und Wattflächen durch Verlandung des innersten Jadebusens verloren. Sporadisch auftretende Stürme werden diese Tendenz nur kurzzeitig unterbrechen, begleitet von einem Austrag an Sedimenten und größeren Auswaschungen. Aufgrund der vertieften Fahrrinne und somit einem erhöhten Energieeintrag wird sich die Auswirkung von Stürmen erheblich verstärken. Im Falle eines Meeresspiegelanstiegs in der südlichen Nordsee wird sich diese Tendenz weithin verstärken.

### **CuxPort**

Die geplante Vertiefung des Elbe-Fahrwassers im Zuge des Baus des CuxPorts umfasst zwei mögliche Ausbaustufen, wobei in einer ersten Ausbaustufe eine Solltiefe von KN –17.00 m hergestellt wird, welche bei Bedarf in einer 2. Stufe auf KN –18.50 m vertieft werden kann. Die Vertiefung betrifft in beiden Ausbauvarianten den äußersten Bereich des Ästuars parallel zum Leitdamm und dem Bereich nördlich von Neuwerk. Dieser stellt den Übergangsbereich zur Deutschen Bucht dar, in dem sich das Volumen der einlaufenden Flutwelle formiert. Da in der Elbe die baulichen Veränderungen im Querschnitt kleiner sind als in der Jade und zudem bereits eine längerfristige Anpassung an die heutige, überformte Topographie stattgefunden hat, sind geringere Umstrukturierungen des Gewässers als in der Jade zu erwarten. Darüber hinaus ist der ausbaubedingte Energieeintrag im Vergleich zur Gezeitenenergie relativ klein, und es ist deshalb anzunehmen, dass insbesondere im Bereich des Medemgrundes, in dem bereits heute ein erheblicher Teil der Gezeitenenergie durch natürliche Umlagerungen des Strombettes bzw. Reibung gebunden wird (Schade & Böker 2001) der zusätzliche Energieeintrag zu keinen signifikanten Veränderungen führen wird.

Grundsätzlich zeigen die Prognosen der BAW eine Verstärkung der durch die bisherigen Elbvertiefungen hervorgerufenen Effekte: Eine Absenkung der MTnW

von maximal 3 cm im Bereich des CuxPorts sowie des Hamburger Hafens, einen Anstieg des Tidehubs von maximal 3 cm im Bereich des Medemgrundes und eine Zunahme der Ebbstromdominanz, mit einer dadurch begünstigten ebborientierten Räumung der Fahrrinne.

Das Einflussgebiet der Änderungen in den Tidekenngrößen wird auf weit über 30 km stromauf angegeben. Bei einer Verstärkung der Strömungen in der Fahrrinne (um max. 8 cm/s für die mittlere Flut und etwas mehr für die mittlere Ebbe) und deren Abschwächung in den Seitenräumen wird auch von der BAW mit einer verminderten Sedimentation in der Fahrrinne gerechnet. Darüber hinaus ist zu prognostizieren, dass eine Verlagerungen von Strömungen in die Fahrrinne stattfinden wird, die die Seitenbereiche beruhigen und in den vertieften Bereichen die Strömungsgeschwindigkeiten erhöhen werden, wobei sich die Unterschiede in Amplitude und Phase zwischen Fahrwasser und Seitenräumen weiter verstärken werden. Klassischerweise geht damit eine Auflandung der beruhigten Seitenbereiche einher, so dass ein Verlust von Flachwasserbereichen in den Seitenräumen und Wattflächen im äußeren Ästuarbereich zu erwarten ist.

### **3.1.1 Folgenabschätzung zum Unterhalt**

Aus den Prinzip-Überlegungen zur Hydrodynamik und Morphodynamik in Kapitel 2.1.2 werden im folgenden Thesen zum Ausmaß der Unterhaltung abgeleitet. Quantitative Aussagen sind allerdings nicht möglich, da die Datenlage dafür nicht ausreicht.

### **JadeWeserPort**

1. Zunächst ist festzuhalten, dass bereits die jetzige Tiefe im Jedefahrwasser nur mit erheblichem Unterhaltsaufwand (1998: 6 Mio. m<sup>3</sup> Sediment) aufrechterhalten werden kann (Projektkonsortium Jade Port 1999). Nach dem Bau des JadeWeserPort sind aufgrund der Verstärkung der Geschwindigkeiten vor der neuen Kaje sowie Verringerungen in der nördlichen Innenjade mit erhöhten Sedimentationstendenzen in der Fahrrinne der Innenjade zu rechnen.
2. Diese Tendenzen können auch die Häufigkeit und Höhe von Sanddünen und großen Rippeln erhöhen, die als Schifffahrtshindernisse im Fahrwasser der

Jade auftreten (Redding 2000; Wever & Stender 2000). Wanderungsbewegungen der Dünen variieren innerhalb des Spring-Nipp-Zyklus, mit geringen Geschwindigkeiten während Nipptide und schnellen Wanderungen seewärts bei Springtide. Bei Wind- und Sturmereignissen ist der Transport landwärts gerichtet. Sanddünen erfordern eine ständige Unterhaltungsbaggerung, da sie sich auch nach Kappen der Käme in kurzer Zeit reetablieren (Redding 2000). Bei der erhöhten Reibung im Bereich der Verengung der Innenjade kann es zur Erosion der Fahrrinnenkante kommen bzw. zur Mobilisierung von Feststoffen, die in die Dynamik der Sanddünen mit einbezogen werden (Redding 2000).

3. Fernwirkungen auf den Weserbereich werden von der BAW für die angegebenen Tidekennwerte in geringem Maße prognostiziert. Obwohl die BAW gegenläufige Effekte zu denjenigen der Weservertiefung vorhersagt, ist eine Kompensation, wie von der BAW prognostiziert, nicht zwangsläufig. So kann bei Phasenverschiebungen von Kenterpunkten und Extremwasserständen (z.B. durch verstärkten Zufluss über das Hohe Weg Watt) die Ebbströmung der Weser verzögert ablaufen. Durch den erzeugten Rückstau des Wassers in der Weser kann es so zu einem verstärkten Sedimentationsverhalten und damit zum Verlust von Wattflächen kommen.

### **CuxPort**

1. Aus vorhergehenden Untersuchungen ist bekannt, dass trotz der Ebbdominanz in der Elbe Feststoffe aus dem marinen Bereich bis in den Hamburger Hafen transportiert werden (z.B. Schoer 1990). Für diesen stromauf gerichteten Transport sind verschiedene Mechanismen in der Diskussion (u.a. Postma und Kalle, 1955; Jay and Musiak, 1994; Rolinski and Eichweber, 2000), die auch dann noch wirken werden, wenn die Ebbdominanz aufgrund langfristiger Erhöhung des MThW (Deutschen Gewässerkundlichen Mitteilungen 1992) zunehmen wird. Deshalb ist durch den Bau des CuxPorts eher von einer Verstärkung des Stromauftransports auszugehen, der mit einem zunehmenden Sedimenteintrag ins Elbe-Ästuar und damit mit erhöhter Unterhaltungsbaggerung einhergeht.

trug ins Elbe-Ästuar und damit mit erhöhter Unterhaltungsbaggerung einhergeht.

2. Fernwirkungen des CuxPorts wurden von der BAW in geringem Umfang bis an die Schleswig-Holsteinische Küste vorausgesagt; deren morphologische Auswirkung können allerdings nicht weiter abgeschätzt werden.

### **3.2. Prognosen für die biotische marine Umwelt**

Um zunächst einen Überblick über die direkt und indirekt betroffene aquatische Umwelt durch den Bau eines Tiefwasserhafens in Wilhelmshaven und Cuxhaven zu geben, wurden in den unten stehenden Tabellen 3-5 die Flächen, die darauf befindlichen Biotope und ihre Besiedelung mit Tieren und Pflanzen zusammengefasst. Zur direkt betroffenen Umwelt gehören die Gebiete, die durch Überbauung und Vertiefung (Baggerung) bzw. Verklappung beim Bau und Betrieb des Tiefwasserhafens verändert werden. Während durch Überbauung alle Gewässerfunktionen für immer verloren gehen, führt eine Vertiefung und Verklappung zu einer zeitweiligen Zerstörung der jeweiligen Lebensräume. Davon sind auch Rote Liste Arten wie die Krickente, Kiebitz, Rotschenkel, Schafstelze, Wiesenpieper betroffen, deren Lebensräume eingeschränkt werden (Tabelle 3, 4). Zur indirekt betroffenen Umwelt gehören die Gebiete, in denen nicht genau zu quantifizierende Auswirkungen zu erwarten sind. Dazu gehören die Verschlechterung der Lebensbedingungen aufgrund der Erhöhung an Schadstoffen und organischem Material durch Resuspension von Feststoffen, Schall- und Lichtemissionen vor allem während der Bauphase, und der Gefahr durch Öl- und Schmierstoffe (Havarien) durch zusätzlichen Schiffsverkehr. Darüber hinaus Störungen durch erhöhte Trübung, Sedimentverlagerungen und ein Verlust an Eulitoral und steigende Wahrscheinlichkeit, dass Exoten/ Epidemien im Kielwasser eingeschleppt werden. Diese indirekten Auswirkungen sind vor allem für den Tiefwasserhafen Wilhelmshaven von Bedeutung, da sie hier den unmittelbar angrenzenden Nationalpark Wattenmeer, die Innenjade und den Jadebusen betreffen, in denen eine Vielzahl von gefährdeten Arten leben (Tabelle 5).

Tabelle 3: Direkt vom Bauvorhaben des JadeWeserPort betroffener aquatischer Bereich der Jade.

| Gebiet                              | Fläche (ha) | Schutz-Status                          | Nutzung Direkt   | Biotoptyp                        | Betroffene Fauna/Flora   | Betroffene gefährdete Arten  |
|-------------------------------------|-------------|--|--|----------------------------------|--|--|
| <b>Innenjade</b>                    | 345         | Keiner                                 | Überbauung durch Containerterminal   | Pelagial/<br>Sublitoral          | - Zoobenthos<br>- Phyto- und Zooplankton<br>- Saisonal einwandernde Jungschollen<br>- Fische | → <i>Sertularia cupressina</i> (Hydrozoa), <i>Petricola pholadiformis</i> (Bivalvia), <i>Sabellaria spinulosa</i> (Polychaeta) <i>Idotea linearis</i> (Crustacea)<br>→Großer Scheibebauch ( <i>Liparis liparis</i> ) |
| <b>Innenjade</b>                    | 45          | Biotope geschützt gemäß FFH-Richtlinie | Überbauung durch Containerterminal   | Eulitoral mit Misch-/Schlickwatt | - Algen<br>- Muscheln<br>- Wattwürmer<br>- Kleinkrebse<br>- Vögel                            | →Rotschenkel   |
| <b>Gewässer-<br/>sohle</b>          | 500         | Keiner                                 | Verschwenkung und Vertiefung der Fahrrinne im Zufahrtbereich von jetzt -4 bis -9m auf -18m SKN | Sublitoral                       | Mikro- und Makrozoobenthos   | →100-3000 Ind./m <sup>2</sup><br>58 Arten höherer Taxa (Arten ≈ Innenjade)   |
| <b>Klappstelle 1 nördliche Jade</b> | ?           | Keiner                                 | Verklappung von ca. 5-6 Mio. m <sup>3</sup> u.a. bindigem Material (Lauenb. Ton)               | Sublitoral                       | Mikro- und Makrozoobenthos   | →evtl. Porifera <i>Halicondria panicea</i> vor Wangerooge  |

Literaturquellen: Bioconsult (1999), BfG-Ästuarmonitoring (1996), De Jong et al. (1999), Grothjahn (2000), Heibges & Hüppop (2000), JadeWeserPort Entwicklungsgesellschaft mbH (2002), Krüger et al. (2000), Nehring & Leuchs (1999), FFH-Richtlinie der EG (1992).

