

Ökosystemleistungen der Tideems früher, heute und zukünftig

ÖSL-Studie



Auftraggeber:



Juli 2018

Auftraggeber:

ZUKUNFTS-
PERSPEKTIVE
TIDEEMS



Dieses Projekt wird gefördert durch die DBU und die Niedersächsische Bingo-Umweltstiftung mit Mitteln des Emsfonds

gefördert durch



www.dbu.de



Titel:

Ökosystemleistungen der Tideems früher, heute und zukünftig (ÖSL-Studie)

Auftragnehmer:

BIOCONSULT
Schuchardt & Scholle GbR

Reeder-Bischoff-Str. 54
28757 Bremen
Telefon 0421 · 620 71 08
Telefax 0421 · 620 71 09

Klenkendorf 5
27442 Gnarrenburg
Telefon 04764 · 92 10 50
Telefax 04764 · 92 10 52

Internet www.bioconsult.de
E-Mail info@bioconsult.de

Bearbeiter:

Dipl.-Biol. Stefan Wittig
Dr. Bastian Schuchardt

Datum:

Juli 2018

Inhalt

Zusammenfassung	8
1. Anlass und Ziel.....	10
2. Ökosystemleistungen (ÖSL).....	12
2.1 Hintergrund und Ziele	12
2.2 Konzept und Erfassung	14
2.3 Klassifizierung von Ökosystemleistungen	17
2.4 Ökosystemleistung von Ästuaren („Langliste“)	18
2.5 Ausgewählte Ökosystemleistungen	20
3. Vorgehen und Grundlagen.....	22
3.1 Die Flächenkulissen früher, heute und zukünftig	24
3.1.1 Datenbasis	24
3.1.2 GIS-Bearbeitung Flächenkulisse	26
3.2 Übersicht: Die Maßnahmentypen des Masterplans Ems 2050	29
3.3 Die Betrachtungszeiträume früher, heute und zukünftig	33
3.3.1 Der Betrachtungszeitraum früher (um 1930).....	33
3.3.1.1 Hydromorphologische Charakteristika	34
3.3.1.2 Naturräumliche und ökologische Ausstattung	35
3.3.1.3 Sozio-ökonomische Situation	37
3.3.2 Der Betrachtungszeitraum heute (um 2010)	40
3.3.2.1 Hydromorphologische Charakteristika	40
3.3.2.2 Naturräumliche und ökologische Ausstattung	42
3.3.2.3 Sozio-ökonomische Situation	44
3.3.3 Der Betrachtungszeitraum zukünftig (Szenario 2050)	46
3.3.3.1 Hydromorphologische Charakteristika	46
3.3.3.2 Naturräumliche und ökologische Ausstattung	48
3.3.3.3 Sozio-ökonomische Situation	50
3.4 Übersicht: Die Flächenkulisse früher, heute und zukünftig	52
3.4.1 Vordeichflächenkulisse	52
3.4.2 Binnenlandflächenkulisse	55
4. ÖSL Nahrungsmittel (Landwirtschaft, Fischerei)	56
4.1 Landwirtschaft	56
4.1.1 Hintergrund und Begründung für Auswahl	56
4.1.2 Operationalisierung	56
4.1.3 Ergebnis	57
4.1.4 Diskussion	59
4.2 Fischerei	61
4.2.1 Hintergrund und Begründung für Auswahl	61
4.2.2 Operationalisierung	61
4.2.3 Ergebnis und Diskussion	62
5. ÖSL Schifffahrt.....	64
5.1 Hintergrund und Begründung für Auswahl	64
5.2 Operationalisierung	64
5.3 Ergebnis und Diskussion	65
6. ÖSL Nährstoffregulierung (N- und P-Rückhalt)	67

6.1	Hintergrund und Begründung für Auswahl	67
6.2	Stickstoffrückhalt (N-Rückhalt)	67
6.2.1	Operationalisierung	67
6.2.2	Ergebnis.....	69
6.3	Phosphorrückhalt (P-Rückhalt).....	70
6.3.1	Operationalisierung	70
6.3.2	Ergebnis.....	72
6.4	Diskussion	73
7.	ÖSL Klimaregulierung (Kohlenstoffspeicherung).....	75
7.1	Hintergrund und Begründung für Auswahl	75
7.2	Operationalisierung	75
7.3	Ergebnis.....	78
7.4	Diskussion	79
8.	ÖSL Habitatfunktion	81
8.1	Hintergrund und Begründung für Auswahl	81
8.2	Operationalisierung	81
8.3	Ergebnis.....	83
8.4	Fazit und Diskussion	86
9.	ÖSL Erholung und Tourismus	88
9.1	Hintergrund und Begründung für Auswahl	88
9.2	Operationalisierung	89
9.3	Ergebnis.....	92
9.4	Fazit und Diskussion	94
10.	Vergleichende Darstellung und Fazit.....	96
11.	Literatur.....	104

Abbildungen und Tabellen

Abb. 1:	Das Konzept der ÖSL (nach Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2015).....	15
Abb. 2:	Darstellung und Abgrenzung des Betrachtungsraumes	23
Abb. 3:	Größe der Litoralflächen früher, heute und zukünftig.....	53
Abb. 4:	Verteilung der LNK im Binnenland (3-km Bereich) früher, heute und zukünftig	55
Abb. 5:	Größe der emsnahen (3-km Bereich binnendeichs) landwirtschaftlichen Flächen früher, heute und zukünftig (LW-Fläche: Landwirtschaftsfläche).....	58
Abb. 6:	Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung der Vorlandflächen (inkl. Tidepolder) als Indikator für ihre Bedeutung für die Landwirtschaft früher, heute und zukünftig	59
Abb. 7:	Jährlichen Anlandungen von Aal, Stint und Butt zwischen 1984 und 2011 an den in der Ems bewirtschafteten Pfahlhamenstellen, dargestellt in 5- Jahresmitteln (Datenreihen des staatlichen Fischereiamtes Bremerhaven, nach 2011 nicht mehr erhoben)	62
Abb. 8:	Regelmäßig auftretende (sommerliche) Sauerstoffminima in der Tideems früher, heute und voraussichtlich zukünftig.....	62
Abb. 9:	Größe und prozentualer Anteil der Flachwasserzone (flaches Sublitoral) bezogen auf die Fläche zwischen den Hauptdeichen der Tideems früher, heute und zukünftig	63
Abb. 10:	Tide- und stauabhängig nutzbare Tiefgänge in der Unterems früher, heute, zukünftig	65
Abb. 11:	N-Rückhalt der Tideems früher, heute und zukünftig.....	69
Abb. 12:	N-Rückhalt der 530 ha Tidepolderflächen	70
Abb. 13:	P-Rückhalt der Tideems früher, heute und zukünftig	73
Abb. 14:	CO ₂ -Speichervermögen auf den Flächen der Tideems früher, heute und zukünftig	78
Abb. 15:	CO ₂ -Speicherung der 530 ha Tidepolderflächen.....	79
Abb. 16:	Anteil von ästuartypischen und nicht-ästuartypischen BTT im limnischen und oligohalinen Bereich der Tideems früher, heute und zukünftig	84
Abb. 17:	Vermutliche Artenzahl der Mollusken (Muscheln und Schnecken) im Abschnitt Herbrum bis Leer (limnischer Bereich) in der Tideems früher, heute und zukünftig.	84
Abb. 18:	Anteil von ästuartypischen und nicht-ästuartypischen BTT der Tideems früher, heute und zukünftig	92
Abb. 19:	Anteil der BTT-Gruppen bezogenen Nutzungsintensitätskategorien der Tideems früher, heute und zukünftig.....	93

Abb. 20:	Größe und prozentualer Anteil der Flachwasserzone (flaches Sublitoral) bezogen auf die Fläche zwischen den Hauptdeichen (inklusive Tidepolder) der Tideems früher, heute und zukünftig	93
Abb. 21:	Regelmäßig auftretende (sommerliche) Sauerstoffminima in der Tideems früher, heute und voraussichtlich zukünftig.....	94
Tab. 1:	ÖSL von Ästuarregionen	18
Tab. 2:	Die ausgewählten ÖSL für die Tideems mit Beispielen für ihren Nutzen bzw. Wert ²¹	
Tab. 3:	Tidewasserstände an den ausgewählten Tideemspegeln früher (aus Herrling & Niemeyer 2008a) und heute (nach Website WSV.de-PEGELONLINE; für den oligohalinen Bereich sind die heutigen mittleren Tidewasserstände aus den beiden Pegeln Leerort und Pogum gemittelt).....	27
Tab. 4:	Der zur Abgrenzung der Litoralflächen verwendete Zusammenhang zwischen Tidewasserstand und Höhenlage bezüglich Normalhöhennull (NHN)(für den Bezug zu NHN wird jeweils die obere Grenze der Höhenkodierung aus den 0,5 m-Schritten verwendet)	28
Tab. 5:	Veränderung der Litoralflächen und BTT durch die Tidepolder im Vergleich zu heute: insg. zusätzliche Fläche von 530 ha im limnischen Emsabschnitt; gleichzeitig 530 ha weniger landwirtschaftlich genutzte Flächen (Grünland, Acker) im Binnenland	31
Tab. 6:	Veränderung der Flächenkulisse der Vordeichsflächen durch die Maßnahmentypen Sommerdeichöffnung und Uferrenaturierung im Vergleich zu heute (keine zusätzlichen Flächen)	32
Tab. 7:	Größe und Veränderung der Vordeichsflächen (Litoralflächen) im Vergleich zu heute.....	36
Tab. 8:	Größe und Veränderung der ästuartypischen Lebensräume (BTT-Gruppen) im Vergleich zu heute.....	37
Tab. 9:	Größe der Vordeichsflächen (Litoralflächen).....	43
Tab. 10:	Größe der heutigen ästuartypischen Lebensräume (der Tiefwasserbereich ist aufgrund starker anthropogener Beeinflussung nicht mehr als ästuartypisch einzuschätzen).....	43
Tab. 11:	Größe und Veränderung der Vordeichsflächen (Litoralflächen) zukünftig im Vergleich zu heute	48
Tab. 12:	Größe und Veränderung der ästuartypischen Lebensräume zukünftig im Vergleich zu heute	49
Tab. 13:	Größe der Vordeichsflächen (Litoralflächen) und deren Veränderung im Vergleich zu heute	53
Tab. 14:	Die Flächenkulisse der Vordeichsflächen	54
Tab. 15:	Die Flächenkulisse im Binnenland (3-km Bereich; LNK = Landnutzungsklassen)	55
Tab. 16:	Biotoptypspezifische Kategorisierung der landwirtschaftlichen Nutzungsintensität und Bedeutung für die Landwirtschaft.....	57

Tab. 17:	Größe und Anteil der emsnahen (3-km Bereich binnendeichs) landwirtschaftlichen Flächen früher, heute und zukünftig.....	58
Tab. 18:	Denitrifikationsraten der BTT-Gruppen und LNK (Werte nach Boerema et al. 2016a; Natho et al. 2013; Website NIBIS®Kartenserver und Scholz et al. 2012)	68
Tab. 19:	Phosphorretentionsraten der BTT-Gruppen (nach Boerema et al. 2016a und Scholz et al. 2012)	71
Tab. 20:	CO ₂ -Speichervermögen der BTT-Gruppen und LNK (nach Boerema et al. 2016a)	77
Tab. 21:	Ästuartypische BTT des limnischen und des oligohalinen Abschnitts der Tideems (nach IBP-Ems 2014 und BIOCONSULT 2012; Bezeichnung der BTT nach Drachenfels 2004).....	82
Tab. 22:	Rekonstruktion einer Taxaliste Mollusken (Muscheln und Schnecken) der Tideems zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Fett markiert sind Generalisten, die möglicherweise zukünftig als erstes die Tideems wieder besiedeln.....	85
Tab. 23:	Ästuartypische und nicht-ästuartypische BTT-Gruppen und BTT (Kategorisierung nach IBP-Ems 2014 und BIOCONSULT 2012; Bezeichnung der BTT nach Drachenfels 2004)	90
Tab. 24:	Kategorisierung der Nutzungsintensität der BTT-Gruppen (als Indikator für die anthropogene Beeinflussung)	92
Tab. 25:	Die Beiträge ausgewählter BTT-Gruppen zu den ÖSL	97
Tab. 26:	Die Wirkungen der Maßnahmentypen des MP Ems 2050 auf die ausgewählten ÖSL (grün: positiv, weiß: kein Einfluss, rot: negativ)	98

Zusammenfassung

Die Studie „Ökosystemleistungen der Tideems früher, heute und zukünftig“ (kurz ÖSL-Studie) ist im Rahmen des Projektes „Zukunftsperspektive Tideems“ erstellt worden. Ziel der Studie ist die Untersuchung der Wirkungen der Maßnahmen des Masterplan Ems 2050 auf ausgewählte Ökosystemleistungen (ÖSL) der Tideems. Die Ergebnisse dieser Grundlagenarbeit zu den ÖSL der Tideems sollen zielgruppenspezifisch aufbereitet, praxisnah vermittelt und kommuniziert werden. Insgesamt wurden sechs ÖSL ausgewählt und analysiert.

Um die Wirkungen des Masterplans auf die ÖSL analysieren und anschaulich darstellen zu können, ist das Angebot und die Nachfrage für drei Betrachtungszeiträume verglichen worden: die Situation um 1930 ohne die aktuellen Belastungen, die heutige Situation um das Jahr 2010 und die Situation für 2050 nach Realisierung der im Masterplan Ems 2050 vorgesehenen Maßnahmentypen. Für die drei Zeiträume ist jeweils eine Flächenkulisse berechnet und abgeleitet worden, in der die naturräumliche Situation und die landschaftstypische Ausstattung der Tideemsregion anhand der Größe und der Verteilung der Biotoptypen (BTT: Vorland) und Landnutzungsklassen (LNK: Binnenland) beschrieben wird.

Basierend auf einer Literaturrecherche ist eine Definition und ein Konzept für ÖSL als Grundlage für die Analysen entwickelt worden. ÖSL sind demnach direkte und indirekte Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen. Hierzu gehören Leistungen und Güter, die dem Menschen einen direkten oder indirekten wirtschaftlichen, materiellen, gesundheitlichen oder psychischen Nutzen bringen. Das Konzept differenziert zum einen in bereitgestellte ÖSL, wozu alle Beiträge des Ökosystems gehören, die Menschen heute oder zukünftig nutzen könnten. Dieses ÖSL-Angebot wird soweit wie möglich quantifiziert. Zum anderen werden die genutzten ÖSL, die direkt von Menschen konsumiert oder in Anspruch genommen werden und somit die gesellschaftliche Nachfrage nach ÖSL beschreiben, qualitativ betrachtet.

Für eine zielführende Analyse der Konsequenzen einer Realisierung der verschiedenen Maßnahmentypen des Masterplans sind die Versorgungsleistungen „Nahrungsmittel: Landwirtschaft und Fischerei“ und „Schifffahrt“, die Regulations- und Erhaltungsleistung „Nährstoffregulierung: Rückhalt von Stickstoff und Phosphor“, „Klimaregulierung: Kohlenstoffspeicherung, Rückhalt von Treibhausgasen“ und „Habitatfunktion“ sowie die kulturelle Leistung „Erholung und Tourismus“ ausgewählt worden. Kriterien für die Auswahl waren die Relevanz für die Fragestellung und die verfügbare Datenlage.

Neben den quantitativen und qualitativen Einzelergebnissen für die ausgewählten ÖSL lassen sich folgende übergreifende Erkenntnisse der ÖSL-Studie zusammenfassen:

- Die Höhe der Versorgungsleistungen „Nahrungsmittel“ und „Schifffahrt“ ist durch menschliches Zutun bestimmt. Die über die Zeit stetig zunehmende Nachfrage hat dazu geführt, dass durch die Anpassung der Wasserstraße Ems und die landwirtschaftliche Nutzungsintensivierung das ÖSL-Angebot an die steigenden Nutzerbedürfnisse angepasst worden ist. Dieses hat in vielen

Teilen die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme beeinträchtigt und wirkt vielfach negativ auf andere ÖSL.

- Die Höhe des Angebots der Regulationsleistungen „Nährstoffregulierung“ und „Klimaregulierung“ wird maßgeblich durch das Vorhandensein ästuartypischer, an das Überflutungsgeschehen angeschlossener Lebensräume bestimmt. Tideauwälder, Tide- und Landröhrichte, Flachwasserzonen und Wattflächen besitzen die höchsten potenziellen Retentionsraten für Stickstoff und Phosphor und können am effektivsten Kohlenstoff speichern. Im Kontext von Umweltrichtlinien (EG-WRRL, EG-MSRL) und Klimaschutzerfordernissen wird die Bereitstellung dieser ÖSL zunehmend nachgefragt.
- Das Angebot an Habitat- und Erholungsfunktion hängt von der naturräumlichen Ausstattung der gesamten Tideems ab. Ein höherer Anteil ästuartypischer und natürlicher Lebensräume, die zusätzlich eine hohe Qualität aufweisen, wirkt positiv auf das ÖSL-Angebot. Eine hohe biologische Vielfalt wirkt tendenziell positiv auf die Resilienz der Ökosysteme, erhält die ökosystemare Funktionsfähigkeit und sichert damit alle anderen Leistungen. Die Erhaltung von Elementen der Kulturlandschaft hat eine positive Wirkung auf die Erholungsleistung.
- Die gegenwärtigen ökologischen Defizite bedingen ein geringeres heutiges ÖSL-Angebot an Regulations- und Erhaltungsleistungen verglichen mit dem früheren naturnäheren Zustand der Tideems. Durch die erfolgreiche Umsetzung der verschiedenen Maßnahmentypen des MPs wird das Angebot dieser ÖSL deutlich verbessert und übersteigt voraussichtlich sogar die Leistungen des früheren Zustands.
- Die Maßnahmentypen des MP Ems 2050 haben neben ihren eigentlichen Zielen positive Effekte auf die Bereitstellung mehrerer ÖSL und besitzen somit einen Mehrfachnutzen. Die Verdeutlichung und Darstellung solcher synergetischer Wirkungen hat das Potenzial die gesellschaftlichen Entscheidungsgrundlagen über solche Maßnahmen zu erweitern. Potenzielle Konflikte in der Inanspruchnahme von ÖSL werden gesellschaftlichen Abwägungsprozessen besser zugänglich.
- Schon die Analyse der wenigen ÖSL hat deutlich gemacht, dass das „Naturkapital“ Grundlage vieler gesellschaftlicher Nutzungsbedarfe darstellt und seine Erhaltung und/oder Verbesserung für die Gesellschaft mit einem Mehrfachnutzen verbunden ist. Die Ergebnisse können damit als starke Begründung für einen naturschonenden Umgang mit den natürlichen Ressourcen und die Wiederherstellung der ökosystemaren Strukturen und Funktionen dienen.

Insgesamt kann die vorliegende ÖSL-Studie einen Beitrag zur Abschätzung der ÖSL von Ästuaren liefern und damit auch die Berichtspflichten Deutschlands im Rahmen der Biodiversitätsstrategie 2020 unterstützen. Dieses auch vor dem Hintergrund, dass für die deutschen Küsten und Ästuare hierüber noch wenige Informationen dazu vorliegen. Allerdings ist dafür eine Weiterentwicklung und Prüfung der hier entwickelten Ansätze und Methoden erforderlich.

1. Anlass und Ziel

Die vorliegende Studie zu den „Ökosystemleistungen der Tideems früher, heute und zukünftig“ (kurz ÖSL-Studie) ist im Rahmen des Projektes „Zukunftsperspektive Tideems: Berücksichtigung von Ökosystemleistungen, Partizipation und Akzeptanzförderung für eine integrierte Entwicklung der Region Unterems“ der Umweltverbände WWF, BUND und NABU erstellt worden. Das durch die Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und durch die Niedersächsische Bingo-Umweltstiftung mit Mitteln des Emsfonds geförderte Projekt hat zum Ziel, einen Beitrag zur Verbesserung des ökologischen Gewässerzustands der Tideems zu liefern. Die Analyse und Bewertung ausgewählter Ökosystemleistungen (ÖSL) soll dieses Ziel unterstützen.

Seit 2015 liegt für den stark degradierten und biologisch verarmten Unterlauf der Ems mit dem von wichtigen Stakeholdern unterzeichneten „Masterplan Ems 2050“ ein Konzept zur Gewässersanierung vor, welches auf eine Balance von ökologischen und ökonomischen Interessen zielt. Eine erfolgreiche Umsetzung des Plans gelingt nur dann, wenn die Menschen in der Region die mit den Natur- und Gewässerschutzmaßnahmen einhergehenden Veränderungsprozesse in der Landschaft und den Wandel der Nutzung von Flächen mittragen. Der ÖSL-Ansatz soll dabei zum Verständnis beitragen, dass Naturschutzmaßnahmen mit Vorteilen für die Gesellschaft einhergehen. Im Sinne einer integrierten Entwicklung gilt es gleichzeitig soziale, kulturelle und wirtschaftliche Ansprüche an die Tideems mit ihren ökologischen Funktionen in Einklang zu bringen.

Übergreifendes Ziel der vorliegenden Studie ist damit die Sensibilisierung der Anwohner, Landnutzer, Touristen und Besucher der Emsregion für die ÖSL der Tideems sowie die nationalen und europäischen Ziele im Natur- und Gewässerschutz. Der ÖSL-Ansatz soll dafür genutzt werden, die Herausforderungen auf dem Weg zur Verbesserung des ökologischen Gewässerzustands und zur nachhaltigen Nutzung der Tideems zu nutzen und in Partizipationsprozessen einzusetzen.

Um die Wirkungen des Masterplans auf die ÖSL anschaulich analysieren und darstellen zu können, soll die Ausprägung der ausgewählten ÖSL für 3 Betrachtungszeiträume analysiert und verglichen werden: die Situation um 1930 vor Beginn eines größeren Teils der aktuellen Belastungen, die aktuelle Situation und die Situation um 2050 nach Realisierung der im Masterplan vorgesehenen Maßnahmen.

Die Teilziele der ÖSL-Studie im Rahmen des Projektes sind:

- Eine quantitative Beschreibung ausgewählter ÖSL der Tideems für drei Betrachtungszeiträume.
- Die Analyse, wie die Umsetzung des Masterplans die aktuelle Ausprägung der ÖSL verändern wird.
- Die Unterstützung der Teilprojekte 2 „Emsbotschaften“ und 3 „Unterstützung Masterplan Ems 2050“ in ihren Umweltbildungsaktivitäten und Partizipationsprozessen.

Dafür werden die folgenden Arbeitsschritte in der ÖSL-Studie durchgeführt:

- Entwicklung eines Konzepts (s. Kap. 2.2) und eine Klassifikation (s. Kap. 2.3) zur Analyse von ÖSL
- Zusammenstellung der ÖSL von Ästuaren (s. Kap. 2.4)
- Auswahl und Definition der projektrelevanten ÖSL (s. Kap. 2.5);
- Erstellung einer Flächenkulisse für die Vordeichs- und Binnenlandflächen (s. Kap. 3.1);
- Beschreibung der drei Betrachtungszeiträume mit projektrelevanten Festlegungen wichtiger Randbedingungen (s. Kap. 3.3);
- Operationalisierung und Quantifizierung der sechs ausgewählten ÖSL (s. Kap 4 bis Kap. 9);
- Vergleichende und zusammenfassende Darstellung der ÖSL (s. Kap. 10);
- Zielgruppenspezifische Aufbereitung der Ergebnisse für das gesamte Projekt.

2. Ökosystemleistungen (ÖSL)

Im Folgenden wird nach einführender Beschreibung der Hintergründe und allgemeinen Ziele von ÖSL das hier verwendete ÖSL-Konzept mit unserer Definition und den zentralen Begriffen erläutert. Darauf aufbauend wird beschrieben, wie in der vorliegenden Studie ÖSL erfasst und klassifiziert werden, um dann ÖSL von Ästuaren umfassend aufzulisten (Rechercheergebnis für sog. „Langliste“). Abschließend werden die hier ausgewählten ÖSL aufgeführt und die Auswahl begründet.

2.1 Hintergrund und Ziele

Das Thema der ÖSL erfährt seit einigen Jahren auch international verstärkte Aufmerksamkeit. Dabei ist die Erkenntnis, dass Ökosysteme und aus ihnen resultierende Leistungen eine wesentliche Grundlage für das menschliche Wohlbefinden sind, nicht neu und findet zunehmend Verbreitung auch in gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen (z.B. Boerema et al. 2015). In der Wissenschaft werden die ÖSL (engl.: ecosystem services) seit mehreren Jahrzehnten international diskutiert. Aufbauend auf dem viel beachteten „Millennium Ecosystem Assessment“-Report (MA 2005) werden Ansätze zur Analyse von ÖSL verstärkt im Zusammenhang mit dem Biodiversitätsschutz in die politische Diskussion gebracht.

Ökonomische Argumente und monetäre Bewertungsansätze spielten und spielen bei der Bestimmung und Analyse von ÖSL schon immer eine große Rolle. Insbesondere die internationale Studie „The Economics of Ecosystems and Biodiversity“ (TEEB 2010; „Die Ökonomie von Ökosystemen und der Biodiversität“) hat hierzu einen bedeutenden Beitrag geliefert. Darauf aufbauend hat das interdisziplinäre Vorhaben „Naturkapital Deutschland – TEEB DE“ (2012; 2015; 2016) die Fragestellungen und Forschungsansätze von TEEB auf die Erhaltung von Biodiversität und ÖSL in Deutschland angewendet.

Auch auf politischer Ebene wurde die Bedeutung der ÖSL in den vergangenen Jahren fest verankert, da ihre Erhaltung und Wiederherstellung zu mehreren globalen und EU-weiten Zielen gehört. Z.B. fordert die 2011 von der EU-Kommission vorgelegte Biodiversitätsstrategie u.a. als ein Ziel die Sicherung und Verbesserung von Ökosystemen und deren Leistungen durch eine „Grüne Infrastruktur“ bis zum Jahr 2020 (Europäische Kommission 2011). Zusätzlich sind in den letzten Jahren weitere EU-Richtlinien (v.a. WRRL – Wasserrahmenrichtlinie und MSRL – Meeresstrategie-richtlinie) und deutsche Strategien (v.a. Klimaschutzstrategie und Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels, Nachhaltigkeitsstrategie) hinzugekommen, die ebenfalls ÖSL in unterschiedlicher Weise adressieren.

Im Juni 2010 hat die UN eine Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) ins Leben gerufen, die ÖSL-Konzepten weiteren Vorschub leistet. Diese sind stark mit der Frage der Identifizierung und der Bewertung von ÖSL verknüpft, wobei insbesondere die monetäre Bewertung der Leistungen der Natur noch einmal verstärkt in den Mittelpunkt gerückt ist.

Den meisten ÖSL-Konzepten zur Bestimmung von ÖSL ist gemeinsam, dass sie als Ziel eine Sensibilisierung und Bewusstseinschaffung für den hohen Wert von Natur in der Gesellschaft und bei Entscheidungsträgern verfolgen. Es wird vielfach betont, dass die meisten sozio-ökonomischen Teilsysteme ohne diese Leistungen nicht funktionieren würden. So hatten die MA-Reports das Ziel, die Konsequenzen von Ökosystemveränderungen für das menschliche Wohlbefinden zu bewerten und eine wissenschaftliche Basis für notwendigen Handlungsbedarf zu schaffen, um den Schutz und die nachhaltige Nutzung von Ökosystemen und ihren Beitrag für das menschliche Wohlbefinden zu verbessern (MA 2005). Auch das deutsche TEEB-Vorhaben betont: *„Biologische Vielfalt und die Leistungen der Natur – unser Naturkapital – bilden die Grundlage für menschliches Wirtschaften und Wohlergehen. Natur ist neben dem Humankapital und dem Sachkapital ein Vermögen, aus dem wertvolle Leistungen hervorgehen“* (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012: 9).

In den vergangenen Jahren ist als ein weiteres Ziel die Frage hinzugekommen, wie ÖSL genutzt werden können, um Renaturierungs- und Naturschutzmaßnahmen bewerten zu können. Ziel solcher ÖSL-Bewertungsansätze ist es, den Kontext von Maßnahmenbewertungen zu erweitern, um weg von einem streng technischen oder Rote-Listen-Ansatz hin zu einer stärker integrierenden Bewertung im Hinblick auf sozio-ökonomische Aspekte zu kommen. Auf diese Weise kann nicht nur die Kosteneffektivität von Maßnahmen bestimmt werden, sondern auch die ökologische Nachhaltigkeit und soziale Gerechtigkeit (z.B. Jacobs et al. 2013; SfEP 2015).

