



# Weniger Natur für mehr Schifffahrt?

*Ökologische Folgen des geplanten Ausbaus von  
Elbe, Außen- und Unterweser*



**Herausgeber:** WWF Deutschland, Frankfurt am Main  
**Stand:** März 2003, 1. Auflage  
**V.i.S.d.P.:** Beatrice Claus  
**Autor:** Dipl. Bio. Jürgen Lange & Dipl. Bio. Sylke Bischoff  
**Redaktion und Produktion:** Beatrice Claus  
**Druck:** Meiners Druck OHG, Bremen

Gedruckt auf 100% Recycling-Papier

©2003 WWF Deutschland, Frankfurt am Main  
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers





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)  
[www.wwf.de](http://www.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)

# Inhalt

Zusammenfassung .....	6
1. Einleitung.....	12
2. Umweltrisikoeinschätzung .....	12
3. Methodenkritik .....	13
3.1    Bewertungsgrundlage für die eingriffsbedingten ökologischen Auswirkungen .....	13
3.2    Räumliche und zeitliche Wirkungszusammenhänge mit anderen Eingriffen .....	15
3.3    Ermittlung der Raumbedeutung einiger Schutzgüter .....	15
4. Ökologische Risikoanalyse für den <b>Ausbau der Unterweser</b> .....	16
4.1    Projektbeschreibung .....	16
4.1.1    Geografische Ausdehnung.....	17
4.1.2    Zu erwartender Umfang der Projektmaßnahmen.....	17
4.2    Beschreibung des betroffenen Raumes und Rolle im Naturhaushalt .....	17
4.2.1    Geografische Lage, Ausdehnung.....	17
4.2.2    Marschenland der Binnendeichsflächen.....	18
4.2.3    Deichvorländer und Weserstrom.....	18
4.2.4    Rolle im Naturhaushalt .....	18
4.3    Schutzgutbezogene Umweltrisikoeinschätzung Unterweservertiefung .....	22
4.3.1    Hydrologie.....	22
4.3.2    Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt .....	27
4.3.3    Morphologie.....	30
4.3.4    Böden.....	36
4.3.5    Sedimente .....	37
4.3.6    Vegetation .....	38
4.3.7    Fauna .....	41
4.3.8    Landschaftsbild .....	44
4.4    Übergreifende Umweltrisikoeinschätzung Unterweservertiefung.....	46
5. Ökologische Risikoanalyse für den <b>Ausbau der Außenweser</b> .....	48
5.1    Projektbeschreibung .....	48
5.2    Geografische Ausdehnung .....	48
5.3    Zu erwartender Projektumfang .....	48
5.4    Beschreibung des betroffenen Raumes und Rolle im Naturhaushalt .....	49
5.4.1    Außenweser.....	49
5.4.2    Unterweser .....	50
5.4.3    Gesamtgebiet.....	50
5.5    Rolle im Naturhaushalt.....	50
5.5.1    Außenweser.....	50
5.5.2    Unterweser .....	51
5.6    Schutzgutbezogene Umweltrisikoeinschätzung Außenweservertiefung.....	51
5.6.1    Hydrologie.....	51
5.6.2    Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt .....	54
5.6.3    Morphologie.....	55
5.6.4    Grundwasser.....	58
5.6.5    Böden.....	58

5.6.6	Sedimente .....	59
5.6.7	Vegetation .....	61
5.6.8	Fauna .....	63
5.6.9	Landschaftsbild .....	66
5.7	Übergreifende Umweltrisikoeinschätzung .....	67
6.	Ökologische Risikoanalyse für den <b>Ausbau der Elbe</b> .....	69
6.1	Beschreibung des Projektes.....	69
6.1.1	Geografische Ausdehnung.....	71
6.1.2	Zu erwartender Umfang der Projektmaßnahmen.....	71
6.2	Beschreibung des betroffenen Raumes.....	72
6.2.1	Geografische Lage, Ausdehnung.....	72
6.2.2	Darstellung der Schutzwürdigkeit .....	72
6.2.3	Rolle im Naturhaushalt .....	74
6.3	Umweltrisikoeinschätzung.....	77
6.3.1	Hydrologie.....	77
6.3.2	Morphologie .....	81
6.3.3	Gewässergüte und Stoffhaushalt .....	86
6.3.4	Boden.....	89
6.3.5	Sedimente .....	91
6.3.6	Vegetation .....	93
6.3.7	Fauna .....	97
6.4	Übergreifende Umweltrisikoeinschätzung Unter- und Außenelbe.....	100
7.	Küstenschutzrelevante Risiken der geplanten Vertiefungen von Elbe und Weser .....	102
7.1	Sturmflutdaten .....	102
7.1.1	Allgemein .....	102
7.1.2	Elbe.....	103
7.2	Weser .....	104
7.3	Bewertung.....	105
8.	Literatur.....	107

## Verwendete Abkürzungen

HHQ:	Höchste je gemessene Abflussmenge in m <sup>3</sup> /s
MHQ:	Langjähriges Mittel der jahresmaximalen Abflussmengen
MNQ:	Langjähriges Mittel der jahresminimalen Abflussmengen
MQ:	Langjähriges Mittel der jahresmittleren Abflussmengen
MThw:	Langjähriges Mittel der Tidehochwasserstände
MTnw:	Langjähriges Mittel der Tideniedrigwasserstände
NNQ:	Niedrigste je gemessene Abflussmenge in m <sup>3</sup> /s
Q:	Abflussmenge in m <sup>3</sup> /s. Hier: die über das Weserwehr Hemelingen fallende Oberwassermenge
RL <sub>Nieders.</sub> 1 - 3	Gefährdungskategorie in der Roten Liste für Niedersachsen nach NOWAK ET AL. (1994)
SKN:	Seekartennull. Seekartenbezugshöhe
Thw:	Tidehochwasser
Tnw:	Tideniedrigwasser
URE:	Umweltrisikoeinschätzung
UVU:	Umweltverträglichkeitsuntersuchung

## Zusammenfassung

Seit Ende des 19. Jahrhunderts werden die in die Nordsee mündenden Unterläufe von Elbe und Weser massiv für die Schifffahrt ausgebaut. Die **Untere Elbe**, deren Wassertiefe bei Hamburg vor 1850 bis zu 2 m betrug, wurde in sechs Ausbausritten bis 15,3 m vertieft. Die **Unterweser** wurde von einer ursprünglichen Tiefe von ebenfalls rund 2 m im Bereich von Bremen (vor 1880) in fünf Ausbausritten auf 9,1 m vertieft und die **Außenweser** wurde zuletzt 1998 auf 14 m ausgebaut. Diese Ausbaumaßnahmen haben an Elbe und Weser zu starken morphologischen, hydrologischen und biologischen Veränderungen geführt. Aus den vielgestaltigen, geschwungenen Flussunterläufen mit zahlreichen Inseln, Platen und Nebengewässern sind schnell fließende, strukturarme Wasserstraßen mit einer Vielzahl negativer Auswirkungen für Natur und Umwelt geworden.

Aktuell plant Hamburg eine weitere Vertiefung der Unter- und Außenelbe um ca. 1 m. Bremen bereitet eine weitere Vertiefung der Außenweser bis Bremerhaven um 1,5 m sowie der Unterweser bis Brake um 1 m und flussaufwärts bis Bremen um 60 cm vor. Diese Planungen sollen in den derzeit überarbeiteten Bundesverkehrswegeplan aufgenommen werden.

Anlässlich der Neuauflage des Bundesverkehrswegeplanes soll diese Studie prüfen, welche ökologischen Risiken mit diesen Ausbauplanungen verbunden und ob sie aus ökologischer Sicht tolerierbar sind.

### Beschreibung der geplanten Vertiefungsmaßnahmen

Da für alle drei Ausbauprojekte noch keine offiziellen Unterlagen vorliegen, wird im Rahmen dieser Studie der Umfang der geplanten Maßnahmen nur geschätzt. Aufgrund der umfangreichen Erfahrungen mit den Flussausbauten in der Vergangenheit reichen diese Einschätzungen aber aus, um Aussagen zu den damit verbundenen Umweltrisiken zu treffen.

Bei der geplanten **Unterweser**vertiefung werden ca. 3,12 Mio. m<sup>3</sup> zum größten Teil sandigen Materials aus dem Bereich der Fahrrinne entnommen. Der Sand wird für die Auffüllungen von Übertiefen und für Strandvorspülungen genutzt oder verkauft (Sandhandel). Das

schluffige bis schlickige Bodenmaterial muss verklappt werden.

Bei der geplanten Vertiefung der **Außenweser** um 1,5 m auf 15,5 m wird mit einer anfallenden Baggermenge von ca. 20 Mio. m<sup>3</sup> gerechnet, wovon ein erheblicher Teil voraussichtlich an Land verbracht und an Dritte verkauft werden soll. Zusätzlich ist mit Maßnahmen zur Fahrrinnenverbreiterung und Wendestellenvergrößerung sowie weiteren Strombaumaßnahmen zu rechnen.

Bei der Vertiefung des **Elbeunterlaufs** orientieren sich die Maßnahmen an der sogenannten "Variante 7", die in den Vorprüfungen zum letzten Elbeausbau auf 15,3 m den Maximalausbau darstellte. Danach wird die Unter- und Außenelbe durchgehend auf 16 m vertieft.

Dazu kommen in ihrem Umfang noch nicht abschätzbare Maßnahmen zur Fahrrinnenverbreiterung, Fahrrinnenabflachung, Anlage von Spülfeldern und zur Befestigung von Fahrrinnenrand und Uferbereichen. In Anlehnung an die Berechnung der anfallenden Baggergutmenge für die "Variante 7" und abzüglich der prognostizierten Baggergutmenge bei der letzten Elbvertiefung 1998-2000, wird das anfallende Baggergutvolumen für die weitere Vertiefung auf ca. 35 Mio. m<sup>3</sup> geschätzt.

### Untersuchungsgebiet

Bei der geplanten Unterweservertiefung erstrecken sich die unmittelbaren Baumaßnahmen von Vegesack (km 18) bis Bremerhaven (km 65). Die umweltrelevanten Auswirkungen betreffen aber ein weit größeres Gebiet. Daher umfasst das Untersuchungsgebiet den gesamten Unterweserraum mit seinen Marschen. Im Strom selber wird das Untersuchungsgebiet begrenzt durch die Klappstellen im Norden und das erste Tidewehr in Bremen-Hemelingen im Süden. Hinzu kommen die Nebenflüsse bis zur jeweiligen Tidegrenze.

Die Maßnahmen bei der geplanten Außenweservertiefung betreffen vorrangig die Fahrrinne der Außenweser von km 68 bei Bremerhaven bis km 120. Durch die Auswirkungen dieser Maßnahme auf die hydrologischen Verhältnisse bis zur Tidegrenze in der Unterweser umfasst das Untersuchungsgebiet neben dem Außenweserbereich auch den gesamten Unterweserraum. Beim weiteren Fahrrinnausbau der Untere Elbe erstrecken sich die Maßnahmen voraussichtlich auf den Be-

reich von km 624 bei Hamburg bis km 748 in der Außenelbe. Aufgrund der weiterreichenden Umweltauswirkungen umfasst das Untersuchungsgebiet aber den gesamten Bereich der Unterelbe bis zur Tidegrenze am Wehr Geesthacht und in den Nebenflüssen sowie bis Scharhörn (km 756) in der Außenelbe.

### Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen

Die umweltrelevanten Auswirkungen aller geplanten Vertiefungsmaßnahmen wirken sich in erster Linie über die hydrologischen Veränderungen der Tidewasserstände (Wasserstände bei Ebbe und Flut) bis nach Bremen bzw. bis nach Geesthacht sowie über die strom-

aufwärts wandernden und tideabhängig stärker schwankenden Brackwasserzonen (Mischungsbereich zwischen Flusswasser und Salzwasser aus der Nordsee) aus. Diese Veränderungen haben weitreichende Folgen sowohl für die Wassergüte, als auch für Fauna (Tiere) und Vegetation (Pflanzen). Die Ergebnisse dieser Risikoeinschätzungen sind nachfolgend in Tabelle 1 aufgelistet.

Wegen der bedeutenden Umweltrisiken, die auf mehrere Schutzgüter in wesentlichen Streckenabschnitten zu erwartenden sind, wird das Umweltrisiko für alle drei betrachteten Vorhaben jeweils als „hoch“ eingestuft.

Tab. 1: Darstellung der Umweltrisiken für die geplanten Unter- und Außenweservertiefungen sowie einer weiteren Elbevertiefung auf die Hydrologie, Gewässergüte, Morphologie, Grundwasser, Boden, Vegetation, Fauna und das Landschaftsbild

Schutzgut	Raumbedeutung	Belastung	Umweltrisiko
<b>Hydrologie</b>			
Unterweserausbau	B	III	3
Außenweserausbau	C	III	4
Elbeausbau	B	III	3
<b>Wassergüte und Stoffhaushalt</b>			
Unterweserausbau	C	II	3
Außenweserausbau	C	II	3
Elbeausbau	C	II	3
<b>Morphologie</b>			
Unterweserausbau	C	III	4
Außenweserausbau	D	III	5
Elbeausbau	C	III	4
<b>Grundwasser</b>			
Unterweserausbau	B	I	1
Außenweserausbau	B	I	1
Elbeausbau	B	I	1
<b>Boden</b>			
Unterweserausbau	(A) – E *	III	5
Außenweserausbau	(A) – E *	III	5
Elbeausbau	(A) – E *	III	5
<b>Vegetation</b>			
Unterweserausbau	(A) – E *	III	5
Außenweserausbau	(A) – E *	III	5
Elbeausbau	(A) – E *	III	5
<b>Fauna</b>			
Unterweserausbau	(B) – E *	III	5+
Außenweserausbau	(B) – E *	III	5+
Elbeausbau	(B) – E *	III	5+
<b>Landschaftsbild</b>			
Unterweserausbau	(A) – E *	II	5
Außenweserausbau	(A) – E *	II	5

\*) = Raumbedeutung ist inhomogen verteilt im Untersuchungsgebiet. Zur Risikoeinschätzung wurden die höchstingestufteten betroffenen Teilbereiche mit der dazugehörigen Belastungsstufe herangezogen.

1	Es sind keine entscheidungserheblichen Umweltrisiken zu erwarten.
3	Entscheidungserhebliche Umweltrisiken sind zu erwarten. Sie können nur teilweise vermieden bzw. minimiert werden. Mit umfangreichen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
4	In wesentlichen Untersuchungsgebietsflächen bzw. bzgl. mehrerer Schutzgüter/Teilkomplexe sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die nur teilweise und mit erheblichem Aufwand vermeidbar, minimierbar bzw. ausgleichbar sind. Mit umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
5	In großen Untersuchungsgebietsflächen bzw. bzgl. der meisten Schutzgüter/Teilkomplexe sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten. Vermeidungs-, Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind nicht immer möglich. Mit sehr umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
5+	In nahezu dem gesamten Untersuchungsgebiet sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die auch mit sehr umfangreichen Maßnahmen nicht vermieden, minimiert oder ausgeglichen werden können.

Für Boden, Vegetation, Fauna und Landschaftsbild wurden Gebiete mit einer sehr hohen Raumbedeutung (E) identifiziert. Hierbei handelt es sich in den meisten Fällen um Flachwasserzonen, die dazugehörigen Watten, (Brackwasser-/Flusswatt-) Röhrichte, Auwaldreste und Salzwiesen. Für eben diese Bereiche sind durch die Vorhaben die schwersten Belastungen zu erwarten. Diese werden hauptsächlich durch die Veränderungen der Tidewasserstände verursacht. Bei Umsetzung der Vorhaben werden diese Bereiche, die ganz wesentlich den Wert und die Rolle im Naturhaushalt der Unterläufe mitbestimmen, weiter beträchtlich belastet und ihre Entwicklungen negativ beeinflusst. Sie entfernen sich weiter von ihrem natürlichen Zustand. Dies widerspricht im Kern dem Bundesnaturschutzgesetz, das die Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes vorschreibt, sowie der EU-Wasserrahmenrichtlinie, die im Falle eines hier vorliegenden massiv verbauten Flusslaufes die Aufrechterhaltung und den Ausbau eines guten ökologischen Potentials bei gleichzeitigem Verschlechterungsverbot fordert.

### **Umweltbelastungen durch die geplanten Ausbaumaßnahmen**

Zu welchen Verschlechterungen bzw. Umweltbelastungen es jedoch bei allen drei Ausbauprojekten kommen wird, zeigt die folgende Auflistung. Das tatsächliche Ausmaß wird von der konkreten Planung abhängen:

- Erhöhung des Tidehochwassers, was zu einem Verlust wertvoller Röhrichtbestände in den Uferbereichen führt und damit auch zu Lebensraumverlusten von Röhrichtbewohnern, wie die vom Aussterben bedrohte Rohrdommel, sowie zu einer er-

- höhten Überflutungshäufigkeit der Vorländer und damit zu einer Herabsetzung des Bruterfolges von am Boden brütenden Vogelarten;
- das Absinken des Tideniedrigwassers, was zu einem Verlust von Flachwasserbereichen führen wird und damit zu einem schweren Verlust an Lebensraum, Laich- und Aufwuchsgebiet für Fische und wichtigem Nahrungsgebiet für Wasservögel sowie von Flächen, die wichtig sind für den Sauerstoffhaushalt des Flusses;
- Verstärkung der Strömungsgeschwindigkeiten in der Stromrinne, die zu erhöhtem Stress für einige Fischarten führt;
- erhöhter Schwebstoff- und Schadstoffanteil;
- eine Verschlechterung des Sauerstoffhaushaltes, durch die hauptsächlich Lebensbedingungen der Fische verschlechtert werden bis hin zur Erhöhung der Häufigkeit von Fischsterben;
- stromaufwärtige Verlagerung der Brackwasserzone, die zu einer Verkleinerung des Süßwasserlebensraumes führen wird, wodurch insbesondere die ohnehin seltenen Süßwasserwatten und –röhrichte sowie stark gefährdete Auwälder beeinträchtigt werden;
- Verschlechterung der Qualität der Wattflächen, wodurch insbesondere Muscheln und Schnecken beeinträchtigt werden;
- Zerstörung der am und im Gewässerboden lebenden Tierwelt in den Baggerbereichen und in den Bereichen der Verklappungsstellen;
- großräumige Verluste der als wertvoll angesehenen Bodenformen bzw. deren Neubildung an Stellen, die eigentlich wichtige andere naturraumtypische Funktionen erfüllen sollen, (Verschlickung der

Seitenbereiche wie Nebenarme und Priele, wodurch die oben beschriebenen ökologisch wertvollen Flachwasserbereiche abnehmen werden);

- Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Röhrichtverluste und weitere künstliche Uferbefestigungen sowie Strombaumaßnahmen.

Zusätzlich ist für die geplante Außenweser- und Elbvertiefung noch mit weiteren Umweltbelastungen zu rechnen:

- Störungen von Seehunden und nahrungssuchenden Vögeln während der Bauphase;
- Verschlickung der Prielsysteme;
- Beeinträchtigung der wattenmeertypischen dynamischen Prozesse;
- Veränderung der Überflutungsdauern der Wattflächen und damit der Aufenthalts- und Fraßbedingungen für Seehunde und Vögel sowie für Sedi- mentbewohner und die sie fressenden Glieder der Nahrungskette;
- Zerstörung der am und im Gewässerboden lebenden Tierwelt in den Baggerbereichen und in den Bereichen der Verklappungsstellen.

### **Begrenzte Kompensierbarkeit**

Da alle drei Ausbauvorhaben mit einem hohen Umweltrisiko verbunden sind, ist mit erheblichem Vermeidungs-, Minimierungs- und Kompensationsbedarf zu rechnen. Schwerwiegende Umweltauswirkungen wie veränderte Tidewasserstände und Strömungsgeschwindigkeiten, oder erhöhte Schweb- und Schadstoffbelastung, können nicht kompensiert werden. Selbst wenn man schon seit 100 Jahren alle Vertiefungsmaßnahmen so wie heute kompensiert hätte, so wäre dennoch ein erheblicher Verlust an Lebensräumen, Tieren und Pflanzen in und entlang der Flüsse zu verzeichnen, den man ohne diese Vertiefungen nicht gehabt hätte. Das heißt, es stellt sich über das hohe Umweltrisiko hinaus die Frage nach der grundsätzlichen Durchführbarkeit solcher Vorhaben. Durch die Kette der aufeinander folgenden Ausbaumaßnahmen mit ihren nicht kompensierbaren Auswirkungen wird die Natur mit jeder Maßnahme stärker beeinträchtigt. Letztlich wird mit der Genehmigung weiterer Vorhaben gegen Artikel 20a des Grundgesetzes verstoßen, wonach der Staat verpflichtet ist, die natürlichen Lebensgrundlagen zu erhalten.

### **Schlussfolgerung**

Heute sind viele der für diesen Naturraum typischen Tier- und Pflanzenarten sowie Lebensräume der norddeutschen Flussmündungen stark gefährdet und z.T. vom Aussterben bedroht. Dazu gehören:

#### **Lebensräume**

- gefährdete Lebensräume wie Schilfröhricht,
- stark gefährdete Lebensräume wie Brackwasserröhricht, Brackwasserhoch-staudenflur, Salzwiese sowie Tideweichholzaue und
- vom Aussterben bedrohte Lebensräume wie Tidehartholzaue,

#### **Fischarten**

- stark gefährdete Flussneunaugen und Meerforellen,
- vom Aussterben bedrohte Meerneunaugen und Lachse, die nach der europäischen FFH-Richtlinie geschützte Finte sowie

#### **Brutvögel**

- gefährdete Brutvögel wie Rohrweihe,
- stark gefährdete Brutvögel wie Rohrschwirl, Flussseeschwalbe und Schilfrohrsänger und
- vom Aussterben bedrohte Brutvögel wie Rohrdommel und Lachseeschwalbe

**Nahrungsgäste** wie der vom Aussterben bedrohte Alpenstrandläufer.

Einige Fischarten wie Alse, Schnäpel, Stör und Zährte gelten bereits als verschollen.

Jede weitere Verschlechterung der Lebensbedingungen für die gefährdeten und zum Teil vom Aussterben bedrohten Arten vermindert die mittel- und langfristigen Überlebenschancen.

Fünf bzw. sechs Ausbauten haben aus vielfältigen Landschaftsbildern zweier norddeutscher Flussmündungen mit einer Vielzahl von Lebensräumen innerhalb von ca. 120 Jahren monotone Schifffahrtsstraßen gemacht. Die landwirtschaftliche Nutzung der Vorländer sowie Vordeichungen haben zusammen mit den Flussausbauten dazu geführt, dass die natürlichen Lebensräume und Strukturen der Flussmündungen nur noch in Restbeständen vorkommen. Neben der Bedrohung der Arten- und Biotopvielfalt ist heute das Landschaftsbild einer natürlichen Unterelbe oder -weser kaum noch vorstellbar. Sollte die Kette von Flussausbauten auch in Zukunft fortgesetzt werden, werden künftige Generationen eine erheblich artenärmere Umwelt vorfinden. So

benötigt die vom Aussterben bedrohte Rohrdommel als Lebensraum großflächige ungestörte Röhrichtbestände, die jedoch bei jeder Vertiefung verkleinert werden und so den Vögeln die Lebensgrundlage zerstört wird. Auch die Lachseeschwalbe ist vom Aussterben bedroht. Sie brütet auf vegetationsfreien Flächen, die durch die Vertiefungen und den Anstieg der Wasserstände häufiger überschwemmt werden. Wenn sie in ihren Brutgebieten keinen Bruterfolg mehr hat, stirbt diese Art auch aus. Noch können durch Renaturierungsmaßnahmen aus Restbeständen gefährdeter Lebensräume sowie Tier- und Pflanzenarten wieder stabile Populationen entwickelt werden. Mit der Entscheidung über weitere Vertiefungen von Elbe und Weser und die Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen wird auch darüber entschieden, welche Vielfalt der Natur zukünftige Generationen erleben können.

### **Küstenschutzrelevante Risiken**

Die geplanten Vertiefungen führen nicht nur zu umweltrelevanten Risiken, sondern sie verändern auch die Rahmenbedingungen für den Küstenschutz und die Deichsicherheit entlang der Reichweite der Tidewelle bis ins Landesinnere.

An unseren Küsten nehmen Häufigkeit und Schwere der Sturmfluten zu. Als Gründe hierfür kommen der säkulare Meeresspiegelanstieg, periodische meteorologische Schwankungen und ein sich abzeichnender Klimawandel in Frage.

Besonders betroffen von diesen Entwicklungen sind die landeinwärtigsten Bereiche der Flussmündungen, wo sowohl die Häufigkeit als auch die Schwere der Sturmfluten überproportional ansteigen. Der Anstieg der Sturmflutwasserstände in Hamburg ist zu 20% auf die Flussvertiefungen, zu 66% auf Eindeichungen und zu 13% auf den Bau von Sperrwerken in den Nebenflüssen zurückzuführen.

Dem gegenüber stehen die Ergebnisse der fachgutachterlichen Einschätzungen über den Einfluss der geplanten Vertiefungen. Sie prognostizieren eine durchschnittliche Scheitelwasserstandserhöhung von 1 cm und scheinen sich damit in einem akzeptablen Rahmen zu bewegen. Erfahrungen mit der Entwicklung der Wasserstände an der Elbe stellen die Plausibilität dieser Prognosen allerdings in Frage.

Des Weiteren stellt sich die grundsätzliche Frage, ob nicht in einer Zeit, in der verschiedene Entwicklungen die Ansprüche an unseren Küstenschutz erhöhen und deren Ausmaße noch nicht endgültig absehbar sind, alle baulichen Veränderungen zu unterlassen sind, wenn sie in irgend einer Form die Sicherheitsreserven unseres Küstenschutzes angreifen.

Im Zuge des Klimawandels wird mit einem vermehrt ansteigenden Meeresspiegel an unserer Küste gerechnet. Dadurch wird der schon lange beobachtbare und in Deichbemessungen berücksichtigte Meeresspiegelanstieg, der auf 20 cm in hundert Jahren beziffert wird, in den kommenden 100 Jahren um vermutlich 40 - 60 cm ansteigen. Zusätzlich wird mit einer Zunahme der Sturmfluten und der Niederschläge gerechnet. Letztere werden sich im Winterhalbjahr konzentrieren und dann zu vermehrten Oberwasserabflüssen führen. Das erhöht die Wahrscheinlichkeit des Aufeinandertreffens von Sturmflut und Binnenhochwasser.

Allein unter Betrachtung des durch die zurück liegenden Vertiefungen verursachten Anstiegs des Mittleren Tidehochwassers (MThw) ergibt sich unter der Vermutung vergleichbarer Auswirkungen der seitdem erfolgten und geplanten Vertiefungen ein summierter Anstieg des MThw um bis zu 10 cm, der allein auf die jüngsten Maßnahmen zurück zu führen ist. In Bezug zu dem bislang angenommenen säkularen Anstieg des Meeresspiegels von 20 cm pro 100 Jahren entspricht eine Erhöhung des MThw um 10 cm einem Zeitraum von einem halben Jahrhundert, um den wir unsere Ästuare in die Zukunft katapultieren.

Fahrwasservertiefungen öffnen durch ihre glättende Wirkung auf die hydraulische Rauigkeit der Flussmündungen den einlaufenden Tideenergien ein weites Einfallstor, so dass diese mit kaum verminderter Wucht bis zur Tidegrenze durchschwingen können. Ein größerer Fließquerschnitt lässt größere Wassermengen, mit größerer Fließgeschwindigkeit einschwingen. D.h., je stärker die Flussunterläufe ausgebaut sind, desto ungehinderter können die Wassermassen aus der Nordsee in den Fluss eindringen. Damit konditionieren wir unsere Ästuare schlecht auf die in Zukunft zu erwartenden erhöhten Ansprüche an den Küstenschutz.

Wenn die durch Fahrwasservertiefungen verursachten veränderten Sturmflutabläufe auch nicht zu akuten Gefährdungen führen, so muss doch zumindest das

Aufbrauchen der Sicherheitsreserven, das zwangsläufig zu zusätzlichen Deichsicherungsmaßnahmen und zu früher anstehenden Deicherhöhungen führen wird, als Kostenfaktor in die Nutzen-Kosten-Analysen solcher Maßnahmen eingehen.

Angesichts der massiven ökologischen Auswirkungen, die eine weitere Flussvertiefung von Unterelbe, Unterweser und Außenweser mit sich bringen würden und der Risiken für den Küstenschutz, sollte auf den weiteren Ausbau der Flussmündungen verzichtet werden.

## 1. Einleitung

Seit Ende des 19. Jahrhunderts wurden die Unterläufe von Elbe und Weser massiv für die Schifffahrt ausgebaut. Die Unterelbe wurde dabei ausgehend von den ursprünglich variierenden Wassertiefen, die bei Hamburg vor 1850 bis zu 2 m betragen, im 6. großen Ausbauschnitt 1991 - 2000 auf SKN (Seekartennull) – 14,4 bis 15,3 m vertieft. Die Unterweser wurde von einer ursprünglichen Tiefe von ebenfalls um die 2 m im Bereich von Bremen vor 1880 in den Jahren 1972 – 1976 im 5. großen Ausbauschnitt auf SKN – 9,1 m vertieft und die Außenweser wurde zuletzt 1998 auf SKN – 14 m ausgebaut. Diese Ausbaumaßnahmen an den Unterläufen dieser beiden größten deutschen Nordseeästuare haben zu starken morphologischen, hydrologischen und biologischen Veränderungen geführt. Aus den vielgestaltigen, geschwungenen Flussunterläufen mit zahlreichen Inseln, Platen und Nebengewässern sind schnellfließende, strukturarme Wasserstraßen mit entsprechend negativen Auswirkungen für die Umwelt geworden.

Aktuell plant Hamburg einen weiteren Ausbau der Unter- und Außenelbe auf 16 m unter SKN und Bremen eine weitere Vertiefung der Außenweser auf SKN - 15,5 m bis Bremerhaven sowie der Unterweser bis Brake auf SKN – 10,1 m und flussaufwärts bis Bremen auf SKN – 9,7 m.

Anlässlich der Neuauflage des Bundesverkehrswegeplanes soll diese Studie prüfen, welche ökologischen Risiken mit den aktuellen weiteren Ausbauplanungen für die Unterläufe von Elbe und Weser verbunden und ob sie aus ökologischer Sicht tolerierbar sind.

Die Vorgehensweise erfolgt hierbei in Anlehnung und Ergänzung an einen von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) entwickelten Entwurf der Methode zur Umweltisikoabschätzung (URE) für Ausbaumaßnahmen an Bundeswasserstraßen (BfG, 2000). Dazu gehört die Beschreibung des geplanten Projekts, des betroffenen Raumes sowie der in diesem Raum befindlichen und durch die Maßnahmen möglicherweise tangierten Schutzgüter (z. B. Mensch, Tiere, Pflanzen, Boden, Kulturgüter, Wasser etc.).

Den speziellen Ausführungen zur Elbe und Weser wird ein methodenkritisches Kapitel vorangestellt, weil aus

naturschutzfachlicher Sicht die Methodik des Bewertungsverfahrens, nach dem die URE (BfG, 2000) erstellt wird, nicht ausreicht, um mögliche Konfliktpotenziale vollständig auszuloten. Trotz der Kritikwürdigkeit dieses Bewertungsverfahrens orientiert sich diese Studie dennoch an dieser Methodik, um eine Vergleichbarkeit zwischen den Ergebnissen dieser Studie und den behördlichen Umweltrisikoplanungen für die geplanten Flussausbauten zu gewährleisten.

## 2. Umweltrisikoeinschätzung

Hier soll kurz umrissen werden, nach welcher Methodik eine URE nach dem derzeit angewandten Verfahren zu Einschätzungen der mit einem Ausbauprojekt an einer Bundeswasserstrasse einhergehenden Umweltrisiken kommt. Ausführlich beschrieben ist diese Methodik im Entwurf der BfG (BfG, 2000).

Ausgangspunkt der URE ist die Beschreibung des einzuschätzenden Projektes. Sie enthält Angaben über Standort, Art und Umfang der Baumaßnahmen, ihren Bedarf an Grund und Boden sowohl für die direkten Eingriffsbereiche als auch für Baubetriebsbereiche, Transportwege und Lagerflächen, Beschreibungen der einzusetzenden technischen Verfahren und eine Einschätzung über die zeitliche und räumliche Erstreckung des Bauablaufes.

Ergänzt wird die Projektbeschreibung mit Prognosen bezüglich zu erwartender Langzeiteffekte wie z. B. zukünftiger Unterhaltungsbedarf sowie bezüglich Art, Menge, Verbringungs- und Vermeidungsmöglichkeiten des zu erwartenden Aushubes, Baggergutes und anderer zu entsorgender Reststoffe.

Als zweiter Schritt schließt sich die Ermittlung der tangierten Schutzgüter und damit einhergehend die Abgrenzung des betrachteten Wirkungsraumes an. Die ermittelten Schutzgüter werden anhand der Beschreibung und Bewertung ihres Ist-Zustandes in einer fünfstufigen Skala nach ihrer Raumbedeutung taxiert. Dies beinhaltet die Berücksichtigung der im Untersuchungsgebiet anzutreffenden Ausprägungen des jeweiligen Schutzgutes und ihre relative Wertigkeit in Bezug auf Häufigkeit (respektive Seltenheit, Gefährdung) dieser Ausprägung, ihrer Bedeutung für naturrelevante Prozesse oder auch ihrer menschlichen Wertschätzung. Die

Raumbedeutungsskala reicht von A (gering) bis E (sehr hoch).

Nach der Prognose der mit dem Projekt einhergehenden Belastungen für die Schutzgüter erfolgt deren Einstufung in eine dreistufige Belastungsskala. Sie reicht von Belastungsgrad I (gering) bis Belastungsgrad III (hoch) Durch die Zusammenführung der letzten beiden Arbeitsschritte erhält man in Form einer 5x3-Matrix die formalisierte Darstellung (Tabelle2) des erwarteten Risikos für das jeweils betrachtete Schutzgut.

Es schließt sich eine fachgutachterliche Einschätzung möglicher Wirkzusammenhänge zwischen einzelnen Schutzgütern und deren projektbedingten Belastungen an. Am Ende stehen Hinweise, die in der weiteren Planung helfen sollen, Umweltbelastungen zu vermeiden respektive zu vermindern.

Tabelle 2: Ermittlung des Umweltrisikos in der 5 x 3 – Matrix nach dem Methodik – Entwurf bei BfG (2000)

Belastungsgrad	I (gering)	II (mittel)	III (hoch)
<b>Raumbedeutung</b>			
A (sehr gering)	1	1	3
B (gering)	1	2	3
C (mittel)	2	3	4
D (hoch)	3	4	5
E (sehr hoch)	3	5	5

Umweltrisiko, Bewertung der Matrixfelder	
Gruppe	Bewertung
1	Kein erkennbares entscheidungserhebliches Umweltrisiko.
2	Entscheidungserhebliche Umweltrisiken sind zu erwarten. Sie können weitgehend vermieden bzw. minimiert werden. Mit Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
3	Entscheidungserhebliche Umweltrisiken sind zu erwarten. Sie können nur teilweise vermieden bzw. minimiert werden. Mit umfangreichen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
4	In wesentlichen Untersuchungsgebietsflächen bzw. bzgl. mehrerer Schutzgüter/Teilkomplexe sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die nur teilweise und mit erheblichem Aufwand vermeidbar, minimierbar bzw. ausgleichbar sind. Mit umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
5	In großen Untersuchungsgebietsflächen bzw. bzgl. der meisten Schutzgüter/Teilkomplexe sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten. Vermeidungs-, Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind nicht immer möglich. Mit sehr umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.

### 3. Methodenkritik

Die Umweltrisikoeinschätzung (URE) ist ein Element der Planung und Konzeption in behördlich getragenen Bauvorhaben, die einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) bedürfen. Ziel einer URE ist es, bereits zu einem frühen Planungsstadium einzuschätzen, mit welchen Umweltrisiken ein Projekt behaftet sein wird, wie diese zu vermeiden bzw. zu minimieren sein könnten und nicht zuletzt, welches Konfliktpotential dem betrachteten Projekt innewohnt.

Für Projekte an Bundeswasserstrassen hat die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Naturschutz (BfN) die Anforderungen an eine URE entworfen (BfG, 2000). Diese orientieren sich konzeptionell eng an der UVU, gehen aber entsprechend dem frühen Planungsstadium inhaltlich nicht so weit wie diese und erfordern auch keine eigenen Felduntersuchungen.

Durch die enge konzeptionelle Bindung an die UVU beinhaltet die URE auch deren entscheidende Schwachpunkte. Zwar sind Untersuchungsansätze und Bearbeitungsbreite in der Regel ausreichend, um die Schwere des Eingriffes einordnen zu können. Entscheidende Schwachpunkte sind jedoch:

- Das Heranziehen der Status-quo-Analyse als Bezugsebene für die Bewertung der Schwere des Eingriffes und dessen Ausgleichs- und Ersatzbedarfes,
- Die mangelnde bzw. fehlende Herstellung von räumlichen bzw. zeitlichen Zusammenhängen mit weiteren Eingriffen, deren Effekte in Wirkungszusammenhängen mit der zu betrachtenden Maßnahme stehen und
- Die fehlerhafte Ermittlung der Raumbedeutung einzelner Schutzgüter durch Mittelung über das gesamte Betrachtungsgebiet.

#### 3.1 Bewertungsgrundlage für die eingriffsbedingten ökologischen Auswirkungen

Da die Erkenntnisse in UVU und URE auf die Status-quo-Analyse projiziert werden, ergibt sich in vielen Fällen eine Verzerrung der Bewertungsmatrix zu ungunsten des Naturschutzes.

Dies fällt wenig ins Gewicht, wenn es sich um einmalige Eingriffe, wie beispielsweise der Bau einer Straßentrasse durch eine Feuchtwiese handelt. Hier ergäbe die Status-quo-Analyse den Wert und die Raumbedeutung der Feuchtwiese und den aus der Schwere des Eingriffes resultierenden Ausgleichs- und Ersatzbedarf.

Versagen muss dieses Konzept bei Ketteneingriffen, also bei aufeinander folgenden Maßnahmen mit vergleichbaren Folgen in ein und demselben Naturraum, wie es bei den hier betrachteten Flussvertiefungen der Fall ist. Sowohl die Elbe als auch die Weser haben eine ganze Serie von Vertiefungen erfahren. Das hat zur Folge, dass der Bewertungsbezug, nämlich der aktuelle Status quo des Ästuarraumes, ebenso veränderbar wird wie der bauliche Zustand des Gewässers.

Dadurch geraten zwangsläufig immer mehr ursprüngliche Naturfunktionen des Ästuars aus der Reichweite dieser Bewertungsebene, denn die Untersuchungen beziehen sich in ihren Beurteilungen mit jeder weiteren Ausbaustufe auf einen immer weiter vom ursprünglichen Zustand entfernten Status quo. Ergebnis ist ein fortschreitendes Zementieren immer naturfernerer Zustände und, je mehr Maßnahmen aufeinander folgen, eine sich automatisiert verstärkende Tendenz zur Unterkompensation der Eingriffe. Dadurch werden die Eingriffe in ihrer wachsenden Anzahl zunehmend „billiger“, da mit immer geringerem Kompensationsbedarf behaftet.

Das gilt insbesondere deshalb, weil im Falle von Flussvertiefungen im Tidebereich mit der Veränderung des Wasservolumens, der Brackwassergrenze und des Tidehubes Folgen eintreten, die durch landschaftspflegerische Begleitmaßnahmen weder verringert noch in ihren Auswirkungen gemildert werden können. Das aber wäre Ausgleich im Sinne des Gesetzes. Was im Zuge der jüngeren Ausbaumaßnahmen umgesetzt wurde, entspricht ausschließlich Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, die negative Auswirkungen der Maßnahmen in Bezug auf den aktuell vorgefundenen Zustand kompensieren sollen, während mit jedem Eingriff tatsächlich ein immer naturfernerer Zustand erreicht wird. Das Ergebnis ist aus naturschutzfachlicher Sicht fatal, wie am Beispiel der Unterweser ersichtlich: Den scharfgrenzig abgegliederten Kompensationsflächen mit teilweise durchaus bedeutendem Wert steht die völlig überprägte, überdimensional ausgebaute Strom-

rinne gegenüber, die einen großen Teil ihrer Funktionen im Naturhaushalt und darüber hinaus übrigens auch einen Teil ihrer wirtschaftlichen Potenz, wie am Niedergang der Fischerei ersichtlich, eingebüßt hat.

Dabei können die nicht zusammenhängenden, weil projektbezogen ermittelten und konzipierten Kompensationen, auch wenn sie für sich gesehen ganz erfreuliche Entwicklungen nehmen, diese verloren gehenden Funktionen eben nicht kompensieren. Nebenbei bemerkt wird die Bedeutung bzw. der Erfolg einer Kompensationsmaßnahme zumeist ebenfalls an dem aktuellen Zustand des Umfeldes eingeordnet und nicht nach Art und Umfang der ursprünglichen ökologischen Funktionen des betroffenen Naturraumes.

Um diesem Missstand zu begegnen, muss ein anderer Bewertungsrahmen herangezogen werden als der aktuell vorzufindende Status quo. Die EU-Wasserrahmenrichtlinie (AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2000) fordert für Fließgewässer das Heranziehen eines aus wissenschaftlichen Erkenntnissen rekonstruierten Referenzzustandes der Landschaft vor jeglichem Eingriff des Menschen. Bei den hier vorliegenden „heavily modified waterbodies“, als welche das Weser- und das Elbeästuar im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie eingestuft werden könnten, ist die Rekonstruktion des ursprünglichen Zustands schwierig. Allerdings läßt sich die Struktur und Morphologie der Gewässerläufe weitgehend anhand historischer Karten sowie der ersten entscheidenden Ausbaupläne nachvollziehen. Anhand alter Literaturquellen lassen sich auch wichtige Teile der Lebensgemeinschaften und -räume rekonstruieren, so dass sich die Funktionen der Stromrinnen mit ihren Nebengewässern und der Aue bis zur Deichlinie des 19. Jahrhundert ebenfalls in hohem Umfang zumindest qualitativ bestimmen lassen (quantitative Angaben sind erheblich schwieriger). Problematischer die Rekonstruktion einer Naturlandschaft für die Bereiche, die bereits seit über 150 Jahren eingedeicht und vom Menschen größtenteils landwirtschaftlich genutzt werden.

Bei diesem Bewertungsansatz darf die Rekonstruktion eines Referenzzustandes als Bewertungsmaßstab nicht mit der Zielsetzung einer Renaturierung zum Erhalt der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes gleichgesetzt werden. Bei der Definition von Entwicklungs- bzw. Renaturierungszielen müssen die heutigen Rahmenbe-

dingungen und die Nutzungsansprüche des Menschen berücksichtigt werden.

Bewertungsmaßstab dieser Studie ist die einigermaßen bekannte und ausreichend dokumentierte Situation der Ästuar unmittelbar vor Beginn der vertiefenden Ausbauten im 19. Jahrhundert, obwohl da bereits durch Deichbau und Entwässerung massiv in den Naturraum eingegriffen wurde. Durch dieses Vorgehen soll gewährleistet werden, dass Veränderungen des Status quo nicht zu veränderlichen Einschätzungen des eingriffbedingten Umweltrisikos führen.

Referenzzustand für die Bewertung von Eingriffen ist also weder die im engen Sinne unberührte Natur, noch die bereits weitgehend zerstörte bzw. überformte Landschaft, wie wir sie in und an den Unterläufen von Weser und Elbe aktuell vorfinden.

Es steht außer Frage, dass an den Unterläufen unserer Flüsse dringender Renaturierungsbedarf besteht. Eine Renaturierung kann aber nur anhand eines zielgerichtet verfolgten Rahmenplanes für den gesamten Fluss und alle seine Zuläufe erfolgreich verwirklicht werden. Ein erster Schritt in diese Richtung ist die EU-Wasserrahmenrichtlinie, die erstmals das Einzugsgebiet des Fließgewässers als Betrachtungsebene vorschreibt und zielgerichtete Definitionen für einen „ökologisch guten Zustand“ sowie ein mit Zeithorizonten versehenes Konzept zum Erreichen dieses Zustandes verlangt. Dies gilt inklusive des Verschlechterungsverbotes auch für „erheblich veränderte Gewässer“, deren „gutes ökologisches Potential“ gesichert, wiederhergestellt und zielgerichtet verbessert werden muss (AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2000). Das sollte zum Anlass genommen werden, um die Eingriffsregelungen zu modernisieren.

### **3.2 Räumliche und zeitliche Wirkungszusammenhänge mit anderen Eingriffen**

Eine UVU, und damit auch die URE, ist grundsätzlich projektbezogen, denn sie ist eine Bringschuld des Projektträgers bei umweltrelevanten Vorhaben. Doch durch eine zu stark auf das jeweilige Projekt fokussierte Betrachtungsweise gehen mitunter räumliche und/oder zeitliche Wirkungszusammenhänge mit anderen Eingriffen im betrachteten Naturraum verloren. So passiert

es beispielsweise, dass nahezu zeitgleich projektierte bzw. durchgeführte Vorhaben mit vergleichbaren und sich sogar verstärkenden Effekten in den jeweiligen UVUen kaum in Bezug gesetzt werden. Beispiel hierfür sind die getrennten Untersuchungen für Vertiefungen an Unter- und Außenweser. Deren Effekte, z. B. auf die Tidewasserstände und den Tidehub, verstärken sich gegenseitig in Richtung naturfernerer Zustand. Dennoch fließen die Effekte des vorangehenden Projektes als Status quo in die UVU des nächsten Projektes ein, obwohl sich diese Vorhaben mehrfach zeitlich nicht nur aneinander reihen, sondern sich teilweise sogar überschneiden.

Abhilfe schafft hier neben der oben beschriebenen Einführung eines anderen Bewertungsbezuges die Einführung einer Zeitschiene als Untersuchungsgegenstand in die UVU und die URE, die das zu bewertende Projekt in einen Zusammenhang mit zurückliegenden, laufenden und angedachten Maßnahmen setzt. Anders kann die Nachhaltigkeit eines Projektes überhaupt nicht beurteilt werden.

Die Projizierung der vorhabenbedingten Auswirkungen in zukünftige Entwicklungen muss dabei selbstverständlich zu erwartende Veränderungen der Eingangsparameter aus der Status-quo-Analyse beachten. Für die hier betrachteten Flussvertiefungen bedeutete dies beispielsweise die unerlässliche Berücksichtigung der sich klimabedingt verändernden Wind- und Niederschlagsereignisse und des beschleunigten Meeresspiegelanstieges.

### **3.3 Ermittlung der Raumbedeutung einiger Schutzgüter**

Den im Untersuchungsgebiet einer UVU / URE von dem Vorhaben betroffenen Schutzgütern (z. B. Mensch, Fauna, Vegetation, Wasser, Klima, Boden, Kultur- und Sachgüter etc.) wird anhand einer bewertenden fachgutachterlichen Betrachtung eine Raumbedeutung in einer fünfstufigen Wertskala (A – E) beigemessen. Sie ist von entscheidender Bedeutung für die Ermittlung des Umweltrisikos in einer URE.

Die Ermittlung der Raumbedeutung erfolgt jedoch mitunter durch eine Mittelung zwischen den verschiedenen Ausprägungen des Schutzgutes entlang des Untersuchungsgebietes. Wird beispielsweise die Raumbedeu-

tung des Schutzgutes Landschaftsbild im Unterweserraum ermittelt, so stehen sich einerseits naturraumtypische Landschaftsausprägungen wie Salzwiesen oder Watten mit höchster Raumbedeutung (Wertstufe E) und andererseits Industrie- und Hafenanlagen mit eher geringer Bedeutung für das Landschaftsbild (Wertstufe A) gegenüber.

In der mittellenden Bewertung ergibt sich eine Raumbedeutung, die insgesamt vielleicht noch als hoch eingestuft wird, aber der Bedeutung der sehr hochwertigen Flächen nicht mehr gerecht wird. De facto wird dadurch die Raumbedeutung der hochwertigen Flächen durch das gleichzeitige Vorhandensein bereits stark beeinträchtigter Flächen herabgesetzt, und das umso mehr, je seltener und geringflächiger die hochwertigen Bereiche sind. Dabei ist die landschaftsbildliche Bedeutung, beispielsweise von Hafenanlagen, durch Flussvertiefungen nicht im geringsten betroffen.

Ein Schutzgut, dessen Ausprägung im Untersuchungsgebiet heterogen verteilt ist, sollte daher nur Berücksichtigung in der höchsten Raumbedeutung finden, welche für eine betroffene Ausprägung dieses Schutzgutes ermittelt werden konnte. Jede andere Verfahrensweise wird dem Anspruch dieser Untersuchungen, nämlich der Ermittlung der Umweltrelevanz eines Vorhabens, nicht gerecht.

## 4. Ökologische Risikoanalyse für den Ausbau der Unterweser

### 4.1 Projektbeschreibung

Durch erneute Vertiefungsarbeiten soll die Unterweser als Bundeswasserstrasse für Schiffe mit größerem Tiefgang als bisher passierbar werden. Bisherige Sollsohlentiefe aus der letzten Vertiefung 1972 – 1979 ist SKN (Seekartennull) – 11 m von Bremerhaven bis Nordenham, dann stromaufwärts bis Vegesack SKN – 9,10 m, um dann bis zu den Einfahrten der stadtbremischen Häfen wieder SKN – 9,60 m zu erreichen.

Nach Abschluss der nun projektierten Vertiefung soll von den bei Nordenham (km 56,5) anliegenden SKN – 11 m stromauf bis Brake (km 40) bis auf die geplante Sollsohle auf SKN – 10,10 m gebaggert werden. Von Brake stromauf bis Vegesack (km 18) ist eine Vertiefung um 60 cm auf SKN – 9,70 m vorgesehen.

Abb. 1 verdeutlicht die verschiedenen Sohllagen der Unterweser im Verlaufe der bisherigen Ausbaustufen. Die Sollsohle der aktuellen Vertiefungsplanungen ist skizziert.

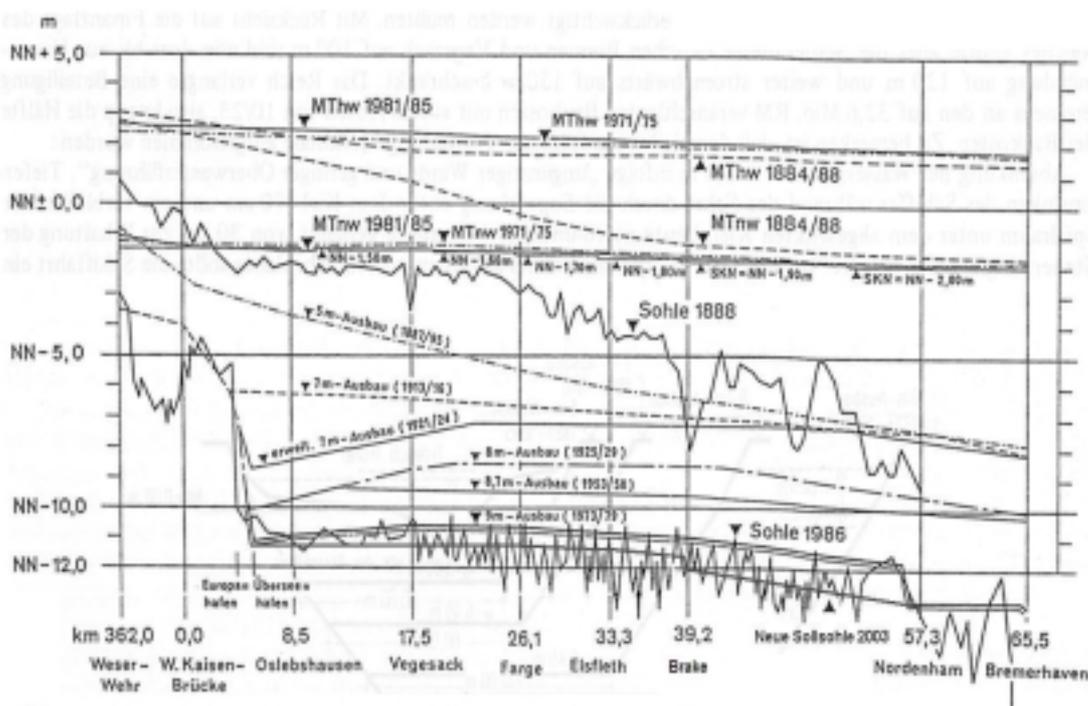


Abb. 1: Ausbaustufen der Unterweser mit Entwicklung der Mittleren Tidewasserstände. Verändert nach WETZEL (1987)

### 4.1.1 Geografische Ausdehnung

Die unmittelbaren Baumaßnahmen erstrecken sich in der Unterweser von Vegesack (km 18) bis Bremerhaven (km 65). Hinzu kommen die benötigten Baggergut-Klappstellen und die Transportstrecken dorthin. Um die Transportstrecken möglichst kurz zu halten, werden vermutlich die südlichsten der nach HABAK zugelassenen Klappstellen im Bereich der Außenweser angefahren, z. B. im Bereich Langlütjensand und Robben-nordsteert.

Die umweltrelevanten Auswirkungen betreffen aber ein weit größeres Gebiet, in erster Linie durch die zu erwartenden Veränderungen in Tidewasserständen und Tidehub. Untersuchungsgebiet dieser Expertise ist daher der gesamte Unterweserraum mit seinen Marschen zwischen den Geestkanten der Stader Geest im Osten, der Wildeshauser Geest im Süden und der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest im Westen. Im Strom selber wird das Untersuchungsgebiet begrenzt durch die Klappstellen im Norden und das erste Tidewehr in Bremen-Hemelingen im Süden. Hinzu kommen die Läufe der Nebenflüsse bis zur jeweiligen Tidegrenze.

### 4.1.2 Zu erwartender Umfang der Projektmaßnahmen

Die anfallenden Baggergutmengen sind zunächst unbekannt und ergeben sich daher aus eigenen Volumenberechnungen. Berücksichtigt wurde die Lauflänge der Vertiefung, ihr Ausmaß sowie die aktuelle Sohlbreite von 100 m. Hinzu kommt eine unkalkulierbare Menge Material, das aus der steiler werdenden Böschung nachsackt, sowie aufgrund der Tidedynamik unmittelbar während der Baggararbeiten wieder eingebrachtes Material. Bei der letzten Außenweservertiefung wurde aufgrund dieser Phänomene mit der 1,5-fachen Baggermenge gerechnet (BFG, 1994). Demgegenüber stehen in ihrem Ausmaß unbekannte Übertiefen, die die anfallende Baggergutmenge reduzieren. Präzisere Berechnungen sind nur mittels aktueller Peildaten über den derzeitigen Zustand der Sohle zu erstellen, die hier jedoch nicht vorliegen. Da diese beiden Phänomene entgegengesetzt wirken, sollte die reine Volumenrechnung wie oben beschrieben eine ausreichend präzise Schätzung der tatsächlich anfallenden Mengen ergeben.

- Anpassung der Sohle von km 8 (Bremen Stahlwerkehafen, wo SKN – 9,60 m anliegen) bis km 18 (Vegesack). Entnahme von  $(10.000\text{m} \times 100\text{m} \times 0,6\text{m}) : 2$  (wegen Keilform) =  $300.000\text{m}^3$  Sand, meist Fein – Mittelsand;
- Tieferlegung der Sohle um 0,6 m zwischen km 18 (Vegesack) und km 40 (Brake). Entnahme von  $22.000\text{m} \times 100\text{m} \times 0,6\text{m} = 1,32$  Mio.  $\text{m}^3$  Sand, meist Fein – Mittelsand;
- Tieferlegung der Sohle von km 40 (Brake) bis km 55 (Nordenham) um 1m. Entnahme von  $15.000\text{m} \times 100\text{m} \times 1\text{m} = 1,5$  Mio.  $\text{m}^3$  Sand und zu geringeren Teilen schllickiges Material aus dem Bereich Nordenham.

Zusammengefasst ergibt sich ein geschätztes Baggergutvolumen von 3,12 Mio.  $\text{m}^3$  zum größten Teil sandigen Materials. Die Verwertung dieses Materials ergibt sich aus der Notwendigkeit von Auffüllungen in Auskolkungen, aus Nutzungsinteressen Dritter (Sandhandel) oder der Durchführung von Strandvorspülungen. Das schluffige bis schllickige Bodenmaterial aus dem Bereich Nordenham bis Bremerhaven ist nicht von wirtschaftlichem Interesse und müsste demnach an den vermuteten Klappstellen verklappt werden.

## 4.2 Beschreibung des betroffenen Raumes und Rolle im Naturhaushalt

### 4.2.1 Geografische Lage, Ausdehnung

Das beschriebene Projekt betrifft in erster Linie den tidebeeinflussten Teil der Unterweser, der beim Weserwehr in Bremen-Hemelingen beginnt und bei Bremerhaven (km 65) in die Außenweser übergeht. Hinzu kommen die vorgesehenen Klappstellen für Baggergut in der Außenweser (km 72 und 82) und die in diesem Bereich der Weser zufließenden Nebengewässer. Letztere umfassen sowohl die ihrerseits tidebeeinflussten Bereiche der Nebenflüsse Geeste, Lune, Lesum (Hamme, Wümme), Hunte und Ochtum sowie über Siele oder Schöpfwerke an die Weser angeschlossene Sieltiefs und sonstige Vorfluter.

An Landfläche umfasst das Untersuchungsgebiet einerseits die Vordeichsflächen an Unterweser und Nebenflüssen sowie in einigen Betrachtungen auch das Binnenland der Unterwesermarsch, welche begrenzt wird

durch die Geestkanten der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest im Westen, der Wildeshäuser Geest im Süden und der Stader Geest im Osten.

#### 4.2.2 Marschenland der Binnendeichsflächen

Die Kulturlandschaft der Unterwesermarsch ist in erster Linie als weitgehend baumloses Grünland ausgeprägt. Dieses wird zum Zwecke der Zu- und Entwässerung von einem dichten Grabennetz durchzogen und parzelliert. Diese Gräben sind mit Vorflutern („Sieltiefs“) verbunden, die ihrerseits mittels Siel- und/oder Schöpfwerken direkt in die Weser oder in einen ihrer Nebenflüsse einleiten und entnehmen (KRAFT & STEINECKE, 1999).

Über dieses Grabensystem wird nicht nur oberflächlich abfließendes Niederschlagswasser abgeschlagen, sondern im wesentlichen über den Wasserstand auch der Grundwasserspiegel eingestellt. Letzteres ermöglicht der Landwirtschaft Nutzungsformen mit Einsatz schweren Gerätes bis hin zum Ackerbau, welche ohne Grundwasserregulierung in diesem Naturraum nicht möglich wären.

Nötig und in großem Umfang überhaupt erst möglich wurde diese Form des Wassermanagements erst mit dem Herstellen geschlossener Deichlinien, die den Wasserstand in der Fläche von jenem in der Weser fortschreitend emanzipierten. Der Bau der Deiche folgte dabei entsprechend der für Flachlandflüsse typischen Topografie der jungen, hoch liegenden Marsch (VON LIEBERMANN & MAI, 1999). Diese liegt, bedingt durch die Häufigkeitsverteilung unterschiedlich weit in die Aue reichender Überschwemmungsereignisse und die dadurch zur Flussseite hin zunehmende Sedimentation relativ flussnah.

Die flussferne, ältere Marsch liegt tiefer und neigt demnach natürlicherweise zur Niedermoorbildung. Durch Abtorfung und Entwässerung dieses der Geest vorgelagerten Niedermoorgürtels kam es großflächig zu Sackungen, so dass diese Bereiche nunmehr bis über 1 m unter NN liegen (KRAFT & STEINECKE, 1999).

Entlang der Deichlinien entstanden kaum unterbrochene Aneinanderreihungen von bäuerlichen Siedlungen. An den Sielbauwerken entstanden zusätzlich Umschlagsplätze für Waren, die über die Sieltiefs das Binnenland erreichten oder verließen. Dort ließen sich in

der Regel auch Fischer nieder. Heute finden sich an der Unterweser und ihren Nebenflüssen Häfen von regionaler, nationaler und internationaler Bedeutung.

#### 4.2.3 Deichvorländer und Weserstrom

Die rezente Unterweseraue wird durch die Lage der Winterdeiche und das Tidewehr in Bremen-Hemelingen begrenzt und bildet die Reste der historischen Aue. Vor etwa 900 Jahren begann mit dem Bau erster Deiche die fortschreitende Trennung weiterer Marschgebiete von der Aue. Im Zuge der Weserkorrektur durch Franzius (1887 – 1895) und einer Reihe nachfolgender Ausbaumaßnahmen wurde die Unterweser in ihre aktuelle Form gebracht.

Die Gesamtfläche der Vordeichländer bis zur MThw – Linie umfasst eine Fläche von 5.515,8 ha (alle Flächenangaben nach OSTERKAMP & SCHIRMER, 2000). Von dieser Fläche ist etwa die Hälfte durch Anlage von Spülfeldern (ca. 8,6% der Vorlandfläche) oder Sommerdeichen (ca. 41% der Vorlandfläche) mit Höhen bis zu 4 m über dem MThw dem natürlichen Tideeinfluss entzogen. Der unmittelbare Einfluss der Weser durch mehr oder weniger gelegentliche Überschwemmungen ist dadurch auf etwa 2.777,5 ha beschränkt.

Insgesamt werden 82,4 % (4.545,5 ha) der gesamten Vordeichfläche vom Menschen genutzt, in erster Linie als Weide- oder Mähland, 17,6 % (970,4 ha) verbleiben für naturraumtypische Ausprägungen tidebeeinflussten Röhrichts mit Schilf-, Binsen-, Seggen- und Rohrkolbenbeständen. Nur vereinzelt finden sich Reste von Auengehölzen wie Weidengebüsche oder gar Vertreter der Hartholzaue wie beispielsweise auf dem Warflether Sand.

Die Wasserfläche ist bei MThw ca 4.000 ha groß und gibt bei MTnw 1.018 ha Wattbereiche frei. Die Niedrigwasserfläche gliedert sich in den Anteil der Stromrinne (ca. 1.730 ha) und jenen der Flachwasserbereiche (523 ha, definiert als Flächen, die bei MTnw bis zu 2 m Wassertiefe aufweisen).