Tabelle 4: Direkt vom Bauvorhaben des CuxPort betroffener aquatischer Bereich der Elbe.

| Gebiet   | Fläche (ha) | Schutz-Status | Nutzung Direkt                                    | Biotoptyp                 | Betroffene Fauna/Flora  | Betroffene gefährdete Arten   |
|--|-------------|---------------|---|---------------------------|---|---|
| <b>Wattflächen im Randbereich der Elbe</b>                       | 13          | §28a NnatG    | Überbauung für Containerhafen                     | Watt ohne höhere Pflanzen | - Vögel<br>- Zoo- und Phytobenthos                                      | →Kiebitz, Rotschenkel, Kormoran, Bekassine, Großer Brachvogel   |
| <b>Gewässersohle: Fahrrinne Zufahrt (bisher nicht gebaggert)</b> | 825<br>65   | Keiner        | Vertiefung von KN -14,70/-15,40 auf KN -17/-18,50 | Sublitoral                | - Mikro- und Makrozoobenthos<br>- Polychaeta<br>- Crustacea<br>- Fische | →<1700 Indv./m <sup>2</sup><br>30 Arten höherer Taxa)<br>Brackwasserarten (selten):<br>→ <i>Marenzelleria viridis</i><br>→ <i>Gammarus salinus</i><br><i>Neomysis integer</i><br>→Flussneunauge<br>Meerneunauge (stark gefährdet) |
| <b>Klappstelle ?</b>   | ?           |               | Verklappung von 21 Mio. m <sup>3</sup> (Sande)    | Sublitoral                | Mikro- und Makrozoobenthos  |   |

Literaturquellen: Arbeitsgemeinschaft CT (2000), Fricke et al. (1998), Kiehl & Stock (1994), Rachor (1998), Ropers (1999-2001), Schöll et al. (1995).

Tabelle 5: Indirekt vom Bauvorhaben des JadeWeserPort betroffener aquatischer Bereich der Jade.

| Gebiet  | Fläche (ha)        | Schutz-Status | Biotoptyp  | Betroffene gefährdete Arten   |
|---|--------------------|---------------|--|---|
| Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer:<br>Innenjade | 1000               | „Natura 2000“ | Wattenmeer<br>Schlickwatt<br>Mischwatt<br>Sandwatt | <u>Potentiell gefährdet:</u><br>Meerassel, Seenelke, Wellhornschnecke, Pantoffelschnecke, Gespensterkrebs, Asselspinne, Muschelwächter, Schuppenwurm  |
| Jadebusen   | 190km <sup>2</sup> |               | Prielsysteme<br>Flachwasserbereiche                | <u>Gefährdet:</u><br>Brotkrumenschwamm, Seemoos, Bohrmuschel, Strandseeigel, Muscheln: <i>Mya truncata</i> , <i>Scrobularia plana</i> , <i>Spisula solida</i><br><br><u>Stark gefährdet:</u><br>Sandkoralle, Seedahlie, Eiderente, Watvögel wie Rotschenke, Bekassine und großer Brachvogel;<br>Seegrasswiesen: <i>Zostera noltii</i> , <i>Zostera marina</i> |

Die Angaben zum Gefährdungsgrad wurden der Roten Liste entnommen. Literaturquellen: De Jong et al. (1993), Exo (1994), Kastler & Michaelis (1997), Petersen et al. (1996).

### 3.2.1 Wasserqualität

Aus Monitoringuntersuchungen des NLÖ-FK (1998, 1999) ist zu ersehen, dass die Resuspension von Sedimenten bereits heute die Wasserqualität in der Jade bestimmt. So erfolgt eine Zunahme der Nährstoffe (Ortho-Phosphat, Nitrat, Ammonium) und der Schwermetalle von den Küstengewässern in die Jade hinein (mit bis um den Faktor 5 erhöhte Konzentrationen im Jadebusen) parallel zu einer Zunahme der Gehalte an suspendiertem partikulärem Material (SPM = Seston). Es ist deshalb grundsätzlich anzunehmen, dass bei einer zunehmenden Resuspension von Sedimenten die Gehalte an Nähr- und Schadstoffen in der Jade weiter ansteigen werden und sich somit die Wasserqualität verschlechtern wird.

Die Konzentrationen der Pflanzennährstoffe liegen im Jahresmittel im Bereich Wilhelmshaven bei etwa 15 µmol/L für Nitrat, 4 µmol/L für Ammonium, 2,5 µmol/L für Ortho-Phosphat und 20 µmol/l für Silikat. Höhere Konzentrationen für die Pflanzennährstoffe liegen bei Cuxhaven (Elbe-km 727) vor, mit Konzentrationsbereichen von: 85-250 µmol/L für Nitrat, 3-8 µmol/L für Ammonium, 0,3-4 µmol/L für Ortho-Phosphat und 20-156 µmol/L für Silikat. (Arge Elbe 1999). Da Algen in der Lage sind, Phosphat zu speichern, kann keine Aussage zur Limitation durch diesen Nährstoff gemacht werden. Kinetische Untersuchungen zur Nutzung von gelöstem anorganischem Stickstoff

lassen vermuten, dass in beiden Gewässern (Jade, Elbe) über das gesamte Jahr meist ausreichend Stickstoff für die dominanten Phytoplanktongruppen der Diatomeen und Dinoflagellaten zur Verfügung steht (Kohl & Nicklisch 1988). Eine signifikante Limitierung der Primärproduktion durch das Phytoplankton aufgrund fehlender Nährstoffe ist nur in der Jade in den Monaten April/Mai zu erwarten, zu Zeiten in denen die Nährstoffgehalte bis auf die analytische Nachweisgrenze fallen können. Allerdings ist, wie weiter unten aufgeführt, auch bei einer Zunahme der Nährstoffgehalte in der Jade nicht mit einer Zunahme der Phytoplanktonproduktion zu erwarten, da die Photosynthese durch Licht limitiert wird (Kap. 2.II.2).

#### *O<sub>2</sub>-Defizite*

Auf die zunehmende Problematik von sehr niedrigen Sauerstoffgehalten (Sauerstoffdefiziten) aufgrund zunehmender Eutrophierung in sensiblen Bereichen der Nordsee hat bereits Rachor (1985) hingewiesen. Im Elbe-Ästuar sind Sauerstoffdefizite ein bekanntes Phänomen und treten regelmäßig im Frühjahr auf (Kerner et al. 1995). Obwohl in der Jade in den vergangenen Jahren keine signifikante Absenkung des Sauerstoffgehaltes gemessen wurde, ist anzunehmen, dass auch hier bei einer erhöhten Aufwirbelung von Sedimenten im Rahmen des Baus, Betriebs und Unterhalts des JadeWeserPorts (Tabellen 2, 3) vor allem das dabei frei werdende Ammonium zu Sauerstoffdefiziten führen

wird. Dem liegt der mikrobielle Prozess der Nitrifikation zugrunde, der sehr stark sauerstoffzehrend ist und bei dem pro Mol Ammonium 1.5 Mol O<sub>2</sub> verbraucht werden. Damit können auch schon geringe Mengen an Ammonium zu einer signifikanten Erniedrigung des Sauerstoffgehaltes im Freiwasser führen. So reichen bereits 2 mg/L Ammonium aus, um 10 mgO<sub>2</sub>/L auf die fischkritische Grenze von etwa 3 mgO<sub>2</sub>/L abzusenken. Inwieweit in der Jade diese Werte erreicht oder unterschritten werden könnten, hängt von der Menge und dem Typ an resuspendiertem Material ab. Insbesondere schlackige Sedimente, wie sie im zu baggernden Sublitoral der Jade auftreten, weisen meist hohe Ammoniumgehalte von über 100 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/kg auf (Kerner 1985).

Eine weitere Verschlechterung des Sauerstoffhaushalts ist aufgrund der Vertiefung der Innenjade auf SKN –18 m zu erwarten, für die eine negative photosynthetische Sauerstoffbilanz (d.h. O<sub>2</sub>-Zehrung durch Phytoplankter überwiegt) aus folgenden Gründen zu prognostizieren ist. Wie aus der Literatur zu ersehen, beträgt die Sauerstoffzehrung durch die Phytoplankter etwa 4-7 % ihrer O<sub>2</sub> Produktion durch Photosynthese (Fast 1993). Damit überwiegt in einem durchmischten Wasserkörper, in dem das Verhältnis von euphotischer (ausreichend Licht für eine positive Brutto-Photosynthese) zu aphotischer (ohne ausreichend Licht für Photosynthese) Schichtdicke 1:14 übersteigt, die O<sub>2</sub>-Respiration die

O<sub>2</sub>-Produktion durch das Phytoplankton. In der Innenjade bei SPM-Gehalten von etwa 50mgTG/L bei der die Dicke der euphotischen Schicht von etwa 1 m (Abbildung 2) beträgt, ist deshalb mit einer negativen Sauerstoffbilanz etwa ab einer Wassertiefe von 14 m zu rechnen. Diese Tiefe wird bei der geplanten Vertiefung weit unterschritten (Planung: SKN –18 m). Diese Bedingungen sind nach dem Bau des JadeWeserPort zusätzlich zur Fahrrinne auf einer Fläche von 500 ha aufgrund der Vertiefungen im Zufahrts- und Liegebereich, die gegenwärtig eine Tiefe von 4-9 m unter SKN aufweisen (Tabelle 3), gegeben.

Wird zusätzlich der Wasserkörper kontinuierlich durchmischt, was in der Jade aufgrund der hohen Turbulenzen der Fall ist, werden die Phytoplankter sehr

schnell aus der euphotischen Zone in die aphotische Zone transportiert. Die damit verbunden kurzfristigen Fluktuationen im Lichtangebot führen zu einer Verringerung der Photosyntheseleistung um 15-20% bei Diatomeen, 20-25% bei Grünalgen und 35-40% bei Blaualgen (Nicklisch 1998). Reicht darüber hinaus die Verweilzeit in der euphotischen Zone nicht mehr aus, um die für den Grundumsatz notwendige Energie über die Photosynthese bereit zu stellen, so sterben die Algen und führen dann zu einer zusätzlichen Sauerstoffzehrung aufgrund eines verstärkten mikrobiellen Abbaus. Dieser Prozess führt z.B. in der Elbe zu regelmäßig auftretenden lokalen Sauerstoffdefiziten (Kerner et al. 1995). Inwieweit die in der Vergangenheit durchgeführten zusammen mit den geplanten Vertiefungen letztlich zu einem vermehrten Absterben von Phytoplanktern führen werden, ist nicht vorherzusagen. Allerdings würde dann bei ihrem Transport in den Jadedeusen hinein dort ebenfalls eine zusätzlichen Sauerstoffzehrung zu erwarten sein, mit einem damit verbundenen O<sub>2</sub>-Stress sowohl für planktische als auch benthische Organismen.