Die wesentlichen Ziele von ÖSL-Konzepten sind somit (vgl. z.B. Borowski-Maaser et al. 2014; Lucas 2011; Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012):

- Entscheidungen zu finden, die verschiedenste Interessen und Problemlagen integrieren und zusätzliche Akzeptanz und Unterstützung z.B. bei Landbesitzern und der Öffentlichkeit generieren können.
- Die Sensibilisierung und Bewusstseinschaffung für den hohen Wert von Natur in der Gesellschaft und bei Entscheidungsträgern.
- Die Bewertung der Konsequenzen von Ökosystemveränderungen für das menschliche Wohlbefinden.
- Eine erweiterte Perspektive für die Bewertung von Renaturierungs-/Naturschutzmaßnahmen hin zu einer integrierenden Bewertung.
- Das Verständnis schaffen, dass Renaturierungs-/Naturschutzmaßnahmen mit Vorteilen für die Gesellschaft einhergehen können.
- Durch die Verdeutlichung der sozio-ökonomischen Wichtigkeit von ÖSL eine Steigerung der Legitimität von naturschutzfachlichen Entscheidungen und damit die Schutz- und Entwicklungsanstrengungen für natürliche Ökosysteme zu stärken.

Langfristig könnten ÖSL-Ansätze und -Konzepte so dazu beitragen, eine integrierte Vision und ganzheitliche Politik für die Nutzung und den Schutz natürlicher Ressourcen zu entwickeln.

2.2 Konzept und Erfassung

Nach MA (2005) werden ÖSL als „*the benefits which people derive from nature*“ definiert. Fisher et al. (2009) verstehen unter ÖSL „*the aspects of ecosystems, utilized actively or passively, to produce human well-being*“, also die direkte oder indirekte Nutzung oder der Konsum von ökologischen „Phänomenen“ durch den Menschen. Dabei basieren die ÖSL auf den Ökosystemfunktionen, die wiederum durch ökosystemare Strukturen und/oder Prozesse gewährleistet werden. In Abgrenzung zum Begriff Ökosystemfunktion entsteht der Begriff Ökosystemleistung also aus einer anthropozentrischen Perspektive und ist an einen Nutzen des Ökosystems für den Menschen gebunden (TEEB 2010).

Im deutschen TEEB-Vorhaben findet auch der Begriff „Naturkapital“ Verwendung. Die Autoren verstehen hierunter „*die Natur mit ihrer Vielfalt an Arten, Lebensgemeinschaften und Ökosystemen. Es bildet neben technischem Kapital (Maschinen, Produktionsanlagen etc.) und menschlichem Kapital (Wissen, Arbeitskraft) die Grundlage für Wertschöpfung und Wohlstand. Die verschiedenen Leistungen der Natur, die Ökosystemleistungen, sind Voraussetzung für die Produktion zahlreicher Güter und Dienstleistungen, fördern unsere Gesundheit und sind damit wichtige Basis für unser Wohlergehen*“ (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012: 15). Es wird betont, dass Naturschutz und ein nachhaltiger Umgang mit den natürlichen Lebensgrundlagen auch aus ökonomischer Sicht und intergenerationellen Verantwortung geboten sein muss.

Die dieser Studie zugrunde liegende Definition von ÖSL lautet nach Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2015) und Fisher et al. (2009):

Ökosystemdienstleistungen sind direkte und indirekte Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen, das heißt Leistungen und Güter, die dem Menschen einen direkten oder indirekten wirtschaftlichen, materiellen, gesundheitlichen oder psychischen Nutzen bringen. ÖSL haben eine explizit anthropozentrische Perspektive und sind an einen Nutzen des Ökosystems für den Menschen gebunden. Ohne Nutznießer gibt es keine ÖSL.

Unser Konzept zur Analyse der Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen ist in Abb. 1 dargestellt und umfasst zwei Aspekte: zum einen die Angebotsseite (linke Seite in Abb. 1), die von ökosystemaren Strukturen, Prozessen und Funktionen abhängt, und zum anderen die Nachfrageseite (rechte Seite in Abb. 1), die durch sozioökonomische Faktoren der Gesellschaft bestimmt wird. Dabei wird soweit möglich das Angebot als die Bereitstellung von ÖSL quantitativ analysiert, während die Nachfrage oder der Bedarf der genutzten ÖSL ausschließlich qualitativ beschrieben wird. ÖSL können somit als Elemente an der Schnittstelle zwischen Angebot (Strukturen und Prozesse des Ökosystems mit potenziellem Nutzen für den Menschen) und der wertbestimmten Nachfrage von Individuen nach diesem Nutzen beschrieben werden. Ersteres ist prinzipiell Untersuchungsgegenstand der Ökologie, letzteres der Ökonomie (vgl. Turner et al. 2008), wobei bei beide Zugängen der Nutzen für den Menschen als Wertebene auftaucht (vgl. Definitionen oben).

Zur Erläuterung des Konzepts sollen im Folgenden zentrale, in dieser Studie verwendete Begriffe erläutert werden (nach Beichler et al. 2016b; Haines-Young & Potschin 2013):

- **Ökosystemfunktionen** umfassen physikalische, chemische und biologische Prozesse und Wechselwirkungen, die in den verschiedenen Ökosystemen stattfinden (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012).
- **Genutzte ÖSL** werden direkt von Menschen konsumiert oder in Anspruch genommen. Genutzte ÖSL stellen die gesellschaftliche **Nachfrage** nach ÖSL dar. Dabei ist die tatsächliche Entscheidung für oder der geäußerte Bedarf nach Gütern und Dienstleistungen eine Voraussetzung dafür, einen Nutzen aus Ökosystemen ziehen zu können (von Haaren et al. 2014; Wolff et al. 2015).
- **Bereitgestellte ÖSL** umfassen alle Beiträge des Ökosystems, die Menschen heute oder zukünftig nutzen könnten, aber nicht zwangsweise heute genutzt werden. Dementsprechend beschreiben bereitgestellte ÖSL das **Angebot** an ÖSL (Burkhard et al. 2012; Burkhard et al. 2014).
- **Wertmaßstäbe** umfassen sowohl rechtliche Ziele und Normen sowie individuelle Präferenzen z.B. aus dem BNatSchG oder der EG-WRRL. Diese bedingen sowohl die Auswahl der Ökosystemaspekte, die als ÖSL aufgefasst werden, als auch die Bewertung dieser ÖSL beispielsweise im Sinne von Zielerreichungsgraden (von Haaren et al. 2014).
- **Menschlicher Einsatz** umfasst alle anthropogenen Beiträge zur Erzeugung von ÖSL, wie z.B. Düngung, Technik, Arbeit und Energie. Diese menschlichen Beiträge führen häufig zur Umwandlung von bereitgestellten in genutzte ÖSL (Albert et al. 2015a; Burkhard et al. 2014; von Haaren et al. 2014).

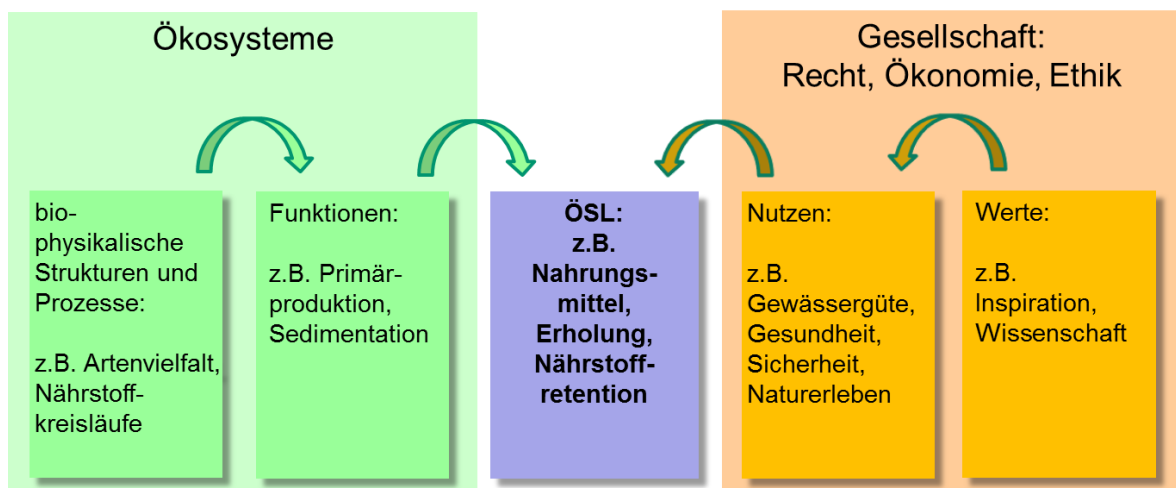


Abb. 1: Das Konzept der ÖSL (nach Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2015)

Die Erfassung der ÖSL richtet sich nach den in der Literatur beschriebenen Methoden (s.u.). Es werden keine neuen Ansätze oder Vorgehensweisen entwickelt. Vielmehr wird unter dem Gesichtspunkt der Datenverfügbarkeit ausgewählt, welche Methode durchführbar und zielführend ist. Dabei

müssen einzelne Schritte zur Operationalisierung angepasst werden, damit die Veränderungen durch die Maßnahmentypen des MP Ems 2050 analysierbar werden (s. Kap. 4 bis Kap. 9).

Für die Bestimmung und Bewertung von ästuarinen ÖSL im Rahmen dieser Studie wird auf folgende Forschungsprojekte und Arbeiten zurückgegriffen (u.a. Borowski-Maaser & Neubauer 2013; Borowski-Maaser et al. 2014; ESAWADI 2013):

- **TIDE** (Tidal River Development: www.tide-project.eu): Erweiterung des Wissens über die Prozesse in Ästuaren durch die Analyse und Integration geomorphologischer, hydrodynamischer und ökologischer Daten sowie Entwicklung und Erprobung von integrierten Ästuar-Bewirtschaftungsplänen.
- **HARBASINS** (Harmonisierung von Strategien für Flusseinzugsgebiete im Bereich der Nordsee: http://www.nlwkn.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=30830&article_id=106527&_psmand=26): Kompatibilität von Managementstrategien und internationale Zusammenarbeit im Hinblick auf Küstengewässer, Ästuar und Flusseinzugsgebiete der Nordseeregion.
- **Ökosystemfunktionen von Flussauen**: Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion (BfN-Projekt: s. Scholz et al. 2012; Mehl et al. 2013). Von den Autoren wurde eine quantitative monetäre Analyse und Bewertung der ÖSL von großen Flussauen durchgeführt und in ihrem möglichen Beitrag für den Gewässerschutz abgeschätzt. Dabei wurden die vier Auenfunktionen Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat/Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion quantifiziert.
- **Ecosystem management research group** (ECOBE) der Universität von Antwerpen (<https://www.uantwerpen.be/en/research-groups/ecobe/>), die umfangreiche Studien über die Schelde v.a. in Belgien durchgeführt haben. Hier stehen ökosystemare Prozesse an der Schnittstelle zwischen Land und Fluss/Ästuar ebenso im Fokus, wie die Bewertung von Renaturierungsmaßnahmen anhand von ÖSL-Ansätzen (s. Boerema et al. 2016a; Boerema & Meire 2017; Meire et al. 2005).
- **KLIWAS** (Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt – Entwicklung von Anpassungsoptionen: www.kliwas.de): Im Zusammenhang mit der Unterhaltung von Bundeswasserstraßen und klimatischen Veränderungen wurde herausgearbeitet, dass die ÖSL eine wichtige Rolle für die Vorlandausprägung und den Unterhaltungsaufwand der Bundeswasserstraßen spielen, da Erosions- und Sedimentationsprozesse durch die Vegetation bestimmt werden (Bauer et al. 2014).

Neben der qualitativen Identifizierung von ÖSL für bestimmte Naturregionen stellt sich insbesondere für die Bewertung von Managementmaßnahmen die Frage, wie sich die Bereitstellung und Nutzbarkeit von ÖSL unter verschiedenen Managementstrategien verändert. Dafür ist es zielführend, die Höhe der ÖSL für unterschiedliche Zustände des betrachteten Naturraums quantitativ zu bestimmen.

Trotz einer Vielzahl von Untersuchungen zu den von ästuarinen Ökosystemen bereitgestellten ÖSL (s.o.) stellen sowohl ihre Quantifizierung, v.a. aber ihre vergleichende Bewertung weiterhin eine

große methodische Herausforderung dar. Zum einen sind die Wertzuweisungen und Werthaltungen zu den ÖSL aufgrund der expliziten Nutzerperspektive zwangsläufig subjektiv und ihre Höhe daher ein Abbild der gesellschaftlichen Nutzerinteressen. Zum anderen werden für die Quantifizierung des Angebots von ÖSL und der möglichen Veränderungen solche Parameter oder Indikatoren benötigt, die wissenschaftlich fundiert, für die Daten verfügbar und die auch auf Informationen basieren, die Stakeholder bei ihrer Entscheidungsfindung nutzen oder akzeptieren (z.B. Borowski-Maaser et al. 2014). Diese Parameter liegen nur in Einzelfällen vor und wenn, sind sie nur teilweise vollständig quantifizierbar.

2.3 Klassifizierung von Ökosystemleistungen

Nach CICES sind ÖSL definiert als die Beiträge, die Ökosysteme für das menschliche Wohlergehen schaffen. Diese Leistungen werden von lebenden Organismen hergestellt oder entstehen aus dem Zusammenspiel von biotischen und abiotischen Prozessen. CICES bezieht sich speziell auf die „finalen“ Leistungen oder Produkte aus ökologischen Systemen, also die, die von Menschen direkt verbraucht, verwendet oder wertgeschätzt werden (Maes et al. 2013).

Die hier vorgenommene Klassifizierung der ÖSL folgt dem von CICES (Common International Classification of Ecosystem Services) entwickelten allgemeinen Rahmen für eine ÖSL-Klassifikation. In der vorliegenden Studie wird nur bei der ÖSL Schifffahrt hiervon abgewichen (s. Kap. 2.4). CICES verfolgt das Ziel, eine einheitliche Herangehensweise für ÖSL-Studien hinsichtlich der ÖSL-Klassifizierung zu schaffen, um zum einen eine vollständige Erfassung von ÖSL zu ermöglichen und zum anderen die Vergleichbarkeit von Einzelstudien zu erhöhen (Haines-Young & Potschin 2013). Die CICES-Klassifikation unterteilt die Hauptgruppen Versorgungsleistungen (provisioning services), Regulations- und Erhaltungsleistung (regulating and maintenance services) und kulturelle Leistungen (cultural services). Sie deckt aber nicht die sog. „unterstützende Leistungen“ (supporting services) ab, die ursprünglich im „Millennium Ecosystem Assessment“ (MA 2005) definiert wurden. Die unterstützenden Leistungen werden in CICES als Teil der Ökosystemprozesse und Ökosystemfunktionen betrachtet, durch die Ökosysteme charakterisiert sind. Da sie nur indirekt verbraucht oder verwendet werden und gleichzeitig die Leistungen vieler „finaler Outputs“ sicherstellen, geht CICES davon aus, dass sie in der Regel sinnvoller auf anderen Wegen in umweltbezogene Strategien und Bewertungen integriert werden können.

Die Definition, Abgrenzung und Erfassung von ÖSL im Rahmen der Umsetzung der Europäischen Biodiversitätsstrategie lehnt sich – wie in der MAES-Arbeitsgruppe bei der Generaldirektion-Umwelt vereinbart (Maes et al. 2013) – an die CICES-Klassifikation an (Haines-Young & Potschin 2013). Sie wird auch in den TEEB-Berichten verwendet und dient als Ausgangspunkt für die nationale ÖSL-Erfassung in Deutschland (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012; NEA-DE Albert et al. 2014; vgl. Albert et al. 2015a).

2.4 Ökosystemleistung von Ästuaren („Langliste“)

Die folgende Tab. 1 beschreibt die ÖSL von Ästuaren (s.a. Jacobs et al. 2013) in Anlehnung an die CICES-Klassifikation (Haines-Young & Potschin 2013) unter Berücksichtigung der von RESI entwickelten Klassifikation für Flusssysteme (Beichler et al. 2016a).

Tab. 1: ÖSL von Ästuarregionen

Haupt- und Subgruppe	ÖSL	Kurzbeschreibung: Nutzen und Wert
Versorgungsleistungen: womit uns die Natur versorgt		
Nahrungsmittel	Kulturpflanzen	Landwirtschaftliche Kulturpflanzen (z.B. Getreide, Knollenfrüchte, Gemüse, Obst)
	pflanzliche Biomasse für den Einsatz in der Landwirtschaft	Futterpflanzen (Ackerfutter, aus Wiesen und Weiden stammendes Futter) als Grundlage der Erzeugung tierischer Produkte (z.B. Milch, Fleisch)
	Vieh (Rinder und Schafe)	Landwirtschaftliche Nutz-, Schlacht- und Zuchttiere
	Wildtiere und Fische (konsumtiv)	Wild und Fische für den Verzehr
	Trinkwasser (Oberflächen- und Grundwasser)	Trinkwasser aus Oberflächen- und Grundwasser
Rohstoffe	Pflanzliche Rohstoffe für Verarbeitung	Holz (aus Wald und Kurzumtriebsplantagen) für Verarbeitungszwecke
	Brauchwasser in Industrie und Landwirtschaft (Oberflächen- und Grundwasser)	Kühlwasser, Bewässerungswasser
Energie	Pflanzliche Energierohstoffe aus Landwirtschaft, KUP, Holzwirtschaft	Land- und forstwirtschaftliche Biomasse (z.B. Mais, Raps, Holz) als Energierohstoff
	Wasserkraft, Schifffahrt ¹	Energiegewinnung, Schiffbarkeit und Navigation
Regulations- und Erhaltungsleistung: wobei uns die Natur hilft		
Regulation und Retention	Rückhalt von organischem Kohlenstoff (C)	Rückhalt von organischem C durch Aufnahme in Biomasse (z.B. Assimilation von Muscheln/Biofilm) oder durch Aufnahme in Sedimente (Deposition); Dauerhafte Entfernung von organischem C durch Respiration; Mikrobieller Abbau organischer Schadstoffe
	Rückhalt von Stickstoff (N)	Rückhalt von N durch Aufnahme in Biomasse (z.B. Assimilation von Muscheln, Makrophyten, Phyto- und Zooplankton) oder durch Aufnahme in Sedimente (Deposition); Dauerhafte Entfernung von N durch Denitrifikation
	Rückhalt von Phosphor (P)	Rückhalt von P durch Aufnahme in Biomasse (z.B. Assimilation von

Haupt- und Subgruppe	ÖSL	Kurzbeschreibung: Nutzen und Wert
		Muscheln, Makrophyten, Phyto- und Zooplankton) oder durch Aufnahme in Sedimente (Deposition)
Globales Klima	Kohlenstoffspeicherung, Rückhalt von Treibhausgasen	Verminderung von anoxischem C-Abbau (CH ₄ -Emission) und unvollständigem anoxischem N-Abbau (N ₂ O-Emission); Rückhalt und Speicherung von CO ₂ durch Aufnahme in Biomasse (Nettoprimärproduktion/Assimilation) und Böden
Extremabfluss	Hochwasserregulation	Drosselung des Hochwasserabflusses und Absenkung des Hochwasserscheitels
	Niedrigwasserregulation	Niedrigwasserausgleich durch Aquiferentlastung, hydrologische Selbstregulation durch Makrophytenaufwuchs und Morphologie (Dämpfung des Wasserstandabfalls)
Entwässerung	Vorflut	Möglichkeit, dass Wasser im natürlichen Gefälle abfließen kann und von Vorflutern (Gewässern) aufgenommen und fortgeführt wird
Sedimente (inkl. Schwebstoffe)	Geschieberegulation	Ausgleich von örtlichem Überangebot oder Mangel an Sediment durch linien- und flächenhafte Erosion oder Ablagerung (in Flussgerinnen, Flussdeltas, an Stränden)
	Bodenbildung	Sedimentinduzierte Bodenbildung vor allem infolge Schwebstoffsedimentation
Regional- / Lokalklima	Kühlwirkung (Gewässer und Böden)	Kühleffekt infolge Verdunstung durch die latente Verdunstungswärme (Relevanz im Sommerhalbjahr)
Biodiversität	Habitatfunktion ²	Sicherstellung aller anderen ÖSL: die Habitatsleistung betrachtet die funktionelle und strukturelle Qualität ästuarischer Habitate, Lebensgemeinschaften und Arten, die als Grundlage vielfältiger menschlicher Nutzungen dienen.
Kulturelle Leistungen: wodurch uns die Natur bereichert		
Physische und kognitive, erlebnisbasierte Erfahrung von Lebewesen, Lebensräumen und Landschaften	Physische und erlebnisbasierte Erfahrung	Erleben von Tieren, Pflanzen und Landschaften z.B. durch Naturbeobachtung
		Nutzung von Landschaften durch wasserbezogene Aktivitäten die zum Zweck der Erholung und Freizeitgestaltung stattfinden (Sportangeln Baden, Freizeit-Bootfahren usw.)
	Kognitive und emotionale Interaktion	Bildung und Wissenschaft: Ästuarregionen als Ort der Bildung und Ausgang von wissenschaftlicher Forschung Die Ästhetik der Landschaft charakterisiert durch ihre Vielfalt, Eigenart und Natürlichkeit (Landschaftsästhetik)

Haupt- und Subgruppe	ÖSL	Kurzbeschreibung: Nutzen und Wert
		Natur- und Kulturerbe: Die Gesamtheit von materiellen Objekten (z.B. Arten, Denkmale) sowie gedankliche und kulturelle Reflexion materieller Naturgüter durch den Menschen und lebendige kulturelle Ausdrucksformen.
Spirituelle, symbolische Bedeutung von Lebewesen, Lebensräumen und Landschaften	Spirituelle und symbolische Bedeutung weitere kulturelle Leistungen wie Existenzwert und Vermächtnis an zukünftige Generationen	

¹: Schifffahrt wird hier als Teil der Versorgungsleistungen „Hydropower and Transport“ nach Millennium Ecosystem Assessment (MA 2005) klassifiziert. Die Nutzung von Fließgewässern als Wasserstraße wird im System nach CICES (Haines-Young & Potschin 2013) als Produkt der ÖSL „Regulierungsleistung des hydrologischen Kreislaufes und Wasserabflusses“ angesehen (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2015).

²: Die ÖSL „Habitatfunktion“ wird nach CICES klassifiziert als Erhaltung von Lebenszyklen und Habitaten. Die Erhaltung der Arten und Habitats zielt hierbei nicht nur auf „genutzte“ und „nutzbringende“ Arten ab, sondern auf alle Arten und Lebensräume (Erhaltung der Biodiversität als eigenen Wert, vgl. BNatSchG, Art. 1). Andere Studien klassifizieren sie als eigene ÖSL-Hauptgruppe (de Groot et al. 2010; Posthumus et al. 2010; Scholz et al. 2012) oder als Teil der „Basisfunktion“ und nicht als Teil der Regulationsleistungen (Grizzetti et al. 2015; Haines-Young & Potschin 2013; Liqueste et al. 2013).

2.5 Ausgewählte Ökosystemleistungen

Im Folgenden werden die für die ÖSL-Studie ausgewählten ÖSL dargestellt und die Auswahl begründet. Weitere Details zur Auswahl bzw. Bedeutung finden sich auch einleitend bei der Beschreibung der einzelnen ÖSL. Die Auswahl basiert generell auf folgenden Aspekten:

- sie entspricht den in der wissenschaftlichen Literatur genannten und für Ästuare bedeutenden ÖSL;
- sie adressiert die Wirkungen bzw. Veränderungen, die aus der Umsetzung der Maßnahmentypen des MP Ems 2050 resultieren;
- sie adressiert die Nutzerperspektiven und deren Werte in der Tideemsregion, die durch den MP Ems 2050 angesprochen werden und adressiert damit auch wichtige Konfliktkonstellationen;
- sie deckt alle Hauptgruppen (nach CICES) von ÖSL ab;
- sie deckt sowohl genutzte als auch bereitgestellt ÖSL ab und adressiert damit sowohl die ÖSL-Nachfrage als auch das ÖSL-Angebot;
- sie kann durch den breiten Ansatz die Informationen des Beteiligungsprozesses (Workshops) integrieren und damit die Ziele des gesamte Projekts unterstützen;

- sie ist Ergebnis der projektinternen Absprachen und der Abstimmungen im projektbegleitenden Beirat.

Zusätzliche spielte die Datenlage und die davon abhängige Möglichkeit zur Bearbeitung der ÖSL eine zentrale Rolle bei der Auswahl. Die folgende Tab. 2 fasst die für die ÖSL-Studie auf dieser Grundlage ausgewählten ÖSL zusammen.

Tab. 2: Die ausgewählten ÖSL für die Tideems mit Beispielen für ihren Nutzen bzw. Wert

Versorgungsleistungen: womit uns die Natur versorgt	
Nahrungsmittel: Pflanzliche und tierische Nahrungsmittel und Rohstoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Bereitstellung von Kulturpflanzen (z.B. Getreide, Mais), Nutztieren (z.B. Rinder, Schafe) und Wildpflanzen und -tieren (z.B. Fische) • Bereitstellung von Futterpflanzen zur Erzeugung tierischer Produkte (z.B. Milch, Fleisch)
Schifffahrt	<ul style="list-style-type: none"> • Gewährleistung der Schiffbarkeit
Regulations- und Erhaltungsleistung: wobei uns die Natur hilft	
Nährstoffregulierung: Rückhalt von Stickstoff (N) und Phosphor (P)	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Gewässergüte • Nährstoffreduzierung durch Aufnahme in Biomasse oder in Sedimenten; Abbau durch Denitrifikation
Klimaregulierung: Kohlenstoffspeicherung, Rückhalt von Treibhausgasen,	<ul style="list-style-type: none"> • globale Klimaregulierung durch Reduktion von Treibhausgasen • Regulierung von Mikro-, Lokal- und Regionalklima
Habitatfunktion (Biodiversität)	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherung funktioneller und struktureller Qualität und Funktionsfähigkeit ästuartypischer Lebensräume und Arten • Sicherstellung anderer ÖSL
Kulturelle Leistungen: wodurch uns die Natur bereichert	
Erholung und Tourismus: Erleben von Tieren, Pflanzen und Landschaften, Nutzung von Landschaften	<ul style="list-style-type: none"> • Freizeitgestaltung in der Flusslandschaft inklusive Naturbeobachtung/-erleben als Naherholung • Ermöglichung touristischer naturbezogener Aktivitäten wie z.B. Spazieren, Radfahren, Baden, Freizeit-Bootfahren und Angeln

3. Vorgehen und Grundlagen

Aufgabe der Studie ist es, die Wirkungen des Masterplans auf die ÖSL zu analysieren und anschaulich darzustellen. Es wurde deshalb ein methodischer Ansatz entwickelt, der die Ausprägung der ausgewählten ÖSL für 3 Betrachtungszeiträume analysiert und vergleicht: die Situation um 1930 vor Beginn eines größeren Teils der aktuellen Belastungen, die aktuelle Situation und die Situation um 2050 nach Realisierung der im Masterplan vorgesehenen Maßnahmen.

Eine wesentliche Grundlage für die quantitative Analyse der Veränderungen in den ÖSL ist die naturräumliche und landschaftstypische Situation der Tideemsregion. Um diese für die drei Zustände der Tideems früher, heute und zukünftig zu beschreiben, müssen zum einen die Flächengrößen der Litoral-/Vordeichflächen und Binnenlandflächen bestimmt und zum anderen die ökologische Ausstattung dieser Flächen mit ihren Lebensräumen beschrieben und analysiert werden. Hieraus wird eine Flächenkulisse für die drei Betrachtungszeiträume entwickelt, in der die Größe und Verteilung der Biotoptypen (BTT) bzw. Biotoptypgruppen (BTT-Gruppen), Litoralfächen und Landnutzungsklassen (LNK) für früher, heute und zukünftig beschrieben ist.