#### 4.2.4 Rolle im Naturhaushalt

Im Rahmen dieser Risikoeinschätzung sind in erster Linie jene ökologischen Funktionen von Belang, die sich unmittelbar an bzw. in der Unterweser, d. h. zwischen den Winterdeichen abspielen. Hier soll unter-

schieden werden zwischen den Biotoptypen Stromrinne mit Tideeinfluss, Flachwasserzone, den Wattbereichen sowie den Vorländern, welche sich in etwa in 30 Biotoptypen untergliedern lassen.

Ausbaubedingt nimmt die Stromrinne 58 % der etwa 4.000 ha großen Gesamtwasserfläche der Unterweser ein, 14 % sind Flachwasserzonen (definiert als Bereiche mit einer Sohlentiefe bis 2 m unter MTnw) und 28 % Eulitoral/Wattflächen (definiert als Fläche bei MThw – Fläche bei MTnw, dementsprechend inklusive Steinschüttungen, Sandstrände und Schlickwatten) (Flächenangaben nach KRAFT ET AL., 1999).

### **Stromrinne**

Die Stromrinne ist in erster Linie Vorfluter des Oberwassers, welches von der Mittelweser und ihren Nebenflüssen in die Unterweser einfließt. Zur Küste hin entsteht dabei ein charakteristischer Übergang vom limnischen über einen mixohalinen (brackigen) in den euhalinen Bereich des Nordseewassers. Unter dem Einfluss der Tide und des Oberwasserzuflusses schwingt der mixohaline Bereich (die Brackwasserzone) im Ästuar sowohl tide- als auch jahresrhythmisch flussauf und flussab.

Die Grenzen dieser Brackwasserzone werden anhand des Salzgehaltes im Wasser definiert, sie werden mit 1,8 Promille Salzgehalt als Beginn der Brackwasserzone und 18 Promille als Übergang zum marinen Bereich angegeben (nach RUPERT, 1982). Sie ist natürliche Verbreitungsgrenze einerseits für viele marine Organismen, andererseits für limnische Arten. Darüberhinaus spielen sich hier eine Reihe physikochemischer Prozesse ab, die diesen Gewässerabschnitt charakterisieren. Durch das Verschieben chemisch-physikalischer Parameter beim Aufeinandertreffen des Flusswassers mit dem Meerwasser, wie z. B. die Veränderung des Salzgehaltes, des osmotischen Druckes und der Dichte des Wassers, flocken hier mitgeführte Schwebstoffe aus und sedimentieren mitsamt ihren gelösten organophilen Komponenten wie Schwermetallen, Pestiziden oder Organometallen.

Das Wasser ist in diesem Abschnitt sehr trübe, was zum Absterben des limnischen Phytoplanktons aus Lichtmangel führt. Dieses erhöht zusammen mit den an der osmotischen Schranke scheiternden Zooplanktern den organischen Fallout. Durch chemische und biologische

Zersetzungsprozesse ist der Sauerstoffbedarf in diesem Abschnitt besonders hoch, wodurch es zu Sauerstoffdefiziten im Wasserkörper kommen kann, die verstärkt bei höheren Wassertemperaturen auftreten (SCHUCHARDT, 1995).

Für eine ganze Reihe mariner und limnischer Arten bietet ein Ästuar wie die Weser Gelegenheit, trotz der oben beschriebenen Umstände durch die Brackwasserzone hindurchzuwandern und jenseits des angestammten Lebensraumes Laich-, Aufwuchs- oder Nahrungsplätze zu erreichen. Hierzu zählen beispielsweise Arten wie Aal, Flunder, Flussneunauge (Rote Liste Niedersachsen Gefährdungskategorie 2 (RL<sub>Nieders.</sub>2): stark gefährdet), Meerneunauge (RL<sub>Nieders.</sub>1: vom Aussterben bedroht), Lachs (RL<sub>Nieders.</sub>1: vom Aussterben bedroht), Meerforelle (RL<sub>Nieders.</sub>2: stark gefährdet), Stichling und Stint, aber auch Crustaceen wie die Schwebegarnele, die Speisegarnele und der Salzflohkrebs. Wieder andere Arten haben sich an eben diese schwierigen Bedingungen angepasst und sind zu speziellen Brackwasserarten geworden. Hierzu zählen z. B. *Corophium volutator*, *Gammarus salinus*, *Jaera albifrons*, *Balanus improvisus*, *Nereis diversicolor* und *Tubifex costatus* (SCHIRMER, 1995).

Der natürlicherweise fließende Übergang der Stromrinne in Bereiche mit geringerer Strömung oder gar Gegenströmung, Flachwasserbereiche, Wasserwechselbereiche, überschwemmte Röhrichte oder Wiesen ist im heutigen Zustand nicht nur unnatürlich abrupt, sondern weitgehend unterbunden. Etwa 60 % der Uferlänge sind durch Steinpackungen und Buhnen befestigt. Diese standortfremden Strukturen bieten standortfremden Organismen wie der Dreikantmuschel Substrat und ermöglichen, sofern nicht mit Beton verklammert, Makrozoobenthosorganismen im Lückensystem das Ausweichen vor Strömungsspitzen.

### **Flachwasserbereiche**

Ursprüngliche Flachwasserbereiche gibt es an der Unterweser nur noch in kleinen Bereichen des Rechten Nebenarmes am Harriersand und in der Schweiburg bei der Strohhauser Plate. Diese sind wegen des durch die Vertiefungen stark überhöhten Tidehubes auch nur zur Ebbe Flachwasserzonen im eigentlichen Sinne, um bei Flut dann bis zu 4 m hoch überspült zu werden. Hinzu kommen einige meist als Kompensationsmaßnahmen

künstlich angelegte Flachwasserzonen wie die Pastorengate, Vorder- und Hinterwerder und die kürzlich fertiggestellte Kleinsiedler Plate (km 54,5).

Flachwasserzonen unterscheiden sich von der Stromrinne durch deutlich ruhigere Strömungsverhältnisse, klareres Wasser, ausgeprägtere Tages- und Jahresgangamplituden z. B. bei der Wassertemperatur und, in ihrer historischen Ausprägung betrachtet, großflächig vorhandene submerse Makrophyten im Süßwasserbereich des Ästuars mit geringem Tidehub. Mit dieser Charakteristik sind sie geeignete Standorte für Primärproduzenten und die darauf aufbauenden Nahrungsketten, für erhöhte biologische Stoffumsetzungen wie die Denitrifikation, sie bieten Substrat und Versteck für erfolgreiches Laichgeschäft von Crustaceen und Fischen sowie Erfolg versprechende Nahrungsgrundlage für Enten-, Stelz-, Röhricht- und Watvögel sowie prädatorische Fischarten.

Die günstigen physikalischen Eigenschaften für den Eintrag atmosphärischen Sauerstoffs in das Wasser und die förderlichen Bedingungen für die Photosyntheseraten der Primärproduzenten führen zu sehr guten Sauerstoffsättigungswerten in den Flachwasserzonen, was sich über den Wasseraustausch positiv auf den Sauerstoffhaushalt des gesamten Flussabschnittes auswirkt (z. B. GÄTJE, 1992).

Wie aus historischem Kartenmaterial ersichtlich (z. B. VON SCHRENCK, 1856), war die gesamte Unterweser, in besonderem Maße unterhalb der Huntemündung, von Stromaufspaltungen mit eingelagerten Inseln, den Sänden, geprägt. Hier bestand vor Beginn der Ausbaumaßnahmen eine kaum überschaubare Vielfalt an Flachwasserbereichen im limnischen, im brackigen und im marinen Bereich.

Der Verlust an ökologischen Funktionen durch den vollständigen Verlust von Flachwasserbereichen in ihrer ursprünglichen Ausprägung ist kaum auszumessen, da selbst die heutigen, anthropogen überprägten Flachwasserzonen in ihrer ökologischen Bedeutung für das Ästuar nicht erforscht sind. Es existieren lediglich Daten aus den biologischen Erfolgskontrollen der als Kompensationen angelegten Flachwasserzonen.

Hinweise auf das Ausmaß des Verlustes geben indirekte Parameter wie der Niedergang der Weserfischerei oder das Verschwinden ehemals naturraumtypischer Arten bzw. deren Populationseinbußen. So sind von

den um die vorletzte Jahrhundertwende bekannten über 200 Flussfischereibetrieben an der Unterweser aktuell weniger als 5 übrig geblieben, welche darüber hinaus sämtlich auf zusätzlich betriebene Küstenfischerei angewiesen sind (SCHUCHARDT ET AL, 1985). Das Verschwinden von Arten wie Alse, Schnäpel, Stör und Zährte und die dramatischen Populationseinbußen beispielsweise bei Finte, Fluß- und Meerneunauge, Kaulbarsch, Lachs, und Quappe sind beredtes Zeugnis des Verlustes in der Unterweserfauna. Diese Parameter kumulieren neben der Vernichtung notwendiger Biotopstrukturen durch den Flussausbau allerdings sämtliche weiteren Belastungen, denen die Unterweser ausgesetzt ist und/oder war, wie z. B. Salzbelastung, Verschmutzung oder Überfischung (SCHUCHARDT ET AL. 1985, SCHEFFEL & SCHIRMER, 1991).

### **Wattbereiche**

Definiert als Fläche zwischen MThw und MTnw beinhaltet das Eulitoral auch die Steinschüttungen, die etwa 60 % der Uferlinie befestigen, sowie künstlich vorgespülte Sandstrände. Bedingt durch die heutige Morphologie der Unterweser ist die Ausdehnung im obersten Ästuar oberhalb We-km 30 sehr gering, bei senkrechten Spundwänden in Stadt- und Hafengebieten gleich null. Mit Beginn der Nebenarme ab km 30 bis zum Übergang in die Außenweser bei km 65 erreichen die Watten Ausdehnungen von 50 m bis über mehrere 100 m (Lunewatt). Dementsprechend liegt der Schwerpunkt bei den Brackwasserwatten gegenüber den Süßwasserwatten. Natürlich ausgeprägtes Flusswatt ist durch anthropogene Eingriffe in die Vorländer seit Beginn der Ausbauten um 36% zurückgegangen (CLAUS ET AL., 1994a).

Bedingt durch die mit den zurück liegenden Ausbauten herbeigeführten veränderten hydraulischen und morphologischen Bedingungen kommen Mischwatten und Sandwatten an der Unterweser nicht mehr bzw. nur durch künstliche Sandvorspülungen vor. Die Schlickwatten des Unterweserraumes sind dagegen Lebensraum für eine typische Endofauna, die in erster Linie aus Oligochaeten (Wenigborster) und Chironomiden (Zuckmücken) besteht (HAESLOOP & SCHUCHARDT, 1995, MEYERDIRKS, 1998). Auch Mollusken besiedeln diese Bereiche. Sie werden jedoch durch Neozoen wie *Dreissena polymorpha*, *Cobriacula fluminalis*, *Congeria*

*leucophaeta* und *Potamopyrgus antipodarum* dominiert, die mehrheitlich steinige oder sandige Substrate bevorzugen.

Analog zu den marinen Watten sind die Unterweserwatten sehr produktiv mit großen Individuendichten. Sie bilden ein wichtiges natürliches Bindeglied zwischen Fluss und Flachwasserzone einerseits und Aue andererseits. Eine große Rolle spielen sie im Stoffhaushalt des gesamten Wasserkörpers im Ästuar, beispielsweise durch biogene Abbauprozesse von Nährstoffen und ihre anreichernden Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt im Wasser. Wegen des Fehlens von Weichsubstraten im Hauptstrom leisten die Wattbereiche allein die Funktionen, die einem Vorhandensein solcher dicht besiedelter Bereiche im Fluss innewohnen. Dabei suchen größere Evertebraten, Fische und Vögel gezielt diese dicht besiedelten Bereiche zur Nahrungsaufnahme auf, wodurch der Endofauna eine Schlüsselstellung im Nahrungsnetz als Transfermedium von primärproduzierter Energie an höhere trophische Stufen zukommt.

Ebenso wichtig ist die Funktion der Watten als Ruhe- bzw. Rastgebiet und geschützte Fläche für Mauser oder Häutung für die Fisch- und Schalentierfauna bei Flut sowie eine standorttypische und durch zahl- und artenreiche Zuggäste bereicherte Avifauna bei Ebbe.

### **Vorländer**

Die ehemaligen Weserinseln und Sandbänke prägen auch heute noch ganz wesentlich das Erscheinungsbild der Deichvorländer. Allerdings haben sie durch die zurück liegenden Weserausbauten ihre natürliche Dynamik verloren, da Erosion, Umlagerung und Aufsedimentation durch Strombaumaßnahmen, veränderte Strömungsbedingungen und Unterhaltungsbaggerei verhindert werden.

Wie unter Punkt 4.2.3 erwähnt, nehmen natürliche Ausprägungen der Vorländer nur noch weniger als 18 % der aktuellen Aue ein. In diesen Bereiche finden sich aber immer noch bedeutende Bestände gefährdeter Lebensräume wie Schilfröhricht; stark gefährdete Lebensräume wie Brackwasserröhricht, Brackwasserhochstaudenflur sowie Tideweichholzaue und vom Aussterben bedrohte Lebensräume wie Tidhartholzaus (vgl. Rote Liste der bedrohten Biotoptypen in der BRD, Riecken et. al. 1994). Vorherrschend sind Röhrichte,

die von *Phragmites australis* dominiert werden. Zur Wasserseite hin gelingt es oftmals Arten wie *Scirpus lacustris* oder *Bolboschoenus maritimus*, die in tieferliegende Bereiche vorzudringen, so dass diese Röhrichtarten den Schilfbeständen vorgelagert sind. Ausgedehnte Röhrichte finden sich im Bereich der Nebenarme (Warflether Arm, Rechter Nebenarm, Schweiburg), sowie auf der Strohauser, der Einswarder und der Tegeler Plate. In geringen Resten finden sich auch noch Auwaldstrukturen in verstreuten Weidengebüschen und Hartholzauwaldresten wie auf dem Warflether Sand. Diese Bereiche treten insbesondere durch ihre Bedeutung für eine artenreiche und gefährdete Avifauna hervor.

Durch den allgemeinen Rückgang und die daraus resultierende Gefährdung der Röhrichte sind besonders die an diesen Biotoptyp angepassten Brutvogelarten wie z. B. Rohrweihe (RL<sub>Nieders.3</sub>: gefährdet), Rohrdommel (RL<sub>Nieders.1</sub>: vom Aussterben bedroht), Rohrschwirl (RL<sub>Nieders.2</sub>: stark gefährdet) und Schilfrohrsänger (RL<sub>Nieders.2</sub>) betroffen.

Auch deshalb sind weite Bereiche dieser Flächen unter Schutz gestellt und gelten als national und international bedeutsame Gebiete für den Vogelschutz. Hierzu zählen beispielsweise die gesamten Bereiche der Schweiburg mit der Strohauser Plate und den angrenzenden Vorländern (EU-Vogelschutzgebiet) und der Harriersand (EU-Vogelschutzgebiet und FFH-Gebiet). Eine weitergehende Beschreibung der Avifauna findet sich in Kap. 4.4.8.1.

Etwa 25 % (1.400 ha) des Tidevorlandes (nicht sommerbedeicht) wird landwirtschaftlich genutzt (KRAFT ET AL., 1999). Wie auch in den bedeichten oder aufgespülten Flächen dominiert hier Intensivgrünland bei starker Düngung. An feuchteren Standorten mit entsprechend eingeschränkter Nutzung etabliert sich mesophiles Grünland, das durchaus von einer ganzen Reihe Stauden (z. B. *Lychnis flos-cuculi*, *Cardamine pratensis* oder *Ranunculus acris*) durchsetzt sein kann. Auf noch feuchteren Flächen gelingt es Seggen- und Binsenarten, größere Bestände auszubilden. In den entwässerbaren eingedeichten Sommerpoldern ist der Anteil des Intensivgrünlandes noch wesentlich größer. Aber auch hier finden sich feuchtere Standorte mit mesophilem Grünland und seggenreichen Flutrasen, allerdings

auch in geringem Maße ackerbaulich nutzbare Flächen, wie auf dem Hammelwarder Sand.

Das extensiv genutzte Grünland wird von einer ganzen Reihe Wiesenbrütern genutzt. Hierzu zählen Wiesenpieper, Kiebitz, Uferschnepfe und Schafstelze. Sie finden binnendeichs offensichtlich nicht mehr ausreichende Bereiche, die eher extensiv genutzt und daher für ihr Brutgeschäft geeignet wären und weichen deshalb auf entsprechende Flächen im Vorland aus.

Auf den Spülfeldern herrschen ackerbaulich genutzte Flächen vor. Aber auch Freizeiteinrichtungen wie Campingplätze finden hier Platz.

Eine ganz wesentliche Funktion der Vordeichflächen im Naturhaushalt besteht in der Aufnahme sehr großer Mengen von Zugvögeln zu deren Zugzeiten. Sie finden in den Extensivgrünländern und Röhrichten Ruhe- und Nahrungsflächen und benutzen diese Flächen wie die entsprechenden Flächen in den Nachbarästuaren als Trittsteine auf ihren Reisen zu Sommer- oder Winterquartieren.

### **Gesamtgebiet**

Die Unterweser ist in ihrem aktuellen Zustand gegenüber ihrer ursprünglichen Ausprägung verarmt in ihrem Arteninventar, ihren Populationsdichten, ihrem Strukturereichtum und in ihren Funktionen im Naturhaushalt (SCHIRMER, 1995).

Durch den qualitativen und quantitativen Verlust an Flachwasser- und Wattbereichen hat die Unterweser beispielsweise nahezu vollständig ihre Filterfunktion für das Weserwasser verloren, so dass dieses nun nährstoffbelastet das Wattenmeer erreicht. Ursprüngliche Retentions- und Fixierungsprozesse von organischer Substanz durch biogene Umwandlung, Ablagerung und Bodenbildung sind durch Sommerpoldereindeichung stark eingeschränkt und die Qualitätsverluste der hierfür wichtigen Biotope Flachwasserzone und Flusswatt behindert (SCHIRMER, 1995). Der Grad der Verarmung lässt sich aufgrund der im Vergleich zu heutiger Bearbeitungstiefe dünnen historischen Erkenntnislage über den Ausgangszustand vor Beginn der Ausbauten nur grob einschätzen. Hilfsmittel sind hierbei indirekte Parameter wie Fangstatistiken, Jagdberichte, historische Landschaftsschilderungen etc. Da sich keine Referenzzustände an den ebenfalls auf ähnliche Weise ausgebauten Nachbarästuaren heran-

ziehen lassen und ein solcher Vergleich zudem dem Konzept des Fließgewässers als Individuum widerspräche, können nur die qualitativen Rekonstruktionen als Ursprungszustand dienen.

## **4.3 Schutzgutbezogene Umweltrisikoeinschätzung Unterweservertiefung**

### **4.3.1 Hydrologie**

#### ***Ist-Zustand Hydrologie***

Die Weser entwässert ein Gebiet  $AE_0$  von rund 46.000  $km^2$ . Davon entfallen auf die Unterweser ca. 8.500  $km^2$ , auf Mittelweser und deren Zuflüsse etwa 37.500  $km^2$ . Die Wasserstände im Untersuchungsgebiet stellen eine Funktion aus mehreren Faktoren dar. Die wichtigsten dieser Faktoren sind die von der Nordsee einlaufende Tide und die über das Hemelinger Wehr einfließende Oberwassermenge.

Das Abflussregime der Weser entspricht im wesentlichen der typischen Jahresgangcharakteristik eines aus den Mittelgebirgen gespeisten Flusses mit ausgeprägten Frühjahrshochwässern zur Schneeschmelze und lang anhaltenden Niedrigwassern im Sommerhalbjahr.

Der Oberwasserabfluss am Pegel Intschede spiegelt dieses wieder. Der langjährige Mittlere Abfluss MQ beträgt 325  $m^3/s$ , der höchste gemessene Abfluss HHQ betrug am 12.02.1946 3.500  $m^3/s$  und der niedrigste gemessene Abfluss NNQ am 15.09.1959 betrug 59,7  $m^3/s$ . Die Tatsache, dass der HHQ den MQ um den Faktor 10 übersteigt, der MQ aber den NNQ nur um den Faktor 5,4 verdeutlicht die Jahresgangcharakteristik mit wellenartigen, kurzen und heftigen Hochwässern und länger anhaltenden Niedrigwasserphasen. Im langjährigen Mittel aus der Zeitreihe von 1941 – 1994 ergibt sich ein MNQ von 120  $m^3/s$  und ein MHQ von 1.200  $m^3/s$  (NLW, 1994).

Das Abflussregime ist allerdings seinerseits anthropogen beeinflusst durch Stauhaltungen, beispielsweise im Harz, und der Entnahme von beachtlichen Mengen Wasser für den Wasserhaushalt im Mittellandkanal. Der Oberwasserabfluss beeinflusst mit entscheidend die Wasserstände in der Tideweser, wobei sein Einfluss direkt unterhalb des Wehres in Hemelingen am größten ist und in Richtung Bremerhaven sukzessive abnimmt. Wegen des überdimensionierten Querschnittes der Un-

terweser wirken sich große Oberwassermengen nur wenig erhöhend auf das Thw aus, allerdings steigt das Tnw erheblich an.

Dadurch wird bei  $Q > 1.000 \text{ m}^3/\text{s}$  der Tidehub oberhalb Brake minimierend beeinflusst, um an der Wilhelm-Kaisen-Brücke in Bremen (km 0) auf im Schnitt 2,9 m gedämpft zu werden. Bei niedrigem  $Q (< 150 \text{ m}^3/\text{s})$  ist der Tidehub ausbaubedingt an der Wilhelm-Kaisen-Brücke in Bremen mit 4,18 m am höchsten (GRABEMANN ET AL., 1999). Dieser Wert berücksichtigt allerdings noch nicht die Auswirkungen des SKN – 14 m – Ausbaus der Außenweser. Sollten die Prognosen der betreffenden UVU (BFG, 1994) eingetroffen sein, läge der Tidehub dort aktuell bei 4,23 m.

Die Tide dringt von der Nordsee her in die Unterweser ein und pflanzt sich wellenartig bis zur baulichen Grenze am Wehr in Bremen-Hemelingen fort. Die Veränderung des Tidehubes ist neben der Beeinträchtigung des Landschaftsbildes die wohl augenscheinlichste Auswirkung der Weservertiefungen. Vor der ersten Weserkorrektur 1882 betrug der Tidehub in der Unterweser zwischen 3,32 m bei Bremerhaven (km 65), 3,14 m bei Brake (km 40), um dann stromauf Brake rapide abzunehmen, so dass in Höhe Vegesack noch 0,91 m und an der Großen Weserbrücke (Wilhelm-Kaisen-Brücke) nurmehr 0,13 m gemessen werden konnten (VON LIEBERMANN & MAI, 1999).

Der um ein Vielfaches vergrößerte Querschnitt der Unterweser hat die Abflussbedingungen soweit ausgedehnt, dass der von 0,13 m auf 4,18 m erhöhte Tidehub (km 0) zum weit überwiegenden Teil auf ein tiefer auslaufendes Tnw zurückzuführen ist.

Wie aus Abb. 2 ersichtlich, ist der Tidehub in der Unterweser ab Brake stromaufwärts auf über 4 m angestiegen. Grund hierfür ist die Vergrößerung des Flussquerschnittes, die mit einer äquidimensionalen Vergrößerung des ein- und ausschwingenden Wasserkörpers einhergeht. Das nahezu ungebremste Wiederausrauschen der Flutwelle führt dabei zu dem beobachteten Absink des Tnw. Nach WETZEL (1987) lag das MThw Mitte der 80iger Jahre in Teilbereichen der Unterweser um über 50 cm höher als vor Beginn der Vertiefungen (Abb. 1), während das MTnw im gleichen Zeitraum in Teilbereichen um bis zu 4 m abgesunken ist.

Das Zusammenspiel der hydrologischen Parameter Oberwasser und Tide wird auch in dem Verlaufverhalten der einlaufenden Tide deutlich. Das Oberwasser hat dabei einen dämpfenden Einfluss auf die einlaufende Tidewelle, so dass die Tidekurve flussaufwärts zunehmend asymmetrisch verläuft. Dabei verkürzt sich die Flutdauer und es verlängert sich entsprechend die Ebbdauer. Dabei kann die Ebbstromgeschwindigkeit um bis zu 20 % über der Flutstromgeschwindigkeit liegen. So liegt die maximale Flutstromgeschwindigkeit in Höhe Bremerhaven bei 1,3 m/s, die maximale Ebbstromgeschwindigkeit dagegen bei 1,6 m/s (BFG, 1994). Die allgemeinen Strömungsverhältnisse unterliegen dabei einer starken Variabilität entlang des Längsprofils und auch innerhalb des jeweiligen Flussquerschnittes. Hinzu tritt eine große Sensitivität der Strömungsverhältnisse gegenüber Einflussgrößen wie Windgeschwindigkeit und –richtung, Stärke der einlaufenden Tide und Oberwassermenge.

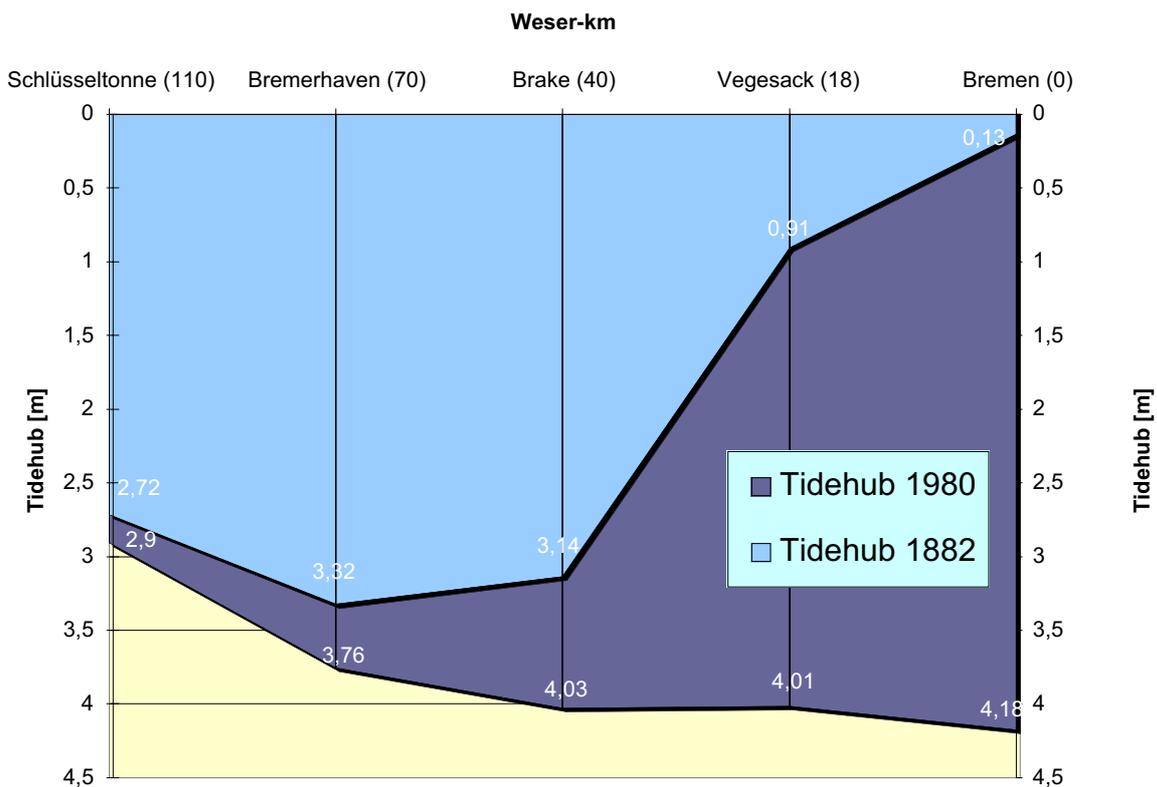


Abb. 2: Entwicklung des Tidehubs in der Weser (verändert n. WETZEL, 1987)

Aus der Kenterpunktverschiebung der Tide und den unterschiedlichen Tidestromgeschwindigkeiten resultiert der Nettotransportweg eines theoretischen Wasserteilchens, das über das Weserwehr in die Tideweser einfließt. Aus dem wechselnden stromauf- und stromabgerichteten Transport lässt sich eine sägezahnartige Bewegung dieses Wasserteilchens in der Unterweser modellieren. Hieraus ergibt sich eine theoretische Verweildauer dieses Wasserteilchens in den einzelnen Flussabschnitten. Die Abhängigkeit dieser Verweildauer von der Oberwassermenge wird an folgendem Beispiel deutlich: Die theoretische Verweildauer eines Wasserteilchens oberhalb Brake (km 40) beträgt bei MQ ( $325 \text{ m}^3/\text{s}$ ) etwa 6 Tage, bei MHQ ( $1.200 \text{ m}^3/\text{s}$ ) etwa 1,5 Tage und bei MNQ ( $120 \text{ m}^3/\text{s}$ ) etwa 17 Tage (GRABEMANN ET AL., 1999).

Ähnlich variabel ist die Lage der Brackwasserzone im Längsprofil der Unterweser. Für die Weser wird wegen der anthropogenen Salzbelastung die landseitige Brackwassergrenze oftmals abweichend von RUPERT (1982) erst bei 2 Promille mittleren Salzgehaltes angesetzt. Die so definierte obere Grenze der Brackwasser-

zone schwingt tideabhängig um 10 – 15 km flussauf und flussab. Überlagert wird dies durch die Abhängigkeit von der Abflussmenge, die die Lage der Brackwassergrenze bei MHQ um etwa 30 km flussabwärts im Verhältnis zu ihrer Lage bei MNQ verschiebt (GRABEMANN ET AL., 1999).

### ***Raumbedeutung Hydrologie***

Die aktuelle hydrologische Situation der Unterweser ist die Folge der zurückliegenden Ausbaumaßnahmen und als solche in keiner Weise mehr natürlich, sondern in ihren Kenngrößen Tidewasserstände, Tidehub und Strömungsverhältnisse als naturfern zu bezeichnen. Gerade diese hydraulischen Kennwerte sind ja von Beginn an Planungselemente der Vertiefungen gewesen und als solche durchaus im Sinne einer möglichst un- aufwendigen Unterhaltung in ihrem aktuellen Zustand als bewusst herbeigeführt zu betrachten. Insbesondere die Verhältnisse stromauf Brake sind dabei vom ursprünglichen Zustand extrem weit entfernt, so dass die ökologische Raumbedeutung insgesamt als gering (Wertstufe B) einzustufen ist.

### **Belastungen der Hydrologie durch das Projekt**

Jede Veränderung der Topografie einer Fließgewässer-sole hat direkte Auswirkungen auf die hydrologischen Verhältnisse. Flussvertiefungen entsprechen dabei einer hydraulischen „Glättung“, die höhere Durchflussmengen und –geschwindigkeiten erlauben. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass sich bei Flussvertiefungen die Flut- und Ebbströmungen in der vergrößerten Stromrinne konzentrieren. Dabei überwiegt der Effekt der sich verstärkenden Tide (s. u.) die verlangsamende Wirkung der Querschnittserweiterung, so dass es dort zu schnelleren Strömungsspitzen kommt. In den Seitenbereichen ist dagegen mit Strömungsberuhigung zu rechnen (BfG 1994), so dass es insgesamt zu größeren Strömungsgradienten im Querschnitt kommt.

Die Vergrößerung des schwingenden Wasserkörpers und der damit einhergehende größere Eintrag von Tideenergie bewirkt, dass sich das Thw erhöht. Das Tnw dagegen wird aufgrund der erhöhten Abflussleistung durch erhöhte Ebbstromgeschwindigkeit und vergrößerten Abflussquerschnitt überproportional absinken, so dass der Tidehub insgesamt in beide Richtungen zunimmt. Dieser Einfluss setzt sich in den Nebengewässern bis zur jeweiligen Tidegrenze fort, die sich ihrerseits landeinwärts schieben werden. Der erhöhte Tideenergieeintrag und das sich erhöhende Thw führen zu einer erhöhten Überflutungshäufigkeit der Deichvorländer mit sich verändernden Bedingungen für Sedimentation, Erosion und Besiedlung durch Flora und Fauna.

Die hydrologischen Auswirkungen lassen sich zusammenfassen als die Förderung von Effekten, die direkt von der Tide abhängen und einer Minderung des in der Regel gegenläufigen Einflusses der Oberwassermenge. Das wirkt sich auch auf die Lage der Brackwasserzone im Längsprofil aus, welche sich tendenziell stromauf verlagern wird. Das Eintreten dieses Effektes ist wohl unstrittig, sein Ausmaß im Rahmen dieser Arbeit jedoch unabschätzbar.

Noch schwerer einschätzbar sind die Folgen einer weitergehenden Verstärkung des tideabhängigen Schwingens der Brackwasserzone. Dieses Schwingen in einer unnatürlich überhöhten Amplitude hat weitreichende Folgen. Einerseits verstärkt es lokal die halbtäglichen Salzgehaltsschwankungen in beide Richtungen, womit weniger mobile Tiere wie die Vertreter der Endofauna

überfordert werden können. Aber auch Brackwassertiere, die in der Lage sind, ihrem schwingenden Salzgehaltsoptimum hinterher zu wandern, sind durch erhöhten Energieaufwand benachteiligt. Darüber hinaus wird es den konkurrierenden limnischen und marinen Arten gelingen, durch das jeweilig tiefere Zurückweichen ihrer Salztoleranzgrenze weiter in den eigentlichen Lebensraum der Brackwasserarten einzudringen und dort den Konkurrenzdruck zu erhöhen. Ein erhöhter Stress aber führt zu geringeren Fortpflanzungsraten und geringerem Erfolg bei der Besiedlung exponierter Standorte. Die Ausdehnung solchermaßen benachteiligter Standorte wird sich durch die größere Reichweite der schwingenden Brackwasserzone erhöhen.

Andererseits verringert sich durch den weiter flussaufwärts reichenden Brackwassereinfluss der limnische Anteil der Tideweser. Das konterkariert in gewissem Maße die erzielten Erfolge bei der Verringerung der anthropogenen Salzbelastung (ARGE WESER, 1998) und verringert die Anzahl der Standorte, an denen sich nun wieder limnische Tidelebensgemeinschaften etablieren könnten. Hierzu zählen eine große Anzahl aquatischer und semiaquatischer Insekten und beispielsweise auch Amphibien.

Zusätzlich ist damit zu rechnen, dass sich der weiter flussaufwärts reichende Brackwassereinfluss auch in einer landeinwärts verschiebenden „Salzzunge“ im Grundwasser bemerkbar machen wird (Kap. 4.3.4). Da die Veränderung von Position und Schwingungsverhalten der Brackwasserzone eine Entfernung vom natürlichen Zustand bedeutet, ist sie grundsätzlich negativ zu beurteilen.

Sämtliche dargestellten Belastungen sind darüber hinaus im Kontext mit den sich abzeichnenden Veränderungen zu sehen, die mit dem Klimawandel einhergehen. Erwartet werden nach übereinstimmender Prognose der Mehrheit der Klimaforscher trockenere Sommer, niederschlagsreichere Winter, ein verstärkter Anstieg des Meeresspiegels bei erhöhtem Tidehub und eine und Zunahme von Starkwindereignissen (VON STORCH ET AL., 1998).

SIEFERT & LASSEN (1986) haben in ihrer Analyse von Tidekennwerten seit 1940 folgende Trends nachgewiesen:

- Der Tidehub hat sich vor der deutschen Nordseeküste um 10 cm erhöht, zurück zu führen zu glei-

chen Teilen auf höheres MThw und niedrigeres MTnw.

- MThw und MTnw haben sich in den Ästuaren noch ausgeprägter in gleiche Richtungen verändert.
- Die Scheitelwasserstände an der Tidegrenze in Elbe und Weser treten im Vergleich zu den Mündungspegeln früher (Hw) bzw. später (Nw) ein.
- Die Höhe von Sturmfluten hat sich im Mittel in den vergangenen drei Jahrzehnten um 35 cm erhöht. Dabei ist die Erhöhung umso stärker, je weiter landeinwärts gemessen wird.
- Die Häufigkeit von Sturmfluten ist in den vergangenen drei Jahrzehnten um 50% gestiegen.

Für die Weser bedeutet dies, dass eine weitere Verschärfung aller hier erwähnten Belastungen selbst bei Verzicht auf dieses Vorhaben zu erwarten ist.

Die zu erwartende neue Niederschlagsverteilung mit erhöhter jahreszeitlicher Amplitude der Abflusswerte verursacht ein weiter verstärktes jahreszeitliches Auf- und Abwandern der Brackwasserzone. Ein sich erhöhender Tidehub lässt sie darüber hinaus noch stärker schwingen. Die Tideenergie, die in dem hydraulisch geglätteten System nahezu frei durchschwingt, erhöht sich dauerhaft und insbesondere in ihren Extremen, d. h., es ist insbesondere an der Tidegrenze im Stadtgebiet Bremen mit den deutlichsten Tidehuberhöhungen und erhöhten Sturmflutwasserständen zu rechnen. Letztere treten zudem schneller als zuvor ein.

Das hier einzuschätzende Projekt öffnet sämtlichen durch den Klimawandel zu befürchtenden Belastungen und Gefährdungen des Küstenschutzes ein noch breiteres Einfallstor als ohnehin schon und widerspricht damit den Grundsätzen der Nachhaltigkeit und der Vorsorge in bedenklicher Weise. Das Ästuar wird damit sehr nachteilig auf die sich abzeichnenden Beanspruchungen konditioniert.

### ***Risikoeinschätzung Hydrologie***

Die Belastungen, die dem hydrologischen System der Tideweser bei Verwirklichung dieses Projektes aufgebürdet werden, sind in ihrem Ausmaß noch nicht ermittelt und veröffentlicht. Es ist zu vermuten, dass sie sich in Relation zum aktuellen Ist – Zustand in eher geringfügigen Verschiebungen der beschriebenen Pa-

rameter niederschlagen. Dabei ist jedoch erstens zu beachten, dass die Darstellung des Ist-Zustandes auf Daten von vor 1999, also vor Verwirklichung des SKN-14 m- Ausbaus der Außenweser beruht, so dass deren gleichgerichtete Auswirkungen hier noch gar nicht berücksichtigt werden können. Eine Einstufung in die Wertstufe I (gering) für den Grad der Belastung durch dieses Projekt würde demnach dem Sachverhalt und der Verpflichtung zur Berücksichtigung von zeitlichen und räumlichen Zusammenhängen mit vergleichbaren Projekten nicht gerecht werden.

Zweitens stellt die Tatsache, dass der gänzlich anthropogen überprägte Tidehub unmittelbare Folge der in den vergangenen 120 Jahren erfolgten Vertiefungen ist, die nun zu erwartenden neuen Belastungen in folgenden Kontext: Die durch das betrachtete Vorhaben verursachte Erhöhung des Tidehubes ist zwar nominal eher gering, sie schreibt jedoch eine sich seit 120 Jahren durch immer neue Eingriffe hervorgerufene extrem schlechte ökologische Situation fort. Der durch artgleiche Projekte hergestellten aktuell hohen Belastung wird ein weiterer Schritt in Richtung größerer Naturferne hinzugefügt.

Bei Ketteneingriffen mit gleichgerichteten Belastungseffekten darf die isolierte Betrachtung der Einzelprojekte nicht zu einer Geringerschätzung der Belastung führen. Anderenfalls verliert das Verfahren der UVU, und damit auch die URE, ihre Berechtigung, wenn die Ermittlung des Risikos und letztendlich des Kompensationsbedarfes ausschließlich von der Schrittlänge von Projekten mit dem gleichen Ziel abhängt. Nach MÜLLER (1992) hat sich in direkter Folge des SKN – 12 m - Ausbaus der Außenweser der Tidehub bei Bremerhaven um 10 cm erhöht bei einem Anstieg des Thw um 4 cm und einem Absink des Tnw um 6 cm. Der SKN – 14 m - Ausbau dürfte äquidimensionale Effekte bewirkt haben, die bislang noch nicht öffentlich zugänglich verifiziert sind. Sollte der ebenfalls geplante SKN - 15,50 m - Ausbau der Außenweser (Kap. 5.4) mit vergleichbaren Auswirkungen verwirklicht werden und mit den in dieser Arbeit betrachteten Vertiefungen der Unterweser zusammenwirken, dann ergeben sich in der Tat dramatische Tidewasserstandsveränderungen innerhalb eines Zeitraumes von wenigen Jahren. Der Grad der Belastung für die Hydrologie der Tideweser und ihrer Nebenflüsse durch dieses Projekt muss

deswegen aufgrund der hohen, durch gleiche Projekte hervorgerufenen Vorbelastung als hoch (III) eingestuft werden. Diese Einstufung rechtfertigt sich zusätzlich durch die weitreichenden Folgen auf alle hier betrachteten Schutzgüter. Sie erstrecken sich über Veränderungen der Vegetationszonierungen in den Deichvorländern (z.B. Verlust schützenswerter Röhrichtbestände), Verlust und Beeinträchtigung von Flachwasserzonen, Verschlechterung der Küstenschutzbedingungen bis hin zur Verursachung weiterer strombaulicher Maßnahmen, z. B. zur Ufersicherung.

Aus der Raumbedeutung B und dem Belastungsgrad III ergibt sich nach der 5x3-Matrix (Abb. 1) das Umweltrisiko 3 (mittel). Es sind demnach entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die nur teilweise vermieden oder minimiert werden können, so dass mit Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zu rechnen ist. Die Auswirkungen dieses Vorhabens sind darüber hinaus vor dem Hintergrund der sich abzeichnenden Verschärfungen der hydrologischen Randbedingungen im Zuge des Klimawandels zu sehen. Mit dieser Maßnahme wird die Unterweser als hydraulisches System schlechter auf die anstehenden klimatischen Veränderungen konditioniert. Insofern muss man damit rechnen, dass Küstenschutzverbesserungen, die per se extrem kostspielig und langwierig sind, nach Verwirklichung der Unterweservertiefung früher und in größerem Umfang umzusetzen sein werden als bei einem Verzicht auf diese Maßnahme. Dabei ist zu bedenken, dass der Erhalt der zukünftig stärker und öfter beanspruchten Deiche von den Mitgliedern der Deichverbände zu leisten ist, und nicht von den Profiteuren einer Flussvertiefung. In diesem Sinne ist mit erheblichen Folgekosten zu rechnen, die als Kostenfaktor in eine zu erstellende Nutzen-Kosten-Analyse einzugehen haben.

#### **4.3.2 Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt**

##### ***Ist-Zustand Wassergüte und Stoffhaushalt***

Die Wassergüte in der Unterweser wird im wesentlichen von der Beschaffenheit des zufließenden Wassers aus Mittelweser, Nebenflüssen, Siel- und Schöpfwerken und der Nordsee bestimmt. Hinzu treten Belastungen durch lokale Einleitungen von kommunalen Klärwerken, Industriebetrieben und Kraftwerken.

Oberwasserregime und Tidegeschehen beeinflussen wechselweise die Wasserbeschaffenheit und den Stoffhaushalt und führen gemäß ihren im Längsprofil heterogen verteilten Wirkgradienten zu teilweise stark ausgeprägten räumlichen und zeitlichen Verteilungsmustern einiger diesem Schutzgut zugehöriger Parameter. Die kräftigen Flut- und Ebbströmungen in der Fahrrinne führen allerdings zu einer stets vollständigen Durchmischung des Wasserkörpers, so dass sich vertikale und laterale Gradienten, wenn überhaupt, dann nur zu Kenterpunktphasen ausbilden können.

Wie bereits unter Punkt 4.3.1.1 erwähnt, bildet sich beim Zusammentreffen des durchaus wieder als oligohalin bis limnisch anzusehenden Oberwassers mit dem Nordseewasser ein charakteristischer Mischwasserbereich, in der der Salzgehalt seewärts kontinuierlich ansteigt. Sowohl Lage als auch Längsausdehnung dieser Brackwasserzone unterliegen erheblichen Schwankungen, welche direkt vom Tidegeschehen und der Oberwassermenge abhängen. Die Tide verursacht dabei ein halbtägliches Hin- und Herschwingen der Brackwasserzone um 10 – 15 km (BFG, 1994).

Die Oberwassermenge bestimmt direkt die relative Lage der schwingenden Brackwasserzone im Längsprofil. Nach GRABEMANN ET AL. (1999) erreicht die obere Brackwassergrenze (definiert durch einen Salzgehalt von 2 Promille), bei MNQ (120 m<sup>3</sup>/s) etwa km 36, während sie bei MHQ (1.200 m<sup>3</sup>/s) ca. 30 km weit stromab gedrückt wird. Je geringer Q wird, desto größer wird der Effekt. So konnte BARG (1979, zitiert nach BFG, 1994, S. 50) bei einem Q von etwa 80 m<sup>3</sup>/s selbst in Höhe der Huntemündung (km 32) noch einen Salzgehalt von 7,8 Promille messen, so dass die obere Brackwassergrenze noch einige km stromauf gelegen haben dürfte. Dagegen wirken sich Steigerungen bei sehr hohen Oberwassermengen kaum mehr in stromab gerichteter Verschiebung der Brackwassergrenze aus, da diese dann in die Außenweser mit dem sich öffnenden Trichter und ihrer rasch zunehmenden Wassermenge tritt.

Diese Werte basieren auf Beobachtungen von vor dem SKN - 14 m - Ausbau, so dass der aktuelle Zustand ein anderer sein kann. Da Erhöhungen der Tidewassermengen in Folge von Vertiefungen stets die Stärkung des Einflusses der Tide gegenüber der Oberwassermenge bedeuten, dürften sich sowohl das Tideschwingungs-

verhalten verschärft als auch die relative Lage im Längsprofil tendenziell flussaufwärts verlagert haben. Prognostiziert wurde als Auswirkung dieses Ausbaus eine maximale flussaufwärtige Verschiebung um einen km. Da aber sowohl das Tideverhalten als auch im besonderen das Abflussregime außerordentlichen Schwankungen unterliegen, bedürfte es langer Messreihen, um hier selbst deutliche Veränderungen in statistischer Signifikanz plastisch zu machen.

In der Brackwasserzone liegt die Trübungswolke, die in etwa bei Überschreiten eines Salzgehaltes von 2 – 5 Promille beginnt und insofern mit der Brackwasserzone in der Unterweser schwingt. Sie wird als Schwebstoff-falle bezeichnet, da sich hier offensichtlich von der Flutströmung dominierte, flussaufwärts gerichtete sowie von der Oberwasser- und Ebbströmung dominierte, flussabwärts gerichtete Schwebstoffnettotransporte im Gleichgewicht befinden, so dass die Schwebstoffe hier über längere Zeiträume akkumulieren. Hinzu treten physikochemische, elektrolytische und biologische Prozesse, die am Salz- und Osmosegradienten zu verstärktem Ausfällen gelöster Stoffe bzw. zu verstärktem Detritusaufkommen durch absterbende Organismen führen. So kommt es in der Trübungswolke zu Schwebstoffgehalten von bis zu 1.500 mg/l, was die Werte ober- und unterhalb dieser Zone um das bis zu 50fache übersteigt.

Durch verstärkte chemische und biologische Zersetzung in eben dieser Trübungswolke besteht hier vermehrter Sauerstoffbedarf, der durch physikalischen oder biologischen Eintrag nicht kompensiert werden kann. Deshalb entsteht besonders in den Sommermonaten in der Trübungswolke regelmäßig ein „Sauerstoffloch“, d. h. ein Minimum im Längsprofil. Bis in die 80er Jahre hinein wurden unter warmen, abflussarmen Bedingungen Sauerstoffminima unter 4 mg/l gemessen (SCHRÖDER ET AL., 1983). Ursachen hierfür sind in der Einleitung ungereinigter Abwässer zu suchen, die sauerstoffzehrende Stoffwechselprozesse im Wasserkörper verstärken. Mit Inbetriebnahme der biologischen Klärstufe im Klärwerk Seehausen konnte der mengenmäßig alles überragende Einleiter (Stadt Bremen) entschärft werden, wonach die allsommerlichen Sauerstoffminima signifikant gedämpft wurden (SCHUCHARDT ET AL., 1989).

In ihrer Tragweite verschärft wird das Problem der Sauerstoffzehrung allerdings u. a. durch die Zufuhr von Wärme und den ausbaubedingt großflächigen Verlust von produktiven Flachwasserbereichen, in welchen einerseits Sauerstoff sowohl physikalisch über einen günstigen Oberfläche – Volumen – Quotienten als auch biogen über photosynthetisierende Organismen in das Wasser eingetragen wird und andererseits Sauerstoffzehrer wie Nährstoffe und Schwebstoffe biogen mineralisiert bzw. absedimentiert werden.

Aktuell wird die Unterweser in ihrer Gewässergüte vor allem durch folgende drei anthropogenen Belastungen beeinträchtigt: Den Eintrag von Nährstoffen über Kläranlagen und landwirtschaftlich verursachte diffuse Frachten der Zuflüsse, die aus der Mittelweser mitgeführte Salzfracht sowie die in Kühlprozessen, vor allem bei Kraftwerken, in die Weser abgegebene Abwärme und Radioaktivität.

Die Nährstofffracht ist hier definiert als Summe der organischen N- und P-Verbindungen, zu denen Silikate hinzutreten. Während bei den Phosphatfrachten vor allem nach dem Waschmittelgesetz von 1975 eine deutliche Reduzierung festzustellen ist (ALBRECHT & KIRCHHOFF, 1987), halten sich die Nitratfrachten nach dem Anstieg in den 60er und 70er Jahren nahezu konstant auf hohem Niveau und lassen keinen Veränderungstrend erkennen (ARGE WESER, 1998). In Längsprofilmessungen offenbart sich die Kläranlage Seehausen (UW-km 9) als wichtigster Einleiter für Ammonium. Die longitudinale Verteilung ist dabei abhängig von verdünnend wirkenden Oberwassermengen und biogenem Stickstoffhaushalt sowie der saisonalen Präsenz dieser Faktoren.

Der Grad der Eutrophierung ist Eingangsgröße für die Ausprägung weiterer Gewässergüteparameter. So bestimmt das Nährstoffangebot mit entscheidend die Primärproduktion und den Umfang an biogenen Zersetzungsprozessen, wodurch beispielsweise O<sub>2</sub>-Gehalt und pH-Wert beeinflusst werden.

Die in erster Linie aus der Werra in Mittel- und Unterweser eingebrachten Salzfrachten führten über Jahrzehnte zu einem künstlichen Brackwasserzustand in der gesamten Weser mit der Verbreitung von Halobionten bis hoch zur Werra. Durch zwischenzeitliche Betriebs-schließungen und nachfolgend verschärfte Einleitungsregelungen im hessischen, thüringischen und nieder-

sächsischen Kalibergbau sank die Salzbelastung der Weser nach 1990 spürbar ab, so dass der Unterweserabschnitt zwischen Bremen und Brake trotz nach wie vor messbarer Belastung und starken, oberwasserabhängigen Schwankungen wieder als limnisch angesehen werden kann (ARGE WESER, 1998).

Entlang der Unterweser leiten insgesamt 5 Kraftwerke und Industriebetriebe punktuell Abwärme in den Fluss, welche sich bei geringem Oberwasser in Wassertemperaturerhöhungen von z. T. deutlich mehr als 1 °C bemerkbar machen. Die Wärmezufuhr unterliegt dabei der Einhaltung von Grenzwerten bezüglich Kühlwasser- und Weserwassertemperatur (ARGE WESER, 1974).

Zusätzlich ist mit zunehmender Entfernung vom Weserwehr und damit abnehmenden Einfluss des Oberwassers die Verweilzeit des Wassers durch das überhöhte Wasservolumen verlängert, so dass ein Wasserkörper im Extremfall bis zu 30 Tage lang vor einem festen Ort hin- und hergespült wird, so dass Einleitungen über diese Zeiträume akkumulieren. Bei geringem Oberwasser (100 m<sup>3</sup>/s) beträgt die Laufzeit vom Hemelinger Wehr bis nach Bremerhaven 50 Tage (BFG, 1994).

### ***Raumbedeutung Wassergüte und Stoffhaushalt***

Zur zusammenfassenden Beurteilung der Raumbedeutung der Wasserbeschaffenheit in der Unterweser gehört die abwägende Gegenüberstellung von starken Belastungen wie der Stickstofffracht und der Wärmebelastung und positiven Entwicklungen wie der zurückgehenden Phosphat- und Salzbelastung.

Die Gewässergütekarte von 2000 (NLÖ 2001) kommt zu einer Einstufung in die Gewässergüteklasse 2 - 3, deshalb wird der Wassergüte die ökologische Raumbedeutung C (mittel) beigemessen.

### ***Belastungen der Wassergüte und des Stoffhaushaltes durch das Projekt***

Die Auswirkungen des betrachteten Projektes auf den Stoffhaushalt in der Unterweser sind eher indirekter Natur, da sie sich in erster Linie über die hydrologischen und morphologischen Veränderungen vermitteln. Die hydraulische Glättung und die Vergrößerung des Wasserkörpers im allgemeinen erhöhen den Einfluss des Nordseewassers im Ästuar zu Lasten jenes des

Oberwassers. Dadurch kommt es nicht nur zur flus-saufwärtigen Verschiebung der Brackwasserzone und einer Erhöhung des Tidehubes, sondern auch zu einer hier nicht quantifizierbaren Verdünnung jener Schadstoffe, die im Oberwasser bzw. in aus Nebengewässern eintretendem Wasser in gelöster Form oder an Feinstpartikel adhäsiert in das Ästuar gelangen. Der mittlere Salzgehalt wird dagegen aus gleichem Grund ansteigen, was sich besonders in trockenwarmen Perioden mit dann geringem Oberwasser auch auf die Zuwässerungsgräben auswirken wird. Inwiefern dadurch die Nutzbarkeit der Böden bzw. die Tränkesituation für das Vieh in den angrenzenden Marschen verschlechtert, bedarf der präziseren Untersuchung, da dieses eventuell veränderte Zuwässerungsgräben und die Verlagerung der Entnahmestellen nach oberstrom erfordert.

Dem Verdünnungseffekt des Nordseewassers auf die relativen Schadstoffgehalte steht die sich ein weiteres Mal verlängernde Verweildauer des Wassers in der Unterweser entgegen. Dieser durch die Vergrößerung des Tidewasserkörpers gegenüber der Oberwassermenge hervorgerufene Effekt führt zur erhöhten Anreicherung aller Einleitungen in die Unterweser, seien es Abwärme, Abwässer, diffuse Einträge oder Radioaktivität. Der Schwebstoffgehalt wird kurzfristig direkt durch die Baggerarbeiten und langfristig durch die zu erwartenden höheren Fließgeschwindigkeiten und die damit verbundene erhöhte Transportkapazität des Wassers ansteigen. Das erhöht zwar das Nahrungsangebot für Nitrifikanten, wirkt sich aber über stärkere Trübung und damit einhergehende Verschlechterung des Lichtklimas negativ auf die Algenpopulationen (siehe Kap. 4.3.7) aus. Diese Verkleinerung der trophogenen Zone wird begleitet durch eine vertiefungsbedingte, deutliche Vergrößerung der tropholytischen Zone. Damit verringert sich für das Phytoplankton zusätzlich die Wahrscheinlichkeit des zufälligen Aufenthalts im durchlichteten Teil des vollaufgewirbelten Wasserkörpers, was sich über verringerte Populationsgrößen und Photosyntheseraten negativ auf den Sauerstoffgehalt im limnischen Teil der Unterweser auswirken wird. Des Weiteren wird der Sauerstoffhaushalt durch den fortgesetzten qualitativen und quantitativen Verlust von Flachwasserbereichen zusätzlich belastet, da weitere Bereiche mit günstigen Bedingungen für physikali-

schen und biogenen Sauerstoffeintrag in das Wasser wegfallen. Außerdem verkürzt die resultierende Aufwärtsverschiebung der Brackwasserzone als Verbreitungsgrenze der Algenpopulationen die Wirkstrecke von deren photosynthetischen Sauerstoffeintrag in das Wasser.

Die Verschlechterung der Sauerstoffsituation muss darüber hinaus im Kontext mit den zu erwartenden klimatischen Veränderungsprognosen gesehen werden. Diese sagen in ihrer Mehrheit feuchtere, wärmere Winter, Zunahme von Wind- und Niederschlagsereignissen sowie wärmere und trockenere Sommer voraus (VON STORCH ET AL., 1998). ENGEL (1995) hat bereits in den hydrologischen Kenndaten der Weser einen Zuwachs der mittleren Jahresabflussmengen in den 60er, 70er und 80er Jahren um 5% gegenüber den 30er 40er und 50er Jahren bei gleichzeitiger Abnahme der sommerlichen und herbstlichen Niederschläge dokumentiert.

Damit ist zukünftig im Sommer mit höheren Wassertemperaturen, geringerem Oberwasser und längeren Verweilzeiten im Ästuar zu rechnen, also weiter sich verschlechternden Bedingungen für den Sauerstoffhaushalt, der sich erst in jüngster Zeit durch massive Investitionen in kommunale und industrielle Kläranlagen erholen konnte.

Durch die verstärkte Schwebstoffmobilisation werden u. U. auch im Sediment fixierte Phosphorverbindungen wieder resuspendiert, so dass sich die Konzentrationen dieses Stoffes im Wasserkörper wieder erhöhen können. Dies gilt analog für andere sedimentierte Schadstoffe.

#### ***Risikoeinschätzung Wassergüte und Stoffhaushalt***

Der Grad der Umweltbelastung bezüglich der Wassergüte und des Stoffhaushaltes wird zusammenfassend als mittel (II) eingestuft. Dies geschieht aufgrund der großräumigen und dauerhaften Wirkungsbreite der in ihrer überwiegenden Mehrheit negativen Effekte. Dabei können positive Effekte, z. B. durch Verdünnung, per se nicht gegen negative Effekte aufgewogen werden, zumal nicht, wenn der Wirkschwerpunkt aller Voraussetzungen nach räumlich unterschiedlich liegt und der Charakter der unerwünschten Effekte eine Kompensierbarkeit nahezu ausschließt.

Aus der Raumbedeutung C und dem Belastungsgrad II ergibt sich das Umweltrisiko 3 (mittel). (vgl. Abb. 1). Es sind demnach entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die nur teilweise vermieden oder minimiert werden können, so dass mit Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zu rechnen ist.

Allerdings ist bei deren Umsetzung die Gefährdung des Sauerstoffgehaltes angemessen zu berücksichtigen, sinnvollerweise in Form von Flachwasserbereichen. Diese müssen vor Beginn der Bauarbeiten zur Verfügung stehen, um der Wasserfauna Zuflucht vor den während der Baggerungen entstehenden Störungen zu bieten. Es versteht sich, dass kompensierende Flachwasserbereiche nicht im Sinne der o. a. Definition von Bereichen zwischen MTnw und MTnw – 2 m zu verstehen sind, sondern als tidegedämpfte und strömungsberuhigte permanente Wasserkörper, die flach unterhalb der MThw-Linie liegen.

Als Minimierung der Auswirkungen der Baggerungen sollten diese nur im Winterhalbjahr bei ausreichendem Oberwasser durchgeführt werden.

### **4.3.3 Morphologie**

#### ***Ist-Zustand Morphologie***

Der Ausgangszustand der Unterweser ist der eines Flachlandästuars. Unter diesen Bedingungen war sie vor den Ausbaumaßnahmen in naturraumtypischer Weise ausgeprägt als dynamisches Gerinnesystem mit einer Vielzahl von Stromspaltungen und dazwischen liegenden Sänden. Durch räumliche und zeitliche Variabilität der morphologischen Wirkparameter Erosion und Aufsedimentation kam es zu fortlaufenden Materialumlagerungen und Verschiebungen sowohl der Stromrinnen als auch der Sände. Infolgedessen bestand im gesamten Unterweserraum, namentlich unterhalb der Zuflüsse von Ochtum und Lesum, ein unüberschaubares, kleinräumiges Mosaik von Stromrinnen, Sänden, Altarmen, Tideprieln und Flachwasserbereichen (hist. Kartenmaterial, z. B. VON SCHRENCK, 1856).

Mit dem Bau erster Deiche begannen vor ca. 900 Jahren die menschlichen Eingriffe in die Morphologie der Unterwesermarsch. Diese folgten der Dynamik der Weserverlagerungen und hatten meist Sommerdeichcharakter mit dem Ziel, möglichst rechtzeitig im Früh-

jahr das Hinterland zu entwässern und nutzbar zu machen (VON LIEBERMANN & MAI, 1999), griffen als solche jedoch noch nicht in das Gerinne der Unterweser ein. Im 18. Jahrhundert begann man mit dem Bau von Leitdämmen und Buhnen zur Sicherung der Deichvorländer und Regulierung der Strömungsverhältnisse. Seit 1883 werden gezielte morphologische Eingriffe vorgenommen, die zum Ziel haben, eine sichere und wirtschaftlich erfolgreiche Schifffahrt auf der Unterweser sicherzustellen und insbesondere die Erreichbarkeit

der stadtbremischen Häfen für die stets tiefer gehenden Schiffe zu gewährleisten. In jüngster Zeit konzentrierten sich die Bemühungen darauf, den in Bremerhaven prosperierenden Containerumschlag durch Vertiefungen der Außenweser zu fördern. Intention ist zudem, durch strombauliche Maßnahmen den Aufwand an Unterhaltungsbaggerei, die notwendig ist, um die erreichten Tiefen für die Schifffahrt zu garantieren, zu minimieren. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die bisherigen Ausbaumaßnahmen.