Da für den CuxPort im Gegensatz zum JadeWeserPort keine signifikante Zunahme der Resuspensionsprozesse aufgrund hydrodynamischer Veränderungen zu prognostizieren sind, werden hier die oben für den JadeWeserPort beschriebenen Prozesse und eine damit verbundene Verschlechterung des Sauerstoffhaushalts nicht erwartet. Darüber hinaus bedingt die Lage des CuxPort einen höheren Wasseraustausch mit den umliegenden offenen Meeresgebieten, wodurch auch bei einer räumlich und zeitlich begrenzten Erhöhung der SPM-Gehalte, wie sie bei den geplanten Baggerungen zur Vertiefung der Fahrrinne auftreten werden, die oben beschriebenen Effekte auf den Sauerstoffgehalt nur stark abgeschwächt wirksam werden können.

### 3.2.2 Primärproduktion (Phytoplankton)

Bei einem Vergleich der Gesamtzellzahlen von Phytoplanktern bei Wilhelmshaven und Norderney wird deutlich, dass in der Jade bereits heute die Phytoplanktonproduktion geringer ist als die Verluste durch Fraß und Sedimentation (NLÖ-FK 1998, 1999). So liegen in der Jade die Zellzahlen im Sommer um etwa 50% niedriger als in Küstengewässern (z.B. 500.000 statt 1 Mil-

lion Zellen/L im Jahr 1998). Die damit verbundene Abnahme der Verfügbarkeit von Phytoplanktonorganismen als Nahrung in der Jade wird sich verstärken, wenn, wie im folgenden ausgeführt, die Phytoplanktonproduktion durch eine Zunahme der SPM-Gehalte weiter verringern wird. Dabei gilt, dass die Zunahme der Trübung durch das SPM nicht durch eine Abnahme des Phytoplankton kompensiert werden kann, da der Anteil des Phytoplankton am SPM in der Jade nur etwa 3-13% ausmacht (%-Berechnung erfolgte auf der Grundlage einer Kohlenstoffbilanz mit Chl.a = 5-20 µg/L, Chl.a:Corg = 1:50, SPM = 50 mgTG/L ~ 7,5 mgC/L).

Generell wird in einem Wasserkörper die Grenze für eine positive Photosynthesebilanz, also für ein Wachstum des Phytoplankton, bei 1% des einstrahlenden Lichtes angenommen (Photosyntheseproduktion > Zehrung durch Atmung) (Kohl & Nicklisch 1988). Diese Grenze wird auch als Kompensationsebene bezeichnet, die die darüber liegende euphotische von der darunter liegenden aphotischen Schicht trennt. Die Beziehung zwischen der Abnahme der 1%-Lichttiefe und der Zunahme der Gehalte an suspendiertem partikulärem Material (SPM) ist in Abbildung 2 für den Bereich von 20-160 mgTG/l dargestellt, wie sie von Fast (1993) für das Elbe Ästuar berechnet wurde.

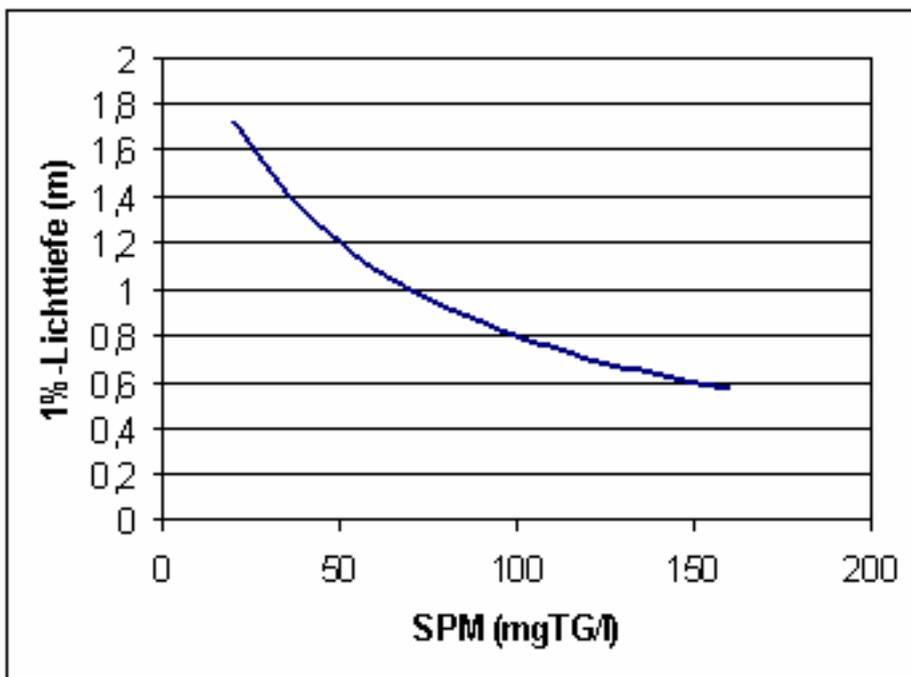


Abbildung 2. Änderung der 1%-Lichttiefe in Abhängigkeit vom Gehalt an suspendiertem partikulärem Material (SPM).

Aus der Abbildung 2 ist direkt zu ersehen, dass sich Änderungen im Bereich der niedrigen SPM Konzentrationen, wie sie in der Innen- und Außenjade vorkommen (20-50 mgTG/L), stärker auf die 1%-Lichttiefe auswirken, als in höheren Bereichen (> 100mgTG/L), die für den Jadebusen charakteristisch sind (Kastler & Michaelis 1997). Darüber hinaus bedingt danach ein Anstieg von 30 auf 70 mgTG/l SPM eine Verringerung der 1%-Lichttiefe um 33%. Für die Photosynthese des Phytoplanktons in der Jade bedeutet dies, dass sie be-

reits bei einer geringen Erhöhung der SPM Gehalte weiter eingeschränkt wird.

Über die Limitierung der Photosynthese hinaus bedingt eine Erhöhung des SPM eine Änderung der spektralen Zusammensetzung des Lichts in der Tiefe. Diese bewirkt eine ungleichmäßige Anregung der beiden für die Photosynthese wichtigen Photosysteme I und II. Die Gründe dafür liegen darin, dass insbesondere die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR: 400-700 nm) im

Spektralbereich zwischen 400 und 550 nm durch SPM bereits in den obersten cm stärker adsorbiert als der Rotbereich. Mit weiter zunehmender Tiefe verschiebt sich das Adsorptionsspektrum zunehmend zum Rot hin (Fast 1993). Da das Photosystem I längerwellig anregbar ( $\lambda < 730$  nm) ist als das Photosystem II ( $\lambda < 700$  nm), fungiert in den tieferen Schichten das Photosystem I noch als primärer Elektronendonator während das Photosystem II bereits inaktiv ist (Schlegel 1992). Die Folge davon sind so genannte Overflow-Reaktionen (Ferris & Christian 1991), die dazu führen, dass ein Teil der Lichtenergie nicht für die Primärproduktion genutzt werden kann.

Fasst man die oben genannten Mechanismen zusammen, so lässt sich die Verringerung der Primärproduktion für die Innenjade aufgrund des JadeWeserPorts wie folgt quantifizieren: An produktiven Flächen gehen 845 ha (500 ha Fahrwasser durch Vertiefung plus 345 ha Freiwasser durch Überbauung) verloren. In den verbleibenden photosynthetisch aktiven Bereichen mit Tiefen  $< 14$  m erfolgt eine Verringerung der Primärproduktion um 33 %, wenn sich der SPM Gehalt auf 70 mgTG/l geringfügig erhöht. Eine Reduktion um weitere 20% erfolgt aufgrund kurzfristiger Fluktuationen im Lichtangebot. Ein völliger Ausfall der Primärproduktion ist deshalb bei einer Erhöhung der SPM-Gehalte sehr wahrscheinlich. Dies ist sicher der Fall, wenn Unterhaltsbaggerungen durchgeführt werden, wobei zeitlich begrenzt sogar SPM-Gehalten von  $>250$  mgTG/L erreicht werden (BFG 2001, BfG 1999). Das gleiche gilt für die 2-jährige Dauer der Aufspülung des Hafengeländes, bei der nicht sedimentierbare Feinsedimente direkt in die Jade abgeleitet werden. Allerdings führt bereits jede Verringerung der Primärproduktion im Freiwasser unmittelbar zu einer Reduzierung des Nahrungsangebots für Phytoplankton fressende Organismen (z.B. Mikro-Mesozooplankton, Fischlarven und filtrierende Benthosorganismen – Kleinkrebse, Miesmuscheln). Die oben beschriebenen Effekte auf die Primärproduktion sind am Standort Cuxhaven zumindest für den Betrieb des Tiefwasserhafens nicht zu erwarten, da hier eher mit einer Abnahme der SPM-Gehalte und damit einer Reduktion der Trübung gerechnet werden kann. Darüber hinaus erfolgt die Vertiefung der Fahrrinne über die bereits bestehende Tiefe

unterhalb der kritischen Grenze hinaus, so dass die größere Tiefe hier vergleichsweise geringe negative Effekte auf die Primärproduktion haben sollte (Tabelle 4). Allerdings kann auch in der Elbe, aufgrund der umfangreichen Baggerungen, eine temporäre Beeinträchtigung der Primärproduktion nicht ausgeschlossen werden.

### 3.2. 3 Zooplankton

Allgemein reagieren Zooplanktonorganismen sehr sensibel auf Änderungen in den Gehalten an Phytoplankton und SPM. In der Jade betrifft dies die dort nachgewiesenen Wasserflöhe (Cladoceren) und Ruderfußkrebse (Copepoden). In Bezug auf deren Ernährung zeigen neuere Untersuchungen im Elbe Ästuar, dass sich das Zooplankton fast ausschließlich vom Phytoplankton ernährt und damit unmittelbar von seiner ausreichenden Verfügbarkeit abhängig ist (Kerner et al. 2003). Auch ein Angebot an organik-reichem SPM (ca. 40 mg TG/L und C-Gehalten von  $> 20\%$ ) kann als Nahrungsressource nicht oder nur sehr eingeschränkt genutzt werden. Im Gegenteil, SPM hemmt die Trophodynamik vor allem der Cladoceren, die auf eine Erhöhung der SPM-Gehalte auf 50 mgTG/L mit einem Rückgang der Filtrationsrate um bis zu 30% (Stillwasserbedingungen) bzw. 45-48 % (turbulenten Bedingungen) reagieren (Miquelis et al. 1998, Kirk & Gilbert 1990). Darüber hinaus wird die Fitness der Cladoceren durch erhöhte SPM-Gehalte deutlich eingeschränkt und die Mortalitätsraten nehmen zu, was in Laborversuchen dazu führte, dass in Versuchsansätzen mit geringen SPM-Gehalten signifikant höhere Abundanzen der Cladoceren nachgewiesen wurden, als in Vergleichsansätzen mit erhöhten SPM-Gehalten. (Jack et al. 1993). Copepoden reagieren weniger sensibel auf SPM-Gehalte ( $<100$  mgTG/L) als Cladoceren. Jedoch auch ihre Abundanzen waren in Versuchsansätzen mit hoher Trübung niedriger als in Vergleichsansätzen mit geringer Trübung (Jack et al. 1993).