Betrachtungsraum der ÖSL-Studie ist die tidebeeinflusste Unterems zwischen dem Wehr bei Herbrum und der Mündung in den Dollart (Länge: ca. 48 km). Lateral umfasste der Betrachtungsraum neben dem Wasserkörper der Tideems die Vorlandflächen zwischen den Hauptdeichen und zusätzlich einen ca. 3 km breiten Bereich binnenseitig der Hauptdeiche (s. Abb. 2). Wenn im Folgenden von Litoralfächen, Vordeichflächen oder Tideemsflächen gesprochen wird, dann sind immer alle Flächen gemeint, die an das Tidegeschehen angeschlossen sind, die also mehr oder weniger (wie z.B. Sommerpolderflächen) überflutet werden. Hierzu gehören also auch die zukünftigen (im Binnenland liegenden) Flächen der Tidepolder.

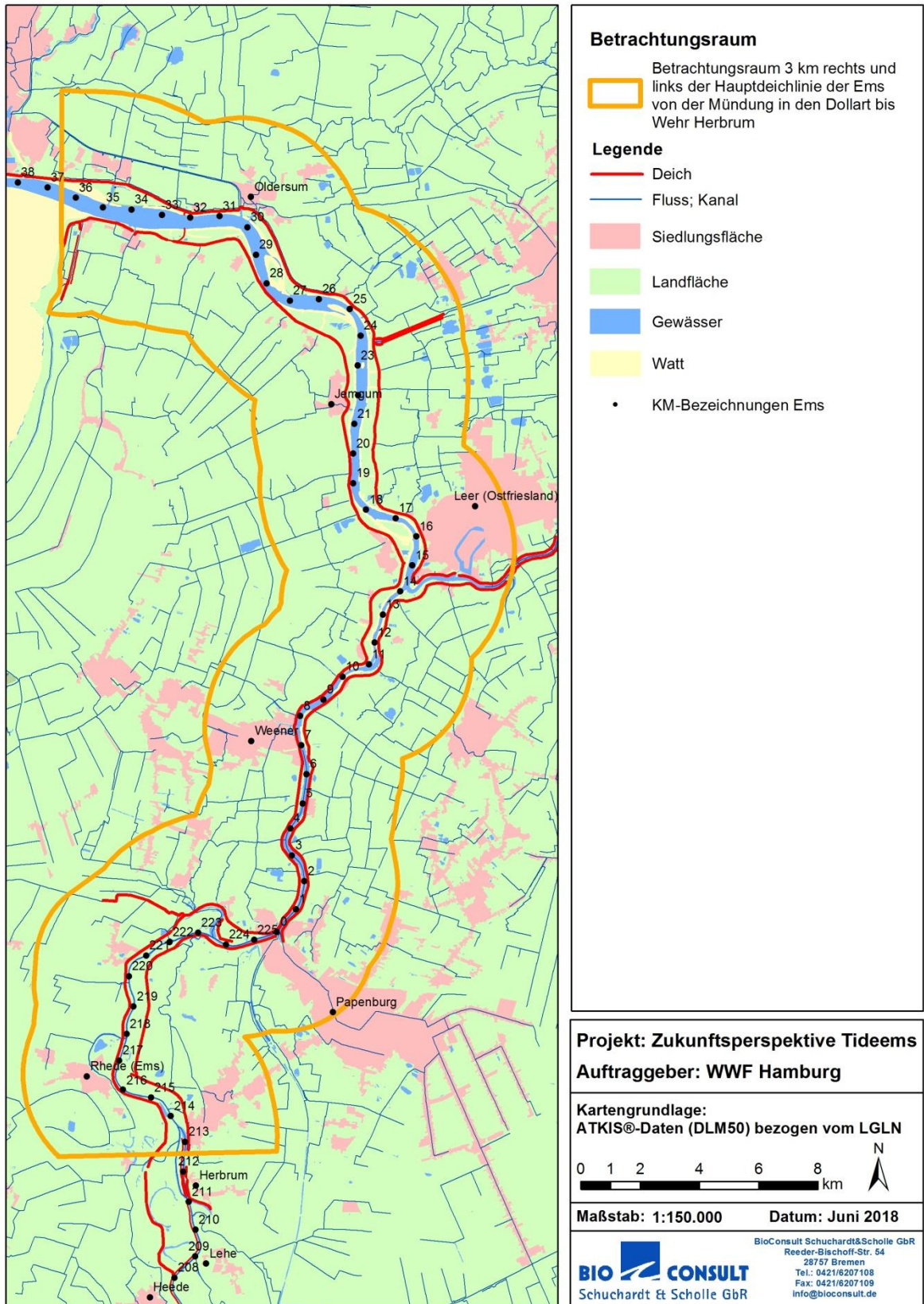


Abb. 2: Darstellung und Abgrenzung des Betrachtungsraumes

Darüber hinaus müssen zentrale Randbedingungen insbesondere für die Betrachtungszeiträume früher und heute festgelegt werden.

Für das Vorgehen zur Analyse der ÖSL sind also zwei Schritte erforderlich:

1. Erstellung einer Flächenkulisse für die drei Betrachtungszeiträume früher, heute und zukünftig anhand von räumlichen Daten (s. Kap. 3.1).
2. Beschreibung der drei Betrachtungszeiträume, in denen die für die Analyse der ÖSL zentralen Randbedingungen festgelegt werden (s. Kap. 3.3).

Die Ergebnisse der Flächengrößenbestimmung und der Lebensraumausstattung sowie die in den Betrachtungszeiträumen festgelegten Randbedingungen für die drei Tideemzustände gehen in die ÖSL-spezifischen Analysen mit den jeweils für sie durchgeführten Methoden ein (s. Kap. 4 bis Kap. 9).

3.1 Die Flächenkulissen früher, heute und zukünftig

Die Herleitung der Flächenkulisse, also der Flächengrößen der BTT der Vordeichflächen (Litoralflächen) und der LNK im emsnahen Binnenland wird im Folgenden beschrieben. Datenbasis für die frühere (um 1930) und die zukünftige (2050) Flächenkulisse ist die heutige Situation bezüglich der BTT und LNK (um 2010).

3.1.1 Datenbasis

Basis für die Analysen von Flächengrößen und Lebensraumausstattung für die Zustände der Tideems (Unterems von DEK-km 212,6 bis Ems-km 36) sind folgende räumliche Daten (mit Quelle/Jahr).

Fläche heute: Vordeichflächen

- Biotopykartierung (BTTK): Projekt „Lebendige Unterems“ (NLWKN 2006/2007)
- Digitales Geländemodell (DGM) (WSA Emden 2005)
- Vektordaten der IBP-Ems-Funktionsräume (NLWKN 2014)

Weitere Daten als Literaturwerte sind dem IBP-Ems (2014) entnommen, in dem Angaben zur Größe der Funktionsräume, der Litoralbereiche, ästuartypischer Lebensräume usw. zusammengestellt sind.

Exkurs: Biotoptypen (BTT) als zentrale Bearbeitungsebene für das Vorland

BTT stellen die zentrale Bearbeitungsebene der Vorlandflächen dar, da sie sich in besonderer Weise zur Erfassung, Darstellung und Bearbeitung funktionaler ökologischer Informationen eignen. Die vorliegende Kartierung erfolgte nach Drachenfels (2004), der Biotope zusammenfasst, die hinsichtlich wesentlicher Eigenschaften übereinstimmen und bereits umfangreiche Informationen bezüglich ihrer Korrelation zu den wichtigsten Standorteigenschaften beinhalten, wie z.B. Topographie, Überflutungshäufigkeit, Nutzung. Als anerkannte Kartiereinheit liegen sie für die Vorländer der Tideeems des limnischen und oligohalinen Bereichs flächendeckend und in digitaler Form vor und ermöglichen so eine Bearbeitung im geographischen Informationssystem (GIS).

Als Einheiten mittleren Integrationsniveaus beinhalten sie einzeln, aber auch gruppiert für größere Landschaftsausschnitte charakteristische Informationen. So erlauben sie z.B. auch Aussagen über das Vorkommen naturraumtypischer Arten. Damit sind sie differenziert und flächenscharf genug, um landschaftsökologische Auswirkungen von Renaturierungsmaßnahmen anzuzeigen. Die Nomenklatur der BTT folgt in dieser Studie dem Kartierschlüssel von Drachenfels (2004), da sie direkt mit diesem Schlüssel kartiert wurden.

Die heutige Typisierung der BTT kann auch für den früheren und zukünftigen Zustand verwendet werden. Das bedeutet, dass die Zuordnung der BTT zu den Litoralflächen für alle Zustände identisch ist und Berechnungen bzw. Festlegungen zur veränderten Größe der Litoralflächen eine Ableitung der BTT-Verteilung ermöglicht.

Fläche heute: Binnenland

- Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem-Digitales Landschaftsmodell 50 (ATKIS-DLM50): Projekt „Lebendige Unterems“ (LGLN 2011)
- Vektordaten des 3-km Bereichs (BIOCONSULT 2011)

Exkurs: ATKIS-DLM50 als zentrale Bearbeitungsebene für das Binnenland im „3-km Bereich“

Für die emsnahen Flächen im Binnenland stellen die Daten zu den LNK aus dem Digitalen Landschaftsmodell 1:50.000 (ATKIS-DLM50) die zentrale Bearbeitungsebene dar. Die Abgrenzung dieser Flächen erfolgt über eine GIS-basierte Pufferbildung in Abstand von drei Kilometer binnenseitig der Hauptdeichlinie. Das bedeutet, dass nur die ATKIS-Daten mit den Objektbereichen bzw. -arten Siedlung, Verkehr, Ackerland, Grünland, Wald und Gewässer herangezogen werden, die sich einem Abstand von 3 km binnenseitig der Hauptdeichlinie befinden (sog. 3-km Bereich). Die LNK, obwohl weniger detailliert als die BTT-Daten, erlauben eine ausreichend flächendifferenzierte Analyse der ÖSL „Nahrungsmittel: Landwirtschaft“.

Fläche früher: Vordeichsflächen

- Rasterdaten zur historischen Topografie der Jahre 1927 für den Emsabschnitt zwischen Herbrum und Papenburg und 1933 für den Emsabschnitt zwischen Papenburg und Pogum des HARBASINS-Projekts (NLWKN-FSK 2007/2008)

Weitere Daten als Literaturwerte sind den Berichten des Projekts „HARBASINS“ (2007/2008) entnommen, in denen Angaben zur Größe der Litoralbereiche zusammengestellt sind.

Fläche früher: Binnenland

- Die Flächenkulisse basiert auf den getroffenen Festlegungen für das Szenario früher und ist von der Datenbasis für die Fläche heute abgeleitet

Fläche zukünftig: Vordeichsflächen und Binnenland

- Vektordaten Maßnahmen (Flächen und Kulisse): Integrierter Bewirtschaftungsplan Emsästuar (IBP-Ems 2014) und Projekt „Lebendige Unterems“ (BIOCONSULT 2011)

Für die Größe der zukünftigen Flächen sind die im Masterplan Ems 2050 genannten Flächengrößen für den Maßnahmentyp „binnenseitige Tidepolder/Tidespeicherbecken und Rückdeichungen“ ausschlaggebend. Für die Maßnahmentypen „Öffnung bzw. Rückbau von Sommerdeichen und Verwallungen“, „Schaffung von Wiesenvogellebensräumen im Binnenland“ und „Rückbau von Uferbefestigungen“ werden Festlegungen über ihre Auswirkungen auf die BTT-Verteilung getroffen. Die Maßnahmentypen und ihre Wirkungen werden im Betrachtungszeitraum zukünftig (Szenario 2050) beschrieben (s. Kap. 3.3.3). Die Auswahl und Verortung der Maßnahmenflächen erfolgt anhand der Vorarbeiten des Projekts „Lebendige Unterems“ (BIOCONSULT 2013) und in Abstimmung mit dem Auftraggeber (AG).

Weitere räumliche Daten, die im Rahmen dieser Studie zur Quantifizierung der ÖSL verwendeten wurden, werden in den Kap 4 bis Kap. 9 dargestellt.

3.1.2 GIS-Bearbeitung Flächenkulisse

Alle räumlichen Daten werden in einem geografischen Informationssystem (GIS: Quantum GIS) verarbeitet. Das bedeutet, dass sie als Shape-Dateien in ein GIS geladen werden und dort miteinander verschnitten oder vereinigt werden. Rasterdaten müssen dazu in Vektordaten konvertiert werden. Die aus der GIS-Bearbeitung resultierenden Datenformate (dBase-Dateien) werden anschließend in Excel importiert und über die Erstellung von Pivot-Tabellen ausgewertet.

Folgende Bearbeitungsschritte im GIS werden durchgeführt:

- GIS-Verschneidung BTTK mit IBP-Ems-Funktionsräumen zur Abgrenzung Binnenland und Litoralflächen,
- GIS-Verschneidung ATKIS mit 3-km Bereich zur Abgrenzung emsnaheer Flächen,
- DGM-TIFF: Umwandlung Raster- in Vektordaten (Shape),
- HARBASINS-TIFF: Umwandlung Raster- in Vektordaten (Shape),

- DGM-Topografie: Kodierung in 0,5 m-Schritten und Berechnung der Größe der Litoralfächen durch Verschneidung von Höhenstufen und Tidewasserständen,
- HARBAISNS-Topografie: Kodierung in 0,5 m-Schritten und Berechnung der Größe der Litoralfächen durch Verschneidung von Höhenstufen und Tidewasserständen,
- GIS-Verschneidung der beiden Topografien zur Berechnung der Litoralfächenveränderungen.

Weitere GIS-Bearbeitungsschritte und GIS-Analysen sind bei der Operationalisierung der ausgewählten ÖSL dargestellt (s. Kap 4 bis Kap. 9).

Ziel dieser GIS-Arbeiten ist zum einen die Schaffung einer Datengrundlage für die Bestimmung der BTT-Größen für den Betrachtungszeitraum früher und zum anderen die Differenzierung des Sublitorals in Tiefwasserbereich und Flachwasserzone. Hintergrund dafür ist, dass die frühere BTT-Verteilung unbekannt ist und daher hilfweise die Größen der Litoralfächen herangezogen werden. Den Litoralfächen können dann die BTT näherungsweise zugeordnet werden. Darüber hinaus unterscheidet die BTTK nicht zwischen Tiefwasserbereich und Flachwasserzone, so dass hier ebenfalls die Litoralfächen Grundlage der Differenzierung darstellt. Das Vorgehen dafür wird im Folgenden beschrieben.

Abgrenzung der Litoralfächen:

Die Abgrenzung der Litoralfächen für die Betrachtungszeiträume früher und heute basiert auf der Zuordnung der topografischen Daten zu den früheren und heutigen Tidewasserständen zweier Emspegel (s. Tab. 3). Hintergrund dafür ist, dass aufgrund der veränderten Tidewasserstände früher auch die Höhenlage der Litoralfächen in Bezug zum Normalhöhennull (NHN) früher eine andere war (s. Tab. 4).

Tab. 3: Tidewasserstände an den ausgewählten Tideemspeln früher (aus Herrling & Niemeyer 2008a) und heute (nach Website WSV.de-PEGELONLINE; für den oligohalinen Bereich sind die heutigen mittleren Tidewasserstände aus den beiden Pegeln Leerort und Pogum gemittelt)

Zeitraum	Ems-km	1933-1937		2000-2010	
		MThw (m NHN)	MTnw (m NHN)	MThw (m NHN)	MTnw (m NHN)
Pegel Papenburg (limnischer Bereich)	0	1,41	-0,3	1,89	-1,62
Pegel Leerort und Pegel Pogum (oligohaliner Bereich)	15 und 35	1,4	-1,03	1,66	-1,7

Die Lage der Litoralbereiche in Bezug zu den Tidewasserständen und Normalhöhennull (NHN) – für die beiden Salinitätszonen differenziert (der limnische Bereich endet oberhalb der Ledamündung bei ca. Ems-km 13) – ist in Tab. 4 dargestellt. Den aus der Literatur entnommenen Angaben zur Lage der Litoralfächen in Bezug zu den Tidewasserständen (vgl. Herrling & Niemeyer 2008a, Schirmer et al. 2004) wird unter Berücksichtigung der Pegelinformationen (Tab. 3) eine Höhe zu NHN zugeordnet. Aus den Höhendaten der topografischen Datensätze wird dann der Flächenanteil der jeweiligen Litoralfächen berechnet. Dabei wird jeweils ein Pegel für den limnischen und

oligohalinen Bereich gewählt, wobei eine Extrapolation der sich im Emsverlauf verändernden Tidewasserstände nicht erfolgt.

Tab. 4: Der zur Abgrenzung der Litoralflächen verwendete Zusammenhang zwischen Tidewasserstand und Höhenlage bezüglich Normalhöhennull (NHN)(für den Bezug zu NHN wird jeweils die obere Grenze der Höhenkodierung aus den 0,5 m-Schritten verwendet)

Litoralflächen (Lage bezüglich mittleren Tidewasserständen)	Pegel früher (1933-1937)	Lage bezüglich NHN: früher	Pegel heute (2000-2010)	Lage bezüglich NHN: heute
Tiefwasserbereich (tiefes Sublitoral): Oligohalin (unterhalb MTnw -2 m)	MTnw: -1,03 m NHN	unter -3,0 m NHN	MTnw: -1,7 m NHN	unter -3,5 m NHN
Tiefwasserbereich (tiefes Sublitoral): Limnisch (unterhalb MTnw -2 m)	MTnw: -0,3 m NHN	unter -2,0 m NHN	MTnw: -1,62 m NHN	
Flachwasserzone (flaches Sublitoral): Oligohalin (zwischen MTnw -2 m und MTnw)	MTnw: -1,03 m NHN	-3,0 m NHN bis -1,0 m NHN	MTnw: -1,7 m NHN	-3,5 m NHN bis -1,5 m NHN
Flachwasserzone (flaches Sublitoral): Limnisch (zwischen MTnw -2 m und MTnw)	MTnw: -0,3 m NHN	-2,0 m NHN bis 0 m NHN	MTnw: -1,62 m NHN	
Watten (Eulitoral): oligohalin (zwischen MTnw und MThw)	MTnw: -1,03 m NHN MThw: +1,4 m NHN	-1,0 m NHN bis +1,5 m NHN	MTnw: -1,7 m NHN MThw: +1,66 m NHN	-1,5 m NHN bis +2 m NHN
Watten (Eulitoral): limnisch (zwischen MTnw und MThw)	MTnw: -0,3 m NHN MThw: +1,4 m NHN	0 m NHN bis +1,5 m NHN	MTnw: -1,62 m NHN MThw: +1,89 m NHN	
Vorland (Supralitoral): oligohalin und limnisch (oberhalb MThw)	MThw: +1,4 m NHN	über +1,5 m NHN	MThw: +1,66/+1,89 m NHN	über +2 m NHN

Für die Größe der Litoralbereich des zukünftigen Zustandes sind die Festlegungen zu den Flächengrößen der Maßnahmentypen des MP Ems 2050 maßgeblich (s. Kap. 3.3.2). Die Lage zu NHN ändert sich zukünftig nicht.

Ableitung der BTT-Verteilung:

Auf der Basis der Abgrenzung der Litoralflächen sowie deren Veränderungen wird für den Betrachtungszeitraum früher die Flächengröße der BTT (bzw. BTT-Gruppen) der Vordeichsflächen im limnischen und oligohalinen Bereich der Tideems abgeleitet. Basis ist die BTTK des Projekts „Lebendige Unterems“, die den heutigen Zustand beschreibt.

Für die BTT-Verteilung des Zustands früher werden zwei Schritte durchgeführt:

1. Auf der Basis der berechneten Veränderungen der Litoralflächen (s. Kap. 3.4) erfolgt eine Berechnung der Veränderungen der BTT. Das bedeutet z.B., dass bei einer Abnahme des Sup-

ralitorals von ca. 100 ha auch die im Supralitoral vorkommenden BTT in der Summe um ca. 100 ha kleiner sind (zu den Ausnahmen s. Kap. 3.3).

2. Auf der Basis einer Literaturrecherche über den historischen naturräumlichen Zustand der Vordeichsflächen der Tideems (z.B. Claus 1998, HARBASINS-Projekt, IBP-Ems 2014, Projekt „Lebendige Unterems“) werden Festlegungen für einige BTT-Gruppen getroffen und die Plausibilität der Werte für die prozentualen Veränderungen überprüft. Hintergrund ist, dass die historischen hydromorphologischen Randbedingungen sowie Nutzungssituation der Vordeichsflächen eine deutlich veränderte BTT-Verteilung wahrscheinlich erscheinen lassen und daher Festlegungen erforderlich sind. Unter Bezug auf die heutige Verteilung der BTT werden dann Veränderungen in der BTT-Größe festgelegt.

Die Veränderungen der Flächengröße der BTT für den Zustand zukünftig basieren auf den im folgenden Kap. 3.2 beschriebenen Maßnahmentypen des Masterplans Ems 2050.

3.2 Übersicht: Die Maßnahmentypen des Masterplans Ems 2050

Im Folgenden werden die Maßnahmentypen des Masterplans Ems 2050 kurz dargestellt, inklusive der durch sie verursachten Veränderungen der zukünftigen Flächenkulisse. Weitere Details finden sich auf der Website Masterplan Ems 2050, bei BIOCONSULT 2011b und WWF 2014:

- **Binnenseitige Tidepolder und Rückdeichungen** (kurz: Tidepolder): Schwerpunkt der ökologischen Maßnahmen des MP Ems 2050 ist die Anlage von Tidepoldern in einer Größe von 530 ha, die hinter dem Hauptdeich angelegt und an das Tidegeschehen der Ems angebunden werden oder durch Rückdeichungen entstehen sollen. Im MP Ems 2050 ist festgelegt, dass hierdurch die Entwicklung von ästuartypischen Lebensräumen wie Tideauwald, Röhricht, Watt und Flachwasserzonen angestrebt wird. Gleichzeitig soll auch ein Beitrag zur Reduzierung der Schlickbelastung in der Ems und damit zur Verbesserung der Gewässergüte geleistet werden.
- **Öffnung bzw. Rückbau von Sommerdeichen und Verwallungen** (kurz: Sommerdeichöffnung): Ebenfalls zur Schaffung von ästuartypischen Lebensräumen sieht der MP Ems 2050 die Öffnung oder den Rückbau von Sommerdeichen und Verwallungen im Vorland vor. Diese Maßnahmen sollen der Tide das Einschwingen in das Deichvorland erlauben und so tidebeeinflusste Lebensräume schaffen.
- **Umgestaltung/Rückbau von Uferbefestigungen** (kurz: Uferrenaturierung): Der MP Ems 2050 sieht vor im „Bereich Alte Bohrinse“, am „Manslagter Nacken“ sowie zwischen Ems km 222-223,6 (bei Vellage) die Ufer zu renaturieren. Aufgrund der positiven Ergebnisse einer Prüfung der Vereinbarkeit von Uferrenaturierung mit dem Küstenschutz und der Funktion der Bundeswasserstraße sollen mehrere Kilometer naturnah umgestaltet werden. In diesen neu gestalteten Bereichen soll sich eine naturnähere bis natürliche Uferzonierung entwickeln. In Folge der Ergebnisse aus einem Pilotvorhaben wird eine kontrollierte naturnahe Dynamik von Erosion und Sedimentation in einem begrenzten Uferbereich der Ems unter Einbeziehung von Vorlandflächen zugelassen.

- **Verbesserung der Durchgängigkeit von Schöpfwerken und Sieltiefs sowie am Wehr Herbrum:** Bauwerke wie Schleusen, Siele und Schöpfwerke trennen heute die Ems von ihren Nebengewässern ab und sind für Fische und andere Lebewesen nicht oder nur sehr schwer zu passieren. Damit diese Tiere ihre angestammten Lebensräume wieder erreichen können, wird gemeinsam mit Deich- und Entwässerungsverbänden nach Lösungen gesucht und werden bereits Maßnahmen umgesetzt, die den Tieren die Passage der Bauwerke erleichtern und so die Lebensräume der betroffenen Arten erheblich vergrößern.
- **Flexible Tidesteuerung:** Dieser Maßnahmentyp ist aus der Zusammenführung der beiden ursprünglichen Lösungsansätze zur Lösung der Schlickproblematik „flexible Sohlschwelle“ und „Tidesteuerung“ entstanden (NLWKN 2016). Ziel der Tidesteuerung ist es, eine deutliche Verbesserung der Situation für alle ökologischen Komponenten in der Ems zu erreichen. Die Verbesserung der Schwebstoffsituation ist Voraussetzung dafür, dass die meisten weiteren Maßnahmen zur ökologischen Verbesserung ihre Wirksamkeit entfalten können. Die Tidesteuerung ist ein wasserbaulicher Lösungsansatz, dem ein großes Potenzial zur Verbesserung des derzeitigen Schlickproblems zugewiesen wird. Die Tidesteuerung am Emssperrwerk soll über die zeitweise Einschnürung des Durchflussquerschnittes die Ausbreitung der Gezeitenwelle in die Unterems beeinflussen. Dazu wird das Emssperrwerk zu Beginn der Flutphase, also zur Zeit der höchsten Flutstromgeschwindigkeiten, teilweise geschlossen und noch während der Flut wieder geöffnet. Voruntersuchungen konnten zeigen, dass sich daraus eine Reduzierung der Flutstromdominanz ergibt, was der bisherigen ungünstigen Entwicklung der Suspensionsgehalte, Transportraten und Sedimentation in der Unterems entgegengewirkt. Über die Reduzierung der Schwebstoffgehalte ergibt sich ein positiver Effekt für den ökologischen Zustand.
- **Revitalisierung von Mäandern und Nebenrinnen:** Der Wiederanschluss und die Revitalisierung ehemaliger Flussschleifen und Nebenarme der Tideems dient nicht nur der Wiederherstellung von Flachwasserzonen, sondern ermöglicht auch die Entwicklung von Lebensräumen wie Wattflächen, Tideröhricht und Auwald. Gleichzeitig kann diese Maßnahme in gewissem Umfang dazu beitragen, dass der Flutstrom in der Unterems geschwächt, der Eintrag von Schwebstoffen verringert und der Sauerstoffeintrag erhöht wird. Damit trägt die Entwicklung von Nebenarmen sowohl zur nachhaltigen Verbesserung der Gewässergüte als auch zur Entwicklung typischer Lebensräume einer Flussmündung bei. An der Tideems gibt es eine Reihe von zwischenzeitlich durch Deiche von der Ems abgetrennten Flussschleifen, die für einen Wiederanschluss an die Ems als Nebenarme vorstellbar sind. Allerdings ist zum jetzigen Zeitpunkt die Umsetzung noch unklar sowie Ort und Umfang offen, so dass dieser Maßnahmentyp in der zukünftigen Flächenkulisse in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt werden kann.
- **Maßnahmen zur Sicherung und Entwicklung von Salzwiesen und von Röhrichten:** Durch die Renaturierung der Tideems soll der Anteil naturnaher ästuartypischer und vom Menschen ungenutzter Lebensräume im Vorland erhöht werden. Neben den Tidepoldern sollen sie auch an anderer Stelle entstehen: Tideröhrichte sollen am Rysumer Nacken gesichert werden und für Salzwiesen werden im Manslagter Nacken im Nationalpark Wattenmeer spezielle Maßnahmen entwickelt. Die Umsetzung findet im Bereich der Außenems statt und liegt daher außerhalb des Betrachtungsraums der vorliegenden Studie.
- **Entwicklung von 200 ha Wiesenvogellebensräumen im Binnenland:** Für die Umsetzung der Ziele des Masterplans Ems 2050 werden 200 ha für den Wiesenvogelschutz bereitge-

stellt. Die 200 ha Wiesenvogellebensräume sind v.a. aufgrund der Entwertung der Brutvogelgebiete entlang der Ems durch ausbaubedingt veränderte Wasserstände, als Ausgleich für die Brutverluste von Wiesenvögeln aufgrund der Auswirkungen der „Märzarrondierung“ sowie im Einzelfall für den Verlust von Wiesenvogellebensräumen durch Renaturierungsmaßnahmen vorgesehen. Die Flächen, auf denen Tidepolder entstehen sollen, haben i.d.R. heute eine geringe Bedeutung für Wiesenvögel. In der Konsequenz sollen daher die Maßnahmen für den Wiesenvogelschutz zu stabileren Beständen für Wiesenbrüter führen. Die Flächen für den Wiesenvogelschutz werden nach dem Ankauf durch das Land Niedersachsen wieder an örtliche Landwirte verpachtet. Die Verpachtung erfolgt dann nach Bedingungen, die für Wiesenbrüter wie z. B. Uferschnepfe, Kiebitz, Brachvogel, Rotschenkel und Bekassine, geeignete Brut- und Nahrungsmöglichkeiten ermöglichen. Die Flächen werden so hergerichtet, dass sie für die Vögel als Nistplätze attraktiv werden. Die Schaffung von Wiesenvogellebensräumen im Binnenland auf 200 ha durch Extensivierung der Nutzung und Vernässung der Flächen (Umwandlung bzw. Extensivierung von Flächennutzungen) findet voraussichtlich überwiegend außerhalb des Betrachtungsraums statt und verändert dementsprechend nicht die Flächenkulisse der vorliegenden Studie im Binnenland.