Tabelle 3: Übersicht der bisherigen Baumaßnahmen an der Unter- und Außenweser ( nach BFG, 1994, VON LIEBERMANN & MAI, 1999 und <http://www.wsv.de/wsa-bhv/gewaesser/ausbaugesch.html>, 26.11.2002)

Jahr	Baumaßnahme
um 1100	„Urdeich“ bei Rade als Beispiel für wallartige Aufschüttungen von ca. 0,4 m Höhe aus dem 11. und 12. Jahrhundert
um 1200	Geschlossene Deichlinie um die Weser herum mit Höhen bis zu 1,10 m
frühes 18. Jh.	Deichhöhe erreicht 4,80 m, Deichlinie weitgehend fixiert, Beginn Buhnenbau
1883-1886	Durchstich des Mäanderbogens „Lange Bucht“ bei Bremen-Oslebshausen (km 6,5-9)
1887-1895	5 m-Ausbau der Unterweser für 5 m tiefgehende Schiffe
1891-1895	Bau von Leitdämmen an Franziusplate und Imsum, Vertiefung der Außenweser auf 7,30 m unter MTNW
1895-1896	1. Verlegung der Ochtummündung von km 17,6 nach km 15,15
1898-1904	Fahrrinnenverlegung nach Westen zwischen km 53 und km 64
1906-1913	Bau des Weserwehrs in Bremen-Hemelingen, Herstellung des Staus 1911
1913-1916	Vertiefung der Unterweser für 7 m tiefgehende Schiffe
1910-1926	Fahrwasserfestlegung durch Bau von Buhnen an der Imsum und Bau des Leitdammes Robbensüdsteert in der Außenweser
1921-1924	Ergänzende Vertiefungen in der Unterweser für 7 m tiefgehende Schiffe
1924-1926	Bau des Leitdammes Langlütjennordsteert
1925-1929	Vertiefung der Unterweser für 8 m tiefgehende Schiffe
1930-1931	Bau des Fischereihafen II in Bremerhaven-Geestemünde mit Verlegung der Lune, Neubau Lunesiel
1930-1939	Ergänzende Vertiefungen in der Unterweser für 8 m tiefgehende Schiffe
1935-1936	2. Verlegung der Ochtummündung von km 15,15 nach km 14,20 (Bau Flugplatz Lemwerder)
1953-1959	Vertiefung der Unterweser für 8,70 m tiefgehende Schiffe mit Abflachung des „Braker Buckels“
1954-1967	Wiederherstellung der Vorkriegstiefe in der Außenweser und Wiederaufbau zerstörter und verfallener Buhnen, Aufhöhung des Leitdammes Robbennordsteert
1955-1957	Bau des Tidesperrwerkes an der Geeste in Bremerhaven-Mitte
1960-1962	Bau des Sturmflutsperrwerkes an der Geestemündung
1962-1963	Bau der Neustädter Häfen (90 ha) in Bremen-Niedervieland
1967-1968	Abaggerung der „Blexer Barre“ bei Blexen, km 63, von SKN – 9 m auf SKN – 10,5 m
1969-1971	Vertiefung der Außenweser auf SKN – 12 m
1970-1972	Bau des Sturmflutsperrwerkes an der Lesum (Inbetriebnahme 1979)
1970-1972	3. Verlegung der Ochtummündung von km 14,2 nach km 12,9 mit Bau des Sturmflutsperrwerkes (Inbetriebnahme 1979)
1972-1973	Bau des Tidewehres an der Kleinen Weser in Bremen-Alte Neustadt
1972-1974	Abdämmung der Wesergate und Eindeichung des Elsfl ether Sandes
1973	Baggerung des Übergangs von SKN – 12 m in der Außenweser auf SKN – 9 m in der Unterweser

<b>Jahr</b>	<b>Baumaßnahme</b>
1973 - 1974	Vertiefung der Unterweser zwischen Bremerhaven (km 65) und Nordenham (km 56,5) auf SKN – 11 m
1973-1978	Vertiefung der Unterweser zwischen Brake (km 40) bis Bremen (km 0) auf SKN – 9 m bzw. SKN – 9,60 m vor den stadtbremischen Häfen
1974-1976	Vertiefung der Unterweser zwischen Nordenham und Brake auf SKN – 9 m
1976-1979	Bau des Sturmflutsperrwerkes an der Hunte, 1979 Inbetriebnahme (auch Lesum, Ochtum)
1982-1991	Bau und Erneuerung von Buhnen und Leitwerken zwischen Nordenham und Brake im Zuge des SKN – 9 m – Ausbaus
1987-1991	Bau von Buhnen an der Westseite der Robbenplate
1987-1991	Bau des Containerterminals CT III in Bremerhaven
1998-1999	Vertiefung der Außenweser auf SKN – 14 m

Es wird ersichtlich, dass mit Ausnahme der unfreiwilligen Pause in den Kriegsjahren seit knapp 120 Jahren permanent gebaut und vertieft wird. Jede einzelne dieser Maßnahmen hat Einfluss auf die Gewässermorphologie und damit in mehr oder minderem Maße auf die Hydrologie, die Wasserbeschaffenheit, Böden und Sedimente, Vegetation und Fauna.

Deutlich werden die Ausmaße der Eingriffe an den Verlusten naturraumtypischer Strukturen in dieser Zeit, wie sie beispielsweise von CLAUS ET AL. (1994a) zusammengestellt wurden. Sie weisen einen flächenbezogenen Rückgang der Seitengewässer um 56%, der Flachwasserbereiche um 78% und der Flusswatten um 36% (davon 71% limnische und 29% brackige Watten) für die Situation von 1988 gegenüber einem Ausgangszustand von 1887 aus. Mit dem Flächenverlust geht, hauptsächlich verursacht durch die Erhöhung des Tidehubes und der Tiderückströmungsgeschwindigkeiten, ein bedeutender Qualitätsverlust der verbleibenden Flächen einher.

So werden die zwei verbleibenden Seitenarme Schweiburg und Rechter Nebenarm, ursprünglich ausgestattet mit feinsandigen Sedimenten, durch die Strömungskonzentration auf die Stromrinne nun mit schluffigen bis schlickigen Ablagerungen intensiv aufgelandet, so dass die jeweils oberstromig liegenden Zuflüsse nur noch bei höher auflaufenden Tiden tatsächlich überspült werden. Die verbliebenen Flachwasserbereiche, definiert als Wasserflächen bis MTnw – 2 m, haben die naturhaushälterischen Funktionen wie unter Punkt 4.3.2 beschrieben weitgehend eingebüßt, da die ungebremste Tidedynamik eine halbtägliche Überstauung von 4 m verursacht.

Der Verlust an Wattflächen fällt geringer aus, da die Erhöhung des Tidehubes und die Strömungsberuhigung in den Seitenbereichen neue Wattflächen entstehen ließ. Dennoch bleibt unter dem Strich ein Verlust an Wattflächen, der sich vornehmlich im limnischen Bereich auswirkt.

In der vertieften und aufgeweiteten Stromrinne findet auf Grund der erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten streckenweise keine Sedimentation mehr statt, so dass die freigebagerten pleistozänen Sände das Sohlsubstrat bilden. Unter Einfluss der tiderhythmischen Auf- und Abwärtsströmung bilden sich, namentlich bei wenig Oberwasser, Megarippeln an der Sohle, die über vier Meter Höhe erreichen und einen Teil der Unterhaltungsbagerei ausmachen (WETZEL, 1987). Diese verhalten sich ähnlich Wanderdünen, durch die gegenläufigen Transportrichtungen ergibt sich aber kaum ein Nettotransport des Materials. Sowohl hier als auch an Stellen in der Außenweser findet Tiefenerosion statt, die regelmäßig verfüllt wird. Feineres Sohlmaterial findet sich dagegen zwischen km 53 und 67, wo in der Trübungswolke schlickige Sedimente anfallen (WETZEL, 1987), die einen wesentlichen Teil der Unterhaltungsbagerei in der Fahrinne ausmachen. Da die erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten auch zu Seitenerosionen und damit im schlimmsten Fall zu Gefährdungen der Deichsicherheit führen würden, sind ca. 60% der Uferlänge durch Steinschüttungen gepanzert. Dies ergibt zusammen mit dem Bau von Buhnen und Leitdämmen einen massiven Eintrag naturraumfremden Materials und verhindert weitgehend die ästuartypischen morphodynamischen Verlagerungsprozesse.

### ***Raumbedeutung Morphologie***

Insgesamt betrachtet ergibt sich das Bild eines vollständig umgeformten Gewässers, das weder im Querprofil noch im Grundriss seinem Ursprungszustand ähnelt. Sohlsubstrat und Sedimentationsgeschehen entsprechen weder in der Stromrinne noch in den Seitenbereichen natürlichen Verhältnissen. Dennoch sind Reste natürlicher Strukturen wie Nebenarme (Warfletherarm, Rechter Nebenarm, Schweiburg), Weserinseln, Wattflächen, Flachwasserbereiche und naturnahe Strukturen im Bereich der Vorländer Bestandteil der heutigen Morphologie der Unterweser, die trotz z.T. deutlich eingeschränkter Funktionen und qualitativer Beeinträchtigungen wichtige Rollen im Naturhaushalt einnehmen. Ausdruck dafür ist u.a. ihr gesetzlicher Schutzstatus. Die meisten dieser Bereiche sind entweder FFH-, Vogelschutz-, Naturschutzgebiet oder als § 20 c BNatSchG geschützt.

Allein die aktuelle Naturschutzwürdigkeit der verbliebenen Strukturen und ihre Funktionen im Naturhaushalt verbieten eine Einstufung in eine geringe Raumbedeutung. Dazu kommt die grundlegende Bedeutung der Gewässermorphologie für die Existenz oder die Qualität aller hier betrachteten Schutzgüter. Es liefe der Intention einer URE zuwider, einem Schutzgut von so existentieller Bedeutung aufgrund vorhandener Mängel in der Ausprägung eine geringe Raumbedeutung beizumessen, was zwangsläufig in einer fälschlicherweise zu geringen Einschätzung des resultierenden Umweltrisikos mündete. Eine realistische Risikoabschätzung kommt nicht umhin, die Schutzgüter auch in Relation zueinander zu setzen, bevor die Ermittlung der schutzgutbezogenen Risiken mit einem eventuell unterschätzenden Ergebnis abschließt.

Andererseits liegt die Verantwortlichkeit für den ökologisch beklagenswerten Zustand der Unterwesermorphologie bei den in ihrer Art diesem Vorhaben gleichenden bisherigen Ausbaustufen. Dieses zu missachten hieße, das in der Vergangenheit bereits eingegangene Umweltrisiko unberücksichtigt zu lassen und für jedes neue Vorhaben von gänzlich risikofreien Grundzuständen auszugehen. Auch dies würde einer realistischen Risikobewertung nicht gerecht.

Aus diesen Gründen erfolgt für die Morphologie der Unterweser die Einstufung in die Raumbedeutung C (mittel).

### ***Belastungen der Morphologie durch das Projekt***

Der oben beschriebene naturferne Zustand ist direkte Folge der zurückliegenden Maßnahmen gleicher Art. Das hier betrachtete Projekt verursacht weitergehende Veränderungen, die das System im Endeffekt noch naturferner situieren.

Die Qualität und die Ausdehnung der Flachwasserbereiche wird nach den Erfahrungen der vergangenen Vertiefungen weiter abnehmen, die Seitenarme werden stärker verlanden und trotz erhöhtem Thw ihren inzwischen prielartigen Charakter verstärken. Dies wird in seinen Trends auch von den Prognosen in der UVU zur jüngsten Vertiefung an der Weser, dem SKN – 14 m – Ausbau der Außenweser, bestätigt. Die Aufsedimentation mit vergleichsweise zu feinen Sedimenten wird zunehmen und die Transportkörperaktivitäten in der Stromrinne werden verschärft.

Der geschätzte Baggeraufwand von gut 3 Mio. t mündet in einen erhöhten Unterhaltungsbaggeraufwand, der sich nach Herstellung eines neuen hydraulischen Gleichgewichtes im Zeitrahmen von etwa 10 – 15 Jahren auf das vorherige Niveau zurückentwickelt (BFG, 1994).

Die weitere Erhöhung der in die Unterweser eintretende Tideenergie mit erneut steigenden Strömungsgeschwindigkeiten wird die Durchführung zusätzlicher strombaulicher Maßnahmen wie Ufersicherung und Bühnenbau erfordern.

Wenn auch das jeweilige Ausmaß dieser Effekte hier nicht quantifizierbar ist, so rechtfertigt doch die ausschließlich negative Tendenz, ihre Tragweite und extreme räumliche Ausdehnung sowie die Tatsache, dass der aktuelle Ist – Zustand voll und ganz auf die bisherigen artgleichen Maßnahmen zurückzuführen ist, die Bewertung der Belastungen durch dieses Projekt als hoch (III). Es steht zu erwarten, dass bei Verwirklichung der Außenweservertiefung auf SKN-15,50 m alle diese Effekte nochmals verschärft werden.

Aus der Raumbedeutung C und dem Belastungsgrad III ergibt sich ein Umweltrisiko 4 (hoch) für die Morphologie der Unterweser. In wesentlichen Untersuchungsgebietsflächen sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die nur teilweise und mit erheblichem Aufwand vermeidbar, minimierbar bzw. ausgleichbar sind. Mit umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.

### **4.3.4 Grundwasser**

#### ***Ist-Zustand Grundwasser***

Die Geländeoberfläche des Untersuchungsgebietes liegt in bedeutenden Teilen unter NN oder nur knapp darüber. Diese Gebiete gehörten ohne Deiche je nach ihrer Lage zum Wattenmeer bzw. zur Flussaue der Unterweser. Das in den Marschen anstehende Grundwasser wird einerseits über die Geest, andererseits durch Infiltrationen des Meereswassers gespeist.

In der Unterwesermarsch liegt ein zweischichtiger Grundwasserleiter vor. Der obere Grundwasserleiter besteht aus tonig-schluffigen holozänen Ablagerungen, die aufgrund ihrer unterschiedlichen Entstehung und Herkunft (See-, Brack- und Flussmarsch, Niedermoor) ein sehr heterogenes Bild zeigen. Das betrifft auch ihre hydrogeologischen Eigenschaften, die kleinräumig mosaikartig variieren können und deshalb eine Beschreibung in diesem Rahmen unmöglich machen. Sie erreichen eine Mächtigkeit von bis zu 25 m an der Küste und streichen zu den Geestrücken hin aus (HOFFMANN & MEINKEN, 1999). Die Speisung erfolgt neben der Niederschlagsaufnahme auch über eindringendes Meerwasser an der Küste und eindringendes Oberflächenwasser entlang der Ufer. In Trockenperioden wird die Oberflächenwasserspeisung gezielt anthropogen gefördert, indem Weserwasser über die weitverzweigten Grabensysteme zugewässert wird. Zum Zweck der Einhaltung eines überwiegend aus landwirtschaftlichem Interesse definierten Abstandes des Grundwasserspiegels vom Bodenhorizont wird über das oben erwähnte Grabensystem jedoch hauptsächlich überschüssiges Grund- und Niederschlagswasser über Siel- und Schöpfwerke in die Weser abgeschlagen (MANIAK ET AL., 1999).

Der untere Grundwasserleiter besteht aus pleistozänen Sänden und ist mittels einer tonigen Deckschicht vom darüber liegenden Grundwasserleiter getrennt. Im unteren Aquifer liegen aufgrund der stetigen Einspeisung aus den umliegenden Geestrücken artesische Grundwasserverhältnisse vor, wobei die Druckhöhe bis zu einem Meter über den örtlich anstehenden Grundwasserspiegel reicht und damit im allgemeinen einige Dezimeter um den Bodenhorizont schwankt. Da die Trennschicht an verschiedenen Stellen durchlässig ist, kommt es örtlich auch zum Eintritt in den holozänen

Aquifer. In erheblichem Umfang geschieht dies beispielsweise im Sietland südöstlich des Jadebusens (HOFFMANN & MEINKEN 1999), wo die tiefsten Meliorationswasserstände in Bezug zu NN vorgehalten werden. Hier ist der Wasserverlust des pleistozänen Aquifers so bedeutend, dass das Grundwasser des Hauptwasserleiters großflächig aus dem Untersuchungsgebiet in diese Richtung nachströmt. Das führt entlang der Weser und der Küste zum Nachdringen von Oberflächenwasser und dem Aufstieg von Tiefenwasser (HOFFMANN & MEINKEN 1999).

Durch diese Sekundärspisungen wird eine Versalzung des Grundwassers verursacht, die an der Küste bis über 10 g/l erreicht und landeinwärts stetig abnimmt, sich allerdings zungenartig entlang der Weser bis südlich Brake mit immer noch > 250 mg/l auswirkt. Hier spiegelt sich der Einfluss der Brackwasserzone in der Unterweser. Zu weiteren lokalen Versalzungen kommt es im Einflussbereich hochliegender Salzstöcke.

Im Einflussbereich mooriger und anmooriger Böden kommt es zu Ansäuerung und Sauerstoffverlust des Grundwassers, infolgedessen sich bodenbürtiges Eisen und Mangan im Grundwasser lösen. Aufgrund der Anreicherung von Salzen, Eisen, Mangan und auch Kohlensäure ist die Nutzung des oberflächennahen Grundwassers als Trinkwasser weitgehend ausgeschlossen und auch als Brauchwasser nur sehr eingeschränkt möglich (HOFFMANN & MEINKEN 1999).

### ***Raumbedeutung Grundwasser***

Der Raumbedeutung wird angesichts der durchaus natürlichen Qualitätsbelastungen und der anthropogen eingestellten Spiegel- und Strömungsverhältnisse die Wertstufe B (gering) zugeordnet.

### ***Belastungen des Grundwassers durch das Projekt***

Die ufernahen Grundwasserstände interagieren mit den Wasserständen in der Weser. Da sich die Wasserstände durch dieses Projekt ändern werden, sind diese auch betroffen. Die Wirtktiefe ins Landesinnere lässt sich hier nur schwer einschätzen, wird sich aber in Druckunterschieden durchaus in die Binnendeichsflächen fortsetzen. Durch die Vertiefung der Sohle vergrößert sich grundsätzlich auch die Interaktionsfläche von Flusswasser und Grundwasser, so dass das Schwinungsverhalten des ufernahen Grundwassers in Amp-

litude und Volumen zunehmen wird. Gemeint ist hier in erster Linie die Reaktion des Grundwassers im gespannten Hauptwasserleiter auf die sich tiderhythmisch ändernden Druckverhältnisse in der Unterweser. Deren Amplitude wird sich bei veränderten Tidewasserständen erhöhen, und mit ihr die Amplitude und die Reichweite der daraus entstehenden Druckwelle im Grundwasserhauptleiter. Letzterer besitzt einen um Vielfaches größeren Durchlässigkeitskoeffizienten ( $1 \times 10^{-3}$  bis  $1 \times 10^{-4}$  m/s) gegenüber dem holozänen Grundwasserleiter ( $1 \times 10^{-8}$  bis  $1 \times 10^{-10}$  m/s) (Daten nach HOFFMANN & MEINKEN 1999 und JOSOPAIT 1993, 1995, zitiert bei HOFFMANN & MEINKEN 1999 S. 92f). Durch das tiefer auslaufende Tnw verändern sich auch die Entwässerungsbedingungen für das Hinterland. Ob allerdings der größere Sielabsenk zu verlängerten Sielzugzeiten mit einem grundsätzlichen Wandel im Entwässerungsregime führen wird, liegt nicht im Verantwortungsbereich des Projektträgers.

Allerdings wird die sich flussaufwärts verlagernde Brackwasserzone dazu führen, dass die „Salzunge“ im Grundwasser sich weiter landeinwärts zu schieben vermag. Dies wird sich durch die in ihren Effekten ähnliche Außenweservertiefung noch mal verstärken und muss vor dem Hintergrund der auch klimabedingt zu befürchtenden ähnlichen Veränderungen gesehen werden.

### ***Risikoeinschätzung Grundwasser***

Bei Verwirklichung des Projektes ist auf die Auswirkungen auf Lage und Verhalten der Brackwasserzone besonderes Augenmerk zu legen, da gerade die Salzverhältnisse im Grundwasser entscheidenden Einfluss auf die Ausprägung der Küsten- und Ufervegetationsgesellschaften nehmen.

Insgesamt gesehen werden aber weder die Grundwasserergüte noch die Spiegeltopografie oder die Strömungsrichtungen entscheidend tangiert, so dass der Grad der Belastungen durch dieses Projekt als gering (I) angesehen werden kann. Aus Raumbedeutung B und Belastung I ergibt sich ein Umweltrisiko 1 (sehr gering).

#### 4.3.4 Böden

##### *Ist-Zustand Böden*

Die fachlichen Angaben dieses Kapitels beruhen, sofern nicht anders angegeben, auf Angaben der Landschaftsrahmenpläne der anliegenden Städte und Kreise Bremen, Cuxhaven, Oldenburg und Wesermarsch. Die aktuell vorzufindenden Bodenformen im Untersuchungsgebiet zeigen eine oft kleinräumige vertikale und horizontale Mosaikstruktur. Dies ist bedingt durch die bodenbildenden und –erodierenden Prozesse dieses Naturraumes, die in erster Linie durch die den Gezeiten und der Meeresspiegellage folgenden Sedimentations- und Reifungsprozesse bestimmt werden, flankiert durch Sedimentations- und Erosionstätigkeiten der Weser, die sich bis in historische Zeit hinein immer wieder neue Wege durch das hier betrachtete Urstromtal brach. So finden sich oft kleinräumig abwechselnde Bodentypen und –arten.

Während sich auf der höher gelegenen jungen Marsch sandige Schlicker mit Schluffen und Tonen abwechseln, treten in tieferem Gelände vor der Geest auch Niedermoorböden hinzu.

Von besonderem Interesse, weil in Reichweite der durch dieses Projekt zu erwartenden Effekte sind die Deichvorländer. Im Bereich der Außenweser ab km 70 finden sich an der Küste marine kalk- und salzhaltige Rohmarschen. Der davor liegende Wattbereich lässt sich je nach Küstenferne in Schlick- Misch- und Sandwatten unterteilen. In der Brackwasserzone der Unterweser (km 40 bis km 70) liegen Brackrohmarschen mit analoger Abfolge von Brackkalkmarschen und Brackwatten in zunehmender Deichferne. Auf hoch liegenden Flächen und auf Sommerpoldern finden sich unterschiedliche Reifungsgrade dieser Bodenform. Stromauf schließen sich Flusskalkmarschen, Flussrohmarschen und Flusswatten an (KRAFT & STEINECKE, 1999).

Durchsetzt sind diese natürlichen Bodenformen mit anthropogenen Böden, in erster Linie durch Anlage von Spülfeldern, Strandvorspülungen und versiegelte Böden für Ansiedelungen oder wasserbauliche Maßnahmen.

##### *Raumbedeutung Böden*

Entsprechend der inhomogenen Verteilung der Bodenarten kann die Raumbedeutung nicht einheitlich bewertet werden. Hier stehen einerseits natürliche Watten

mit ihren unersetzbaren, vielfältigen Eigenschaften für einen lebensraumtypischen Naturhaushalt in der Wertstufe E (sehr hoch) und andererseits anthropogene, voll versiegelte Flächen der Wertstufe A (sehr gering) gegenüber. Dazwischen liegen beispielsweise Spülfelder mit geringer Bedeutung und landwirtschaftlich genutzte Kalkmarschen mittlerer Bedeutung.

Sofern das zu verklappende Baggergut auf bereits bestehende Klappstellen verbracht wird und keine weiteren marinen Wattflächen hierfür oder für flankierende Strombaumaßnahmen in Anspruch genommen werden, sind die marinen Watten im Außenweserbereich nur geringfügig bzw. gar nicht betroffen. Dies gilt ebenso für überbaute und versiegelte Flächen.

Entscheidend für die Beurteilung des Umweltrisikos sind aus diesem Grund die Brack- und Süßwasserwatten und deren Rohmarschen, die sich verstärkt abwärts der Huntemündung vorfinden. Sie sind direkt von den hydrologischen Parameterverschiebungen betroffen, so dass ihre Raumbedeutung (E) herangezogen wird. Um ihre hohe Einstufung zu untermauern, sei auf die vielfältigen Funktionen im Naturhaushalt, beispielsweise im Energie- und Stoffumsatz, und auf ihre herausragende Bedeutung als hochproduktiver Lebensraum mit großen Biomassen (MEYERDIRKS, 1998) verwiesen. Aus diesem Grund greift hier auch das Bodenschutzgesetz (BodSchG), denn die beschriebenen naturraumtypischen Böden bieten Lebensraumfunktion für Flora und Fauna und übernehmen wichtige Puffer- und Filterfunktionen für das sie prägende Gewässer. Sie gelten daher als besonders schützenswert (BUNDESGESETZBLATT, 1998). Ihre ursprüngliche Zugehörigkeit zum betrachteten Naturraum, ihre Funktion darin und ihr Gefährdungsgrad rechtfertigen den Ansatz der höchstmöglichen Raumbedeutung bei diesem Schutzgut.

##### *Belastungen der Böden durch das Projekt*

Je nach Verbringung des anfallenden Baggergutes entfallen die direkten Auswirkungen durch Anlage von Spülfeldern oder Strandvorspülungen. Da für solche Maßnahmen in der Regel keine hochwertigen Böden zur Überspülung herangezogen werden und das eventuelle Ausmaß unbekannt ist, kann dieser Wirkkomplex nicht in die Bewertung einfließen.

Über die Veränderung der Tidewasserstände ergeben sich allerdings negative Effekte auf das Schutzgut Böden. Insbesondere ein zu erwartender Anstieg des Thw verschiebt hierbei die Bodenbildungsbedingungen erheblich. Durch höher auflaufendes Thw ist ein Zurückweichen der Röhrichte zu erwarten, was wegen der Ausweichgrenze, die die Deichlinie setzt, direkt in einen Verlust an Rohmarsch zu übersetzen ist. Dabei wirkt sich jeder cm Anstieg des Thw bei einer Geländeneigung von beispielsweise 1% im Verlust eines 1 m breiten Streifens aus. Fatalerweise sind die wertvollsten Bereiche gerade die tief liegenden, flach ansteigenden Vorländer, die nach diesem Mechanismus am stärksten betroffen sind.

Die davor liegenden Wattflächen profitieren voraussichtlich nicht proportional von diesem Zurückweichen, denn sie sind einerseits durch die größere Energie des höher überstauenden Wassers, durch steilere Profilböschungen sowie durch stärkere Strömungen nahe Tnw verstärkt erosionsgefährdet.

Diesen Verlusten entgegen wirken könnten allein Tendenzen zur weiteren Verlandung in den Seitenarmen und Flachwasserbereichen, die durch tiefer auslaufendes Tnw und Strömungsberuhigung in den Seitenbereichen zur Aufsedimentation neigen werden. Dies ist aber, wie bereits dargelegt, ein gänzlich unerwünschter Effekt.

#### ***Risikoeinschätzung Böden***

Durch Verklappungen, Auf- und Vorspülungen sind punktuell gravierende Störungen der Böden zu erwarten. Über die hydrologischen Auswirkungen sind darüber hinaus großräumig Verluste der als wertvoll angesehenen Bodenformen bzw. deren Neubildung an Stellen, die eigentlich wichtige andere naturraumtypische Funktionen erfüllen sollen, zu erwarten. Der Grad der Belastungen ist daher als hoch (III) anzusetzen. Aus sehr hoher Raumbedeutung und hoher Belastung ergibt sich ein sehr hohes Umweltrisiko (5). Es sind großräumig entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten. Vermeidungs-, Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind nicht immer möglich.

Bei Umsetzung dieses Projektes muss für den zu erwartenden Verlust an Fluss- und Brackrohmarshen sehr umfangreich Ersatz und Ausgleich geschaffen werden. Denkbar sind hier Rückdeichungen bzw. die

Ausdeichung oder Öffnung von Sommerpoldern mit einer Anpassung der Geländehöhe, so dass sich die Vegetationszonierungen neu einstellen können.

#### ***4.3.5 Sedimente***

##### ***Ist-Zustand und Raumbedeutung Sedimente***

In weiten Bereichen der Baggerstrecke liegen die Transportkörperstrecken vor, die infolge der bereits herbeigeführten Übertiefung der Unterweser eher erodieren als aufsedimentieren. Das führt bereits im jetzigen Zustand zu Geschiebedefiziten, die, begünstigt durch die anthropogen extrem verstärkten Tidedrömungen, durch stromauf transportiertes Material aus der Nordsee ausgeglichen werden. Marine Sedimente wurden bereits bis in Höhe Bremen nachgewiesen (SCHUCHARDT & SCHIRMER, 1990).

Eine ökologische Raumbedeutung für die Sedimentbeschaffenheit ist nur schwer herleitbar. In ihrem ursprünglichen Zustand fließt die Weser ausschließlich in holozänen Schichten und ist für deren Ausprägung geradezu mitverantwortlich, so dass der Fluss quasi in seinen eigenen Sedimenten wirkte. Erst die Vertiefungen schnitten pleistozäne Schichten an der Gewässer- sohle an, so dass deren Präsenz ebenso wie der Eintrag von Nordseesedimenten als anthropogen einzustufen ist.

Unter dem Gesichtspunkt der Schadstoffbelastung sind diese Sande jedoch als völlig unbelastet einzustufen, so dass hilfsweise eine mittlere ökologische Raumbedeutung (C) für die Sedimentbeschaffenheit angesetzt wird.

##### ***Belastungen durch das Projekt, Risikoeinschätzung***

Die Sedimente der Stromrinne sind durch das Projekt direkt betroffen. Sie werden großräumig abgebagert und verbracht. Bei den Mittel- und Feinsänden zwischen Bremen und Brake handelt es sich um vermutlich weitgehend unbelastetes Material. Einer Umlagerung im System stehen damit keine grundsätzlichen Bedenken entgegen.

Anders dagegen bei einer Verbringung an Land. Die Materialentnahme wird vom System vermutlich mit einem verstärkten stromauf gerichteten Nettotransport von Sedimenten marinen Ursprungs beantwortet. Dies verursacht nicht nur weitere Unterhaltungsbaggerei, sondern auch ein Verlust dieser Sedimente in der Nord-

see. Da niemand weiß, woher solche Lücken gefüllt werden und es nicht auszuschließen ist, dass dieses Material den morphodynamischen Prozessen im Wattenmeer hernach fehlt, sollte nach dem Vorsorgeprinzip eine Landverbringung von Sedimenten vermieden werden.

Die schluffigen bis schlickigen Sedimente, die zwischen Nordenham und Blexen gebaggert werden sollen, sind aktuellen Ursprunges und damit mit Gewissheit durch Schwermetalle und organische Schadstoffe belastet. Diese Sedimente werden aller Voraussicht nach in der Außenweser auf genehmigten Klappstellen verklappt, was den Vorschriften, die in der HABAK festgelegt sind, unterliegt. Aufgrund fehlender Datenbasis über Belastungen des potentiellen Baggergutes und der Klappstellen erfolgt hier keine Umweltrisikoeinschätzung, unbeschadet der Tatsache, dass Untersuchungen hierüber eine Bringschuld des Vorhabenträgers sind.

#### 4.3.6 Vegetation

##### *Ist-Zustand Vegetation*

Die fachlichen Angaben dieses Kapitels beruhen, sofern nicht anders angegeben, auf Angaben der Land-

Tabelle 4: Liste der Vegetationstypen an der Unterweser, die nach § 28a NNatG als besonders geschützte Biotope gelten.

Vegetationstyp	Beschreibung
Bf	Auwaldartige Pappelforsten auf Harriersand und Auwaldreste auf Warflether Sand
Gs	Seggen-Grünländer
Gt	Ruderalisierter Trockenrasen auf sandiger Brache
Rb	<i>Bolboschoenus</i> -Röhrichte
Rr	<i>Typha</i> -Röhrichte
Rs	Nasse, artenreiche <i>Phragmites</i> -Röhrichte
Rt	<i>Schoenoplectus</i> -Röhrichte
St	Trockene Staudenfluren auf Sand
Wg	Gräben mit gefährdeten Arten

Wenn man die Verteilung dieser Vegetationstypen im Untersuchungsgebiet betrachtet, dann fällt auf, dass quasi der gesamte nicht verbaute Uferbereich aus nach § 28a NNatG besonders geschützten Biotopen besteht. An Unter- und Außenweser kommen weitere 33 Vegetationstypen vor, die unter Gesichtspunkten des Naturschutzes aber nicht die herausragende Bedeutung erreichen wie die oben aufgelisteten oder aber im Außen-

schaftsrahmenpläne der anliegenden Städte und Kreise Bremen, Cuxhaven, Oldenburg und Wesermarsch.

Die Vegetation der Unterwesermarsch ist Ausdruck der landwirtschaftlichen Nutzung und der vorliegenden Bodenverhältnisse. Es überwiegen bei weitem die verschiedenen Ausprägungen von mehr oder minder intensiv genutzten Grünländern.

Hier sind jedoch weniger die Binnendeichsflächen von Interesse, da diese, wenn überhaupt, dann nur marginal und indirekt über die Wasserwirtschaft von diesem Vorhaben betroffen sind. Anders die Außendeichsflächen. Hier finden sich trotz der großen Flächenverluste durch die zurückliegenden Ausbauten immer noch bedeutende Tideröhrichtbestände in den Ausprägungen Phragmition (überwiegend) und *Schoenoplectus triquetri*-*Bolboschoenetum maritimi* (Brackwasserzone). Punktuell treten auch Bestände des Schmalblättrigen Rohrkolbens auf. Eingestreut in diese natürlich dort vorkommenden Vegetationsgesellschaften finden sich die eingedeichten Sommerpolder mit zumeist mesophilem Grünland. Auch hoch liegende Flächen sind oft beweidet und als Feuchtgrünland ausgeprägt.

weserbereich liegen. Unter den weniger wertvollen Flächen dominieren die Typen Grasacker (Ga) und Weidelgras-Weißklee-Weiden (Gw), also geringwertige, meist intensiv bewirtschaftete landwirtschaftliche Flächen.

Eine submerse Vegetation fehlt infolge der anthropogen veränderten Strömungs- und Sedimentationsverhältnisse sowohl im Hauptstrom als auch in den Seiten-

bereichen völlig (SCHIRMER, 1995). Lediglich in kleinen Gräben, die durch Stauwehre die überwiegende Zeit vom Tidegeschehen abgeschnitten sind, etabliert sich eine Grabenvegetation mit z. T. seltenen Arten. In unterschiedlichem Ausmaß findet sich ein entsprechendes Bild auch in den Nebenflüssen. In geringstem Maße wohl an der Hunte, die bis zur Tidegrenze in der Stadt Oldenburg nahezu durchgängig verbaute Ufer, teils mit Spundwänden, größtenteils mit Steinschüttungen vorweist. Dennoch gibt es auch hier punktuell noch Restvorkommen von Röhrichten, z. B. auf Kompensationsflächen zurückliegender Vorhaben. Ein ähnliches Bild findet sich an der Ochtum wo sich meist schmalsäumige Röhrichte abschnittsweise verbreitern. Nur ein relativ kurzer Lauf der Geeste ist noch tidebeeinflusst, allerdings zeigt sich im Lauf bis zum Wehr ein deutlich größerer Strukturreichtum als in Hunte oder Ochtum. Obwohl auch hier Steinpackungen und Spundwände anzutreffen sind, sind andererseits auch wertvolle Strukturen wie Mäanderschleifen mit Aueflächen, Tideröhrichte und Überschwemmungswiesen vorhanden. In der Lesum setzt sich der Tideeinfluss in die Zuflüsse Hamme und Wümme fort. Besonders an der unteren Wümme finden sich ausgedehnte, sehr wertvolle Vegetationsbestände in einer Auenlandschaft von bundesweiter Bedeutung. *Salicion albae*, *Alnopadion*, *Phalaridion* und *Phragmition* sind hier beispielsweise anzutreffen, begleitet von gefährdeten Arten wie Sumpfläusekraut, Fieberklee, Wassergreiskraut, Sumpflutauge und anderen. Einzige Primärproduzentin im Tidegewässer ist die Kieselalge *Actinocyclus normanii*, die mit dem Oberwasser in die Unterweser eindriftet und aufgrund der erhöhten Verweilzeiten im Ästuar in der Lage ist, dort nennenswerte Populationen aufzubauen (SCHIRMER, 1995). Limitierender Faktor ist hier das durch das erhöhte Schwebstoffaufkommen reduzierte Lichtangebot, welches den Algen darüber hinaus nur in den kurzen Momenten zur Verfügung steht, in denen sie zufällig die oberen durchlichteten Bereiche des vollständig durchwirbelten Wasserkörpers passieren. Am Beginn der Trübungswolke kommen diese Populationen aufgrund des Lichtmangels regelmäßig zum Zusammenbruch (HAESLOOP & SCHUCHARDT, 1995).

### ***Raumbedeutung Vegetation***

Die Raumbedeutung ist für das Untersuchungsgebiet nicht generalisierend beschreibbar. Zu unterschiedlich sind die Ausprägungen und die jeweiligen Bedeutungen der verschiedenen Vegetationstypen für den Umweltschutz. Sie reichen von intensivst bewirtschafteten Flächen mit Pestizid- und Düngereinsatz mit der Raumbedeutung A bis hin zu geschützten Bereichen mit Vegetationstypen, die bundesweit selten geworden sind. Sie beherbergen stark gefährdete und sogar vom Aussterben bedrohte Arten und Lebensräume wie Auwaldreste, so dass ihnen die Raumbedeutung E beizumessen ist. Da die Mehrzahl der wertvollen, hoch einzustufenden Bereiche überwiegend unmittelbar am Ufer liegen und damit den Veränderungen durch dieses Vorhaben anders als die oft durch Sommerdeiche geschützten minderwertigen Bereiche voll ausgesetzt sind, wird die Raumbedeutung E (sehr hoch) als relevant für die Einschätzung des Umweltrisikos angesehen.

### ***Belastungen der Vegetation durch das Projekt***

Die Belastungen durch dieses Projekt wirken sich wiederum in erster Linie über die Veränderung der Tidewasserstände aus. Dabei wirken sich sowohl der Absink des Tnw als auch der Anstieg des Thw verdrängend auf Röhrichtbestände aus. Eine Erhöhung des Thw führt zum Zurückweichen der Vegetation an die neue Überschwemmungstoleranzgrenze. Dabei lässt sich jeder Zentimeter Anstieg des Thw bei angenommener Geländeneigung von 1% direkt in einen Meter Zurückweichen der Vegetation übersetzen, wobei zu beachten ist, dass die ausgedehntesten und wertvollsten Röhrichte die geringste Geländeneigung aufweisen und somit proportional am stärksten betroffen sein werden. Ein Absink des Tnw, welcher nach allen bisherigen Erfahrungen größer ausfallen wird als der Tnw-Anstieg, führt zu insgesamt erniedrigten Mittelwasserständen. Das verursacht insgesamt eine erhöhte Entwässerung der höher liegenden Böden, so dass sich die Vegetationszonierungen auch von der Landseite her zu ungunsten der Röhrichte verschieben werden. Dieser Effekt ermöglicht u. U. sogar eine Ausweitung der Nutzbarkeit als Weideland von landseitig an die Röhrichte grenzenden Flächen. Die Verluste an Röhrichtbeständen werden selbst bei wenigen Zentimetern Wasserstandsänderungen erheblich sein, da sie sich über

das gesamte Gebiet zangenartig von Land- und Wasserseite her auswirken werden.

Ein gegenläufiger Effekt könnte in den jetzigen Flachwasserbereichen eintreten, wo eine verstärkte Verlandung zur Ausweitung dortiger Röhrichte führen könnte. Dies sollte jedoch in keinster Weise den zu erwartenden Verlusten in Gegenrechnung gestellt werden, da eine solche Verlandung in vielerlei Hinsicht ganz und gar unerwünscht ist.

Mögliche Effekte auf die sehr wertvollen Bereiche an der Wümme lassen sich an dieser Stelle nur schwer einschätzen. Auch der Effekt auf die Außendeichsflächen maritimer Ausprägung ist schwer einschätzbar, da Daten über den Einfluss von Vertiefungen in der Unterweser auf das Tidegeschehen in der Außenweser nicht vorliegen.

Auch die Randbedingungen für *Actinocyclus normanii* werden sich verschlechtern, da einerseits durch erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten und damit vermehrtem Schwebstoffgehalt mit einer absoluten Verkleinerung des durchlichteten Wasserkörpers und damit der trophogenen Zone zu rechnen ist. Andererseits wird sich das Lichtklima zusätzlich über die relative Verkleinerung des durchlichteten Wasserkörpers verschlechtern, da der dunkle Wasserkörper (tropholytische Zone) erheblich vergrößert wird und es mit dementsprechend geringerer Wahrscheinlichkeit zur zufälligen Passage der Oberfläche kommt.

### ***Risikoeinschätzung Vegetation***

Zusammenfassend ist mit deutlichen Röhrichtverlusten über das gesamte Gebiet zu rechnen, und zwar schwerpunktmäßig dort, wo diese ihre größte Ausdehnung und wertvollste Ausprägung haben. Der Grad der Belastungen wird deshalb als hoch eingestuft.

Aus sehr hoher Raumbedeutung (E) und hoher Belastung (III) ergibt sich ein sehr hohes Umweltrisiko (5). In großen Untersuchungsgebietsflächen sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten. Vermeidungs-, Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind nicht immer möglich. Mit sehr umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.

### 4.3.7 Fauna

#### *Ist-Zustand Fauna*

Die Artenzusammensetzungen und Dominanzstrukturen im Untersuchungsgebiet zeigen eine erhebliche Varianz entlang der unterschiedlichen Bereiche des Untersuchungsgebietes. Bei Betrachtung im Längsprofil fallen Veränderungen in der Besiedlung auf, die mit Veränderungen in Morphologie, Strömungsverhältnissen und Salzgehalten korrelieren. Auch im Querprofil können sich bei Vorhandensein unterschiedlicher Lebensräume gravierende Unterschiede in der Fauna einstellen. Sinnvoll erscheint deshalb eine Betrachtung der Fauna anhand gängiger Größenklassifizierungen und taxonomischer Gruppen (Zooplankton, Makrozoobenthos, Fisch- und Avifauna, Seehunde sowie Einzelbetrachtung verschiedener weiterer Tiergruppen wie etwa Wanderarten) jeweils entlang der unterschiedlichen Abschnitte und Lebensräume des Untersuchungsgebietes.

Das **Zooplankton** wird unterhalb der Tidegrenze von eindriftenden Arten aus der Mittelweser bestimmt. Cladoceren und Rotatorien bestimmen hier das Bild. Erst in Höhe der stadtbremischen Häfen, wo sich aufgrund des vergrößerten Querschnittes bereits ein Tidestromkenterpunkt mit kurzfristigem Flutstrom ausbildet, tritt mit dem Copepoden *Eurytemora affinis* die erste und zugleich bedeutendste ästuarendemische Zooplanktonart auf (HAESLOOP & SCHUCHARDT, 1995). Bis zur Brackwassergrenze treten keine entscheidenden Veränderungen in den Dominanzstrukturen auf, wobei saisonale und lokale Entwicklungen zu divergierenden Zooplanktongemeinschaften führen können. Dabei herrscht durchaus eine gewisse Formenvielfalt, die namentlich durch eingeschwemmte Arten aus den Nebengewässern gespeist wird (HAESLOOP & SCHUCHARDT, 1995). Insgesamt werden für die Unterweser 58 Taxa angegeben (SCHUCHARDT & SCHIRMER, 1988).

In der Brackwasserzone, deren obere Grenze (def. mit Salzgehalt > 2 Promille) tide- und oberwasserabhängig etwa zwischen Elsfluth und Bremerhaven wandert, erreicht *Eurytemora affinis* seinen Verbreitungsschwerpunkt, während einige Vertreter der übrigen Gruppen hier ihre Salztoleranzgrenze erreichen und zurück treten. Im sich anschließenden mesohalinen Bereich verstärkt sich die Dominanz von *E. affinis* noch

weiter unter gelegentlichem hinzutreten von *Acartia tonsa*, einem weiteren Brackwasser-Copepoden (HAESLOOP & SCHUCHARDT, 1995). Erst in Höhe Wremens, wo die mittleren Salzgehalte polyhaline Bereiche erreichen, werden diese Brackwasserarten durch marine Copepoden ersetzt. Hier beginnt der Lebensraum mariner Zooplankton-Gemeinschaften, die durch einen hohen Anteil von Crustaceenplankton und planktischen Larven gekennzeichnet ist.

Das **Makrozoobenthos** wird mit 49 Taxa angegeben (HAESLOOP, 1990). Am artenreichsten erweisen sich die Oligochaeta und die Crustacea mit je 14 Arten, wobei die meisten Dipterenlarven nicht bis zur Art bestimmt wurden. Einen bedeutenden Aspekt bilden die verstärkt sich etablierenden Neozoen wie beispielsweise *Dreissena*, *Congeria*, *Corbicula*, *Dikerogammarus* u. a., deren Erfolg z. T. sicherlich auf das Verschwinden bzw. die Schwächung einheimischer Arten durch die zurückliegenden lebensraumverändernden Ausbauten zurückzuführen ist (SCHIRMER, 1995).

Da die aktuellste umfassende Makrozoobenthosuntersuchung noch auf Daten von vor 1990 basiert, als die Weser wesentlich stärker salzbelastet war als aktuell, bestimmen hier eindeutig marine Arten und Brackwasserarten die Artenzusammensetzung und die Besiedlungsdichte (HAESLOOP, 1990). Das Makrozoobenthos lässt sich je nach Lebensweise unterscheiden in die Endofauna und die vagile Epifauna. Für das Untersuchungsgebiet lässt sich konstatieren, dass Oligochaeten für den einen und Crustaceen für den anderen Bereich charakteristisch sind. In der Epifauna erlangen Chironomidenlarven und Mollusken streckenweise noch eine gewisse Bedeutung.

Oberhalb der Flutstromgrenze sind es wieder die eingedrifteten Arten aus der Mittelweser wie z. B. *Corophium lacustre* und *Gammarus tigrinus*, die das Bild bestimmen. Hinzu treten zahlreiche limnobiontische Oligochaeten und Chironomidenlarven. In den flussabwärts stark präsenten Steinschüttungen haben dazu eine Reihe von Mollusken, z. B. *Dreissena polymorpha*, Habitate gefunden. Da euhaline Brackwasser- und Meeresarten wie *Nereis diversicolor* aufgrund der künstlichen Salzbelastung bis dato immer noch bis in diesen Bereich vordringen können (eig. Beobachtungen), entsteht das Bild relativen Artenreichtums in diesem stark verbauten Flussabschnitt.

Flussabwärts verarmt die Makrozoobenthos-Fauna deutlich, was darauf zurückzuführen ist, dass die standortfremden Steinschüttungen als Habitate weitgehend wegfallen und das Substrat des Eulitorals im wesentlichen aus vorgespültem Sand besteht. Da hier ausbaubedingt feinere Sedimente vorherrschen würden, ersetzen die künstlichen Sandvorspülungen dabei die ursprünglichen natürlichen Sandvorkommen dieses Flussabschnittes und weisen eine natürliche Arten- und Individuenarmut auf. In den strömungsberuhigten Seitenbereichen, wo sich schlickige bis schluffige Sedimente ablagern, werden diese von einer Vielzahl von Chironomiden und mehr noch Oligochaeten besiedelt. Letztere werden dominiert von *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Tubifex tubifex* und *Paranais litoralis* (MEYER-DIRKS, 1998).

In der Brackwasserzone verschieben sich die Dominanzen in der Endo- und Epifauna und es treten weitere Brack- und Meerwasserarten hinzu, ohne dass sie das Verschwinden vieler limnischer Arten ausgleichen könnten. *Tubifex costatus*, *Gammarus zaddachi* und *Neomysis integer* können für diesen Abschnitt als aspektbestimmend angesehen werden. Mit zunehmendem mittleren Salzgehalt gewinnen Brackwasserarten und euhaline marine Vertreter die Oberhand, so dass hier *Corophium volutator*, *Gammarus salinus*, *Tubifex costatus*, Polychaeten und zeitweilig auch *Palaemonetes sp* sowie *Crangon crangon* als typisch angesehen werden können. Allen diesen Arten gelingen jedoch immer wieder Vorstöße bis tief in das Binnenland, einige besiedeln als Folge der anthropogenen Salzbelastung sogar dauerhaft Mittel- und Oberweser (HAESLOOP, 1990). Besonders im Brackwasserbereich treten verstärkt Neozoen auf. Zu ihnen gehören Arten wie die Mollusken *Cordylophora caspia* und *Congeria leucophaeta*, und die Crustaceen *Gammarus tigrinus*, *Palaemon longirostris* und *Eriocheir sinensis* (SCHIRMER, 1995).

Danach geht die Fauna in die arten- und individuenreichen Artengemeinschaften des Wattenmeeres über, die marinen Ursprungs sind.

Die **Fischfauna** der Unterweser musste in den vergangenen 100 Jahren bedeutende Bestands- und Artenverluste hinnehmen. Nicht nur der zeitweise verschwundene Lachs, für den Wiederansiedlungsanstrengungen unternommen werden, sondern auch Meerforelle,

Kaulbarsch, Stint, Zährte, Finte, Meer- und Flussneunauge, Quappe, selbst Stint und Aal büßten ihre einstigen Populationsgrößen ein. Die anadromen Wanderfische Stör, Alse und Schnäpel sind verschollen. Eine einstmals florierende Fischerei wird von den aktuellen Fischbeständen nicht mehr getragen, lediglich Stint und Aal werden semiprofessionell befischt (mdl. Mitt. R. DROSTE, Amtsfischer des Fischeramtes Bremen).

Eine Untersuchung am neuen Fischpass am Bremer Weserwehr ergab ein Aufkommen von 24 Arten inklusive der Rundmäuler Fluss- und Meerneunauge (WSA 2002). Aufgrund des nahezu völligen Beseitigens von strömungsberuhigten Seitenbereichen und Flachwasserzonen mit reicher submerser Vegetation sowie durch das Abschneiden von Nebengewässern durch unpassierbare Wehre und Schöpfwerke hat die Unterweser den größten Teil ihrer Bedeutung als Brut- und Aufzuchtsgewässer für Fische verloren. Lediglich in Hafengebieten mit relativ geringem Verkehr können nunmehr noch bedeutende Zahlen an Fischlarven oder Jungfisch festgestellt werden (RIEGER ET AL., 1994), aber auch diese Ersatzlebensräume werden beseitigt, wie das Beispiel des Bremer Überseehafens zeigt.

Die verbliebene Fischfauna zeigt eine deutliche Zonierung. Der limnische bis oligohaline Bereich bis in die oberen Bereiche der Brackwasserzone hinein wird von einer Cypriniden-Perciden-Gemeinschaft besiedelt, in der Brassen, Güster, Aland, Plötze sowie Flussbarsch und Zander die dominierenden Arten sind. Nur im oberen Bereich kommt auch Ukelei in größeren Mengen hinzu (SCHEFFEL & SCHIRMER, 1991).

Mit Erreichen des Mesohaliniakums verschwinden diese Arten und werden durch die allerdings saisonale Präsenz euryhaliner Wanderfische wie Flunder, Stint oder Strand- und Sandgrundel ersetzt, zu denen sich gelegentlich marine Arten wie Hering, Scholle und Vertreter der Dorschartigen gesellen.

Ein wesentlicher Teil der Fischfauna besteht jedoch auch in den **Wanderarten**, die sich keiner Zonierung zuordnen lassen und saisonabhängig unterschiedliche Bereiche in Unter- und Außenweser aufsuchen oder das Gewässer als Wanderkorridor auf dem Weg zu entfernteren Zielen benutzen. Als Vertreter der Langdistanzwanderer gelten der gelegentlich als Erfolg der Besatzmaßnahmen nachgewiesene Lachs, die Meerforelle, Fluss- und Meerneunauge und der Aal. Diese

Arten mussten ausnahmslos Bestandseinbußen hinnehmen, Wanderarten wie Stör, Aalse oder Schnäpel sind gar völlig verschwunden. Nicht zur Fischfauna, aber mit großen Teilen ihrer beachtlichen Populationen ebenso zu den Wanderarten zu zählen ist die Wollhandkrabbe *Eriocheir sinensis*.

Mittlere Wanderdistanzen legen Arten wie der Stint und die Flunder zurück, begleitet von den Grundeln und dem Dreistachligen Stichling, aber auch von der Schwebegarnele *Neomysis integer*, der Speisegarnele *Crangon crangon* und dem Salzflohkrebs *Gammarus salinus*.

Die **Avifauna** lässt sich grob unterteilen in heimische Brutvögel und Hospites wie Rast-, Mauser- oder Wintergäste. Für diese Tiere erfüllen die verschiedenen Lebensräume des Untersuchungsgebietes die unterschiedlichsten Funktionen.

Im oberen Bereich, durch nahezu geschlossene Bebauung in Bremen und Bremen-Nord geprägt, dominieren die kulturfolgenden Arten der Stadt- und Gartenvögel. Für Brut- und Gastvögel gibt es an der Unterweser Bereiche mit nationaler und internationaler Bedeutung. Hierzu zählen der Harriersand mit dem Rechten Nebenarm (FFH- und EU-Vogelschutzgebiet), die Wümmewiesen mit angrenzenden Schutzgebieten wie Westl. Hollerland oder Hammeniederung (FFH-Gebiete und NSGe), die Strohauser Plate und die Strohauser Vorländer mit der Schweiburg (EU-Vogelschutzgebiet). In den Röhrichten entlang der Unterweser hat sich eine artenreiche und naturraumtypische Brutvogelfauna eingestellt, zu der Rohrweihe (RL<sub>Nieders.3</sub>: gefährdet), Rohrdommel (RL<sub>Nieders.1</sub>: vom Aussterben bedroht), Rohrschwirl (RL<sub>Nieders.2</sub>: stark gefährdet) und Schilfrohrsänger (RL<sub>Nieders.2</sub>) gehören. In den vorgelagerten, meist feinkörnigen Watten gesellt sich eine große Arten- und Individuenzahl von Nahrungsgästen hinzu und unterstreichen die Bedeutung des Eu- und Supralitorals für die Avifauna. Hierzu zählen, Alpenstrandläufer (RL<sub>Nieders.1</sub>), Austernfischer, Fluss- (RL<sub>Nieders.2</sub>) und Trauerseeschwalbe (RL<sub>Nieders.1</sub>), Knutt, Rallen, Rot-schenkel, Säbelschnäbler, die verschiedenen Möwen-, Taucher-, Enten- und Gänse- und Sägerarten sowie Reiher und Kormoran. In den Wiesen und Weiden der Vorländer und der angrenzenden Marsch brüten beispielsweise Blaukehlchen (RL<sub>Nieders.2</sub>: stark gefährdet),

Kiebitz, Schafstelze (RL<sub>Nieders.3</sub>), Uferschnepfe (RL<sub>Nieders.2</sub>) und Wiesenpieper (RL<sub>Nieders.3</sub>).

Neben der oben beschriebenen Fauna existieren in Teilbereichen der Vorländer an der Unterweser noch einige wertvolle Bestände an geschützten Heuschrecken, Amphibien, Libellen und Laufkäfern.

### **Raumbedeutung Fauna**

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Flachwasserzonen von herausragender Bedeutung für die Avi-, Ichthyo- und Makrovertebratenfauna sind. Auch für das Zooplankton gibt es Hinweise dafür, dass diese Bereiche größere Abundanzen hervorbringen als der Hauptstrom (RIEGER ET. AL., 1994). Diese Bereiche haben die Raumbedeutung E (sehr hoch). Dagegen hat die Stromrinne mit der starken Strömung, dem hohen Schwebstoffanteil mit temporären Sauerstoffdefiziten und dem völligen Fehlen naturnaher Strukturen in Benthos und Litoral eine geringe Raumbedeutung für die Fauna (B), wenngleich sie als Wanderkorridor für die beschriebenen Wanderarten unverzichtbar und die dortigen hydraulischen und morphologischen Randbedingungen entscheidend für den Wandererfolg dieser Arten sind.

Von sehr hoher Bedeutung (E), besonders für die Avifauna, sind dagegen die Röhrichte und auch Feuchtwiesen und Sandareale in den Vorländern. Sie erreichen eine hohe Raumbedeutung durch die Beherrschung beispielsweise von Röhricht- und Wiesenbrütern, bedeutenden Heuschrecken-, Libellen- und Laufkäferbeständen oder ihren herausragenden Funktionen für rastende Zugvögel.

Insgesamt betrachtet kann dem Gebiet nur die Raumbedeutung E zugeteilt werden, alles andere käme einer unzulässigen Mittelung der einzelnen Bereiche gleich.

### **Belastungen der Fauna durch das Projekt und Risikoinschätzung Fauna**

Auch hier fördert das Vorhaben in seinen zu erwartenden Auswirkungen die divergierende Entwicklung von relativ wertvollen Seitenbereichen und hochgradig verarmter Stromrinne. In Letzterer verschlechtern sich die Bedingungen durch sich weiter verstärkende Strömungsbelastung (s. 4.3.1), erhöhte Schwebstoff- und Schadstoffbelastung (s. 4.3.2), sich wieder verschärfende Sauerstoffmangelsituationen (s. 4.3.2) und die sich

verschiebende und verändert schwingende Brackwasserzone (s. 4.3.1). Die Stromrinne selber hat in dem Sinne für den weit überwiegenden Teil der aquatischen Fauna lediglich noch die Funktion als vernetzende Wanderstrecke. In ihr wird über die o. a. Belastungen auch für diese letzte verbliebene Funktion eine Beeinträchtigung verursacht.

In Relation zur Stromrinne gewinnen die Seitenbereiche mit Flachwasserbereichen, Watten und Röhrichten an Bedeutung. Da aber gerade die wertvollsten Bereiche in noch stärkerem Maße wie die Stromrinne in Mitleidenschaft gezogen werden, beispielsweise durch die im ganzen Untersuchungsgebiet beeinträchtigten Röhrichte (E), sind die Belastungen durch dieses Vorhaben als hoch (III) einzustufen. Dort, wo sich die Röhrichte verlandungsbedingt ausbreiten können, geschieht dies zu Lasten der nicht minder wertvollen Flachwasserzonen (E). Durch eine Erhöhung der Überflutungshäufigkeit in den Vorländern wird deren Wert als Brutbiotop für die Avifauna reduziert.

Der außerordentliche Belastungsgrad gilt umso mehr, da angefangen vom Zooplankton, dem Nahrungsgrundlagen und Rückzugsgebiete verloren gehen, über das Makrozoobenthos, für das das gleich gilt, bis hin zu Ichthyo- und Avifauna, denen ebenfalls Nahrungs-, Jagd-, Rückzugs- sowie Brut- und Aufzuchtgebiete verloren gehen, sämtliche Taxa der Gebietsfauna betroffen sind. Schwerpunkt der Beeinträchtigungen wird die bereits erheblich vorbelastete Unterweser sein. Erschwerend kommt die Tatsache hinzu, dass der oben festgestellte quantitative und qualitative Mangel der Lebensräume im Untersuchungsgebiet, also die eben erwähnte Vorbelastung, in weit überwiegendem Maße durch die zurück liegenden Ausbaumaßnahmen erst herbeigeführt wurde.

Es ergibt sich ein sehr hohes Umweltrisiko (5) für die Fauna der Unterweser, die nahezu universell von dauerhaften und großräumigen negativen Effekten betroffen ist. Ersatz und Kompensation sind in den meisten Fällen nicht möglich, da die negativen Effekte zu großräumig wirken und sich in Ersatzflächen nicht ungeschehen machen lassen.

Es ist kaum zu erwarten, dass künstlich geschaffene Ersatzbiotope wie angelegte Flachwasserzonen die Funktionen der verloren gegangenen morphodynamischen Strukturen werden ausgleichen können, denn

auch solche Ersatzbiotope unterliegen den veränderten Tide-, Strömungs- und Sedimentationsverhältnissen. Da nahezu sämtliche noch vorhandenen Taxa der Unterweser unmittelbar und mittelbar beeinträchtigt werden, ist das mit dem geplanten Eingriff verbundene Umweltrisiko aus ökologischer Sicht nicht mehr tragbar.

#### **4.3.8 Landschaftsbild**

##### ***Ist-Zustand Landschaftsbild***

Das Landschaftsbild im Untersuchungsgebiet dieser URE ist weder einheitlich ausgeprägt noch in seiner Gesamtwirkung mittels einer Raumbedeutung bewertbar. Letztlich ist das Empfinden des Landschaftsbildes ein individueller Prozess, der vor dem Hintergrund verschieden erlebtem und entwickeltem Ästhetikempfindens zu sehr unterschiedlichen Ansichten führen muss.

Dennoch gibt es eine Art Grundkonsens für positiv empfundene Landschaftselemente wie auch für gemeinsam abgelehnte „Schandflecken“. Dem liegt das verinnerlichte und sogar genetisch festgelegte Bild zu Grunde, das der Mensch als biologische Art von seiner ökologischen Nische hat, von jener Landschaftsausprägung, die seinen Ansprüchen bezüglich seiner Lebensweise am ehesten gerecht wird (GERKEN 1995). Dieses Ökoschema verbindet mit offenen Landschaften und weit einsehbaren Flächen mit darin eingestreuten Baumgruppen und Wasserstellen sehr positive Assoziationen mit direkten Bezügen auf jene afrikanische Savannenlandschaft, in der der Mensch nach aktuellem Kenntnisstand seine entscheidenden Evolutionsschritte absolvierte. Ein Ausdruck dessen ist die Gestaltung von Parks und Gärten, die weltweit ähnlichen ästhetischen Gesetzen gehorcht. Ebenso global, wenn auch mit gewisser modifikatorischer Breite, herrscht eine ambivalent empfundene Affinität zum fließenden Wasser (GERKEN 1995).

Im Untersuchungsgebiet finden wir weite Bereiche, die in wesentlichen Aspekten diesem positiven inneren Landschaftsbild entsprechen. Zwischen Bremerhaven und Elsfleth bestimmen Röhrichtflächen mit, wenn auch selten, eingestreuten Baumgruppen das allgemeine Landschaftsbild zwischen den Deichen. Breite fließende, sich aufspaltende Wasserläufe und große Vogel-

schwärme suggerieren dem ursprünglichen Ökoschema entsprechend lohnende Fisch- und Jagdgründe. Unübersehbar präsent sind hier aber auch landwirtschaftlich genutzte Flächen (meist Grünland), die jedoch in gewissem Maße in das positive Gesamtbild eingebunden werden können. Das gilt auch für kleinräumige Siedlungen mit regionaltypischen Elementen, die den beruhigenden Effekt der Nähe von Artgenossen verbinden mit einem Regionalempfinden, das sowohl der in der Region Verwurzelte als auch der Besucher aus Regionen mit abweichenden Siedlungsmustern mit der unterschwelligen Selbstversicherung der Zugehörigkeit zu einer größeren Gemeinschaft quittiert. Anders hingegen werden größere Siedlungen ohne regionaltypische Elemente und Industrieanlagen vielerlei Art aufgenommen, die entlang der gesamten Unterweser, im erwähnten Abschnitt besonders am rechten Weserufer, präsent sind und das positive Gesamtbild immer wieder stören.