In Bezug auf die ökologischen Auswirkungen einer erhöhten SPM-Fracht in der Jade aufgrund des Baus und Betriebs des JadeWeserPorts können somit zwei Effekte prognostiziert werden, die beide negativ auf das Zooplankton wirken werden: 1. Verringeretes Nahrungsangebot für Zooplankter durch verringertes Phy-

toplanktonwachstum (s. Kap. 2.II.2) und 2. Hemmung der Trophodynamik der Zooplankter. Aufgrund der Gleichgerichtetheit beider Effekte ist davon auszugehen, dass bei einer Erhöhung der SPM-Gehalte die Biomasse des Zooplanktons in der Jade signifikant zurückgehen und sich damit das Nahrungsangebot für die Fische entsprechend verschlechtern wird, was sich wiederum auf die Fischbestände und möglicherweise auch auf die sich von diesen ernährenden Seehunde, Vögel etc., die in näherer Umgebung des JadeWeser-Port vorkommen (Bezirksregierung Weser-Ems 2001, Exo 1994, Fleet et al. 1994, Ries et al. 1999, Wipper 1974) negativ auswirken kann. Ähnliche ökologische Auswirkungen sind für einen Tiefwasserhafen bei Cuxhaven nicht zu erwarten, da hier nur mit einer zeitweiligen und lokal beschränkten Erhöhung der SPM-Gehalte aufgrund von Baggerungen zur Vertiefung und zum Unterhalt zu rechnen ist.

### 3.2.4 Fische

Die Fischfauna der Jade setzt sich vorwiegend aus marinen Arten zusammen und entspricht dem Artenspektrum des Wattenmeers, zu der auch eine Vielzahl an kleinen, kommerziell nicht interessanten Arten gehören. Im Zeitraum 1972 und 1996 sind insgesamt 44 Fischarten nachgewiesen worden (Dörjes 1992, BFG-Ästuarmonitoring 1995-1996). Von diesen gilt eine Art, der Große Scheibenbauch (*Liparis liparis*), als potentiell gefährdet, während für Grasnadel, Seestichling, Dreistachliger Stichling, Wittling, Seezunge, Seehase, Kabeljau ein starker Rückgang zu beobachten ist (Lozan et al. 1994).

Bei Cuxhaven (Untere Elbe Strom km 670 bis 727,7) wurden von der Arge Elbe (2003) 34 marine, 11 euryhaline und 14 limnische Fischarten bestimmt. Die marinen Arten stimmen im wesentlichen mit denen in der Jade überein. Von den euryhalinen Arten sollen an dieser Stelle Flussneunauge, Meerneunauge, Finte, Meerforelle, Stint und Aal genannt werden, da diese aufgrund von wasserbaulichen Veränderungen entlang der gesamten deutschen und dänischen Nordseeküste in ihrem Bestand abnehmen (Lozan et al. 1994).

Eine Zunahme der Unterhaltsbaggerung (Kapitel 2.I.3) in der Jade wird insbesondere die Scholle, die als sehr junges Tier von weit in der Nordsee gelegenen Laichplätzen in das Wattenmeer mit der Strömung verdriftet

wird bzw. aktiv einwandert und hier ihre ersten Lebensjahre verbringt, schädigen, da diese bei erhöhter Trübung nur eingeschränkt jagen können (BERNEM 1995). Ähnliche Effekte sind auch für Cuxhaven zu erwarten.

Standfischarten, wie Butterfisch, Scheibenbauch, Grundel, Seenadel, Seeskorpion und Steinpicker, die in direkter Nähe zum Eingriffsgebiet in der Jade nachgewiesen wurden, werden durch erhöhte Sedimentation/Resuspension (Tabelle 2) in ihrer Reproduktion gestört. Da deren Laichgebiete in der Jade anhand der vorliegenden Daten nicht kleinräumig eingrenzbar sind, ist das genaue Ausmaß nicht prognostizierbar. Eine entsprechende Schädigung ist für Cuxhaven nicht zu erwarten, da hier mit erhöhten Sedimentations-/Resuspensionsprozessen nur während der Baggerungen zu rechnen ist (Kap. 2.I.). Diese Prognose wird durch fischereibiologische Untersuchungen an Bagger- und Klappstellen gestützt (BfG 1999, BfG 2001). Diese kommen zu dem Schluss, dass, da Baggerungen und Verklappungen räumlich und zeitlich begrenzt stattfinden, Auswirkungen, die zu Bestandsrückgängen von Arten führen, nicht sehr wahrscheinlich sind. Andere Faktoren, u.a. das Nahrungsangebot, üben vermutlich erheblich größeren Einfluss auf die Bestandsgröße vorkommender Arten aus.

Der Verlust an Wattflächen, der insbesondere aufgrund morphologischer Veränderungen im Jadebusen zu erwarten ist (Kapitel 2.I.2, Tabelle 1), trifft direkt die juvenilen Schollen, die Watten intensiv nutzen, indem sie Wanderungen bei Wasseranstieg auf die bei Ebbe trocken liegenden Flächen durchführen, um das dort reichhaltige Nahrungsangebot zu erreichen. Des Weiteren sind davon betroffen Seezunge, Flunder, Hering und Sprotte, die das Wattenmeer als Kinderstube nutzen. Inwieweit auf den verbleibenden Wattflächen zusätzlich auch noch das Nahrungsangebot für die Fische verringert wird, wird in Kapitel 2.II.8 diskutiert.

Die erhöhten SPM-Gehalte in der Jade können darüber hinaus zu Einschränkungen der Nahrungsaufnahme von auf Sicht jagende Fische (insbesondere Plattfische) führen. Auch für die Kiemenatmung von Fischen liegen Befunde vor, dass diese bei einer Erhöhung der SPM-Gehalte gehemmt wird (Essink 1995).

### 3.2.5 Seegraswiesen

Seegraswiesen unterliegen nach FFH einem Schutzstatus im Rahmen der EG Rahmenrichtlinie 1992. An der Wattenküste kommen zwei Seegrasarten der Gattung *Zostera* (Familie Potamogetonaceae) vor (Hartog 1970): Das Zwergseegras (*Zostera noltii* Hornem.) und das gemeine Seegras (*Zostera marina* L.). Während bis 1994 im niedersächsischen Wattenmeer *Zostera marina* fast vollständig zurückgegangen ist, befindet sich einer der letzten größeren Bestände an *Zostera noltii* von 3,53 km<sup>2</sup> im östlichen Jadebusen (Kastler & Michaelis 1997, Michaelis 1987). Die in den 70er Jahren noch gefundenen Seegrasbestände im Bereich Cuxhaven von etwa 5,2 km<sup>2</sup> sind bis 1994 fast völlig verschwunden (Kastler & Michaelis 1997).

Für die im Jadebusen noch vorhandenen Seegrasbestände können beim Bau und Betrieb des JadeWeserPorts verschiedene Risikofaktoren ausgemacht werden. So sind Seegraswiesen begrenzt auf relativ lagestabile Sedimente. Dementsprechend kommt *Zostera noltii* auf strömungs- und seegangsexponierten Watten bzw. auf Flächen mit hoher Sedimentationsrate nur äußerst selten vor (Kastler & Michaelis 1997). Die im Jadebusen nach Bau des JadeWeserPorts zu erwartende erhöhte Sedimentation (Kapitel 2.I.2) stellt damit einen großen Risikofaktor für die Seegraswiesen dar. Da *Zostera noltii* meist nur höhergelegene Wattbereiche besiedelt, die während einer Tide nur für relativ kurze Zeit von Wasser bedeckt sind, werden sich diese bei einer Verlandung des Jadebusens (Kapitel 2.I.2) nicht mehr an der oberen Grenze des Eulitorals befinden und ein Rückgang dieser Bestände ist deshalb wahrscheinlich.

Ein Rückgang der Seegraswiesen im Jadebusen würde einen gravierenden Verlust für das Ökosystem darstellen, da sie darin drei Hauptfunktionen innehaben: 1. Sie verhindern den Sedimentabtrag, 2. Sie sind Lebensraum für viele andere Organismen, 3. Sie sind Nahrungsquelle für Pflanzenfresser und eine Detritusquelle für den bakteriellen Abbau organischer Substanz. Seegraswiesen werden dichter von Bodenfauna besiedelt, als die sie umgebenden, unbewachsenen Sedimente. Es wird deshalb angenommen, dass durch den Verlust der Seegrasbestände Arten wie der Stichling (*Spinachia spinachia*), die Schlangennadel (*Entelurus aequoroides*)

und die Schnecken *Rissoa membranacea*, *Lacuna vincata* und *Nassarius reticulatus* im Wattenmeer viel seltener geworden oder ganz verschwunden sind. Weiterhin dienen Seegraswiesen als Laichplätze für Fische (z.B. Hering) und außerdem als Kinderstube für Garnelen und Strandkrabben. Als Nahrung sind die Seegräser vor allem für Ringelgänse und Pfeifenten von Bedeutung (Reise et al. 1994).

### 3.2.6 Makrozoobenthos des Sublitorals

Die in der Jade und Elbe betroffenen Flächen an Sublitoral und ihre Besiedelung sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengefasst. Betroffen davon wären, bei einem Bau des Tiefwasserhafens in Cuxhaven in der Stromsohlenmitte der Elbe (km 641 -729 km) nur wenige Arten, so genannte geschiebersresistente Arten, in der Regel Würmer (Oligochaeten) und Zuckmücken (Chironomiden) (Schöll et al. 1995). Diese Tiere sind in der Lage, tiefere Schichten der Stromsohle zu besiedeln, wo sich das Substrat nicht in fortlaufender Bewegung befindet. Mit zunehmender Nähe zum Eulitoral wird das Arteninventar jedoch reicher und es kommen Polychaeten (Vielborster), Hirudinea (Egel), Acarina (Milben), Crustaceen (Krebse), Hydrozoa (Hydrokorallen) und Bryozoa (Moostierchen) hinzu. Die zeitliche Entwicklung zeigte darüber hinaus bereits 1995 eine deutliche Erholung der Lebensgemeinschaften der Elbe, die mit der Situation zu Beginn der Rheinsanierung (Mitte bis Ende der 70er Jahre) vergleichbar ist. Deshalb ist anzunehmen, dass durch zusätzliche Baggerungen die Zerstörung von Lebensgemeinschaften gravierender sein wird, als anhand der Bestandsaufnahme aus dem Jahr 1995 zu erwarten.

Legt man die Besiedlungsdichte und Artendiversität und damit die ökologische Wertigkeit des Sublitorals zugrunde, so ist das Ausmaß der Zerstörung beim Bau eines Tiefwasserhafens in der Jade deutlich höher als in der Elbe, obwohl in der Jade im Umfang weniger Baggerungen vorgesehen sind (Tabelle 3, 4). So wurden in der Innen- und Außenjade in neueren Untersuchungen Arten der taxonomischen Gruppen der Fadenwürmer (Nemertini), Hydrokorallen (Hydrozoa), Muscheln (Bivalvia) und Seesterne (Asteroidea) gefunden, mit *Sertularia cupressina* (Hydrozoa), *Petricola pholadiformis* (Bivalvia), *Sabellaria spinulosa* (Polychaeta)

und *Idotea linearis* (Crustacea) als gefährdete Rote Listen Arten (BFG-Ästuarmonitoring 1996). Obwohl auch schon jetzt, wie Untersuchungen zur Langzeitwirkung der Bodenfauna zeigten, das Epibenthos der Jade einer starken Variabilität in der Artenzusammensetzung unterliegt (BFG Ästuarmonitoring 1995, BFG-Ästuarmonitoring 1996, Dörjes 1992, Dörjes et al. 1969), wird eine zusätzliche Störung durch Baggerungen diese verändern, da Artenänderungen in der Jade vor allem von der kleinräumigen Bodenmorphologie und der Sedimentzusammensetzung abhängig sind (Dörjes 1992). Genau diese Einflussfaktoren werden beim Bau des JadeWeserPorts durch die Baggerungen signifikant verändert. Deshalb ist zu prognostizieren, dass bei einer Wiederbesiedelung von gestörten sublitoralen Sedimenten (also nach Baggerungen) sich stark verarmte Lebensgemeinschaften einstellen werden. Letztlich wird eine Wiederbesiedelung nur durch Arten erfolgen können, die auf groben Sanden oder bindigen Tonen, die nach der Baggerung anstehen werden, leben können. Des weiteren müssen sie ein geringes Nahrungsangebot tolerieren und trotzdem ein ausreichend schnelles Wachstum aufrechterhalten können, um eine wiederholte Elimination durch Baggerung zu kompensieren. Eine Wiederbesiedelung mit vornehmlich marinen Weichbodenarten ist deshalb auszuschließen.