Durch die Umsetzung des Maßnahmentyps „**Tidepolder**“ werden zusätzliche 530 ha dem Einfluss der Tide zugänglich gemacht. In Absprache mit dem Auftraggeber (AG) wird davon ausgegangen, dass sich diese folgendermaßen verteilen:

- + 159 ha hydraulisch optimierte Tidepolder, in denen sich auf 25% der Fläche BTT wie Watt mit Prielen, Röhricht und Auwald und 75% zum Flachwasserbereich (flaches Sublitoral) entwickeln und
- + 371 ha ökologisch optimierte Tidepolder, in denen sich 25% zum Flachwasserbereich (flaches Sublitoral) und auf 75% der Fläche BTT wie Watt mit Prielen, Röhricht und entwickeln.

Tab. 5: Veränderung der Litoralflächen und BTT durch die Tidepolder im Vergleich zu heute: insg. zusätzliche Fläche von 530 ha im limnischen Emsabschnitt; gleichzeitig 530 ha weniger landwirtschaftlich genutzte Flächen (Grünland, Acker) im Binnenland

Litoralfläche / BTT	zukünftig
Tiefwasserbereich (tiefes Sublitoral)	so wie heute
Flachwasserzone (flaches Sublitoral)	+212 ha
BTT des Flusswatts (Eulitoral)	+106 ha
Tideröhrichte (Supralitoral)	+106 ha
BTT der Tideauwälder (Supralitoral)	+106 ha

Dabei muss erwähnt werden, dass die Aufteilung in ökologisch und hydraulisch optimierte Tidepolder letztlich davon abhängen wird, inwieweit neben der Tidesteuerung noch Tidepolder zur Verbesserung der Gewässerqualität und Reduktion der Schwebstoffkonzentration benötigt werden. Dieses wird im Rahmen einer Machbarkeitsstudie bis Ende 2018 untersucht.

Für die vorliegende Studie wird festgelegt, dass die Tidepolder ausschließlich im limnischen Bereich der Tideems an das Tidegeschehen angeschlossen werden. Hintergrund dafür ist, dass ein Tidepolder dann hydraulisch möglichst effektiv wirksam ist, also zur Schwächung des Flutstroms

und damit zur Reduzierung des tidal pumping beiträgt, wenn er relativ weit oberstrom, also im limnischen Tidebereich liegt (DHI-WASY 2011). Außerdem haben die Analysen der Verteilung ästuartypischer und ästuaruntypischer BTT ergeben, dass im limnischen Bereich der Anteil ästuartypischer BTT deutlich kleiner ist als im oligohalinen Bereich. Entsprechend besteht im limnischen Bereich ein größerer Entwicklungsbedarf. Resultat der Flächenanalysen ist, dass im limnischen Bereich durch die Anlage von Tidepoldern zusätzlich 530 ha ästuartypische BTT entstehen. Im oligohalinen Bereich der Tideems werden sich zukünftig zwar auch mehr ästuartypische BTT entwickeln, die aber ausschließlich durch die Maßnahmentypen „Sommerdeichöffnung“, „Uferrenaturierung“ sowie Entwicklung von Röhricht und Salzwiesen entstehen.

Für diese Studie wird die Annahme getroffen, dass der Maßnahmentyp **„Uferrenaturierung“** auf 15 km Länge im limnischen Tidebereich umgesetzt wird. Hierdurch wird davon ausgegangen, dass bei einer Breite der renaturierten Ufer von 5 m auf insgesamt 7,5 ha ästuartypische Tideröhrichte (3,75 ha) und Tideauwald (3,75 ha) entstehen. Dementsprechend kommt es zu einer Flächenabnahme der BTT Küstenschutzbauwerke und befestigte Fläche von 7,5 ha (s. Tab. 6).

Tab. 6: Veränderung der Flächenkulisse der Vordeichsflächen durch die Maßnahmentypen Sommerdeichöffnung und Uferrenaturierung im Vergleich zu heute (keine zusätzlichen Flächen)

BTT-Gruppe	zukünftig
Uferrenaturierung (limnischer Bereich)	auf 7,5 ha (15 km Länge, 5 m Breite)
Tideröhrichte	+3,75 ha
BTT der Tideauwälder	+3,75 ha
Befestigte Flächen	-7,5 ha
Sommerdeichöffnung (limnischer und oligohaliner Bereich)¹	Tideeinfluss auf 35 ha
BTT der Flachwasserzone ²	+10 ha
BTT des Flusswatts und des Brackwasserwatts ²	+10 ha
BTT der Tideröhrichte	+10 ha
BTT der Tideauwälder	+5 ha
BTT der Intensivgrünländer	-35 ha

¹: Insbesondere das landwirtschaftlich genutzte Intensivgrünland ist durch Sommerdeiche oder Verwallungen geschützt. Der Sommerdeichöffnung führt daher hier zu einer Abnahme. Durch den Tideeinfluss entwickeln sich ästuartypischer BTT.

²: Wenn ein Einschwingen der Tide ermöglicht werden soll, werden sich auch tiefliegende Bereiche mit entsprechenden BTT entwickeln bzw. müssten geschaffen werden. Außerdem sind die Sommerpolder in einigen Fällen durch Nutzung und Entwässerung gesackt und weisen damit vergleichsweise geringe Geländehöhen auf. Diese Bereiche sind besonders gut geeignet für die Entwicklung einer typischen Abfolge der Lebensräume des Emsästuars von der Flachwasserzone bis zum Auwald.

Weiterhin wird für diese Studie angenommen, dass durch den Maßnahmentyp **„Sommerdeichöffnung“** auf 35 ha Vorlandfläche ästuartypische Flachwasserzonen (10 ha), Watten (10 ha), Tideröhrichte (10 ha) und Tideauwald (5 ha) entstehen werden. Die im Rahmen der Umsetzung des MP Ems 2050 vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen zum Sommerdeichöffnung befinden bei Kirchborgum, Tunxdorf/Vellage, südlich Leer und Soltborg (NLWKN 2017). Im Gegensatz zu den Tidepoldern vergrößern sich die Flächen der litoralen Lebensräume durch die Sommerdeichöffnung

nicht, sondern es werden 35 ha im Vorland befindliche Intensivgrünländer in den Sommerpoldern umgewandelt (s. Tab. 6).

Zukünftig werden weiterhin noch ca. 323 ha (358 ha minus 35 ha) der Vordeichsflächen durch **Sommerdeiche** geschützt, allein schon um die Stauzeit für die Überführung der Kreuzfahrtschiffe nicht zu erhöhen. Dabei wird festgelegt, dass sie ihre Funktion weiterhin erfüllen, also die Sommerpolder vom mittleren Tidegeschehen abtrennen.

Inwieweit durch Revitalisierung von Mäandern und Nebenrinnen neue ästuartypische Lebensräume entstehen oder bestehende aufgewertet werden, wird in dieser Studie nicht weiter bilanziert, weil es noch keine konkreten Planungen gibt.

3.3 Die Betrachtungszeiträume früher, heute und zukünftig

Zentraler methodischer Baustein – neben der Bestimmung der Flächenkulisse für die Tideems früher, heute und zukünftig – zur Analyse der ÖSL ist die Beschreibung von drei Betrachtungszeiträumen, für die die jeweiligen Zustände der Tideems festgelegt werden. Dies erfolgt soweit möglich datengestützt. Zusätzlich müssen für die quantitative und qualitative Analyse der ÖSL weitere Randbedingungen definiert werden, da die vorhandenen Daten nicht für alle Parameter und Zustände ausreichend sind. Aufgrund der heterogenen bzw. fehlenden Datenlage müssen also, wie bereits bei der Flächenkulisse, Festlegungen auf der Grundlage plausibler Annahmen getroffen werden.

Die drei Betrachtungszeiträume sind:

- früher (um 1930): historischer Zustand der Unterems mit geringerer anthropogener Belastung;
- heute (um 2010): Zustand mit heutiger Problemkonstellation;
- zukünftig (2050): zukünftiger Zustand (Szenario) bei vollständiger Umsetzung und Wirkung der Maßnahmen des Masterplans.

Im Folgenden werden die drei Betrachtungszeiträume hinsichtlich hydro-morphologischer Charakteristika, naturräumlicher und ökologischer Ausstattung sowie sozio-ökonomischer Situation beschrieben.

3.3.1 Der Betrachtungszeitraum früher (um 1930)

Die Tideems war vor ihrer Festlegung durch Deiche, Leitdämme und andere Bauwerke einem steten Wandel unterlegen. Die Geschichte des Emsästuars wird erheblich von den Sturmfluten des Mittelalters bestimmt. So entstand die tideoffene Brackwasserbucht des Dollarts durch Meereseinbrüche, vor allem durch die sogenannte „Manndränke“ von 1363. Schwere Sturmfluten im 14. und 15. Jahrhundert führten zu weiteren umfangreichen Landverlusten; im 16. Jahrhundert hatte die Bucht ihre größte Ausdehnung. Zu dieser Zeit wurde damit begonnen, eine geschlossene Deichlinie

entlang der Unterems zu schaffen, um die Marsch besiedeln und nutzbar machen zu können. Die durch die Sturmfluten verursachten starken Flächenverluste wurden von den Küstenbewohnern im Laufe der Jahrhunderte sukzessive zurückgewonnen. Die Periode zwischen dem 17. und 20. Jahrhundert ist dementsprechend gekennzeichnet durch Eindeichung und Landgewinnung in der Dollart-Bucht. Als Folge wurden die natürlichen, an das Tidegeschehen angeschlossenen Vordeichsflächen der Ems stark verkleinert. Der Bau des ersten Wehrs bei Herbrum, welches den Tideeinfluss nach oberstrom begrenzt, erfolgte in den Jahren 1897 bis 1899 (Herrling & Niemeyer 2008b; IBP-Ems 2014).

Die Emsregion um 1930 ist charakterisiert durch seine Randlage im Nord-Westen Deutschlands, ausgedehnte Moorflächen, ertragsarme Böden und eine dünne Besiedelung. Es galt als „Armenhaus“ der Weimarer Republik (YouTube-Film: Emsland 1866–1946). Zusätzlich waren die Jahre um 1930 von der Weltwirtschaftskrise bestimmt, die mit Massenarbeitslosigkeit und politischen Krisen der demokratischen Parteien einherging und auch die Wertschöpfung in der Landwirtschaft bestimmt hat.

3.3.1.1 Hydromorphologische Charakteristika

Morphologie und Topografie

Die Tideems wird seit dem 16. Jahrhundert durch menschliche Eingriffe beeinflusst und verändert. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Ems als Schifffahrtsstraße wurden auch in der Unterems Ausbaumaßnahmen durchgeführt, die vor allem darin bestanden, dass Fahrwasser festzulegen, eine ausreichende Tiefe zu sichern und das mäandrieren des Flusses zu unterbinden und den Flusslauf zu begradigen. Zum Ende des 19. Jahrhunderts wies der Unterlauf der Ems also noch eine weitgehend natürliche Morphologie auf, auch wenn die Morphodynamik v.a. in den Randbereichen aufgrund der bereits weitgehenden Bedeichung des Flussunterlaufs schon deutlich beeinträchtigt war (IBP-Ems 2014).

Der morphologische Zustand der Unterems um 1930 ist schon durch wasserbauliche Maßnahmen geprägt. In der Unterems begann ab 1860 die Kanalisierung. Nach historischen Karten wurde die Unterems zwischen 1911 und 1929 auf ca. 5 m unter MThw zwischen Emden und Leerort vertieft und von 1932 bis 1939 die Fahrrinne zwischen Papenburg und Leerort auf 4,1 m unter MThw und zwischen Leerort und Pogum auf 5,5 m unter MThw unterhalten. Insgesamt wurde die Unterems auf der Fließstrecke von Herbrum bis Leerort zwischen 1900 und 1928 durch Flussbegradigungen von ca. 33,5 km auf 28,5 km verkürzt (2009IBP-Ems 2014; Herrling & Niemeyer 2007b).

Im frühen 20. Jahrhundert wurde mit Hilfe von Deckwerken und Bühnen entlang der Unterems ein Strömungsmanagement etabliert. Durch die Verengung des Fließquerschnittes wurde die Strömung so beschleunigt, dass ohne nennenswerte Unterhaltungsbaggerei bis in die 1980er Jahre eine Wassertiefe von 5,50 m unter dem mittleren Tidehochwasser bis zur Ledamündung und weiter flussauf bis Papenburg von 4,50 m unter MThw gehalten werden konnte (Lange 2006). Bis in die 70er Jahre wurde nur an „Problemstellen“ punktuell gebaggert, etwa zwischen Mark und Weener, an der Ledamündung und unterhalb der Schleuse Herbrum.

Tideregime und Hydrodynamik

Die frühere Tidedynamik der Unterems ist durch eine Abnahme des Tidehubs stromauf gekennzeichnet. Am Beginn der Wasserstandmessungen in den 1930er-Jahren betrug der mittlere Tidehub im Emsästuar zwischen 3 m bei Emden, 2,3 m bei Leerort, 1,6 m bei Papenburg und 1 m an der Tidegrenze bei Herbrum. Das mittlere Tideniedrigwasser (MTnw) betrug -1,75 m NHN bei Emden, -1,03 m NHN bei Leerort, -0,3 m bei Papenburg und 0,75 m bei Herbrum. Das mittlere Tidehochwasser (MThw) betrug +1,25 m NHN bei Emden, +1,4 m NHN bei Leerort, +1,41 m NHN bei Papenburg und +1,7 m NHN bei Herbrum (Herrling & Niemeyer 2007a; Herrling & Niemeyer 2007b; vgl. a. Kap. 3.1.2).

Durch den geringen Tidehub waren die Strömungsgeschwindigkeiten in der Tideems kleiner und die Tideasymmetrie mit Flut- und Ebbstromdauer entsprachen der eines natürlichen Ästuars.

Die Brackwassergrenze befand sich früher ca. bei Ems-km 15 (IBP-Ems 2014). Aus methodischen Gründen wird hier für die weitere Analyse jedoch vereinfacht festgelegt, dass die Grenze zwischen dem limnischen und oligohalinen Bereich (Brackwassergrenze) auf der Höhe von Leer bei ca. Ems-km 13 liegt (s.u.).

Schwebstoffkonzentration: Sedimentfrachten

Ästuare bilden in dem Bereich, an dem sich das einströmende Salzwasser mit dem Oberwasser aus dem Fluss mischt im Allgemeinen sog. Trübungszonen aus, in denen sich Schwebstoffe akkumulieren und die Sichttiefe gering ist. Stromauf und stromab sind die Schwebstoff-Konzentrationen deutlich geringer. Das Schwebstoffmaximum in der Unterems lag in den 1950er Jahren mit rd. 200 mg/l (oberflächennah) bei Gandersum. Weiter flussauf waren die Konzentrationen deutlich geringer (z. B. Leer 50 mg/L) (NLWKN 2016).

Sauerstoffkonzentration und Nährstofffrachten

Der frühere Zustand der Tideems wies auch während der Sommermonate keine Sauerstoffdefizite auf. Nach Claus (2003) war der historische Zustand für das innere Emsästuar durch eine höhere Sauerstoff-Sättigung sowie kleinere Ammoniumkonzentration ($\text{NH}_4\text{-N}$) und Phosphatkonzentration ($\text{PO}_4\text{-P}$) gekennzeichnet. Die Nährstofffrachten sind nicht deutlich anthropogen erhöht; aus den organischen Böden werden aber Nährstoffe insbesondere Stickstoff (N) ausgewaschen. Es wird vereinfachend festgelegt, dass die N-Fracht der Ems 28.000 Tonnen betrug, was der heutigen N-Fracht entspricht. Für die P-Fracht der Ems wird analog dazu festgelegt, dass sie sowie heute 550 Tonnen betrug (FGE Ems 2005; NLWKN 2014; LBEG 2007; IBP-Ems 2014; UBA 2014 und Website UBA).

3.3.1.2 Naturräumliche und ökologische Ausstattung

Größe der Vordeichsflächen: Litorallebensräume

Für die Bestimmung der Größe der Vordeichsflächen wird festgelegt, dass

- die Position der Deichlinie für den Zustand früher so wie heute ist. Das bedeutet, dass die Größe des Vorlandes und die Grenze zwischen Vordeichsflächen und Binnenland der des heutigen Zustands entspricht;
- die in den historischen topografischen Karten der Tideems nicht vorhandenen Flächen zwischen oberhalb MThw und (heutiger) Hauptdeichlinie werden dem Supralitoral zugeordnet;
- die Größe der landwirtschaftlich genutzten supralitoralischen Flächen dem heutigen Zustand entspricht, wobei die Nutzungsintensität v.a. aufgrund des entwässerungsbedingt feuchteren Zustands geringer ist;
- die Größe der durch Sommerdeiche geschützten Sommerpolderflächen früher so groß wie heute ist (nach IBL (mündlich) beträgt ihre Größe heute ca. 358 ha);
- ein Sperrwerk nicht vorhanden war, so dass die Salzwiesenfläche 5 ha größer und entsprechend Küstenschutzbauwerke bzw. befestigte Fläche 5 ha kleiner ist.

Durch wasserbauliche Maßnahmen und Deichbau ist die Tideems auch schon um 1930 durch menschliche Eingriffe geprägt und die Flächengröße der tideoffenen Vordeichsflächen verkleinert (s.o.). Da die Position der Hauptdeichlinie um 1930 schon weitgehend der der heutigen Deichlinie entspricht, ist die gesamte Fläche zwischen den Hauptdeichen früher nicht größer gewesen. Die Größe der einzelnen litoralen Habitate unterscheiden sich jedoch von der heutigen (s. Tab. 7).

Tab. 7: Größe und Veränderung der Vordeichsflächen (Litoralflächen) im Vergleich zu heute

Litoralflächen	Flächengröße früher (in ha)	Veränderung zu heute (in ha)
Tiefwasserbereich (tiefes Sublitoral: MTnw -2 m)	784	-154
Flachwasserzone (flaches Sublitoral: MTnw -2 m bis MTnw)	508	+351
Watten (Eulitoral: zwischen MTnw und MThw)	416	-99
Vorland (Supralitoral: über MThw)	1.640	-98
Summe	3.348	0

Ästuartypische Lebensräume und Biodiversität

Die folgende Tab. 8 zeigt die festgelegten Flächengröße der ästuartypischen Lebensräume und ihre Veränderung im Vergleich zu heute (die Festlegungen sind in Kap. 3.4.1 zusammengefasst).

Tab. 8: Größe und Veränderung der ästuartypischen Lebensräume (BTT-Gruppen) im Vergleich zu heute

Lebensraum (BTT-Gruppe)	Flächengröße (in ha)	Veränderung zu heute (in ha)
Tiefwasserbereich	784	-154
Flachwasserzone	508	+351
Watt*	187	-128
Tideröhricht	63	+30
Tideauwald	23	0
Gewässer (Vorland)	12	-30
Landröhricht	248	0
Magerrasen	76	0
Marschpriel	16	0
Salzwiese	172	+5

*: Watt bezeichnet hier die BTT des Fluss- und Brackwasserwatts

Trotz anthropogener Beeinflussung befinden sich die ästuartypischen Lebensräume und ihre Lebensgemeinschaften der Tideems um 1930 in einem naturnäheren Zustand. Damit ist die strukturelle und funktionale Qualität der ästuartypischen Lebensräume und ihrer Gemeinschaften weniger defizitär. Zusätzlich ist anzunehmen, dass die Artenvielfalt und damit die Biodiversität aufgrund des natürlicheren Zustands früher höher waren.

Die historische **Avifauna** setzte sich aus Arten zusammen, die in den ästuartypischen Habitaten zu erwarten sind. Artenzusammensetzung und Siedlungsdichte wurden von der höheren natürlichen Dynamik, der größeren Weitläufigkeit der Habitats und der besseren Nahrungsverfügbarkeit bestimmt. Bezüglich des **Makrozoobenthos** war der naturnähere Zustand der Tideems durch eine insgesamt bessere Habitatqualität und damit durch eine höhere Artenzahl gekennzeichnet (zu den Mollusken s. Kap. 8). Das Artenspektrum ist größer und es kommen weniger opportunistische, schnelllebige Arten vor, dafür mehr langlebige Arten (IBP-Ems 2014). Aufgrund diverser hydro-morphologischer aquatischer Strukturen in einem noch wenig beeinflussten Ästuar war die **Fischfauna** arten- und individuenreich. Das Ästuar hatte eine wichtige Funktion für Nahrungssuche und Reproduktion auch kommerziell nutzbarer Fischarten (s.u.), die einen Teil ihres Lebenszyklus in der Tideems verbringen. Neben ästuarinen Arten, die hier ihren gesamten Lebenszyklus verbringen, wurde das Emsästuar von vielen Arten zum Laichen, als Kinderstube, Wanderweg oder Nahrungshabitat aufgesucht.

3.3.1.3 Sozio-ökonomische Situation

Landwirtschaft

Die Landwirtschaft bestimmte die regionale Wirtschaftsstruktur der 30er-Jahre: 52% aller Erwerbspersonen waren 1950 in der Landwirtschaft tätig (Hauptmeyer 2004). Dabei war die Nutzungsintensität der Landwirtschaft um 1930 geringer als heute.

Es wurde meist in mühsamer Arbeit ohne Einsatz moderner Maschinen gewirtschaftet. Eine Mechanisierung der Landwirtschaft setzt erst nach dem 2. Weltkrieg ein. Das Fehlen von Vorflutern

und Entwässerungsgräben in der Marsch verwandelte saisonal viele Flächen in Sumpfgelände. Mit dem Ausbau von Gräben und Vorflutern sowie den Bau von Sommerdeichen entstanden nach und nach ertragreichere Kulturlächen. So konnten auch die Vorländer – wenn auch jahreszeitlich eingeschränkt – genutzt werden.

Erst der 1950 beschlossene Emslandplan brachte die Wende: ein millionenschweres Förderprogramm von Bund und Land leitete einen gravierenden Wandel der Emsregion ein. Mit Hilfe großer Tiefpflüge wurden weite Mooregebiete landwirtschaftlich urbar gemacht. Es wurden neue Straßen angelegt und neue Siedlungen entstanden. Die Bevölkerungszahl verdoppelte sich zwischen 1940 und 2012 auf 311.000 Einwohner. Auch die größeren Städte im Bereich der Tideems sind deutlich gewachsen. So stieg die Einwohnerzahl von Leer zwischen 1930 und 2010 von 13.000 auf 34.000, von Emden zwischen 1933 und 2010 von 36.500 auf 51.600 und von Papenburg zwischen 1930 und 2010 von 7.500 auf 36.500.

Auf der Basis von Recherchen zur früheren sozio-ökonomischen Situation wird für die Landnutzung im Binnenland gegenüber heute folgendes festgelegt (s.a. Kap. 0):

- Siedlungsflächen: früher gab es 2.000 ha weniger (Größe der Siedlungsflächen früher: ca. 5.100 ha),
- Verkehrsflächen: früher gab es 150 ha weniger (Größe der Verkehrsflächen früher: ca. 140 ha),
- Waldflächen: wie heute (Größe der Waldflächen früher: ca. 420 ha),
- Ackerflächen: früher gab es 250 ha mehr (Größe der Ackerflächen früher: ca. 3.830 ha),
- Grünlandflächen: früher gab es 2.150 ha mehr (Größe der Grünlandflächen früher: ca. 22.520 ha),
- Gewässerflächen: früher gab es 250 ha weniger (Größe der Gewässerflächen früher: ca. 270 ha).

Fischerei

Das Emsästuar war in den 30er Jahren und noch bis zum Anfang der 90er Jahre eine der fischreichsten Flussmündungen in Deutschland und damit ein ertragreiches Fischereigebiet (Lange 2006). Von allen Häfen und Sielorten aus wurde mit kleinen Segel- und Ruderbooten, ab der Jahrhundertwende auch mit kleinen Motorkuttern und -booten, Fischerei auf Stinte, Heringe u.a. heringsartige Fische betrieben. Zusätzlich wurden Aale, Maifische und gelegentlich Störe gefangen. Bis zum Anfang der 1950er Jahre spielte die Finte an der Ems als Wirtschaftsfisch noch eine Rolle (Nolte 1976). Die Bestände des Nordseeschnäpels waren groß und brachten für die Fischer gute Erträge. Zusätzlich wurden im niedersächsischen Einzugsgebiet der Ems am Ende des 19. Jahrhunderts noch Lachse gefangen (LAVES 2010). Der Lachsbestand ging jedoch zu Beginn des 20. Jahrhunderts in der Ems bis auf wenige Individuen zurück. Die Ems war historisch ein bedeutendes Laichgebiet für den Europäischen Stör. In der Zeit von 1858–1863 wurden bedeutende Fangerträge

ge zwischen Emden und Weener erzielt (Nolte 1976). Ab 1900 ging es mit dem Störfang dann zu Ende. Damit ist die Fischerei schon um 1930 zumindest für Lachs und Stör beeinträchtigt.

Insgesamt war die Lebensraumqualität für die Fischfauna gut, da die Ufer noch wenig befestigt waren, einige Nebenrinnen/-arme existierten, Schwebstoffgehalte gering und die Sauerstoffkonzentrationen im Gewässer ausreichend hoch waren. In Kombination mit einer vergleichsweise großen Flachwasserzone bot die Tideems günstigere Nahrungs-, Aufwuchs- und Wanderbedingungen für die Fischzönose.

Schifffahrt

Schifffahrt und Schiffbau haben an der Ems eine jahrhundertelange Tradition. So sind für die Seehafenstadt Emden bereits für das späte Mittelalter Aufzeichnungen über Schiffbau nachweisbar. Nach dem Ausbau des Hafens von Emden (1901) sowie der großen Seeschleusen bei Papenburg (1902) und Leer (1903) gewann die Ems als Schifffahrtsstraße an Bedeutung. Am Ende des 19. Jahrhunderts wurden zur Verbesserung der Schiffbarkeit Buhnen, Häfen usw. in der Unterems und im Emdener Fahrwasser gebaut (s.o.). Auch der Bau des Dortmund-Ems-Kanals begann am Ende des 19. Jahrhunderts.

Die in Papenburg ansässige Meyer Werft wurde 1795 gegründet und befindet sich seitdem im Familienbesitz. Nach den Jahren des Holzschiffbaus stieg sie frühzeitig im Jahr 1872 auf den Bau von Eisenschiffen mit Dampfmaschinen um. Papenburg hatte 1860 etwa 20 Werften und bis zu 400 seegängige Schiffe waren im 19. Jahrhundert in Papenburg registriert. Zwischen den beiden Weltkriegen baute die Werft vor allem Fischdampfer, Lotsenschiffe und Feuerschiffe sowie Passagierschiffe für die Küstenfahrt. Die große Weltwirtschaftskrise traf Ende der zwanziger Jahre auch die Meyer Werft hart. Um das Unternehmen zu retten, setzte Franz Joseph Meyer verstärkt auf den Bau kleinerer Spezialschiffe.

Naherholung und Tourismus

Wirtschaftlich spielte Tourismus in der Emsregion früher eine geringe Rolle. Urlaubsreisen konnten sich nur eine sehr kleine Bevölkerungsgruppe leisten. Eine frühe Form des Tourismus am Beginn des 20. Jahrhunderts auch in der Emsregion war der Bädertourismus. Ein mehrwöchiger Besuch von Seebädern und ein längerer Aufenthalt in Kurorten an der Küste war lange Zeit ein Privileg des Adels und des vermögenden Bürgertums, ehe er sich auf weitere Bevölkerungsschichten ausweitete (Hachtmann 2010).