### ***Raumbedeutung Landschaftsbild***

Eine einheitliche Raumbedeutung für das Untersuchungsgebiet lässt sich nicht herleiten. Zu unterschiedlich sind die Landschaftsbilder mit Industrieanlagen, die sicherlich eine sehr geringe Raumbedeutung (A) haben auf der einen Seite und ausgedehnten Röhrichtflächen, denen, wie oben geschildert, sicherlich eine hohe Raumbedeutung (E) beizumessen ist.

Entscheidend für die Ermittlung des Umweltrisikos scheinen mir die hochwertigsten Bereiche zu sein, da diese über die veränderten Tidewasserstände die Hauptbetroffenen sein werden, wohingegen Industrieanlagen bezüglich ihrer Bedeutung für das Landschaftsbild von dem Vorhaben nicht berührt werden

### ***Belastungen des Landschaftsbildes durch das Projekt***

Wie unter Punkt 4.3.7 dargelegt, wird es über die veränderten Tidewasserstände zu Verschiebungen der Vegetationszonierungen und insgesamt zu einem Verlust von Röhrichtflächen kommen.

Es ist sicherlich fraglich, ob man im allgemeinen Blick in die Landschaft die durch dieses Vorhaben verursachten Veränderungen wird ausmachen können. Dazu vermittelt sich das Landschaftsbild wohl zu sehr über das Landschaftsempfinden denn über eine fotografische Landschaftsaufnahme.

Dennoch sollte nicht davon ausgegangen werden, dass die zu erwartenden Veränderungen im allgemeinen „Rauschen“ von anderweitig verursachten ständigen klein- und großräumigen Landschaftsveränderungen untergehen. Hierzu sei noch einmal darauf verwiesen, dass die bereits durchgeführten Ausbaumaßnahmen im wesentlichen die angezeigten Verluste an naturraumtypischen Strukturen, vor allem an Röhrichtflächen und feingliedrigen Fließgewässerabschnitten zu verantworten haben. Insofern wird den bereits vorhandenen Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes ein weiterer Verlust hinzugefügt, der zur Minimierung des positiven Landschaftseindrucks im Unterweserraum beitragen wird. Das gilt insbesondere, wenn die veränderten Strömungsverhältnisse weitere Strombaumaßnahmen wie Buhnen und Steinschüttungen erforderlich machen, die nicht nur durch ihre Standortfremde das Landschaftsbild stören, sondern den Fluss darüber hinaus optisch von seiner Aue trennen, ihn einengen und ihm so bereits optisch einen Teil seiner Vitalität und Bedeutung für die umliegende Landschaft nehmen. Beachtung verdient auch die weitere Erhöhung des Tidehubes. Dieser ist ausbaubedingt insbesondere stromauf Brake ganz erheblich gestiegen und gibt nun, vor allem durch das sehr tief auslaufende Niedrigwasser, den Blick auf die in diesem Bereich vorherrschenden unattraktiven Steinschüttungen frei. Diese sind zumeist mit einem dünnen Film von schluffig-schlickigen, also für diesen Bereich nicht ursprünglichen und optisch wenig ansprechenden Sedimenten überzogen.

Gerade in der Großstadt Bremen, in der sehr viele Menschen Naherholung, touristisch-historische Eindrücke und urbanes (nicht zuletzt auch hanseatisch-maritimes) Lebensgefühl direkt am Fluss suchen, behindert der Blick auf ein sich zweimal täglich mehrere Meter entfernendes, tief einsinkendes, schnell fließendes und dadurch auch stark getrübbtes Gerinne mit mehrere Meter breiten schlickigen Steinschüttungen diese Intentionen. Auch diese Beeinträchtigungen sind ausschließlich auf die bereits erfolgten Ausbauten zurück zu führen und werden nochmals verschärft.

### ***Risikoeinschätzung Landschaftsbild***

Insgesamt betrachtet sind mittelschwere Belastungen (II) des Schutzgutes Landschaftsbild durch dieses Vor-

haben zu erwarten. Diese sind jedoch im Gegensatz zu den Effekten auf einige andere Schutzgüter durch landwirtschaftspflegerische Maßnahmen und optische Kaschierungen in einigen Fällen kompensierbar. Bedarf dazu besteht noch aus den bereits herbeigeführten Schäden. Aus der Raumbedeutung E und der Belastung II ergibt sich ein sehr hohes Umweltrisiko. In großen Untersuchungsgebietsflächen sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten. Mit sehr umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.

#### 4.4 Übergreifende Umweltrisikoeinschätzung Unterweservertiefung

Die Ergebnisse der schutzgutbezogenen Umweltrisikoeinschätzungen sind in Tabelle 5 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 5: Ergebnisse der schutzgutbezogenen Umweltrisikoeinschätzungen

Schutzgut	Raumbedeutung	Belastung	Umweltrisiko
Hydrologie	B	III	3
Wassergüte und Stoffhaushalt	C	II	3
Morphologie	C	III	4
Grundwasser	B	I	1
Boden	A – E *)	III	5
Sedimente	(C)	k. E. m.	k. E. m.
Vegetation	A – E *)	III	5
Fauna	B – E *)	III	5+
Landschaftsbild	A – E *)	II	5

\*) = Raumbedeutung ist inhomogen verteilt im Untersuchungsgebiet. Zur Risikoeinschätzung wurden die höchstestufigsten betroffenen Teilbereiche mit der dazugehörigen Belastungsstufe herangezogen.

k. E. m. = keine Einschätzung möglich aufgrund mangelnder Datenbasis.

1	Es sind keine entscheidungserheblichen Umweltrisiken zu erwarten.
3	Entscheidungserhebliche Umweltrisiken sind zu erwarten. Sie können nur teilweise vermieden bzw. minimiert werden. Mit umfangreichen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
4	In wesentlichen Untersuchungsgebietsflächen bzw. bzgl. mehrerer Schutzgüter/Teilkomplexe sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die nur teilweise und mit erheblichem Aufwand vermeidbar, minimierbar bzw. ausgleichbar sind. Mit umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
5	In großen Untersuchungsgebietsflächen bzw. bzgl. der meisten Schutzgüter/Teilkomplexe sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten. Vermeidungs-, Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind nicht immer möglich. Mit sehr umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
5+	In nahezu dem gesamten Untersuchungsgebiet sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die auch mit sehr umfangreichen Maßnahmen nicht vermieden, minimiert oder ausgeglichen werden können.

Für die Schutzgüter Boden, Vegetation, Fauna und Landschaftsbild wurden Bereiche mit der Raumbedeutung E identifiziert. Hierbei handelt es sich in den meisten Fällen um Flachwasserbereiche, die dazugehörigen Watten sowie Röhrichte. Für eben diese Bereiche sind durch das Vorhaben jedoch die schwersten Belastungen zu erwarten, die hauptsächlich durch die Veränderungen der Tidewasserstände verursacht werden. Bei Umsetzung des Vorhabens wird diesen Bereichen, die ganz wesentlich den Wert und die Rolle des Unterwe-

serraumes im Naturhaushalt mitbestimmen, eine weitere schwerwiegende Belastung aufgebürdet, die ihre Entwicklung negativ beeinflussen und sie von ihrem natürlichen Zustand weiter entfernen. Das widerspricht im Kern dem Bundesnaturschutzgesetz, das die Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes vorschreibt, sowie der EU-Wasserrahmenrichtlinie, die im Falle eines hier vorliegenden massiv verbauten Flusslaufes die Aufrechterhaltung und den Ausbau eines guten ökologischen Po-

tentials bei gleichzeitigem Verschlechterungsverbot fordert.

Die Beeinträchtigungen betreffen im übrigen auch bereits bestehende Kompensationsflächen wie die Pastorengate, den Vorder- und Hinterwerder, den Rönnebecker Sand oder die Kleinensieler Plate, die allesamt den gravierenden Mangel an funktionierenden Flachwasserbereichen mit reduziertem Tideeinfluss lindern sollen. Auch in solchen Flächen wird sich der einströmende Wasserkörper vergrößern und mit ihm die eingetragenen Schwebstoffmengen und die Überstauungshöhe und –dauer. Mithin wird die Kompensationsleistung dieser Ersatzmaßnahmen gemindert.

Da die einzelnen Schutzgüter in vielerlei Hinsicht über ein Wirkungsnetz miteinander gekoppelt sind, wirken sich die Einzelbelastungen z. T. verstärkend auf negative Effekte für andere Schutzgüter aus. So führt der zu erwartende höhere Schwebstoffgehalt zur vermehrten abbaubedingten Sauerstoffzehrung und zur Beeinträchtigung des Lichtklimas für das Phytoplankton. Ein Rückgang der Planktonpopulationen erniedrigt dann zusätzlich den biogenen Sauerstoffeintrag in das Wasser und vermindert das Nahrungsangebot für die das Makrozoobenthos dominierenden Filtrierer. Über das Wirkgefüge zwischen Vegetation und Wassergüte verschärft sich somit die Einzelbelastung des Schutzgutes Wassergüte.

Da die zentrale Belastung von den Tideveränderungen ausgeht, sind die Auswirkungen nicht lokal begrenzt, sondern wirken nahezu gleichmäßig auf der gesamten Lauflänge der Tidewelle. Die Schwere der Belastung wird dabei nur von dem Wert des jeweils betrachteten Teilkomplexes bestimmt. Sie ist vernachlässigbar gering bei Steinschüttungen, Bühnen und Spundwänden, sie ist umso schwerwiegender in den Biotopen, die zum ursprünglichen Biotopsystem Ästuar gehören und als solche auf Dynamikveränderungen mit der Einstellung neuer Gleichgewichte reagieren. Bei entsprechend großzügiger Zurverfügungstellung von Ausweicharealen und dem Zulassen eigener dynamischer Entwicklungen in den Raum hinein wäre zu erwarten, dass der Biotopverbund in der Tat einen Teil der Veränderungen abfedern bzw. dämpfen könnte. Da dies jedoch aufgrund von Besitzverhältnissen, Nutzungsinteressen oder Küstenschutzvorgaben unmöglich scheint, bleibt die klassische Form der Anfertigung von definierten

und damit relativ starren Kompensationsflächen, die nur bedingt auf neue Entwicklungen reagieren können. Hierdurch wird der Naturraum weiter zerstückelt in vereinzelte wertvollere Flächen und einen weiter abgewerteten Hauptstrom. Zudem könnte der Nutzungsdruck in verbleibenden Deichvorländern ohne Kompensationsfunktion steigen, da deren relativer Flächenanteil weiter sinkt.

Wegen der auf mehrere Schutzgüter in wesentlichen Streckenabschnitten zu erwartenden bedeutenden Umweltrisiken wird das Umweltrisiko des betrachteten Vorhabens insgesamt als „hoch“ eingestuft. Es ist mit erheblichem Vermeidungs-, Minimierungs- und Kompensationsbedarf zu rechnen. Da sich die Auswirkungen zum Teil gegenseitig verstärken und in ihrer Wirkweise und –breite im wesentlichen als nicht kompensierbar angesehen werden müssen, stellt sich über das hohe Umweltrisiko hinaus die grundsätzliche Frage der Durchführbarkeit solcher Vorhaben. Erhöhte Tidewasserstände, erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten, erhöhte Schweb- und Schadstoffbelastung, verschlechterte Sauerstoffsättigung, all das sind per se nicht kompensierbare Auswirkungen von Flussvertiefungen im Tidebereich.

Zur Frage der Kompensierbarkeit dieser Eingriffe setze man den Fall, dass sämtliche bisherigen Ausbaumaßnahmen der letzten 120 Jahre unter großzügiger Anwendung aktueller Ausgleichsregelungen mit der heute zweifelsohne vorhandenen Umsetzungskompetenz stattgefunden hätten. Niemand würde ernsthaft davon ausgehen wollen, dass die Auswirkungen der bis dato erfolgten Vertiefungen in einem Maße hätten kompensiert werden können, das auch nur ansatzweise die Biotopvielfalt, den Arten- und Individuenreichtum und die Funktionen im Naturhaushalt der unvertieften Weser hätte garantieren können.

Bei dessen ungeachteter Verwirklichung des Projektes ist zu prüfen, ob Minimierungsmöglichkeiten bezüglich des Tidehubes umsetzbar sind. Denkbar wären das Wiederöffnen von ehemaligen Seitenarmen und die Vergrößerung der wenigen vorhandenen sowie die zusätzliche Bereitstellung großzügiger Überflutungsflächen, um die einlaufende Tidewelle zu verteilen und die Energiedissipation wieder zu erhöhen. Dies würde das Potenzial und die Funktion aller dann vorhandenen Flachwasserbereiche verbessern, was als positiver Ef-

fekt ggfls. die voraussichtlich in Kauf zu nehmende vermehrte Unterhaltungsbaggerei weit überwiegen würde.

## 5. Ökologische Risikoanalyse für den Ausbau der Außenweser

### 5.1 Projektbeschreibung

Der Bremer Senat fordert eine weitere Vertiefung der Außenweser, um sie als Schifffahrtsweg leistungsfähiger und wirtschaftlicher zu gestalten. Profitieren soll davon der Containerumschlag in Bremerhaven, dessen Terminals auch nach dem noch nicht vollständig abgeschlossenen SKN-14m-Ausbau nicht von den größten fahrenden Einheiten voll abgeladen tideunabhängig erreicht werden können. Aber auch die Erreichbarkeit der Weserhäfen Nordenham, Brake, Elsfleth und Bremen würde sich durch eine solche Maßnahme verbessern, da die tideabhängige Revierfahrt sich verkürzt und dadurch längere Tidefenster geöffnet werden. Die derzeitige Sollsohle liegt in Höhe der Bremerhavener Containerterminals (Km 70) bei SKN-14 m, fällt bis Km 80 auf 14,40m, um bis Km 90 (Robbenordsteert) eine Tiefe von SKN-14,70 m zu erreichen und bis zum Ende des Fahrwassers (Km 120) zu halten. Ziel ist es, die Sollsohlage durchgängig auf SKN-15,50m zu vertiefen, um solchen Schiffen Zugang nach Bremerhaven zu verschaffen, die den Tiefgang der Panmax- und Post-Panmax-Klasse übersteigen. Unter Umständen ist analog zum SKN-14 m-Ausbau eine weitere Fahrrinnenverbreiterung im Bereich von Km 68 bis Km 90 von Nöten.

Sollten solche Schiffe wie die „Sovereign Maersk“ mit einer Länge von 347m und einer Breite von 42,80m als Bemessungsschiff herangezogen werden, dann wäre nach der beim SKN-14m-Ausbau zu Grunde gelegten Berechnung (BFG, 1994) für gefahrlosen Begegnungsverkehr eine Fahrrinnenbreite von 295m (6,9 x 42,80m) auf der Strecke von Km 68 bis Km 90 und von 394m (9,2 x 42,80m) auf der Strecke von Km 90 bis Km 120 erforderlich. Bisherige Fahrrinnenbreiten sind 220m (im Zuge des SKN-14m-Ausbau um 20m verbreitert) bzw. 300m (im Zuge des SKN-14m-Ausbau um 100m verschmälert).

Darüber hinaus wäre eine Verbreiterung der Wendestelle vor der Stromkaje von jetzt 750m auf 870m (2,5 x 347m) erforderlich und möglicherweise eine Ausdehnung der Auslaufrinne, die an Km 68 vorbei stromauf für Notfälle vorgehalten wird.

### 5.2 Geografische Ausdehnung

Betroffen von diesem Vorhaben ist vorrangig die Fahrrinne der Außenweser im Bereich Km 68 (Bremerhaven Nordmole Kaiserhafen) bis Km 120 (Seegrenze), welche durch geeignete Nassbaggerverfahren an die neue Solltiefe und gegebenenfalls Sollbreite angepasst werden soll. Hinzu kommen stromauf anschließend eine neue gleitende Anpassung an die Verhältnisse in der Unterweser und die o. a. möglichen Ausbauten an der Wendestelle und der Auslaufrinne. Unmittelbar betroffen sind ebenfalls die zu benutzenden Klappstellen im Außenweserbereich sowie Bereiche, die in Anpassung an die zu erwartenden geänderten hydraulischen Verhältnisse mit weiteren Strombauwerken versehen werden müssen.

Mittelbar betroffen und durch unerwünschte Begleiteneffekte beeinträchtigt ist allerdings ein weit größeres Gebiet, das unter Punkt 5.4 beschrieben ist.

Es umfasst das gesamte Ästuar von der Seegrenze her bis Bremerhaven zwischen den Wasserscheiden zur Jade und zur Elbe. Hinzu kommt der Bereich der Unterweser zwischen den Winterdeichlinien bis zur Tidegrenze am Wehr Hemelingen und die in diesem Bereich einmündenden Nebenflüsse bis zu ihrer jeweiligen Tidegrenze.

### 5.3 Zu erwartender Projektumfang

Die zu erwartende Baggermenge ist nur schwer einschätzbar. Für die SKN-14m-Vertiefungen wurden nach Angaben des WSA Bremerhaven etwa 8 Mio. m<sup>3</sup> sandigen Materials bewegt davon wurden etwa 5 Mio. m<sup>3</sup> für Verwendungsinteressen Dritter (Sandhandel, Infrastrukturmaßnahmen) entnommen ([www.wsv.de/wsa-bhv/ausfuehrung14m.html](http://www.wsv.de/wsa-bhv/ausfuehrung14m.html), 28.12.2002, 11:32 Uhr). Dieser Ausbau vertiefte die Sollsohle gegenüber dem Ausgangszustand um 2 m. Die nunmehrige Vertiefung beträgt 1,50 m. Dennoch ist voraussichtlich insgesamt mit einer größeren Bagger-

menge zu rechnen, denn vor Beginn der SKN - 14 m - Baggerungen im Juli 1998 bestanden in weiten Streckenabschnitten der Außenweser Übertiefen (Abb.3), die bereits die neu herzustellende Solltiefe von SKN - 14 m teilweise weit unterschritten und daher nicht ausbaggert, sondern sogar verfüllt werden mussten. Somit erreicht die tatsächliche Baggermenge nur ein gutes Drittel der aus der reinen Volumenberechnung (Lauf-  
länge x Fahrrinnenbreite x Vertiefung) ermittelten theoretischen Baggermenge von 22,7 Mio. m<sup>3</sup>.  
Da der Abschluß dieser Baggerungen gerade drei Jahre zurück liegt, werden sich solche Übertiefen und Auskolkungen noch nicht wieder in diesem Maße ein-

gestellt haben, so dass diesmal die tatsächlichen Baggergutmengen näher an der theoretischen Menge von 21 Mio. m<sup>3</sup> liegen werden. Falls die o. a. zusätzlichen Maßnahmen wie Fahrrinnenverbreiterung und Wendestellenvergrößerung hinzukommen, werden mit großer Wahrscheinlichkeit diese Dimensionen erreicht.  
Nach der für den Vorhabenträger kostenminimierenden Erfahrung der Weiterverwertung der zu baggernden Sande aus dem SKN - 14 m - Ausbau ist damit zu rechnen, dass wiederum ein erheblicher Teil des Baggergutes an Land verbracht und an Dritte weitergegeben wird.

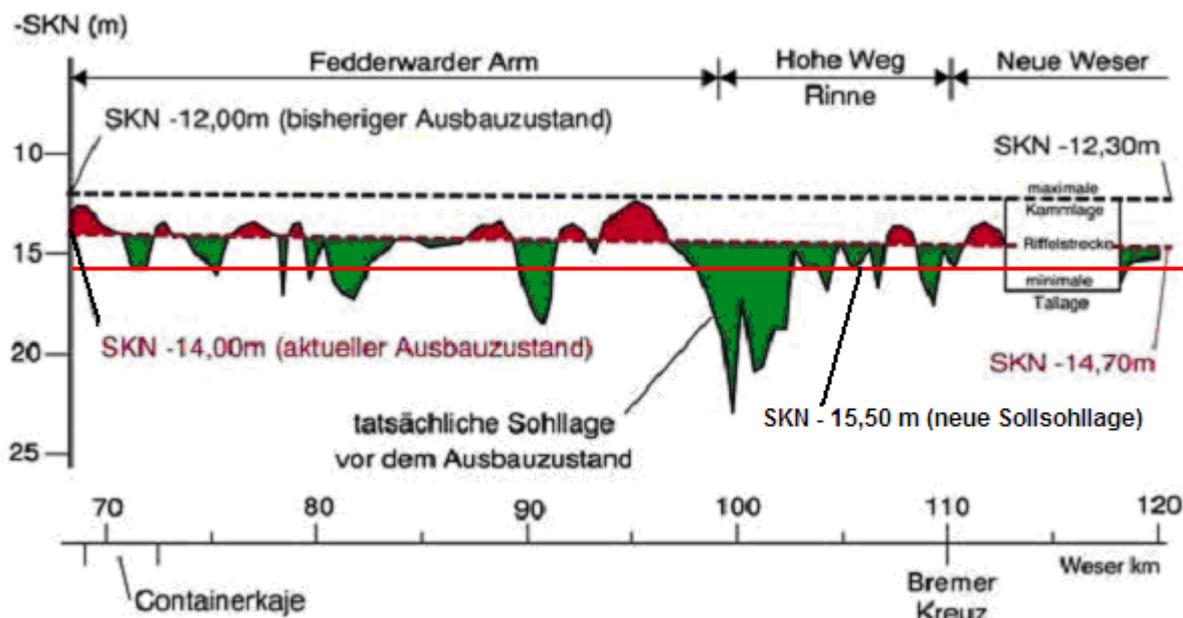


Abb. 3: Sohlage der Außenweser vor dem SKN-14 m-Ausbau. Verändert nach BFG (1994).

## 5.4 Beschreibung des betroffenen Raumes und Rolle im Naturhaushalt

### 5.4.1 Außenweser

Die Außenweser mit ihrer Hauptrinne und den Nebenrinnen bildet ursprünglich ein gestaltendes Element in ihrem Einflussbereich des Wattenmeeres. Zwischen den Wattwasserscheiden zur Jade im Westen und zur Elbe im Osten bildet dieser Bereich einen integrativen Bestandteil des Niederländisch-deutsch-dänischen Wattenmeeres an der südlichen Nordsee.

Obwohl in der Außenweser mit den vergangenen Ausbaumaßnahmen scheinbar eine relativ stabile hydro-

morphologische Situation hergestellt wurde, finden nach wie vor unter dem Einfluss der Gezeiten- und Brandungsströmungen intensive Umlagerungsprozesse statt. Zum weit überwiegenden Teil handelt es sich dabei um Verschiebungen ästuareigenen Materials ohne nennenswerten Nettotransport in See- oder Flussrichtung. Die Grundstruktur des Doppelrinnensystems, die Lage von den größeren Seitenprieln und sogar die Lage der Miesmuschel- und Schillbänke erweisen sich dabei nach zahlreichen bei BFG (1994) zitierten Untersuchungen als im wesentlichen stabil.

Überlagert wird dies vom küstenparallel in West-Ostrichtung stattfindenden ständigen Sandtransport. Dieser durch die vorherrschenden Meeres- und Gezei-

tenströmungen und Seegangsrichtungen verursachte Transport lässt im wesentlichen Fein- bis Mittelsande aus dem belgisch-niederländischen Küstenraum sukzessive an den friesischen Inseln und auch an der Außenweser vorbei in Richtung Osten wandern. Seit dem SKN-12m-Ausbau findet dieser Transport im Bereich des vertieften Fahrwassers nicht mehr in Form von durchwandernden Sandbänken, sondern über sohnnahe Transportkörper statt.

#### 5.4.2 Unterweser

Die Beschreibung des Unterweserraumes findet sich in Kap. 4.2 und seine Rolle im Naturhaushalt in Kap. 4.2.4.

#### 5.4.3 Gesamtgebiet

Wie bereits in Kap. 4.3.5 näher beschrieben, ist die Unterweser in ihrem aktuellen Zustand gegenüber ihrer ursprünglichen Ausprägung in ihrem Arteninventar, ihren Populationsdichten, ihrem Strukturreichtum und in ihren Funktionen im Naturhaushalt verarmt (SCHIRMER, 1995).

Die Außenweser weist keinen derartigen Verlust an ökologischen Funktionen auf. Die Wattflächen und Tidepriele sind weitgehend natürlich ausgeprägt. Wo sich Verluste in Flächenanteilen und/oder Artenzusammensetzungen verzeichnen lassen, sind diese nicht so eindeutig wie in der Unterweser auf die vertiefungsbedingten Veränderungen zurück zu führen. Vielmehr treten diese Effekte gegenüber anderen Beeinträchtigungen wie Meeresverschmutzung, Meeresspiegelanstieg, Überfischungsereignissen, Vorland-gewinnung und -nutzungen deutlich zurück. (BFG, 1994)

Nichtsdestotrotz führen die ausbaubedingt schneller und extremer ausfallenden Tidewasserstände und -strömungen sowie die künstlich durch Einbringung standortfremder Materialien fixierte Morphologie im Kern zu naturfernen Zuständen, die z. B. zu Flächen- oder Qualitätsverlusten in den Salzwiesen, zur Verschlickung von Priel (wie z.B. dem Federwarder Priel) und zur Änderung der Korngrößenverteilung von Wattflächen führten.

## 5.5 Rolle im Naturhaushalt

### 5.5.1 Außenweser

Die einzigartige Struktur des Wattenmeeres mit ihrer herausragenden Bedeutung für eine außerordentlich arten- und individuenreiche Fauna führte 1986 zur Ausweisung des Nationalparks Niedersächsisches Wattenmeer, der den gesamten Außenweserbereich vor den Deichen mit Ausnahme des unmittelbaren Fahrwassers der Bundeswasserstraße Außenweser umfasst. Der Nationalpark ist seinerseits gegliedert in drei Bereiche mit unterschiedlich restriktiven Schutzbestimmungen. Sie umfassen Erholungsgebiete (Zone I), Zwischenzonen (II) und Ruhezonen (III). Letztere sind mit Betretungs- und Veränderungsverbot am stärksten geschützt und repräsentieren unersetzliche Bereiche für Nahrungssuche, Rast, Paarung, Jungenaufzucht oder Mauser für Vögel und Seehunde.

Aufgrund der hohen Wertigkeit für Zug- und Brutvögel und dem Vorkommen einzigartiger Lebensräume wurde der Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer als Schutzgebiet nach der EU-Vogelschutz- und der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie ausgewiesen. Fast alle Lebensräume wie die verschiedenen Watttypen, Salzwiesen und Muschelbänke sowie viele der hier vorkommenden Tierarten (speziell Seehunde) sind nach internationalen, nationalen und landesweiten Naturschutzgesetzen unter Schutz gestellt.

Die Wattenbereiche beherbergen unermessliche Mengen an filtrierenden Organismen (Mollusca, Crustacea, Polychaeta), die einen kaum einzuschätzenden Einfluss auf die Wasser- und Sedimentbeschaffenheit im Wattenmeer nehmen. Mit den auf ihnen aufbauenden Nahrungsketten bilden sie die Grundlage für ein komplexes Geflecht von durchziehenden und speziell an diesen Lebensraum angepassten und gebundenen marinen und avifaunistischen Arten.

Ebenfalls haben weite Bereiche der Salzwiesen und brackigen Lebensräume in den Deichvorländern eine hohe ökologische Bedeutung. Auch hier finden sich eine Reihe seltener, weil an die lokalen Gegebenheiten angepassten Tier- und Pflanzenarten, die hier geeignete Standorte zur Reproduktion, Nahrungsaufnahme, Rast, Mauser und/oder Brut finden.

## 5.5.2 Unterweser

Die Rolle im Naturhaushalt für die an der Unterweser vorkommenden Lebensräume wurde bereits in Kap. 4.3 eingehend beschrieben.

## 5.6 Schutzgutbezogene Umweltrisikoeinschätzung Außenweservertiefung

### 5.6.1 Hydrologie

#### *Ist-Zustand Hydrologie*

Der Ist-Zustand der Hydrologie wurde für die Unterweser bereits in Kap. 4.4.1. ausführlich beschrieben. An dieser Stelle wird aus diesem Grund nur auf die die Außenweser betreffenden und einige zusätzliche Aspekte eingegangen.

Die Tidewelle erreicht das Untersuchungsgebiet aus nordwestlicher Richtung und erfährt im Wattenmeer hohe Energieverluste durch Auflaufen auf Sandbänke und Strömungsumlenkungen in Seitenrielen. Lediglich im vertieften Hauptfahrwasser schwingt die Flutwelle weitgehend ungehindert durch und in die Unterweser hinein und erreicht die Tidegrenze bei Hemelingen, ohne durch morphologische Hindernisse nennenswert gebremst zu werden.

Unter dem Einfluss des Oberwassers verformt sich die aus der Nordsee weitgehend symmetrisch einschwingende Tidewelle stromaufwärts in zunehmenden Maße. Dabei verkürzt sich die von Oberwasser und Energie-dissipation gestauchte Flutstromdauer zugunsten der Ebbstromdauer. Da sich in der Flutphase sowohl das Tidewasser als auch das in dieser Zeit einfließende Oberwasser stauen, ist der Ebbstrom nicht nur länger, sondern auch schneller als der Flutstrom, so dass die Unter- und Außenweser mehr noch als alle benachbarten Ästuare den Charakter einer Ebbstromrinne haben (BFG, 1994).

Die Asymmetrie der Tidewelle ist in Bremen aktuell jedoch nur noch gering ausgeprägt. Der Ursprungszustand vor Beginn der Ausbaumaßnahmen wies bei gleicher Tideperiode (12h, 25min) nur eine Flutdauer  $D_F$  von 2h 50min gegenüber einer Ebbdauer  $D_E$  von 9h 35min (Verhältnis  $D_F$  zu  $D_E = 0,3$ ) bei einem Tidehub von 13 cm auf. Dies entsprach einer stark von hydro-morphologischen Hindernissen verformten Tidewelle, in der der Einfluss des Oberwassers überdeutlich zum

Vorschein trat, und zwar insbesondere stromauf km 30. So trat vor 1890 oberhalb Vegesack (km 18) bei mittleren Tiden gar keine Tidestromkenterung mehr auf (KLINGE, 1990), während heute der höchste Flutstromkenterpunkt bereits etwa bei km 2, also noch oberhalb der stadtbremischen Häfen zu registrieren ist (GRABEMANN ET AL., 1999).

Im heutigen Ausbauzustand fällt das Oberwasser in einen übergroßen Wasserkörper bar jeglicher hydraulischen Rauigkeit hinein und ist nur noch in Grenzen fähig, seinen prägenden Einfluss hier geltend zu machen. So verkürzte sich die Ebbdauer in Bremen (km 0) auf  $D_E = 7\text{h } 20\text{min}$ , während sich die Flutdauer auf  $D_F = 5\text{h } 05\text{min}$  verlängerte (Verhältnis  $D_F$  zu  $D_E = 0,69$ ), bei einem Tidehub von 4,18 m. Obwohl auch Veränderungen im Oberwasserabflussregime und der säkulare Anstieg des Meeresspiegels eine gewisse Rolle spielen, ist diese Veränderung hin zu einer bis zur künstlichen Grenze tidegeprägten Charakteristik nahezu vollständig auf die zurück liegenden Ausbaumaßnahmen zurück zu führen (SCHIRMER, 1995).

Aus der Kenterpunktverschiebung der Tide und den unterschiedlichen Tidestromgeschwindigkeiten resultiert der Nettotransportweg eines theoretischen Wasserteilchens, das über das Weserwehr in die Tideweser einfließt. Aus dem wechselnden stromauf- und stromabgerichteten Transport lässt sich eine sägezahnartige Bewegung dieses Wasserteilchens in der Unterweser modellieren. Hieraus ergibt sich eine theoretische Verweildauer dieses Wasserteilchens in den einzelnen Flussabschnitten. Die Abhängigkeit dieser Verweildauer von der Oberwassermenge wird an folgendem Beispiel deutlich: Die theoretische Verweildauer eines Wasserteilchens oberhalb Brake (km 40) beträgt bei MQ ( $325\text{ m}^3/\text{s}$ ) etwa 6 Tage, bei MHQ ( $1.200\text{ m}^3/\text{s}$ ) etwa 1,5 Tage und bei MNQ ( $120\text{ m}^3/\text{s}$ ) etwa 17 Tage (GRABEMANN ET AL., 1999). Sie ist von besonderer Wichtigkeit, da über diese Zeit die punktuellen und diffusen Einleitungen in das Weserwasser kumulieren. Die Strömungsverhältnisse in Unter- und Außenweser zeigen eine außerordentliche Variabilität in Längs- und Querprofil sowie im Zeit- und Raumbezug, die eine Beschreibung in diesem Rahmen unmöglich macht. Dennoch sei auf einige Kennzahlen verwiesen. Tabelle 6 gibt einen Überblick über maximale Flut- und Ebbstromgeschwindigkeiten in verschiedenen Flussab-

schnitten. Diese treten im Regelfall oberflächennah auf, da die tieferen Wasserschichten allgemein geringere Strömungsgeschwindigkeiten aufweisen. Das Grundmuster der Strömungsverhältnisse, insbesondere deren Richtungen, wird im gesamten betrachteten Weserab-

schnitt von der Tide bestimmt. Hinzu tritt eine große Sensitivität der Strömungsverhältnisse gegenüber Einflussgrößen wie Windgeschwindigkeit und -richtung, kleinräumigen morphologischen Verhältnissen und Oberwassermenge.

Tabelle 6: Maximale Flut- und Ebbstromgeschwindigkeiten an verschiedenen Messpunkten entlang der Tideweser (BFG, 1994)

Messpunkt	Maximale Flutstromgeschwindigkeit [m/s]	Maximale Ebbstromgeschwindigkeit [m/s]
Hohe Weg Rinne (km 90)	170	180
Robbennordsteert (km 88,5)	200	230
Wremer Loch (km 76,3)	130	
Bremerhaven CT (km 72,5)	200	260
Geestemünde (km 65)	130	160
Brake (km 40)	100	120

### **Raumbedeutung Hydrologie**

Die aktuelle hydrologische Situation der Unterweser ist Ausdruck der zurück liegenden Ausbaumaßnahmen und als solche in keinsten Weise mehr natürlich, sondern in ihren Kenngrößen Tidewasserstände, Tidehub und Strömungsverhältnisse geradezu das Produkt der Planungen für diese Baumaßnahmen.

Insbesondere die Verhältnisse stromauf Brake sind dabei vom ursprünglichen Zustand sehr weit entfernt. Als besonders belastend für die Biozönose und das Sedimentationsverhalten erweisen sich dabei die Veränderungen der Strömungsverhältnisse, die Erhöhung des Tidehubes und das verstärkte Schwingungsverhalten der Brackwassergrenze.

Vor diesem Hintergrund ist die ökologische Raumbedeutung insgesamt für die Unterweser als gering (Wertstufe B) einzustufen.

Im Bereich der Außenweser fallen die baulichen Eingriffe allein durch das weit größere Gebiet und die ungleich größeren Wassermengen, die an den hydrologischen Prozessen beteiligt sind, weniger ins Gewicht als in der Unterweser. Zudem werden die hydraulischen Vorgänge im Verlauf der Tide hier deutlicher überlagert und beeinflusst von Meeresströmungen, Seegang und Windeinfluss. Insofern müssen die hydrologischen Verhältnisse in der Außenweser als naturnäher eingestuft werden als in der Unterweser. Ausdruck dafür sind die im Vergleich zum Standort Bremen deutlich geringer ausfallenden Veränderungen in den Tidewasserständen, Abb 2 in Kap. 4.3.1.

Allerdings bestehen auch hier mit einem großdimensionierten Leitdammsystem und Bühnfeldern im Prin-

zip vergleichbare Strombaumaßnahmen wie an der Unterweser. Sie sollen den größten Teil des ein- und ausschwingenden Tidewasserkörpers in die Hauptstromrinne lenken und teilweise die Strömungsgeschwindigkeiten erhöhen, um die Räumkraft zu stärken. Folge dieser Konzentration sind Abschwächungen der hydraulisch wirksamen Kräfte in den Seitenbereichen.

Diese Verhältnisse abwägend wird der Hydrologie der Außenweser abweichend von der Unterweser die um eine Stufe höhere Raumbedeutung C (mittel) beigemessen.

Gemäß den Ausführungen zur Ermittlung der Raumbedeutung in Kap. 3.3 wird die Raumbedeutung der Hydrologie für dieses Vorhaben mit C (mittel) eingestuft, weil die höhere Raumbedeutung ausschlaggebend ist.

### **Belastungen der Hydrologie durch das Projekt**

Die erneute Vertiefung der Außenweser wird vergleichbare Auswirkungen auf die Hydrologie des betrachteten Systems haben wie die voran gegangenen artgleichen Eingriffe auch. Da sich die wesentlichen Belastungen der Hydrologie komplett in der Unterweser fortsetzen, wird an dieser Stelle auf die entsprechenden Ausführungen in Kap. 4.4.1 verwiesen.

Im wesentlichen wird durch die Vertiefung der hydraulische Widerstand gegen die einschwingende Tide herabgesetzt, so dass ein größerer Teil der einwirkenden Tideenergie aus der Nordsee ungebremst in die Unterweser weitergegeben wird.

Dadurch erhöht sich auch das Tidewasservolumen, das mit der Flutwelle einschwingt und zunächst den Was-

serstand bei Thw erhöht. Das geht mit einer Zunahme der mittleren und der maximalen Tidestromgeschwindigkeiten einher, deren Veränderungen sich allerdings heterogen über das Gebiet verteilen (BFG, 1994). Verallgemeinernd kann gesagt werden, dass sich die Strömungsgeschwindigkeiten in der Haupttrinne tendenziell erhöhen werden, während sie in den Seitenbereichen eher abnehmen. Die Zunahme der Ebbstromgeschwindigkeiten führt zusammen mit der Querschnittserweiterung dann wiederum zu einem größeren austauschenden Wasservolumen und einem tieferen Wasserstand bei Tnw. Folge ist die Zunahme des Tidehubes.

Im Zuge des SKN – 12 m – Ausbaues der Außenweser 1969 – 1971 erhöhte sich der Tidehub in Bremen und Bremerhaven um 10 cm (MÜLLER, 1982). In der Umweltverträglichkeits-Untersuchung (UVU) zum SKN-14 m – Ausbau der Außenweser wird eine Tidehuberhöhung um 5 cm prognostiziert (BFG, 1994), die jedoch bislang nicht offiziell verifiziert ist.

Da die hydrologischen Veränderungen direkt mit der Querschnittserweiterung in der Hauptstromrinne zusammen hängen, ist deren Umfang auch maßgebend für die Effekte des Eingriffes auf die Hydrologie. In Kap. 5.1.2 wird dargelegt, dass bei einer jetzt durchzuführenden Vertiefung auf 15,5 m unter SKN vermutlich eine weit größere Menge Material aus dem Fahrwasser entnommen werden müsste als für die SKN – 14 m – Vertiefung. Abb.3 zeigt deutlich, dass bereits vor dem 14 m – Ausbau die Sohle auf weiten Strecken bereits unter SKN – 14 m lag. Zwischen dem SKN – 12 m – und dem SKN – 14 m – Ausbau lag über ein Vierteljahrhundert, und offensichtlich entstanden in dieser Zeit die festgestellten bis weit über 20 m tiefen Auskolkungen. Schwerpunktmäßig dürften diese Übertiefen ab Mitte der 80er Jahre entstanden sein, als etwa 13 Jahre nach der SKN – 12 m – Baggerung die Unterhaltungsbaggermengen sich auf relativ niedrigem Niveau stabilisierten und sich im wesentlichen auf das „Kappen“ von zu hoch aufragenden Riffeln beschränkte.

Seit dem Abschluss der Baggerungen für den 14 m – Ausbau der Außenweser sind gerade 4 Jahre vergangen, so dass mit solchen Übertiefen noch nicht wieder zu rechnen ist. Die Querschnittserweiterung für einen 15,5 m – Ausbau wird demnach trotz der um einen halben Meter geringeren Sohlabsenkung als beim 14 m – Ausbau im Verhältnis dennoch mindestens deren

Dimensionen erreichen, wenn nicht übertreffen, und mit ihr die Veränderungen in den hydrologischen Kennwerten.

Die (bislang nicht verifizierten) Prognosen für diese Veränderungen in der UVU zum SKN – 14 m – Ausbau sind im einzelnen (BFG, 1994):

- Anstieg des MThw um 2,5 cm
- Absinken des MTnw um 5 cm
- Anstieg des Tidehubes um 5 cm
- Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten in der Unterweser um maximal 1,5 cm/s
- Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich der Leitdämme und der Hohe Weg Rinne um bis zu 5 cm/s

Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich der Stromkaje Bremerhaven, den Randbereichen des Fahrwassers und bei Langlütjensand um 0,5 bis 5 cm/s. Veränderungen der Überflutungsdauer von Wattflächen, namentlich am inneren Mündungstrichter bei Langlütjensand und der Wurster Küste sowie entlang der gesamten Unterweser um bis zu  $\Gamma$  10 Minuten.

Aus oben angeführten Überlegungen ist bei Verwirklichung des 15,5 m – Ausbaus der Außenweser mit mindestens ebenso schweren Auswirkungen zu rechnen.

### ***Risikoeinschätzung Hydrologie***

Das mit diesem Vorhaben einzugehende Umweltrisiko lässt sich nur schwer einschätzen. Zum einen liegen in Anbetracht des sehr frühen Planungsstadiums noch keine zugänglichen konkreten Prognosen bezüglich hydrologischer Veränderungen nach einem 15,5 m – Ausbau der Außenweser vor. Zum anderen sind auch die Auswirkungen des letzten Vertiefungsschrittes in der Außenweser noch nicht ausgewertet.

Angesichts der starken Vorbelastungen der Hydrologie durch die bereits vorhandenen anthropogenen Eingriffe und ganz wesentlich auch durch die sich weiter verschärfenden hydrologischen Verhältnisse in der Unterweser wird der Grad der Belastungen als hoch (III) eingestuft. Es handelt sich um dauerhafte, extrem weiträumig wirkende und im zeitlichen Zusammenhang mit weiteren Ausbauten stehende Belastungen, die auf ein bereits stark vorbelastetes System einwirken.

Die Einschätzungen für die Auswirkungen auf die Situation in der Unterweser gilt ganz analog zu den Ausführungen bezüglich der geplanten Unterweservertie-

fung (Kap. 4.4.1.4). Deshalb sollen hier nur kurz die dortigen Kernaussagen wiederholt werden:

- Die Veränderungen wirken sich über nahezu das gesamte Untersuchungsgebiet aus
- Die Veränderungen sind Teil einer Aufeinanderfolge immer weiter gehender Eingriffe
- Es bestehen enge Wirkgefüge mit negativen Auswirkungen auf sämtliche andere Schutzgüter
- In Anbetracht der sich abzeichnenden klimatischen Veränderungen mit zu erwartenden weiteren hydrologischen Verschärfungen bezüglich Energieeintrag, Strömungs-, Wind-, Wasserstands- und Tideverhältnissen sind gleichgerichtete künstliche Eingriffe geradezu kontraindiziert.

Aus der Raumbedeutung C und dem Belastungsgrad III ergibt sich das Umweltrisiko 4 (hoch). In wesentlichen Untersuchungsgebietsflächen sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die nur teilweise und mit erheblichem Aufwand vermeidbar, minimierbar bzw. ausgleichbar sind. Mit umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.

## 5.6.2 Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt

### *Ist-Zustand Wassergüte und Stoffhaushalt*

Die Wasserbeschaffenheit und der Stoffhaushalt in der Außenweser, insbesondere zur Seeseite hin, unterliegen im wesentlichen den Einflussfaktoren der Wassermassen und Wirkzusammenhängen des umliegenden Wattenmeeres und der angrenzenden Nordsee sowie ihrer jeweiligen Biozöosen. Da diese durch das Vorhaben kaum beeinflusst werden (siehe 5.4.2), sind die Verhältnisse im inneren Ästuar von vorrangigem Interesse. Der Ist – Zustand dieses Schutzgutes in der Unterweser ist ausführlich in Kap. 4.4.2 beschrieben. In diesem Gebiet werden sich die Auswirkungen einer Vertiefung der Außenweser konzentrieren.

### *Raumbedeutung Wassergüte und Stoffhaushalt*

Für die Außenweser dürfen näherungsweise der Stoffhaushalt und die Wassergüte des umliegenden Wattenmeeres herangezogen werden. Eine Darstellung und Bewertung der dortigen Verhältnisse erübrigt sich weitgehend, da Auswirkungen lediglich lokal während der Baggerarbeiten zu befürchten sind.

Besonders relevant für die Ermittlung des Umweltrisikos einer weiteren Vertiefung der Außenweser ist die

Situation in der Unterweser, in der sich die vorhabenbedingten hydrologischen Effekte mit direkten Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit deutlich auswirken werden. Aus diesem Grund wird hier die bereits in Kap. 4.4.2.2 für die Unterweser ermittelte Raumbedeutung C (mittel) als relevant für die Bemessung des Umweltrisikos herangezogen.

### *Belastungen der Wassergüte und des Stoffhaushaltes durch das Projekt*

In der Außenweser werden die hydrologischen Veränderungen gegenüber der Unterweser eher geringer ausfallen. Das wirkt sich proportional auf die dadurch verursachten Veränderungen der Wassergüte und des Stoffhaushaltes aus. Darüber hinaus fallen eventuelle Veränderungen angesichts der ungleich größeren Wassermengen weit weniger ins Gewicht.

Hinzu kommt, dass im Wattenmeer mit seinen biologisch ungemein produktiven Lebensgemeinschaften und den günstigen hydrologischen Bedingungen für physikalischen Sauerstoffeintrag in das Wasser anders als in der Unterweser ein wirksamer Puffer für Belastungen des Sauerstoffhaushaltes und des Nährstoffhaushaltes besteht.

Direkte Beeinträchtigungen dieses Schutzgutes sind in erster Linie durch die Baggerarbeiten selbst zu befürchten. Durch die unvermeidliche Aufwirbelung von Sedimenten kommt es lokal zu vermehrten Schwebstoffkonzentrationen und Nährstofffreisetzungen und natürlich zur Vertreibung und Vernichtung der örtlichen Biozönose. Auch in Bereichen vermehrter Sedimentation, die das zusätzliche Geschwelsel dann aufnehmen und natürlich an den vorgesehenen Klappstellen kommt es zur Abdeckung und Vernichtung der Endofauna.

Da für den größten Teil der Baggerstrecke Sande anstehen, die relativ schnell absedimentieren und erfahrungsgemäß nur geringe organische Fraktionen beinhalten, werden die beschriebenen Belastungen örtlich begrenzt und von geringem Umfang sein. Alle einschlägigen Untersuchungen bestätigen beispielsweise eine messbare Beeinträchtigung der Sauerstoffwerte im Bereich von bis zu einigen hundert Metern in der Trübungsfahne des jeweiligen Baggers (diverse Untersuchungen der BFG, zitiert bei BFG, 1994) und eine relativ schnelle Wiederbesiedlung gestörter Bereiche durch

Arten des Makro- und Meiozoobenthos sowie eine gewisse Toleranz der meisten Sedimentbewohner gegen Überdeckung (z. B. GOSSELCK ET AL., 1995). Insofern sind die Belastungen durch das Vorhaben im Bereich der Außenweser als zeitlich und räumlich begrenzt und auf eine demgegenüber weitgehend tolerante Biozönose treffend insgesamt als gering (I) einzustufen.

Allerdings wirken sich die vorhabenbedingten Umweltbelastungen einer weiteren Vertiefung der Außenweser durch die hydrologischen Effekte insbesondere in der Unterweser aus. Da zum jetzigen Zeitpunkt noch keine konkreten Daten bekannt sind, bezieht sich die Einschätzung der vorhabenbedingten Belastungen auf die Gewässergüte und den Stoffhaushalt auf die Prognosen der Umweltverträglichkeitsstudie zur letzten Außenweservertiefung und den gleichen allgemeinen Annahmen bezüglich der Auswirkungen einer weiteren Vertiefung der Unterweser, vgl. Kap. 4.4.3.2. D.h., es ist tendenziell mit folgenden Auswirkungen zu rechnen, die in ihrem Ausmaß von dem Ausbaumumfang abhängen werden:

- Flussaufwärtige Verschiebung der Brackwasserzone;
- Verstärktes Schwingen der Brackwasserzone;
- Anstieg der gemittelten Salzgehalte;
- Verdünnung der Schadstoffe, die über das Oberwasser und die Nebengewässer in das Ästuar eindringen;
- Erhöhung der Verweildauer des Wassers in der Unterweser (Anreicherung aller Einleitungen wie Abwärme, Abwässer, Radioaktivität oder diffuse Einträge);
- Verringerte Sauerstoffproduktion durch eine Verschlechterung des Lichtklimas in Folge erhöhter Schwebstoffgehalte und einer Verringerung des biogenen und physikalischen Sauerstoffeintrages durch qualitative und quantitative Beeinträchtigung der Flachwasserbereiche.

### ***Risikoeinschätzung Wassergüte und Stoffhaushalt***

In Anlehnung an die Bewertung der Umweltbelastung der Unterweser durch die dort geplanten weiteren Vertiefungsmaßnahmen bezüglich der Wassergüte und des Stoffhaushaltes wird die mit einer weiteren Vertiefung der Außenweser um durchschnittlich 1,5 m verbundenen Umweltbelastung als mittel (II) eingestuft. (vgl. Kap. 4.4.2.4)

Aus der Raumbedeutung C und dem Belastungsgrad II ergibt sich das Umweltrisiko 3 (mittel). Es sind demnach entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die nur teilweise vermieden oder minimiert werden können, so dass mit Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zu rechnen ist.

### **5.6.3 Morphologie**

#### ***Ist-Zustand Morphologie***

Die Außenweser ist Teil des niederländisch-deutsch-dänischen Wattenmeeres und besitzt als solcher eine von den Gezeitenströmungen und Seegangverhältnissen geprägte dynamische Morphologie, die sich stets klein- und großräumigen Impulsen anpasst und allein schon durch den ständigen Sandtransport in West-Ostrichtung permanenten Veränderungen unterliegt. Neben der Tatsache, dass weite Bereiche des Wattenmeeres zwischen den Tideextrema liegen und damit amphibischen Charakter haben, ist es gerade diese morphologische Dynamik, die das Wattenmeer zu einem einzigartigen Lebensraum macht, an dessen extreme Bedingungen sich eine Vielzahl von Arten speziell angepasst haben und eine einzigartige Artengemeinschaft bilden. Flussmündungen sind dabei seit je her Schwerpunkte dieser ständigen Umlagerungsprozesse, da hier beispielsweise durch den Fluss Material in das System eingebracht wird und die verstärkte Gezeitenströmung im Zusammenspiel mit Hochwasserereignissen des Flusses für eine große Umlagerungsleistung sorgen. So ist auch die Außenweser zwischen Alte Mellum und Knechtsand im historischen Überblick ständigen Veränderungen ausgesetzt, die Schifffahrt und Fischerei zu immer neuer Anpassung an die jeweiligen Verhältnisse zwangen.

Ein Charakteristikum dieser morphodynamischen Prozesse in der Außenweser ist die Ausbildung eines Doppelrinnensystems, das sich in nordwestlicher Richtung

mit links und rechts anliegenden Wattflächen sowie zwischenliegenden Platen als Fortsetzung ähnlicher Verhältnisse in der Unterweser (s. u.) einen Weg durch das Wattenmeer bahnt. In wechselnder Folge von Versandungen, Seitenerosion und dem Durchwandern von Sandbänken im Zuge des küstenparallelen Sandtransportes kam es bis zuletzt in den 20er Jahren des vergangenen Jahrhunderts immer wieder zu Seitendurchbrüchen, neuen Querverbindungen zwischen den beiden Rinnen und der reversiblen Strömungskonzentration auf jeweils eine der Rinnen. Es scheint, dass diese Prozesse schwerpunktmäßig auf den Bereich des Federwarder und Wurster Armes sowie seewärts im Bereich des Roten Sandes stattfanden, während der zwischenliegende Bereich in Höhe Alte Mellum, Hohe Weg, Eversand und Tegeler Plate über die Jahrhunderte relativ konstant blieben (Angaben nach DIECKMANN, 1991, zitiert nach BFG, 1994, S. 60).

Seit Beginn der Strombaumaßnahmen in Unter- und Außenweser Ende des 19. Jahrhunderts und insbesondere nach dem SKN-12m-Ausbau von 1969-1971 trat eine zunehmende Stabilisierung der Morphodynamik in der seitdem gewählten Hauptrinne ein. Durch die Vertiefungen wurden die Tidewassermengen erhöht, was im Zusammenspiel mit gezielten Querschnittsverengungen und Stromlenkungsbauwerken zu überhöhten Strömungsgeschwindigkeiten führt. Dadurch ist die Räumkraft dermaßen gestärkt, dass die Außenweser als Indiz für eine stabilere Morphologie nur in vergleichsweise geringem Maße der Unterhaltungsbaggerei bedarf (BFG, 1994).

Dennoch ist diese relative Stabilität nur haltbar mittels ständiger Verstärkung und Wartung der Strombauwerke. Ein Schwerpunkt dieser Maßnahmen ist die Robbenplate, die auf ihrer Westseite komplett befestigt ist und an Nord- und Südenseite lang ausgezogene Leitdämme trägt, die die Hohe-Weg-Rinne auf Kosten des Wurster Fahrwassers als Hauptstromrinne festlegen. Diese Leitdämme bedurften wiederholt der Erhöhung und Verlängerung sowie der stabilisierenden Sandvorspülung. Außerdem zeigen die Seitenbereiche außerhalb der Hauptstromrinne schon morphologische Veränderungen (s. u.), und auch die umfangreichen Überflutungen (Abb. 3) deuten auf dynamische Umlagerungsprozesse innerhalb der Stromrinne hin.

Anstelle der natürlichen Morphodynamik ist in den vergangenen 120 Jahren demnach zunehmend der Mensch getreten, der mit gezielten, immer weiter gehenden Eingriffen das heutige Bild der Außenwesermorphologie prägt. Diese Eingriffe haben zum Ziel, eine sichere und wirtschaftlich erfolgreiche Schifffahrt zu gewährleisten und insbesondere die Erreichbarkeit der stadtbremischen Häfen für die stets tiefergehenden Schiffe sicherzustellen. In jüngster Zeit konzentrieren sich die Bemühungen darauf, den in Bremerhaven prosperierenden Containerumschlag durch Vertiefungen in der Außenweser zu fördern. Intention ist zudem, durch strombauliche Maßnahmen die o. a. Räumkraft der Hauptrinne zu stärken und auszunutzen, um den Aufwand an Unterhaltungsbaggerei zu minimieren. Tabelle 2 in Kap. 4.4.3.1 gibt einen Überblick über die bisherigen Ausbaumaßnahmen.

Mit der Konzentration der Wassermassen auf die Hauptstromrinne ist den Seitenbereichen ein Teil ihrer morphodynamischen Kraft genommen. Dennoch stattfindende Veränderungen in Seitenfahrwassern oder gar im gesamten Ästuar werden von verschiedenen Autoren nur mehr als natürliche Anpassungen an die durch die Baumaßnahmen erzwungenen Verhältnisse interpretiert, die einem abzusehenden Beharrungszustand entgegenstreben und sich verallgemeinernd in Verlandungsprozessen in den Seitenrielen widerspiegeln (STEPHAN 1986, DIECKMANN 1991, zitiert nach BFG, 1994).

Die Morphologie der Unterweser wird in Kap. 4.4.3 ausführlich beschrieben.

### ***Raumbedeutung Morphologie***

Die Raumbedeutung für die Unterweser wird mit C (mittel) bewertet. Nähere Ausführungen dazu sind in Kap. 4.4.3.2 nachzulesen.

In der Außenweser, in der ähnliche Baumaßnahmen wie in der Unterweser stattgefunden haben, fallen diese in ihren negativen Auswirkungen schon allein wegen der um ein Vielfaches größeren Fläche und der größeren natürlichen Tiefe weniger ins Gewicht. Weite Bereiche des Watts entsprechen im wesentlichen dem natürlichen Zustand, obwohl auch hier Veränderungen der Morphodynamik festzustellen sind, die sich über die Konzentration des Tidestromes auf die Fahrrinne und die Veränderungen der Tidewasserstände vor allem

stromauf der Robbenplate bemerkbar machen (STEPHAN, 1986). Durch massiven Eintrag standortfremden Materials wird die naturraumtypische Morphodynamik gezielt unterbunden.

Dennoch ist gerade die feingliedrige Struktur der Wattbereiche mit weitverzweigten Seitengewässern und Tideprielen sowie ausgedehnten, trockenfallenden Bereichen unterschiedlichen Substrates entscheidende Voraussetzung für die spezielle Wattenfauna, die in teilweise gewaltigen Populationen diese Strukturen belebt und mitprägt. Daher erfolgt die Einstufung der Außenweser in die Raumbedeutung D (hoch).

In Anlehnung an die Ausführungen in Kap. 3.3 wird hier die höhere Raumbedeutung für die Ermittlung des Umweltrisikos zugrunde gelegt.

#### ***Belastungen der Morphologie durch das Projekt***

Die erneute Vertiefung der Außenweser auf SKN - 15,50 m verstärkt den oben beschriebenen Prozess der Entfernung der natürlichen Morphodynamik von ihrem natürlichen Zustand. Vielmehr gibt der Mensch hiermit einen weiteren umweltbeeinträchtigenden morphologischen Impuls in ein System, das links und rechts direkt an die Fahrrinne anschließende, ökologisch hochsensible Bereiche aufweist. Dieser Impuls mündet nach den Erfahrungen aus dem SKN - 12 m - Ausbau in einen bis zu 13 Jahre andauernden Zeitraum mit erhöhtem Unterhaltungsbaggereiaufwand (BFG, 1994). Da dieses Vorhaben im engen zeitlichen Kontext mit dem noch nicht komplett abgeschlossenen SKN - 14 m - Ausbau sowie der geplanten Vertiefung der Unterweser steht, müssen diese Maßnahmen angesichts der Langfristigkeit morphologischer Prozesse als ein großer Eingriff gewertet werden.

Die Folgen für die Morphologie der Außenweser lassen sich nur grob abschätzen, in ihrer Tendenz erhöhen sie jedoch die Räumkraft des Hauptfahrwassers und schwächen die Seitenbereiche, die zunehmend die Kraft verlieren, sich entweder frei zu räumen oder eigene morphologische Umlagerungsprozesse zu initiieren. Durch den erhöhten Eintrag von Tideenergie und die Veränderung der Tidewasserstände kommt es zu veränderten Überstauungsbedingungen und zu Verschiebungen der Korngrößenzonierungen im Watt. Durch die Verstärkung des Tideeinflusses kommt es zum verstärkten Eintrag mariner Substrate flussaufwärts.

Als Folge der unter Unterhaltungsaspekten erwünschten stärkeren Räumkraft müssen erfahrungsgemäß in Teilbereichen die Wattkanten am Fahrwasserrand zusätzlich befestigt werden, um der natürlichen Tendenz der Verbreiterung und Verflachung der Hauptrinne durch Nachrutschen der Böschung entgegen zu treten. Das erfordert zusätzliche Strombauwerke, womit eine weitergehende Kanalisierung der Fahrrinne und eine zusätzliche Entfremdung der Morphologie vom natürlichen Zustand einhergeht.

Als besonders problematisch muss es beurteilt werden, wenn auf Grund von Kostenüberlegungen Teile des Baggergutes dem System entnommen werden, um es als unbelasteten, hochwertigen Baustoff in anderen Projekten zu verwenden oder Dritten zur Verfügung zu stellen. Dieses unwiederbringlich entnommene Material wird seeseitig ersetzt, und vieles spricht dafür, dass dieses dem küstenparallelen Sandtransport hernach fehlt (HÖPPNER, 1994). Rein rechnerisch macht sich jede Million m<sup>3</sup> entnommenen Materials auf dem etwa 15 mal 25 km großen Wattrücken zwischen Weser und Elbe in 2,5 mm Höhenverlust bemerkbar. In den vergangenen Ausbaumaßnahmen wurden wiederholt große Mengen Materials entnommen, z. B. zur Verfüllung des Überseehafens in Bremen, zum Wesertunnelbau bei Dedesdorf und zum Bau des Containerterminals in Bremerhaven. So werden schnell relevante Dimensionen erreicht, die gänzlich unerwünschte Effekte auf die Wattenmorphologie haben können.

In der **Unterweser** wird durch die Veränderungen in den Tidewasserständen die Qualität und die Ausdehnung der Flachwasserbereiche weiter abnehmen, die Seitenarme werden stärker verlanden und trotz erhöhtem THW ihren inzwischen prielartigen Charakter verstärken, die Aufsedimentation mit vergleichsweise zu feinen Sedimenten wird zunehmen und die Transportkörperaktivitäten in der Stromrinne werden verschärft. Die weitere Erhöhung der in die Unterweser eintretende Tideenergie mit erneut steigenden Strömungsgeschwindigkeiten wird auch hier die Durchführung zusätzlicher strombaulicher Maßnahmen wie Ufersicherung und Buhnenbau erfordern, vgl. Kap. 4.4.3.3.

#### ***Risikoeinschätzung Morphologie***

Wenn auch das jeweilige Ausmaß der beschriebenen Effekte in diesem Rahmen nicht präzise vorhersehbar

ist, so rechtfertigt doch die ausschließlich negative Tendenz, ihre Tragweite und extreme räumliche Ausdehnung sowie die Tatsache, dass alle naturfernen Elemente des aktuellen Ist – Zustandes voll und ganz auf die bisherigen artgleichen Maßnahmen zurückzuführen sind, die Bewertung der Belastungen durch dieses Projekt als hoch (III) einzustufen. Es steht zu erwarten, dass bei Verwirklichung der Unterweservertiefung alle diese Effekte nochmals verschärft werden.

Aus der Raumbedeutung D und der Belastung III ergibt sich ein sehr hohes vorhabenbedingtes Umweltrisiko (5). In großen Untersuchungsgebietsflächen sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten. Vermeidungs-, Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind nicht immer möglich. Mit sehr umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.

#### **5.6.4 Grundwasser**

##### ***Ist-Zustand Grundwasser***

Da bezüglich des Schutzgutes Grundwasser nur die terrestrischen Bereiche relevant sind, reicht für dieses Vorhaben die Beschreibung des Ist-Zustandes im Unterweserraum, vgl. dazu die Ausführungen in Kap. 4.4.4

##### ***Raumbedeutung Grundwasser***

In Anlehnung an Kap. 4.4.4.2 wird der Raumbedeutung angesichts der durchaus natürlichen Belastungen und der anthropogen eingestellten Spiegel- und Strömungsverhältnisse die Wertstufe B (gering) zugeordnet.