### 3.2.7 Sandkoralle

*Sabellaria*-Riffe des Sublitorals der Nordsee werden in der Roten Liste der Biotoptypen in der Kategorie 1 („von vollständiger Vernichtung bedroht“) eingestuft. *Sabellaria spinulosa* (Sandkoralle) ist im deutschen Wattenmeer nur noch mit einem lebendem Riff in Schleswig-Holstein und einzelnen Riffen im JadeWeser-Gebiet vertreten (De Jong et al. 1999). Insbesondere an den sublitoralen Hängen der Jade zwischen Schilling und Horumer Siel, die etwa 8 km westlich des geplanten JadeWeserPort liegen, und im Bereich des Jadebusens auf den Grobsandsubstraten scheinen günstige Siedlungsbedingungen gegeben zu sein, da sich in diesen Bereichen die letzten bekannten lebenden *Sabellaria*-Riffe in Niedersachsen befinden (Heibges & Hüppop 2000). De Jong et al. (1999) empfehlen explizit auch den Schutz bereits abgestorbener *Sabellaria*-Riffe, da sie offenbar ideale Wiederansiedlungssubstrate darstellen (Grotjahn 2000). Solche abgestorbenen

*Sabellaria*-Riffe wurden ebenfalls im Bereich zwischen Schilling und Horumer Siel nachgewiesen, so dass die Schutzwürdigkeit dieses Gebietes hervorgehoben werden muss.

Ein Gefährdung für die Sandkoralle stellen Schadstoffeinträge (Abwassereintrag, Ölverschmutzung, Verklappung) (Vorberg 1995), instabile morphologische Bedingungen (Grotjahn 2000) und eine erhöhte Schwebstofffracht (Baggerarbeiten und Auffüllung des Hafenanlage) dar (Michaelis & Reise 1994). Alle diese Faktoren treten beim Bau und Betrieb des JadeWeserPort verstärkt auf (Kapitel 2.II.1, Kapitel 2.I.3, Tabelle 2), so dass eine Gefährdung der bestehenden Populationen sehr wahrscheinlich ist.

### 3.2.8 Miesmuschel

Größere Miesmuschelvorkommen befinden sich im östlichen und westlichen Bereich des Jadebusens (Niedersächsisches Landesverwaltung 2002- Karte). Die in Kapitel 2.I.2 prognostizierte Erhöhung der Sedimentationstendenzen und der Verlust an eulitoralen Flächen im Jadebusen (1. Ausbaustufe und Gesamtausbau) gefährden nicht nur die dort vorkommende Miesmuschel, sondern das gesamte Makrozoobenthos. Aufgrund der großen ökologischen Bedeutung der Miesmuschel werden die Auswirkungen veränderter Feststoffdynamik auf diese im folgenden exemplarisch für das gesamte Makrozoobenthos behandelt. Die Funktionen der Miesmuscheln im Ökosystem bestehen in der kleinräumigen Herabsetzung der Strömungsgeschwindigkeiten und der Schwebstoffreduzierung aufgrund hoher Filtrationsleistung, die bei ihrer Elimination nicht mehr erfüllt werden könnten. Darüber hinaus hätte dies auch direkte Auswirkungen auf die beiden häufigsten Nematodenarten im Watt, die beide vornehmlich Miesmuschelklumpen besiedeln (Thiel 1992).

Bereits jetzt ist davon auszugehen, dass die hohen SPM-Gehalte im Jadebusen (~100 mgTG/l, vergl. S. 6) das Vermögen der Miesmuschel zur optimalen Ausnutzung des Nahrungsangebotes hemmt (Prins & Smaal 1989), da eine effiziente Sortierung der zur Verfügung stehenden Schwebstoffpartikel nicht mehr im vollem Umfang gewährleistet ist. Die resultierende vermehrte Aufnahme von inertem Material hat eine „Verdünn-

nung“ der in den Magendarmtrakt gelangten organischen Schwebstoffanteile zur Folge. Die Nettonahrungsaufnahme pro Zeiteinheit nimmt ab, und die Tiere verlieren schließlich an Gewicht (Prins & Smaal 1989).

Werden die Schwebstoffgehalte in unmittelbarer Nähe der Miesmuscheln durch zusätzliche Sedimentationsprozesse nur geringfügig erhöht, können die Miesmuscheln nicht mehr wachsen, da es öfter als bisher zu Null-Filtrationsraten kommt (Essink et al. 1989, Widows & Worrall 1976, Hagendorff et al. 1995). Führt die prognostizierte Sedimentation gar zur Überdeckung der Miesmuscheln mit Sedimenten, so ist eine Dicke von 1-2 cm als „tödliche Schichtdicke“ anzusehen, die sie nicht überleben (Essink 1995). Solch eine Überschlückung ist bei einer Verlandung des Jadebusens auf jeden Fall zu erwarten (Tabelle 1).

In unmittelbarer Nähe des geplanten Tiefwasserhafens bei Cuxhaven befinden sich keine ausgedehnten Miesmuschelvorkommen. Größere Miesmuschelvorkommen wurden in neueren Untersuchungen erst in etwa 15 km Entfernung vom CuxPort im Nationalpark Wattenmeer auf der Höhe von Cuxhaven ausgemacht (Niedersächsische Landesverwaltung 2002). Eine ähnliche Gefährdung dieser Vorkommen wie im Jadebusen durch den JadeWeserPort ist aufgrund der fehlenden Fernwirkung des CuxPort nicht vorhanden.

#### **4. Zerstörung und Entwertung von terrestrischen Lebensräumen**

Um einen Überblick über die Zerstörung von terrestrischen Lebensräumen beim Bau und Betrieb des Tiefwasserhafens zu geben, erfolgt in den Tabellen 6 und 7 eine Auflistung der betroffenen Flächen und ihrer Wertigkeit (Größe, Schutzstatus, gefährdete Lebensraumtypen und Pflanzen und Vogelarten) für die beiden Standorte JadeWeserPort bzw. CuxPort. Durch den JadeWeserPort ist der Voslapper Groden (350 ha) betroffen, der entsprechend der EU-Vogelschutzrichtlinie als „Important Bird Area“ eingestuft wird. Obwohl es sich beim Voslapper Groden um eine ehemalige Spül-

fläche handelt, hat sich auf ihm eine reichhaltige Fauna und Flora entwickelt, die nunmehr z.T. geschützt ist nach §28a NnatG. Seine Nutzung soll mit 320 ha als Cargoterminal und mit 30 ha als Portterminal erfolgen. Hinzu kommt der Rüstersieler Groden – Nordteil (Geniusbank/ nördlich des Kraftwerkes), der in der Machbarkeitsstudie (1999) als LKW-Parkplatz (Geniusbank) und potentielle Lagerfläche (nördliches Kraftwerk) ausgewiesen wurde und in dem verschiedene gefährdete Arten leben. Die terrestrische Fläche zum CuxPort umfasst 84 ha, mit teilweise hochwertigen Biotopstrukturen wie Salzwiesenkomplexen (20 ha) und Flusswattkomplexen (1 ha), die insbesondere aufgrund ihrer Bedeutung für die Avifauna nach § 28a NNatG geschützt sind. Für 22 ha besteht ein rechtskräftiger Bebauungsplan.

Die Auswirkungen dieser Zerstörung auf die auf diesen Flächen lebenden Tiere und Pflanzen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Verlust von schutzwürdigen bzw. stark gefährdeten Biotopen.
2. Gebietsverlust für Brut- und Rastvögel und Zerschneidung von Biotopkomplexen durch Überbauung und Versiegelung.
3. Verlust an Feuchtbiotopen mit herausragender Bedeutung als Laichplätze für Amphibien und ihres Sommerlebensraums (Tabelle 6).
4. Verlust von Lebensraum für Kleinsäuger, Libellen, Nachtfalter.
5. Teilverluste natürlicher Bodeneigenschaften
6. Verlust von landwirtschaftlich genutzten Flächen

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Zerstörung von terrestrischen Flächen durch den JadeWeserPort sowohl aufgrund ihrer Größe (ökologische Funktion) als auch der Art der Besiedelung (gefährdete Arten) in ihrer ökologischen Auswirkung als gravierender einzustufen ist als durch den CuxPort.

Tabelle 6: Direkt vom Bauvorhaben des JadeWeserPort betroffener terrestrischer Bereich im Voslapper Grodens und Rüstersieler Grodens

| <b>Biotoptyp</b>  | <b>Betroffene gefährdete Arten</b>   |
|---|--|
| Weiden-Pionierwald<br>(schutzwürdig)  | Filzkraut: <i>Filago minima</i> ; Wintergrüengewächse: <i>Pyrola rotundifolia</i> ;<br>Nachtfalter: <i>Eilema griseola</i> , <i>Cerura vinula</i> , <i>Clostera curtula</i> , <i>Clostera pigra</i> ,<br><i>Enargia ypsilon</i> , <i>Parastichtis supsecta</i> , <i>Epione repandaria</i> ;<br>Seggen: <i>Carex viridula</i> ; Weiden: <i>Salix repens</i> |
| Weiden- und Sumpfgewächse nährstoffreicher Standorte (stark gefährdet)                    | Nachtfalter: <i>Abraxas sylvata</i> , <i>Crocallis elinguarina</i><br>Augentrost: <i>Euphrasia stricta</i> ; Mastkraut: <i>Sagina nodosa</i> ; Weiden: <i>Salix repens</i>   |
| Graudünen-Grasflur (gefährdet)  | Nachtfalter: <i>Hada nana</i> , <i>Mesoligia literosa</i> , <i>Noctua interjecta</i> , <i>Sideris albicolon</i> Seggen: <i>Carex viridula</i> ; Sumpfwurz: <i>Epipactis palustris</i> ; Weiden: <i>Salix repens</i>  |
| Kalkarmes Dünenental / Dünenrandzone (stark gefährdet)                                    | Dreizack: <i>Triglochin palustre</i> ; Seggen: <i>Carex viridula</i> ; Sumpfwurz: <i>Epipactis palustris</i><br>Weiden: <i>Salix repens</i> ; Knabenkrautgewächse: <i>Dactylorhiza praetermissa</i>  |
| Kalkreiches Dünenental / Dünenrandzone (von Vernichtung vollständig bedroht)              | Seggen: <i>Carex distans</i> , <i>Carex flacca</i> , <i>Carex viridula</i> ; Knabenkrautgewächse: <i>Dactylorhiza praetermissa</i> ; Sauergräser: <i>Eleocharis uniglumis</i> ; Weiden: <i>Salix repens</i><br>Dreizack: <i>Triglochin palustre</i>  |
| Salzbeeinflusstes Dünenental (von Vernichtung vollständig bedroht)                        | Schneide: <i>Cladium mariscus</i> ; Weiden: <i>Salix repens</i><br>Nachtfalter: <i>Arachnara sparganii</i> , <i>Celaena leucostigma</i>  |
| Röhricht der Dünentäler und Dünenrand (stark gefährdet)                                   | <i>Eleocharis uniglumis</i>  |
| Nährstoffreicher Sumpf (stark gefährdet)  | Weiden: <i>Salix repens</i>  |
| Binsen- und Simsenried nährstoffreich (stark gefährdet)                                   | <i>Libellen</i> : <i>Aeshna isosceles</i> , <i>Aeshna juncea</i> , <i>Brachytron pratense</i> , <i>Calopteryx splendens</i> ,<br><i>Coenagrion lunulatum</i> , <i>Coenagrion pulchellum</i> , <i>Erythromma najas</i> , <i>Erythromma viridulum</i> ,<br><i>Leucorrhinia rubicunda</i>   |
| Sand-Magerrasen (stark gefährdet)   |  |
| Mesophiles Grünland (stark gefährdet)   |  |
| Kleingewässer   | Amphibien: Grasfrosch, Erdkröte, Teichmolch  |
| Schilf/Landröhricht, Nährstoffreicher Sumpf, Kalkreiche Dünentäler und Weiden-Pionierwald | Vögel: <i>Botaurus stellaris</i> , <i>Porzana porzana</i> , <i>Luscinia svecica</i> , <i>Lanius collurio</i> , <i>Acrocephalus choenobaenus</i> , <i>Panurus biarmicus</i>   |
| Nicht einem Biotoptyp zuordbar  | Laufkäfer: <i>Amara tibialis</i> (V), <i>Acupalpus parvulus</i> (V), <i>Badister anomalus</i> <i>Badister assimile</i> (V), <i>Harpalus solitarius</i> , <i>Pterostichus diligens</i> (V) V=Vorwarnliste Säuger: Hase ( <i>Lepus capensis</i> ), Iltis ( <i>Mustella putorius</i> ), Dachs ( <i>Meles meles</i> )  |