Die „kleinbürgerliche Sommerfrische“ ab Ende des 19. und Beginn des 20. Jahrhunderts kann als ein kleinbürgerliches Phänomen angesehen werden (Hachtmann 2010). Begünstigt durch eine privilegierte Urlaubsgesetzgebung für Beamte, später auch für Angestellte, blieb die Sommerfrische bis Mitte des 20. Jahrhunderts populär. Sie war eine ausgeprägt familiäre Form des Urlaubs in einem ländlichen Umfeld, wobei die Unterbringung meist einfach und nicht allzu weit vom Heimatort entfernt war. Mit der Etablierung der Sommerfrische begann sich der moderne Tourismus auf die Mittelschichten auszuweiten. Diese Phase einer Etablierung des modernen Tourismus reichte grob von 1880 bis 1930 (Hachtmann 2010) und steigerte auch in der Emsregion die wirtschaftliche Bedeutung des Tourismus.

Naherholung im heutigen Sinne spielte in den 30er-Jahren ebenfalls keine besonders bedeutende Rolle. Die gänzlich anderen Lebensumstände mit langen Arbeitszeiten und schwierigen Arbeitsbedingungen eines großen Teils der Bevölkerung reduziert die Möglichkeit und die Nachfrage nach Erholungssuchung in der Natur. Allerdings schufen die einfachere Zugänglichkeit, die bessere Wasserqualität und geringere Strömungsgeschwindigkeiten der Ems attraktive Stellen für Naherholung und Freizeitgestaltung durch wasserbezogene Aktivitäten (z.B. Baden).

3.3.2 Der Betrachtungszeitraum heute (um 2010)

Die Tideems unterliegt heute einem starken Nutzungsdruck v.a. durch Schifffahrt, Hochwasser- und Küstenschutz sowie Landwirtschaft, der zu deutlichen Veränderungen ihrer Struktur und Funktion geführt hat (Schuchardt et al. 2007). Im Vergleich zum Betrachtungszeitraum früher (um 1930) ist die heutige Tideems durch die Nutzung zur Überführung von Kreuzfahrtschiffen und den Ausbau zur Schifffahrtsstraße über weite Bereiche stark anthropogen überformt, was in einer Reihe von strukturellen, hydrologischen und biologischen Defiziten deutlich wird. Insbesondere der innere Teil der Tideems ist stark durch Vertiefungen, hohe Strömungsgeschwindigkeit, hohen Tidehub, hohe Schwebstoffgehalte und sehr geringe Sauerstoffwerte beeinträchtigt (BIOCONSULT 2013).

3.3.2.1 Hydromorphologische Charakteristika

Morphologie und Topografie

Die heutige morphologische Situation der Tideems ist durch zahl- und umfangreiche Flussbaumaßnahmen geprägt. Seit Beginn der 1980er Jahre wurde die Wasserstraße Ems stromaufwärts bis Papenburg, wo sich die Meyer Werft befindet, regelmäßig ausgebaggert, verengt und begradigt, um u.a. den Transfer großer Kreuzfahrtschiffe in die offene Nordsee zu ermöglichen. Zwischen 1984 und 1995 wurde die Unterems von Papenburg bis Emden in vier kurz aufeinanderfolgenden Schritten für die Überführung von Kreuzfahrtschiffen der Meyer-Werft vertieft. Im Jahr 1994/95 erfolgte der Ausbau für 7,3 m tiefgehende Schiffe.

Durch die Vertiefung der Fahrrinne und insbesondere durch die nachfolgenden Unterhaltungsmaßnahmen haben sich die Sedimententnahmen aus dem Fluss seit den 70er Jahren stark erhöht (Lange 2006). Im Mittel belaufen sich die Unterhaltungsbaggermengen in der Tideems auf ca. 1,3 Mio. m³ lose Masse, die sich zu 0,3 Mio. m³ zur Unterhaltung der Basistiefe (-5,2 bis -7,04 NN) und aus 1,0 Mio. m³ für die Überführung von Schiffen zusammensetzten (IBP-Ems 2014). Das Baggergut aus der Unterems wird größtenteils an Land auf Spülfelder verbracht (Roeloffzen & Jänen 2009).

Tideregime und Hydrodynamik

Die Ausbaumaßnahmen der Ems haben zu einer Veränderung des Tideregimes geführt. Insgesamt ging der Anstieg des Tidehubs in der Unterems mit einer deutlichen Verringerung des mittleren Tideniedrigwassers einher, während sich das mittlere Hochwasser nur leicht erhöhte. Zusätzlich haben sich in der Fahrrinne der Ems sehr hohe Strömungsgeschwindigkeiten eingestellt, während sich die Strömungsgeschwindigkeit in den Seitenbereichen verlangsamt hat. Der heutige mittlere

jährliche Tidehub im Ems-Ästuar zeigt einen Anstieg stromaufwärts: Borkum 2,4 m, Knock 3,0 m, Emden 3,3 m, Papenburg 3,5 m und am Wehr Herbrum 2,8 m. Der deutlichste Anstieg begann erst um 1955 nach dem Beginn umfangreicher Unterhaltungsbaggerungen (Schuchardt et al. 2007). Die gesamte Erhöhung des mittleren Tidehubs in den letzten 70 Jahren beträgt 0,22 m in Emden, 0,99 m bei Leerort, 1,79 m bei Papenburg und 1,73 m bei Herbrum (Herrling & Niemeyer 2008a; Herrling & Niemeyer 2008b).

Je weiter die Tidewelle die Ems stromauf vordringt, desto kürzer wird die Flutdauer, während die Ebbdauer sich entsprechend verlängert. Am Pegel Herbrum ist die Flutdauer um etwa drei Stunden gegenüber dem Pegel Knock verkürzt und die Ebbdauer hat sich um mehr als drei Stunden verlängert. Hierdurch wird auch die Steilheit des Anstiegs des Wasserstandes größer und es ergeben sich höhere Flut- und geringere Ebbströmungen (Flutstromdominanz: s.u.)(Herrling & Niemeyer 2008a; Herrling & Niemeyer 2008c). Die Brackwassergrenze befindet sich ca. bei Ems-km 13 (IBP-Ems 2014).

Schwebstoffkonzentration: Sedimentfrachten

Die durch Begradigungen und Fahrrinnenvertiefungen verursachten hydromorphologischen Veränderungen haben in der Tideems die Schwebstoffkonzentration drastisch erhöht. Die Veränderungen in der Hydrodynamik führten zu einer starken Zunahme des sog. ästuarinen „tidal pumpings“ (Flutstrom stärker als Ebbstrom) und als Folge zu einer sehr starken Zunahme der Trübung im Oberlauf (NLWKN 2008). Durch die stromauf zunehmend ausgeprägte Flutstromdominanz findet ein Schwebstoff-Transport stromauf statt.

In der ehemals sandigen Ems entstand durch das tidal pumping sohnah ein „Teppich“ aus flüssigem Schlack („fluid mud“). Durch den reduzierten Ebbstrom akkumulieren sich oberhalb der eigentlichen natürlichen Trübungszone die feinkörnigen Trübstoffe im limnischen Bereich und sorgen für hohe Schwebstoffkonzentrationen. Ein effektiver Transport von Schwebstoffen nach stromab findet nur noch in Phasen hohen Oberwassers statt und es werden bodennah Schwebstoffkonzentrationen bis weit über 100.000 mg/l gemessen (Lange 2006). Fluid mud tritt im gesamten Bereich der Unterems auf, wobei der Schwerpunkt nach IBP-Ems (2014) in der Trübungszone liegt (s.a. Schrottke et al. 2006). Heute hat sich die Trübungszone ca. 25 km flüßauf verschoben bzw. ausgedehnt und weist 25- bis 50-fach höhere Konzentrationen auf als noch in den 1950er Jahren (5.000-10.000 mg/l bei Weener; NLWKN 2016).

Sauerstoffkonzentration und Nährstofffrachten

Die Veränderungen der Morphologie und Hydrologie führen zu deutlichen Verschlechterungen des Sauerstoffhaushaltes im gesamten tidebeeinflussten Bereich der Ems (Lange 2006). Der Sauerstoffgehalt des Emsästuars weist ein jahreszeitlich und räumlich ausgeprägtes Muster auf, welches wesentlich durch den Jahresgang der Temperatur, den Nährstoffeinträgen, der Trübung, den Abflussmengen sowie der Sauerstoffkonzentration der Nordsee beeinflusst wird.

Seit Mitte der 1980er Jahre führen die erhöhten Schwebstoffkonzentrationen in der Trübungszone der Unterems zu Sauerstoffmangelsituationen, da der Abbau der an Schwebstoffe gebundenen organischen Substanz durch Bakterien sauerstoffzehrend ist. Nach BIOCONSULT (2011a) sacken die Sauerstoffwerte ab 1985 mehrfach und/oder über die Dauer von mehr als zwei Tagen unter 4

mg/l ab und ab 1996 sind deutliche Sauerstoffmangelsituation (Hypoxie) mit < 2 mg/l festzustellen (vgl. a. LANGE 2006). Die Sauerstoffdefizite sind bei erhöhter bakterieller Aktivität im Sommer am deutlichsten. Im Winter bei geringen Wassertemperaturen und hohen Abflussraten liegt die Sauerstoffsättigung trotz hoher Schwebstoffgehalte (> 1 g/l) immer oberhalb von 50% (BIOCONSULT 2011a). Im ästuarinen Längsgradienten sind die Sauerstoffdefizite räumlich eng an die Bereiche stark erhöhter Schwebstoffkonzentrationen gekoppelt. Auswertungen der Dauermessstellen des NLWKN von BIOCONSULT (2011a) zeigen, dass hypoxische Ereignisse (< 2 mg/l) vor der Unteremsvertiefung 1994/95 so gut wie gar nicht auftreten. Danach war Hypoxie zwischen Terborg und Papenburg vermehrt zu beobachten. Insbesondere in Papenburg und Weener kamen ab 2006 und 2009 an bis zu 160 Tagen Sauerstoffgehalte < 2 mg/l vor.

Die in der Ems vorhandenen Nährstoffe sind Ausgangssubstanzen für die autotrophe Primärproduktion von Phytoplankton und Phytobenthos. Die Nährstoffe entstammen vor allem dem terrestrischen Bereich und gelangen über das Oberwasser, Nebenflüsse und Siele als direkte Einträge in die Ems. In das Emsästuar münden mehrere Binnengewässer, die durch ihre Zuflüsse für eine zusätzliche Stickstoff- und Phosphorbelastung sorgen. Für das im Verhältnis kleine Einzugsgebiet der Ems wurden sowohl beim Stickstoffbilanzüberschuss als auch beim akkumulierten Phosphorbilanzüberschuss im Vergleich der Flussgebiete in Deutschland die höchsten Werte ermittelt (FGE Ems 2008). Die Nährstoffeinträge aus so genannten diffusen Quellen stammen hauptsächlich aus der landwirtschaftlichen Nutzung (Behrendt et al. 2003). Die jährliche gesamte Stickstofffracht beträgt zwischen ca. 25.000 und 32.000 Tonnen Stickstoff (IBP-Ems 2014; UBA 2014; Website UBA). Da die Angaben in der Literatur zur heutigen mittleren jährlichen Gesamtfracht für Stickstoff variieren, werden hier vereinfachend 28.000 Tonnen angesetzt. Die Literaturangaben (FGE Ems 2005; LBEG 2007; Website UBA) zur heutigen mittleren jährlichen Gesamtfracht für Phosphor variieren zwischen 450 und 650 Tonnen; vereinfachend wird deshalb ein Wert von 550 Tonnen angesetzt.

3.3.2.2 Naturräumliche und ökologische Ausstattung

Größe der Vordeichflächen: Litorallebensräume

Der innere Teil des Ems-Ästuars hat eine sehr starke Veränderung seiner Form erfahren. Mäander sind nicht mehr vorhanden und weite Bereiche der morphologischen Aue der Ems sind durch Deichbau vom Einfluss der Ems abgetrennt. Von Papenburg bis nach Leer sind die Emsvorländer durch Deiche auf ca. 200–500 m Breite begrenzt. Das Deichvorland wurde durch den Bau von Grabensystemen entwässert, um diese Flächen intensiver landwirtschaftlich nutzen zu können. Zusätzlich haben die Ausbaumaßnahmen der Ems eine Sicherung der Ufer erforderlich gemacht, so dass heute nahezu 100% der Ufer mit Deckwerken (Steinschüttungen) befestigt sind (BIOCONSULT 2011a).

Aufgrund der erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten und der verstärkten Flutstromdominanz haben sich die Sedimentfrachten in der Tideems sehr stark erhöht (s.o.). Dadurch kommt es zu sehr hohen Ablagerungsraten von Schwebstoffen und Sedimenten, die zur Verlandung von Seitengewässern und Flachwasserzonen führen (Lange 2006). Die Flachwasserzonen – mit ihrer wichtigen Funktionen für die Sauerstoffproduktion für das gesamte Ästuar – sind in der Unterems im Vergleich zum historischen Zustand deutlich kleiner geworden (s. Tab. 9).

Tab. 9: Größe der Vordeichsflächen (Litoralflächen)

BTT-Gruppe	heute (in ha)
Tiefwasserbereich (tiefes Sublitoral: MTnw -2 m)	938
Flachwasserzone (flaches Sublitoral: MTnw -2 m bis MTnw)	157
Watten (Eulitoral: zwischen MTnw und MThw)	514
Vorland (Supralitoral: über MThw)	1.739
Summe	3.348

Auch heute werden ca. 358 ha der Vordeichsflächen durch Sommerdeiche geschützt (IBL mündlich). Obwohl diese nicht überall mehr unterhalten werden, werden die Sommerpolder im Folgenden vereinfacht als vom Tidegeschehen abgetrennt berücksichtigt. In den Sommerpoldern befinden sich unterschiedlich intensiv genutzte Grünländer.

Ästuartypische Lebensräume und Biodiversität

Die folgende Tab. 10 zeigt die heutigen Flächengrößen der ästuartypischen Lebensräume (s.a. Kap. 3.4.1).

Tab. 10: Größe der heutigen ästuartypischen Lebensräume (der Tiefwasserbereich ist aufgrund starker anthropogener Beeinflussung nicht mehr als ästuartypisch einzuschätzen)

Lebensraum	Flächengröße (in ha)
Tiefwasserbereich	938
Flachwasserzone	157
Watt*	315
Tideröhricht	33
Tideauwald	23
Gewässer (Vorland)	42
Landröhricht	248
Magerrasen	76
Marschpriel	16
Salzwiese	167

*: Watt bezeichnet hier die BTT des Fluss- und Brackwasserwatts

Die ästuartypischen Lebensgemeinschaften sind durch die anthropogenen Veränderungen der Tideems in vielen Teilen stark verarmt. Insbesondere die aquatischen Lebensgemeinschaften in den Lebensräumen des Sublitorals sind betroffen (Makrozoobenthos und Fische). Viele charakteristische Arten sind verschwunden oder kommen in der Tideems nur sehr vereinzelt vor. Damit ist insgesamt die biologische Vielfalt der Tideems stark reduziert.

Zentrale strukturelle und funktionale Defizite der Lebensräume sind (BIOCONSULT 2013):

- Verlust der Eigendynamik,
- Beeinträchtigung der Gewässergüte,
- Beeinträchtigung der Qualität aquatischer Lebensräume,
- Veränderung der trophischen Situation,
- Verlust der Artenvielfalt und Produktivität und damit
- Verlust ökosystemarer Funktionen.

Insgesamt ist damit also die Qualität der ästuartypischen Lebensräume stark vermindert und die biologische Vielfalt reduziert (für eine ausführlichere Beschreibung der Defizite s. BIOCONSULT 2013; exemplarisch ist in Kap. 8 der massive Rückgang der Mollusken dargestellt).

3.3.2.3 Sozio-ökonomische Situation

Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist der dominante Flächennutzer in den Landkreisen Leer und Emsland und hat als die Kulturlandschaft prägender Wirtschaftszweig eine große Bedeutung. Besonders die stark ausgeprägte Milchwirtschaft im Landkreis Leer prägt dort die Landschaft großflächig, da aufgrund der Bodeneigenschaften viele Flächen nur als Dauergrünland nutzbar sind (s. z.B. IBP-Ems 2012: Fachbeitrag 6a; Website Landwirtschaftlicher Hauptverein für Ostfriesland e.V.).

Die emsnahen Binnenlandflächen werden heute v.a. als Grünland genutzt. Die Verteilung der LNK heute im Binnenland (auf der Basis der ausgewerteten Daten der ATKIS-LNK im 3-km Bereich) ist folgendermaßen:

- Siedlungsflächen: ca. 7.100
- Verkehrsflächen: ca. 300 ha,
- Waldflächen: ca. 420 ha,
- Ackerflächen: ca. 3.580 ha,
- Grünlandflächen: ca. 20.370 ha,
- Gewässerflächen: ca. 520 ha.

Auf den Vorlandflächen des Betrachtungsraumes findet intensive landwirtschaftliche Nutzung heute auf ca. 710 ha Intensivgrünland und ca. 130 ha Acker (v.a. auf den Flächen zwischen Herbrum und

Papenburg) statt. Auf weiteren Vorlandflächen werden Feuchtgrünländer und mesophiles Grünland (ca. 400 ha) extensiver genutzt (weitere Analysen in Kap. 4). Die Nutzungsintensität ist dabei abhängig von der Überflutungshäufigkeit, dem Schutz durch Sommerdeiche/Verwallungen (ca. 358 ha) und den Nutzungsaufgaben aufgrund von Naturschutzgebietsverordnungen, Kompensationsfestlegungen oder Auflagen auf Flächen im öffentlichen Eigentum.

Fischerei

Die Fischerei in der Unterems mit Pfahlhamen, Buttzäunen, Reusen und Stellnetzen ist bis auf ganz geringe Reste zum Erliegen gekommen. Von der Ledamündung bis zur Knock wird im Frühjahr und im Herbst noch Hamenfischerei mit den Zielarten Stint, Aal und Plattfisch betrieben. Diese ist aber ebenfalls sehr stark zurückgegangen (IBP-Ems 2013: Fachbeitrag 6b). Neben der traditionellen Hamenfischerei, die nur noch von einem hauptgewerblichen Fischer in der Tideems betrieben wird, werden die Tideems und ihre Zuflüsse von Sportfischern als Angelrevier genutzt.

Schifffahrt

Die Ems ist für die Schifffahrt eine wichtige Wasserstraße, die über den Küsten- und Mittellandkanal (Weser) und den Dortmund-Ems-Kanal (Rhein) eine Verbindungsachse zwischen dem Weser- und Rheingebiet herstellt. Die Tideems ist eine Bundeswasserstraße. Auf der Ems verkehren Binnenschiffe, Fahrgastschiffe, Segel- und Motorboote. Sportboothäfen befinden sich bei Bingum, Jemgum, Sauteler Siel, Midlum und Oldersum, die für die Erholungsfunktion bedeutend sind (s.u.). Ökonomisch bedeutend ist v.a. die Überführung von Schiffsbauten der Meyer Werft von Papenburg seewärts.

Naherholung und Tourismus

Die Emsregion hat sich aus touristischer Sicht in den letzten Jahrzehnten zu einer führenden Region für Naturtourismus entwickelt. So lag die Entwicklung der Übernachtungszahlen in den Jahren 2005 bis 2010 deutlich über dem niedersächsischen Landesdurchschnitt. Ein Grund für den Anstieg der Übernachtungszahlen wird dabei dem Lückenschluss der A 31 im Jahr 2005 zugewiesen, die das Ruhrgebiet mit der Nordseeküste verbindet. 2010 nahm die Zahl der Übernachtungen und Gästeankünfte nochmals zu.

Ein touristischer Schwerpunkt liegt im Fahrradtourismus, da die Landschaft der Marschgebiete ohne größere Hügel und Erhebungen und das weitläufige Radwegenetz hierfür optimale Bedingungen bieten. Ein weiterer Schwerpunkt sind wasserbezogene Aktivitäten wie Angeln, Wassersport und Baden. Trotz der schwierigen Fahrwasserbedingungen ist die Flusslandschaft der Ems geprägt vom Wassersport (IBP-Ems 2012: Fachbeitrag 8). Naherholungs- und Freizeitaktivitäten wie etwa das Baden oder die Nutzung der Uferbereiche zu Campingzwecken sind heute aufgrund der eingeschränkten Zugänglichkeit durch Uferbefestigungen mit Steinen und Schlickbereiche, der hohen Schwebstoffkonzentrationen und Strömungsgeschwindigkeiten kaum zu verzeichnen.

Die Naturschutzverbände bieten länderübergreifend im Gebiet des Rheiderlandes und am Dollart während des ganzen Jahres naturkundliche Führungen und Wanderungen insbesondere zur Vogelbeobachtung an. Hier sind die Gänseansammlungen während des Herbstes und Winters von hoher Bedeutung. An einigen Standorten entlang des Emsdeiches stehen Beobachtungshütten bzw. Aussichtspunkte, von denen aus Brut- und Gastvögel beobachtet werden können.

Eine bedeutende touristische Attraktion sind die Überführungen der von der Meyer-Werft in Papenburg gebauten Kreuzfahrtschiffe nach Emden sowie das dortige Besucherzentrum. Die Überführungen werden von einer großen Anzahl Schaulustiger auf den Deichen beobachtet.

3.3.3 Der Betrachtungszeitraum zukünftig (Szenario 2050)

Der Betrachtungszeitraum „zukünftig“ für die Tideems ist insbesondere dadurch charakterisiert, dass die im Masterplan (MP) Ems 2050 vorgesehenen Maßnahmentypen umgesetzt sind und diese Maßnahmen darüber hinaus hinsichtlich ihrer vorgesehenen Ziele wirksam geworden sind. Die einzelnen Maßnahmentypen sind in Kap. 3.2 beschrieben. Die für die ÖSL-Analysen besonders relevanten Maßnahmentypen sind „binnenseitige Tidepolder und Rückdeichungen“, „Öffnung bzw. Rückbau von Sommerdeichen und Verwallungen“ sowie „Umgestaltung/Rückbau von Uferbefestigungen“, da durch sie die zukünftige Flächenkulisse verändert wird (s. Kap. 3.4).

Für die Umsetzung der Maßnahmentypen ist erforderlich, dass Flächenankauf und -beschaffung für naturnahe Lebensräume zur Entwicklung ästuartypischer Lebensräume (530 ha; tideoffen) und für den Wiesenvogelschutz (200 ha mit landwirtschaftlicher Nutzung; binnenlands) erfolgreich verlaufen sind. In den tideoffenen Poldern sind ästuartypische Lebensräume entstanden und die hydraulisch optimierten Tidepolder haben neben der Schaffung von ästuartypischen Lebensräumen auch zur Reduktion des Sedimenttransports beigetragen und somit das Schlickproblem der Ems in Kombination mit der Tidesteuerung am Emssperrwerk weitgehend lösen können.

Allerdings ist der Klimawandel weiter vorangeschritten und sind regionale Klimafolgen trotz umfangreicher Klimaschutzbemühungen eingetreten. Hierzu gehören v.a. die Veränderungen in den regionalen Wasserständen und deren Folgen für Hydrodynamik und Morphologie der Tideems. So ist der mittlere Meeresspiegel gering angestiegen und hat sich durch einen stärkeren Anstieg des mittleren Tidehochwassers der Tidehub etwas vergrößert (MELUR-SH 2015; Jensen et al. 2011; Jensen & Mudersbach 2007). Die Wassertemperatur der Ems hat sich leicht erhöht und die Oberwasserabflussmengen sind zugunsten der winterlichen Menge verschoben (EEA 2008; Schuchardt et al. 2010). Allerdings sind diese klimawandelbedingten Veränderungen bis 2050 eher gering und ihre Wirkungen auf die Ausprägung und Verteilung der BTT der Vordeichflächen weitgehend unbekannt, so dass die Klimafolgen hier nicht weiter berücksichtigt werden bzw. werden können.

3.3.3.1 Hydromorphologische Charakteristika

Morphologie und Topografie

Durch die Maßnahmentypen Tidepolder, Sommerdeichöffnung, Revitalisierung von Nebenrinnen und Mäandern sowie die Renaturierung von Ufern in einigen Flussabschnitten konnte die naturtypische Morphologie und Topografie der Tideems in einigen Bereichen, abgesehen von der verbliebenen tiefen Fahrrinne, wiederhergestellt werden. Dazu gehört insbesondere die Schaffung von Flachwasserzonen und Gewässerstrukturen in den Seitenbereichen. Allerdings ist weiterhin eine Unterhaltung der Bundesschiffahrtstraße Ems erforderlich. Aufgrund der reduzierten Schwebstofffrachten sind die Baggermengen jedoch deutlich reduziert und die Verschlickung der Seitenbe-

reiche maßgeblich gestoppt. Die Sedimentation in alten und neuangelegten Gewässerlebensräumen verläuft langsam. Hochwasserereignisse sowie hohe Oberwasserabflüsse führen regelmäßig zu einer „natürlichen“ Räumung der Priele, Nebenrinnen und Gewässerstrukturen im Bereich der Vorländer.

Tideregime und Hydrodynamik

Die Maßnahmentypen flexible Tidesteuerung am Emssperrwerk, Sommerdeichöffnung und Tidepolder beeinflussen das Tideregime und die Hydrodynamik der Tideems. Durch die Tidesteuerung und die hydraulisch wirksamen Tidepolder wird sich die ausbaubedingte Asymmetrie der Tide deutlich verringern. Insgesamt bleiben die mittleren Tidewasserstände weitgehend so wie heute und haben die Veränderungen durch die Sperrwerksteuerung und den hydraulischen Einfluss der Tidepolder nicht zu einer Verschiebung der Litoralbereiche und Veränderung der BTT-Verteilung geführt (s.u.).

Durch Tidesteuerung und Tidepolder besteht die heutige starke Flutstromdominanz nicht mehr, so dass auch der Stromauf-Transport von Schwebstoff stark reduziert ist und sich in der Tideems kein Fluid mud mehr bildet und vorkommt.

Die Lage der Brackwasserzone und die Grenze zwischen dem limnischen und oligohalinen Bereiche der Tideems wird vereinfacht so wie heute bei Ems-km 13 festgelegt.

Schwebstoffkonzentration: Sedimentfrachten

Durch die Umsetzung der Maßnahmen des MP Ems 2050 ist die Sedimentbilanz ausgewogen. Durch die flexible Tidesteuerung am Emssperrwerk und die Wirkung der hydraulisch optimierten Tidepolder hat sich die Schwebstoffkonzentration auf ein ästuartypisches Niveau verringert. Die mittlere Schwebstoffkonzentration liegt in der gesamten Wassersäule der limnischen Zone (Süßwasserbereich) nicht über 100 mg/l (bei mittlerem Oberwasserabfluss). Das hat dazu geführt, dass das Sohls substrat in der Stromrinne und an den Hängen wieder überwiegend sandig ist, während es in den Seitenbereichen mit geringer Sedimentation schlickig ist. Der mittlere Feinkornanteil in den Sedimenten der Stromrinne der limnischen Zone ist kleiner als 10%.

Sauerstoffkonzentration und Nährstofffrachten

Durch die Tidesteuerung am Emssperrwerk und die Schaffung von ästuartypischen Lebensräumen durch die Anlage von Tidepoldern im Binnenland, Sommerdeichöffnungen, die Revitalisierung von Nebenrinnen und Mäandern sowie Uferrenaturierung hat sich die Gewässergüte der Tideems verbessert. Die fehlende Fluid mud-Schicht, die drastische Reduzierung der Schwebstoffkonzentrationen und die Schaffung von Flachwasserzonen und Wattflächen hat dazu geführt, dass die Sauerstoffproduktion im Gewässer deutlich erhöht ist und die Sauerstoffkonzentration 4 mg/l in der gesamten Wassersäule ganzjährig nicht mehr unterschreitet.

Auch die Nährstofffrachten haben abgenommen, da die Einträge aus dem terrestrischen Bereich über Oberwasser, Nebenflüsse und Siele bzw. direkte atmosphärische Einträge zurückgegangen sind. Das OSPAR-Ziel, die Stickstoff- und die Phosphoreinträge in die Gewässer bis 2020 zu halbieren (im Vergleich zum Referenzjahr 1985) ist bis 2050 erreicht, so dass die N-Fracht der Ems bei 14.000 Tonnen liegt (s. Kap. 6.2) und die P-Fracht zukünftig 275 Tonnen beträgt (s. Kap. 6.3).

Die Schaffung von ästuartypischen Lebensräumen durch die Anlage von Tidepoldern im Binnenland, Sommerdeichöffnungen sowie Uferrenaturierung hat dazu geführt, dass Stickstoff und Phosphat aus dem Emswasser von den neu geschaffenen Strukturen aufgenommen wird und damit die „Filterfunktion“ des Emsästuars für Nährstoffe verbessert.