##### ***Belastungen des Grundwassers durch das Projekt***

Auch die Belastungen des Grundwassers werden analog zu den Belastungen, die mit der Unterweservertiefung einhergehen, eingeschätzt. Deshalb hier der Verweis auf Kap. 4.4.4.

##### ***Risikoeinschätzung Grundwasser***

In Anlehnung an Kap. 4.4.4 werden insgesamt gesehen weder die Grundwassergüte noch die Spiegeltopografie oder die Strömungsrichtungen entscheidend tangiert, so dass der Grad der Belastungen durch dieses Projekt als gering (I) angesehen werden kann. Aus Raumbedeutung B und Belastung I ergibt sich ein Umweltrisiko 1 (sehr gering).

#### **5.6.5 Böden**

##### ***Ist-Zustand***

Die Angaben in diesem Kap. beziehen sich, sofern nicht anders angegeben, auf die niedersächsische Bodenkartierung (NLB, 1997).

Im Bereich der Außenweser ab km 70 finden sich entlang der Küsten marine Kalk- und salzhaltige Rohmarschen. Der davor liegende Wattbereich lässt sich je nach Korngrößenverteilung in Schlick- Misch- und Sandwatten unterteilen. Diese Wattbereiche reichen bis zu 20 km in die Nordsee und werden dann von meist mittel- bis grobsandigen Platen und Sandbänken vorgelagert. Sie fallen jedoch nicht unter die hier zu betrachtenden terrestrischen, semiterrestrischen und semi-subhydrischen Böden, sie werden als marine Sedimente aufgefasst und finden daher Berücksichtigung in Kap. 5.4.6. Ausnahme im Untersuchungsgebiet ist die Insel Mellum, deren Boden sich zu zwei Dritteln aus Gleyen und zu einem Drittel aus Strandboden zusammensetzt. Entlang der Butjadinger Küste zieht sich ein schmaler Saum Rohmarsch. An zwei Stellen erreicht dieser Saum aber Ausdehnungen von mehreren hundert Metern, und zwar im Bereich des Dammes nach Langlütjen I zwischen Blexen und Tettens und an der Nordspitze Butjadingens bei Langwarden. Im erstgenannten Fall handelt es sich entsprechend der Lage im Ästuar um Brackrohmarsh.

Entlang der Wurster Küste ist das Vorland zunächst nur wenige Meter schmal, um erst bei Wremen und dann erst wieder in Höhe Dorumer Neufeld nennenswerte Ausmaße anzunehmen. Die Bodenart aller dieser Rohmarschen ist schluffiger Ton.

Der Ist-Zustand des Schutzgutes Boden für den Unterweserbereich wird bereits in Kap. 4.4.5 beschrieben.

##### ***Raumbedeutung Böden***

Für den Unterweserbereich wurde die Raumbedeutung des Schutzgutes Boden entsprechend der heterogenen Verteilung der dort anliegenden Bodenformen und ihrer höchst unterschiedlichen ökologischen Bedeutung gesplittet. Als relevant für die Ermittlung des Umweltrisikos wird die Bedeutung der hochwertigsten betroffenen Bereiche, der Brack- und Süßwasserrohmarshen mit E (sehr hoch) herangezogen, vgl. Kap. 4.4.5.

Auch die an der Außenweser vorhandenen brackischen und marinen Rohmarschen werden als sehr wertvoll angesehen. Dies resultiert aus der ursprünglichen Zugehörigkeit dieser Bodenformen zum Naturraum, ihren gesetzlich unter Schutz gestellten Funktionen als Lebensraum mit hoher Biotopbildungskapazität mit ihren wichtigen Puffer- und Filterfunktionen (BUNDESGESETZBLATT, 1998) sowie ihrer aktuellen Gefährdungssituation. Letztere ergibt sich aus den anthropogenen Nutzungsinteressen in den Vorländern, die über Eindeichungen, Landwirtschaft, Freizeit- und Tourismusinteressen sowie gewünschter Ansiedlungen (z. B. Containerterminal Bremerhaven) zu Flächen- und Qualitätsverlusten der Rohmarschen führen.

Als umso wertvoller müssen die verbliebenen natürlichen Ausprägungen angesehen werden. Es wird die Raumbedeutung E (sehr hoch) angesetzt.

#### 5.6.5 Belastungen der Böden durch das Projekt

Als entscheidender Wirkfaktor für die Belastung der Böden wird die Veränderung der Tidewasserstände angesehen. Diese hat ein Zurückweichen und Anpassen der Vegetationszonierungen an die sich neu einstellenden Überflutungshöhen und –dauern sowie der sich verändernden Bodenfeuchteverhältnisse zur Folge. Das führt direkt zu Bodenverlusten der jüngsten Stadien der Rohmarsch, die der Erosion preisgegeben werden. Das Ausmaß dieser Verluste ist nur schwer quantifizierbar, da zum jetzigen Zeitpunkt noch keine konkreten Prognosen bezüglich der zu erwartenden Tidewasserstandsänderungen vorliegen.

Bei einem Anstieg des MThw um 2,5 cm, was der Prognose aus der UVU zur letzten Außenweservertiefung entspräche (BFG, 1994) und einer angenommenen Geländeneigung von 1:100 entspräche dies einem Verlust eines 2,5 m breiten Rohmarschstreifens an der Wattkante. Aufgrund der trichterförmigen Morphologie des Ästuars wird dieser Effekt analog zur Thw-Erhöhung in Richtung inneres Ästuar zunehmen, um sich entlang der Unterweser auf dem höchsten erreichten Niveau relativ gleichförmig fortzusetzen.

Dies bedingt eine relativ geringfügige Betroffenheit der marinen Salzmarschen, welche erst in größerer Entfernung zum beschriebenen Wirkschwerpunkt vorliegen. Hauptbetroffene sind dagegen die Brackrohmar-

schen entlang der Unterweser und bei Langlütjen I sowie die Flussrohmarschen aufwärts Brake.

Letztere, aufgrund ihrer Seltenheit von besonderer Schutzbedürftigkeit, werden darüber hinaus durch die zu erwartende Aufwärtsverschiebung der Brackwasserzone zu Gunsten der Brackwatten und –rohmarschen an Fläche verlieren.

Es ist tendenziell mit folgenden Auswirkungen zu rechnen, die in ihrem Ausmaß von dem Ausbauumfang abhängen werden:

- \_ Verschlechterung der Bodenbildungsbedingungen durch ein Anstieg des Thw;
- \_ Verlust an Rohmarsch durch einen Anstieg des Thw;
- \_ Erosionsgefährdung von Vorlandflächen;
- \_ Unerwünschte Aufsedimentation in Seitenräumen.
- \_ Negative Auswirkungen durch die Anlage von Spülfeldern und Strandvorspülungen.

#### **Risikoeinschätzung Böden**

Durch Verklappungen, Auf- und Vorspülungen sind punktuell gravierende Störungen der Böden zu erwarten. Über die hydrologischen Auswirkungen sind darüber hinaus großräumig Verluste der als wertvoll angesehenen Bodenformen bzw. deren Neubildung an Stellen zu erwarten, die eigentlich wichtige andere naturraumtypische Funktionen erfüllen sollen. Diese Auswirkungen sind großräumig, nachhaltig und erheblich. Der Grad der Belastungen ist daher als hoch (III) anzusetzen. Aus sehr hoher Raumbedeutung und hoher Belastung ergibt sich ein sehr hohes Umweltrisiko (5), vgl. Kap. 4.4.5.4. In großen Untersuchungsgebietsflächen sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten. Vermeidungs-, Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind nicht immer möglich. Mit sehr umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.

#### 5.6.6 Sedimente

##### **Ist-Zustand Sedimente**

Über die Sedimentbeschaffenheit in der Außenweserfahrinne liegen lediglich Daten aus der Zeit vor dem SKN - 14 m - Ausbau vor, so dass detaillierte Beschreibungen des aktuellen Zustandes nicht möglich sind.

Gemäß der regionalen Geologie mit holozänen Deckschichten auf pleistozänen Sanden, die in Höhe Bremen

etwa in einer Tiefe von SKN - 3 m anstehen und bis zur Seegrenze der Außenweser (km 120) auf eine Tiefe von etwa SKN - 18 m abtauchen, schneidet die Fahrinne der Unterweser die pleistozänen Schichten an. In Höhe Nordenham und Blexen entspricht die Mächtigkeit des Küstenholozäns dem derzeitigen Ausbauzustand, so dass hier tonig-schluffiges, bindiges Material ansteht. Mit dem Tiefensprung bei Bremerhaven wird erneut das Pleistozän angeschnitten. Bis zur Robbenplate bestimmen dann wieder Beckenton-, Geschiebemergel- und Torfeinlagerungen das Bild, die weiter seewärts zwar auch vorkommen, aber eher punktueller Natur sind.

Im Zuge des SKN - 14 m - Ausbaus wird sich die beschriebene Abfolge insgesamt seewärts verschoben haben, was einer Vergrößerung des Anschnittes der pleistozänen Schichten gleichkommt.

Die Sedimentbeschaffenheit in den umliegenden Wattbereichen ist durch die grobe Abfolge Schlickwatt, Mischwatt und Sandwatt mit zunehmender Küstenferne charakterisiert. Diese Sedimente sind geologisch dem Holozän zuzuordnen und weisen entsprechend der wechselvollen Klimageschichte mit dramatischen Meeresspiegelsenkungen und -hebungen ein entsprechend vielschichtig verzahntes Mosaik verschiedener Ablagerungen auf (STREIF, 2002).

Diese Schichten erreichen im Untersuchungsgebiet bis zu 25 m Mächtigkeit. Die oberflächennahe Korngrößenverteilung ist Ausdruck der einwirkenden Faktoren Strömung, Seegang und der Aktivitäten der Biozönosen und ihrer Gradienten im Gebiet.

Das küstennahe Schlickwatt stellt ein Zehntel der Wattfläche dar. Es schließt sich an der Küste den vegetationsbedeckten Vorländern an und erreicht zwischen 100 und 1.700 m Breite. Mit Breiten bis zu mehreren km und einem Flächenanteil von etwa 20 % schließt sich das Mischwatt an, das deutlich heterogener bezüglich seiner Ausdehnungen zur Seeseite hin verteilt ist. Die größten Ausdehnungen erreicht es im Bereich des Wurster Watts und des Langlütjensandes (BFG, 1994). Mit 70 % Flächenanteil bildet das Sandwatt die größte Fraktion im Untersuchungsgebiet. Auch innerhalb dieses Wattypts ist zur Seeseite hin eine Abfolge von Fein-, Mittel- zu Grobsanden erkennbar. Das Sandwatt bildet damit den größten Teil der großen Festlandwattrüben

mit ihren Prielstrukturen und ausschließlich die vorge-lagerten Sandbänke, Riffs und Platen (BFG, 1994).

### ***Raumbedeutung Sedimente***

Eine ökologische Raumbedeutung für die Sedimentbeschaffenheit ist nur schwer herleitbar. In ihrem ursprünglichen Zustand fließt die Unterweser ausschließlich in holozänen Schichten und ist für deren Ausprägung geradezu mitverantwortlich, so dass der Fluss quasi in seinen eigenen Sedimenten wirkte. Erst die Vertiefungen brachten die pleistozänen Schichten an der Gewässersohle empor, so dass deren Präsenz als anthropogen einzustufen ist.

Unter dem Gesichtspunkt der Schadstoffbelastung sind diese Sande jedoch als völlig unbelastet einzustufen (BFG, 1994), so dass hilfsweise eine mittlere ökologische Raumbedeutung (C) für die Sedimentbeschaffenheit angesetzt wird.

Auch für den Bereich der Außenweser erweist sich die Ermittlung einer ökologischen Raumbedeutung als problematisch. Einerseits entspricht die Verteilung der Wattypten und deren Anteile, ja offensichtlich sogar die grundsätzliche morphologische Struktur den überlieferten historischen Zuständen (BFG, 1994). Andererseits gibt es sehr wohl Hinweise darauf, dass menschliche Eingriffe in das Wattenmeer nicht ohne Reaktionen der Sedimentbeschaffenheit und ihrer Verteilung geblieben sind. So weisen MAI & BARTHOLOMÄ (2000) und FLEMMING & BARTHOLOMÄ (2002) auf weiträumige Verluste an Schlickwattflächen entlang der nahezu gesamten Wattenmeerküste der südlichen Nordsee hin und führen dies auf hydrologische Veränderungen infolge von Eindeichungen zurück. Morphologische Veränderungen und Verschiebungen des Sedimentations – Erosionsgleichgewichtes in Wattbereichen des Emsästuars als Folge der jährlichen Unterhaltungsbaggerungen beschreibt DE JONGE (1983). Da sich natürlicherweise ständig morphologische Veränderungen im Wattenmeer vollziehen und die Kausalität mit einzelnen Wirkfaktoren nicht immer leicht ersichtlich ist und zudem die Menge möglicher Einflussfaktoren groß ist, bestehen besondere Schwierigkeiten, beobachtbare Entwicklungen der Sedimente auf bestimmte Einwirkungen zurück zu führen. Angesichts dieser Schwierigkeiten wird auch der Sedimentbeschaffenheit nur eine hilfsweise Raumbedeutung beigemessen.

sen. Sie soll angesichts der ursprünglicheren Zusammensetzung und dem natürlichen geologischen Ursprung höher bewertet werden als die Situation an der Unterweser und wird somit unter Vorbehalt als hoch (D) angesehen.

### **Belastungen durch das Projekt, Risikoeinschätzung**

Durch die Vertiefung wird der Anteil pleistozäner Sedimente in der Außenweserrinne zunehmen. Das widerspricht zwar dem natürlichen Zustand einer gänzlich im Holozän wirkenden Weser. Aber unter dem Gesichtspunkt der Schadstoffbelastung bedeutet ein vermehrtes Anstechen und die Verbringung dieses Materials innerhalb des Systems in gewissem Sinne auch eine Verdünnung der Schadstoffbelastungen in den Sedimenten. Diesem positiven Effekt stehen nicht quantifizierbare Effekte auf die Sedimentverteilungen in den Wattbereichen gegenüber. Die Schwächung der morphodynamischen Kräfte in den Seitenbereichen könnte zu einer Zunahme der feinkörnigen Sedimente und zur allgemeinen Flächenzunahme der Watten auf Kosten der Seitenarme und -priele führen.

Da alle diese Effekte weder in ihrer Größenordnung noch in ihrer Tragweite in diesem Rahmen einschätzbar sind und auch die Raumbedeutung nur hilfsweise definiert werden kann, wird von einer Einstufung der Belastungen und folglich von einer Umweltrisikoeinschätzung abgesehen.

Dies soll allerdings als Hinweis verstanden sein, dass diese Sachverhalte bei Umsetzung des Vorhabens einer fachgutachterlichen Klärung bedürfen.

### **5.6.7 Vegetation**

#### *Ist-Zustand Vegetation*

Die fachlichen Angaben dieses Kapitels beruhen, sofern nicht anders angegeben, auf Angaben der Landschaftsrahmenpläne der anliegenden Städte und Kreise Bremen, Cuxhaven, Oldenburg und Wesermarsch.

In den Außendeichsflächen an der Außenweser finden sich die Vegetationsgesellschaften der Salzwiesen, Röhrichte und Quellerwatten in nahezu natürlicher Zonierung. Von See her lösen sich dabei typischerweise Schlickgrasbestände (*Spartina* sp.), Quellerwatt (*Salicornia europaea*), Strandbinsenröhricht (*Bolboschoenus maritimus*), Schilfröhricht (*Phragmites australis*), Andelrasen (*Puccinellia maritima*) und vor dem Deichfuß Grünland in nutzungsbedingt verschiedenen Ausprägungen mit ihren jeweiligen Begleitarten ab. Diese Bereiche gehören dem Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer an.

In dieses Grundmuster bettet sich ein kleinräumiges Mosaik besonderer Standorte mit abweichender Vegetation. Als Beispiele hierfür seien Flutrasen mit Knick-Fuchsschwanzgras (*Alopecurus geniculatus*), Ritzenvegetation in den Ritzen von gepflasterten Deichwegen und Steinschüttungen der Strombauwerke sowie verschiedene Ruderalflächen genannt.

Im Bereich der Unterweser ist bei ausreichender Fläche zwischen den Deichen und geeigneter Topografie ebenfalls eine entsprechende Zonierung mit *Bolboschoenus*, *Phragmites* und Grünlandgesellschaften vorhanden. Mit abnehmendem Salzeinfluss treten Salzbinse (*Schoenoplectus tabernaemontani*) und Rohrkolben (*Typha angustifolia*) zunehmend an die Stelle der Strandbinse. Auch hier ist dieses Grundmuster durchsetzt von den unterschiedlichsten Standorten anderer Vegetationsgesellschaften, zu denen hier auch Auwaldreste bzw. Solitäräume, Baumpflanzungen, Pionierwald, Uferseggengräben und andere gehören.

Das Untersuchungsgebiet ist Lebensraum vieler gefährdeter und geschützter Pflanzenarten, wie aus Tab. 7 ersichtlich wird.

Tabelle 7: Liste der an Außen- und Unterweser vorkommenden potenziell gefährdeten bis hin zum Aussterben bedrohten Pflanzenarten

Art	Rote-Liste-Status
<i>Allium schoenoprasum</i>	A.2
<i>Alopecurus bulbosus</i>	A.2
<i>Artemisia campestris</i>	(A.3)
<i>Asplenium ruta-muraria</i>	A.3F
<i>Bromus racemosus</i>	A.2

Art	Rote-Liste-Status
Butomus umbellatus	A.3
Carex extensa	A.4
C. flacca	(A.3F)
Chaerophyllum bulbosum	(A.3F)
Cotula coronopifolia	A.2
Crepis biennis	A.3F
Dipsacus fullonum	A.3F
Eliocharis uniglumis	(A.3)
Galium verum	(A.3F)
Groenlandia densa	A.1
Juncus inflexus	(A.3F)
Limonium vulgare	A.3
Myosotis discolor	A.3
Myosurus minimus	A.3
Pulicaria dysenterica	A.3
Ranunculus circinatus	A.3
Rhinanthus minor	(A.3)
R. serotinus	A.3
Rumex maritimus	A.3
R. palustris	A.4
Senecio congestus	A.3
Salsola kali	(A.3)
Schoenoplectus tabernaemontani	A.3
Scrophularia umbrosa	A.3F
Thalictrum flavum	A.3
Triglochin palustre	A.2
Veronica anagallis-aquatica	A.3

Rote-Liste der gefährdeten Pflanzen in Bremen und Niedersachsen: A.4: potentiell gefährdet, A.3: gefährdet, A.2: stark gefährdet, A.1: vom Aussterben bedroht, F: Gefährdung gilt für das Flachland, (): Gefährdung noch unklar. Zusammengestellt nach NLA, (1983)

Die Umweltverträglichkeitsuntersuchung zum SKN-14 m-Ausbau (BFG, 1994) listet darüber hinaus folgende im Gebiet vorkommende Vegetationstypen auf, die nach § 28a NNatG bzw. § 20c BNatSchG zu den besonders zu schützenden Biotopen zu zählen sind.

Tabelle 8: Liste der Vegetationstypen an Außen und Unterweser, die nach § 28a NNatSchG als besonders geschützte Biotope gelten.

Vegetationstyp	Beschreibung
Bf	Auwaldartige Pappelforsten auf Harrier-sand und Auwaldreste auf Warflether Sand
Gf	Flutrasen auf der Einswarder Plate und im Seewasserbereich
Gr	Rotschwingelrasen im Küstenbereich
Gs	Seggen-Grünländer
Gt	Ruderalisierter Trockenrasen auf sandiger Brache
Ka	Andelrasen
Ks	Schlickgras-Inseln vor Quellerwatten an der Küste
Rb	<i>Bolboschoenus</i> -Röhrichte
Rl	Schütteres Schilfröhricht auf ruderalisierten Flächen auf Langlütjen II
Rr	<i>Typha</i> -Röhrichte
Rs	Nasse, artenreiche <i>Phragmites</i> -Röhrichte
Rt	<i>Schoenoplectus</i> -Röhrichte
St	Trockene Staudenfluren auf Sand
Wg	Gräben mit gefährdeten Arten

Die Verteilung dieser Vegetationstypen im Untersuchungsgebiet zeigt, dass der gesamte nicht verbaute Uferbereich aus nach § 28a NNatG besonders geschützten Biotopen besteht.

Neben den für den Naturschutz besonders wertvollen Lebensräumen kommen im Untersuchungsgebiet weitere 29 Vegetationstypen vor. Unter ihnen dominieren flächenmäßig die Typen Grasacker (Ga) und Weidelgras-Weißklee-Weiden (Gw), also geringwertige, meist intensiv bewirtschaftete landwirtschaftliche Flächen.

Weitergehende Beschreibungen zur Vegetation im Unterweserraum sind bereits in Kap. 4.4.7.1 beschrieben worden.

### ***Raumbedeutung Vegetation***

In Kap. 4.4.7.2 wurde die Raumbedeutung der Vegetation für den Unterweserbereich bereits mit E (sehr hoch) bewertet. Die nördliche Erweiterung des betroffenen Gebietes im Falle einer Außenweservertiefung betrifft vorrangig Flächen, die im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer liegen. In der Regel handelt es sich um stark gefährdete und geschützte Brackwasser-röhrichte und Salzwiesen, so dass auch für das Untersuchungsgebiet einer Außenweservertiefung insgesamt die Raumbedeutung der Vegetation mit E (sehr hoch) zu bewerten ist.

### ***Belastungen der Vegetation durch das Projekt***

Wie bereits oben mehrfach in ähnlicher Form erwähnt, sind die Umweltbelastungen einer weiteren Vertiefung der Außenweser auf die Vegetation durch die vorhabenbedingten hydrologischen Effekte in der Unterweser mit den Umweltbelastungen auf die Vegetation, die bei einer weiteren Vertiefung der Unterweser auftreten, gleich und in ihrem Ausmaß jeweils abhängig von der Größe des Eingriffs. Deshalb wird an dieser Stelle auf die Ausführungen in Kap. 4.4.7.3 verwiesen.

Der Effekt auf die Außendeichflächen maritimer Ausprägung ist schwer einschätzbar. Dennoch wirken im Prinzip auch hier die oben beschriebenen Effekte, die sich zu Lasten der Röhrichte und Andelrasen auswirken. Inwiefern die Schlickgras- und Quellerbestände betroffen sind, beispielsweise durch veränderte Strömungsverhältnisse, mögliche Erosionen oder Auflandungen sowie allgemein verändertes Sedimentationsge-

schehen, lässt sich hier kaum eruieren. Aber gerade diese Auswirkungen bedürfen der präzisen Dokumentation, beispielsweise per Satellitentechnik, um den Kompensationsbedarf zu ermitteln.

### ***Risikoeinschätzung Vegetation***

Zusammenfassend ist mit deutlichen Röhrichtverlusten über das gesamte Gebiet zu rechnen, und zwar schwerpunktmäßig dort, wo diese ihre größte Ausdehnung und wertvollste Ausprägung haben. Die Belastungen sind erheblich, nachhaltig und extrem großräumig. Der Grad der Belastungen wird deshalb als hoch eingestuft.

Aus sehr hoher Raumbedeutung (E) und hoher Belastung (III) ergibt sich ein sehr hohes Umweltrisiko (5), vgl. Kap. 4.4.7.3. Es ist in großen Untersuchungsgebietsflächen mit entscheidungserheblichen Umweltrisiken zu rechnen. Vermeidungs-, Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind nicht immer möglich. Mit sehr umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.

## **5.6.8 Fauna**

### ***Ist-Zustand Fauna***

Eine Beschreibung des Ist-Zustandes der Fauna für den Unterweserbereich ist in Kap. 4.4.8.1 zu finden.

Im Bereich der Außenweser wurde das Makrozoobenthos zuletzt von GOSELCK ET AL. (1995) eingehend untersucht. Hier wurden Entlang der Fahrrinne 110 Arten festgestellt, die in einer charakteristischen Abfolge in zunehmender Küstenferne diesen Bereich besiedeln. Auch hier bestimmen Anneliden und Crustaceen das Bild, sie stellen 48 bzw. 36 Arten gemeinsam über der Makrozoobenthosarten. Mit 12 Muschel- und einer Schneckenart erreichen die Mollusken noch gewisse Bedeutung, daneben konnten Cnidaria, Schnurwürmer, Moostierchen und Stachelhäuter nachgewiesen werden.

Die Zonierung weist neben den euryptoten Arten mit nahezu omnipräsenter Verbreitung über den Salzgradienten und die Sedimentabfolgen (z. B. *Macoma balthica*, *Bathyporeia pelagica*, *Crangon crangon*) weitere Arten auf, die aufgrund ihrer speziellen Habitatansprüche und Salzgehaltsanforderungen bestimmte Verbreitungsmuster aufweisen und anhand dessen in fünf Gruppen eingeordnet wurden:

Meso- bis polyhaline Flachwasser- und Wattenmeerarten (z. B. *Pogospio elegans*, *Eteone longa*, *Hydrobia ulvae*), deren Verbreitungsschwerpunkt in Höhe der Robbenplate (km 76 – 94) festgestellt wurde; Euryhaline Arten mit Verbreitungsschwerpunkt im Mesohalinikum (Brackwasserzone) (z. B. *Marenzelleria viridis*, *Bathyporeia pilosa*, *Corophium volutator*); Polyhaline (marine) Arten, die in das Außenwesergebiet vordringen (z. B. *Nephtys cirrosa*, *Magelona paillicornis*, *Bathyporeia guilliamsoniana*); Polyhaline Arten, die als Jungtiere (0. Jahrgang) im Sommer weit verbreitet nachgewiesen werden können (z. B. *Spio filicornis*, *Lanice conchilega*); Marine Arten (z. B. *Pisone remota*, *Goniadella bobretzki*, *Spisula solida*) mit teilweise großer Häufigkeit ab km 110.

Für die ersten beiden Gruppen konnte ein gutes Regenerationspotential nachgewiesen werden, d. h., dass diese Lebensgemeinschaften gegenüber zeitlich und räumlich begrenzten Störungen ihres Habitates im allgemeinen mit rascher Wiederbesiedlung reagieren (GOSSELCK ET AL., 1995).

In der Fischfauna der Außenweser übernehmen im Unterschied zur Unterweser rein marine Gemeinschaften die Dominanz. Diese Gemeinschaften können jedoch nicht als ästuarendemisch betrachtet werden. Sie stellen vielmehr einen Teilaspekt der übergeordneten Lebensräume Wattenmeer und Nordsee dar und unterliegen im Jahresgang großen Fluktuationen betreffend der Artenzusammensetzung und des Individuenreichtums (LOZAN ET. AL., 1994).

Diese Fluktuationen entstehen durch intensive saisonale oder opportunistische Wandertätigkeiten des größten Teils der Fischfauna, die zum Zweck der Nahrungssuche und des Laichgeschäftes Entfernungen zurücklegen, die weit über die Grenzen des Untersuchungsgebietes hinaus gehen. Das Wattenmeer mit seinen Seitenprieln hat dabei für eine Vielzahl von Arten überragende Bedeutung als Laich-, Brut-, Aufzucht- und/oder Nahrungsgebiet (LOZAN ET. AL., 1994).

In der Roten Liste für die Meeresfische des deutschen Nordseebereiches (VON NORDHEIM & MERCK, 1995) wird 31 der insgesamt 138 Fisch- und Rundmaularten eine Gefährdungskategorie von 3 bis 0 (analog zu Nowak et al., 1994) zugeordnet, davon 9 in den höchsten Kategorien 1 und 0 (vom Aussterben bedroht bzw.

verschollen). Im Außenweserbereich sind davon in erster Linie die auch in Kap. 4.4.8.1 genannten Stör, Alse und Schnäpel betroffen.

Die sandigen Platen und Bänke im Watt sind auch Ruhe-, Gebär- Aufzucht- und Haarwechselhabitate für Seehunde. Diese sind naturraumtypischer Bestandteil der Wattenmeerfauna und wie alle marinen Säugetierarten u. a. nach der FFH-Richtlinie besonders geschützt. In der Außenweser bestehen Seehund – Liegeplätze in Bereichen der Tegeler Plate, der Robbenplate, der Mellumplate, der Großen Plate, der Kaiserbalje, der Hundebalje und dem Bollensiel. Diese Liegeplätze sind als Ruhezone im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer ausgewiesen.

Der aktuelle Bestand ist nach der jüngsten Staupenepidemie im Jahr 2002 noch nicht wieder eingehend untersucht. Nach den letzten Zählungen wurden an der niedersächsischen Küste bis Ende November 2002 insgesamt 3.851 tote Tiere geborgen ([www.waddensea-secretariat.org/news/news/Seals/01-seal-news.html](http://www.waddensea-secretariat.org/news/news/Seals/01-seal-news.html), 27.02.2003), was einem auch für die Außenweser anzunehmenden Verlust von 50 – 60 % des Bestandes entspricht (mdl. Mitt. HR. SCHECK, Nationalparkverwaltung Wilhelmshaven). Nach dem abzusehenden Ende der Epidemie ist zu erwarten, dass sich die Bestände auch in der Außenweser in einer länger anhaltenden Erholungsphase befinden.

Die Vordeichländer und Wattflächen in der Außenweser erfüllen wichtige Funktionen für die Avifauna, u. a. für verschiedene Möwenarten, Brandgänse, Eiderenten, Seeschwalben, Knutt, Kiebitzregenpfeifer und Kormorane. In den Untersuchungen zur UVU des SKN – 14 m – Ausbaus wurden an der Außenweser insgesamt 88 Vogelarten nachgewiesen, davon 66 Gastvogelarten und 22 brütende Arten. Davon werden 26 Arten (Gastvögel) bzw. 20 Arten (Brutvögel, 91 %) als bedroht, stark bedroht oder vom Aussterben bedroht eingestuft (BFG, 1994).

Drei Gebiete erreichen dabei die Kriterien zur Einstufung als „Important Bird Area“. Dabei handelt es sich neben der Insel Mellum um wertvolle Bereiche der Vorländer bei Tossens und Fedderwardsiel sowie bei Dorumer Neufeld und Altendeich (BFG, 1994). Alle Nationalparkflächen sind auch EU-Vogelschutzgebiet.

### ***Raumbedeutung Fauna***

Die Raumbedeutung der Fauna für den Unterweserbereich wurde bereits in Kap. 4.4.8.2 erörtert und mit E (sehr hoch) bewertet.

Für die Raumbedeutung der Fauna der Außenweserbereiche ist ebenfalls eine sehr hohe Raumbedeutung (E) anzusetzen. Auch hier existieren etliche Lebensgemeinschaften mit hohen Anzahlen gefährdeter und geschützter Arten und mit teilweise anspruchsvollen Bindungen an die in diesem Naturraum dargebotenen abiotischen und biotischen Bedingungen. Insbesondere für die Fisch- und Vogelwelt tragen bedeutende Bereiche des Untersuchungsgebietes existentielle Funktionen.

### ***Belastungen der Fauna durch das Projekt und Risikoinschätzung Fauna***

Wie bereits mehrfach erwähnt, sind die Umweltbelastungen einer weiteren Vertiefung der Außenweser auf die Fauna durch die vorhabenbedingten hydrologischen Effekte in der Unterweser vergleichbar mit den Umweltbelastungen auf die Fauna, die bei einer weiteren Vertiefung der Unterweser auftreten. In ihrem Ausmaß sind sie jeweils abhängig von der Größe des Eingriffs. Deshalb wird an dieser Stelle auf die Ausführungen in Kap. 4.4.8.4 verwiesen und für dieses Vorhaben analog zur dortigen Einschätzung eine hohe Belastung der Unterweserfauna (III) prognostiziert.

In der Außenweser wird unterschieden zwischen direkten Auswirkungen durch die Bagger- und Bauarbeiten und den indirekten Beeinträchtigungen durch die in den vorangegangenen Kapiteln geschilderten Veränderungen von abiotischen und biotischen Randbedingungen.

Erstere vermitteln sich durch Lärmbelästigung, die zu Fluchtreaktionen bei Seehunden, Vögeln und Fischen führen können und durch die Vernichtung des Makrozoobenthos in der zu baggernden Rinne und den Klappstellen. Da diese Lebensgemeinschaften aufgrund der hohen Dynamik ihres Lebensraumes an wiederkehrende Störungen und Umschichtungen angepasst sind, ist mit einer raschen Wiederbesiedlung der gestörten Bereiche zu rechnen (GOSSELCK ET AL., 1995). Für die Zeit der Durchführung der Maßnahmen sind die betreffenden Bereiche kein Lebensraum mehr für Makrozoobenthos- und Fischarten und fallen dementsprechend für diese Zeit auch als Jagdgebiet für Prädatoren (See-

hunde, Kormorane, Säger etc.) weg. Diese Arten werden mit entsprechender vorübergehender Abwanderung reagieren. Es ist allerdings damit zu rechnen, dass durch den für schätzungsweise 13 Jahre erhöhten Unterhaltungsaufwand (BFG, 1994) diese Störungen verstetigt werden, so dass diesen direkten Effekten die Belastungsstufe II (mittel) zugerechnet wird.

Einen Sonderfall stellen die Seehunde dar, die in erster Linie durch den o. a. direkten Lärm- und Vertreibungsstress an ihren Liegeplätzen während des Baggerbetriebes und des Baus der Strombaumaßnahmen gestört werden. Da sich die Bestände nach den Einbußen durch die letztjährige Staupepidemie dringend erholen müssen, sind in diesem Zusammenhang durchgreifende Minimierungs- und Vermeidungsstrategien dringend geboten.

Die indirekten Beeinträchtigungen betreffen ein weit größeres Gebiet und resultieren aus den zu erwartenden hydrologischen und morphologischen Veränderungen. Dabei verstärken sich die Belastungen von See kommend in Richtung Übergang von Unterweser zur Außenweser, da sich hier die Tidewasserstände am stärksten ändern werden (abgesehen von der Unterweser selber).

Im allgemeinen ist durch die veränderten Strömungs-, Sedimentations- und Erosionsverhältnisse und die veränderten Tidewasserstände mit folgenden Auswirkungen zu rechnen:

- Es verschieben sich die Korngrößenverteilungen im Watt und damit die Habitatbedingungen für die zahllosen Sedimentbewohner;
- Es ist mit Verlandungstendenzen in Seitenprieln zu rechnen, womit insbesondere den Crustaceen wertvolle Aufenthaltsgebiete verloren gehen;
- Es verändern sich die Überflutungsdauern der Wattflächen und damit die Aufenthalts- und Fraßbedingungen für Seehunde und Avifauna einerseits sowie für die Sedimentbewohner und die sie jagenden aquatischen Taxa;
- Es gehen wertvolle Bereiche in den Deichvorländern verloren, so dass sich beispielsweise die Brut-, Fraß- und Aufenthaltsbedingungen für die Avifauna verschlechtern.

Insgesamt betrachtet ist mit dauerhaften, teilweise erheblichen Beeinträchtigungen für große Teile der Außenweserfauna mit ihren vielen bedrohten und gefähr-

deten Arten zu rechnen. Da diesem Lebensraum aufgrund der herausragenden Bedeutung im Naturhaushalt für die lokale, regionale und auch internationale Fauna eine grundsätzliche Sensibilität gegenüber Veränderungen zukommt, werden die mit diesem Vorhaben verbundenen Belastungen als hoch (III) eingestuft. Es ergibt sich ein hohes Umweltrisiko (5) für den Teilbereich der Außenweser. In großen Untersuchungsgebietsflächen sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten. Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen sind nicht immer möglich. Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für sich verändernde Bedingungen im Watt sind schwer vorstellbar.

Als noch höher wurde in Kap. 4.4.8.4 das Umweltrisiko für die Fauna der Unterweser ermittelt. Da sich die beiden betrachteten Maßnahmen an der Weser in ihren Auswirkungen in der Unterweser weitgehend ähneln, wird an dieser Stelle noch mal darauf hingewiesen, dass das Umweltrisiko für die Fauna der Unterweser als nicht mehr tragbar angesehen wird.

### 5.6.9 Landschaftsbild

#### *Ist-Zustand Landschaftsbild*

Das Empfinden des Landschaftsbildes und damit auch die wertende Einstufung seiner Ausprägung sind zunächst individuelle, höchst subjektive Vorgänge, auf die persönliche Erfahrungshintergründe, Voreingenommenheiten oder Sensibilitäten starken Einfluss nehmen können.

Als Regel sollte jedoch gelten, dass das Landschaftsbild umso höher einzustufen ist, je naturraumtypischer und naturnäher sich Topografie, Vegetation und Fauna präsentieren. Das ästhetische Landschaftsempfinden scheint dabei bei allen Menschen weltweit gleichen Grundsätzen zu folgen, so dass von einem dem Menschen als biologischer Art eigenen Ökoschema gesprochen wird, einem genetisch fixierten inneren Bild der arteigenen ökologischen Nische, das jeder Mensch in sich trägt (GERKEN, 1995).

Dieses Bild verbindet beispielsweise mit offenen Landschaften und weit einsehbaren Flächen mit darin eingestreuten Baumgruppen und Wasserstellen sehr positive Assoziationen mit direkten Bezügen auf jene afrikanische Savannenlandschaft, in der der Mensch nach aktuellem Kenntnisstand seine entscheidenden Evolutions-

schritte absolvierte. Ein Ausdruck dessen ist die Gestaltung von Parks und Gärten, die weltweit ähnlichen ästhetischen Gesetzen folgt. Ebenso global, wenn auch mit gewisser modifikatorischer Breite, herrscht eine ambivalent empfundene Affinität zum fließenden Wasser (GERKEN 1995).

Für die Außenweser ist es nicht möglich, eine einheitliche Raumbedeutung für das Landschaftsbild zu definieren. Zu unterschiedlich sind die Ausprägungen, die man bei leicht erhöhtem Standort und guter Sicht bedingt durch das flache Relief mit einer einzigen Blickwendung aufnehmen kann. Da bilden einerseits die weithin sichtbaren Industrie- und Hafenanlagen von Bremerhaven und Nordenham und andererseits weiträumige Deichvorländer mit einer natürlichen Zonierung in Salzwiesen, Schilf- und Strandsimsenröhricht, Quellerwatt, Küstenwatt, Sandbänken und offenem Meer wechselnde Aspekte ein und desselben Horizontes.

Die herausragende Bedeutung der wertvollen Bereiche wird unterstützt durch die Präsenz der drei hauptsächlichlichen Ferienggebiete entlang der Küsten der Landkreise Wesermarsch und Cuxhaven, Fedderwardersiel-Burhave, Wremen und Dorum, welche durch eine Vielzahl kleinerer Ferien- und Erholungseinrichtungen entlang der Küsten der Außenweser und der Ufer der Unterweser ergänzt werden. In der Mehrzahl handelt es sich um Campingplätze, die oftmals im Deichvorland platziert sind und so ihrerseits eine gewisse Beeinträchtigung des Landschaftsbildes verursachen.

Wenn auch der Umfang des Fremdenverkehrs im Vergleich zu anderen Küstenstandorten sicherlich eher gering einzustufen ist, hat er doch wegen der allgemeinen wirtschaftlichen Strukturschwäche der Region eine oft existentielle Bedeutung für die lokale Bevölkerung. Da der Erfolg im Tourismus auch wesentlich vom Zustand des allgemeinen Landschaftsbildes abhängt, kommt den naturraumtypischen Landschaftsausprägungen zusätzliche Bedeutung zu.

Eine Beschreibung des Landschaftsbildes im Unterweserraum findet sich in Kap. 4.4.9.

#### *Raumbedeutung Landschaftsbild*

Es finden sich an der Unterweser Bereiche mit niedriger Raumbedeutung (A), zu denen beispielsweise die Industrie- und Hafenanlagen von Brake, Elsfleth und Bremen, das Kernkraftwerk Unterweser oder auch stark

kanalisierte und mit Steinschüttungen versehene Gewässerabschnitte an Weser, Hunte, Ochtum und Geeste zu zählen sind, in heterogener Verteilung unterbrochen von teilweise ausgedehnten naturnahen Deichvorländern mit hoher Raumbedeutung (E).

Entscheidend für die Ermittlung des Umweltrisikos werden hier die hochwertigsten Bereiche zu Grunde gelegt, da diese über die veränderten Tidewasserstände die Hauptbetroffenen sein werden, wohingegen Industrieanlagen bezüglich ihrer Bedeutung für das Landschaftsbild von dem Vorhaben nicht berührt werden.

### ***Belastungen des Landschaftsbildes durch das Projekt***

Wie in Kap. 5.6.7.3 und 4.4.7.3 dargelegt, wird es über die veränderten Tidewasserstände zu Verschiebungen der Vegetationszonierungen und insgesamt zu einem Verlust von Röhrichtflächen kommen.

Es ist sicherlich fraglich, ob man im allgemeinen Blick in die Landschaft die durch dieses Vorhaben verursachten Veränderungen wird ausmachen können. Dazu vermittelt sich das Landschaftsbild wohl zu sehr über allgemeines, kumulierendes Landschaftsempfinden denn über ein fotografisches Aufnehmen und Erinnern der Landschaft.

Dennoch sollte nicht davon ausgegangen werden, dass die zu erwartenden Veränderungen im allgemeinen „Rauschen“ von anderweitig verursachten ständigen klein- und großräumigen Landschaftsveränderungen untergehen. Hierzu sei noch einmal darauf verwiesen, dass die bereits durchgeführten Ausbaumaßnahmen im wesentlichen die angezeigten Verluste an naturraumtypischen Strukturen, vor allem an Röhrichtflächen und feingliedrigen Fließgewässerabschnitten im Bereich der Unterweser zu verantworten haben. Auch im Außenweserbereich, wo die Verantwortlichkeit für Flächenverluste in den wertvollsten Landschaftselementen Röhrichte und Salzwiesen komplexer erscheint und anders gewichtet werden muss als für die Unterweser, ist mit Zonierungsverschiebungen und Flächenverlusten dieser Bereiche zu rechnen.

Insofern wird den bereits vorhandenen Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes ein weiterer Verlust hinzugefügt, der zur Minimierung des positiven Landschaftseindrucks im Unter- und Außenweserraum beitragen wird. Das gilt insbesondere, wenn die veränderten Strömungsverhältnisse weitere Strombaumaß-

nahmen wie Buhnen und Steinschüttungen erforderlich machen, die nicht nur durch ihre Standortfremde das Landschaftsbild stören, sondern den Fluss darüber hinaus optisch von seiner Aue trennen, ihn einengen und ihm so bereits optisch einen Teil seiner Vitalität und Bedeutung für die umliegende Landschaft nehmen. Einen eklatanten Fremdkörper bilden diese Bauwerke auch und gerade im Wattenmeer.

Vgl. auch die Ausführungen in Kap. 4.4.9.3 zu den Belastungen des Landschaftsbildes im Unterweserraum.

### ***Risikoeinschätzung Landschaftsbild***

Insgesamt betrachtet sind mittelschwere Belastungen (II) des Schutzgutes Landschaftsbild durch dieses Vorhaben zu erwarten. Diese sind jedoch im Gegensatz zu den Effekten auf einige andere Schutzgüter durch landschaftspflegerische Maßnahmen und optische Kaschierungen in einigen Fällen kompensierbar. Bedarf dazu besteht noch aus den bereits herbeigeführten Schäden. Aus der Raumbedeutung E und der Belastung II ergibt sich ein sehr hohes Umweltrisiko.

## **5.7 Übergreifende Umweltrisikoeinschätzung**

Das Umweltrisiko eines SKN –15,5 m - Ausbaus der Außenweser setzt sich zusammen aus dem Umweltrisiko für die Unterweser und dem für den Außenweserbereich. Wie bereits erwähnt, sind die Umweltbelastungen einer weiteren Vertiefung der Außenweser auf die Schutzgüter durch die vorhabenbedingten hydrologischen Effekte in der Unterweser mit den Umweltbelastungen, die bei einer weiteren Vertiefung der Unterweser auftreten, in ihrer Art weitgehend gleich.

Die Ergebnisse der schutzgutbezogenen Umweltrisikoeinschätzungen sind in Tabelle 9 zusammenfassend dargestellt. Hier zeigt sich, dass die bei einer Außenweservertiefung zu berücksichtigenden Außenweserbereiche bei der Morphologie und Hydrologie zu einer anderen, höheren, Bewertung der Raumbedeutung und damit zu einem höheren vorhabenbedingten Umweltrisiko für dieses Schutzgut geführt haben. Abgesehen davon ist die Umweltrisikoeinschätzung für die geplante Außenweservertiefung vergleichbar mit der für die geplante Unterweservertiefung (Kap. 4.7).

Tabelle 9: Ergebnisse der schutzgutbezogenen Umweltrisikoeinschätzungen

Schutzgut	Raumbedeutung	Belastung	Umweltrisiko
Hydrologie	C	III	3
Wassergüte und Stoffhaushalt	C	II	3
Morphologie	D	III	5
Grundwasser	B	I	1
Boden	A – E *)	III	5
Sedimente	(C)	k. E. m.	k. E. m.
Vegetation	A – E *)	III	5
Fauna	B – E *)	III	5+
Landschaftsbild	A – E *)	II	5

\*) = Raumbedeutung ist inhomogen verteilt im Untersuchungsgebiet. Zur Risikoeinschätzung wurden die höchstestufigsten betroffenen Teilbereiche mit der dazugehörigen Belastungsstufe herangezogen.

k. E. m. = keine Einschätzung möglich aufgrund mangelnder Datenbasis.

5+ = Umweltrisiko ist nach Einschätzung des Autors nicht mehr tragbar

1	Es sind keine entscheidungserheblichen Umweltrisiken zu erwarten.
3	Entscheidungserhebliche Umweltrisiken sind zu erwarten. Sie können nur teilweise vermieden bzw. minimiert werden. Mit umfangreichen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
4	In wesentlichen Untersuchungsgebietsflächen bzw. bzgl. mehrerer Schutzgüter/Teilkomplexe sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die nur teilweise und mit erheblichem Aufwand vermeidbar, minimierbar bzw. ausgleichbar sind. Mit umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
5	In großen Untersuchungsgebietsflächen bzw. bzgl. der meisten Schutzgüter/Teilkomplexe sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten. Vermeidungs-, Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind nicht immer möglich. Mit sehr umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
5+	In nahezu dem gesamten Untersuchungsgebiet sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die auch mit sehr umfangreichen Maßnahmen nicht vermieden, minimiert oder ausgeglichen werden können.

Die Einschätzungen zur übergreifenden Umweltrisikoeinschätzung decken sich weitgehend mit den in Kap. 4.4 dargestellten Ausführungen. Für dieses Vorhaben kommen die Beeinträchtigungen im Außenweserbereich erschwerend hinzu, so dass hier nicht nur ein wesentlich größeres Gebiet betroffen ist, sondern auch eine ganze Reihe weiterer zu schützender Strukturen, Lebensräume, Biotoptypen, naturhaushälterischer Funktionen, Pflanzen- und Tierarten.

Insgesamt betrachtet muss dieses Vorhaben aufgrund der erheblichen Vorbelastungen, der trotzdem vorhandenen wertvollen Ausprägungen vieler Schutzgüter, der oft erheblichen und extrem weiträumigen Beeinträchtigung dieser Schutzgüter und der in vielen Bereichen nur schwer realisierbaren wirksamen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen aus naturschutzfachlicher Sicht abgelehnt werden.

In einer Untersuchung der Bundesanstalt für Wasserbau zur geplanten Elbevertiefung wird die Größenentwicklung der zukünftigen Containerschiffe auf Längen bis zu 360 m, Breiten bis zu 56 m und Tiefgängen bis zu

15,50 m eingeschätzt (BAW, 2001). Das bedeutet, dass selbst nach einem SKN – 15,5 m - Ausbau kaum damit zu rechnen ist, dass dann dauerhaft alle Anforderungen der Containerschiffahrt an die Erreichbarkeit Bremerhavens erfüllt sind.

Es ist also auch nach einer solchen Vertiefung damit zu rechnen, dass in naher Zukunft weitere Vertiefungen erforderlich werden würden, um in direkter Konkurrenz zu Hamburg und Rotterdam nicht ins Hintertreffen zu geraten. Da bereits diese Vertiefung zu nicht mehr hinnehmbaren Schäden und ökologischen Risiken führt, ist mit dem althergebrachten Konzept der immer weitergehenden Vertiefungen keine nachhaltige Entwicklung Bremerhavens zu erwarten. Es muss dringend über Alternativen nachgedacht werden, wie z.B. beispielsweise ein zentraler Tiefwasserhafen an der Küste.

## 6. Ökologische Risikoanalyse für den Ausbau der Elbe

### 6.1 Beschreibung des Projektes

Die Tideelbe wurde bereits seit Mitte des 19. Jahrhunderts den sich verändernden ökonomischen Bedürfnissen Hamburgs und den nautischen Entwicklungen in der Schifffahrt angepasst und ausgebaut. Während anfänglich nur Teilstrecken vertieft sowie Sände und Inseln aufgespült und festgelegt wurden, erforderten die seit Mitte der 30er Jahre technisch anspruchsvolleren Ausbaumaßnahmen der gesamten Unter- und Außenelbe weitere Sicherungsmaßnahmen wie Eindeichungen, Errichtung von Leitdammsystemen, Eingriffe und bauliche Umgestaltungen des nunmehr ehemaligen Hamburger Stromspaltungsgebietes (Binnendelta), sowie die sich daraus ergebende Unterhaltungsbaggerei. Insgesamt wurde die Sollsohle auf Hamburger Gebiet von weniger als 3 m unter MTnw im Jahr 1859 auf bis zu 15,30 m unter MTnw (KN) im Jahr 2000 abgesenkt (BERGEMANN 1995, KAUSCH 1996b, PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1997).

Die wichtigsten Fahrrinnenvertiefungen des Elbstroms:

- 1936-1950 Ausbau auf 10 m unter MTnw (KN)
- 1957-1962 Ausbau auf 11 m unter MTnw
- 1964-1969 Ausbau auf 12 m unter MTnw
- 1974-1978 Ausbau auf 13,50 m unter MTnw
- 1998-2000 Fahrrinnenanpassung auf KN -14,40 m (NN -15,80 m) bis KN -15,30 m (NN -16,98 m)

Um die Hauptrinne durchgängig passierbar zu halten, waren bereits nach dem 10 m-Ausbau permanente Baggarbeiten mit einem Volumen von 3,0 Mio. m<sup>3</sup>/a notwendig. Nach der 1978 abgeschlossenen Elbevertiefung auf 13,50 m wurden jährlich 12,4 Mio. m<sup>3</sup> Sediment entnommen (WSD Nord & FHH 1991).

Im Zuge der letzten Baumaßnahme erfolgte der Elbe-Ausbau im Gegensatz zu vorangegangenen Vertiefungen, bei denen die Fahrrinne durchgehend abgesenkt wurde, in 4 Teilstrecken mit unterschiedlichen Ausbautiefen (Sockellösung). Der als Sockel ausgeprägte Abschnitt von Lühesand (km 648) bis Otterndorf (km 713,2) wurde dabei um 0,50 m auf KN -14,40 m vertieft. Auf der Hamburger Delegationsstrecke (km 632

bis km 621,8 (Süderelbe)/km 624,4 (Norderelbe)) erreicht die Elbe nach einer rampenartigen Absenkung eine Sollsohle von KN -15,30 m. Seewärts sinkt die Sollsohle rampenartig bis zum Ende der Ausbaustrecke bei km 747,9 auf KN -15,20 m.

Die Fahrrinnenbreite wurde gleichzeitig im Bereich der Außenelbe von 500 m auf 400 m zurückgebaut und zwischen Wedel und Pagensand von 250 m auf 300 m aufgeweitet. Darüber hinaus wurden Erweiterungen der Kurven bis um 70 m vorgenommen sowie eine Abflachung der Fahrrinnenkurve am Leitdamm Kugelbake. Mit dieser Ausbaumaßnahme sollte Containerschiffen mit einem maximalen Tiefgang von 13,80 m (Frischwasser) die tideabhängige Passage vom Hamburger Hafen in die Außenelbe zweimal täglich in einem zwei-stündigen Startfenster beginnend ab Tideniedrigwasser ermöglicht werden sowie dem tideunabhängigen Schiffsverkehr mit einem Tiefgang von maximal 12,80 m (PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1997).

Der wiederholte Ausbau der Fahrwasserrinne hat die Hydrologie und Morphologie der Tideelbe weitreichend und nachhaltig verändert (KAUSCH 1996b). Das Ausmaß der Änderungen bezüglich der hydrodynamischen Prozesse ist besonders deutlich im Hamburger Stromspaltungsgebiet ausgeprägt. Während am Pegel Cuxhaven ein Anstieg des mittleren Tidehochwassers um 30 cm in den letzten 100 Jahren zu verzeichnen war, konnte im oberen Ästuar (Pegel St. Pauli) ein signifikanter Anstieg um 50 cm beobachtet werden. Dem im Mündungsbereich recht stabilen mittleren Tideniedrigwasser steht am Pegel St. Pauli ein Abfall um über 100 cm gegenüber. Daraus ergibt sich ein Anstieg des **Tidehubs** im Hamburgischen Bereich um über 150 cm seit 1900, und am Pegel St. Pauli seit 1840 sogar ein Anstieg von 150 cm auf etwa 350 cm (BERGEMANN 1995). Mit der Vertiefung des Gewässerbettes geht eine Erhöhung der **Strömungsgeschwindigkeit** einher, wodurch die Sedimentation der mitgeführten Materialien unterbunden wird. Infolge der veränderten Wasserführung kommt es andererseits verstärkt zu Verschlickungen von Nebenflüssen, Hafeneinfahrten und Hafenbecken. Aufgrund des größeren Flussquerschnitts und –tiefe läuft die Tidewelle im Hamburgischen Bereich höher auf, ebenso haben sich bei **Sturmfluten** die Scheitel-

wasserstände zwischen Cuxhaven und St. Pauli gegenüber 1950 um bis zu 1,5 h verkürzt (im Mittel 50 min) und laufen zudem 40-70 cm höher auf als noch 1950 (WSD Nord & FHH 1991).

Die obere **Brackwassergrenze** ist neben dem Oberwasserzufluss von der einlaufenden Tide und den Windverhältnissen abhängig. Untersuchungen von BERGEMANN (1995) weisen darauf hin, dass eine mit den bisherigen Elbvertiefungen in Zusammenhang stehende Verlagerung der oberen Brackwassergrenze um 5-20 km stromauf stattgefunden hat. Eine ausführlichere Darstellung der hydrodynamischen Prozesse beinhaltet Kapitel 6.3.1.1.

Seit Beginn der großflächig betriebenen Anpassung und anthropogenen Nutzung hat sich der Naturraum Unterelbe stark verändert. Die **Tiefwasserbereiche** > 10 m unter MTnw haben bedingt durch die Ausbaumaßnahmen an Fläche deutlich zugenommen. Als Reaktion auf die veränderten Wasserstände musste ein Rückgang an u.a. für die Regeneration von Fischen bedeutsamen **Flachwasserzonen** (MTnw -2 m) (vgl. Kap. 4.2) infolge des stärker absinkenden Niedrigwassers hingenommen werden. Auf Kosten der Flachwasserzonen fand durch längere Trockenfall-Zeiten eine Ausdehnung der zwischen MTnw und MThw liegenden **Watten** statt, die aufgrund ihrer hohen Produktivität und großen Selbstreinigungspotentials einzigartige Lebensräume darstellen. Die in den letzten Jahrzehnten flussauf wandernde Brackwasserzone führte jedoch zu einem stetigen Rückgang der ohnehin nur noch kleinräumig vertretenen Süßwasserwatten. Auch die **Vordeichsländer** mussten den anthropogenen Nutzungsinteressen weichen. Mit der Eindeichung binnenseits und erosionsbedingten Flächenverlusten stromseits wurden die ehemals breitsäumigen Überflutungsräume und damit wertvolle Auenwälder drastisch reduziert (siehe auch Kapitel 6.3.2 und 6.3.6).

Die Stadt Hamburg fordert derzeit eine weitere Vertiefung der Elbe um mindestens 1 m (www.abendblatt.de, 08.10.2002). Da bisher noch keine konkreten Planungsunterlagen zugänglich sind, wird hier als Planungsvorlage die Variante 7 aus der letzten Fahrrinnenanpassung zugrunde gelegt, die eine durchgehende Vertiefung der Fahrrinne auf 16,0 m unter KN, entsprechend NN -17,78 m im Außenelbebereich und NN -

17,40 m in der Unterelbe vorsieht. Anderen Informationen zufolge soll mit einer neuerlichen Absenkung der Sollsohle die tide(un?)abhängige Ausfahrt von Containerschiffen der POST-PANMAX-Klasse mit einem maximalen Tiefgang von 14,80 m (Frischwasser) Richtung Nordsee ermöglicht werden (www.abendblatt.de, 08.10.2002; www.rettet-die-elbe.de).

Da genaue Grundlagendaten zu dieser potentiellen weiteren Elbvertiefung nicht vorliegen, können hier nur spekulative Aussagen bezüglich der konkreten Vertiefungsabschnitte und der Baggergutmenge getroffen werden.

Unter Zugrundelegung der tideunabhängigen Revierfahrt benötigt ein Schiff mit max. 14,80 m Tiefgang (Frischwasser) eine Wassertiefe von 17,0 m unter KN. Dies bedeutet eine durchgehende Vertiefung der Unter- und Außenelbe bis zum Hamburger Hafen um 1,70-1,80 m, im Bereich des Sockels sogar um 2,60 m. Bei Umsetzung der Variante 7 wäre die Sollsohle um 0,70-0,80 m abzusenken, im Bereich des Sockels um 1,60 m. Die Bundesanstalt für Wasserbau ist im Juni 2001 von der Freien und Hansestadt Hamburg und dem Amt Strom- und Hafenausbau Hamburg beauftragt worden, mögliche Auswirkungen einer weiteren Fahrrinnenvertiefung um 1,0 m abzuschätzen (BAW 2001). Die Ausgangslage für eine mögliche weitere Vertiefung ist, wie die oben genannten Planungsansätze zeigen, offenbar noch sehr unklar. Dieser Studie wird aufgrund der derzeit bereits eingesetzten POST-PANMAX-Klasse die Variante 7 aus der Ökologischen Voruntersuchung zugrunde gelegt (WSD NORD & FHH 1991).

Anzumerken ist, dass zu den erforderlichen Solltiefen des Stroms ein Vorratsmaß für die Baggerung zuzüglich einer Bagbertoleranz von 0,1-0,5 m hinzuzurechnen ist. (WSD Nord & FHH 1991).

In welchem Umfang eine Fahrrinnenverbreiterung und Kurvenabflachung erforderlich wäre, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht abschätzbar. Die aktuell diskutierte Erweiterung der Fahrrinne auf 400 m wäre nur im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke bzw. von Wedel (km 642) bis Pagensand (km 665 N) mit einer gegenwärtigen Breite von 250 m möglich (www.abendblatt.de, 08.10.2002).

### 6.1.1 Geografische Ausdehnung

Die eigentlichen Baumaßnahmen werden sich aufgrund der o.g. Vermutungen in Anlehnung an die letzte „Fahrrinnenanpassung“ aller Voraussicht nach von der Außenelbe km 748 bis zum Schiffswendekreis am Lot-senhöft bei km 624 in der Norderelbe sowie bis zum Schiffswendekreis bei km 621 in der Süderelbe (Köhlbrand) erstrecken. Das dabei anfallende Baggergut wird vermutlich wie bei der vorangegangenen Maßnahme ebenfalls ortsnah in Übertiefen oder Seitenräumen der Außen- und Unterelbe umgelagert (und somit auch strombauliche Funktionen erfüllen wie Erosionsschutz, Leitdammfunktion), sowie im Hamburgischen Bereich als Baumaterial (Hafenbeckenverfüllungen, Flächenaufhöhungen, Strandvorspülungen) Verwendung finden. Daneben hat die Insel Pagensand noch Kapazitäten frei, die bereits bei der letzten Elbvertiefung als Spülfeld genutzt wurde. Umweltauswirkungen als Folge einer weiteren Vertiefung sind jedoch in einem deutlich größeren Gebiet zu erwarten. Angaben über die Ausdehnung des betroffenen Areals findet sich in Kapitel 6.2.1.

### 6.1.2 Zu erwartender Umfang der Projektmaßnahmen

Aufgrund der bisher nur auf unverbindliche Aussagen fußenden Überlegung einer weiteren Elbvertiefung ist eine exakte Berechnung der Baggergutmenge sehr schwierig (s. das 1991 berechnete Baggergutvolumen für die Variante 7, Tabelle 16). Hinzu kommen die durch die Tidedynamik der Elbe natürlicherweise bewegten und in einem ständigen Umlagerungsprozess begriffenen Sedimentmassen, die Schätzungen zufolge in einer Größenordnung von 40-60 Mio. m<sub>3</sub> liegen (www.cux.wsd-nord.de: das Projekt im Überblick, 1997). Demgegenüber stehen Untiefen, die die Baggergutmenge reduzieren, im Zuge der letzten Fahrrinnenanpassung jedoch bereits teilweise verfüllt wurden. Im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke kommen neben Fein- und Grobsanden hauptsächlich Geschiebemergel und steiniges Moränenmaterial sowie tonig-schluffige Materialien vor. Der Gewässergrund der Bundesstrecke besteht im Bereich der Fahrrinne und hier besonders in den Riffelstrecken überwiegend aus Fein- und Grobsanden. Die zwischen den Riffelstrecken auftretenden Sedimentationsstellen sind gekenn-

zeichnet durch feinsandige Schluffe oder stark schluffhaltige Feinsande. Durch Fahrrinnenverbreiterungen können im Randbereich zusätzlich Kleivorkommen angeschnitten werden.

Die berechneten Baggergutvolumina beziehen sich auf die Umsetzung der Modell-Variante 7 der letzten Planungsvorlage, welche eine Vertiefung der gegenwärtigen Sohle um 0,70 – 1,60 m zugrunde liegt.