Literaturquellen: Blischke & Bohlen (2001), Mühlen & Dietrich (2001) Mühlen (2002), Krüger et al. (2000), Rohlf's (2001), Ökologis (2001/02), Sinning (2001 a, b, c, 2002 a, b).

Tabelle 7: Direkt vom Bauvorhaben des CuxPort betroffener terrestrischer Bereich.

| Gebiet                       | Fläche (ha) | Schutz-Status | Nutzung Direkt  | Biotoptyp  | Betroffene Fauna/Flora  | Betroffene gefährdete Arten  |
|------------------------------|-------------|---------------|---|--|---|--|
| <b>Grodener Vordeichland</b> | 20          | §28a<br>NNatG | Überbauung für Containerhafen                         | Salzwiesenkomplexe (Ästuar), Salzwasser-Marschpriele | Vögel, Makroalgen, Queller, Andelrasen, Keimelden-Gestrüpp, Rotschwingelrasen, Strandbeifuß-Gestrüpp, Strandquecken-Gesell. | → <u>Brutvögel</u> :<br>Rotschenkel<br><u>Rastvögel</u> :<br>Eiderente, Rotschenkel, Fluss- und Küstenseeschwalbe, Bekassine |
| <b>Baumrönne</b>             | 1           | §28°<br>NNatG | Überbauung für Containerhafen bzw. Verkehrsanschlüsse | Flusswatttröhricht, Wattflächen, Niedrigwasserrinne  | Vögel   | → <u>Brutvögel</u> :<br>Blaukehlchen.<br>Kiebitz, Teichhuhn, Rotschenkel<br><u>Rastvögel</u> :<br>Bekassine<br>Rotschenkel   |

Literaturquellen: Arbeitsgemeinschaft CT (2000), Blindow (1987), Fleet et al. (1994), Kiehl & Stock (1994), Ropers (1999-2001).

## 5. Weiterer Untersuchungsbedarf

Aus der vorliegenden Studie wird ersichtlich, dass vor allem der JadeWeserPort mit beträchtlichen negativen ökologischen Auswirkungen verbunden sein wird, die seine Genehmigungsfähigkeit grundsätzlich in Frage stellen. Obwohl die oben genannten Gefährdungspotentiale unter unsicheren Prognosen der physikalischen Umgestaltung der Lebensräume abgeschätzt wurden, ist eine erhebliche Zerstörung und Entwertung der marinen Lebensräume sehr wahrscheinlich. Dies gilt auch, wenn einige Effekte in geringerer Ausprägung eintreten sollten, als prognostiziert. Weiterführende Analysen würden diese Beurteilung erhärten. Dazu gehören:

- Verifikation der simulierten Strömungen mit Hilfe von Messungen
- Simulationen unter extremen Windbedingungen, d.h. windschwache sowie Sturmbedingungen
- Erweiterung der ermittelten Kenngrößen zumindest um Litoral- und Eulitoralflächen sowie Bodenschubspannungen
- Abschätzung eines integralen Effektes über einen Simulationszeitraum eines Spring-Nipp-Zyklus im Vergleich zu den mittleren Größen
- Abschätzung der Erosions- und Sedimentationstendenzen sowie weiterführende morphologische Analysen
- Spezifikation des terrestrischen Flächenbedarfs
- Aktualisierte Bestandsaufnahmen der indirekt betroffenen terrestrischen und aquatischen Organismen und der gefährdeten Arten
- Detaillierte Analyse des Nahrungsnetzes

## 6. Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersucht die Umweltauswirkungen des geplanten JadeWeserPorts in Wilhelmshaven unter Einbeziehung des Alternativstandortes Cuxhaven auf Grundlage der Machbarkeitsanalysen (Arbeitsgemeinschaft CT 2000, Projektkonsortium Jade-Port 1999) und weiterer öffentlich zugänglicher Quellen.

Es wird aufgezeigt, dass schwerwiegende Folgen der Eingriffe in das Tideregime der Jade und die damit verbundenen morphologischen und ökologischen Auswirkungen nicht ausreichend in die bisherigen Betrachtungen der Umweltauswirkungen und die auf dieser Grundlage erfolgte Standortwahl eingeflossen sind. Diese Studie will auf bisher vernachlässigte mögliche Folgen aufmerksam machen.

Zudem setzt sich die Studie kritisch mit den methodischen Ansätzen der wasserbaulichen Systemanalyse der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) auseinander, die der Abschätzung der Auswirkungen auf die marine Umwelt zu Grunde lag. Es wird gezeigt, dass die im Rahmen der Machbarkeitsuntersuchung durchgeführte zweidimensionale (2D) Modellierung es nicht erlaubt, die am Gewässerboden wirkenden Kräfte und die damit verbundene Dynamik des Abtrags und der Ablagerung der Feststoffe mit der erforderlichen Genauigkeit vorherzusagen. Die hierfür maßgeblichen bodennahen Strömungen und Scherkräfte können nur mit einem vertikal hochauflösenden dreidimensionalen Modell berechnet werden. Auch die bisher im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführten 3D Berechnungen erlauben diesbezüglich keine belastbare Prognose. In der bisher vorgestellten Validation der Kenngrößen lagen die prognostizierten Änderungen im Bereich der Ungenauigkeiten. Gesicherte, langfristige Voraussagen über die Auswirkungen des JadeWeserPorts sind auf dieser Grundlage daher nicht möglich.

Die Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeiten und Wasserstände in der Jade werden weitreichende

Auswirkungen auf die Dynamik der Feststoffe haben. Wo eine Beschleunigung der Strömung zu erwarten ist, wird es vermehrt zu Materialabtrag kommen. In Gebieten mit Strömungsberuhigung hingegen wird vermehrt Material abgelagert. Im Jadebusen wird dies möglicherweise zu einer weiteren Erhöhung der höher gelegenen Wattbereiche durch verstärkte Sedimentation bei gleichzeitiger Vertiefung der Priele und Rinnen führen. Beide Effekte verstärken sich, sodass langfristig mit einer zunehmenden Tendenz zur Verlandung des Jadebusens gerechnet werden muss. Hierdurch sind z.B. die letzten großen Seegrasswiesen des niedersächsischen Wattenmeeres, die im Jadebusen zu finden sind, bedroht.

Die veränderten Hoch- und Niedrigwasserstände durch den Bau des JadeWeserPorts werden außerdem zu einem Verlust von wertvollen Flachwasserbereichen und Wattflächen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer führen.

Ebenso ist zu erwarten, dass durch den JadeWeserPort die Trübung des Wassers in der Jade zunehmen wird. Dies hat tief greifende Auswirkungen auf die Lebewesen im freien Wasser und am Gewässergrund. Durch die geringere Eindringtiefe des Lichtes wird die Produktion von pflanzlichem Plankton zurückgehen. Dies führt einerseits zu niedrigeren Sauerstoffgehalten und vermindert andererseits das Nahrungsangebot für die gesamte Nahrungskette von tierischem Plankton, über kleine Krebse und Fische bis hin zu den Endgliedern der Nahrungskette im Wattenmeer, den Vögeln und Seehunden.

Wertvolle und seltene Biotope wie Sandkorallenriffe und Miesmuschelbänke werden durch Überschlückung und Sauerstoffstress in Mitleidenschaft gezogen oder örtlich sogar vernichtet.

Zum Vergleich werden in der vorliegenden Studie auch die Umweltauswirkungen eines Tiefwasserhafens am Standort Cuxhaven in die Untersuchungen einbezogen. Dies geschieht hauptsächlich unter dem Gesichtspunkt der Alternativenprüfung. Es zeigt sich, dass auch dort der Bau eines Tiefwasserhafens erhebliche Umweltauswirkungen nach sich ziehen würde. Dennoch wären diese in nahezu allen untersuchten Bereichen vergleichsweise geringer als in Wilhelmshaven. Dies ist auf folgende Umstände zurückzuführen:

- Für den Betrieb des Tiefwasserhafens in Wilhelmshaven werden an Land (terrestrische Flächen) ökologisch sehr wertvolle Biotope beansprucht, die zum Teil unter Naturschutz stehen. In Cuxhaven wären dagegen weniger naturnahe Flächen betroffen.
- Durch die Planung, die Hafensfläche weit in das Gewässer hinein zu bauen, würden in der Jade (Wilhelmshaven) mehr wertvolle Watt- und Wasserflächen verloren gehen als in der Elbe (Cuxhaven).
- Durch die unterschiedliche Geometrie der Hafenanlagen, sowie die unterschiedlichen hydrologischen und morphologischen Bedingungen an beiden Standorten ist der Eingriff in das Tidegeschehen in der Jade als wesentlich gravierender einzuschätzen als in der Elbe, obwohl in der Elbe umfangreichere Baggerarbeiten erforderlich würden
- Zudem ist mit dem Jadebusen (Wilhelmshaven) ein bedeutender Teil des Nationalparks Niedersächsisches Wattenmeer unmittelbar von den sehr komplexen morphologischen und ökologischen Auswirkungen betroffen, während die Auswirkungen

eines Tiefwasserhafens bei Cuxhaven in der bereits stärker veränderten Elbmündung weniger tief greifend wirken würden.