3.3.3.2 Naturräumliche und ökologische Ausstattung

Die naturräumliche und ökologische Ausstattung der Tideems im Jahr 2050 zeichnet sich dadurch aus, dass die heutigen strukturellen und funktionalen Defizite (s.o.) deutlich verringert sind.

Größe der Vordeichsflächen: Litorallebensräume

Die Veränderungen der Vordeichs- bzw. Litoralflächen beruhen auf den durch die Maßnahmentypen resultierenden Effekten. Ziele der Maßnahmentypen Tidepolder, Sommerdeichöffnung, Revitalisierung von Nebenrinnen und Mäandern, Uferrenaturierung und die Entwicklung von Röhricht und Salzwiesen des Masterplans Ems 2050 ist u.a. die Entwicklung und Aufwertung von ästuartypischen Lebensräumen und Arten sowie die Verbesserung der Gewässergüte (s.o.).

Durch die Tidepolder vergrößert sich die Vordeichsfläche (s. Tab 5 und Tab. 11), während die Sommerdeichöffnungen und Uferrenaturierungen die Verteilung der BTT aber nicht die Flächen-größe verändert.

Inwieweit durch Revitalisierung von Mäandern und Nebenrinnen neue ästuartypische Lebensräume entstehen oder bestehende aufgewertet werden, wird in dieser Studie nicht weiter bilanziert, weil es noch keine konkreten Planungen gibt. Die folgende Tab. 11 fasst die Größe und die Veränderung der Vordeichsflächen im Vergleich zu heute zusammen, die aus der Realisierung des Maßnahmentyps Tidepolder resultiert.

Tab. 11: Größe und Veränderung der Vordeichsflächen (Litoralflächen) zukünftig im Vergleich zu heute durch die Maßnahme Tidepolder

Litoralflächen	Flächengröße zukünftig (in ha)	Veränderung zu heute (in ha)
Tiefwasserbereich (tiefes Sublitoral: MTnw -2 m)	938	0
Flachwasserzone (flaches Sublitoral: MTnw -2 m bis MTnw)	379	+212
Watten (Eulitoral: zwischen MTnw und MThw)	620	+106
Vorland (Supralitoral: über MThw)	1.941	+212
Summe	3878	+530

Ästuartypische Lebensräume und Biodiversität

Durch die drastische Reduzierung der Schwebstoff- und Sedimenteinträge, das Ausbleiben einer Fluid mud-Schicht und das Ausbleiben von Sauerstoffmangelsituationen sind die Voraussetzungen für eine Erholung der Bestände der emstypischen Tiere und Pflanzen sowie eine Wiederbesiedlung mit heute verschwundenen Arten geschaffen worden.

Durch die Umsetzung der Maßnahmentypen des MP Ems 2050 sind in vielen Bereichen neue ästuartypische Lebensräume entstanden. Insbesondere die Maßnahmentypen **Tidepolder** und **Sommerdeichöffnung** haben zu einer Vergrößerung des Flächenanteils der Lebensräume Tideauwald, Tideröhricht, Flachwasserzonen und Wattflächen geführt (s. Tab. 12). Die entsprechenden ästuarinen Lebensgemeinschaften konnten sich regenerieren und räumliche und funktionale Verluste der Vergangenheit wurden kompensiert. Insgesamt hat sich dadurch die Biodiversität erhöht.

Tab. 12: Größe und Veränderung der ästuartypischen Lebensräume zukünftig im Vergleich zu heute

Lebensraum	Flächengröße (in ha)	Veränderung zu heute (in ha)
Tiefwasserbereich	938	0
Flachwasserzone	379	+222
Watt*	431	+116
Tideröhricht	153	+120
Tideauwald	138	+115
Gewässer (Vorland)	42	0
Landröhricht	248	0
Magerrasen	76	0
Marschpriel	16	0
Salzwiese	167	0

*: Watt bezeichnet hier die BTT des Fluss- und Brackwasserwatts

Der Rückbau von **Uferbefestigungen** hat in den Bereichen zur Ausbildung einer typischen Vegetationszonierung geführt. Dadurch hat sich die Strukturvielfalt und -güte ebenso verbessert wie die Lebensbedingungen für Tiere und Pflanzen im Gewässer und Uferbereich. Hinsichtlich der biologischen Vielfalt liegt der Wert des Maßnahmentyps im Wesentlichen in einer Erhöhung der Habitat- und Strukturvielfalt des Ufers (Liebenstein 2016), wodurch sich charakteristische Arten der Röhrichte und Auwälder ansiedeln können.

Die Umsetzung des Maßnahmentyps **Wiesenvogellebensräume im Binnenland** des MP Ems 2050 hat zur Sicherung der vorhandenen Wertigkeiten für die Avifauna beigetragen. Flächen, die im Rahmen der Renaturierungsmaßnahmen ihre Eignung für Wiesenvögel verlieren, werden an anderer Stelle kompensiert. Das bedeutet, dass sich die gesamte Eignung der Emsregion für Wiesenvögel nicht verschlechtert. Vielmehr haben die Flächen, auf denen Tidepolder entstehen sollen, i.d.R. heute eine geringe Bedeutung für Wiesenvögel. In der Konsequenz führen daher die Maßnahmen für den Wiesenvogelschutz zu stabileren Beständen. V.a. die Sicherung der Bestände von Brutvögeln der Grünländer (z.B. Kiebitz, Rotschenkel, Uferschnepfe im Binnenland; Säbelschnäbler in den Salzwiesen der Emsvorländer) und von Gastvögeln (z.B. Goldregenpfeifer,

Nonnengans, Kampfläufer, Sing- und Zwergschwan, Blässgans, Graugans, Saatgans, Krickente, Pfeifente und Regenbrachvogel) ist erreicht worden. Die Flächen für den Wiesenvogelschutz werden nach dem Ankauf durch das Land Niedersachsen wieder an örtliche Landwirte verpachtet. Ackerflächen werden vermutlich nicht oder nur gering in Anspruch genommen. Das bedeutet, dass die Flächen weiterhin mit geringerer Intensität als Grünland genutzt werden dürfen.

Die Erhöhung der Biodiversität bzw. Artenvielfalt in den Emshabitaten zeigt sich auch dadurch, dass ästuartypische Leitarten wie Schwebegarnele, Großmuscheln, Stint, Finte, Nordsee-Schnäpel, Stör, Bartmeise, Pirol, Beutelmeise, Säbelschnäbler, Seeadler und Fischotter wieder vorkommen und sich erfolgreich reproduzieren. Sie indizieren gute Lebensbedingungen für das charakteristische Artenspektrum und eine gute Lebensraumausstattung im Emsästuar insgesamt.

Durch die Maßnahmentypen ist in der Tideems – als erheblich verändertes Gewässer bzw. Oberflächenwasserkörper – das gute ökologische Potenzial im Sinne der EU-WRRL realisiert. Die Lebensraumtypen der FFH-Gebiete sind ebenso in einem guten Erhaltungszustand wie die EU-Vogelschutzgebiete. Das Vorkommen der in den Natura 2000-Gebieten geschützten Arten ist gesichert.

3.3.3.3 Sozio-ökonomische Situation

Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist als raumbedeutsamer und die Kulturlandschaft prägender Wirtschaftszweig erhalten und in ihrer sozioökonomischen Funktion gesichert. Ökonomische und ökologische Belange sind weitgehend in Einklang gebracht worden.

Die Umsetzung des MP Ems 2050 hat dazu geführt, dass auf 530 ha im 3-km Bereich die landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben werden musste und 200 ha im Binnenland unter Berücksichtigung des Wiesenvogelschutzes extensiv bewirtschaftet werden dürfen. Dementsprechend wird für die zukünftige Flächenkulisse folgendes gesetzt:

- insgesamt Abnahme von 530 ha durch binnenseitige Tidepolder (im 3-km Bereich);
- Abnahme ausschließlich in der Objektart Grünland, da die emsnahen Flächen überwiegend als Grünland genutzt werden; Ackerflächen sind nicht betroffen;

Die Schaffung von Wiesenvogellebensräumen im Binnenland auf 200 ha durch Extensivierung der Nutzung und Vernässung der Flächen (Umwandlung bzw. Extensivierung von Flächennutzungen) findet wohl überwiegend außerhalb des Betrachtungsraums statt und verändert dementsprechend nicht die Flächenkulisse im 3-km Bereich des Binnenlands.

Entsprechend ist die Landnutzung im Binnenland (ATKIS-LNK im 3-km Bereich) folgendermaßen (zu weiteren Analysen s. Kap. 4):

- Siedlungs- und Verkehrsflächen: wie heute (Größe der Siedlungs- und Verkehrsflächen zukünftig: ca. 7.390 ha),

- Waldflächen: wie heute (Größe der Waldflächen zukünftig: ca. 420 ha),
- Ackerflächen: wie heute (Größe der Ackerflächen zukünftig: ca. 3.580 ha),
- Grünlandflächen: 530 ha weniger (Größe der Grünlandflächen zukünftig: ca. 19.840 ha),
- Gewässerflächen: wie heute (Größe der Gewässerflächen zukünftig: ca. 520 ha).

Die Maßnahmentypen „Tidepolder“ und „Schaffung von Wiesenvogellebensräumen“ unterbinden bzw. verändern die Nutzungsmöglichkeiten der Landwirtschaft im Binnenland. Der Maßnahmentyp „Sommerdeichöffnung“ betrifft die landwirtschaftliche Nutzung im Vorland. Hier reduziert sich die Größe der Landwirtschaftsfläche, da in den an das Tidegeschehen angeschlossenen Sommerpoldern keine Nutzung mehr möglich ist (s.a. Kap. 3.4).

Eine weitere Zunahme des Flächenverbrauchs für Siedlungen und Verkehr wird nicht angenommen, da belastbare Zahlen für den langen Zeitraum bis zum Jahr 2050 fehlen bzw. die Prognosen zu unsicher sind.

Fischerei

Durch die Schaffung von Flachwasserzonen und andere Gewässerstrukturen in den Seitenbereichen der Ems im Rahmen der Renaturierungsmaßnahmen sowie die Verbesserung der Gewässergüte sind viele neue Laich-, Aufwuchs- und Nahrungsräume für Fische entstanden.

Die Verbesserung der Durchgängigkeit von Schöpfwerken und Sieltiefs sowie die Verbesserung der Durchgängigkeit am Wehr Herbrum für Fische ermöglicht es der Lebensgemeinschaft die an die Ems angrenzenden Gewässer wieder als Nahrungs- und Fortpflanzungsraum zu nutzen sowie den Wanderfischen ihre ursprünglichen Laichgebiete zu erreichen, von denen sie über einen langen Zeitraum abgeschnitten waren.

Insgesamt haben sich wieder natürliche Nahrungsketten von Planktonorganismen, Makrozoobenthos bis hin zu räuberisch lebenden Fischen aufgebaut und eine emstypische Fischfauna mit stabilen Beständen auch der Nutzfische etabliert.

Die Ems hat für die gewerbliche Fischerei wieder eine Bedeutung bekommen. Insbesondere Flunder und Stint zeigen durch die deutlich verbesserte Wasserqualität und Lebensraumausstattung eine erfolgreiche und regelmäßige Reproduktion in der Unterems. Regelmäßiger Besatz als aktive Maßnahmen der Wiederansiedlung von zentralen Arten (Stör, Nordseeschnäpel) erfolgt weiterhin und eine nachhaltige Nutzung der Fischbestände wird betrieben.

Andererseits wird für die Schifffahrt, insbesondere für die Überführung der auf der Meyer-Werft gebauten Kreuzfahrtschiffe, die Fahrinne weiterhin durch Baggerung unterhalten werden, jedoch in deutlich reduziertem Umfang verglichen mit heute. Beides beeinträchtigt weiterhin die Qualität der Fischlebensräume, die sich aber insgesamt durch die Verbesserung der Gewässergüte, also die Verringerung der Schwebstoffgehalte und die Erhöhung der Sauerstoffkonzentration, sehr deutlich verbessert haben.

Schifffahrt

Der MP Ems 2050 hat die „Zugänglichkeit“ der Ems für die Schifffahrt, also die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs, gesichert. Weitere Ausbaumaßnahmen für die Schifffahrt sind nicht vorgenommen worden. Auf der Meyer Werft werden weiterhin große Schiffe gebaut, die über die Unterems nach See überführt werden.

Die Tidesteuerung durch das Emssperrwerk kann zu einer Beeinträchtigung der Binnenschifffahrt führen. Die geplante (flexible) Sperrwerkssteuerung kann jedoch so optimiert werden, dass die Beeinträchtigung der Schifffahrt reduziert wird (NLWKN 2016). Die Renaturierungsmaßnahmen werden so geplant, dass sie zu keiner maßgeblichen Beeinträchtigung der Schifffahrt führen.

Naherholung und Tourismus

Die hohe Zahl der Besucher und Gäste in der Tideemsregion, die Natur erleben möchten, ist gestiegen. Insbesondere die Verbesserung der Strömungsverhältnisse, die Verbesserung der Erlebbarkeit der Seitenbereiche durch den Wegfall der Verschlickung und die Verbesserung der Wasserqualität haben die Attraktivität der Tideems für Segler und andere Wassersportler sowie als Badegewässer deutlich erhöht. Durch die Verbesserung für die Fischfauna (s.o.) hat die Attraktivität der Tideems als Angelgewässer für Sport-/Freizeitangler zugenommen.

Auch die Wertschätzung des Tideemsgebiets für Naherholung ist weiterhin groß. Vielmehr hat sich die Nachfrage nach Naturtourismus und Naturbeobachtung durch die verbesserte ökologische Situation der Tideems erhöht. Dadurch hat sich auch die Wertschätzung für Natur inklusive ihre grundlegenden ÖSL bei den Menschen, die in der Emsregion leben oder sie besuchen, erhöht. Insgesamt ist die touristische Nutzung gesichert und nachhaltig entwickelt.

3.4 Übersicht: Die Flächenkulisse früher, heute und zukünftig

Da für die Quantifizierung der ausgewählten ÖSL die Flächengrößen und ihre Veränderungen – neben den in den drei Betrachtungszeiträumen festgelegten Randbedingungen – ausschlaggebend sind, werden im Folgenden die Flächenkulissen für die Vordeichsflächen- und Binnenlandflächen für die drei Zustände zusammenfassend dargestellt. Die Vordeichsflächenkulisse geht bei allen ÖSL in die Berechnung ein, mit Ausnahme der ÖSL Schifffahrt. Für die Analyse der ÖSL Nahrungsmittel muss zusätzlich die Binnenlandflächenkulisse einbezogen werden. Für die ÖSL Habitatfunktion werden weiterhin der limnische und der oligohaline Abschnitt der Tideems differenziert (um diese Werte leichter vergleichbar zu halten, ist für alle drei Zustände die Brackwassergrenze für Ems-km 13 festgelegt worden, obwohl sie heute gegenüber früher etwas stromauf verschoben ist).

3.4.1 Vordeichsflächenkulisse

Die folgende Abb. 3 zeigt die Größe der Litoralflächen für die drei Betrachtungszeiträume. Die jeweiligen Veränderungen in Bezug zum heutigen Zustand sind in Tab. 13 dargestellt.

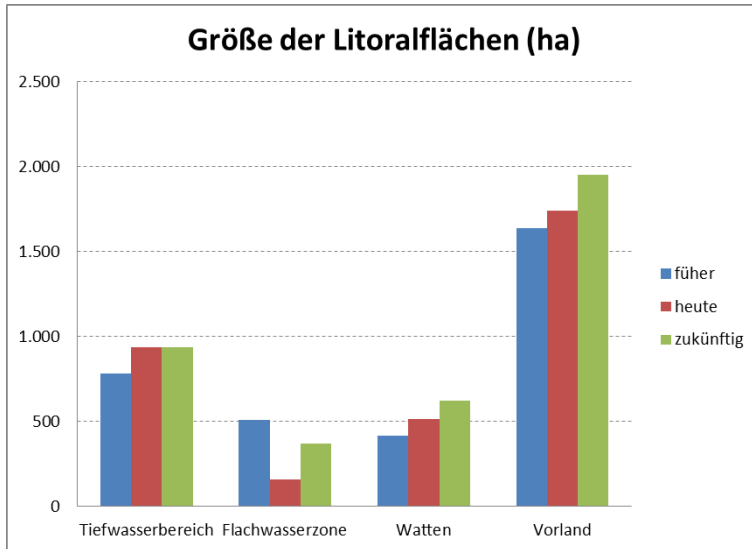


Abb. 3: Größe der Litoralflächen früher, heute und zukünftig

Aus Abb. 3 und Tab. 13 wird ersichtlich, dass

- heute der Tiefwasserbereich größer ist als früher, da die Tideems für die Schiffsüberführungen und die Schifffahrt vertieft worden ist,
- früher der Flachwasserbereich deutlich größer war, v.a. da die Vertiefung mit einer Verbreiterung der Fahrrinne verbunden war, das Tideniedrigwasser heute sehr viel niedriger ist und weil inzwischen die Gewässerstrukturen in den Seitenbereichen verlandet sind,
- heute die Wattflächen (Eulitoral) größer sind, da ausbaubedingt der Tidehub stark gestiegen ist. Der Anstieg beruht zu ca 90% auf ein stärkeres Absinken der Wasserstände bei Niedrigwasser, so dass ehemalige Flachwasserzonen in Wattflächen umgewandelt wurden und
- heute das Vorland (Supralitoral) etwas größer ist, da die sehr hohen Schwebstoffgehalte eine entsprechende Auflandung bzw. ein starkes Mitwachsen des Vorlands bedingt haben.

Tab. 13: Größe der Vordeichsflächen (Litoralflächen) und deren Veränderung im Vergleich zu heute

Litoralfläche	früher (ha)	heute (ha)	zukünftig (ha)
Tiefwasserbereich (tiefes Sublitoral)	784 (-154)	938	938 (so wie heute)
Flachwasserzone (flaches Sublitoral)	508 (+351)	157	369 (+212)
Watten (Eulitoral)	416 (-99)	514	620 (+106)
Vorland (Supralitoral)	1.640 (-98)	1.738	1.950 (+212)

In der folgenden Tab. 14 ist die Flächenkulisse der Vordeichsflächen zusammengeführt und werden die für die Betrachtungszeiträume festgelegten Randbedingungen erläutert.

Tab. 14: Die Flächenkulisse der Vordeichsflächen

BTT-Gruppe	früher (in ha)	heute (in ha)	zukünftig (in ha)	Erläuterungen (Festlegungen)
Acker	0	132	132	<u>früher</u> : keine Äcker, weil zu feucht (eingeschränkte Entwässerung)
Intensivgrünland	0	713	678	<u>früher</u> : keine Intensivgrünland, weil zu feucht (eingeschränkte Entwässerung); <u>zukünftig</u> : 35 ha weniger durch Sommerdeichöffnung
Feuchtgrünland	1.066	342	342	<u>früher</u> : das Verhältnis zwischen Feuchtgrünland und mesophilem Grünland bleibt gleich
mesophiles Grünland	177	56	56	
Summe Landwirtschaftsflächen	1.243	1.243	1.208	<u>früher</u> : landwirtschaftliche Nutzfläche gleich groß, aber Nutzungsintensität geringer: mehr Feuchtgrünland und mesophiles Grünland; <u>zukünftig</u> : 35 ha weniger durch Sommerdeichöffnung
Tiefwasserbereich (tiefes Sublitoral)	784	938	938	<u>früher</u> : 154 ha weniger (historische Topografie)
Flachwasserzone (flaches Sublitoral)	508	157	379	<u>früher</u> : 351 ha mehr (historische Topografie); <u>zukünftig</u> : 212 ha mehr durch Tidepolder und 10 ha größer durch Sommerdeichöffnung
Watt (Fluss- und Brackwasserwatt)	187	315	431	<u>früher</u> : Eulitoral kleiner (historischer Topografie); <u>zukünftig</u> : 106 ha größer durch Tidepolder und 10 ha größer durch Sommerdeichöffnung
Tideröhricht	63	33	153	<u>früher</u> : 30 ha größer durch weniger Uferbefestigung; <u>zukünftig</u> : 106 ha größer durch Tidepolder, 10 ha größer durch Sommerdeichöffnung und 4 ha (3,75 ha) durch Uferrenaturierung (Röhrichtentwicklung Rysumer Nacken außerhalb UG)
Tideauwald	23	23	138	<u>zukünftig</u> : 106 ha größer durch Tidepolder, 5 ha größer durch Sommerdeichöffnung und 4 ha (3,75 ha) durch Uferrenaturierung
Gewässer (Vorland)	12	42	42	<u>früher</u> : Supralitoral früher kleiner (historische Topografie); Entwässerungsgräben kleiner
Küstenschutzbauwerke	3	28	20	<u>früher</u> : Supralitoral kleiner (historische Topografie); <u>zukünftig</u> : 8 ha (7,5 ha) weniger durch Uferrenaturierung
Landröhricht	248	248	248	<u>früher</u> : obwohl das Supralitoral kleiner ist (historische Topografie), hat sich die Größe dieser ästuartypischer BTT nicht verändert; <u>zukünftig</u> : die Maßnahmentypen haben hier keinen Einfluss
Magerrasen	76	76	76	
Marschpriel	16	16	16	
Salzwiese	172	167	167	<u>früher</u> : 5 ha mehr da kein Sperrwerk
sonstige BTT	6	61	61	<u>früher</u> : Supralitoral kleiner (historischer Topografie); zusätzlich 5 ha weniger da kein Sperrwerk
Gesamtfläche	3.348	3.348	3.878	<u>zukünftig</u> : 530 ha mehr durch Tidepolder

3.4.2 Binnenlandflächenkulisse

Die folgende Tab. 15 stellt die Größe der LNK im Binnenland dar.

Tab. 15: Die Flächenkulisse im Binnenland (3-km Bereich; LNK = Landnutzungsklassen)

LNK	früher (ha)	heute (ha)	zukünftig (ha)
Acker	3.828	3.578	3.578
Gewässer	267	517	517
Grünland	22.524	20.374	19.844
Siedlung	5.093	7.093	7.093
Verkehrsfläche	143	293	293
Wald	421	421	421
Summe	32.276	32.276	31.746

Die Verteilung der LNK im Binnenland früher, heute und zukünftig zeigt folgende Abb. 4.

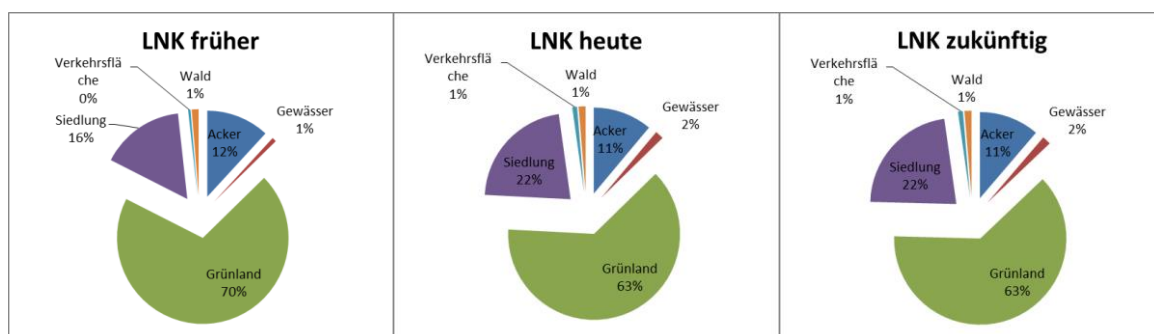


Abb. 4: Verteilung der LNK im Binnenland (3-km Bereich) früher, heute und zukünftig

4. ÖSL Nahrungsmittel (Landwirtschaft, Fischerei)

Die Bereitstellung von Nahrungsmitteln umfasst im Rahmen dieser Studie zwei Aspekte (s. Tab. 2 in Kap. 2.5): zum einen das landwirtschaftliche (terrestrische) und zum anderen das fischereiliche (aquatische) Ertragspotential. Beide ÖSL werden im Folgenden separat beschrieben.

4.1 Landwirtschaft

4.1.1 Hintergrund und Begründung für Auswahl

Die Landwirtschaft ist als raumbedeutsamer und die Kulturlandschaft prägender Wirtschaftszweig von großer Bedeutung. Sie ist der dominante Flächennutzer in der Emsregion und war früher der wichtigste Erwerbszweig für die Bevölkerung. Auch heute prägt die Landwirtschaft die Region großflächig und ist wirtschaftlich weiterhin von größerer Bedeutung. So wirtschafteten im Jahr 2010 im Landkreis Leer ca. 1.300 landwirtschaftliche Betriebe auf insgesamt knapp 67.500 ha. 85% davon sind Futterbau- oder Weideviehbetriebe.

Im Rahmen der Erstellung und Unterzeichnung des Masterplans (MP) Ems 2050 wird von der regionalen Landwirtschaft befürchtet, dass die Flächenkonkurrenz zunimmt und sich insbesondere die Pachtpreise deutlich erhöhen könnten. Zur Adressierung potenzieller Landnutzungskonflikte zwischen landwirtschaftlicher Nutzung und den Renaturierungsmaßnahmen des MP Ems 2050 ist die ÖSL „Nahrungsmittel: Landwirtschaft“ ausgewählt worden (s.a. Kap. 2.5).

4.1.2 Operationalisierung

Für die Quantifizierung des landwirtschaftlichen Ertragspotentials werden folgende Parameter herangezogen:

- Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche an der gesamten emsnahen Binnendeichsfläche (3-km Bereich) als Parameter für das flächenbezogene Potential für die landwirtschaftliche Nahrungsmittelproduktion (die tatsächliche Nahrungsmittelproduktion pro Flächeneinheit ist zusätzlich wesentlich von der Nutzungsintensität/Bewirtschaftung abhängig). Dabei erfolgt die Darstellung getrennt für Grün- und Ackernutzung.
- Nutzungsintensität der Vorlandflächen (abgeleitet aus den BTT) als Parameter für das flächenbezogene Potential für die landwirtschaftliche Nahrungsmittelproduktion im Vorland.

Der **Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche** an der gesamten emsnahen Fläche im Binnenland zeigt an, welcher Teil der Flächen zur landwirtschaftlichen Nahrungsmittelproduktion beiträgt. Anhand der LNK „Acker“ und „Grünland“ der ATKIS-Daten wird der prozentuale Anteil landwirt-

schaftlicher Nutzflächen an den emsnahmen Flächen (3-km Bereich) für die drei Emszustände berechnet. Darüber hinaus kann der Grünlandanteil an der landwirtschaftlich genutzten Fläche anzeigen, welcher Teil der Bodenressourcen über die Produktion von Grünfütter zur Erzeugung von Fleisch, Milchprodukten und anderen tierischen Erzeugnissen beiträgt. Da in Deutschland über das Grünfütter hinaus auch große Teile der Ackerflächen für Futtermittel (z.B. Silomais) verwendet werden (Albert et al. 2015a), wird dieser Parameter für eine nutzungsbezogenen Differenzierung nicht weiter verwendet.

Für das Vorland erfolgt die Einschätzung der landwirtschaftlichen Nahrungsmittelbereitstellung anhand der **biotoptypspezifischen Nutzungsintensität**. Hierzu wird den BTT des Vorlandes, deren Unterscheidung anhand des Kartierungsschlüssels nach Drachenfels (2004) einen Nutzungseinfluss integriert, eine Nutzungsintensität zugewiesen (angepasst nach Schuchardt et al. 2013) und darauf basierend ihre Bedeutung für die Landwirtschaft abgeleitet (s. Tab. 16). Anhand der BTTK-Daten wird der prozentuale Anteil von Flächen unterschiedlicher Bedeutung für die Landwirtschaft im Vorland für die drei Emszustände berechnet.