- Abschnitt (km 621-632) Absenkung der Sohle um 0,70 m auf einer Breite von 250 m und einer Länge von 11 km: 1,925 Mio. m<sub>3</sub>
- Abtrag der binnenseitigen Rampe (km 632-648) auf einer Breite von 250 bzw. 300 m und einer Länge von 16 km: 4,718 Mio. m<sub>3</sub>
- Vertiefung des Sockelbereichs um 1,60 m zwischen km 648 bis km 713): 38,88 Mio. m<sub>3</sub>
- Abtrag der seewärtigen Rampe auf KN -16,0 m von km 713 – 748 auf einer Breite von 400 m und einer Länge von 35 km: 16,8 Mio. m<sub>3</sub>

In der Summe ergibt sich daraus ein Gesamt-Baggergutvolumen von etwa 62 Mio. m<sub>3</sub>, abzüglich der Baggermenge von ca. 30 Mio. m<sub>3</sub>, die bei der Vertiefung auf SKN -15,3 m angefallen sind. Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass diese Baggergutvolumina nur eine erste grobe Abschätzung darstellen können. Abzüglich der Untiefen liegt die Sedimententnahme in der Größenordnung von etwa 30-40 Mio. m<sub>3</sub>. Demgegenüber stehen die erheblichen Sedimentumlagerungen in der Tideelbe. Nach Hochrechnungen im Rahmen der 1991 durchgeführten Ökologischen Voruntersuchung ist nach der Baumaßnahme mit jährlichen Sedimententnahmen im Zuge der Unterhaltungsbaggerei von 18,6 Mio. m<sub>3</sub> zu rechnen (WSD Nord & FHH 1991). Ausgehend von den Erfahrungen mit den bisherigen Elbvertiefungen sind neben den Vertiefungsbaggerungen noch weitere Projektmaßnahmen zu erwarten wie:

- Die Anlage von Verklappungsstellen (mit strombaul. Funktionen) bzw. stärkere Nutzung bereits ausgewiesener Stellen und ggf. von Spülfeldern
- mit weiteren Uferbefestigungen auf Grund von lokal von stärkeren Strömungen, z.B. in einigen Kurven und
- Errichtung weiterer Leitdammsysteme
- möglicherweise Kurvenabflachungen.

## 6.2 Beschreibung des betroffenen Raumes

### 6.2.1 Geografische Lage, Ausdehnung

Als ein von den Gezeiten beeinflusstes und geprägtes Fließgewässer wirken Strombaumaßnahmen nicht alleine auf den Wasserkörper von Außen- und Unterelbe. Vielmehr sind durch die Veränderungen des Tidehubs auch Flachwasserbereiche, angrenzende Vorländer und Nebenflüsse betroffen. Daraus resultierend umfasst das Untersuchungsgebiet den Landschaftsraum, dessen Schutzgüter von der Baumaßnahme berührt werden, d.h. neben Außen- und Unterelbe und deren tidebeeinflussten Abschnitten der Nebenflüsse ebenso die hochwasserbeeinflussten Überschwemmungsgebiete (Deichvorländer). Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich dabei von Scharhörn (km 756 A) bis zur Staustufe Geesthacht (km 585,9 A) als künstlicher Tide-Barriere, bei Legung des Wehres sogar bis zum 30 km stromauf gelegenen Bleckede. Von Norden begrenzen das Gebiet die in die Elbe entwässernden Nebenflüsse Pinnau, Krückau, Stör und Wedeler Au, von Süden Ilmenau, Este Lühe Schwinge und Oste bis zum jeweiligen Sperrwerk. Landseitig wird das Untersuchungsgebiet durch die Deiche sowie in den Hafengebieten von Kaimauern und den sturmflutsicher aufgehöhten Flächen abgegrenzt. In diesem Areal sollte die Bewertung der Schutzgüter Wasser (Hydrologie, Gewässergüte), Gewässermorphologie, Böden und Sedimente vorgenommen werden. Für die Begutachtung der Schutzgüter Vegetation und Fauna aufgrund ihrer Mobilität und des Schutzgutes Grundwasser aufgrund der Polderwasserhaltung sind die großflächigen Marschbereiche beidseits des Elbstroms bis zum Geestrand und der Tidegrenze der nebenelbischen Flüsse als Auswirkungsbereiche mit einzubeziehen.

### 6.2.2 Darstellung der Schutzwürdigkeit

Vor dem Hintergrund der deutlich über das Gewässerbett hinausgehenden Auswirkungen und Beeinträchtigungen durch eine Fahrrinnenvertiefung ist die Betrachtung der unmittelbar betroffenen und ebenso der angrenzenden Lebensräume von maßgeblicher Bedeutung.

Charakteristisch für das Untersuchungsgebiet ist das Ästuar mit den darin einmündenden, tidebeeinflussten

Nebengewässern und dem Übergang zum Wattenmeer. Dieses vielfältige, strukturreiche Gebiet dient einer Vielzahl von schützenswerten Biotoptypen und den darin beheimateten Pflanzen- und Tierarten als Lebensraum. Dieses spiegelt sich in der reichhaltigen Anzahl von Schutzgebieten unterschiedlicher Ausprägung für Biotope und Arten entlang der Tideelbe wider, die sowohl auf Grundlage der Naturschutzgesetze des Bundes und der Länder, als auch auf der Grundlage internationaler Vereinbarungen ausgewiesen wurden. Entsprechend Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) werden folgende im Untersuchungsgebiet vorkommende Schutzgebietskategorien unterschieden:

- Naturschutzgebiet (§ 13)
- Nationalpark (§ 14)
- Landschaftsschutzgebiet (§ 15)
- Naturdenkmal (§ 17)

Darüber hinaus sind ausgewählte Schutzgebiete (vereinzelt auch bundesweit nicht geschützte Gebiete) auf Grundlage internationaler Richtlinien unter Schutz gestellt worden.

- Feuchtgebiete Internationaler Bedeutung (FIB) gemäß RAMSAR-Konvention (1971)
- EU-Vogelschutzgebiete nach Art. 4 der EU-Vogelschutzrichtlinie (1979)
- FFH-Gebiete nach Art. 3 der FFH-Richtlinie (1992)
- Biosphärenreservate des UNESCO Programms „Man and Biosphere“

In Tabelle 10 sind die Schutzgebiete zusammengestellt. Gebiete, deren Status noch nicht endgültig geklärt ist bzw. deren Unter-Schutzstellung noch nicht abgeschlossen ist, wurden mit einem „?“ versehen. Niedersachsen aktualisiert derzeit die Meldestände der FFH- und EU-Vogelschutzgebiete, die unter [www.mu.niedersachsen.de](http://www.mu.niedersachsen.de) abzurufen sind (Meldestand: FFH: 16.11.99; EU-VSG: Nov. 2002, RAMSAR: 31.05.1999 für alle 3 Bundesländer). Schleswig-Holstein hat seine Meldungen am 01.06.1999 mit der 1. Tranche abgeschlossen ([www.umweltdaten.landsh.de](http://www.umweltdaten.landsh.de), Landschaftsprogramm 1999). Nachweis der Hamburger

Schutzgebiete erbringt die Homepage Hamburgs unter [fhh.hamburg.de](http://fhh.hamburg.de) mit Stand vom 16.12.2002.

Tabelle 10: Zusammenstellung der im Untersuchungsgebiet liegenden und angrenzenden Schutzgebiete  
([www.fhh.hamburg.de](http://www.fhh.hamburg.de), [www.mu.niedersachsen.de](http://www.mu.niedersachsen.de), [www.umweltdaten.landsh.de](http://www.umweltdaten.landsh.de), PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1998)

### Hamburg

Schutzgebiet	Fläche (ha)	Status
Zollenspieker	80	NSG, FFH, Natura 2000
Borghorster Elblandschaft (Altengammer Wiesen, Borghorster Brack, Borghorster Elbwiesen)	225	NSG, FFH, EU-Life-Projekt, Natura 2000
Heuckenlock	120	NSG, FFH, Natura 2000
Schweenssand	30	NSG, FFH, Natura 2000
Nienstedten, Dockenhuden, Blankenes, Rissen		
Alter Schwede		Naturdenkmal am Elbstrand bei Övelgönne
Wittenbergener Heide und Elbwiesen	39	NSG
Neßsand-Hanskalbsand	140	NSG, FFH, Natura 2000
Mühlenberger Loch	675	LSG, Ramsar, EU-VSG, Natura 2000
Hamburger Wattenmeer	11700	Nationalpark, Ramsar, EU-VSG, FFH, Biosphären- reservat, Natura 2000

### Niedersachsen

Schutzgebiet	Fläche (ha)	Status
Deichvorland zwischen Laßrönne und Drage		gepl.NSG
Ilmenau-Luhe-Niederung		gepl.NSG, EU-VSG
Neßsand	145	NSG, FFH
Lühesand		<i>LSG, vorgeschl. FFH?</i>
Allwöhrdener Außendeich/Brammersand	650	NSG
Schwarztonnensand	582	<i>NSG, vorgeschl. FFH?</i>
Schilf- und Wasserfläche Krautsand/Ostende		NSG
Asselersand	623	NSG
Niederelbe zwischen Barnkrug & Otterndorf	11760	Ramsar, EU-VSG, FFH, (Natura 2000)
Außendeich Nordkehdingen II	780	NSG
Wildvogelreservat Nordkehdingen	540	NSG
Außendeich Nordkehdingen I	900	NSG
Vogelschutzgebiet Hullen	489	NSG
Ostemündung	160	NSG, FFH
Hadelner und Belumer Außendeich	1283	NSG
Niedersächsisches Wattenmeer		Nationalpark, Ramsar, EU-VSG, FFH, Biosphären- reservat, Natura 2000

## Schleswig-Holstein

Schutzgebiet	Fläche (ha)	Status
Westliche Geesthachter Elbinsel		gepl.NSG
Neßsand	20	NSG, EU-VSG, FFH, Natura 2000
Haseldorfer Binnenelbe mit Elbvorland	2056	NSG, EU-VSG, FFH, Natura 2000
Eschschallen im Seestermüher Vorland	306	NSG, EU-VSG, FFH, Natura 2000
Deichvorland Blomesche Wildnis		gepl.NSG
Rhinplatte und Elbufer südlich von Glückstadt bis Neßsand		gepl.NSG, gepl. Ramsar
Pagensand		NSG
St. Margarethen		gepl.NSG
Lotsenbösch		Naturdenkmal
Neufelder Bucht		gepl.NSG, Ramsar?, vorgeschl. FFH?
Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer		Nationalpark, Ramsar, EU-VSG, FFH, Biosphären-reservat, Natura 2000
gesamter Elbebereich zw. Wedel und Neufeld		Natura 2000?
Wedeler Marsch/Hetlinger Marsch	500	gepl. LSG (bis 2004), Natura 2000?
Mündungsbereich Pinnau		Natura 2000?
Krückau		Natura 2000?

### 6.2.3 Rolle im Naturhaushalt

Die ökologischen Funktionen der Stromrinne, Flachwasserzonen und Wattbereiche in der Elbe sind vergleichbar mit denen des Weserästuars, vgl. Kap. 4.2.4. Aus diesem Grund wird hier nicht näher darauf eingegangen, sondern nur noch die elbespezifischen Daten beschrieben.

#### **Stromrinne**

Ausbaubedingt nimmt die Stromrinne 20 bis max. 55 % (bei Grünendeich) der etwa 107.500 ha großen Gesamtabflußquerschnittsfläche der Unterelbe ein (PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1997), während 30-50 % der Uferlänge durch Pflasterungen befestigt sind.

#### **Flachwasserbereiche**

Von der knapp 107.500 ha großen Gesamtwasserfläche entfallen nach PG Ökologie + Umwelt Nord (1997) 8 % auf Flachwasserzonen und 31 % auf das Eulitoral (definiert als Fläche zwischen MThw und MThw, dementsprechend inklusive Steinschüttungen, Watten und Sände).

Ursprüngliche weitläufige Flachwasserbereiche gibt es an der oberen Tidelbe nur noch vereinzelt im Bereich

des mittlerweile im Rahmen der Erweiterung des Airbusgeländes teilverfüllten Mühlenberger Lochs, an der Hahnöfer Nebenelbe und westlich von Wedel sowie in den unter Schutz gestellten NSGs Heuckenlock und Schweenssand. In den beiden erstgenannten Gebieten werden im Rahmen von Kompensations- und Ausgleichsmaßnahmen sogenannte erweiterte Flachwasserzonen (MTnw -2 m bis MTnw -4 m) geschaffen, die Laich- und Aufwuchshabitats für Fische garantieren sollen. Insgesamt ist dieser wichtige Biotoptyp am schwersten durch die zurück liegenden Ausbauten betroffen. Nach ARGE ELBE (1984) musste seit 1896/1905 ein Rückgang der Flachwasserzonen um über 30 % am Nordufer und immerhin noch 8 % am Südufer der Elbe bis 1981/82 verbucht werden. Die verbliebenen Flachwasserzonen sind wegen des ausbaubedingt stark überhöhten Tidehubes auch nur zur kurzen Zeit der Ebbe Flachwasserzonen im eigentlichen Sinne, um bei auflaufend Wasser dann bis zu 2 m hoch überspült zu werden. Das wichtige ursprüngliche Charakteristikum der Flachwasserzonen als Stillwasserbereiche ist damit verloren.

Wie aus historischem Kartenmaterial (JORZICK ET AL. 1989) ersichtlich, war die gesamte Unterelbe ur-

sprünglich, in besonderem Maße jedoch im Bereich des Binnendelta, von Stromaufspaltungen mit eingelagerten Inseln und Seitenarmen geprägt. Hier bestand ehemals eine kaum überschaubare Vielfalt an Flachwasserbereichen im limnischen und flussab im brackigen und marinen Bereich. Flachwasserareale in ihrer ursprünglichen Ausprägung wurden durch die ausbaubedingten hydrologischen Änderungen nahezu vollständig zerstört.

Wie an der Weser geben der Niedergang der Elbefischerei oder das Verschwinden einstmals naturraumtypischer Arten bzw. deren Populationseinbußen als indirekte Parameter Hinweise auf das Ausmaß des Verlustes dieser Lebensräume. So sind von den um die vorletzte Jahrhundertwende bekannten über 1000 Flussfischereibetrieben an der Unterelbe aktuell eine Handvoll übrig geblieben, welche darüber hinaus auf zusätzlich betriebene Küstenfischerei angewiesen sind (SCHIRMER 1994; KAUSCH 1996b)(vgl. auch Kap. 4.2.4.2).

### **Wattbereiche**

Definiert als Fläche zwischen MThw und MTnw beinhaltet das Eulitoral neben naturnahen Watten auch die Steinschüttungen, Pflasterungen bis hin zu senkrechten Uferbefestigungen, sowie künstlich vorgespülte Sandstrände. Bedingt durch die heutige Morphologie der Unterelbe ist die Uferlinie im oberen Ästuar inklusive des hauptsächlich als Hafen genutzten Stromspaltungsgebietes bis Nienstedten (km 632) zwischen 50 und 95 % befestigt. Weiter stromab sind immerhin noch 25-40 % der Wattflächen künstlich gesichert (PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1997).

Im Bereich Glückstadt erreichen die Watten im Übergangsbereich vom brackigen zum marinen Milieu an der Ostemündung Ausdehnungen bis zu einem Kilometer, im Wattenmeer der Außenelbe sogar bis zu 10 km. Dementsprechend liegt der Schwerpunkt bei den Brackwasser und marin dominierten Watten gegenüber den Süßwasserwatten. Natürlich ausgeprägtes Flusswatt ist durch anthropogene Eingriffe in die Vorländer seit Beginn der Ausbauten um 33 % bezogen auf die Gesamtwasserfläche zurückgegangen (PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1997).

Bedingt durch die mit den zurück liegenden Ausbauten herbeigeführten veränderten hydraulischen und morphologischen Bedingungen kommen Mischwatten und

Sandwatten an der Unterelbe nur noch unterhalb Hamburgs vor. Die Schlickwatten des Unterelberaumes sind dagegen Lebensraum für eine typische Endofauna, die in erster Linie aus Oligochaeten (Wenigborster) und Chironomiden (Zuckmücken) besteht (BERNAT ET AL. 1997)

Die Rolle der marinen Wattbereiche des Elbeästuars im Naturhaushalt ist vergleichbar mit den Watten der Außenweser. Aus diesem Grund wird diesbezüglich auf Kap. 5.5 verwiesen.

### **Vorländer**

Als Vordeichsländer werden die ufernahen Wattbereiche (zwischen MThw und ca. 1,5 m -MThw), die Landflächen der Strominseln und die Vordeichsländer oberhalb der MThw bis zum Deichfuß zusammengefasst. Sie sind Standorte der Tideröhrichte, Tide-Auenwälder und der Feuchtgrünländer, deren besondere Bedeutung als Futter- und Brutlebensraum von Tieren und Rastplatz für viele Zugvögel zu sehen ist. Daneben stellen sie eine wichtige Funktion als Nährstoff- und Schadstoffquellen bzw. senken für die Elbe dar. Insgesamt ist im Zeitraum 1896/1905 bis 1992 rund 46% des Deichvorlandes verloren gegangen (s. Tabelle 15). Von einstmals 6000-9000 ha Tide-Röhrichten existieren derzeit nur noch etwa 1400 ha.

Etwa zwei Drittel des Deichvorlandes des im Rahmen der letzten Fahrrinnenvertiefung examinierten Untersuchungsgebietes unterliegen der landwirtschaftlichen Nutzung. Davon wiederum werden über 60 % als Weidegrünland im Verhältnis 2:1 Deichrasen: Salzwiesen bewirtschaftet. Rund 40 % des gesamten Untersuchungsgebietes gelten als besonders geschützte Biotope, wobei 85 % dieser Flächen von vegetationslosem Watt gebildet werden. Der Anteil der Fläche besonders schützenswerter Biotope an der Gesamtfläche der terrestrischen Biotypen liegt mit ca. 30 % immerhin noch erstaunlich hoch (PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1997).

Unterhalb der MThw-Linie siedeln Strandbinsen-Röhricht, Röhrichte des Schmalblättrigen Rohrkolbens, Dotterblumen-Schilf-Röhricht und das gewöhnlich darüber liegende Rohrglanzgras-Röhricht. Auf Höhe des MThw finden sich Bestände der Sumpfdotterblume und des Kriechenden Hahnenfußes. Oberhalb des MThw wachsen niedrig und höher gelegene Auenwald-

Bestände. Aufgrund der landwirtschaftlichen und sonstigen anthropogenen Nutzung der Vorländer ist diese Vegetationszonierung entlang der Unterelbe nur selten vollständig vorhanden. Während Tide-Röhrichte und Hochstaudenfluren noch relativ flächig auftreten, sind Weichholzaunenwälder nur noch punktuell anzutreffen (NSG Heuckenlock, NSG Neßsand).

In den Schutzgebieten Eschschallen, Haseldorfer Binnenelbe, Rhinplatte, Neßsand, Nordkehdingen, Allwörder Außendeich, Pagensand und im Mündungstrichter der Ilmenau und Lühe finden sich heute noch relativ ungestörte Röhrichtbestände, die z.B. Wachtelkönig, Rohrweihe, Schilf- und Drosselrohrsänger sowie Blaukehlchen, Rohrschwirl und Bartmeise Brut- und Lebensraum bieten (s. auch Kapitel 6.3.6 und 6.3.7). Limikolen wie Kampfläufer, Alpenstrandläufer und Kiebitz und andere Vogelarten wie die Charakterart Weißstorch bevorzugen die extensiv genutzten Grünländer. Der größte zusammenhängende Komplex national bedeutsamer Vogelbrutgebiete erstreckt sich in der Nordkehdingen Außendeichsmarsch von Wischhafen bis zur Ostemündung.

Für eine Vielzahl von Enten- und Gänsevögeln (Eiderente, Brandgans, Ringelgans, Löffelente, Nonnengans, Pfeifente, Spießente) stellen das Hamburger Wattenmeer, die Unterelbe zwischen Barnkrug und Otterndorf, sowie die Haseldorfer Marsch und der Kaiser-Wilhelm-Koog bis Trischendamms Durchzugs-, Überwinterungs- und Rastgebiete dar.

Die unter Schutzstellung großer Vordeichsflächen zeigt, wie überaus wichtig und wertvoll diese Bereiche für Brut- und Rastvögel sind (s. Kapitel 6.2.2).

### **Gesamtgebiet**

Die Tideelbe und Tideweser und deren angrenzende Vordeichsländereien haben in den letzten 100-200 Jahren durch Verbau, Begradigung, Aufschüttung, Kanalisation und Eindeichung gravierende Veränderungen erfahren.

Als Folge davon laufen die Gezeiten heute deutlich höher in den Hansestädten Bremen und Hamburg auf als noch um 1900 herum. Aufgrund des kleineren Verhältnisses von Gewässerbreite zu Gewässertiefe haben sich die hydrologischen Veränderungen an der Weser mit einem Anstieg des Tidehubs um nahezu 4 m deutlicher ausgeprägt als an der Elbe. Daraus resultierend ist

der umfangreichste Rückgang an Flachwasserbereichen entlang der Unterweser (2.556 ha) zu verzeichnen (Claus 1998). Demgegenüber musste die ursprünglich als Binnendelta gestaltete Elbe den größten Verlust an Überschwemmungsgebieten (13.527 ha) hinnehmen. Trotz der rückläufigen Nährstoffbefruchtung beider Ströme ist die Belastung mit Stickstoff immer noch als deutlich überhöht anzusehen. Im Hamburger Raum ist nach wie vor regelmäßig mit dem im Sommer auftretenden sogenannten Sauerstoffloch zu rechnen, dass vielen Fischen jährlich zum Verhängnis wird (s. Kapitel 6.3.3).

Durch die zunehmende Verkürzung der Deichlinie sind natürliche ästuartypische Lebensräume nur noch in Restbeständen vertreten. Besonders die Überschwemmungsgebiete, Flachwasserzonen, Süßwasserwatten und Röhrichtflächen kommen mittlerweile an der Unterweser deutlich seltener vor als an dem insgesamt großflächigeren Lebensraum Unterelbe. Mit dem Verlust dieser dynamischen Biotope sind sowohl die Pflanzengesellschaften als auch die darauf angewiesene Fauna betroffen.

Durch den Flächenverlust und die Umnutzung von Überschwemmungsgebieten und landwirtschaftlicher Nutzfläche sind 41 Brutvogelarten von etwa 70 in ihrem Vorkommen gefährdet bzw. sind unter den Schutz der Roten Liste gestellt worden. 28 Brutvogelarten treten nur noch in Restbeständen auf (Claus 1998). Von der Intensivierung der Landwirtschaft sind in hohem Maße die Wiesenvögel betroffen, die zunehmend in die Außendeichsbereiche ausweichen müssen. Auch die Hälfte der limnischen und euryhalinen ästuartypischen Ichthyofauna ist als gefährdet einzustufen. Ebenso hat sich die limnische und brackige Invertebraten-Lebensgemeinschaft deutlich reduziert.

Die Situation der Außenelbe ist ebenfalls mit der der Außenweser vergleichbar, vergleiche dazu Kap. 5.5. Insgesamt sind Unterelbe und Unterweser in ihrem aktuellen Zustand gegenüber ihrer ursprünglichen Ausprägung als verarmt in ihrem Arteninventar, ihren Populationsdichten, ihrem Struktureichtum und in ihren Funktionen im Naturhaushalt zu beschreiben (SCHIRMER 1994, KAUSCH 1996b). Wie die URE Unterelbe und Unterweser zeigen (s. Kap. 4.3 & 6.3), sind jedoch trotz der zunehmenden Verarmung der morphodynamischen Strukturen eine Vielzahl rückläufiger

oder bedrohter Pflanzen- und Tierarten in den beiden Ästuaren beheimatet, die Verantwortung genug sein sollten für den Schutz und die weitergehende Renaturierung sowie nachhaltige Nutzung dieser Lebensräume.

## 6.3 Umweltrisikoeinschätzung

### 6.3.1 Hydrologie

#### *Ist-Zustand und Raumbedeutung*

Um ausbaubedingte Folgewirkungen auf die hydrologischen Gegebenheiten der Elbe darstellen und bewerten zu können, wurden seit 1994 von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) weiterentwickelte und ergänzte hydronumerische Verfahren angewandt. Unter Einbeziehung verschiedenster physikalischer Parameter können diese zweidimensionalen hochauflösenden Tide-Modelle Prognosen hinsichtlich veränderter Wasserstands- und Strömungskenngrößen, Salzgehalte und Geschiebetransport erstellen, auf die in dieser Studie zurückgegriffen werden.

Die hydrologische Situation der Elbe wird maßgeblich geprägt durch die Tidedynamik. Im Folgenden werden die physikalischen Kenngrößen Oberwasserzufluss, Tidewasserstände, Strömungsverhältnisse und Salzgehalt beschrieben.

Der Oberwasserzufluss variiert in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen, Oberflächenabfluss und Retentionsräumen im Einzugsgebiet der Elbe. Nach der Schneeschmelze in den Mittelgebirgen erreicht die Elbe im Frühjahr (März, April) maximale Abflüsse, denen im Sommer und Herbst (August, September) ausgedehnte Niedrigwasserperioden folgen. Der am Pegel Neu Darchau (km 536,4 (A)) gemessene Oberwasserabfluss beträgt im langjährigen Mittel  $706 \text{ m}^3/\text{s}$ . Das höchste Hochwasser (HHQ) wurde dort am 25.03.1888 mit  $4400 \text{ m}^3/\text{s}$  gemessen, das niedrigste Niedrigwasser (NNQ) mit  $128 \text{ m}^3/\text{s}$  am 02.09.1904.

In der Vergangenheit wurde durch Stauhaltung, Eindeichung der Überschwemmungsgebiete und Wasserentnahme an Ober- und Mittelelbe massiv in das natürliche Abflussverhalten eingegriffen.

Die Tidewasserstände spiegeln die ausbaubedingten Veränderungen bezüglich der Hydrologie am prägnantesten wider. Vor Beginn der Industrialisierung und der dann einsetzenden Elbevertiefungen in großem Maßstab betrug der Tidehub am Pegel St. Pauli etwa  $1,50\text{--}1,80 \text{ m}$  (BERGEMANN 1995, KAUSCH 1996 a).

Natürlicherweise wird die von der Nordsee in die Elbe einschwingende Gezeitenwelle durch Reibungseinflüsse, Teilreflexionen sowie die Schwingungscharakteristik der Seitengewässer und –arme beeinflusst. Durch mehrere Fahrrinnenvertiefungen und Querschnittserweiterungen ist die Hauptrinne hydraulisch „glatter“ und damit leistungsfähiger geworden, d.h. die Tide- welle verliert durch die geringere Bodenreibung (größeres Wasservolumen im Verhältnis zur Gewässersohle) weniger Energie und schwingt dadurch weiter in das innere Ästuar ein. Diese Schwingungsverstärkung drückt sich in der Zunahme des Tidehubs aus. Dabei ist ein gegenüber dem Hochwasseranstieg deutlich stärker ausgeprägter Absink des MTnw festzustellen. Dieser Mechanismus kann zwar durch den Oberwasserzufluss gedämpft, jedoch nicht aufgehoben werden. Derzeit ist am Pegel St. Pauli ein Tidehub von etwa  $3,60 \text{ m}$  zu beobachten, ein Anstieg um etwa  $2 \text{ m}$  in den vergangenen 150 Jahren. Abbildung 4 stellt anschaulich die Entwicklung des Tidehubs in den letzten 100 Jahren dar. Während sich die Tide-Amplitude der Unterelbe bis Glückstadt auf nahezu gleichbleibendem Niveau bewegt, ist für die weiter flussauf liegenden Pegel eine deutliche Zunahme des Tidehubs um  $160 \text{ cm}$  bei St. Pauli und sogar um  $200 \text{ cm}$  am Pegel Zollenspieker zu beobachten.

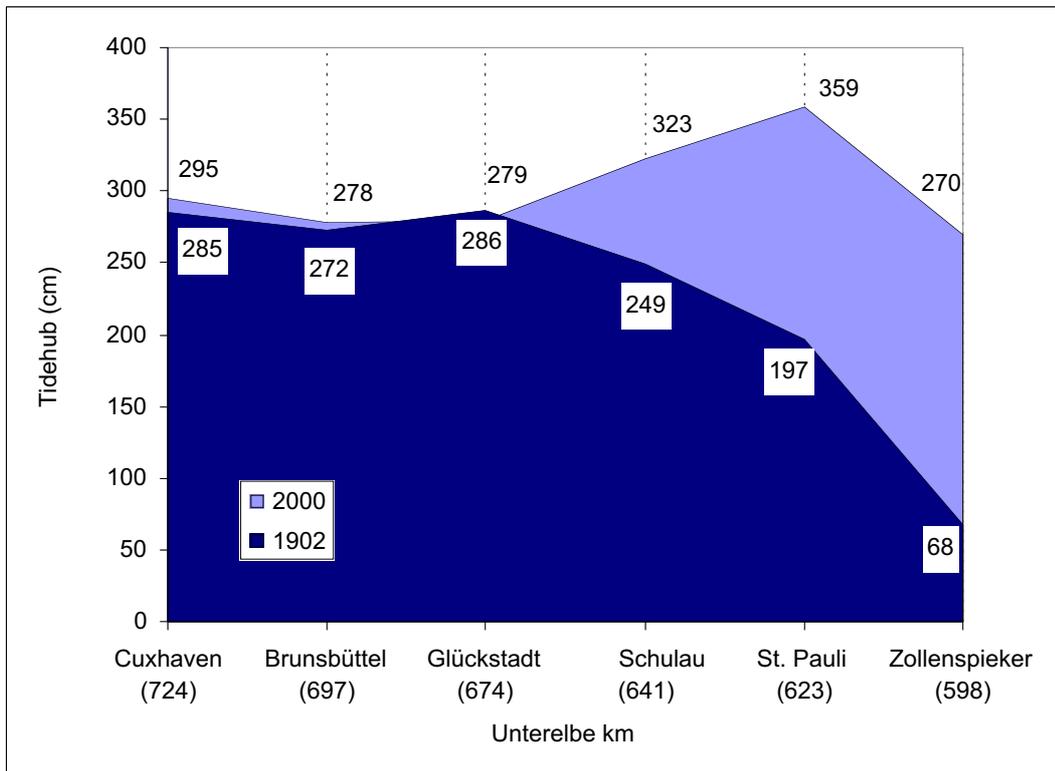


Abb. 4: Entwicklung des Tidehubs in der Unterelbe im Zeitraum 1902-2000

Aus dem oben gesagten resultieren größere Tidewasservolumina und höhere Durchflussmengen sowie Verschiebungen der Tidelaufzeiten, Hoch- und Niedrigwassereintrittszeiten als auch der Strömungskenterungen. „Diese ausbaubedingten Veränderungen der Tidedynamik treten nicht nur örtlich im Bereich der Ausbaustrecke auf, sondern beeinflussen mit unterschiedlicher Intensität den gesamten Tidebereich der Unter- und Außenelbe“ (BAW 1996).

Zusätzlich scheinen diese hydrologischen Effekte durch den Anstieg des Meeresspiegels verstärkt zu werden, so dass zukünftig noch weitreichendere Folgen zu erwarten sind (SCHIRMER & SCHUCHARDT 1993).

Die Lage der Brackwasserzone variiert in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluss, Windverhältnissen und der einschwingenden Tide. Entsprechend des Tidewegs wird sie zweimal täglich um 15-20 km stromauf und stromab bewegt. Bei niedrigen Abflüssen ( $< 400 \text{ m}_3/\text{s}$ ) liegt die obere Grenze der Brackwasserzone bei km 645, während sie sich bei hohen Oberwasserzuflüssen ( $> 1000 \text{ m}_3/\text{s}$ ) um 45 km seewärts verschiebt (BERGEMANN 1995). Als Reaktion auf die veränderten ausbaubedingten hydrologischen Verhältnisse hat sich

die Brackwasserzone in den letzten Jahrzehnten etwa 5-20 km in den limnischen Lebensraum hinein verlagert. Die Laufzeiten verhalten sich in der Tideelbe in Abhängigkeit von der Tiderhythmik. Während ein Sedimentteilchen in der Mittel- und Außenelbe bei niedrigen Abflüssen einen definierten Weg in maximal 2,5 Tagen zurücklegt, benötigt es in der Unterelbe zwischen 4 ( $Q = 3000 \text{ m}_3/\text{s}$ ) bis zu 70 Tagen ( $Q = 150 \text{ m}_3/\text{s}$ ). Die höchsten Schwebstoffkonzentrationen werden in der Brackwasserzone in Höhe von Brunsbüttel dokumentiert.

Die derzeitige hydrologische Situation der Unter- und Außenelbe ist von einem natürlichen Zustand weit entfernt. Während die bisherigen Ausbaumaßnahmen im sich aufweitenden Mündungstrichter vergleichsweise geringe Störungen verursachen, sind die Beeinträchtigungen von Stade flussauf bis im besonders betroffenen Hamburgischen Stromspaltungsgebiet eminent, so dass die Raumbedeutung für das Schutzgut Hydrologie als gering (B) einzustufen ist.

**Belastungen durch das Projekt, Risikoeinschätzung**

Grundsätzlich bewirkt jeder Eingriff in die Topographie und Morphologie eines Gewässers Veränderungen bezüglich der hydrologischen Verhältnisse. Fahrrinnenvertiefungen und die häufig damit einhergehenden baulichen Veränderungen am Gewässer wie Kanalisation, Begradigung und Querschnittserweiterung bewirken letztlich eine Erhöhung der Durchflussvolumina und –geschwindigkeiten. Die Glättung der Gewässer-  
sohle vermindert die Reibung, so dass der Energieverlust der einlaufenden Tidewelle geringer wird. Daraus resultiert eine Verstärkung der Tideamplitude, d.h. ein Anstieg des Thw und ein Absinken des Tnw. Von der BAW wurden im Rahmen einer Potentialuntersuchung (BAW 2001) mögliche Auswirkungen einer weiteren Elbevertiefung um 1 m abgeschätzt. Demnach wäre von einem Anstieg des Thw beginnend ab Brunsbüttel um rund 3 cm bis zum Wehr Geesthacht auszugehen. Für das Tnw wurde beginnend ab Cuxhaven ein Absin-

ken um etwa 5 cm im Bereich St. Pauli prognostiziert. Die ausbaubedingten Änderungen des Tidehubs würden somit in der gleichen Größenordnung liegen wie bei der vorangegangenen Maßnahme ( $\Delta$  Thb 7-11 cm). Das Ökosystem Elbe hätte folglich bei Umsetzung einer weiteren Vertiefung in einem Zeitraum von weniger als 10 Jahren einen Tidehub-Anstieg um bis zu 19 cm (basierend auf den BAW-Modellierungen) zu verkraften. Dies stimmt im Übrigen sehr gut mit der vom Dänischen Hydrologischen Institut 1991 für die Variante 7 erstellten Prognose überein (s. Tabelle 11), die aufgrund des neuerlichen Elbeausbaus wieder an Aktualität gewonnen hat. Damals wurde bei einer vollständigen Sohlabsenkung auf KN – 16,0 m eine Änderung des Tidehubs um bis zu 20 cm und eine Niedrigwasser-Absenkung um rund 14 cm im Hamburger Stadtgebiet berechnet.

Tabelle 11: Modellprognosen für die Varianten 6 und 7 (Thb-Erhöhung und Tnw-Absenkung), durchgeführt vom Dänischen Hydrologischen Institut (dhi) (eindimensionales Modell) und der Firma Hydromod (3-dimensionales Modell)

Elbe km	Variante	720-705	705-685	685-655	655-635	635-610	610-585
dhi							
$\Delta$ Thb	6	1 cm	1 cm	3 cm	4 cm	6 cm	3 cm
$\Delta$ Tnw	6	1 cm	1 cm	2 cm	2 cm	4 cm	2 cm
$\Delta$ Thb	7	3 cm	6 cm	13 cm	18 cm	20 cm	13 cm
$\Delta$ Tnw	7	2 cm	5 cm	8 cm	12 cm	14 cm	6 cm
Hydromod							
$\Delta$ Thb	4						
$\Delta$ Tnw	4	1,2 cm	1,4 cm	1,1 cm	1,1 cm	2,2 cm	1,1 cm

(verändert aus: WSD Nord & FHH 1991)

Um verschiedenen weiteren Aspekten (Stichwort Querschnittsveränderung) wie Vorrats- und Toleranzbaggerei, sowie absackendem Sediment, das durch Unterhaltungsbaggerei entfernt werden muss, Rechnung zu tragen, wurden den berechneten dhi-Daten Sicher-

heitszuschläge hinzugefügt. Daraus ergaben sich die in Tabelle 12 aufgeführten Werte, die als empfohlene Arbeitshypothese zu verstehen waren, jedoch im weiteren Verlauf der Planungen keinerlei Berücksichtigung fanden.

Tabelle 12: Empfohlene, vorläufige Arbeitshypothesen für die Varianten 6 und 7

Elbe km	Variante	720-705	705-685	685-655	655-635	635-610	610-585
Δ Thb	6	3 cm	3 cm	8 cm	12 cm	15 cm	8 cm
Δ Tnw	6	2 cm	2 cm	5 cm	8 cm	10 cm	5 cm
Δ Thb	7	6 cm	12 cm	26 cm	36 cm	40 cm	26 cm
Δ Tnw	7	4 cm	8 cm	16 cm	22 cm	24 cm	16 cm

(Thb-Erhöhung und Tnw-Absenkung). Multiplikation der in Tabelle 2 aufgeführten Änderungen mit dem Faktor 2,5 für die Variante 6 und dem Faktor 2 für die Variante 7. Die Absenkung des Niedrigwassers Δ Tnw ist mit jeweils 60 % der Änderung des Tidehubs angesetzt, entsprechend der Entwicklung der letzten 4 Jahrzehnte (verändert aus: WSD Nord & FHH 1991)

Auf Grundlage der modifizierten dhi-Modellberechnungen ergab sich eine Erhöhung des Tidehubs um 40 cm und einer Niedrigwasserabsenkung für den Hamburgischen Bereich von etwa 24 cm für die Variante 7. Die für Variante 6, welche in modifizierter Form umgesetzt wurde, ermittelten Wasserstandsänderungen liegen mit Δ Tnw 10 cm bzw. Δ Thb 15 cm etwas höher als die von der BAW (1996a) prognostizierten Änderungen (max. 7 cm bzw. max. 11 cm).

Im Rahmen der UVU zur vorangegangenen Elbvertiefung wurde bezüglich der derzeit diskutierten Variante 7 festgestellt:

„Eine durchgehende Vertiefung (Variante 7) ist demgegenüber aufgrund zu großer hydrologischer Folgen aus ökologischer Sicht als nicht vertretbar beurteilt worden. ... Die relativ ungünstige Beurteilung von Variante 7 erklärt sich dadurch, dass sich aus einer durchgehenden Vertiefung zwar die günstigsten Tiefgangsverhältnisse ergeben, der sich hieraus ergebende zusätzliche Nutzen jedoch durch die vergleichsweise hohen Investitionskosten wieder aufgezehrt wird“ (www.cux-wsd.de: das Projekt im Überblick, 1997).

Mit der geplanten Fahrrinnenvertiefung wird nochmals ein größeres Wasservolumen in der Hauptrinne akkumuliert, so dass dort höhere Strömungsgeschwindigkeiten (im cm/s-Bereich) zu erwarten sind. In den hydraulisch rauheren Seitenbereichen werden die Strömungsgeschwindigkeiten aufgrund der Konzentration auf die Fahrrinne abnehmen, können aber lokal durch die Verstärkung des Tidehubs auch zunehmen. Die BAW (1996) nahm beim letzten Elbausbau Durchflusserhöhungen von etwa 10.000-15.000 m<sup>3</sup>/m (1,6-2,5% des Ausgangsvolumens) im Bereich Cuxhaven an. Da sich die Laufzeit der Tidewelle mit zunehmender Wassertiefe verkürzt, kann auch für die geplante

Fahrrinnenvertiefung von einer weiteren Verkürzung für das Hochwasser im Minutenbereich ausgegangen werden (entsprechend für das Niedrigwasser mit einer Verlängerung um denselben Betrag).

In Korrelation zu der Intensität der anthropogenen Veränderungen liegen die am stärksten von den veränderten hydrologischen Gegebenheiten betroffenen Abschnitte auf Hamburgischem Gebiet. Mit abnehmendem Eingriff in die Gewässermorphologie verringern sich auch die hydrologischen Folgewirkungen, d.h. im Bereich Cuxhaven sind annähernd natürliche hydrologische Verhältnisse wahrzunehmen.

Prinzipiell setzen sich ausbaubedingte Änderungen der Tidewasserstände in die Nebengewässer bis zur überwiegend anthropogen gesetzten Tidegrenze fort (BAW 1996 a & b).

Mit dem vergrößerten Wasserkörper wird sich auch die Brackwasserzone weiter stromauf verlagern. Die geringen prognostizierten Salzgehaltserhöhungen (max. 0,1 ‰) im Zuge der letzten Vertiefung wurden auf die Sockellösung zurückgeführt, da die Absenkung der Sohle in dem Bereich um 0,8 m lediglich eine „geringe Erhöhung des dichteinduzierten Stromauftransports von salzhaltigem Wasser an der Sohle der tiefen Rinne“ bewirke (BAW 1996). Für Variante 7 wurde 1991 eine Verschiebung der Brackwasserzone um bis zu 5 km vorhergesagt. Bereits zu der Zeit wurde darauf hingewiesen, dass eine Versalzung des Ästuars ebenfalls eine geringere vertikale Durchmischung des Wasserkörpers mit sich bringt (WSD Nord & FHH 1991).

Ein weiterer Abtrag des Sockels, der im Rahmen der geplanten Vertiefung zu erwarten ist, würde daraus folgend eine weitergehende Durchmischung von Süß- und Salzwasser nach sich ziehen mit einer nochmaligen Verlagerung der Brackwasserzone flussauf.

Bereits 1991 wurde im Rahmen der Ökologischen Voruntersuchung zur letzten Elbevertiefung von Experten festgestellt, dass eine durchgehende Vertiefung der Unterelbe auf SKN -16 m aufgrund der negativen hydrologischen Auswirkungen auf das Ökosystem abzulehnen ist (WSD Nord & FHH, 1991). Da heute dieser damals diskutierte Ausbauschnitt mit der Vertiefung 1998-2000 zum Teil umgesetzt worden ist, werden die mit der Vollendung verbunden zukünftigen hydrologischen Auswirkungen entsprechend geringer sein. Allerdings müssen sie im zeitlichen und räumlichen Kontext betrachtet und bewertet werden. Vor dem Hintergrund der seit Anfang des 20. Jahrhunderts in großem Stile durchgeführten Vertiefungen und den daraus resultierenden Erhöhungen des Tidehubs stellt sich die hydrologische Situation der Elbe als nachhaltig manipuliert und hochgradig naturfern dar. Diese Ausgangsposition (Ist-Zustand) würde bei einer weiteren Vertiefung nochmals verschlechtert werden. Entsprechend den Ausführungen in Kap. 3 darf bei Ketteneingriffen mit gleichgerichteten Belastungseffekten die isolierte Betrachtung der Einzelprojekte nicht zu einer Geringschätzung der Belastung führen. Anderenfalls verliert das Verfahren der Umweltrisikoprüfung, seine Berechtigung, wenn die Ermittlung des Risikos und letztendlich des Kompensationsbedarfs ausschließlich von der Schrittlänge von Projekten mit dem gleichen Ziel abhängt.

Die Belastung für die Hydrologie der Unterelbe und ihrer Nebenflüsse muss daher aufgrund der hohen, durch gleiche Projekte hervorgerufenen Vorbelastung als hoch (III) eingestuft werden. Diese Einstufung wird u.a. dadurch gestützt, dass die Veränderungen hinsichtlich der Hydrologie auch weitreichende Auswirkungen auf die Strukturierung der Seitenbereiche, auf die Vegetationszonierung der Vorländer und strombauliche Maßnahmen nach sich ziehen. Aus geringer Raumbedeutung (B) und hohem Belastungsgrad (III) ergibt sich ein Umweltrisiko 3 (mittel).

### **6.3.2 Morphologie**

#### ***Ist-Zustand und Raumbedeutung***

Ursprünglich unterlag der Lebensraum Unterelbe einer intensiven Morphodynamik, die geprägt war durch die

Tidedynamik und das damit verbundene heterogene Strömungsgeschehen. Erosion und Sedimentation führten zu einer unregelmäßigen Uferlinie mit Uferabbrüchen und Materialanlandungen von Sänden und Watten. Stromspaltungen, Gewässerbettverlagerungen, Aufweitungen und Verengungen des Gewässerquerschnitts, Kolke, Bildung und Abschnürung von Nebenarmen, Rinnen und Prielen sowie Strömungsrippel am Gewässergrund waren gestalterischen Elemente. Diese vielfältige Strukturierung des Ästuars findet sich bis Anfang des 17. Jahrhunderts. Im Bereich Hamburgs stellt die Elbe ein sogenanntes Binnendelta dar, ein Stromspaltungsgebiet, in dem sich der Fluss früher im Gezeitenstau zwischen unzähligen Inseln und Sänden vielarmig aufspaltete. Die Elbe wurde beidseits eingefasst von fruchtbarem Marschland, das in Abhängigkeit von der Geestkante sehr schmal sein konnte, jedoch auch erhebliche Ausdehnungen erreichte. Mit der Nutzbarmachung der Elbe und der Überschwemmungsgebiete veränderte sich die naturraumtypische Prägung zunehmend. Im 9. Jh. wurden erste Hafenanlagen gebaut, denen im 11. Jh. erste Deiche folgten, die im 12./13. Jahrhundert zu einer geschlossenen Deichlinie vervollständigt wurden. Somit konnte das nun hinter dem Deich liegende fruchtbare Marschland entwässert und ackerbaulich genutzt werden. Die im eingeeengten Flussbett höher auflaufenden Tiden (und Sturmfluten) verursachten neben den natürlichen Versandungs- und Verlagerungstendenzen des Stromes auch Überflutungsschäden im Hinterland, so dass daraus folgend weitere strombauliche Maßnahmen ergriffen wurden, um das der Elbaue abgetrotzte Hinterland einerseits und die Fahrrinne andererseits langfristig zu sichern. Der zunächst an der Alster (Nikolaifleet) errichtete Hamburger Hafen wurde in der 2. Hälfte des 16. Jh. an die schmale Norderelbe verlegt. Auf Kosten der zahlreichen Stromläufe in den Vierlanden wurden Durchstiche zur Flussbegradigung vorgenommen, um die Wasserführung der Norderelbe gegenüber des eigentlichen Hauptstroms Süderelbe zu stärken. Nach 1850 expandierte der Hamburger Hafen über die Norderelbe hinaus in das Marschland des Stromspaltungsgebietes hinein, das durch flächenhafte Aufspülungen des ehemaligen Überschwemmungsgebietes heute nur noch rudimentär vorhanden ist.

Mit Einführung der Dampfbagger um 1850 waren die technischen Voraussetzungen für Elbevertiefungen in großem Maßstab gegeben. Ab 1859 erfolgte der erste Ausbau der Elbe von 1,7-2 m im Bereich Blankenese auf 5,3 m unter MTnw (KAUSCH 1996b). Mit der sich immer weiter entwickelnden Containerschifffahrt, mit höheren Ladungskapazitäten, jedoch auch größerem Tiefgang, sah sich die Freie Hansestadt Hamburg in die Pflicht genommen, durch weitere Ausbaumaßnahmen der Fahrrinne die Stadt als Weltwirtschafts- und Welt-handelsstandort zu sichern. Die ökologischen Belange der Elbe wurden dabei den ökonomischen Interessen selbstverständlich untergeordnet. Die sehr kostenintensive Unterhaltungsbagerei zur Aufrechterhaltung der abgesenkten Gewässersohle der stark sediment-befrachteten Elbe stand dabei jedoch nicht in der Kritik. Zusammenfassend ist festzustellen, dass an der Elbe seit der Hafenerweiterung südlich der Norderelbe und der ersten Elbvertiefung 1859 kontinuierlich, abgesehen von der kriegsbedingten Pause, gebaut, erweitert, gesichert und vertieft wurde. Jede einzelne Maßnahme

hat die Gewässermorphologie, die hydrologischen Verhältnisse, Wasserbeschaffenheit, Böden und Sedimente und die Biozönose beträchtlich beeinflusst und verändert.

Letzte umfangreiche Ausbau- und Sicherungsmaßnahmen wurden nach der Sturmflut 1962 ergriffen. Durch Bühnen- und Leitdammbau, Abdämmung der Nebel- ben und mit der Errichtung von Sturmflutsperrwerken wurden Deichvorländer gesichert, Strömungsverhält- nisse reguliert und eine Vielzahl von Nebengewässern der Tidedynamik entzogen. Tabelle 14 vermittelt eine Übersicht über die baulichen Maßnahmen an der Elbe vom 9. Jahrhundert an.

Tabelle 13: Übersicht über die bisherigen Baumaßnahmen an Unter- und Außenelbe

<b>Jahr</b>	<b>Baumaßnahme</b>
9. Jh.	erste Hafenanlagen
ab 11. Jh.	Entstehung erster Runddeiche
12./13. Jh.	Geschlossene Deichlinie um die Elbe
nach 1300	Abdämmung der Gose Elbe
1471	Abdämmung der Dove Elbe
15. Jh.	Erste Inseldurchstiche und Flussregulierungen (Norderelbe, Alster)
1616	Verwendung von Steinschüttungen bei Scheelenkuhlen, Brokdorf, Hollerwettern
1730	Leitdamm bei der Kugelbake in Cuxhaven
1859	Erster Elb-Ausbau auf 5,3 unter MTnw
1896/1887	Fahrwasservertiefung im Bereich Blankenese auf 6 m unter MTnw
1887-1910	Elbevertiefung im Bereich zwischen Altona und Brunshausen (Stadersand) auf 8 m unter MTnw bis zu 10 m unter MTnw
1906-1914	Festlegung und Aufspülung von Schweinesand, Hanskalbsand
1914-1920	Festlegung und Aufspülung von Lühesand
1922-1930	Festlegung und Aufspülung vom "Hungrigen Wolf"/Pagensand
1934-1936	Errichtung des Trischendamms
1936-1950	(mit Kriegsunterbrechung) Ausbau durchgängig auf 10 m unter MTnw
1951	Abtrennung der Gose- und Doveelbe durch Bau der Tatenberger Schleuse
1953-1959	Ausbau der Rhinplatte als Maßnahme des 10 m-Ausbaus der Elbe
1959	Inneres Estesperrwerk
1953-1960	Festlegung und Aufspülung von Pagensand

<b>Jahr</b>	<b>Baumaßnahme</b>
1960	Bau des Wehres Geesthacht
1957-1961(1962)	Fahrrinnenvertiefung auf 11 m unter MTnw
1962	Abdämmung der Alten Süderelbe im Bereich Finkenwerder zum Mühlenberger Loch
nach 1962	Eindeichung mehrerer Nebanelben: Borsteler Binnenelbe mit Hahnöfer Sand (1975), Bützflether Sand (1971), innerer Haseldorfer Binnenelbe (1978)
1967/1968	Verbindung der beiden Inseln Hanskalbsand und Neßsand durch einen ca. 1 m über MThw liegenden Spüldamm, dadurch Unterbindung des Durchflusses durch die Schladermundsche Allee (Leitwerkfunktion)
1967	Sturmflutsperrwerk an Este, Lühe, Freiburger Hafenpriel
1968	Sturmflutsperrwerk Oste
1964-1969	Vertiefung der Elbe auf 12 m unter MTnw
1966-1969	Sturmflutsperrwerk an Pinnau und Krückau
1964-1969 und 1975-1976	Ufervorspülung vom Störleiddamm bis zum Bütteler Hafenpriel
Mitte-Ende der 60er	Aufspülung umfangreicher Außendeichsländereien auf Bützflether Sand
1971	Sturmflutsperrwerk Schwinge
1970-1974	Ufervorspülung/Befestigung und Aufspülung einer Pionierinsel in der Lühsander Süderelbe
1973/1974	Entstehung eines Zweistromsystems aus Hauptelbe und Hahnöfer Nebanelbe
1971-1974	Spurmflutsperrwerk Ilmenau
1972-1975	Spurmflutsperrwerk Stör
1972-1977	Aufspülung der Wattfläche "Schwarztonnensand"
1978	Sturmflutsperrwerk Wedeler Au
1974-1978	13,5 m-Ausbau - MTnw und Aufspülungen: Hollerwettern-Scheelenkuhlen, Vorland Glückstadt, Fährmannssand, Hanskalbsand-Neßsand
1974-1977	Vordeichung von Wedel bis Scholenfleth/Haseldorf (Abtrennung der Haseldorfer Binnenelbe)
1975-1977	Vordeichung/Deicherhöhung Nordkehdingen von der Ostemündung bis Freiburg
1976-1978	Vordeichung/Deicherhöhung vom Asseler Sand und Krautsand
1978	Sturmflutsperrwerk Wischhafener Süderelbe & Siel am Ruthenstrom auf Krautsand
1978-1981	Aufspülung von Pagensand
1983-1985	Errichtung von Flügeldämmen zur Nebanelbe im Bereich Rhinplatte
1987-1989	Instandsetzung des Leitdammsystems Pagensand-Nord & neuer Leitdamm von Ende des Flügeldammes an der Nebanelbe bis zur Fahrwasserseite der Insel
-1992	Abgrabungen des Schwarztonnensandes (Verbesserung der Fahrwasserhältnisse)
1993	Fahrrinnenanpassung durch das Freiburger Watt an Fahrrentiefen des Fr. Hafenpriels
1991-2000	Fahrrinnenanpassung der Elbe mit Planung

(aus: PG ÖKOL. + UMWELT NORD ET AL. 1997, ARGE ELBE 1984, www.wsa-hamburg.de, www.rettet-die-elbe.de)

Durch die bisherigen baulichen Eingriffe wurde die Fahrrinne unmittelbar betroffen. Mit ständig wiederkehrenden Sedimententnahmen der Gewässersohle bedingt durch Vertiefungen und Unterhaltungsbaggerei, bleibt der Gewässergrund ein permanent gestörtes

Kompartiment, das über eine nur begrenzte Wiederbesiedlungsfähigkeit verfügt. Verklappungen und Aufspülungen des ausgehobenen Materials an anderer Stelle verändern die Gewässermorphologie in gleichem Maße. Die im Zuge der Ausbaumaßnahmen durchge-

fürten Querschnittsveränderungen durch Errichtung von Regelungsbauwerken verändert das Strömungs- und Sedimentationsverhalten. Darüber hinaus erfolgte ein Uferverbau in großem Stile durch Steinpackungen, Pflasterungen und Kaianlagen in Hafengebieten (zwischen 25-40 %), im Stadthamburgischen Bereich ist nahezu die gesamte Uferlinie künstlich befestigt. Diese schwerwiegenden baulichen Veränderungen des Gewässers mussten sich zwangsläufig auch auf die Tidedynamik auswirken. Veränderte Strömungsgeschwindigkeiten und daraus resultierend Erosion und Sedimentation wirken sowohl auf das Relief der Gewässersohle als auch im Flachwasser- und Wattbereich. Durch veränderte Wasserstände und Überflutungsdauern wird auch das terrestrische Deichvorland in Mitleidenschaft gezogen (s. Kapitel 6.3.1 und 6.3.4). Dort auftretende Erosion kann schlimmstenfalls die Standfestigkeit der mittlerweile dicht an die Ufer gezogenen Deiche beeinträchtigen.

Einige Zahlen sollen das Ausmaß an Verlusten naturraumtypischer Strukturen verdeutlichen. Im Zeitraum 1900-1981/82 sind die Flachwasserzonen von 2600 ha auf 2085 ha zurückgegangen, dies entspricht einem Rückgang von etwa 20 % (UVU Materialband Landschaft). Dieser Anteil dürfte sich nach der letzten Elbvertiefung 1999/2000 nochmals vergrößert haben. Insgesamt wurde die Deichlinie von 1200 Kilometer im Jahre 1962 auf 602 km bis 1979 verringert. Etwa 75 % der wertvollen Vordeichsländer wurden dabei dem Elberaum als potentielle Überflutungsräume bei Hochwasser und Sturmflut entzogen ([www.rettet-die-elbe.de](http://www.rettet-die-elbe.de)).

Nach Angaben der ARGE ELBE (1984) und der Ökologischen Voruntersuchung (1991) haben Vordeichsländer von 1896/1905-1981/82 durch Eindeichung und Anstieg des MThw um 66 % abgenommen, 48 % der schleswig-holsteinischen Flächen waren davon betroffen, 74 % der niedersächsischen Areale. Als Vergleich sind nachstehend die in der im Rahmen der letzten Elbvertiefung erstellen UVU (1997) zugrunde gelegten Flächenzu- und abnahmen der einzelnen Strukturelemente im Zeitraum 1896/1905 bis 1992 aufgelistet (Tabelle 15). Die von den oben genannten Daten teilweise deutlich divergierenden Flächen- und Prozentangaben sind auf unterschiedliche Betrachtungsebenen und -gebiete zurückzuführen.

Für die Unterelbe bis Cuxhaven wurde eine Flächenzunahme der Tiefwasserbereiche -10 m MTnw um über 100 % festgestellt. Dies bestätigt nochmals die stark anthropogene Überformung des Fließgewässers schwerpunktmäßig im limnischen und brackigen Abschnitt. Der Verlust an Wattflächen bleibt gering, da einerseits neue Flächen durch Sedimentation und Niedrigwasser-Absenk entstanden, andererseits um 1900 weite Bereiche des Stromspaltungsgebietes strombaulich bereits verändert waren und somit nicht einbezogen wurden. Aus dem gleichen Grunde fällt die Abnahme der Flachwasserbereiche zu gering aus.

Insgesamt ist im Untersuchungsgebiet die Gesamtwasserfläche - den Bereich Bunthaus bis Nienstedten nicht miteinbezogen - um bis zu 10 % zurückgegangen (UVU 1997).

Tabelle 14: Zeitliche flächenbezogene Entwicklung der morphologischen Strukturelemente im Untersuchungsgebiet Unter- und Außenelbe

[ha]	1896/1905	1992	Veränderung
Vordeichsland (> MThw)	16653	9112	- 46% <sup>1</sup>
Wattfläche (MThw - MTnw)	34255	32961	- 4% <sup>2</sup>
Flachwasser (MTnw - 2 m)	11601	8552	- 26% <sup>2</sup>
Tiefwasser (10m-MTnw)	7000	11126	+ 60% <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ohne Abschnitt II (Hamburger Stadtgebiet bis Nienstedten), ohne sturmflutgesicherte Nebengewässerflächen

<sup>2</sup> Ohne Abschnitt I & II (Geesthacht bis Nienstedten) (PG Ökologie + Umwelt Nord 1997)

Für die Außenelbe (ab km 727,7) ergeben sich aufgrund der Aufweitung des Ästuars und der ohnehin deutlich tieferen Elbe mit natürlichen Übertiefen von bis zu 35 m unter NN im Bereich Cuxhaven beispielsweise, weniger gravierende Flächenverluste als für die Unterelbe. Immerhin verringerte sich der Anteil an Flachwasserzonen auch hier um 15 % im genannten Zeitraum.

Neben dem Flächenverlust ist die zunehmende Sand- bzw. Schlickablagerung außerordentlich problematisch. Die besonders in Flachwasserbereichen und Seitengewässern sowie Hafeneinfahrten zu beobachtenden Verschlickungen sind auf die ausbaubedingten verringerten Strömungsgeschwindigkeiten zurückzuführen. So klagen kleine Häfen von Freiburg bis Buxtehude

über eine Zunahme der Verschlickung der Häfen und der Nebenflüsse nach der Elbvertiefung 1999 (www.abendblatt.de, 08.10.2002).

Dem national und international unter Schutz gestellten Mühlenberger Loch, das mittlerweile zu einem großen Teil aus Wattflächen besteht, droht bereits seit den 70er Jahren durch Verschlickung einerseits und Niedrigwasserabsenkung andererseits ein Verlust an hochproduktiven Flachwasserzonen (SCHIRMER 1996). Diese zunehmende Verlandung konnte nach Angaben der BAW im Zuge des vorangegangenen Elbausbaus deutlich abgebremst werden. Demgegenüber steht die 2002 durchgeführte Teilverfüllung des Areals im Rahmen der Airbus-Erweiterung. Inwieweit der verbliebene Rest dieses einstmals vielfältigen, überaus wertvollen Lebensraums die ökologischen Funktionen überhaupt weiterhin erfüllen kann, ist zum jetzigen Zeitpunkt keinesfalls abschätzbar.

Gleichzeitig nimmt die Räumkraft der fließenden Welle im Hauptstrom bedingt durch die höhere Fließgeschwindigkeit durch Bündelung und Kanalisierung des Flusses stark zu. Die von Ingenieuren als morphologischer Nachlauf bezeichnete Tiefenerosion vertieft die Gewässersohle neben dem direkten anthropogenen Eingriff nochmals um mehrere Dezimeter (WSD Nord & FHH 1991).

Die umfangreichen Maßnahmen, zu denen auch das Abdämmen von Nebenelben sowie die Anlage von Uferbefestigungen gehören, haben im Landschaftsraum Tideelbe zu einer deutlichen Verringerung der tidebeeinflussten Priel- und Marschgräben sowie der Vordeichsländer, der Flachwasserzonen und der Nebengewässer geführt. Die natürliche Dynamik der Ufer (Erosion, Abbruchkanten) wurde auf großen Strecken eingeschränkt bzw. unterbunden. Gleichzeitig hat sich der Anteil an Tiefwasserbereichen 10 m –MTnw deutlich erhöht. Mit den veränderten Strömungsgeschwindigkeiten ging ein verändertes Sedimentationsverhalten einher. Während die Fahrrinne weitgehend hydraulisch ausgeräumt ist, werden in Flachwasser- und Seitenbereichen Verlandungstendenzen sichtbar.

Andererseits unterstreicht die Unterschutzstellung zahlreicher Gebiete entlang der Unter- und Außenelbe die Bedeutung dieses für Pflanzen- und Tiergemeinschaften

so überaus wertvollen Lebensraums (s. Tabelle 11; Kapitel 6.3.6 & 6.3.7).

Die Inhomogenität des betrachteten Gebietes erschwert die Bewertung der Raumbedeutung. Während die obere Tideelbe anthropogen weitgehend verändert ist und kaum noch zusammenhängende, großflächige naturraumtypische Strukturen aufweist, verbessert sich die morphologische Situation der seewärtigen Unter- und Außenelbe wie die Ausweisung von Schutzgebieten eindrucksvoll belegt.