Als Fazit der vorliegenden Studie muss festgestellt werden, dass durch den geplanten Bau des JadeWeserPorts mit weit schwerwiegenderen Folgen für die Umwelt zu rechnen ist, als von der Betreibergesellschaft bisher öffentlich dargestellt wurde. Die Ergebnisse der derzeit laufenden Umweltverträglichkeitsuntersuchung werden unter diesem Gesichtspunkt sehr genau zu prüfen sein. Auch durch eine wasserbauliche Optimierung der Kaje, wie sie die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) derzeit vornimmt, werden sich die beschriebenen Umweltauswirkungen nicht entscheidend mindern lassen. Zumal die Unsicherheit der Modellvorhersagen in derselben Größenordnung liegt wie die vorhergesagten Effekte.

Aufgrund der sehr weitreichenden und z.T. langfristig wirkenden ökologischen Auswirkungen, die durch den JadeWeserPort zu erwarten sind, ist dessen Genehmigungsfähigkeit in Frage zu stellen. Dies gilt insbesondere auch, weil am möglichen Alternativstandort Cuxhaven mit deutlich geringeren Umweltauswirkungen zu rechnen wäre.

## 7. Literaturverzeichnis

- ARBEITSGEMEINSCHAFT CT (2000). Deutsche Bucht Cuxhaven GmbH (i.G.) Hafenwirtschaftsgemeinschaft Cuxhaven, CTC Container-Terminal Cuxhaven, Machbarkeitsuntersuchung, Band I, Erläuterungsbericht: Gesamtdarstellung des Vorhabens.
- ARGE ELBE (2003): Fischarten Brackwasserzone der Unterelbe (Str.km ca. 670-727,7). Online Veröffentlichung: <http://www.arge-elbe/wge/Fische/TEL/FiArtBrackwz.html>.
- ARGE Elbe (1999). Wassergütedaten der Elbe von Schmilka bis zur See. - Zahlentafel 1999- Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe, Wasser-gütestelle Elbe.
- BAW (1999). Wasserbauliche Systemanalyse zur Ermittlung von Ausbaulinien für den Hafenbereich Wilhelmshaven. In: JADEPORT Machbarkeitsstudie für einen Mehrzweckhafen in Wilhelmshaven, Band C. Projektkonsortium Jade Port (ed.).
- BERGER & PARTNER GmbH (2000). Standortanalyse Tiefwasserhafen Deutsche Bucht- Endbericht.
- BERNEM VAN, K.-H. (1995). Europepe-Development-Projekt: Ökologische Begleituntersuchungen zur Auswirkung der Baumaßnahmen auf benthische Organismengesellschaften-Vorergebnisse zur Makrofauna-. In: Baggern und Verklappen im Küstenbereich, Auswirkungen auf das Makrozoobenthos, Beiträge zum Workshop am 15.11.1995 in Hamburg, BfG Mitteilung Nr. 11, 18-30.
- BEZIRKSREGIERUNG WESER-EMS (2001). Seehunde – Darstellung der Häufigkeiten 2001- im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Dezernat 510, Karte 1: 350000.
- BFG-ÄSTUARMONITORING (1995): BfG- Ästuarmonitoring in Ems, Jade, Weser, Elbe – Makrozoobenthos 1995 -. Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-1040, pp. 34.
- BFG-ÄSTUARMONITORING (1996). BfG- Ästuarmonitoring in Ems, Jade, Weser, Elbe, Eider – Makrozoobenthos 1996 -. Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-1113, pp. 42.
- BFG (1999). Bagger- und Klappstellenuntersuchungen in der Außenweser. Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-1146. pp.142.
- BFG (2001). Bagger- und Klappstellenuntersuchungen im Ems-Ästuar. Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-1329. pp. 110.
- BIOCONSULT (1999). Umweltfolgenabschätzung. In: Jadeport- Machbarkeitsstudie für einen Container- und Mehrzweckhafen in Wilhelmshaven. Band C. Projektkonsortium Jade Port, Wilhelmshaven.
- BLINDOW, H. (1987). Frieslands Salzwiesen. Verlag: C.L.Mettcker & Söhne, Vertriebs- und Verlags-gesellschaft mbH, Jever. 93 pp.
- BLISCHKE H. & M. BOHLEN (2001): Libellenfauna im Bereich des Voslapper Grodens und des Rüstersieler Grodens. Umweltamt der Stadt Wilhelmshaven.
- CASULLI, V., CHENG, R.T. (1992). Semi-implicit finite difference methods for three-dimensional shallow water flow. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 15, 629-648.
- DE JONG, F., BAKKER, J.F., DAHL, K., DANKERS, N., FARKE, H., JÄPELT, W., KOSSMAGK-STEPHAN, K. & P.B. MADSEN (1993). Quality status report of the North Sea, subregion 10, the Wadden Sea. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
- DE JONG, F., BAKKER, J.F., VAN BERKEL, C.J.M., DANKERS, N.M.J.A., DAHL, K., GÄTJE, C., MAREN-CIC, H. & M.F. LEOPOLD (1999). Wadden Sea Quality Status Report. Wadden Sea Ecosystem No.9. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Quality Status Report Group. Wilhelmshaven, Germany.
- DEUTSCHE GEWÄSSERKUNDLICHE MITTEILUNGEN (1992). Gewässerkundliche Beschreibung. Elbe-Gebiet Teil III.
- DÖRJES, J. (1992). Langzeitwirkung makrobenthischer Tierarten im Jadebusen (Nordsee) während der Jahre 1974-1987. *Senckenberiana marit.* 22, 37-57.
- DÖRJES, J., S. GADOW, H.-E. REINECK & I.B. SINGH (1969). Die Rinnen der Jade (Südliche Nordsee). Sediment und Makrobenthos. *Senckenbergiana marit.* 50, 5-62.
- ESSINK, K. (1995). Ecological effects of dredging and dumping of dredge spoil. *Wadden sea newsletter* 1995 H. 1, 9-12.

- ESSINK, K.; TYDEMANN, P.; KONING DE, F.; KLEEF, L.H. (1989). On the adaptation of the mussle *Mytilus edulis* L. to different suspended matter concentrations. In: R.Z. Klekowski, E. Styczynska & L. Falkowski (Hsrg.), Proc. 21th Europ. Mar. Biol. Symp., Gdansk 1989. Polish Acad. of Sci., 41-51.
- EXO, K.-M. (1994). Bedeutung des Wattenmeeres für Vögel. In: LOZÁN, J.L. et al. (Hrsg.) Warnsignale aus dem Wattenmeer. Lackwell Wissen. Verlag Berlin: 261-270.
- FAST, T. (1993). Zur Dynamik von Biomasse und Primärproduktion des Phytoplanktons im Elbe-Ästuar. Diss. Uni Hamburg, pp. 152.
- FERRIS, J.M. & R. CHRISTIAN (1991). Aquatic primary production in relation to microalgal responses to changing light : a review. Aquatic Sciences 53, 187-217.
- FFH RICHTLINIE DER EG. (1992). Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, 92/43 EWG.
- FLEET, D.M., FRIKKE, J., SÜDBECK, P. & R.L. VOGEL (1994). Breeding birds in the Wadden Sea 1991. Wadden Sea Ecosystem 1-1994, 1-108.
- FRICKE R., R. BERGHAHN, O. RECHLIN, T. NEUDECKER, H. WINKLER, H.-D. BAST, E. HAHLEBECK. (1998). Rote Liste der in Küstengewässern lebenden Rundmäulern und Fische (Cyclostomata & Pisces). Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz 55, 60-64.
- GROTJAHN, M. (2000). Benthosbiologische Untersuchungen im Zusammenhang mit der Sicherung der Hafenzufahrt Hooksiel. AQUAMARIN, Angewandte biologische und ökologische Forschung im Küstenbereich. Im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes.
- HARTOG, C. DEN. (1970). The sea-grasses of the world. Verh. K. Ned. Akad. Wetensch. 2, 1-275.
- HAGENDORFF, R.; NEHRING, S.; LEUCHS, H. (1995). Eine Literaturübersicht zum Thema „Auswirkungen erhöhter Schwebstoffgehalte durch Baggern und Verklappen auf Muscheln“. In: Baggern und Verklappen im Küstenbereich, Auswirkungen auf das Makrozoobenthos, Beiträge zum Workshop am 15.11.1995 in Hamburg, BFG Mitteilung Nr. 11, 7-12.
- HEIBGES, A.-K. & O. HÜPPOP (2000). Ökologische Bedeutung der seewärtig gelegenen Bereiche des niedersächsischen Wattenmeeres. Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“. Studie im Auftrag des WWF Deutschland.
- HERTWECK, G. (1994). Zonation of Benthos and Lebensspuren in the tidal flats of the Jade Bay, Southern North Sea. Senckenbergiana maritima 24, 157-170.
- HULSCHER, S.J.M.H., (1996). Tidal-induced large-scale regular bed form patterns in a three-dimensional shallow water model. Journal of Geophysical Research, 101, C9, 20727-20744.
- JACK, D. J.; WICKHAM, A.S.; TOALSON, S.; GILBERT, J.J. (1993). The effect of clays on a freshwater plankton community: An enclosure experiment. Arch. Hydrobiol. (3): 257-270.
- JADEWESERPORT ENTWICKLUNGSGESELLSCHAFT MBH (2002). Planung Tiefwasserhafen Wilhelmshaven-Vorbereitungsbericht zum Scoping-Termin.
- JAY, D. A., & J. D. MUSIAK (1994). Particle trapping in estuarine tidal flows. J. Geophys. Res. 99 C10, 20445-20461.
- KASTLER, T. & H. MICHAELIS (1997). Der Rückgang der Seegrassbestände im niedersächsischen Wattenmeer. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Dienstbericht Forschungsstelle Küste 2/1997.
- KERNER, M. (1985). Untersuchungen zum Sickerwasser bei seiner Passage durch den Wurzelraum von Pflanzenbeständen im Tidebereich der Elbe. Dipl. Arb., Uni Hamburg, pp. 185.
- KERNER, M., U. BROCKMANN, J. KAPPENBERG & F. EDELKRAUT. (1995). A case study on the O<sub>2</sub> budget in the freshwater part of the Elbe estuary: The effect of changes in physico-chemical conditions on the oxygen consumption. Arch. Hydrobiol./Suppl. 110(1), 1-25.
- KERNER, M., S. ERTL, AND A. SPITZY (2003). Trophic diversity within the planktonic food web of the Elbe Estuary J. Plankton Res. (in press).
- KIEHL K. & M. STOCK (1994). Wattenmeersalzwiesen zwischen Ansprüchen von Naturschutz, Küstenschutz und Landwirtschaft. In: LOZÁN, J.L. et al. (Hrsg.) Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell Wissen. Verlag Berlin, 190-196.
- KIRK, L.K. & GILBERT, J.J. (1990). Suspended clay and the population dynamics of planktonic rotifers and cladocerans. Ecology 71 (5), 1741-1755.