Tab. 16: Biotoptypspezifische Kategorisierung der landwirtschaftlichen Nutzungsintensität und Bedeutung für die Landwirtschaft

Nutzungsintensität	BTT-Gruppe	Bedeutung für die Landwirtschaft
ungenutzt	Gewässer (Voland), Watt, Fluss, Tideauwald, Salzwiese, Land- und Tideröhricht, Staudensumpf, Uferstaudenflur	keine
wenig genutzt	Feuchtgrünland, Magerrasen	gering
mittel genutzt	mesophiles Grünland	mittel
stark genutzt	Acker, Intensivgrünland	hoch
anthropogen geprägte Fläche	Siedlungs-/Gewerbe-/Verkehrsfläche, Küstenschutzbauwerk	keine

4.1.3 Ergebnis

Basierend auf den für die Betrachtungszeiträume getroffenen Festlegungen wird aus Abb. 5 deutlich, dass die gesamte **landwirtschaftlich genutzte Fläche binnendeichs** früher größer war. Die Abnahme gegenüber heute ist wesentlich durch die Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen verursacht. Der prozentuale Anteil der Landwirtschaftsfläche an den emsnahmen Flächen im Binnenland betrug früher ca. 82% und heute nur etwa 74% (s. Tab. 17). Für den Zustand zukünftig wird der Wert heute angesetzt, da das Ausmaß des zukünftigen Flächenverbrauchs durch Siedlungen und Infrastrukturen unbekannt ist.

Tab. 17: Größe und Anteil der emsnahen (3-km Bereich binnendeichs) landwirtschaftlichen Flächen früher, heute und zukünftig

	früher	heute	zukünftig
Gesamtfläche (3-km Bereich)	32.276 ha	32.276 ha	31.746 ha
Landwirtschaftsfläche	26.352 ha	23.952 ha	23.422 ha
Ackerflächen	3.828 ha	3.578 ha	3.578 ha
Grünlandflächen	22.524 ha	20.374 ha	19.844 ha
Anteil der Landwirtschaftsfläche (im 3-km Bereich)	81,64%	74,21%	73,78%

Die aus Abb. 5 ersichtliche weitere Abnahme der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Betrachtungszeitraum zukünftig resultiert deshalb v.a. aus der Herstellung der Tidepolder im Binnenland auf 530 ha. Die Größe der landwirtschaftlich genutzten Fläche im 3-km Bereich des Betrachtungsraumes heute reduziert sich durch die Herstellung der Tidepolder von 32.276 ha auf 31.746 ha bzw. um ca. 1% zukünftig. Davon sind setzungsgemäß ausschließlich die Grünländer betroffen; die Ackerfläche reduziert sich nicht. Die weiteren Maßnahmentypen des MP Ems 2050 reduzieren die landwirtschaftlich nutzbare Fläche im Binnenland nicht.

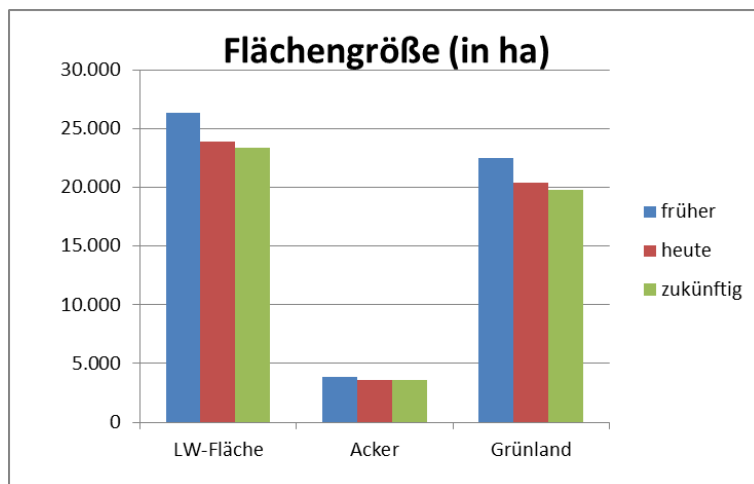


Abb. 5: Größe der emsnahen (3-km Bereich binnendeichs) landwirtschaftlichen Flächen früher, heute und zukünftig (LW-Fläche: Landwirtschaftsfläche)

Abb. 6 stellt die Veränderung der Nutzungsintensität der **Vorlandflächen** (abgeleitet aus den BTT: s. Tab. 16) als Parameter für das flächenbezogene Potential für die landwirtschaftliche Nahrungsmittelproduktion im Vorland für die drei Betrachtungszeiträume dar. In allen drei Zeiträumen werden ca. zwei Drittel der Flächen nicht genutzt und haben damit keine landwirtschaftliche Bedeutung. Aufgrund der durch den Maßnahmentyp Tidepolder zukünftig vergrößerten Umfang an ungenutzten ehemaligen Binnenlandflächen (Ausbildung mit ästuartypischen BTT) ist nicht nur die absolute Vorlandfläche (zu der die Tidepolder gezählt werden) sondern auch der prozentuale Anteil der Flächen ohne landwirtschaftliche Bedeutung zukünftig größer (Abb. 6).

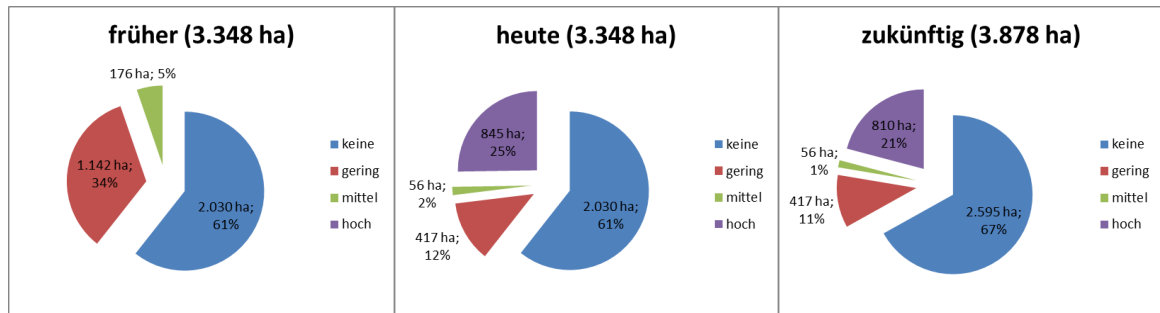


Abb. 6: Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung der Vorlandflächen (inkl. Tidepolder) als Indikator für ihre Bedeutung für die Landwirtschaft früher, heute und zukünftig

Die absolute durch die Landwirtschaft genutzte und damit für die Nahrungsmittelproduktion im Vorland zur Verfügung stehende Fläche wird durch die Tidepolder nicht verkleinert, da diese auf Binnendeichsflächen hergestellt werden. Auch die anderen Maßnahmentypen des MP Ems 2050 führen zu keiner oder nur sehr geringen Abnahme in der Höhe der ÖSL Landwirtschaft im Vorland (Maßnahmentyp Sommerdeichöffnung auf ca. 35 ha; Abnahme der genutzten Vorland-Fläche von 1.243 auf 1.208 ha, also um ca. 2,8%).

Damit kann festgehalten werden, dass das flächenbezogene landwirtschaftliche Ertragspotenzial vom Zeitraum früher über heute bis zukünftig geringfügig abnimmt, da die Landwirtschaftsflächen im Vorland (zukünftig durch Öffnung Sommerpolder) und Binnenland (zukünftig durch Tidepolder) kleiner werden, während verglichen mit dem Zustand früher v.a. die Zunahme bebauter Flächen bedeutsam war. Die höhere Nutzungsintensität heute und zukünftig ist Ergebnis der durch menschliche Leistungen (z.B. Ausbau von Gräben und Vorflutern zur Entwässerung der Marsch, Einführung von Kunstdünger und eine stärkere Mechanisierung) befriedigten höheren Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten. Die Maßnahmentypen des Masterplans haben bezogen auf den Betrachtungsraum nur einen geringen Effekt auf die ÖSL-Höhe; örtlich ist der Effekt (und möglicherweise die individuelle Betroffenheit) deutlich größer.

4.1.4 Diskussion

Der hier verwendete Ansatz zur Quantifizierung der landwirtschaftlichen Nahrungsmittelbereitstellung ermöglicht eine Abschätzung der Nahrungsmittelproduktion im Binnenland sowie über die Nutzungsintensität eine Einschätzung der Nutzungsmöglichkeit bzw. des potenziellen Ertrags der Vordeichsflächen. Dabei werden nicht die tatsächlichen Ernteerträge oder Produktionsmengen pro Landwirtschaftsfläche berücksichtigt, so dass die Ergebnisse v.a. quantitative Hinweise auf das Ertragspotenzial (ÖSL-Angebot) liefern.

Das potenzielle Angebot der Natur oder des Naturkapitals für die landwirtschaftliche Nutzbarkeit wird insbesondere von der Bodenfruchtbarkeit bestimmt und muss für die Emsregion v.a. in zwei Bereiche differenziert werden. Zum einen sind die im nördlichen Bereich (stromab von Leer) dominierenden Marschböden sehr fruchtbar und zum anderen sind die im südlichen Bereich (oberhalb von Papenburg) vorkommenden Moorböden nährstoffarm und schwieriger zu nutzen. Die vielfach im Bereich zwischen Leer und Papenburg vorkommenden emsnahen Gleyböden haben eine hohe Fruchtbarkeit. Hingegen gehören die Sandböden des Emslands zu den ärmsten

Bodenarten in Niedersachsen und Ernteerträge entsprechen naturgemäß den kargen Bodenverhältnissen.

Hintergrund für dieses angebotsbezogene Vorgehen ist, dass zum einen über die frühere und zukünftige Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten, die in der Emsregion produziert worden sind bzw. im Jahr 2050 produziert werden, wenig bekannt ist und sie von vielfältigen, sich einer plausiblen Prognose entziehenden Faktoren abhängig ist (z.B. Agrarförderung, Konsumentenverhalten). Zum anderen ist das Angebot – im Sinne von naturbasierter Leistungsfähigkeit – für die Nachfrage und den Bedarf nach landwirtschaftlichen Gütern schon immer durch menschliche Aktivitäten verändert und angepasst worden. Eine nachfrageorientiert Anpassung des Angebots wird sehr wahrscheinlich auch zukünftig entsprechend der gesellschaftlichen Präferenzen betrieben, in welche Richtung auch immer (z.B. Orientierung an globalen Märkten versus nachhaltiger, ökologischer Landwirtschaft).

Der gesellschaftliche Nutzen der landwirtschaftlichen Nahrungsmittelbereitstellung ist also neben den ökosystemaren Funktionen insbesondere auch an menschliche Leistungen gebunden (Matzdorf et al. 2010). Dieses wird besonders für die Grünländer deutlich, wo neben den ökosystemaren Prozessen und dem Einfluss der Menschen zur Schaffung dieser Kulturlandschaft zusätzlich als menschliche Leistung der bewusste Verzicht von landwirtschaftlichen Aktivitäten hinzukommt (z.B. spätere und/oder seltenere Mahd, extensivere Beweidung), um die Wertigkeit insbesondere für die Wiesenvögel zu gewährleisten.

Ein zentrales Ziel von ÖSL-Konzepten, nämlich die Erhöhung des Bewusstseins für die essentiellen Leistungen der Natur für die Menschen, erscheint somit für die landwirtschaftliche Produktion weniger bedeutend. Zum einen ist die Naturabhängigkeit, also der Nutzen ökologischer Funktionen und Strukturen für die Landwirtschaft unmittelbar ersichtlich, zum anderen wird die Inanspruchnahme der naturbasierten Leistungen massiv beeinflusst. Damit liegt die Relevanz der ÖSL-Analyse vielmehr im Aufzeigen der Wechselwirkungen mit anderen ÖSL, die vielfach durch nachteilige Effekte und Konflikte gekennzeichnet werden (s.a. Kap. 10). So können sehr intensive Nutzungstechniken zur Beeinträchtigung der Bodenfunktionen führen, sehr große Düngermengen die Gewässerqualität durch Eutrophierung beeinträchtigen und die Trinkwassergewinnung reduzieren bzw. verteuern.

Sowohl die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten als auch nach landwirtschaftlicher Nutzfläche führt zu Wechselwirkungen mit anderen Landnutzungen. Insbesondere naturschutzfachliche Flächenerfordernisse führen zu Konflikten mit den Anforderungen der Landwirtschaft. Die Umsetzung des Maßnahmentyps „Wiesenvogelschutz“ ist hierfür ein Beispiel, obwohl der Flächenanspruch eher gering ist und eine landwirtschaftliche Grünlandnutzung weiterhin notwendig sein wird. Hier können ÖSL-Konzepte insofern ansetzen, in dem sie den Mehrwert naturschonender, nachhaltiger landwirtschaftlicher Produktionsweisen hervorheben und den gesellschaftlichen Nutzen durch die Erhaltung und/oder Verbesserung anderer ÖSL verdeutlichen. Davon würde auch die Landwirtschaft selbst profitieren können, wenn sie die Nachfrage nach ÖSL wie z.B. Landschaftserleben bzw. Naturtourismus aktiv nutzt (z.B. naturkundliche Führungen, „Ferien auf dem Bauernhof“).

4.2 Fischerei

4.2.1 Hintergrund und Begründung für Auswahl

Die **Fischerei** hatte früher im Emsästuar eine große Bedeutung; sie ist jedoch u.a. durch die ausbaubedingt massive Verschlechterung der Wasserqualität seit den 1990er Jahren fast zum Erliegen gekommen. Sie wird heute in der Unterems nur noch von einem Haupterwerbsbetrieb betrieben. Die Haupterwerbsfischerei erfolgt wesentlich mit Pfahlhamen und Zielarten sind dabei Aal und Stint (IBP-Ems 2013: Fachbeitrag 6b). Die Nebenerwerbsfischerei nutzt neben Pfahlhamen zusätzlich Aalkörbe und Reusen. Die erholungsrelevante Angelfischerei wird in Kap. 9 betrachtet.

Ein Ziel des MP Ems 2050 ist die Verbesserung der Lebensraumqualität für Fische durch die Verbesserung der Gewässergüte und der Verbesserung der Durchgängigkeit von Sielen und Schleusen. Aus diesem Grund wird die ÖSL „Nahrungsmittel: Fischerei“ betrachtet (s.a. Kap. 2.5).

4.2.2 Operationalisierung

Das **fischereiliche Ertragspotential** ist neben der Nachfrageseite stark von der ökologischen Lebensraumqualität geprägt. Für die Ausprägung der Fischgemeinschaft als Grundlage für die Fischerei ist in der Tideems ist v.a. die Wasserqualität (Schwebstoffe, Sauerstoff), das Vorhandensein von Flachwasserzonen (hohe Produktivität) und das Vorhandensein zusammenhängender und durchgängiger Lebensräume von Bedeutung. Als Indikatoren für die Ausprägung der Fischgemeinschaft und damit des fischereilichen Ertragspotentials werden die folgenden Parameter herangezogen:

- Daten der Fischereistatistik zu den Anlandungen einzelner Arten in der Ems (diese trennen allerdings nicht zwischen Unter- und Außenems, so dass die Veränderungen in der Unterems tendenziell unterschätzt werden).
- die Ausprägung sommerlicher Sauerstoffdefizite, da diese unmittelbar (gemeinsam mit den extremen Schwebstoffkonzentrationen) die Fischzönose beeinträchtigen.
- die Veränderung der Größe der Flachwasserzonen an der Gesamtfläche zwischen den Hauptdeichen, da Flachwasserzonen für die Ernährung und Reproduktion vieler Fischarten von besonderer Bedeutung sind. Ein hoher Anteil von Flachwasserzonen indiziert deshalb eine gute Situation der Tideems als Nahrungs- und Reproduktionsraum für die charakteristische Fischfauna.

Basis sind die räumlichen Daten zur Flächenkulisse der Vordeichsflächen (s. Kap. 3.4) und die in den drei Betrachtungszeiträumen früher, heute und zukünftig festgelegten Randbedingungen (s. Kap. 3.3).

4.2.3 Ergebnis und Diskussion

Die Daten zu den **Anlandungen** von Aal, Stint und Flunder aus der Tideems (Flussfischerei) zwischen 1984 und 2011 (seit 2011 werden die Daten nicht mehr erfasst) zeigen einen sehr starken Rückgang um 60 bis über 90% (Abb. 7); auch die behördliche Erfassung der Fischfauna in der Unterems im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie zeigt eine sehr weitgehende Verödung. Literaturhinweise (z.B. LAVES 2010; Nolte 1976) zeigen, dass die Fischgemeinschaft zum Zeitpunkt früher noch arten- und v.a. biomassereich ausgeprägt war, obwohl die großen Wanderarten wie Stör und Lachs auch zu diesem Zeitpunkt bereits weitestgehend durch Überfischung verschwunden waren.

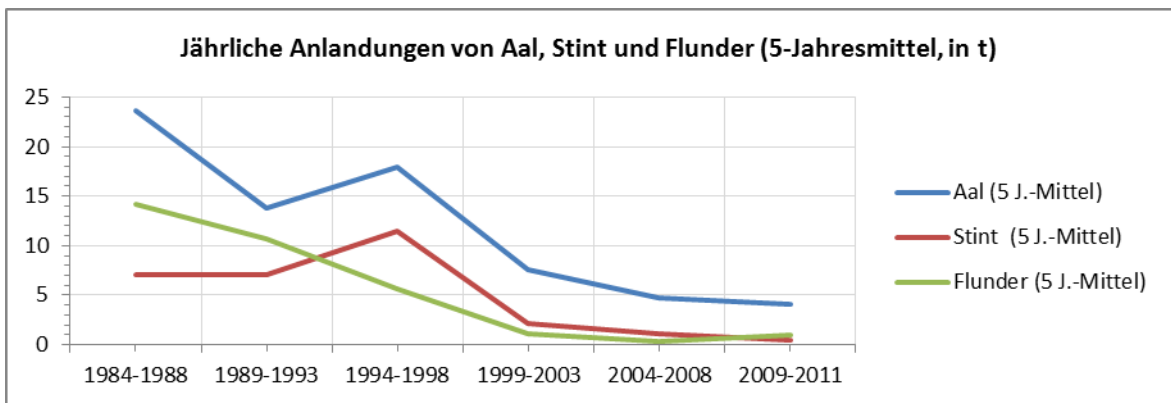


Abb. 7: Jährlichen Anlandungen von Aal, Stint und Butt zwischen 1984 und 2011 an den in der Ems bewirtschafteten Pfahlhamenstellen, dargestellt in 5-Jahresmitteln (Datenreihen des staatlichen Fischereiamtes Bremerhaven, nach 2011 nicht mehr erhoben)

Sommerliche **Sauerstoffdefizite** waren zum Zeitpunkt früher noch nicht ausgeprägt (Abb. 8) und traten noch zu Beginn der 1980er Jahre in der Unterems nicht auf. Im Zustand heute bilden sich extreme Sauerstoffdefizite in der Unterems v.a. als Folge der Zehrung durch die sehr hohen Schwebstoffkonzentrationen aus. Sie sind wesentlich für die weitgehende Verödung der Fischfauna in der Tideems verantwortlich. Für den Zeitraum zukünftig ist von einer deutlich geringeren Ausprägung von Sauerstoffdefiziten und damit einer Erholung der Fischgemeinschaft auszugehen.

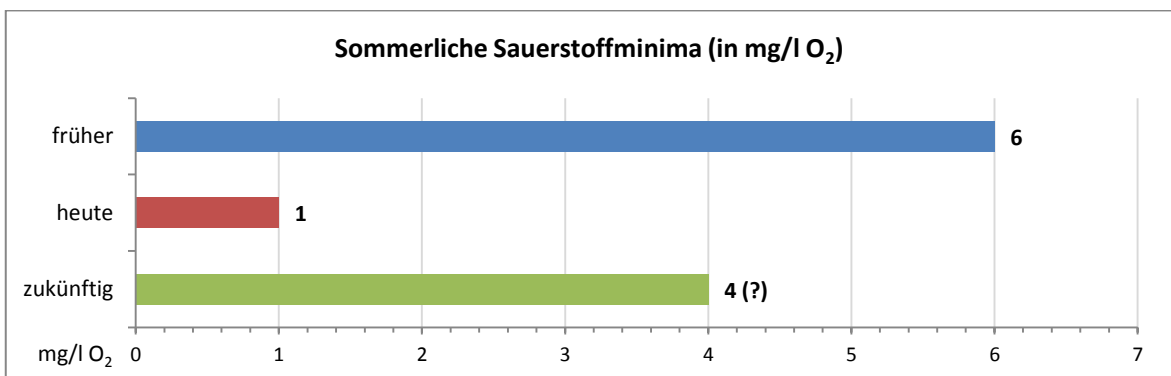


Abb. 8: Regelmäßig auftretende (sommerliche) Sauerstoffminima in der Tideems früher, heute und voraussichtlich zukünftig

Abb. 9 zeigt die starke Flächenabnahme der **Flachwasserzonen** in der Tideems im Vergleich der Zeiträume früher und heute sowie die relativ starke zukünftige Zunahme durch die Umsetzung der Maßnahmentypen Tidepolder und Sommerdeichöffnung. Diese Veränderung eines für die Ausprägung der Fischgemeinschaft besonders wichtigen Habitats indiziert eine deutliche Veränderung (Abnahme und Wiederzunahme) des fischereilichen Ertragspotentials.

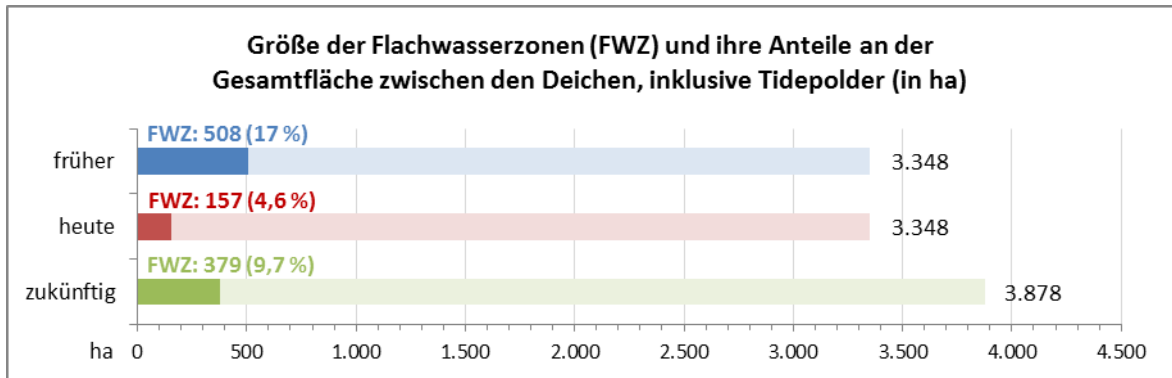


Abb. 9: Größe und prozentualer Anteil der Flachwasserzone (flaches Sublitoral) bezogen auf die Fläche zwischen den Hauptdeichen der Tideems früher, heute und zukünftig

Die drei Indikatoren Anlandungen, Sauerstoffdefizite und Flachwasserzonen zeigen übereinstimmend, dass im Vergleich der beiden Betrachtungszeiträume früher und heute eine deutliche Reduzierung des fischereilichen Ertragspotentials stattgefunden hat. Die Umweltbedingungen haben sich so verschlechtert, dass heute nur noch eine stark reduzierte Fischgemeinschaft in der Tideems vorkommen kann. Die ÖSL Fischerei hat sich danach von gut nach schlecht verändert; die kommerzielle Fischerei in der Tideems ist weitestgehend zum Erliegen gekommen. Es ist davon auszugehen, dass sich mit Umsetzung der Maßnahmen des Masterplans Ems 2050 u.a. zur Verbesserung der Durchgängigkeit die Fischgemeinschaft und damit das fischereiliche Ertragspotential wieder deutlich verbessern werden. In welchem Umfang dieses Ertragspotential allerdings tatsächlich genutzt wird ist fraglich, wie der Vergleich mit den Ästuaren von Weser und Elbe zeigt; hier wird das deutlich bessere fischereiliche Ertragspotential aufgrund der reduzierten Nachfrage und des zunehmend unattraktiven Berufsbilds des Fischers nur sehr eingeschränkt genutzt. In jedem Fall wird sich jedoch die Nutzbarkeit durch die Sportfischerei deutlich verbessern.

Als Fazit für das **fischereiliche Ertragspotential** lässt sich festhalten, dass die Situation früher gut war, die kommerzielle Fischerei heute aber praktisch zum Erliegen gekommen ist; zukünftig wird sich das Ertragspotential durch Umsetzung des Masterplans wieder erhöhen. Hierfür sind v.a. die verbesserte Qualität der Fischlebensräume mit geringeren Schwebstoffgehalten und erhöhter Sauerstoffkonzentration sowie die größeren Flachwasserzonen verantwortlich. Auch die bereits begonnene Verbesserung der Durchgängigkeit wird dazu beitragen.

5. ÖSL Schifffahrt

5.1 Hintergrund und Begründung für Auswahl

Die Tideems ist für Schifffahrt und den Schiffbau eine wichtige Wasserstraße. Sie hatte und hat zum einen als zentrale Verbindungsachse zwischen dem Weser- und Rheingebiet und für die regionalen Häfen eine hohe sozioökonomische Bedeutung (s. Kap. 3.3). Zum anderen werden die in Papenburg gebauten Schiffe über die Tideems nach See überführt. Die Transportfunktion des fließenden Wassers und das Vorhandensein von ausreichend tiefem Wasser bildet die Grundlage für die Nutzung durch die Schifffahrt. Die Tideems ist in der Vergangenheit in mehreren Schritten an die veränderte Nachfrage besonders der Meyer-Werft nach größeren Wassertiefen für die Überführungen angepasst worden.

Neben den in Kap. 2.5 genannten Gründen für die ÖSL-Auswahl sind die Folgen der schifffahrtsbedingten Nachfrage – insbesondere die Überführung der Kreuzfahrtschiffe – für die Tideems Auslöser für die Erstellung des Masterplans Ems 2050 gewesen. Dessen zentraler Grundsatz lautet: Gemeinsam für einen schiffbaren und lebendigen Fluss (Masterplan Ems 2050-Broschüre). Das bedeutet, dass die Leistungsfähigkeit der Ems als Bundeswasserstraße zu erhalten ist und begründet die Auswahl dieser ÖSL.

5.2 Operationalisierung

Die ÖSL „Schifffahrt“ wird hauptsächlich durch physische, abiotische Faktoren bestimmt. Hauptfaktor ist das Vorhandensein von ausreichend tiefem Wasser, welches aus Oberwasserabfluss, Gezeitenzufluss und der Sedimentdynamik resultiert. Die Versorgungsleistung die Hydrologie eines Flusses wird daher auch als intermediäre Leistung bezeichnet (Haines-Young & Potschin 2013).

Die Tideems ist seit Beginn des 20. Jahrhunderts mit unterschiedlichen Maßnahmen an den Bedarf bzw. die Nachfrage nach der Befahrbarkeit mit größeren und v.a. tiefergehenden Schiffen angepasst worden. Das ÖSL-Angebot der Tideems ist also wie in Weser und Elbe weniger durch naturräumliche Faktoren als durch die gezielten wasserbaulichen Veränderungen der Hydromorphologie bestimmt.

Die Quantifizierung der ÖSL Schifffahrt (einschließlich Schiffbau) erfolgt anhand der zu den drei Betrachtungszeiträumen für die Schifffahrt nutzbaren (tide- und stauabhängigen) Tiefgänge, da damit die Angebotsseite dieser ÖSL näherungsweise beschrieben wird. Für den Zeitraum zukünftig wird im MP Ems 2050 als ein Ziel genannt, dass die „Zugänglichkeit“ der Ems für die Schifffahrt gesichert bleiben soll. Es ist also davon auszugehen, dass auch zukünftig die Nachfrage nach ausreichend tiefem Wasser für die Schifffahrt erfüllt wird. Dabei gehen wir davon aus, dass das Angebot (also die möglichen Tiefgänge) nicht weiter vergrößert wird.

Hinsichtlich der Nachfrage ist v.a. zwischen den zwei Nutzerperspektiven „Überführung tiefgehender Kreuzfahrtschiffe“ (8,5 m tiefgehende Schiffe) und „Binnenschifffahrt“ (6,3 m tiefgehende

Schiffe) zu unterscheiden. Der Sportbootsverkehr wird im Rahmen der ÖSL Erholung und Tourismus betrachtet.

5.3 Ergebnis und Diskussion

Schifffahrt auf der Ems hat eine lange Tradition und die Ems stellte auch schon in der Vergangenheit ein wichtiges Angebot bereit. Dieses wurde schon am Ende des 19. Jahrhunderts durch den Bau von Buhnen und Häfen sowie am Anfang des 20. Jahrhunderts durch Begradigung technisch erhöht. Somit verbesserte sich die Schiffbarkeit der Tideems und der Bau des Dortmund-Ems-Kanals am Ende des 19. Jahrhunderts ließ die Bedeutung der Ems als Schifffahrtstraße weiter steigen.