Für die Außenelbe, deren Flächen großenteils als Biosphärenreservat unter Schutz gestellt wurden, ist aufgrund ihres naturnahen Ist-Zustandes sicherlich die Raumbedeutung D angemessen. Ausgehend von der Schwere der bisherigen Eingriffe und dem abschnittsweise naturfernen Zustand des Unterelberaumes erscheint trotz der zahlreichen Schutzgebiete nur eine mittlere Raumbedeutung C für das Schutzgut Morphologie möglich.

#### ***Belastungen durch das Projekt, Risikoeinschätzung***

Der morphologische Ist-Zustand der Unter- und Außenelbe ist Folge der massiven Eingriffe in den Naturraum Tideelbe in den vergangenen zwei Jahrhunderten. Mit dem nun geplanten nochmaligen Ausbau der Elbe ist eine weitere Entfremdung vom natürlichen Zustand unvermeidbar, die Negativ-Entwicklung wird damit vielmehr fortgeschrieben.

Besonderes Augenmerk muss bei einer weiteren Elbvertiefung auf den morphologischen Nachlauf gelegt werden, der vorrangig in der Fahrrinne stattfindet. Dieser bis zum dynamischen Gleichgewicht ablaufende Prozess zeichnet sich durch Erosion der im Bereich der Sollsohle befindlichen Sedimente und nachfolgender Sedimentation in Übertiefen aus. Dabei kann die erodierende Sollsohle nochmals um bis zu 2 m vertieft werden. Im Rahmen der 1997 erstellten UVU wurden Bedenken vor einer weitergehenden Vertiefung über die Sollsohle des Sockels hinaus geäußert. „Bei einer strikten Einhaltung der geplanten Sollbaggertiefen (einschließlich Baggertoleranz) werden sich in diesem Bereich nach Abklingen des morphologischen Nachlaufs langfristig stabile Verhältnisse einstellen. Bei Überschreitung der geplanten Sollbaggertiefen ist hingegen mit einer stärkeren Sohlerosion im Sockelbereich zu rechnen, die über den im hydromechanischen Modell

der BAW-AK berücksichtigten Umfang des morphologischen Nachlaufs hinausgeht. Eine stärkere erosionsbedingte Vertiefung des Sockelbereichs könnte wiederum Veränderungen der Tideparameter nach sich ziehen, die über die unter Zugrundelegung der geplanten Solltiefen prognostizierten Veränderungen hinausgehen“ (PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1997). Mit anderen Worten, der aktuell geplante Abtrag des Sockels führt zu einer unter Umständen weitreichenden Veränderung der derzeitigen bereits stark überformten hydrologischen Verhältnisse. „Ausdrücklich ist darauf hinzuweisen, daß im Bereich der Sockelstrecke bei der Vertiefungs-baggerung und bei Unterhaltungsbaggerungen keine "Vorratsbaggerei" und keine Sandentnahmen durchgeführt werden dürfen. Eine strikte Einhaltung der Sollbaggertiefen muß sichergestellt werden, um zu vermeiden, daß geologisch feste und damit weitgehend erosionsstabile Bereiche in der Sockelstrecke, nicht durch zu tiefe Baggerungen (z. B. durch das Vorratsmaß und eine zu große Baggertoleranz) aufgelockert werden. Eine Auflockerung würde in diesen Bereichen die lokale Sohlerosion fördern“ (PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1997).

Darüber hinaus werden die sohlstabilisierend wirkenden Riffeln, die eine Länge von bis zu 100 m und eine Höhe von maximal 4 m erreichen können, geglättet. Die Monotonisierung der Uferstrukturen wird vermutlich fortschreiten. Die nach vorangegangenen Vertiefungen gewonnenen Erfahrungen haben gezeigt, dass zusätzliche Uferabsicherungen oder Verstärkungen der Deckwerke nach dem Eingriff notwendig waren. Diese Tendenz würde besonders die noch nicht verbauten, naturnahen Uferabschnitte betreffen und in erheblichem und nachhaltigem Maße beeinträchtigen.

Im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke ist als Folge der Ausbaubaggerungen von einem Anschnitt bindigen Geschiebemergels im Böschungsbereich auszugehen und somit der langfristigen Änderung des Sedimenttyps, der besonders auf die Artenzusammensetzung des Zoobenthos wirken würde.

Darüber hinaus ist von Erosions- und Sedimentationserscheinungen in den Seitenbereichen auszugehen. Die Schädigung der ufernahen Vegetation durch verstärkten Wellenschlag führt zu einer Erhöhung der Erosionsgefahr der Deichvorländer und Elbinseln. Andererseits werden die bisher beobachteten Verlandungstendenzen

anhalten, d.h. ein weiterer Verlust an für die Reproduktion wertvollen Flachwasserzonen.

Der durch die Ausbaumaßnahme entstehende Schaden hinsichtlich der Elbe-Morphologie muss im Kontext der Auswirkungen auf andere Schutzgüter wie die Hydrologie und deren Reaktion auf eine nochmalige Absenkung des Sockels betrachtet werden. In Anbetracht des Ist-Zustandes als Resultat einer Reihe gleichartiger Vorhaben erfordert die vorhabensbedingte Beeinträchtigung der Unterelbe die höchste Belastungsstufe III. Aus der Raumbedeutung C und dem Belastungsgrad III ergibt sich ein Umweltrisiko 4 (hoch).

Ein Ausgleich der bedingt durch ständige Unterhaltungsbaggerei kontinuierlich gestörten Tiefwasserbereiche erscheint insgesamt nicht möglich. Dem weitergehenden Rückgang der Flachwasserbereiche und Vordeichsländereien ist durch Neuschaffung von Ersatzflächen und Überschwemmungsgebieten zu begegnen.

### 6.3.3 Gewässergüte und Stoffhaushalt

#### *Ist-Zustand und Raumbedeutung*

Die Wassergüte und der Stoffhaushalt werden im Wesentlichen vom Zufluss des eutrophierten Oberwassers und den damit eingebrachten gelösten und partikulär gebundenen Stoffen, den in die Tideelbe einmündenden Nebengewässern und vom in das Ästuar einfließenden Meerwasser bestimmt. Zusätzliche Belastungen stellen die Nährstoff-, Schadstoff- und Wärme-Einleitungen von kommunalen Klärwerken, Industriebetrieben, Kraftwerken und diffusen Ursprungs (Landwirtschaft, Erosion, Niederschläge) dar. Die Elbe erreicht bei hohen Abflüssen die Staustufe Geesthacht bereits mit einer ansehnlichen stofflichen Vorbelastung, resultierend aus den resuspendierten stark belasteten mittel-elektischen Sedimenten. Demgegenüber wirken sich die in der unteren Tideelbe durch Tidedynamik katalysierten Vermischungsprozesse mit geringer belastetem Nordseewasser positiv auf die Gewässergüte aus.

Ästuarie besitzen im Allgemeinen ein hohes Potential an Filterwirkung für Nährstoffe. Dabei sind für die Nährstoffumsätze (Sedimentation, Festlegung, Abbau) die Flachwasserbereiche und Watten von entscheidender Bedeutung, in hohem Maße für den Stickstoff-Haushalt. Darüber hinaus werden Nährstoffe von den

die Vordeichsländer besiedelnden Röhrichten festgelegt und abgebaut und somit der fließenden Welle entzogen. Da diese Flächen weiträumig fehlen, zeigt das Elbe-Ästuar im Vergleich mit anderen Ästuaren keine erkennbare Nährstoffrückhaltefunktion mehr (WSD Nord & FHH 1991).

Die Gewässergüte der Unterelbe ist aktuell als mäßig bis kritisch belastet zu beschreiben (II-III). Die fortschreitende Sanierung der Hamburger Abwasserbehandlung hat zu einer Verbesserung der Gesamtsituation besonders im Stadtgebiet geführt. Nach wie vor ist die Belastung der Sedimente mit Cd, Ni, Pb, Zn, Hg und Cu als stark erhöht zu bezeichnen. Bis auf Luhe und Schwinne, denen die Gewässergüte II-III zugeordnet wurde, weisen alle übrigen auf niedersächsischer Seite liegenden Nebengewässer eine nur mäßige Belastung (II) auf (ARGE ELBE 2000, NLÖ 2001).

Die Elbe wurde nahezu jahrzehntelang als Abwasserkanal und Vorfluter missbraucht. Die Salzgehalte oberhalb der Brackwasserzone lagen mit über 600 mg/l Cl<sup>-</sup> bedingt durch die Brauchwassereinleitungen der Kaliindustrie derartig hoch, dass im limnischen Lebensraum salztolerante Organismen gesichtet wurden (KAUSCH 1996a). Das Flusswasser war mit einem Cocktail verschiedenster Stoffe von Chlorid über organische Substanzen bis hin zu toxischen anorganischen Chemikalien (Schwermetalle, Pestizide, Kohlenwasserstoffe) insbesondere in den Mittelelbe-Gebieten der damaligen DDR beladen worden, in denen erst nach der Wiedervereinigung Abwasserreinigungs- und Filtersysteme installiert wurden. Dies gipfelte in einem Verkaufs- und Verzehrverbot für Elbefische, so dass die Fischerei letztendlich vollständig zusammenbrach und auch das Trinkwasser kaum noch zu genießen war (KAUSCH 1996a).

Erst nach der Wiedervereinigung 1991 entspannte sich die prekäre Situation der Elbe langsam. Seit Anfang der 90er Jahre war für die meisten Schadstoffe ein deutlicher Rückgang festzustellen, der sich seit Mitte der 90er Jahre nur noch in kleinen Schritten fortsetzt (ARGE ELBE 2000).

Die Sauerstoff-Situation eines Gewässers stellt neben dem Nährstoffangebot (N, P, C, Si) eine wesentliche Voraussetzung weiteren Leben dar. Gesteuert wird dieser Prozess durch den biogenen (photosynthetischen) und atmosphärischen O<sub>2</sub>-Eintrag, der mit stei-

gendem Wasservolumen im Verhältnis zur Wasseroberfläche abnimmt. Zu den sauerstoffzehrenden Prozessen werden die bakteriell (belebte und unbelebte) induzierte Oxidation anorganischer und organischer Wasserinhaltsstoffe und Sedimente sowie die Atmung der im Wasser lebenden Pflanzen und Tiere gerechnet (ARGE ELBE 1984). In der Tideelbe sind die Sauerstoffgehalte weniger von der Temperatur als vielmehr von biologischen Stoffwechselprozessen abhängig (PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1997).

Die sommerliche Biomasse-Hauptentwicklung des Phytoplanktons findet unterhalb Hamburgs statt und nimmt infolge der Lichtlimitierung durch die Trübungswolke weiter unterhalb deutlich ab. Dies führt dazu, dass das Elbe-Ästuar trotz gutem Nährstoffangebot wenig produktiv ist. Die trophogene Zone ist dabei auf die oberen 1-2 m beschränkt, in der Trübungswolke sogar nur auf die oberen 50 cm.

Ab April kommt es in der Unterelbe regelmäßig zum Aufbau eines stabilen etwa 20 km langen sommerlichen Sauerstoff-Lochs, das ausgehend von der oberen Brackwasserzone Richtung Hamburg zieht (WSD NORD & FHH 1991). Erst im Juni 2000 musste aufgrund der Unterschreitung des fischkritischen Sauerstoffgehaltes von 3-4 mg/l zwischen St. Pauli und dem Mühlenberger Loch ein massives Fischsterben hingenommen werden, das besonders junge Stinte traf (ARGE ELBE 2000). Verantwortlich dafür ist der O<sub>2</sub>-zehrende Abbau der Phytoplanktonblüten, deren Wachstum nicht mehr nährstofflimitiert reguliert wird, sondern lichtlimitiert.

Diese sauerstoffzehrenden nächtlichen Atmungs- und Mineralisationsprozesse nach dem Absterben sorgen für einen periodisch überaus angespannten O<sub>2</sub>-Haushalt. Eine von der ARGE ELBE (1984) durchgeführte Bilanzierung des Netto-Sauerstoffeintrags (atmosphärischen und biogenen Ursprungs) ergab eine Abnahme aufgrund der zurückgegangenen Flachwasserzonen und in geringerem Umfang der Wattflächen um 60-110 t O<sub>2</sub>/d zwischen 1896/1905 bis 1981/82 (Anteil der biogenen Sauerstoffabnahme 10 %).

Trotz der verbesserten Nährstoffsituation nach der Wiedervereinigung ist die Elbe nach wie vor hoch nährstoffbelastet. So sind die Nitratfrachten von 1985 (54.000 t/a) bis zum Jahr 2000 (87.000 T/a) sogar noch angestiegen, im gleichen Zeitraum reduzierten sich

nach der Einführung phosphatfreier Waschmittel die Ortho-Phosphat-Frachten von 3.400 t/a auf 800 t/a, die sich jedoch weiterhin über den Zielwerten bewegen (ARGE ELBE 2000). Hier wirkt sich der Rückgang der Flachwasserzonen, Wattflächen und Überflutungsräume besonders nachteilig aus, denen eine zentrale Bedeutung beim Sauerstoffeintrag einerseits sowie Sedimentation von Schwebstoffen, Nährstoffabbau und Festlegung andererseits zukommt. Vor der Sturmflut 1962 wurden in den Elbmarschen jährlich etwa 5.500 kg P/km<sub>a</sub> und 13.320 kg N/km<sub>a</sub> von den Pflanzen aufgenommen und letztlich 570 t P/km<sub>a</sub> und 7.970 t N/km<sub>a</sub> im Boden festgelegt. 1982 enthielt das Schilfröhricht nur noch 195 t P/km<sub>a</sub> und 2.719 t N/km<sub>a</sub> (HECKMAN & KAUSCH 1996). Aus der verringerten Fallout-Fläche für Nähr- und Schadstoffe resultiert das geringe Selbstreinigungspotential der Elbe, das noch 1991 im Vergleich mit Ems- und Weser-Ästuar deutlich schlechter entwickelt war (WSD NORD & FHH 1991).

Trotz der positiven Entwicklung bezüglich der Nährstoffverschmutzung (Gesamt-N, Gesamt-P) ist die Tideelbe ein immer noch mäßig bis kritisch belastetes Gewässer (II-III). Die nach wie vor periodisch bedenkliche Sauerstoff-Situation der oberen Tideelbe lässt für das Schutzgut Gewässergüte und Stoffhaushalt nur eine Raumbedeutung C zu.

**Belastungen durch das Projekt, Risikoeinschätzung**  
Gewässergüte und Stoffhaushalt der Tideelbe werden entscheidend geprägt durch den Zustand der Ober- und Mittelelbe und der Nordsee. Aufgrund der hohen stofflichen Vorbelastung des mitteldeutschen Gewässerabschnittes ist der Ist-Zustand des Wasserhaushaltes bei Ankunft am Wehr Geesthacht bereits beeinträchtigt. Ein indirekter Einfluss der Maßnahme ist während der Baggerarbeiten durch starke Resuspension der Schwebstoffe und der daran adsorbierten Nähr- und Schadstoffe und die sauerstoffzehrende Freisetzung der sedimentbürtigen Stoffe zu erwarten. Diese gehen gelöst oder partikulär an Schwebstoffe gebunden in Lösung, verstärken die Trübung des Wassers und verschlechtern durch Lichtmangel die Lebensbedingungen für das Phytoplankton und damit die positive Assimilationsbilanz der Unterelbe.

Neben möglichen Auswirkungen auf die sauerstoffbildenden Primärproduzenten beeinflusst die Ausbaumaßnahme auch den atmosphärischen Eintrag, der einerseits vom Sauerstoff-Luft-Gradienten abhängt, andererseits von der spezifischen Oberfläche des Wasserkörpers, die ihrerseits eng mit den Wasserständen verknüpft ist.

Langfristig entstehen ähnliche Effekte grundsätzlich durch die bereits angewandte Unterhaltungsbaggerei und Verklappung und darüber hinaus durch höhere Transportkapazitäten infolge größerer Schleppkraft des Wasserkörpers. Von einer zusätzlichen Sauerstoff-Belastung durch den weiteren wasserstandsbedingten Rückgang der Flachwasserzonen und durch die Verkleinerung des limnischen Ökosystems (Versalzung des Ästuars) ist auszugehen. In hohem Maße von der schlechten Sauerstoffversorgung wird der Hamburger Raum betroffen sein, in dem in der Vergangenheit bereits alarmierende Sauerstoffdefizite aufgetreten sind. Des Weiteren stehen hier feinkörnige Sedimente an, deren Belastung bekanntlich höher ist als die der sandigen Materialien.

Verlängerte Verweilzeiten und Ebbströme bewirken einen längeren Aufenthalt des Wasserkörpers und u.U. anhaltende angespannte Sauerstoffverhältnisse besonders in strömungsberuhigten Seitenbereichen. Mit der durch den Sockelabtrag noch weiter in den flussseitigen Lebensraum vordringenden Brackwasserzone wird ein Anstieg der Salzkonzentration, eine schlechtere Durchmischung des Wasserkörpers, jedoch auch eine weitergehende Abnahme der flussbürtigen Schadstoffe durch Verdünnung einhergehen. Landwirtschaftlich genutzte Binnendeichflächen und das aus Sielen und Gräben gewonnene Trinkwasser für die Nutztiere versalzen dadurch zunehmend.

Vor dem Hintergrund der Klimaveränderung muss von einer zusätzlichen verschlechternden Sauerstoffsituation und Gewässerverschmutzung ausgegangen werden. Die winterliche Zunahme von Niederschlägen wird zu vermehrten Spitzenabflüssen mit einem verstärkten Abtrag und Auswaschung der Nähr- und Schadstoffe führen. Darüber hinaus katalysieren höhere winterliche Temperaturen Stoffwechselprozesse und Mineralisation im Boden, die u.U. zu einer Freisetzung in das Gewässer führen können. Sommerliche Niederschlagsabnahmen bei erhöhten Temperaturen und gesteigerter Eva-

poration werden eine Verringerung der Abflüsse zur Folge haben. Daraus resultiert eine Konzentration der kontinuierlich eingeleiteten kommunalen und industriellen Abwässer und eine sich verschlechternde Gewässergüte und –nutzbarkeit. Besonders im Sommer dürfte aufgrund niedrigerer Abflüsse eine Vergrößerung der Wasserstandsamplitude erwartet werden (SCHIRMER 1996).

Aufgrund der sich voraussichtlich verschlechternden Sauerstoff-Situation besonders des limnischen Elbeabschnittes wird für das Schutzgut Gewässergüte und Stoffhaushalt der Belastungsgrad II vergeben. Aus der Raumbedeutung C und dem Belastungsgrad II resultiert ein mittleres Umweltrisiko 3.

Durch Schaffung von Flachwasserzonen, in denen ein bedeutender Anteil des biogenen Sauerstoffeintrages in das Gewässer stattfindet, könnten die sommerlichen angespannten Sauerstoffverhältnisse entkrampft werden. Unterstützend könnten darüber hinaus die Baggerarbeiten überwiegend in den Wintermonaten bei hohen Abflüssen vorgenommen werden, um eine zusätzliche Belastung des Sauerstoffhaushaltes zu vermeiden und die dabei resuspendierten Schwebstoffe unmittelbar abzuführen.

### 6.3.4 Boden

#### *Ist-Zustand und Raumbedeutung*

Die natürliche Bodenbildung im Lebensraum Ästuar wird geprägt durch die Tidedynamik und –rhythmik. In den Flachwasserbereichen bilden sich zwischen der mittleren Tidehochwasser- und Tideniedrigwasser-Linie durch Ablagerung fluviatiler, brackiger und mariner Sedimente die semisubhydrischen Wattböden aus, die je nach Substratzusammensetzung als Sand-, Misch- oder Schlickwatt angesprochen werden. Mit abnehmender Entfernung vom Gewässer und somit selteneren Überflutungsereignissen setzt die Bodenbildung ein. Es entstehen die stark grundwasserbeeinflussten Marschböden. Im Untersuchungsgebiet treten neben den Roh- bzw. Vorlandmarschen die noch häufig überfluteten Salzmarschen auf, die nach der Entsalzung in Kalkmarschen übergehen und diese nach Entkalkung des Oberbodens als Kleimarschen ange-

sprochen werden. In deutlich geringerer Häufigkeit kommen Dwogmarsch, Humusmarsch und Moormarschen vor. Kleinräumig sind im Bereich der Tideelbe grundwasserbeeinflusste Gleye und terrestrische Regosole vertreten.

Bedingt durch die Entwässerung des Marschlandes und der daraus resultierenden natürlichen Torfmineralisation kam es im Hamburger Raum zu Bodenabsackungen um etwa 1 m, in der Wilster und Kremper Marsch sogar bis – 3 m NN. Diese deutlich tieferliegenden Bereiche mussten vor der verstärkten Überflutungsgefahr mit Deichen geschützt werden, die mittlerweile eine Höhe von NN + 7,70 m erreicht haben (ARGE ELBE 1984, SCHIRMER 1994).

In Anlehnung an die für die 1999 abgeschlossene „Fahrrinnenanpassung“ erstellte UVU werden die Böden des in sieben Untersuchungsabschnitte unterteilten Untersuchungsgebietes dargestellt (INSTITUT FÜR BODENKUNDE, UNIV. HH & PG ÖKOLOGIE & UMWELT NORD 1997).

Von Geesthacht bis Bunthaus dominieren die Kleimarschen, kleinräumig treten auch Humus- und Moormarschen sowie Gleye und ihre Übergangsformen auf. Die als besonders wertvoll eingestuften Böden machen einen Flächenanteil von ca. 26 % aus, entsprechend 1050 ha. Hierzu zählen anthropogen nicht beeinflusste Marschböden und naturnahe Flusswatten.

Im Hamburger Stadtgebiet, dem nächsten Abschnitt (bis Nienstedten), sind die Böden infolge der siedlungsbedingten Nutzung und durch den Hafenausbau weitgehend überformt, so dass dort naturnahe, unbelastete Böden nur noch zu einem geringen Prozentsatz (11 %, 169 ha) im NSG Heuckenlock und in den Außendeichflächen im Bereich des Spadenlandes vorkommen. Heuckenlock nimmt eine Sonderstellung ein, da die darunter liegenden Böden erhebliche Schadstoffmengen aufweisen. Das Phänomen der hochbelasteten Böden ist auch im ersten Untersuchungsabschnitt festzustellen. Als Ursache hierfür muss die jahrzehntelang mitgeführte beachtliche Schadstofffracht der Ober- und Mittelbe angesehen werden.

Im Abschnitt bis Lühesand-Nord dominieren die aus kalkhaltigen Sedimenten entstandenen Kalkmarschen. Die teilweise über der Sturmfluthöhe liegenden Inseln setzen sich aus hoch aufgespülten Sanden zusammen (Gleye, Regosole). Bei den Wattflächen handelt es sich

um Sand- und Mischwatten, in strömungsberuhigten Arealen auch um Schlickwatten. Etwa die Hälfte (670 ha) der diesen Abschnitt umfassenden Fläche zeichnet sich durch wertvolle ausgedehnte Röhrichtbestände am Nordufer der Elbe unterhalb von Wedel und durch sandige Böden der Inseln Neßsand und Lühesand aus. Etwa 40 % der Gesamtfläche sind geprägt von Auftragsböden der grünen Deiche, Böden unter Acker- und Obstbau, Siedlungs- sowie Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen.

An der Grenze des nächsten Abschnitts wird der Einfluss des Brackwassers deutlich. Dort haben sich kleinflächig Übergangsstadien zwischen Salz- und Kalkmarschen ausgebildet. Zwischen Lühesand und Glückstadt wechseln die Böden kleinräumig häufig zwischen Kalk- und Kleimarsch, die Wattflächen stellen sich als Mischwatten dar. Vereinzelt treten Dwogmarschen und Moormarschen auf. Die Inseln wurden durch sandiges Material auf ehemaliger Sandbank (Schwarztonensand) oder auf ehemaliger Marschoberfläche (Pagensand) aufgespült. Dort konnten sich die Böden als sandige und lehmige Klei- und Kalkmarschen und in trockeneren Bereichen als Gleye und Regosole ausbilden. Mit einer Fläche von ca. 2000 ha (knapp 30 %) kommt in diesem Abschnitt ein besonders hoher Anteil an wertvollen naturnahen Watten, ufernahen tiefliegenden Marschen, sowie nicht bearbeiteten und nicht entwässerten Marschen neben hochaufgespülten Inselsanden vor.

Zwischen Glückstadt und der Ostemündung handelt es sich auf der niedersächsischen Seite hauptsächlich um Kalkmarschen und vereinzelt Salzmarschen, auf schleswig-holsteinischer Seite auf nur schmalen Außendeichsflächen bilden sich junge Böden aus sandreichen Aufspülungen. Das St. Margarethener Außendeichsland besteht aus Kalk- und teilweise Klei- und Dwogmarsch. Besonders wertvoll sind auch hier die Schlickwatten und ufernahen ungestörten, unter natürlichem Wasserregime bestehenden Böden (ca. 24 % der Gesamtfläche, 720 ha).

Die Böden zwischen der Ostemündung und Cuxhaven werden vorwiegend den Salzmarschen zugerechnet. Lediglich im Bereich Belumer Außendeich kommen Kalk- und Kleimarschen vor bzw. Übergänge von Salz- zu Kalkmarsch. An Wattflächen sind dort vom Sand-, Misch- und Schlickwatt bis zum Übergangswatt alle

semisubhydrischen Bodenarten vertreten. Die Watten und ungestörten Salzmarschen umfassen etwa 28 % der Fläche.

Im Bereich der Außenelbe bestimmen ausgedehnte (Sand-)Watten die Außendeichsflächen. Daneben treten Salzmarschen auf. Etwa  $\frac{1}{3}$  der Böden (Salzmarschen, Schlick- und Sandwatten) sind als naturnah und wertvoll zu bezeichnen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass etwa 30 % der im Untersuchungsgebiet Unterelbe vorherrschenden Böden, aufgrund der Nähe zum Fluss und damit für die anthropogene Nutzung nur schwer zugänglich, sich in einem vom Menschen nicht oder wenig beeinflussten Zustand befinden. Dabei handelt es sich um hochproduktive Watten, tiefliegende stark grundwasserbeeinflusste Vordeichsländer (Raumbedeutung E) und schadstoff- und nährstoffarme trockene Böden der hochaufgespülten Inselsande (Raumbedeutung D). Böden unter Grünland, deren Wasserhaushalt über Entwässerungskanäle reguliert wird mit unterschiedlicher Nährstoffversorgung, bilden mit 43 % den größten Anteil der Flächen. Der anthropogene Eingriff in den Wasserhaushalt und in die Nährstoffsituation der über den Böden liegenden Flächen erlaubt nur eine mittlere Wertstufe (C). 16 % der Flächen werden überwiegend landwirtschaftlich genutzt (Ackerbau, Obstbau) oder gehören zu den Auftragsböden grüner Deiche und sind damit schon erheblich in ihrer Struktur verändert (Wertstufe B). Rund 11 % der Fläche sind durch Uferverbau, Deiche, Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen stark überformte Böden, denen daher eine nur geringe Wertstufe (A) zugesprochen werden kann. Hierzu werden auch einige eigentlich wertvolle, jedoch stark schadstoffbelastete Böden der Untersuchungsabschnitte I und II gezählt.

Aufgrund der hohen Wertigkeit der Vordeichsländer und der brackig und limnisch geprägten Watten mit hohen Energie- und Stoffumsätzen und einer arten- und individuenreichen Lebewelt wird dem Schutzgut Boden (inklusive Sedimente) insgesamt die Raumbedeutung E zugesprochen.

### ***Belastungen durch das Projekt, Risikoeinschätzung***

Eine weitere Elbevertiefung würde vorrangig die ohnehin seltenen Süß- und Brackwasserwatten sowie die

tiefliegenden Brack- und Flussmarschen betreffen, denen eine hervorragende Rolle im Rückhalt und der Umsetzung von Nähr- und Schadstoffen (hohes Selbstreinigungspotential) zukommt. Veränderte Wasserstände mit einer größeren Tidehub-Amplitude würden zu einer Verschiebung der Brackwasserzone stromauf führen und dadurch zu einer Erhöhung des Salzeintrages in diese Böden. Eine Ausdehnung bzw. Verlagerung der Brackwasserwatten und -marschen und ein Rückgang der Süßwasserwatten und -marschen, die über die Staustufe Geesthacht hinaus in longitudinaler Ausrichtung und in lateraler Richtung über die Deichlinie hinaus nicht expandieren können, wäre damit verbunden.

Bei einem Anstieg des Thw um 1-2 cm müsste von einem Flächenverlust für die Tideelbe von 2 % ausgegangen werden (PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE & UMWELT NORD 1997). Eine Erhöhung der Thw-Linie um bis zu 4 cm entspräche einem Flächenverlust von etwa 5 %. Neben dem Tidehub-Anstieg ist die Böschungsneigung als weitere Einflussgröße zu nennen. Bei einer Geländeneigung von 1:10 (z.B. Fährmannsander Watt) ergibt sich im Eulitoral bei einer Wasserstandsänderung von 1 cm ein Flächenverlust von 10 cm. Bei deutlich flacheren Uferabschnitten (1:100) wie dem Mühlenberger Loch wären Flächeneinbußen von 1 m hinzunehmen (BAW 1996).

Der Verlust der süßwasserdominierten Böden (Watten und Roh- bzw. Vorlandmarschen) ist als erhebliche Beeinträchtigung einzustufen. Zusätzlich ist ein Flächenverlust ufernaher Böden wie Sandstränden oder Böden ohne Vegetation durch Erosion, verursacht durch das höhere Tidehochwasser und den von den Containerschiffen verursachten Wellenschlag, zu erwarten. Dies kann unter ungünstigsten Bedingungen zur Ausbildung von Uferabbrüchen oder Steilkanten bis hin zu Uferrückverlegungen führen.

Während die im Mündungstrichter liegenden Wattflächen aufgrund der geringen Wasserstandsänderungen wenig betroffen sind, muss bei Umsetzung der von der BAW vorgeschlagenen Abdämmung der Medemrinne um Wattflächen des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer gefürchtet werden (BAW 2001).

Die Unterbringung des zu entnehmenden Baggergutes wird gravierende, örtlich begrenzte Belastungen und

Störungen verursachen. Verklappungen in Übertiefen der Elbe, sowie Auf- und Vorspülungen und landseitige Lagerung waren bereits bei der letzten Vertiefung Option. Für das hoch bewertete Schutzgut Boden der Insel Pagensand stellen Flächenverluste bei einer Aufspülung durch Überdeckung des Bodens beispielsweise eine erhebliche Beeinträchtigung dar.

Aus den genannten Folgewirkungen einer weiteren Elbevertiefung erwächst für das Schutzgut Boden inklusive der Sedimente (s. Kapitel 6.3.5) eine hohe Belastung (III). In Verbindung mit der sehr hoch angesiedelten Raumbedeutung (E) ergibt sich daraus ein sehr hohes Umweltrisiko (5).

Für die zu erwartenden Verluste an Fluss- und Brackmarsch und Süßwasserwatten müsste Ersatz und Ausgleich geschaffen werden. Eine Rückdeichung bzw. Ausdeichnung von Sommerpoldern mit einer Anpassung der Geländehöhe wäre wünschenswert, so dass durch Ansiedeln der naturraumtypischen Pflanzen die Bodenbildung angeregt werden kann.

### 6.3.5 Sedimente

#### *Ist-Zustand und Raumbedeutung*

Ursprünglich bildeten saalezeitlicher Geschiebemergel, weichselzeitliche oder frühholozäne fluviatile Kiese und Sande bzw. holozäner Klei die Gewässersohle, die durch natürliche Erosionsvorgänge und Baggermaßnahmen freigelegt wurden. Die Belastung dieser älteren Sedimente liegt natürlicherweise im Hintergrundbereich. Mittlerweile wird die obere Gewässersohle jedoch von rezenten (jungen) Sedimenten gebildet, deren Schadstoffgehalte in Abhängigkeit vom Oberwasserzufluss sowie punktuellen Einleitungen bestimmt werden. Durch Eindringen von Meerwasser in das Ästuar ergibt sich unterhalb Hamburgs ein Verdünnungseffekt, daneben führen Sedimententnahmen im Zuge der Unterhaltungsbaggerei ebenfalls zu Verringerungen der stofflichen Belastung.

Generell finden sich Erosionstendenzen in Bereichen mit hoher Strömungsgeschwindigkeit wie der Fahrinne, und Sedimentationstendenzen in Arealen mit geringerer Strömungsgeschwindigkeit. Abgesehen von den Nebengewässern/-elben und strömungsgeschützten Uferbereichen stellt der Hamburger Hafen mit seinen

verzweigten, recht tiefen Hafengebieten die klassische Sedimentationsfalle dar. In diesen Bereichen sammeln sich vornehmlich feinkörnige Schlicke an, die in der Regel höhere Schadstoffbelastungen aufweisen als die in der Hauptrinne und den Seitenräumen vorkommenden Mittel- und Feinsande. Vereinzelt finden sich auf der Hamburger Delegationsstrecke noch alte Klei- und Mergelschichten. Durch Entfernen dieser Horizonte im Rahmen vorangegangener Ausbaumaßnahmen wurde das morphodynamische System völlig und nachhaltig gestört. Nach Abtrag der ehemals vorhandenen erosionsfesten Mergelschichten, die die Gewässersohle stabil gehalten haben, erodierten die darunter liegenden Sandhorizonte mit der Folge, dass gegenwärtig der Gewässergrund aus Fein- bis Mittelsanden mit geringen Schluffanteilen besteht.

Für die Erfassung der Schadstoffbelastung sind wie oben erwähnt nur die feinkörnigen Sedimente relevant, die in der Tideelbe nur begrenzt verbreitet sind.

Zwischen Köhlbrand & Norderelbe bis zur Nordsee wurden im Zeitraum 1985-90 jährlich durchschnittlich 12,4 Mio. m<sup>3</sup> Sediment im Rahmen der Unterhaltungsbaggerei entnommen. Dabei sind im Längsverlauf der Unterelbe sehr unterschiedliche Sedimentationsraten zu verzeichnen (hohe Sedimentation und Unterhaltungsbaggerei im Raum Rhinplatte und im Bereich der aufgeweiteten Fahrrinne). 82 % des gesamten Baggerguts wurde in der Zeit in den Seitenbereichen der Fahrrinne entnommen (51 % auf schleswig-holsteinischem Gebiet, 31 % auf niedersächsischer Seite). Vor 1984 wurden die ausgehobenen Sedimente in der Nordsee verklappt, seitdem werden in der Elbe befindliche Übertiefen verfüllt (WSD Nord & FHH 1991).

Die Schadstoffbelastung der Sedimente ist im Bereich zwischen Schnackenburg und Mühlenberger Loch als hoch anzusehen. Unterhalb des Stromspaltungsgebietes nimmt trotz Hamburger Emittenten die Belastung ab. Grund dafür sind die Unterhaltungsbaggereien im Hamburger Hafen und die Vermischung anthropogener Schwermetalle mit unbelasteten seebürtigen Sedimenten. Ein ähnliches Verhalten zeigen die organischen Stoffe (PCBs, HCB), die jedoch teilweise bis Stade in beachtlichen Konzentrationen vorhanden sind (WSD Nord & FHH 1991).

Unterhalb der Störmündung und im Hamburger Delegationsbereich finden sich hauptsächlich weniger schadstoffbelastete (Quarz-) Sande.

Eine Bewertung der Raumbedeutung erfolgt in Zusammenhang mit den Schutzgütern Morphologie, Gewässergüte, Boden und Fauna.

### ***Belastungen durch das Projekt, Risikoeinschätzung***

Da sich die Struktur der Gewässersohle aufgrund natürlicher und anthropogen induzierter Umlagerungsprozesse stark verändert hat, sind weitergehende vorhabensbedingte Auswirkungen nur schwer abschätzbar. Durch Baggararbeiten sind Veränderungen im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke zu erwarten. Dort wird durch örtlich begrenzten Anschnitt bindigen Geschiebemergels im Böschungsbereich langfristig vermutlich eine Änderung des Sedimenttyps herbeigeführt, der sich besonders auf die Artenzusammensetzung des Zoobenthos auswirken kann. Nicht auszuschließen ist eine Veränderung der Sedimenttypenverteilung und infolgedessen der Schadstoffbelastung aufgrund veränderter Strömungsgeschwindigkeiten.

Im Bereich der Brackwasserzone sind infolge veränderter Salzgehalte Auswirkungen auf die Sedimente zu erwarten.

Die Lagerung belasteter Materialien im Gewässer ist unter anoxischen Bedingungen vergleichsweise unproblematisch, unter aeroben Gegebenheiten kommt es jedoch zu einer Freisetzung der Problemstoffe.

Die Unterbringung des zu entnehmenden Baggergutes wird gravierende, örtlich begrenzte Belastungen und Störungen verursachen. Verklappungen in Übertiefen der Elbe, sowie Auf- und Vorspülungen und landseitige Lagerung wurden bereits bei der letzten Vertiefung 1998-2000 umgesetzt. Für das hoch bewertete Schutzgut Boden der Insel Pagensand beispielsweise stellen Flächenverluste bei einer Aufspülung durch Überdeckung des Bodens eine erhebliche und nachhaltige Beeinträchtigung dar.

Von der WSD Nord und FHH wurden für die 1991 geplante Elbevertiefung Baggergutmengen für die verschiedenen Varianten berechnet, wobei zwischen einer schmalen (250 m) und einer breiten (300 m) Ausbaualternative auf der Hamburger Delegationsstrecke differenziert wurde. Die Baggergutmengen sind in Tabelle 16

dargestellt. Zum damaligen Zeitpunkt wären für eine durchgehende Vertiefung auf der Hamburger Delegationsstrecke und im Bereich km 670 bis 720 erhebliche Baggerarbeiten notwendig gewesen, wobei die breite Variante eine nochmalige Erhöhung der Sedimententnahme um 18 % bedeutet hätte.

In den Regionen Wedeler Au, Juelssand, Pagensand und Rhinplatte enthält das Sediment einen besonders hohen Anteil der Feinkornfraktion, so dass dort mit hohen Sedimentationsraten zu rechnen ist und diese Gebiete als potentielle Problemzonen eingestuft werden müssen. Gerade bei einer durchgehenden Vertiefung auf 16,0 m -KN würden dort erhebliche Mengen feinkörnigen Materials anfallen (WSD Nord & FHH 1991). Die 1991 veranschlagten Baggermengen wurden zwei Körnungs-Klassen zugeordnet (Klasse 1 mit größeren sandigen Anteilen, Klasse 2 mit einem größeren Anteil an feinkörnigem Material) und in Tabelle 16 dargestellt. Klasse 1a fasst die nicht weiter korngrößenfraktionierten Sedimente der HH Delegationsstrecke zusammen. Zwischen Brunsbüttel und der Nordsee werden fast ausschließlich mit einem geringen Schadstoffpotential behaftete Sande gebaggert und können daher innerhalb des Flusses umgelagert werden. Die zwischen HH und Brunsbüttel entnommenen Sedimente sollten an Land untergebracht werden. In Abhängigkeit von der Ausbau-Variante fallen unterschiedliche Baggergutmengen an, wobei für eine Umsetzung der Variante 7 etwa 5 mal soviel höher belastetes Material anfällt wie für die inzwischen veralteten Varianten 1 und 4 (nicht aufgeführt).

Tabelle 15: Ausbau-Baggermengen: Unterbringung und Belastungsklassen

[Mio. m <sup>3</sup> ]	Variante 7	
	schmal	breit
Unterbringung an Land (Hamburg - Brunsbüttel)		
Klasse I	13,21	16,70
Klasse I a	8,00	8,00
Klasse II	9,11	10,10
Gesamt	30,32	34,80
Umlagerung im Fluss (Brunsbüttel - See)		
nur Klasse I	24,46	30,42

(verändert aus: WSD Nord & FHH 1991)

Grundsätzlich ist nach Ausbaumaßnahmen durch Nachrutschen von Sedimenten in den Folgejahren eine verstärkte Unterhaltungsbaggerei notwendig, die besonders ab Rhinplatte stromaufwärts bis Hamburg eine Resuspension von Schwebstoffen und damit eine erhöhte Trübstoffkonzentration und Mobilisierung von Nähr- und Schadstoffen zur Folge hätte.

Nach Umsetzung der Variante 7 (16,0 m -KN) wären Prognosen der WSD Nord und FHH entsprechend jährlich 18,6 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut zu erwarten (WSD Nord & FHH 1991). Damit würde sich der Trend einer immer aufwendigeren Unterhaltungsbaggerei fortsetzen (nach 12,4 Mio. m<sup>3</sup> nach dem 13,50 m Ausbau und prognostizierten 15,6 Mio. m<sup>3</sup> nach der letzten Vertiefung).

„Die Ausbau-Baggermengen der Variante 7 steigen gegenüber den Varianten 1 und 4 ca. um den Faktor 3 an. Sie enthalten überproportional viel feinkörniges, schadstoffreiches Baggergut und greifen in hydrologisch und ökologisch sehr sensitive Bereiche ein. Die Variante 7 ist daher abzulehnen“ (WSD Nord & FHH (1991).

Das Kompartiment Sediment isoliert zu betrachten, erscheint nicht sinnvoll, da mit diesem Strukturelement verschiedene andere Schutzgüter vernetzt und betroffen sind wie Morphologie, Gewässergüte, Boden und Fauna. Die Beurteilung wird daher an anderer Stelle geführt.

### 6.3.6 Vegetation

#### *Ist-Zustand und Raumbedeutung*

Die den Lebensraumtyp Ästuar besiedelnden Pflanzengesellschaften werden natürlicherweise von der Tide-dynamik, d.h. Überflutungshäufigkeiten und mechanische Störungs-Intensitäten und Häufigkeiten, geprägt, andererseits maßgeblich anthropogen geformt bzw. genutzt. Die wichtigsten ökologischen Haupt-Gradienten für die tidebeeinflusste Auen- und Ufervegetation sind der Feuchte-Faktorenkomplex (Standort-Höhe, Substratart, Uferneigung), der mechanische Faktorenkomplex (Wellenschlag und Strömung, Wind, Eisgang, Sedimentations- und Erosionsvorgänge) und der Schadstoff-Faktorenkomplex (Salzgehalt). Feuchte- und mechanischer Faktorenkombination führen zu einer

Differenzierung der Pflanzengesellschaften quer zum Stromverlauf, der Salzgehalt führt zu einer Differenzierung im Längsverlauf. Die Uferneigung ist ein entscheidendes Kriterium für die Standort-Feuchte und der daraus resultierenden Artenzusammensetzung.

Es sei darauf hingewiesen, dass in Kap. 6.2.2 ein Überblick der unter Schutz gestellten terrestrischen und amphibischen Gebiete des Naturraums Tideelbe gegeben wird.

Das von der zukünftigen potentiellen Elbevertiefung betroffene Gebiet wird maßgeblich vom gemäß Anhang I der FFH-Richtlinie definierten Lebensraumtyp Ästuar gebildet. An die ausgebaute, tidebeeinflusste Fahrwinne (FZT) schließt sich die Flachwasserzone (FLA) an sowie die Küsten-, Brack- und Süßwasserwatten mit unterschiedlich ausgeprägter Vegetation. Von See kommend, trifft man auf die vegetationsfreien Sand-, Schlick- und Mischwatten (KW), die einen wichtigen Nahrungsplatz für Wasservögel unter besonderer Bedeutung der Zugvögel (Mauser, Rast, Überwinterung) darstellen, sowie auf die trockenfallenden Sandbänke als Seehundliegeplätze. Diese Biotope treten in der oberen Tideelbe nur als schmale Ufersäume auf, bereits in den flussab einmündenden Nebenflüssen dehnen sie sich großflächig aus, um dann im Mündungstrichter den dominanten Biotoptyp zu bilden.

Die Küstenwatten werden in Höhe des mittleren Tidehochwassers von Quellergesellschaften (namengebend *Salicornia europaea*) dominiert (KWQ), die im oberen Bereich von Salzsode (*Suaeda maritima*), Strandaster (*Aster tripolium*) und Andel (*Puccinellia maritima*) durchsetzt sind. Die Ausbreitung des nicht-einheimische Englischen Schlickgrases *Spartina anglica* führt jedoch zunehmend zu einer Verdrängung der Quellerarten (PLANULA ET AL. 2001). Daneben treten im Küstenbereich Seegraswiesen in kleineren Beständen im unteren Eulitoral auf. Neben den Inseln Neuwark, Nigehörn und Scharhörn finden sich im Mündungsbereich stromaufwärts bis Freiburg kleinflächig atlantische Salzwiesen (Glauco-Puccinellietalia maritimae KHF, KHU), die von Andel- und Salzbinsen-Rasen in Vergesellschaftung mit Flutrasen und Weidelgras-Weiden geprägt sind (Niedersächsisches Umweltministerium 1999).

Generell lässt sich die Abgrenzung der Brackwasser-Röhrichte von den Süßwasser-Röhrichten weniger an-

hand der insgesamt salztoleranten/euryhalinen Röhrichtarten vornehmen als vielmehr durch die damit vergesellschafteten Pflanzenarten. Im Brackwasserbereich besteht die Ufervegetation aus dem Strandsimsen-Röhricht (*Scirpetum maritimi*, KRS) mit der Salz-Teichsimse (*Schoenoplectus tabernaemontani*) als Kennart und vereinzelt Exemplaren der Strandsimse (*Scirpus maritimi*). In diese Bestände wächst besonders in Richtung Nordsee Schlickgras ein. Durch Störung der natürlichen Uferstruktur, Eindeichungen und Entwässerungen sind diese Vegetationsbestände, die bis weit in den limnischen Bereich hinein vertreten sind, stark gefährdet (PLANULA ET AL. 2001).

Die gegenüber Salzgehalten empfindlicheren Brackwasser-Schilfröhrichte (*Scirpo-Phragmitetum*, KBR) besiedeln in Verbindung mit Strand-Aster (*Aster tripolium*), Dänischem Löffelkraut (*Cochlearia anglica*) und Milchkraut (*Glaux maritima*) die weiter stromauf gelegenen Uferzonen. Weiter flussauf im limnischen Abschnitt lösen Süßwasser-Tide-Röhrichte (*Scirpo-Phragmitetum calthetosum*, FWR) mit einer typischen Artzusammensetzung bestehend aus der Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*) und dem Wasserpfeffer (*Polygonum hydropiper*) die Brackwasserröhrichte ab.

Neben dem Schilf können vereinzelt auch Rohrkolben-Arten (*Typha latifolia*, *Typha angustifolia*) vertreten sein. Gefährdungen der Tideröhrichte bestehen insbesondere durch Deichbaumaßnahmen, Sandaufspülungen, Beweidung der Vorländereien, erhöhten Wellenschlag, veränderte Strömungsverhältnisse nach Baumaßnahmen sowie durch Uferverbau (in: PLANULA ET AL. 2001; WOLF 1988, PREISINGER 1991).

Nicht unerwähnt bleiben darf der in der FFH-Richtlinie der EU als prioritäre Art eingestufte Schierlings-Wasserfenchel (*Oenanthe coniooides*). Diese hochgradig gefährdete Pflanze kommt weltweit nur an naturnahen Schlickufern der limnischen Tideelbe (am Unterlauf der Lühe und im Bereich der Elbinsel Neßsand-Hanskalbsand) vor und wird als eine vom Aussterben bedrohte Art verzeichnet.

Demgegenüber weist die zweite an der Tideelbe gefundene endemische Art, die Wibbel-Schmiele (*Deschampsia wibeliana*), noch große Bestände auf. Mitverantwortlich dafür sind offenbar die durch Strombaumaßnahmen wie Uferbefestigung und Aufspülung neu entstandenen sandigen Uferbereiche, auf denen sie

sich vorzugsweise ansiedelt. Auch durch Steinschüttungen befestigte Ufer stellen für die Wibel-Schmiele ein akzeptables Habitat dar.

Oberhalb der mittleren Tidehochwasser-Linie schließen sich landeinwärts die Landröhrichte (NR) mit den Charakterarten Schilf (*Phragmites communis*), Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Wasserschwaden (*Glyceria maxima*) oder Rohrkolben (*Typha spec.*) an. Bereits teilweise in Koexistenz mit den Watt-Röhrichten treten die feuchten Hochstaudenfluren (NUT) mit den Kennarten Mädesüß (*Filipendula ulmaria*) und Erzengelwurz (*Angelica archangelica*) auch in Verbindung mit den Land-Röhrichte auf. Diese werden von periodisch überfluteten Weiden-Auengebüsch ((BAT, BAS) und Weichholzaun (WWT, WWS) sowie die nur bei Sturmfluten überschwemmten Hartholzaun (WHA, WHB) in der Ausprägung Alno-Padion, Alnion incanae und Salicion albae mit Erle, Esche und Weide abgelöst. Darüber hinaus haben sich aus den vielerorts angepflanzten Pappelwäldern Tide-Auwälder mit einer für diesen Biotoyp typischen Krautschicht entwickelt. Besonders im Bereich der Nebenflüsse und im Hamburger Raum bis zum Wehr Geesthacht konnten sich Reste der prioritär eingestuften Weichholzaun halten, die teilweise unter Schutz gestellt wurden (Pagensand, Neßsand-Hanskalbsand, Heuckenlock, Zollenspieker). Hartholzaun finden sich u.a. auf Krautsand und an der Haseldorfer Binnenelbe (PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD & LANGER 1998).

Bis über die Deichlinie hinaus haben sich weit oberhalb der MThw-Linie mesophile Grünländer (GMF, GMZ, GMM) ausgebildet. Besonders schützenswert sind die mageren Flachland-geprägten Wiesenfuchsschwanz-Mähwiesen (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*) die von Arten wie Wiesen-Kümmel (*Carum carvi*) oder Schachblume (*Fritillaria meleagris*) besiedelt werden.

Dünen treten mit geringen Flächenanteilen als Primärdünen, Weißdünen mit Strandhafer, feuchten Dünentälern und als prioritär bewertete Festliegende Küstendünen mit krautiger Vegetation und Entkalkte Dünen mit Krähenbeere im Raum Cuxhaven – Sahlenburg und auf den Elbinseln Scharhörn und Nigehörn auf. Zu nennen sind ebenfalls die wertvollen naturnahen Sandstrände im Bereich Pagensand und Bishorster Sand.

Insgesamt sind im Naturraum Tideelbe 184 gefährdete Pflanzenarten nachgewiesen worden. Nicht zuletzt begründet durch die Größe des Naturraums Tideelbe finden sich neben Vegetationstypen mit geringer Raumbedeutung (A) wie im Hamburger Stadtgebiet auch sehr wertvolle Salzwiesen, Quellergesellschaften, Flusswatt-Röhrichte und Auwälder, denen eindeutig die Raumbedeutung (E) zugesprochen werden muss.

### **Belastungen durch das Projekt, Risikoeinschätzung**

Auch die Pflanzen werden vorrangig durch den Anstieg des Tidehochwassers und der stromaufwärtigen Verschiebung des Mesohalinikums betroffen (s. Kapitel 6.3.1 Hydrologie). Besonders die Vegetation im Uferbereich, die von den ökologischen Standortfaktoren Überflutungshöhe und –dauer gesteuert wird, würde erheblichen Schaden nehmen.

Außerordentlich gefährdet werden die besonders wertvollen und naturnahen Süßwasser-Röhrichte und Auenwaldstandorte sein, da mit der flussseitigen Verlagerung der Brackwasserzone eine Verkleinerung des limnischen Lebensraums einhergeht (s. Kapitel 6.3.2 Morphologie). Hinzu kommt eine laterale Verschiebung der Vegetationszonierung aufgrund der Erhöhung des MThw. Die höher und trockener gelegenen Auenwälder tolerieren die zunehmende Feuchte nicht und weichen weiter zurück. Durch die erhöhte mechanische Belastung verschiebt sich zudem das Artengefüge zumindest der Krautschicht. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einem 1%igen Geländeanstieg und einem Anstieg des MThw um 1 cm ein Flächenverlust von 1 m hinzunehmen ist (PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1997).

Im Rahmen der Ökologischen Voruntersuchung wurde für den Bereich VI (Seemanshöft bis Bunthaus) der größte prozentuale Flächenverlust prognostiziert, der das bedeutendste Tide-Auenwaldgebiet Westeuropas einschließt, das NSG Heuckenlock. „Aus den genannten Gründen können weitere Flächenverluste der potentiellen und realen Auenwald-Standorte nicht hingegenommen werden“ (WSD Nord & FHH 1991).

Zusätzlich besteht für die Röhrichte auch eine erhöhte mechanische Belastung durch schiffserzeugten Wellenschlag, die sich in Form von abknickenden Halmen

äußert. Zum einen ist durch eine quantitative Erhöhung des Schiffsverkehrs mit einer Belastungszunahme zu rechnen. Weiterhin nimmt die Belastungsstärke mit geringen Querschnittsverhältnissen von Wasserstraße zu Schiff zu, d.h. auf der Hamburger Delegationsstrecke ist eine überproportionale Zunahme der Uferbelastung und damit der dort angesiedelten Pflanzen zu erwarten, unter der Voraussetzung, dass die vorgegebene Geschwindigkeitsbeschränkung von  $v_s \approx 10$  Kn nicht überschritten werden (BAW 1996c).

Da sich mit abnehmender Uferneigung die Röhrichtbestände zunehmend ausdehnen, resultieren auch aus geringfügigen MThw-Erhöhungen beträchtliche Flächeneinbußen. Entsprechend fällt der Verlust an Röhrichtbeständen in schmalen Ufersäumen mit relativ steilem Uferprofil geringer aus.

Die oben getroffenen Ausführungen hinsichtlich des MThw-Anstiegs gelten ebenso für Brackwasser-Röhrichte, Uferstaudenfluren und Auenwälder- und gebüsche. Für die Brackwasser-Röhrichte ist voraussichtlich nur ein geringfügiger Flächenverlust zu befürchten, nämlich der laterale Schwund durch mechanische Belastung. Seewärtiger Verlust wird durch Einwanderung in den limnischen Lebensraum ausgeglichen.

Die Änderungen des Salzgehaltes werden sich insbesondere auf die Auenwälder und –gebüsche bzw. Kopfweiden im Bereich St. Margarethen bis Glückstadt auswirken, die gegenüber erhöhten Salinitäten sehr empfindlich reagieren und umgehend absterben.

Die Erhöhungen des Salzgehaltes und damit auch die Folgewirkungen besonders süßwassergeprägter Vegetationen werden aller Voraussicht nach gravierender ausfallen als im Rahmen der letzten Elbevertiefung 1998-2000. Durch die geplante Schleifung des zwischen Otterndorf und Lühesand befindlichen Sockels, ist ein verglichen mit den 1996er Prognosen verstärktes Eindringen salzhaltigen Wassers zu erwarten (s. Kapitel 6.3.2. Morphologie).

Des weiteren darf die Aufspülung von Sänden nicht unerwähnt bleiben, durch die u.U. wertvolle Biotope zerstört werden, wie es bei der vorangegangenen Fahrrinnenvertiefung auf der Insel Pagensand der Fall war (PG ÖKOLOGIE + UMWELT NORD 1997).

Abschließend wird die Einschätzung und Bewertung aus der Ökologischen Voruntersuchung präsentiert, die

zwar in Anlehnung an die Variante 4 vorgenommen wurde, jedoch unter Zugrundelegung verschiedener Wasserstandsszenarien (a = 5 cm, b = 10 cm, c = 20 cm, d = 30 cm). Vor dem Hintergrund der prognostizierten Wasserstandsänderung von insgesamt max. 19 cm (vgl. Kapitel 6.3.1), entsprechend Szenario c, erscheint diese Risikoeinschätzung hochaktuell.

Demnach ergäbe sich für Szenario a ein Rückgang von maximal 3 % der Flächen in vier der in 7 Abschnitte unterteilten Tideelbe. Bei Szenario b würden in 3 Abschnitten mehr als 5 % der Flächen, von denen im Hamburger Raum mehr als 10 % betroffen wären, wegfallen. Zwischen Geesthacht und Freiburg wäre bei Eintritt des Szenarios d mit einem Flächenrückgang von etwa 6-23 % der Vordeichsländer zu rechnen. Da der Verlust von Überflutungsgebiet nicht hinzunehmen ist, besteht die Forderung, über die Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen hinaus größere, in sich geschlossene und an die aquatischen Lebensräume angeschlossene Biotopgefüge zu schaffen. Ein Ausgleich scheint für Szenario a wahrscheinlich, für b unter erheblichen Anstrengungen möglich, c und d wären abzulehnen. Die höheren Hochwässer könnten die auf sandigen Standorten siedelnden Auenwälder durch mögliche Vernichtung der Vegetation und Abtrag des Sediments erheblich umgestalten. Szenario a wäre daher noch tolerierbar, bei b wären Bedenken vorhanden und c und d müssten alleine wegen der Auswirkungen auf das NSG Heuckenlock abgelehnt werden.

Zusammenfassend lassen sich die möglichen Veränderungen auf das Ökosystem Vordeichsländer und ufernahe Watten nach einer potentiellen Fahrrinnenvertiefung auf -16 m KN folgendermaßen darstellen:

	a	b	c	d
Flächenveränderung	+	+/-	-	-
Sediment/Erosion	+	+/-	-	-
Wasserhaushalt	+	+	+	+
Nähr- und Schadstoffe	+	+	+	+

„Die Übersicht zeigt, dass hinsichtlich der Vordeichsländer und der ufernahen Watten bei Wasserstandsszenario a die Maßnahme unter Ausgleich durchführbar ist. Bei Szenario b muss der Nachweis geführt werden, dass die aufgeführten negativen Folgen ausreichend

ausgeglichen werden können. Die Szenarien c und d sind abzulehnen“ (WSD Nord & FHH 1991).

„Nach den – vorläufigen – Überlegungen dieser Vorstudie sind deshalb nur Änderungen des MThw akzeptabel, die 5 cm deutlich unterschreiten. Dies trifft nur für das Szenario a zu. Bei Szenario b wären gravierende Verluste trockenerer Vorland-Gebiete zu erwarten, deren Ausgleich bzw. Ersatz außerordentlich schwer zu realisieren wäre. Die Szenarien c und d müssen vollständig abgelehnt werden“ (WSD Nord & FHH 1991). Die Wasserstandsszenarien a und b sind mittlerweile erreicht bzw. bereits überschritten.

Für die Biotope der marinen außenelbischen Küstenbereiche sind – ebenso wie schon für nahezu alle übrigen Schutzgüter beschrieben – die Folgewirkungen der geplanten Elbevertiefung als weniger erheblich einzustufen.

Ein weiterer Verlust besonders wertvoller Flusswatt-Röhrichte und nur noch kleinflächig vorhandener Außenwälder und –gebüsche wäre erheblich, zumal die Biotope verschiedenen Tieren als Heimstatt und Nahrungsquelle dienen. Daher kann für das Schutzgut Vegetation nur die Belastung III vergeben werden. Aus sehr hoher Raumbedeutung E und hoher Belastung III ergibt sich ein sehr hohes Umweltrisiko 5.

Hier müsste beträchtlicher Ausgleich in Form von Deichrückverlegungen und Wiederherstellung naturnaher Uferstrukturen mit geringer Geländeneigung besonders im limnischen Elbabschnitt geschaffen werden.

### 6.3.7 Fauna

#### *Ist-Zustand und Raumbedeutung*

Das im Naturraum Tideelbe vorkommende Arteninventar (hauptsächliche Betrachtungsebenen Fische, Avifauna, Käfer und Schmetterlinge, Makrozoobenthos) ist derartig vielgestaltig und umfangreich, dass hier nur ein kurzer Abriss mit Schwerpunkt der besonders wertvollen und seltenen Arten und ihren Lebensräumen gegeben werden kann.

Nahezu für alle aquatisch lebenden Tiere sind die strömungsberuhigten Flachwasserzonen, Nebengewässer und –elben und Wattflächen von entscheidender Bedeutung. Diese morphologisch stärker strukturierten Habitate erfüllen die Funktion von Nahrungs-, Repro-

duktions- und Aufwuchsräumen, Wander- und Rückzugsgebieten. Aufgrund der qualitativ und quantitativ verarmten Strukturelemente der Tideelbe siedeln dort mittlerweile vorzugsweise robuste, opportunistische Vertreter der Gewässerfauna.

Das Makrozoobenthos wird mit 110 Taxa hauptsächlich vertreten durch Crustaceen, Oligochaeten und die seewärtig aufkommenden Polychaeten. Das Arteninventar der oberen Tideelbe ist als relativ verarmt zu bezeichnen. Auch die Brackwasserzone stellt sich mit zehn bzw. elf echten Brackwasserspezies artenärmer dar als das Weser- oder Ems-Ästuar mit jeweils 14 bzw. zwölf genuinen Brackwasserorganismen (BERNAT ET AL. 1997). Nach Untersuchungen von BERGMANN (1995) und RIEDEL-LORJE ET AL. (1995) ist eine seit den 50er Jahren verstärkte Wanderung der Brackwasserorganismen, der Brackwasserzone folgend, zu beobachten. In der Außenelbe hat sich das Artenspektrum im Vergleich zu früheren Untersuchungen nicht wesentlich verändert.