- KOHL, J.-G. & A. NICKLISCH (1988). Ökophysiologie der Algen. Wachstum und Ressourcennutzung. Gustav Fischer, Stuttgart, 253 pp.
- KRÜGER, T., BOHNET, V., DIERSCHKE, J., DIETRICH, K., PEGRAM, G. & H.M. SCHAEFFER (2000). Die Brutvögel des Voslapper Grodens 2000 (Stadt Wilhelmshaven). Vogelkdl.Ber.Niedersachs. 32, 1-10.
- LEUCHS, H.; NEHRING, S.; HAGENDORFF, R.; KRÖNKE, I.; STECHER, J. (1995). Dauerklappstelle Brunsbüttel- Auswirkungen auf das Makrozoobenthos. In: Baggern und Verklappen im Küstenbereich, Auswirkungen auf das Makrozoobenthos, Beiträge zum Workshop am 15.11.1995 in Hamburg, BFG Mitteilung Nr. 11, 53-60.
- Lozan, J.L., Breckling, P., M. Fonds, C. Krog, H.W. van de Veer & I.J. Witte. 1994. Über die Bedeutung des Wattenmeers für die Fischfauna und deren regionale Veränderung. In: Lozan, J.L., E. Rachor, and K. Reise, H.v. Weesternhagen & W.. Lenz (Hrsg.). Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell, 226-234.
- MALCHEREK, A. 2000. Auswirkungen des geplanten Jade-Ports. Vortrag am 23. März 2000 in der Reihe: Jade-Port - Ergebnisse der Machbarkeitsstudie, in Hamburg. Online Veröffentlichung der BAW-Hamburg.
- MICHAELIS, H. (1987). Bestandsaufnahme des eulitoralen Makroethos im Jadebusen in Verbindung mit einer Luftbild-Analyse. Dienstbericht Forschungsstelle Küste Norderney. 38, 13-97.
- MICHAELIS, H. & REISE, K. (1994). Langfristige Veränderungen des Zoobenthos im Wattenmeer. In: LOZÁN, J.L. et al. (Hrsg.) Warnsignale aus dem Wattenmeer. Lackwell Wissen. Verlag Berlin: 106-116 In: LOZÁN, J.L. et al. (Hrsg.) Warnsignale aus dem Wattenmeer. Lackwell Wissen. Verlag Berlin.
- MIQUELIS, A.; ROUGIER; C. & R. POURRIOT (1998) . Impact of turbulence and turbidity on the grazing rate of the rotifer *Brachionus calyciflorus* (Pallas). Hydrobiologia 386, 203-211.
- MÜHLEN VON DER, G. & DIETRICH DR., K. (2001). Biotoptypen im südlichen Voslapper Groden im nördlichen Rüstersieler Groden und im Bereich des ehemaligen Golfplatzes. Büro für Landschaftsplanung. Umweltamt der Stadt Wilhelmshaven.
- MÜHLEN VON DER, G. (2002). Biotoptypen im nördlichen Rüstersieler Groden. Büro für Landschaftsplanung. Umweltamt der Stadt Wilhelmshaven.
- NEHRING, S. & H. LEUCHS (1999). The BfG-Monitoring in the German North Sea Estuaries: Macrozoobenthos. Senckenbergiana maritime, Supl. 29, 107-111.
- NIEDERSÄCHSISCHE LANDESVERWALTUNG (2002). Miesmuschelbänk der nds. Watten im Frühjahr 2002, Karte: Jadebusen und Wangerooge-Wursten.
- NICKLISCH, A. (1998). Growth and light absorption of some planktonic cyanobacteria, diatoms and Chlorophyceae under simulated natural light fluctuations. J. Plankton Res. Vol. 20, no. 1, 105-119.
- NLÖ-FK (1998, 1999). Niedersächsisches Landesamt für Ökologie – Forschungsstelle Küste. Überwachung niedersächsischer Küstengewässer. Dienstberichte 1/1998, 17/1999.
- ÖKOLOGIS (2001/02). Säugetierfauna im Voslapper Groden und im Nordteil Rüstersieler Groden, Wilhelmshafen. Umweltamt der Stadt Wilhelmshaven.
- Petersen, G.H., P.B. Madsen, K.T. Jensen, K.H. van Bernem, J. Harms, W. Heiber, I. Krionecke, H. Michaelis, E. Rachor, K. Reise, R. Dekker, G.J.M. Visser, W.J. Wolff. (1996). Red List of macrofaunal benthic invertebrates of the Wadden Sea. In: Red Lists of Biotopes, Flora and Fauna of the Trilateral Wadden Sea Area, 1995., pp. 69-76, Helgol. Meeresunters, vol. 50 (Suppl.).
- POSTMA, H. & K. KALLE (1955). Die Entstehung von Trübungszone im Unterlauf der Flüsse, speziell im Hinblick auf die Verhältnisse in der Unterelbe. Dt. Hydr. Z., 8, 138-144.
- PRINS, T.C. & C.A. SMAAL (1989). Carbon and nitrogen budgets of the mussle *Mytilus edulis* L. and the cockle *Cerastoma edulis* (L.) in relation to food quality. In: J.D. Ross (Hrsg.), Tropics in marine biology. Scient. Mar. 53, no.2, 477-482.
- PROJEKTKONSORTIUM JADE PORT (1999). JADEPORT Machbarkeitsstudie für einen Mehrzweckhafen in Wilhelmshaven.
- RACHOR, E (1985). Eutrophierung in der Nordsee - Bedrohung durch Sauerstoffmangel Abhandlungen. Naturwissenschaftlicher Verein zu Bremen. Vol. 40, no. 3, 283-292.

- RACHOR, E. (1998). Rote Liste der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere. Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz 55, 290-300.
- REDDING, J.H. (2000). Experimental manipulation of sandwaves to reduce their navigation hazard potential, Jade Shipping Channel, N. Germany, In: Trentesaux, A. and T. Garlan (eds), Marine sandwave dynamics. Proceedings of an international workshop held in Lille, France, 23-24 March 2000, 169-176.
- RIEDEL-LORJÉ, J.C., N. MÖLLER-LINDENHOF, B. VAESSEN. (1992). Salzgehalts- und Trübstoffverhältnisse in dem oberen Brackwassergebiet der Elbe. Wassergütestelle Elbe.
- REISE, K.; KOLBE, K.; JONGE DE, V. (1994). Makroalgen und Seegrasbestände im Wattenmeer. In: LOZÁN, J.L. et al. (Hrsg.) Warnsignale aus dem Wattenmeer. Lackwell Wissen. Verlag Berlin, 90-100.
- RIES, E.H., I.M. TRAUT, A.G. BRINKMAN, P.J.H. REIJNDERS. (1999). Net dispersal of harbour seals within the Wadden Sea before and after the 1988. Epizootic. Journal of Sea Research Vol. 41, no. 3, 233-244.
- ROHLFS, O. (2001). Ergebnisse der Nachtfaltererfassung im Voslapper Groden und Nordteil Rüstersieler Grodens bei Wilhelmshaven. Küstenökologische Forschungsgesellschaft m.b.H., Umweltamt der Stadt Wilhelmshaven.
- ROLINSKI, S., AND G. EICHWEBER (2000). Deformations of the tidal wave in the Elbe estuary and their effect on Suspended Particulate Matter Dynamics, Physics and Chemistry of the Earth, B, 25.
- ROPERS, H.-J. (1999-2001). NABU, pers. Aufzeichnungen, unveröffentlicht.
- SCHADE, P. & F. BÖKER 2001. Fächerlotungen und Sohlformen im Elbeästuar. Vortrag auf dem Kolloquium „Systemanalysen für das Elbeästuar“ des BAW-AK am 15. November 2001 in Rissen.
- SCHLEGEL, H.G. (1992) Allgemeine Mikrobiologie. Thieme, pp. 634.
- SCHOER, J. (1990). Determination of the Origin of Suspended Matter in the Elbe Estuary using natural Tracers. Estuaries, 13, 2, 161-172.
- SCHÖLL, F., E. BEHRING & M. WANITSCHKE (1995). Die Elbe – ökologischer Zustand und Sanierungsmöglichkeiten: Faunistische Bestandsaufnahme an der Elbsohle zur ökologischen Zustandsbeschreibung der Elbe und Konzeption von Sanierungsmaßnahmen. Forschungsbericht 10204254, UBA-FB 95-052, pp. 48.
- SINNING, F. (2001A). Amphibienkartierung Wilhelmshaven Voslapper Groden und nördl. Rüstersieler Groden. Büro für Ökologie, Naturschutz und räumliche Planung. Umweltamt der Stadt Wilhelmshaven.
- SINNING, F. (2001B). Laufkäferkartierung Wilhelmshaven Voslapper Groden und nördl. Rüstersieler Groden. Büro für Ökologie, Naturschutz und räumliche Planung. Umweltamt der Stadt Wilhelmshaven.
- SINNING, F. (2001C). Brutvogelkartierung Stadt Wilhelmshaven Nördlicher Rüstersieler Groden. Büro für Ökologie, Naturschutz und räumliche Planung. Umweltamt der Stadt Wilhelmshaven.
- SINNING, F. (2002A). Amphibienkartierung Stadt Wilhelmshaven Rüstersieler Groden. Büro für Ökologie, Naturschutz und räumliche Planung. Umweltamt der Stadt Wilhelmshaven.
- SINNING, F. (2002B). Brutvogelkartierung Stadt Wilhelmshaven Rüstersieler Groden. Büro für Ökologie, Naturschutz und räumliche Planung. Umweltamt der Stadt Wilhelmshaven.
- THIEL, M. (1992). Vorkommen von Nemertinen im Watt und insbesondere in Miesmuschelaggregaten, Diplomarbeit Uni Kiel.
- VORBERG, R. (1995). On the decrease of Sabellarian Reefs along the German north sea coast. Publ. serv. géol. Lux., vol. 29. Proc. 2<sup>nd</sup> europ. reg. meet., ISRS. 87-93.
- WEVER, T.F. AND I.H. STENDER (2000). Strategies for and results from the investigation of migrating bedforms in the German Bight. In: Trentesaux, A. and T. Garlan (eds), Marine sandwave dynamics. Proceedings of an international workshop held in Lille, France, 23-24 March 2000, 221-226.
- WIDDOWS, J., FIETH; WORRAL, M.C. (1976). Feeding experiments with *Mytilus edulis* L. at small laboratory scale. II. The influence of suspended silt in addition to algal suspensions on growth. In: Reson, G. and Jaspers, E. (Hrsg.), Proc. 10<sup>th</sup> Europ. Mar. Biol. Symp., Ostend, Belgium. Unversa Press, Wetteren, 583-600.

WIPPER, E. (1974). Die Ökole beim europäischen See-  
hund (*phoca vitulina* Linne 1758) an der niedersäch-  
sischen Nordseeküste. Dissertation Ludwig-  
Maximilians-Universität München, 211. pp.



Der WWF Deutschland ist Teil des World Wide Fund For Nature (WWF), einer der größten unabhängigen Naturschutzorganisationen der Welt. Das globale Netzwerk des WWF ist in fast 100 Ländern aktiv. Weltweit unterstützen uns rund fünf Millionen Förderer.

Der WWF will der weltweiten Naturzerstörung Einhalt gebieten und eine Zukunft gestalten, in der Mensch und Natur in Harmonie leben. Deshalb müssen wir gemeinsam

- die biologische Vielfalt der Erde bewahren,
- erneuerbare Ressourcen naturverträglich nutzen und
- die Umweltverschmutzung verringern und verschwenderischen Konsum eindämmen.

#### **WWF Deutschland**

Rebstöcker Straße 55  
60326 Frankfurt am Main

Tel.: 069 / 7 91 44 - 0

Fax: 069 / 61 72 21

E-Mail: [info@wwf.de](mailto:info@wwf.de)

#### **WWF Fachbereich Meere und Küsten**

Am Gütpohl 11  
28757 Bremen

Tel.: 0421 / 6 58 46 10

Fax: 0421 / 6 58 46 12

E-Mail: [bremen@wwf.de](mailto:bremen@wwf.de)