Aktuell sind 76 Fischarten in der Tideelbe nachzuweisen, 5 weitere gelten als verschollen (Stör, Maifisch, Zährte, Wels und Nordseeschnäpel), für Lachs, Quappe, Ukelei und Barbe sind dramatische Bestandrückgänge zu verzeichnen. Entsprechend der FFH-Richtlinie Anhang II gelten Stör, Nordseeschnäpel, Meer- und Flussneunauge, Finte und Rapfen als besonders schützenswerte Arten. Charakterarten der Kaulbarsch-Flunder-Region sind die noch häufig anzutreffenden Stinte, Flundern, Finte, Hering, Kaulbarsch, Aal und 3-stacheliger Stichling. Die Bedeutung des Mühlenberger Lochs, der Hahnöfer Nebanelbe und Lühensander Nebanelbe als Aufwuchs- und Jungfischrevier einiger euryhaliner Fischarten hat bedingt durch die verarmten Strukturelemente im Hauptstrom entscheidend an Bedeutung gewonnen. Die 15-20fach höheren Abundanzen im Mühlenberger Loch unterstreichen dies eindrucksvoll (BERNAT ET AL. 1997). Die Laich- und Aufwuchsgebiete der Süßwasserfische liegen stromauf im Hamburger Hafen und den Nebengewässern. Der Rückgang bzw. das Aussterben der genannten Fischarten in den letzten 100 Jahren ist im Zusammenhang mit Flussregulierungen und –baumaßnahmen und dadurch verringerten Habitaten und verschlechterter Wasserqualität zu sehen. Als Folge davon musste die Be-

rufsfischerei beinahe vollständig aufgegeben werden. „Die gegenwärtige Situation der Fischfauna in der Tideelbe ist kritisch, da von zahlreichen Arten entweder nur noch Restpopulationen vorhanden sind oder keine sich selbst reproduzierenden Bestände mehr existieren. 37 % der limnischen und euryhalinen Fischarten sind stark gefährdet bis ausgestorben, 26 % sind gefährdet. ...Heute stellt die Tideelbe ein von seinen Überflutungsräumen abgeschnittenes und stark übertieftes Restökosystem dar, welches u.a. durch geringe Flachwasseranteile, verarmte Habitatstrukturen und gestörte Lebensgemeinschaften gekennzeichnet ist“ (BERNAT ET AL. 1997).

Anhand der unter nationalen und teilweise internationalen Schutz gestellten Flächen im Lebensraum Unter- und Außenelbe lässt sich dessen Bedeutung für die Avifauna trotz des anthropogen stark veränderten und nachhaltig gestörten Ökosystems ableiten (s. Kapitel 6.2). Von den im Naturraum Tideelbe zu findenden 110 Arten stehen 43 Spezies unter dem besonderen Schutz der Roten Listen. 12 vom Aussterben bedrohte Vogelarten haben ihr Brutvorkommen in diesem Gebiet (z.B. Wachtelkönig, Kampfläufer, Rohrsänger), 15 Arten, darunter Nonnengans, Säbelschnäbler, Neuntöter und Fluss- und Küstenseeschwalbe, stehen unter dem internationalen Schutz der EU-Vogelschutz-Richtlinie. Charakterarten der Vogelgemeinschaft des Elbeästuars sind Teichrohrsänger und Rohrammer in den Röhrichtern, Austernfischer und Rotschenkel im Vorland, Feldlerche und Kiebitz in den Zwischendeichsgebieten, Kögen und Poldern, Stockente, Löffelente und Bläuhuhn auf den Pütten und Grabensystemen der Marsch sowie auf den Neben- und Seitengewässern der Elbe. Darüber hinaus bilden Möwen, Seeschwalben und andere Küstenvögel auf den Inseln und exponierten Vorländern individuenstarke Kolonien (KURZ 1997). Für Brutvögel stellen intensiv genutzte Marschengrünländer neben intensiv genutzten Salzwiesen und ufernahen Röhrichtbeständen bevorzugte Neststandorte und Habitate dar. Für Rastvögel sind 3 Lebensräume von entscheidender Wichtigkeit: freie Wasserflächen für fischfressende Arten, vegetationslose Wattflächen (nahrungsreiche Schlickwatten) für Watvögel und gelegentlich überflutetes Grünland und intensiv genutztes Marschengrünland sowie Salzwiesen für Enten- und Gän-

sevögel (KURZ 1997). Zu den bedeutendsten Schutzgebieten gehören die Haseldorfer Binnemelbe mit einer der wertvollsten Röhricht-Auwald-Komplexe der Unterelbe und das Nordkehdinge Außendeichsmarsch von Wischhafen bis zur Ostemündung.

Den 395 nachgewiesenen Arten an Nacht- und Kleinschmetterlingen stehen 100 Arten der Roten Listen (HH, SH, Nds) gegenüber, dies entspricht einem Anteil von immerhin 25 %. Darunter fallen 18 von 21 für Röhrichtgesellschaften typische Falterarten. Als Habitate der Nachtschmetterlinge sind von besonderer Bedeutung Quellerfluren, Brackwasser- und Flusswattröhrichte, Auenwälder und –gebüsche sowie Sandstrände und Landröhrichte (KURZ 1997).

Die im Elbe-Ästuar gefundenen Käfer sind auf Biotope der Unterläufe großer Flüsse bzw. Ströme beschränkt, die in der gegebenen Ausdehnung bundesweit kaum noch existieren. Mit den 150 im Unterelberaum vorkommenden Laufkäferarten sind 25 % des BRD-Bestandes hier vertreten (15 % gefährdete Arten). Von großer Bedeutung sind die Lebensräume Salzwiesen, Brack- und Flusswattröhrichte, Auenwälder und –gebüsche, Schilf-Landröhrichte, Sandstrände und Magerrasen.

Die Auflistung der besonders schützenswerten und bedrohten aquatischen und terrestrischen Tierarten hebt nochmals die Bedeutung der verschiedenen Biotopkomplexe hervor und zeigt, wie eng vernetzt letztendlich alle Kompartimente miteinander interagieren. Die Zuflucht, die die Unterelbe diesen Organismen bietet, ist überaus bedeutsam, so dass für das Schutzgut Fauna die höchste Raumbedeutung E anzusetzen ist.

### ***Belastungen durch das Projekt, Risikoeinschätzung***

Die Elbe und angrenzende Ländereien unterlagen seit dem letzten Jahrhundert einer zunehmenden Einengung und strukturellen Verarmung der Habitate, die mit strombaulichen Maßnahmen entlang des Flusses einhergingen (s. Kapitel 6.3.2).

Den im Gewässer lebenden Zooplanktern, Makrozoobenthos-Organismen und Fischen wird durch den zu erwartenden Flächenverlust der sich durch hohe Primärproduktion auszeichnenden Flachwasserzonen größter Schaden zugefügt. Diese Bereiche bieten neben

den Wattflächen verschiedensten Spezies Lebens- und Reproduktionsraum.

Durch Baggerarbeiten, Verklappungen und Aufspülungen wird der Schwebstoffgehalt – zumindest kurzfristig – ansteigen. Über das Phytoplankton, dessen Abundanz sich durch verschlechternde Lichtverhältnisse verringern, das Zooplankton als von den Primärproduzenten abhängige erste Konsumentengruppe, als auch die Fischfauna, denen das Zooplankton als Nährtiere zur Verfügung steht, werden davon unmittelbar betroffen sein. Durch die Materialentnahme und -umlagerung werden flächenhaft vollständig benthische Wirbellosen-Populationen überdeckt und (über Jahre) vernichtet, wie Erhebungen von BERNAT ET AL. (1997) im Gebiet der Rhinplatte gezeigt haben. Somit verringert sich dadurch auch das Nahrungsangebot für Fische.

Darüber hinaus werden mit höherem Schwebstoffeintrag in die strömungsberuhigten Zonen Verklebungen der Fischeier begünstigt. Dabei steigt die Eimortalität unter verringerten Sauerstoffverhältnissen deutlich an. Zusätzlich können sich die Kiemen von adulten Fischen und Fischlarven mit Schwebstoffen zusetzen.

Über das Nahrungsnetz werden abundanzabhängige Veränderungen der Primärproduzenten direkt an die davon abhängigen Zooplankter und Fische als erste und zweite Konsumentenebene weitergereicht. Besonders in den Fokus sollten dabei das Mühlenberger Loch, Hahner Nebenelbe, Haseldorfer Binnenelbe und Hamburger Hafen gerückt werden, da das Zooplankton in diesen Gebieten zur wichtigsten Nahrungskomponente der Fische zählt.

Mit Verringerung des limnischen Ökosystems wird ebenfalls der Lebensraum der Süßwasser-Gemeinschaften verkleinert.

Durch Änderungen der Substratzusammensetzung infolge Abaggerungen kann sich die dort vorhandene benthische Invertebratenfauna in ihrem Artenspektrum verändern und zu einem verringerten Nahrungsangebot für Fische führen.

Eine weitere Beeinträchtigung für Fischlarven und juvenile Fische stellt die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit dar, durch die der Nachwuchs aus den Aufzuchtgebieten verdriftet werden kann. Bereits heute werden adulte Tiere bedingt durch die ansteigende Frequenz der Containerschiffe durch Sog und Schwell, sowie Bug- und Heckwelle geschädigt.

Insgesamt würden sich die Lebensbedingungen der aquatischen Organismen durch die Verschlechterung mehrerer Schutzgüter kumulativ erhöhen. Durch die Kompensation eines sich verschlechternden Faktors erniedrigt sich die Toleranz gegenüber weiteren Belastungen (SCHIRMER 1993).

Auch die terrestrisch lebenden Tiergemeinschaften würde bei einem neuerlichen Elbeausbau mit deutlichen Belastungen konfrontiert werden. Die Auswirkungen würden jedoch mittelbar über die Veränderungen der Vegetation weitergegeben.

In besonderem Maße sind die ufernahen Röhrichtgesellschaften als Brut- und Aufwuchsrevier davon betroffen. Die europaweit geschützten Arten Wachtelkönig, Kampfläufer und Alpenstrandläufer beziehen wenigstens teilweise diese ufernahen Bereiche. Der Verlust auch nur eines Geleges des bodenbrütenden Wachtelkönigs ist bereits als schwerwiegende Schwächung der Population anzusehen (KURZ 1997).

Der bundesweit stark gefährdete Drosselrohrsänger beispielsweise müsste dem höheren Hochwasserstand mit einer höheren Aufhängung der Nester an Schilfhalmern begegnen, die durch die höhere Belastung leichter abknicken.

Auch durch Sandaufspülungen und landseitige Verbringung des Baggerguts vornehmlich im Bereich von Inseln (z.B. Pagensand) muss mit einer Verringerung der Brutplätze gerechnet werden.

Abschließend bleibt zu resümieren, dass die in limnischen Röhrichten beheimateten Vogelarten (Rohrsänger, Blaukehlchen, Rohrschwirl) bereits stark vorbelastet sind, da im Süßwasserbereich der Tideelbe in der Vergangenheit erhebliche Flächenverluste an breiten Röhrichtgürtel durch Fahrrinnenausbau und MThw-Erhöhung flussseits und Abdeichung der Marschen und der sich daran anschließenden intensiven Bewirtschaftung binnenseits zu verzeichnen waren. Der zu erwartende nochmalige Rückgang dieser Lebensräume wird ein weiteres Mosaiksteinchen für ihre schleichende Vernichtung sein.

Erwähnt werden muss noch, dass auch für Nacht- und Kleinschmetterlinge sowie uferbewohnende Käfer der Verlust von Röhrichten, Auenwäldern und –gebüsch erheblich wäre.

Die Auswirkungen der potentiellen Elbevertiefung treffen – wie bei vorangegangenen Maßnahmen auch schon – besonders gravierend die limnisch geprägten Lebensräume und Faunenelemente, während die Störungen im außeneleischen Bereich relativ unerheblich ausfallen würden.

Für die in der Summe beträchtlichen Belastungen durch Auswirkungen verschiedener anderer abiotischer Schutzgüter (Hydrologie, Morphologie, Gewässergüte), die von den Tieren ertragen und kompensiert werden müssen, kann nur die höchste Belastungsstufe III ausgesprochen werden, so dass sich resümierend ein sehr hohes Umweltrisiko 5 für das Schutzgut Fauna ergibt. Erschwerend kommt die Vielzahl von national und europa-/weltweit geschützten Fisch- und Vogelarten hinzu, deren Lebensräume nicht leichtfertig beeinträchtigt oder gar zerstört werden dürfen.

## 6.4 Übergreifende Umweltrisikoaanalyse Unter- und Außenelbe

Abschließend soll hier die Bewertung des Umweltrisikos zusammengefasst und kommentiert werden. Eine durchgehende Vertiefung der Unter- und Außenelbe auf SKN -16 m, die mit einem Abtrag des "Sockels" zwischen Lühesand und Otterndorf einhergeht, wird eine Reihe ökologischer Störungen nach sich ziehen bzw. eine Verschlechterung des ökologischen Gesamtzustandes der Tideelbe fortschreiben, der, wie anhand der gegenwärtigen Raumbedeutung ersichtlich wird (Tabelle 17), bereits stark überformt und verändert ist. Die Folgen des Eingriffs sind heute im Einzelnen noch nicht abschätzbar.

Es ist davon auszugehen, dass

- die Brackwasserzone noch weiter das Ästuar hinaufwandern wird als Folge der Absenkung des als Barriere wirkenden Sockels; dies führt zu einer Verkleinerung des limnischen Lebensraums. Davon betroffen sind in besonderem Maße die ohnehin seltenen Süßwasser-Watten und-Röhrichte, sowie

Auenwälder und limnisch geprägte aquatische Organismen.

- die Tidewelle noch ungehinderter unter geringerem Energieverlust in das Ästuar einschwingen kann und daraus resultierend sich Tideamplitude und Sturmflutwasserstände erhöhen. Mit Ufererosionen und Flächenverlust von ufernahen Röhrichten bedingt durch das höher auflaufende MThw muss gerechnet werden. Das weitere Absinken des MTnw wird zu einem Rückgang der bereits stark verringerten Flachwasserzonen führen, deren Funktion als Reproduktionsrevier und als Ort biogenen Sauerstoffeintrags im aquatischen Lebensraum außerordentlich bedeutsam ist.
- eine Verstärkung der bestehenden Strömungsverhältnisse zu einer zunehmenden Verschlickung von Flachwasserzonen, Nebengewässern und Hafeneinfahrten führt.
- eine Verschlechterung des Sauerstoff-Haushaltes bedingt durch den Rückgang der Flachwasserzonen und zunehmende Schwebstoffgehalte und daran anhaftende Nähr- und Schadstoffe infolge der Ausbau- und verstärkte Unterhaltungsbaggerei eintritt. Unter den verschlechterten O<sub>2</sub>-Bedingungen wird hauptsächlich die Fischfauna zu leiden haben, aber sich auch das Selbstreinigungsvermögen des Gewässers weiter vermindern.
- Flächenverluste an aquatischen und terrestrischen Böden und Lebensräumen verursacht durch die oben genannten Wirkmechanismen zu einer Störung, Abnahme oder sogar Vernichtung seltener schützenswerter Pflanzen- und Tier-Populationen führt.

Die genannten herausragenden Folgewirkungen stellen die Grundlage für die Bewertung in die höchste Belastungsstufe III bezüglich der Schutzgüter Hydrologie, Morphologie, Boden, Vegetation und Fauna (Tabelle 17).

Tabelle 16: Übersicht über die schutzgutbezogenen Umweltrisikoeinschätzungen

Schutzgut	Raumbedeutung	Belastung	Umweltrisiko
Hydrologie	B	III	3
Morphologie	C	III	4
Gewässergüte und Stoffhaushalt	C	II	3
Grundwasser	B	I	1
Boden	(A) - E *	III	5
Sedimente	Nicht als Schutzgut bewertet		
Vegetation	(A) - E *	III	5
Fauna	(B) - E *	III	5+

\*) = Raumbedeutung ist inhomogen verteilt im Untersuchungsgebiet. Zur Risikoeinschätzung wurden die höchstestufigsten betroffenen Teilbereiche mit der dazugehörigen Belastungsstufe herangezogen.

1	Es sind keine entscheidungserheblichen Umweltrisiken zu erwarten.
3	Entscheidungserhebliche Umweltrisiken sind zu erwarten. Sie können nur teilweise vermieden bzw. minimiert werden. Mit umfangreichen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
4	In wesentlichen Untersuchungsgebietsflächen bzw. bzgl. mehrerer Schutzgüter/Teilkomplexe sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die nur teilweise und mit erheblichem Aufwand vermeidbar, minimierbar bzw. ausgleichbar sind. Mit umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
5	In großen Untersuchungsgebietsflächen bzw. bzgl. der meisten Schutzgüter/Teilkomplexe sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten. Vermeidungs-, Minimierungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind nicht immer möglich. Mit sehr umfangreichen Ersatzmaßnahmen ist zu rechnen.
5+	In nahezu dem gesamten Untersuchungsgebiet sind entscheidungserhebliche Umweltrisiken zu erwarten, die auch mit sehr umfangreichen Maßnahmen nicht vermieden, minimiert oder ausgeglichen werden können.

In Abhängigkeit von der Raumbedeutung ist für die Schutzgüter Hydrologie und Gewässerhaushalt aufgrund des bereits deutlich überprägten Ist-Zustandes nur ein mittleres Umweltrisiko ermittelt worden, während für die Schutzgüter Morphologie, Boden, Vegetation und Fauna durch erhebliche und nachhaltige Störungen ein hohes bis sehr hohes Schadpotential gegeben ist. Dieses ist um so gewichtiger zu bewerten, da das Ökosystem Tideelbe als vernetzter Lebensraum betrachtet werden muss, in dem viele Kompartimente in Wechselwirkung miteinander interagieren. Die tiefgreifenden Veränderungen im Naturraum Untereelbe entstanden erst durch weitreichende Eingriffe in die Gewässermorphologie und die Einengung des natürlichen Überschwemmungsgebietes. Wie gesehen, wirkt sich die Beeinträchtigung eines Schutzgutes (z.B. Hydrologie) auch auf andere Teilbereiche aus, so dass ausgehend vom am stärksten betroffenen Schutzgut die Bewertung des Umweltrisikos einer baulichen Maßnahme diskutiert werden sollte.

Die nachfolgenden überwiegend in Zeitungen abgedruckten Beobachtung von Anrainern, Nutzern und ökologisch interessierten Menschen hinsichtlich der Auswirkungen nach der letzten Elbvertiefung mögen, auch wenn sie bislang nicht datengesichert sind, einen Eindruck vermitteln, was von einer weiteren Ausbaumaßnahme erwartet werden darf.

Die nach der Elbvertiefung 1999/2000 beobachteten Veränderungen sprechen für sich. Der vom Hamburger Amt für Strom und Hafenbau für den 28./29.01.2002 vorhergesagte Sturmflutwasserstand von 2-2,5 m über MThw stieg letztlich auf 3,26 über MThw, während in Cuxhaven von einer „normalen“ Sturmflut mit MThw + 2,36 m ausgegangen wurde (www.vorort.bund.net, 12.02.2002).

Ferner wurde eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeiten beobachtet, so Reimer Rzepucha vom Amt Haseldorf (www.abendblatt.de 10.09.2002).

Außer den Nebenflüssen sind zunehmend kleinere Häfen nach dem letzten Ausbau von der ansteigenden Verschlickung betroffen, die Einfahrten müssen seither

unter kostenintensivem Aufwand ausgespült werden. Darüber hinaus sind im Yachthafen Wedel deutlich mehr Wellen zu beobachten (www.abendblatt.de, 10.09.2002, 08.10.2002). Nach Angaben des Sprechers der Stader Wasserschutzpolizei, Hartmut Neumann, haben Schäden durch Schwell deutlich zugenommen (www.tageblatt.de 19.01.2002).

Ein neuerlicher Ausbau der Elbe widerspricht erheblich der EU-WRRL, in der ein guter ökologischer Zustand der Gewässer angestrebt wird. Nach Meinung des Leiters der AG Aktionsprogramme der IKSE, Rolf-Dieter Dörr, hätte die Teilverfüllung des Mühlenberger Lochs mit Hinblick auf die damals noch nicht in Kraft getretene EU-WRRL gar nicht erst umgesetzt werden dürfen (www.tageblatt.de 28.08.2001).

Der Präsident der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord, Gerhard Knieß, hat noch im Oktober 2002 keine spürbaren Folgen der letzten Elbvertiefung ausmachen können (www.abendblatt.de 08.10.2002). Auch der vom WSA Hamburg in Auftrag gegebene, (nach Anhörung des Stader Kreistages) vorgelegte Zwischenbericht sieht keine negativen Auswirkungen nach der Fahrrinnenanpassung (www.cux.wsd-nord.de). Dabei wird die Tatsache vollständig unterschlagen, dass dieses Beweissicherungsverfahren auf 10-15 Jahre ausgelegt ist und gegenwärtig Aussagen über Veränderungen im Ökosystem noch nicht zu treffen sind.

In Anbetracht der bisher gewagten Prognosen und Erfahrungen aus der Vergangenheit scheint das Projekt einer nochmaligen Elbvertiefung nicht ohne schwerwiegende erhebliche und nachhaltige Folgewirkungen für den Landschaftsraum Tideelbe durchführbar zu sein. Selbst Kompensations- und Ersatzmaßnahmen, die im Übrigen noch als Hypothek aus der letzten Vertiefung bestehen, könnten diese Störungen nur unzureichend auffangen. Die Unterelbe stellt einen einmaligen Naturraum dar, der vielen Pflanzen- und Tierarten Lebensraum bietet, entlang des Flusses sind zahlreiche regionale, nationale und internationale Schutzgebiete entstanden, die es gilt, weiter zu pflegen und im Sinne von Natura 2000 zu vernetzen. Bereits heute sollte darauf gedrängt werden, dem Fluss wieder mehr Retentionsräume durch Öffnung der Deichlinie und Wiederschluß von Seitenarmen zu geben, um zukünftigen

Hochwässern und Sturmfluten erfolgreich begegnen zu können

Grundsätzlich widerspricht ein weiterer Ausbau der Elbe sowohl dem Naturschutzgesetz, demzufolge die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes aufrechterhalten werden soll, als auch der EU-WRRL, die als Zielvorgabe einen guten ökologischen Zustand des Gewässers vorsieht. Ebenso wäre eine nochmalige Vertiefung nicht mit dem Koalitionsvertrag des Hamburger Senats in Einklang zu bringen, in dem eine zukünftige Gewässergüteklasse II angestrebt wird.

## **7. Küstenschutzrelevante Risiken der geplanten Vertiefungen von Elbe und Weser**

Die mit den geplanten Vertiefungen gehen nicht nur einher mit umweltrelevanten Risiken, sondern sie verändern auch die Rahmenbedingungen für den Küstenschutz und die Deichsicherheit entlang der Reichweite der Tidewelle bis ins Landesinnere.

Die vorliegende Zusammenstellung soll einen Überblick über mögliche Auswirkungen der geplanten Maßnahmen geben. Dieser kann, entsprechend den teilweise frühen Planungsstadien der einzelnen Projekte und fehlenden Datengrundlagen, nur sehr grob und einschätzend sein. Dennoch sollte es gelingen, die zu erwartenden Auswirkungen plausibel zu machen und in die gebotenen Zusammenhänge zu stellen.

Für beide Ästuarer gemeinsam wird daran anschließend eine vorläufige Bewertung vorgenommen. Im Vergleich werden verfügbare Daten über die Einflüsse anderer Faktoren wie Windszenarien, Oberwassermengenvariationen oder Klimawandel und Meeresspiegelanstieg wiedergegeben.

### **7.1 Sturmflutdaten**

#### **7.1.1 Allgemein**

Tendenziell sind signifikante Veränderungen in der Häufigkeit und der Höhe von Sturmfluten an der deutschen Nordseeküste zu verzeichnen. So weisen SIEFERT & LASSEN (1986) in ihren Analysen von Tidewasserständen seit 1940 eine Zunahme der Tiden unter Starkwind- oder Sturmereignissen um 50% nach. Dabei zeigt

sich im Mittel ein um 35 cm erhöhter durchschnittlicher Scheitelwasserstand.

In den Ästuaren kommen jedoch noch weitere Beobachtungen hinzu. Das Sturmflutgeschehen an den Mündungen ist demjenigen in der Nordsee vergleichbar, während die Erhöhungen umso stärker ausfallen, je weiter landeinwärts die Sturmtide kommt. Darüber hinaus haben sich die Laufzeiten der Tidewellen von der Mündung bis zur jeweiligen Tidegrenze verringert. Demnach laufen die Sturmfluten heute häufiger, schneller und höher auf als zu Referenzzeiträumen der jüngeren Vergangenheit (SIEFERT & LASSEN 1986). Das besondere Verhalten von Sturmfluten in den innersten Bereichen von Ästuaren unterliegt einer Reihe von Einflussfaktoren. Sie bieten der einlaufenden Tidewelle aufgrund ihrer von See her sich allmählich verengenden Morphologie ein Laufhindernis, in welchem sich das Wasser einstauen kann. Bei entsprechender Windrichtung wird das Wasser in das Ästuar hinein gedrückt. Unter Umständen wird die Sturmflutsituation durch hohe Oberwassermengen weiter verschärft.

Dementsprechend ist es im Sinne der vorbeugenden Vermeidung kritischer Sturmflutsituationen sinnvoll, die Morphologie so zu gestalten,

- dass eine gute Abflussleistung für das Oberwasser gewährleistet ist,
- dass einlaufende Tidewellen möglichst frühzeitig Energie verlieren und
- dass durch bereit gestellte Überschwemmungsflächen das einstauende Wasser sich möglichst großzügig verteilen kann.

### 7.1.2 Elbe

In einer Potentialuntersuchung zu einer möglichen weiteren Elbvertiefung um einen Meter (BAW, 2001) wurden die Auswirkungen auf die Tidewasserstände erläutert. Hierin wird von einem Anstieg der Sturmflutscheitelwasserstände um 1 cm ausgegangen.

In ähnlichem Rahmen bewegen sich die Prognosen, die im Zuge der letzten Vertiefung angefertigt wurden. Hierfür wurden insgesamt drei verschiedene Sturmfluten, davon zwei verschieden schwere historische und eine sehr schwere theoretische im unveränderten Elbmodell verglichen mit den gleichen Sturmfluten in einem vertieften Elbmodell (BAW, 1996). Es ergaben

sich Scheitelwasserstandserhöhungen von bis zu 2,5 cm, welche jedoch bei der weniger schweren historischen Sturmflut auftraten. Die Theoretische Sturmflut, mit ungünstigen Annahmen für Wind und Oberwasser auch als Bemessungssturmflut für die Beurteilung von Küstenschutzmaßnahmen herangezogen, wies nach dem Ausbau streckenweise Erhöhungen der Sturmflut um 1 cm auf (BAW, 1996).

Trotz dieser sehr gering ausfallenden Prognosen bezüglich des Einflusses von Fahrwasservertiefungen auf Sturmflutwasserstände wird beispielsweise davon ausgegangen, dass zu beobachtende Veränderungen der Sturmfluten am Pegel St. Pauli auch auf den zurück liegenden Vertiefungen basieren. In der Ökologischen Voruntersuchung der letzten Elbvertiefung (STROM- UND HAFENBAU, 1991a und b) wird von einer dortigen Erhöhung der Sturmflutwasserstände um 40 bis 70 cm in einem Zeitraum von 40 Jahren berichtet. Die Laufzeiten der Sturmflutwellen von Cuxhaven nach Hamburg haben sich dabei um 0,5 bis 1,5 h verkürzt. Dies wird vollständig den menschlichen Eingriffen in die Morphologie der Elbe angelastet, und zwar zu 80 % den Eindeichungen, Sperrwerksbauten und Nebenarmabdämmungen und zu 20 % den Fahrwasservertiefungen (STROM- UND HAFENBAU, 1991a und b). Unklar ist, inwieweit in diesen Daten die Auswirkungen des hydrologischen Nachlaufs der Vertiefung der Elbe auf SKN -13,5m berücksichtigt wurden. Roberz (2003) geht von einem weiteren ausbaubedingten Anstieg der Wasserstände bis 2003 aus und damit von einem Anteil der Fahrwasservertiefungen am Anstieg der Sturmflutwasserstände von bis zu 30%.

Nach SIEFERT & HAVNOE (1988) hat die Vertiefung der Unterelbe um 2,5m von SKN -10m auf SKN -13,5m zu einer Erhöhung der Sturmflutwasserstände in Hamburg von 15 cm geführt. Es stellt sich daher die Frage nach der Plausibilität der Prognose für den Anstieg der Sturmflutwasserstände um 1cm (= ca. 7% von 15 cm) bei einer weiteren Vertiefung der Elbe um 1m (= 40% von 2,5m).

Die aus den Vertiefungen resultierende Querschnittserweiterung hat zu deutlich verbessertem Abflussverhalten geführt, so dass Hochwassersituationen von Oberstrom jetzt deutlich weniger Hochwassergefährdung in die Tideelbe einbringen.

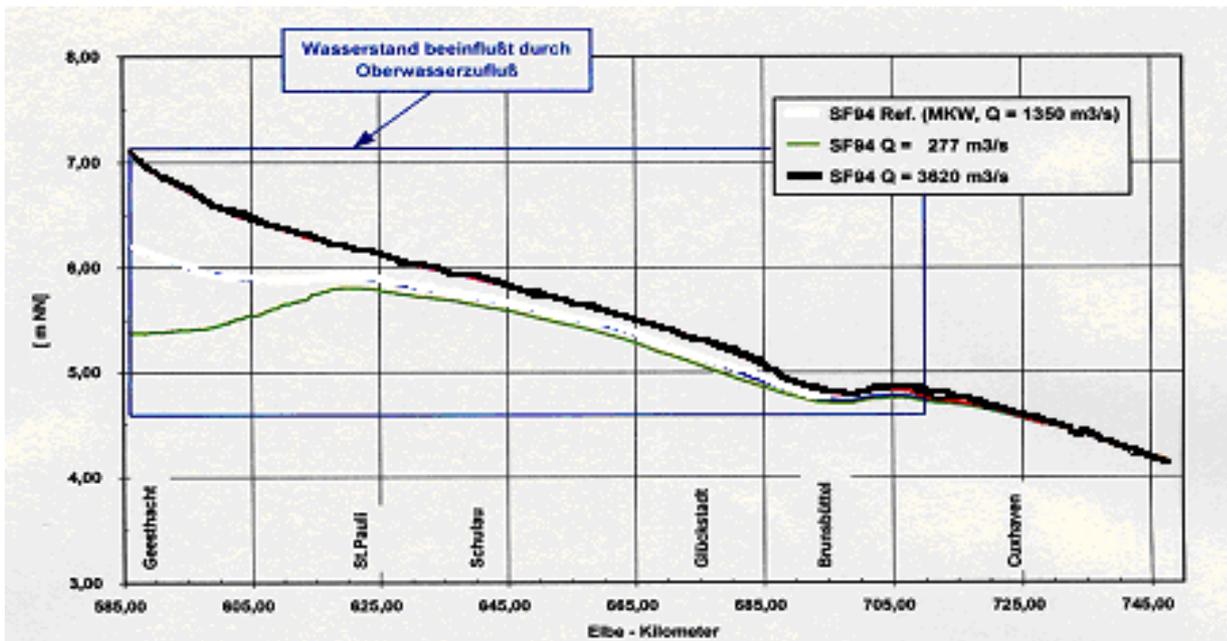


Abb. 5: Sensitivität des Sturmflutwasserstandes durch die Variation des Oberwassers (Q) im Elbeästuar. Bezugssturmflut vom 28.01.1994 (SF94). Aus BAW (2000)

Dennoch ist eine vermehrte Oberwassermenge in der Lage, gleichzeitig auftretende Sturmfluten um beträchtliches zu verschärfen. Abb. 5 zeigt beispielhaft den Einfluss von verschiedenen Oberwassermengen auf Sturmflutwasserstände in der Elbe und deren Reichweite im Extremfall bis km 715.

Roberz (2003) stellt fest, dass das Zusammentreffen eines Jahrhundert-Hochwassers mit riesigen Oberwas-

sermengen wie im Sommer 2002 zu Sturmflutzeiten nicht auszuschließen ist. Beim Zusammentreffen einer hohen Sturmflut mit einem Jahrhundert – Oberwasserzuflusses käme es an einigen Pegeln Hamburgs zu neuen Extremwerten.

## 7.2 Weser

SIEFERT & LASSEN (1986) kommen für die Weser zu denselben Ergebnissen wie für die Elbe und die Nordseeküste.

MÜLLER (1992) untersuchte die Sturmfluthäufigkeiten für Bremen und Bremerhaven für die Zeitreihe 1951 bis 1991. Betrachtet man den von ihm benutzten Eintrittsfall einer Sturmflut ab einem Wasserstand von 1,5 m über dem örtlichen Mittleren Tidehochwasser, dann ergibt sich für Bremerhaven für die vier betrachteten

Jahrzehnte eine zunehmende Häufigkeit von 19 über 21 und 25 auf zuletzt 34 Ereignisse pro Dekade.

Für Bremen zeigt sich die entsprechende Häufigkeitszunahme wesentlich extremer. Am Pegel der Wilhelm-Kaisen-Brücke (Gr. Weserbrücke) mussten nach gleicher Methode zunächst 2, dann 8, 22 und in den 80er Jahren dann 47 Sturmfluten registriert werden.

Auch der Trend zu höheren Sturmflutwasserständen wird hier nachgewiesen. So fallen 9 der zehn schwersten Sturmfluten in die letzten beiden betrachteten Jahrzehnte.

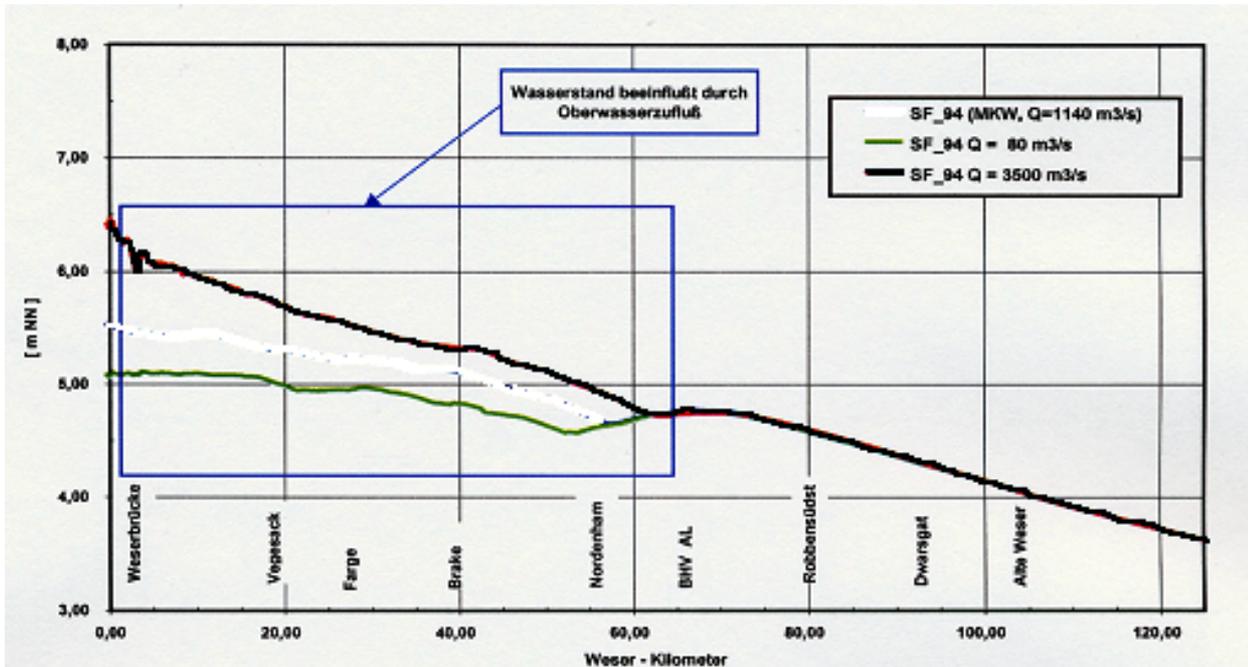


Abb. 6: Sensitivität des Sturmflutwasserstandes durch die Variation des Oberwassers (Q) im Jade-Weserästuar. Bezugssturmflut vom 28.01.1994 (SF94). Aus BAW (2000).

Auch hier gilt, dass Windbedingungen und in der Unterweser auch die Oberwassermenge einen entscheidenden Einfluss auf das Sturmflutgeschehen nehmen. Abb. 6 zeigt die modellierte Reichweite und das Ausmaß des Oberwassereinflusses auf die Höhe der Wasserstände unter Sturmflutbedingungen

### 7.3 Bewertung

An unseren Küsten nehmen Häufigkeit und Schwere der Sturmfluten zu. Als Gründe hierfür kommen der säkulare Meeresspiegelanstieg, periodische meteorologische Schwankungen und/oder ein sich abzeichnender Klimawandel in Frage.

Besonders betroffen von diesen Entwicklungen sind die landeinwärtigsten Bereiche der Ästuarie, wo sowohl die Häufigkeit als auch die Schwere der Sturmfluten überproportional ansteigen. Für diesen Effekt werden die menschlichen Eingriffe in die Morphologie der Gewässer verantwortlich gemacht, und zwar an der Elbe zu 80% durch Strombaumaßnahmen und Eindeichungen und zu 20% als direkte Folge der vorgenommenen Fahrwasservertiefungen.

Dem gegenüber stehen die moderaten Ergebnisse der fachgutachterlichen Einschätzungen, welchen Einfluss

die nunmehr geplanten Vertiefungen mit sich bringen werden. Sie bewegen sich im Durchschnitt bei 1 cm Scheitelwasserstandserhöhung und scheinen sich damit in einem akzeptablen Rahmen zu bewegen. Allerdings ist die Plausibilität dieser Prognosen vor dem Hintergrund der Erfahrungen an der Elbe (vgl. Kap. 7.1.2) in Frage zu stellen.

Desweiteren stellt sich die grundsätzliche Frage, ob nicht in einer Zeit, in der verschiedene beobachtbare Entwicklungen die Ansprüche an unseren Küstenschutz erhöhen und deren präzise Ausmaße noch nicht endgültig absehbar sind, alle baulichen Veränderungen zu unterlassen sind, wenn sie in irgend einer Form die Sicherheitsreserven unseres Küstenschutzes angreifen. Im Zuge des Klimawandels wird mit einem vermehrt ansteigenden Meeresspiegel an unserer Küste gerechnet. Dadurch wird der schon lange beobachtbare und in Deichbemessungen berücksichtigte säkulare Anstieg, der auf 20 cm / 100 a beziffert wird, in den kommenden 100 Jahren um vermutlich 40 cm auf dann 60 cm aufsummiert (z. B. SENAT DER FREIEN HANSESTADT BREMEN, 2003). Zusätzlich wird mit einer Zunahme der Starkwindereignisse und der Niederschläge gerechnet (VON STORCH ET AL., 1998). Letztere werden sich

im Winterhalbjahr konzentrieren und dann zu vermehrten Oberwasserabflüssen führen. Das erhöht die Wahrscheinlichkeit des Aufeinandertreffens von Sturmflut und Binnenhochwasser.

Da diese Prognosen immer noch mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind, lassen sich bislang keine präzisen Auswirkungen auf Fragen des Küstenschutzes errechnen. Hier wird nach wie vor mit Szenarien und unterschiedlichen Eingangsparametern gearbeitet und präzise virtuelle Modelle, die wirklichkeitsnah auf diese Eingangsparameter reagieren, sind in der Entwicklung (z. B. Decision Support System DSS für die Unterweser, Projekt KRIM, siehe z. B. [www.krim.de](http://www.krim.de)). Allein unter Betrachtung des durch die zurück liegenden Vertiefungen verursachten Anstiegs des Mittleren Tidehochwassers (MThw) (SKN – 12 m – Ausbau der Außenweser MThw + 4 cm, BFG, 1994; 13,50 m – Ausbau der Elbe MThw +3 cm, BAW, 2001) ergibt sich unter der Vermutung vergleichbarer Auswirkungen der seitdem erfolgten und geplanten Vertiefungen ein summierter Anstieg des MThw um bis zu einem Dezimeter, der allein auf die jüngsten Vertiefungen zurück zu führen ist. Im Bezug zu dem bislang angenommenen säkularen Anstieg des Meeresspiegels von 20 cm pro 100 Jahren entspricht eine Erhöhung des MThw um 10 cm einem Zeitraum von einem halben Jahrhundert, um den wir unsere Ästuarie in die Zukunft katapultieren. Fahrwasservertiefungen öffnen durch ihre glättende Wirkung auf die hydraulische Rauigkeit der Ästuarie den einlaufenden Tideenergien ein weites Einfallstor, so dass diese mit kaum verminderter Wucht bis zur

Tidegrenze durchschwingen können. Ein größerer Fließquerschnitt lässt größere Tideenergien einschwingen. D.h., je stärker die Flussunterläufe ausgebaut sind, desto ungehinderter können die Wassermassen aus der Nordsee in den Fluss eindringen. Damit konditionieren wir unsere Ästuarie schlecht auf die in Zukunft zu erwartenden erhöhten Ansprüche an den Küstenschutz.

Wenn die durch Fahrwasservertiefungen verursachten veränderten Sturmflutabläufe auch nicht zu akuten Gefährdungen führen, so muss doch zumindest das Aufbrauchen der Sicherheitsreserven, das zwangsläufig zu zusätzlichen Deichsicherungsmaßnahmen und zu eventuell früher anstehenden Deicherhöhungen führen wird, als Kostenfaktor in die Nutzen-Kosten-Analysen solcher Maßnahmen eingehen.

Dabei ist zu bedenken, dass sich eventuell auch die Betriebskosten von Deichverbänden erhöhen werden, wenn die Deiche insgesamt häufiger in Anspruch genommen werden müssen oder Stemmtore von Sielanlagen stärkeren Belastungen ausgesetzt sind. Diese Kosten werden jedoch von den jeweiligen Mitgliedern der Deichverbände aufgebracht, und nicht von den Profiteuren der Vertiefungen.

## 8. Literatur

- Albrecht, J., Kirchhoff, N. (1987): Ökologie der Weser – der Fluß als Lebensraum im Wandel der Zeit. Beiträge der Schifffahrt auf Weser und Mittellandkanal, Minden: 295 – 325.
- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik vom 23. Oktober 2000
- ARGE ELBE (1984): Gewässerökologische Studie der Elbe von Schnackenburg bis zur See. – Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe
- ARGE ELBE (2000): Kurzfassung Gewässergütebereich 2000
- ARGE ELBE (2000): Wassergütedaten der Elbe, Zahlentafel 2000. Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe
- ARGE Weser (1974): Wärmelastplan Weser 1974. Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser. Herausgegeben von den Umweltministerien der Bundesländer Bremen, Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen.
- ARGE Weser (1998): Wesergütebericht 1997. Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser. Herausgegeben von den Umweltministerien der Bundesländer Bremen, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Thüringen.
- BAW (1996): Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe. Gutachten Ausbaubedingte Änderung der Tidedynamik. Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg, BAW-Nr. 9353 3387
- BAW (2000): Untersuchung regionaler Windwirkungen, hydrodynamischer Systemzustände und Oberwassereinflüsse auf das Sturmflutgeschehen in Tideästuarien. Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg.
- BAW (2001): Potentialuntersuchung zur Unter- und Außenelbe, 1. Teilbericht. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Hamburg, Ilmenau, 11 S.
- BERGEMANN, M. (1995): Die Lage der oberen Brackwassergrenze im Elbeästuar. - DGM 39, H. 4/5 S.134-137
- BERNAT, N., H.-J. KRIEG, G. MAASER & H. KAUSCH (1997): Tiere und Pflanzen – Aquatische Lebensgemeinschaften, Teil I. Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Materialband VII. Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft der Univ. HH
- BfG (1994): Umweltverträglichkeitsuntersuchung Anpassung der Außenweser an die weltweit gültigen Anforderungen der Containerschifffahrt – SKN – 14 m – Ausbau. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Bericht BfG 0664.
- BfG (2000): Umweltrisikoeinschätzung für Projekte an Bundeswasserstraßen, Methode. Entwurf der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Bericht BfG 1267.
- BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU (1996a): Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe: Ausbaubedingte Änderung der Tidedynamik. - Auftraggeber: WSA Hamburg & FHH, Strom- und Hafenausbau
- BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU (1996b): Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe: Ausbaubedingte Änderungen der Tidedynamik in den Elbenebenflüssen Ilmenau, Este, Lühe, Schwinge, Pinnau, Krückau, Stör und Oste. Auftraggeber: WSA Hamburg & FHH, Strom- und Hafenausbau
- BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU (1996c): Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt Ermittlung und Bewertung ausbaubedingter Änderungen der schiffserzeugten Belastung - Schiffswellen und Strömungen - . Auftraggeber: WSA Hamburg & FHH, Strom- und Hafenausbau
- BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU (1997): Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt: Ausbaubedingte Änderungen der Tidedynamik in Bützflether Süderelbe, Ruthenstrom, Wischhafener Süderelbe, Freiburger Hafentriel. - Auftraggeber: WSA Hamburg & FHH, Strom- und Hafenausbau
- BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU (2001): Potentialuntersuchung zur Unter- und Außenelbe. 1. Teilbericht: Prinzipielle Vorabschätzungen zu möglichen Auswirkungen einer weiteren Fahrrinnenvertiefung. - Auftraggeber: FHH, Strom- und Hafenausbau
- Bundesgesetzblatt (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten – Bundes-Bodenschutzgesetz. Bundesgesetzblatt I, 16, S. 502 – 510.

- Claus, B. (2002): Ein Schutzkonzept für die inneren Ästuare von Elbe, Weser und Ems. AG Ästuare (BUND, WWF, Nieders. Umweltministerium).
- Claus, B., Neumann, P., Schirmer, M. (1994a): Rahmenkonzept zur Renaturierung der Unterweser und ihrer Marsch, Teil 1. Veröffentlichungen der Gemeinsamen Landesplanung Bremen / Niedersachsen Nr. 1 / 94, 368 S.
- Claus, B., Neumann, P., Schirmer, M. (1994b): Rahmenkonzept zur Renaturierung der Unterweser und ihrer Marsch, Teil 2. Veröffentlichungen der Gemeinsamen Landesplanung Bremen / Niedersachsen Nr. 8 / 94, 232 S.
- Drachenfels, O. V. (1994): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der nach § 28a und §28b NatG geschützten Biotope, Stand September 1994. Naturschutz und Landschaftspf. in Niedersachsen H A/4, 194 S.
- Engel, H. (1995): Die Hydrologie der Weser. In: Gerken, B., Schirmer, M. (Hg.): Die Weser. Limnologie aktuell, Bd. 6, S. 3 - 14.
- Flemming, B. W., Bartholomä, A. (2002): Sedimentation und Erosion an der deutschen Nordseeküste. In: Lozan, J. L., Rachor, E., Reise, K., Sündermann, J., von westernhagen, H. (eds.) (2002): Warnsignale aus Nordsee und Wattenmeer. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, S.57 – 60.
- Flügel, H. (1987): 100 Jahre Korrektur der Unterweser und Hafenbau in Bremen. Jb. Hafenbautechn. Gesellschaft 42: 50 – 82.
- Gätje, C. (1992): Artenzusammensetzung, Biomasse und Primärproduktion des Mikrophytobenthos des Elbe-Ästuars. Diss. Universität Hamburg, FB Biologie.
- Gerken, B. (1995): Die Weser von morgen – Teil 1: Entwicklung eines Leitbildes für die Weser auf anthropologischer und naturgeschichtlicher Grundlage. In: Gerken, B., Schirmer, M. (Hg.): Die Weser. Limnologie aktuell, Bd. 6, S. 231-241.
- GKSS & HGU (1997): UVU zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Materialband IIa: Schwebstoffregime und gelöste Stoffe. - Auftraggeber: WSD Nord & FHH Strom- und Hafenbau.
- Gosselck, F., Bönsch, R., Prena, J. (1995): Untersuchungen von Klappstellen im Weserästuar. In: BfG (1996): Baggern und Verklappen im Küstenbereich. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz Mitt. 11.
- Grabemann, H.-J., Grabemann, I., Herbers, D., Loebel, P., Müller, A. (1999): Hydrodynamik und Gewässergüte der Unterweser vor dem Hintergrund unterschiedlicher Nutzungen. Bremer Beiträge zur Geografie und Raumplanung, 35: 43 – 62.
- Haesloop, U. (1990): Beurteilung der zu erwartenden Auswirkungen einer Reduzierung der anthropogenen Weserversalzung auf die aquatische Biozönose der Unterweser. Dissertation Universität Bremen, FB 2, 205 S.
- Haesloop, U., Schuchardt, B. (1995): Plankton und Makrozoobenthon der gezeitenbeeinflussten Unterweser. In: Gerken, B., Schirmer, M. (ed.)(1995): Die Weser. Limnologie aktuell Band 6, S. 159 – 173.
- HECKMAN, C. & H. KAUSCH (1996): Veränderungen und Gefährdungen der Flussmarschen. - In: LOZAN, J.L. & H. KAUSCH: Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. – Parey
- Hoffmann, B., Meinken, M. (1999): Grund- und Bodenwasserhaushalt in der Unterwesermarsch und ihre Wechselwirkungen. Bremer Beiträge zur Geografie und Raumplanung, 35: S. 87 - 108.
- JORZICK, H.-P., I. MÖLLER, U. MUUSS, H.-P. PATTEN (1989): Hamburg und sein Umland in Karte und Luftbild. - Neumünster.
- KAUSCH, H. (1996a): DIE Elbe – ein immer wieder veränderter Fluss. - In: LOZAN, J.L. & H. KAUSCH: Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. – Parey
- KAUSCH, H. (1996b): Fahrwasservertiefung ohne Grenzen? - In: LOZAN, J.L. & H. KAUSCH: Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. – Parey
- Klinge, U. (1990): Zur Energie von Tidewellen in Ästuaren mit einem Beispiel für die Unterweser. Mitt. des Franzius-Inst. 70: S. 152 – 279.
- Kraft, D., Osterkamp, S., Schirmer, M. (1999): Die ökologische Situation der Unterweser und ihrer Marsch als Ausdruck der naturräumlichen Situation und der Nutzung. Bremer Beiträge zur Geografie und Raumplanung, 35: S. 129 – 152.

- Kraft, D., Steinecke, K. (1999): Klima und naturräumliche Situation in der Unterweserregion. Bremer Beiträge zur Geografie und Raumplanung, 35: S. 17 – 42.
- Kunz, (1990): Einfluss der Oberflächenentwässerung im Unterweserküstengebiet auf das Grundwasser. Zit. nach BfG, 1994, S. 102.
- KURZ, H. (BÜRO FÜR BIOLOGISCHE BESTANDSAUFNAHMEN) (1997): Bedeutung der Unterelbe als Rastgebiet für durchziehende, rastende oder überwinternde Vogelarten – Ist-Zustand, Bewertung und Prognose. – Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt. Materialband VI: Schutzgut Tiere und Pflanzen Terrestrische Lebensgemeinschaften
- KURZ, H. (BÜRO FÜR BIOLOGISCHE BESTANDSAUFNAHMEN) (1997): Biotoptypenkartierung und Kartierung gefährdeter Pflanzenarten im Außendeichsbereich der Tideelbe und der tidebeeinflussten Abschnitte ihrer Nebenflüsse - Ist-Zustand, Bewertung und Prognose -. zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt. Materialband VI: Schutzgut Tiere und Pflanzen Terrestrische Lebensgemeinschaften
- KURZ, H. (BÜRO FÜR BIOLOGISCHE BESTANDSAUFNAHMEN) (1997): Kartierung der Brutvögel der Unterelbe und der tidebeeinflussten Unterläufe ihrer Nebenflüsse – Ist-Zustand, Bewertung und Prognose. – Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt. Materialband VI: Schutzgut Tiere und Pflanzen Terrestrische Lebensgemeinschaften
- Lange, J. (2001): Einfluß der Ionenzusammensetzung auf die Leitfähigkeit und Möglichkeiten zur Berechnung des Salzgehaltes. Wasser- und Schifffahrtsamt Bremerhaven.
- LANGE, J. (2003): UMWELTRISIKOEINSCHÄTZUNG UNTERWESER. – Gutachten erstellt im Auftrag des WWF
- Lozan, J. L., Breckling, P., Fonds, M., Krog, C., van de Veer, H. W., Witte, I. J. (1994): Über die Bedeutung des Wattenmeeres für die Fischfauna und deren regionale Veränderung. In: Lozan, J. L., Rachor, E., Reise, K., von westernhagen, H., Lenz, W. (eds.): Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell, Berlin, S. 226 – 234.
- Mai, S., Bartholomä, A. (2000): The missing mud flats of the Wadden Sea: a reconstruction of sediments and accomodation space in the wake of land reclamation. In: Flemming, B. W., Delafontaine, M. T., Liebezeit, G. (eds.): Muddy Coast Dynamics and Resource Management. Elsevier, Amsterdam.
- Maniak, U., Weihrauch, A., Riedel, G. (1999): Wasserwirtschaftliche Situation in der Kulturlandschaft Unterwesermarsch. Bremer Beiträge zur Geografie und Raumplanung, 35: S. 65 - 86.
- MEIER, D. (1996): Besiedlungsgeschichte in den Flussmündungsgebieten am Beispiel der Eider und Elbe. - In: LOZAN, J.L. & H. KAUSCH: Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren.
- Meyerdirks, J. (1998): Die Auswirkungen von Renaturierungsmaßnahmen auf die Bodenfauna der Süßwasserwatten verschiedener Seitengewässer der Unterweser. Diplomarbeit, Universität Bremen, FB 2
- MÖLLER, VOIGT & PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT NORD (1997): UVU zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt. Materialband XIV: Umweltnutzungen. - Auftraggeber: WSD Nord & FHH Strom- und Hafenbau
- Müller, H. (1992): Gewässerkundlicher Kurzbericht. Wasser- und Schifffahrtsamt Bremerhaven, 1991/6 N1a (Niedersächsisches Landesverwaltungsamt) (ed.) (1983): Rote Liste Gefäßpflanzen Niedersachsen und Bremen. 3. Fassung vom 01.10.1983. Merkblatt 18, Hannover, 36 S.
- NLB (Niedersächsisches Landesamt für Bodenkunde) (ed.) (1997): Böden in Niedersachsen. Kartierung 1:50 000 auf CD, Hannover.
- NLÖ (Niedersächsisches Landesamt für Ökologie) (2001): Gewässergütebericht 2000. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim 13/2001, 40 S.
- NLW (Niedersächsisches Landesamt für Wasserwirtschaft) (ed.) (1994): Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet.
- Nowak, E., Blab, J., Bless, R. (1994): Rote Liste der gefährdeten Wirbeltiere in Deutschland. Schriften-

- reihe für Landschaftspflege und Naturschutz 42, 190 S.
- Osterkamp, S., Schirmer, M. (2000): Projekt „Klimaänderung und Unterweserregion“ (KLIMU) (Fallstudie Weserästuar). Abschlussbericht Teilprojekt Ökologischer Komplex Teil B: „Klimasensitivität der Unterweser und ihrer Vorländer“. Forschungsbericht der Universität Bremen im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie und des Landes Bremen, Förd.-nr.: 01 LK 9604/8
- PLANULA – PLANUNGSBÜRO FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE UND LANDSCHAFTSPLANUNG & UMWELTFORSCHUNG (2001): Vorstudie zur Klärung der Relevanz der Gewässerflora (Makrophyten, Angiospermen, Großalgen) für die Bewertung des ökologischen Zustandes im Teileinzugsgebiet Tideelbe - Endbericht -. – Auftraggeber ARGE ELBE, AG EU-WRRL
- PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT NORD, H. LANGER, G. ALBERT & J. BAUMANN (1997): UVU zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Materialband X: Landschaft. - Auftraggeber: WSD Nord & FHH Strom- und Hafenaufbau
- PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT NORD, H. LANGER, G. ALBERT, J. BAUMANN & H. PETERSEN (1997): UVU zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Materialband XV: Schutzgebiete für Arten und Biotope. - Auftraggeber: WSD Nord & FHH Strom- und Hafenaufbau.
- PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT NORD, H. LANGER, G. ALBERT, J. BAUMANN & R. GÜNZEL (1998): Darstellung der Auswirkungen des geplanten Vorhabens sowie der vorgesehenen Kompensationsmaßnahmen auf Schutzgebiete nach der Europäischen Vogelschutz- und der FFH-Richtlinie (FFH-Studie), im Rahmen der UVU zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. – Auftraggeber: WSD Nord & FHH Strom- und Hafenaufbau
- RIEDEL-LORJE, J.C., U. KOHLA & B. VAESSEN (1995): das Vordringen ausgewählter Bodentiere im Elbe-Ästuar als Indikation für eine Verlagerung der oberen Brackwassergrenze. - DGM 39, H 4/5
- Rieger, E.-M., Lorenz, U., Schirmer, M. (1994): Expertise zu gewässerökologischen Aspekten aktueller und geplanter Aus- bzw. Umbaumaßnahmen in den bremischen Häfen. Der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung, Bremen, 51 S.
- Roberz, P. (2003): Flussvertiefungen contra Hochwasserschutz – Auswirkungen der Flussvertiefungen auf die Höhe der Wasserstände in den Unterläufen von Elbe, Weser und Ems. Eine Studie im Auftrag des WWF.
- Rupert, D. (1982): Wassergüteuntersuchungen des Wasserwirtschaftsamtes Aurich in der Ems sowie im Gebiet der Leda und Jümme. - Jahresbericht der Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz, Nordsee, 24.
- Scheffel, H.-J., Schirmer, M. (1991): Fish Larvae and Juveniles at the Tidal River Weser, FRG. Verh. Intern. Verein. Limnol. 24: S. 2446- 2450.
- SCHIRMER, M. & B. SCHUCHARDT (1993): Klimaveränderungen und ihre Folgen für den Küstenraum: Impaktfeld Ästuar. - In: SCHELLNHUBER, H.-J. & H. STERR (Hrsg.): Klimaveränderung und Küste. Springer, Berlin
- SCHIRMER, M. (1993): Fahrwasservertiefungen und ihre Folgen für das Ökosystem - Die Fischerei als Verlierer. - Arb. - Dtsch. Fisch. Verb. 58: 41-55.
- SCHIRMER, M. (1994): Ökologische Konsequenzen des Ausbaus der Ästuar von Elbe und Weser. - In: LOZAN, J.L. ET AL.(HRSG.): Warnsignale aus dem Wattenmeer. – Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin
- Schirmer, M. (1995): Eindeichung, Trockenlegung, Korrektur, Anpassung: Die Abwicklung der Unterweser und ihrer Marsch. In: Gerken, B., Schirmer, M. (ed.)(1995): Die Weser. Limnologie aktuell Band 6, S. 35 – 54.
- SCHIRMER, M. (1996): Das Klima und seine Bedeutung für Fluss-Ökosysteme. - In: LOZAN, J.L. & H. KAUSCH: Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. – Parey
- Schröder, K., Busch, D., Schirmer, M., Schuchardt, B. (1983): Reaktionen der Fischfauna auf anthropogene chemische und physikalische Veränderungen des Wassers der Unterweser. N. Arch Nds., 32: 418 – 430.

- Schuchardt, B. (1995): Die Schwebstoffdynamik in der Unterweser. In: Gerken, B., Schirmer, M. (Hg.): Die Weser. Limnologie aktuell, Bd. 6, S. 55 - 63.
- Schuchardt, B., Busch, D., Schirmer, M., Schröder, K. (1985): Die aus Fangstatistiken rekonstruierbare Bestandsentwicklung der Fischfauna der Unterweser seit 1891: Ein Indikator für Störungen des Ökosystems. *Natur und Landschaft* 60.11: S. 441 – 444.
- Schuchardt, B., M. Müller, M. Schirmer (1989): Veränderungen im Sauerstoffgehalt der Unterweser nach Reduzierung kommunaler und industrieller Einleitungen. - *DGM* 33 (3/4): 98 – 103.
- Schuchardt, B., Schirmer, M. (1988): Vergleich der planktischen Biozönose der Unterweser vor und nach der Inbetriebnahme der biologischen Stufe der KA Seehausen. Untersuchungsbericht, Wasser- und Schifffahrtsamt Bremen, unveröffentlicht.
- Schuchardt, B., Schirmer, M. (1990): Diatom frustules as natural tracers to determine the origin of suspended matter in the Weser Estuary. *Environmental Technology Letters* 11: 853 – 858.
- Senat der Freien Hansestadt Bremen (2003): Bericht des Senats zur Hochwasserschutzsituation im Land Bremen und Folgerungen anlässlich der Flutkatastrophe an der Elbe im August 2002. (Hochwasserschutzbericht Land Bremen 2002).
- Siefert, w. & Havnoe, K. (1988): Einfluß von Baumaßnahmen in und an der Tideelbe auf die Höhen hoher Sturmfluten. *Die Küste* Heft 47.
- Siefert, W., Lassen, H. (1986): Entwicklung und Ablauf von Sturmfluten in Ems, Weser und Elbe. *Die Küste*, 44.
- Stephan, U. (1986): Morphologische Entwicklung des Fedderwarder Priels. Jahresbericht 1985 der Forschungsstelle Küste, Norderney
- Streif, H., (2002): Die Nordsee im Wandel – vom Eiszeitalter bis zur Neuzeit. In: Lozan, J. L., Rachor, E., Reise, K., Sündermann, J., von westernhagen, H. (eds.) (2002): Warnsignale aus Nordsee und Wattenmeer. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, S. 19 – 28.
- Strom- und Hafengebäude (1991a): Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt – Ökologische Voruntersuchung-. Ergebnisbericht zur Expertenanhörung am 12./ 13.08.1991 in Hamburg.
- Strom- und Hafengebäude (1991b): Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt – Ökologische Voruntersuchung-. Materialienband zur Expertenanhörung am 12./ 13.08.1991 in Hamburg.
- von Liebermann, N., Mai, S. (1999): Küstenschutz an der Unterweser vor dem Hintergrund von Naturraum und Nutzung. *Bremer Beiträge zur Geografie und Raumplanung*, 35: 109 – 127.
- von Nordheim, H., Merck, T. (eds.) (1995): Rote Listen der Biotoptypen, Tier- und Pflanzenarten des deutschen Wattenmeer- und Nordseebereichs. *Schr.-R. f. Landschaftspfl. u. Natursch.* 44, 128 S.
- von Schrenck, A. P. Freiherr (1856): Karte von dem Herzogthume Oldenburg. Herausgegeben als Reproduktion vom Niedersächsischen Landesverwaltungsamt – Landesvermessung, Hannover.
- von Storch, H., Schnur, R., Zorieta, E. (1998): Szenarien und Beratung. Anwenderorientierte Szenarien für den norddeutschen Küstenbereich. Abschlussbericht. BMBF-Förderkennz. 01 LK 9510/0
- Wetzel, V. (1987): Der Ausbau des Weserfahrwassers von 1921 bis heute. *Jb. Hafenbautechn. Gesellschaft* 42: 83 - 105.
- WSA (2002): Der Fischpass am Bremer Weserwehr. Folder des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremen.
- WSA HH & FHH AMT STROM UND HAFENBAU (2002): Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt - 2. Bericht zur Beweissicherung
- WSD NORD & FHH STROM- UND HAFENBAU (1991): Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt – Ökologische Voruntersuchung. Ergebnisbericht.