Abb. 10 zeigt, dass die ÖSL Schifffahrt zwischen den Betrachtungszeiträumen früher und heute sehr stark zugenommen hat. Die Unterems kann als Folge der Anpassungen an den steigenden Bedarf heute von sehr viel größeren Schiffen genutzt werden; die maximal möglichen Tiefgänge werden bei der Überführung großer Werftneubauten (v.a. Kreuzfahrtschiffe) nach See genutzt. Diese Nachfrage ist seit den 80er Jahren durch mehrere Vertiefungen der Tideems sowie die Staumöglichkeit zur Aufstauung befriedigt worden, was jedoch auch zu ökologischen Defiziten und letztlich zur Erstellung und Unterzeichnung des Masterplans Ems 2050 geführt hat.

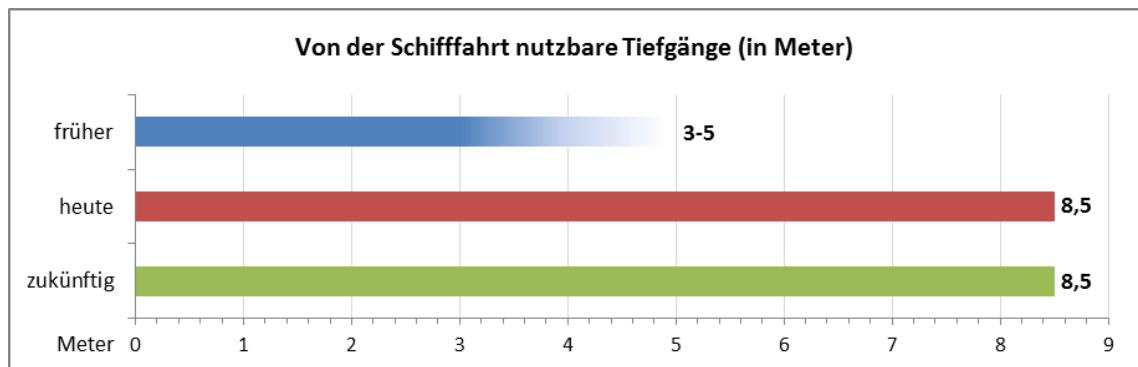


Abb. 10: Tide- und stauabhängig nutzbare Tiefgänge in der Unterems früher, heute, zukünftig

Auch für die Binnenschifffahrt war und ist die Tideems eine wichtige Wasserstraße, da Binnenschiffe über die mit der Ems verbundenen Kanäle das gesamte europäische Wasserstraßennetz erreichen können. Auch die Tiefgänge der Binnenschifffahrt haben zwischen dem Betrachtungszeitraum früher und heute zugenommen; die aktuellen (deutlich größeren) Wassertiefen in der Unterems sind jedoch durch die Nachfrage für die Schiffsüberführungen begründet.

Zum Erhalt der aktuellen ÖSL Schifffahrt wird die Bundeswasserstraße Tideems derzeit durch sehr umfangreiche Sedimententnahmen unterhalten. Ein wesentliches Ziel des Masterplans Ems ist deshalb auch die Reduzierung dieser Unterhaltungsmaßnahmen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Baggerungen auch im Zustand zukünftig erforderlich sein werden, wenn auch in geringerem Umfang.

Die Umsetzung der verschiedenen ökologischen Maßnahmentypen des Masterplans konfligiert nicht mit der ÖSL Schifffahrt. Anders ist es mit der vorgesehenen und für den Erfolg des Masterplans zentralen Flexiblen Tidesteuerung am Emssperrwerk. Diese wird voraussichtlich zu Einschränkungen der Binnenschifffahrt führen, deren Umfang derzeit noch mit allen Beteiligten abgestimmt wird.

In der Tideems wurde und wird also durch entsprechende Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen die ÖSL Schifffahrt nutzungsadäquat sichergestellt und dies soll auch zukünftig erfolgen. Insgesamt ist die Wirtschaft der Emsregion stark von den schifffahrtsbezogenen Bereichen geprägt; die ÖSL Schifffahrt leistet dazu einen wichtigen Beitrag.

6. ÖSL Nährstoffregulierung (N- und P-Rückhalt)

6.1 Hintergrund und Begründung für Auswahl

Zur ÖSL Nährstoffregulierung gehört sowohl die physikalische Entfernung von Nährstoffen aus dem Ästuarsystem durch Lösung und Transport in Richtung Meer als auch die Filterfunktion für das Flusswasser vor Eintritt in den Dollart und das Wattenmeer durch die Verstoffwechslung von Nährstoffen im Ökosystem, z. B. durch die Aufnahme von Organismen und durch Sedimentation (Boerema et al. 2016b; Scholz et al. 2012). Besonders bedeutsam sind dabei die Bereiche, in denen eine hohe biologische Aktivität mit hohen Sedimentationsraten zusammenfällt. Beides trägt zur Sicherung und Verbesserung der Wasserqualität bei, ist Voraussetzung für die Gewährleistung vieler anderer ÖSL und liefert einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG, kurz EG-WRRL) und der Meeresschutzrahmenrichtlinie (2008/56/EG, kurz EG-MSRL) der Europäischen Union.

Zusätzlich ist wie in vielen Oberflächengewässern auch in der Tideems die Nährstoffbelastung heute sehr hoch und die Umsetzung der Maßnahmentypen des MP Ems 2050 verspricht eine Verbesserung dieser Belastungssituation. Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden getrennt für Stickstoff (N) und Phosphor (P) eine Quantifizierung der Retentionsleistung (Retention = Rückhalt) vorgenommen.

6.2 Stickstoffrückhalt (N-Rückhalt)

Wichtigster Prozess zur dauerhaften Entfernung von **Stickstoff** aus einem Flusssystem ist die **Denitrifikation**, also die Realisierung des Denitrifikationspotenzials von Böden und Gewässern. Unter Denitrifikation versteht man die mikrobielle Umwandlung des im Nitrat gebundenen Stickstoffs zu molekularem Stickstoff und Stickoxiden unter anaeroben Bedingungen. Da der meiste im Fluss gelöst transportierte Stickstoff als Nitrat vorliegt, ist die Denitrifikation der Hauptprozess des N-Rückhalts im Ästuar, der zu einer permanenten Entfernung von N aus dem Flusssystem beiträgt. Die hier vorgenommene Quantifizierung des N-Rückhalts fokussiert deshalb auf den Prozess der Denitrifikation und die unterschiedliche Denitrifikationsleistung der verschiedenen BTT.

6.2.1 Operationalisierung

Die Operationalisierung des N-Rückhalts basiert auf der von Natho et al. (2013) und Scholz et al. (2012) entwickelten Vorgehensweise zur Abschätzung der N-Retentionsleistung von Flussauen. Datengrundlagen sind

- räumliche Informationen zur Flächengröße der Flächen der Tideems (BTT) sowie

- Literaturangaben für Denitrifikationsraten nach Boerema et al. (2016a), Natho et al. (2013), Website NIBIS®Kartenserver und Scholz et al. (2012).

Die BTT der Tideems werden zu BTT-Gruppen zusammengefasst und jeder dieser Gruppen sowie den LNK (Binnenland) werden auf der Grundlage von (stark streuenden) Literaturwerten mittlere **potentielle Denitrifikationsraten** zugeordnet (s. Tab. 18). Dabei ist es auch erforderlich, für die LNK Grünland im Binnenland einen Wert festzulegen, da durch die Tidepolder Flächen im Binnenland umgewandelt werden und diese Flächen bereits vor der Anlage der Tidepolder eine – wenn auch geringere – Denitrifikationsrate aufweisen; diese wird mit 60 kg N/ha/Jahr angesetzt. Die durch Sommerdeiche geschützten Sommerpolder, die vom Überflutungsgeschehen weitestgehend abgetrennt sind, werden mit derselben Rate berücksichtigt und erhalten damit einen geringen Wert als die vergleichbaren tideoffenen Flächen.

Für die hier vorgenommene Quantifizierung des N-Rückhalts kann die flächenscharfe Berücksichtigung von Überflutungshäufigkeit und -dauer allerdings aufgrund fehlender Daten nicht vorgenommen werden. Die hydrologische Situation wird aber insofern indirekt berücksichtigt, als sie an die BTT-Informationen geknüpft ist.

Den räumlichen Daten zu den BTT aus der GIS-Datenbank wird eine biototypspezifische Denitrifikationsrate zugeordnet und anschließend der Datensatz in Excel über Pivot-Tabellen ausgewertet.

Tab. 18: Denitrifikationsraten der BTT-Gruppen und LNK (Werte nach Boerema et al. 2016a; Natho et al. 2013; Website NIBIS®Kartenserver und Scholz et al. 2012)

BTT-Gruppe / LNK	Denitrifikationsraten (in kg N/ha/a)
Grünland (Binnenland), Sommerpolderflächen	60
mesophiles Grünland, Intensivgrünland	100
Feuchtgrünland, Salzwiesen	150
Tideauwald, Land- und Tideröhricht, Uferstaudenflur	250
Gewässer, Flachwasserzone, Fluss, Watt	300
Acker, Siedlungs-/Gewerbe-/Verkehrsflächen, Küstenschutzbauwerk	kein Wert

Für die Einordnung der Ergebnisse des ermittelten **N-Rückhalts** wird es in Relation zur jährlichen Stickstofffracht der Ems gesetzt. Die Angaben in der Literatur (z.B. FGE Ems 2005; NLWKN 2014; LBEG 2007; IBP-Ems 2014; UBA 2014 und Website UBA) zur heutigen mittleren jährlichen Gesamtfracht für Stickstoff variieren und werden hier vereinfacht mit 28.000 Tonnen angesetzt; diese Zahl wird vereinfachend auch für den Zustand früher angesetzt. Um die maßnahmenbedingten Veränderungen deutlich zu machen, wird für den Zustand zukünftig eine 50%ige Reduktion angesetzt. Diese Setzung basiert auf der Annahme, dass zum einen die Vorgaben des Übereinkommens zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks (OSPAR) erfüllt sind, die eine Halbierung der Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer bis 2020 vorsehen, und zum anderen die Umsetzung von EG-WRRL und EG-MSRL die Nährstoffbelastung reduziert haben (s.a. Kap. 3.3).

Die vergleichende Analyse des N-Rückhalts basiert auf der Flächenkulisse (s. Kap. 3.4) und der in den drei Betrachtungszeiträumen festgelegten Randbedingungen (s. Kap. 3.3). Zusätzlich werden die Ergebnisse für den Maßnahmentyp Tidepolder dargestellt.

6.2.2 Ergebnis

Die Ergebnisse zur Ermittlung des N-Rückhalts sind in Abb. 11 dargestellt. Das N-Retentionspotenzial der gesamten Fläche der Tideems für den Zeitraum früher ist knapp 7% (+43.774 kg N/a) und für den Zeitraum zukünftig ca. 23% (+157.925 kg N/a) größer als heute. Das N-Retentionspotenzial für den Zeitraum zukünftig ist um ca. 16% (+114.151 kg N/a) größer als das N-Retentionspotenzial früher. In den Ergebnissen sind die 358 ha Sommerpolderflächen berücksichtigt, die einen geringeren N-Rückhalt aufweisen. Durch den Maßnahmentyp Sommerdeichöffnung reduziert sich die Sommerpolderfläche für den Zeitraum zukünftig um 35 ha auf 323 ha. Der höhere N-Rückhalt früher basiert v.a. auf der deutlich größeren Flachwasserzone. Der deutlich höhere N-Rückhalt zukünftig resultiert aus der Vergrößerung der in den Tidepoldern entstehenden ästuartypischen BTT Tideauwald, Tideröhrichte, Watten und Flachwasserzonen.

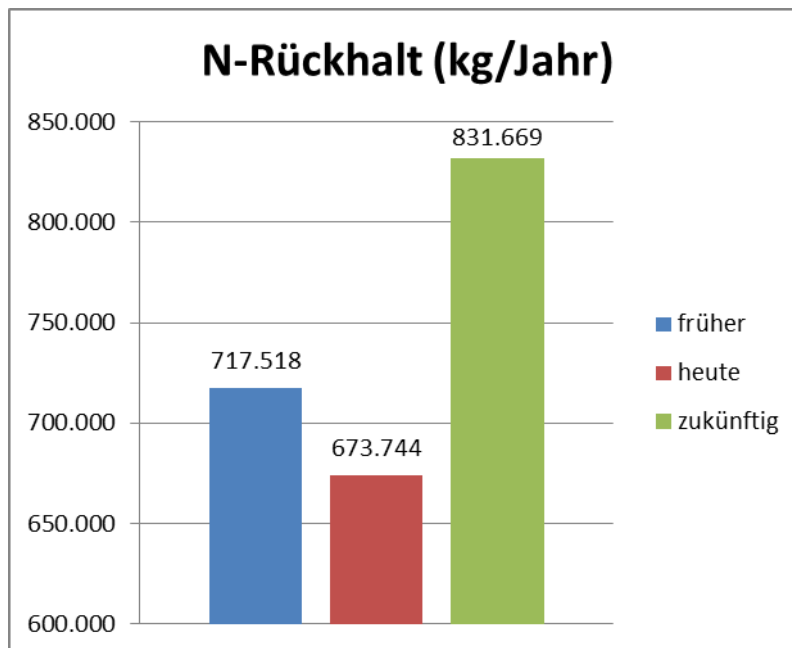


Abb. 11: N-Rückhalt der Tideems früher, heute und zukünftig

Der Beitrag des N-Rückhalts durch die Tidepolderflächen ist in Abb. 12 dargestellt. Hierfür sind die in Kap. 3.3.3 dargestellten Festlegungen bezüglich der Flächengröße der Tidepolder und der sich in den Tidepoldern entwickelnden BTT ausschlaggebend. Die Grünlandflächen im Binnenland, auf denen die Tidepolder entstehen sollen, besitzen ein Denitrifikationspotenzial von 60 kg N/ha/a. Der Zusatz ergibt sich daher aus der Verrechnung des N-Rückhalts der Tidepolder (148.400 kg N/a) mit den Grünlandflächen (31.800 kg N/a) und beträgt 116.600 kg N/a.

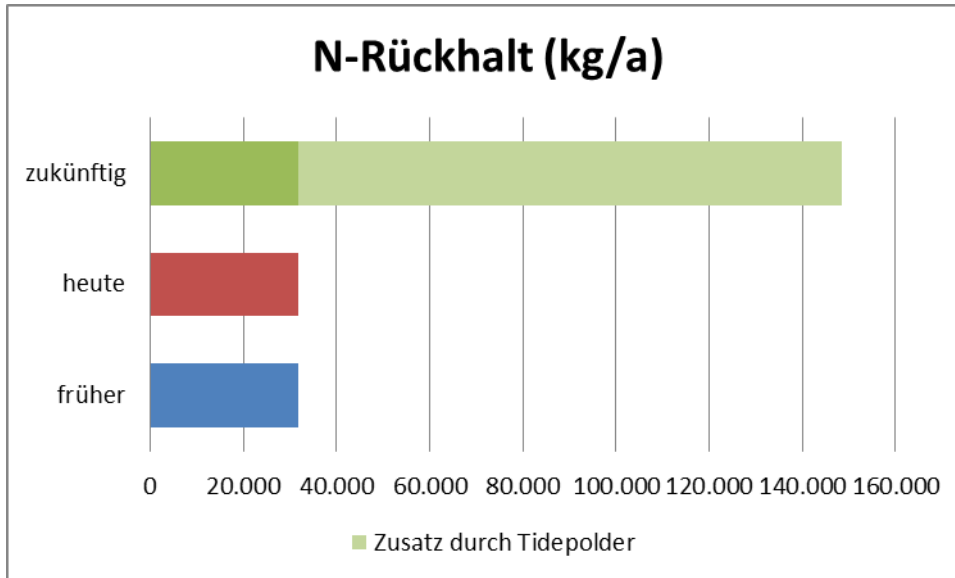


Abb. 12: N-Rückhalt der 530 ha Tidepolderflächen

Bezogen auf die aktuelle N-Fracht der Ems von etwa 28.000 Tonnen pro Jahr werden von den Flächen der Tideems heute ca. 2,4% zurückgehalten. Da keine Informationen über die N-Fracht der Vergangenheit vorliegen, wird für den Zustand früher der heutige Wert angesetzt (s. o.). Der N-Rückhalt für den Zeitraum früher beträgt dann ca. 2,6%. Unter Berücksichtigung zukünftig halbiertes N-Frachten beträgt der N-Rückhalt für den Zeitraum zukünftig knapp 6%. Insgesamt ist damit das ÖSL-Angebot der Tideems zum N-Rückhalt für den Zeitraum früher höher als für heute. Durch die Umsetzung der Maßnahmentypen erhöht sich der zukünftige N-Rückhalt deutlich und übersteigt dabei nicht nur das heutige, sondern auch das frühere Angebot. Verantwortlich sind dafür v.a. die in den Tidepoldern entstehenden ästuarischen BTT.

6.3 Phosphorrückhalt (P-Rückhalt)

Der wichtigste Prozess für den P-Rückhalt ist – neben Adsorptionsprozessen im Boden und an Sohlensedimenten sowie der Pflanzenaufnahme – die (dauerhafte) **Sedimentation** (Scholz et al. 2012). Die Sedimentation wird maßgeblich durch die Fracht an suspendiertem Sediment, durch die Dauer und Häufigkeit von Überflutungsereignissen und durch die Vegetationsbedeckung und -struktur bestimmt (van der Lee et al. 2004).

6.3.1 Operationalisierung

Die quantitative Analyse des Phosphorrückhalts erfolgt ausschließlich über den Prozess der Sedimentation in den Flächen der Tideems nach der von Natho et al. (2013) und Scholz et al. (2012) entwickelten Vorgehensweise zur Abschätzung der P-Retentionsleistung von Flussauen. Hierfür wird für die differenzierten BTT-Gruppen als erstes ein Sedimentrückhaltevermögen in Anlehnung an Schuchardt et al. (2013) hergeleitet. Im Sedimentrückhaltevermögen spiegelt sich das Rückhaltspotenzial von transportiertem Sediment durch die Vegetationsstruktur wider. Auch hier

können die Faktoren Überflutungshäufigkeit und -dauer aufgrund fehlender Daten nicht flächenkonkret berücksichtigt werden. Anschließend werden den differenzierten BTT-Gruppen potenzielle P-Retentionsraten auf der Grundlage von Literaturangaben zugeordnet.

Die dafür benötigten Daten umfassen:

- räumliche Informationen zur Flächengröße der Flächen der Tideeems (BTT);
- Informationen zum Sedimentrückhaltevermögen der BTT (verändert nach Schuchardt et al. 2013);
- Literaturangaben für Phosphorretentionsraten nach Boerema et al. (2016a) und Scholz et al. (2012).

Die potenziellen **P-Retentionsraten** aus der Literatur weisen hohe Spannweiten auf; wir verwenden daher mittlere Werte. Ein P-Rückhalt von 1 kg P/ha/a wird als konservativ einzuschätzender Wert benannt. Für die Gewässer im Vorland wird ein relativ kleiner Wert von 3 kg P/ha/a angesetzt, da hier eine Rücklösung von Phosphor stattfinden kann (Scholz et al. 2012). Auch für den P-Rückhalt im Fluss selber wird dieser geringe Wert angenommen, da nach einer Speicherung in der Jahresbilanz ebenfalls die Remobilisierung berücksichtigt werden muss. Auf Überflutungsergebnisse bezogene Analysen des P-Rückhalts zeigen deutlich höhere Werte (in Scholz et al. 2012), so dass mit der hier verwendeten Methode der P-Rückhalt eher unterschätzt wird.

Insgesamt werden fünf mittlere potenzielle P-Retentionsraten differenziert (s. Tab. 19). Dabei ist es nicht erforderlich, den LNK Grünland im Binnenland einen Wert zu geben, da sie nicht überflutet werden, deshalb keine Sedimentation stattfindet und daher nach unserem Ansatz keine P-Retentionsraten berücksichtigt werden muss. Die durch Sommerdeiche geschützten Sommerpolder, die vom Überflutungsgeschehen weitestgehend abgetrennt sind, werden mit einer geringeren P-Retentionsrate berücksichtigt. Diesen Flächen wird eine P-Retentionsrate von 0,5 kg P/ha/a zugewiesen.

Tab. 19: Phosphorretentionsraten der BTT-Gruppen (nach Boerema et al. 2016a und Scholz et al. 2012)

BTT-Gruppe	Sedimentrückhaltevermögen	P-Retentionsrate (in kg P/ha/a)
Acker, Sommerpolderflächen	geringes Sedimentrückhaltepotenzial (BTT mit sehr lichter Vegetation)	0,5
Feuchtgrünland, mesophiles Grünland, Magerrasen, Salzwiese, Intensivgrünland	mittleres Sedimentrückhaltepotenzial (BTT mit lichter Vegetation)	1
Fluss (Tiefwasserbereich), Gewässer (Vorland)	vegetationsunabhängiger Wert	3
Tideauwald, Röhrichte, Stauden- Sumpf, Uferstaudenflur	hohes Sedimentrückhaltepotenzial (BTT mit dichter Vegetation)	20
Flachwasserzone, Watt	vegetationsunabhängiger Wert	40
Siedlungs-/Gewerbe-/Verkehrsfläche, Küstenschutzbauwerk, Grünland und Acker (Binnenland)	-	kein Wert

Die Zuordnung der P-Retentionsstufen zu den Flächengrößen der jeweiligen BTT ermöglicht eine Quantifizierung des gesamten P-Rückhalts. Den räumlichen Daten zu den BTT aus der GIS-Datenbank wird eine biototypspezifische Phosphorretentionsrate zugeordnet und anschließend der Datensatz in Excel über Pivot-Tabellen ausgewertet.

Für die Einordnung der Ergebnisse zum potenziellen P-Rückhalt wird die P-Fracht der Ems herangezogen. Die Literaturangaben zur mittleren jährlichen Gesamtfracht für Phosphor heute variieren zwischen 450 und 650 Tonnen (nach FGE Ems 2005; NLWKN 2014; LBEG 2007; IBP-Ems 2014; UBA 2014 und Website UBA); vereinfachend wird deshalb sowohl für die Zeiträume heute als auch früher ein Wert von 550 Tonnen angesetzt. Für den Zustand zukünftig wird eine 50%ige Reduktion angesetzt (zu den Setzungen s. Kap. 6.2.1 bei Stickstoff).

Die vergleichende Analyse des P-Rückhalts basiert auf der Flächenkulisse (s. Kap. 3.4) und der in den Betrachtungszeiträumen festgelegten Randbedingungen (s. Kap. 3.3). Zusätzlich werden die Ergebnisse für den Maßnahmentyp Tidepolder dargestellt.

6.3.2 Ergebnis

Die Ergebnisse zur Ermittlung des P-Rückhalts sind in Abb. 13 dargestellt. Das P-Retentionspotenzial der gesamten Vordeichflächen für den Zeitraum früher ist knapp 30% (+8.217 kg P/a) und für den Zeitraum zukünftig ca. 63% (+18.193 kg P/a) größer als heute. Das P-Retentionspotenzial für den Zeitraum zukünftig ist um ca. 27% (+9.975 kg P/a) größer als das P-Retentionspotenzial früher. In den Ergebnissen sind die 358 ha Sommerpolderflächen berücksichtigt, die einen geringeren P-Rückhalt aufweisen. Durch den Maßnahmentyp Sommerdeichöffnung reduziert sich die Sommerpolderfläche für den Zeitraum zukünftig um 35 ha auf 323 ha. Der höhere P-Rückhalt früher basiert v.a. auf der deutlich größeren Flachwasserzone. Der deutlich höhere P-Rückhalt zukünftig resultiert aus der Vergrößerung der in den Tidepoldern entstehenden ästuartypischen BTT Tideauwald, Tideröhrichte, Watten und Flachwasserzonen.

Der P-Rückhalt nur für die Tidepolderflächen beträgt knapp 17.000 kg P/a. Hierfür sind die in Kap. 3.3.3 dargestellten Festlegungen bezüglich der Flächengröße der Tidepolder und der sich in den Tidepoldern entwickelnden BTT ausschlaggebend. Die Binnenlandflächen, auf denen die Tidepolder entstehen sollen, besitzen kein P-Retentionspotenzial, da sie nicht an das Überflutungsgeschehen angeschlossen sind.

Bezogen auf die aktuelle P-Fracht der Ems von etwa 550 Tonnen pro Jahr werden heute ca. 5% von den Flächen der Tideems zurückgehalten. Auch für den Zustand früher wird vereinfacht die heutige P-Fracht übernommen (vgl. Vorgehen beim N-Rückhalt in Kap. 6.2.1). Daraus ergibt sich ein P-Rückhalt von ca. 6,7% für früher. Unter Berücksichtigung zukünftig halbiertes P-Frachten beträgt der P-Rückhalt für den Zeitraum zukünftig ca. 17%. Insgesamt ist das ÖSL-Angebot der Tideems zum P-Rückhalt für den Zeitraum früher deutlich höher als für heute. Durch die Umsetzung der Maßnahmentypen erhöht sich der P-Rückhalt deutlich und übersteigt dabei das frühere Angebot. Verantwortlich sind dafür v.a. die in den Tidepoldern entstehenden ästuartypischen BTT.

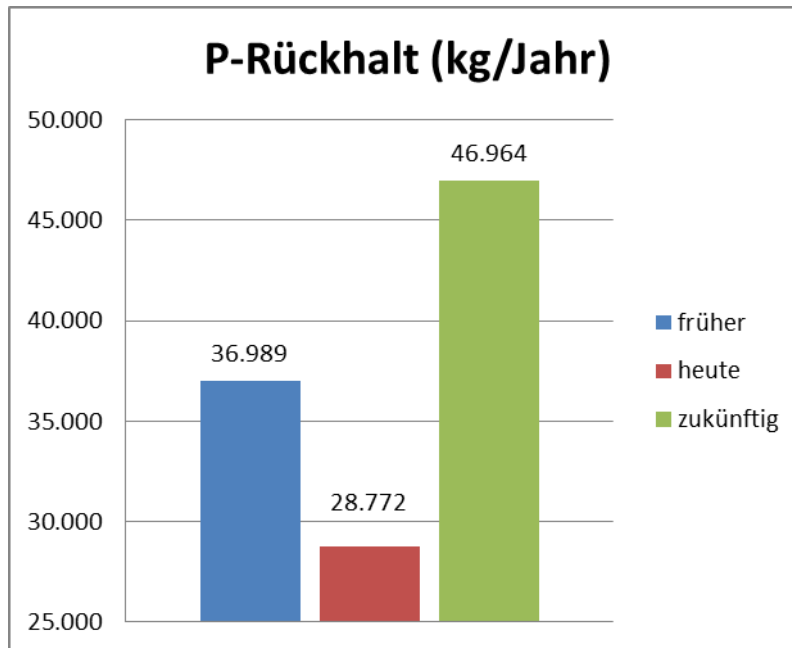


Abb. 13: P-Rückhalt der Tideems früher, heute und zukünftig

6.4 Diskussion

Das gewählte Vorgehen zur Quantifizierung des N- und P-Rückhalts ermöglicht eine Abschätzung der auf Denitrifikation und Sedimentation basierenden Nährstoffregulierung der gesamten Fläche der Tideems und der Veränderung durch die Maßnahmentypen des MP Ems 2050. Die Ergebnisse sind eine grobe Abschätzung, da die tatsächliche Überflutungshäufigkeit und -dauer nicht berücksichtigt werden konnte, für bodenspezifische Denitrifikationsprozesse keine Daten vorlagen und sowohl für Denitrifikations- als auch für P-Retentionsraten in der Literatur hohe Spannweiten berichtet werden. Dennoch wird deutlich, dass die betrachteten Flächen eine wichtige Reinigungsleistung erbringen. Dabei sind die Werte für N- und P-Rückhalt konservativ gewählt, so dass die Leistung eher unterschätzt wird.

Die Ergebnisse sind außerdem als konservativ zu betrachten, da die Flächen der Maßnahmen Revitalisierung von Mäandern und Nebenrinnen und die Schaffung von Salzwiesen und Röhrichten in dieser Studie nicht bilanziert werden konnten (s. Kap. 3.2).

Die Europäische Union hat sich mit der EG-WRRL aus dem Jahr 2000 das Ziel gesetzt, alle Gewässer bis 2015 in einen guten ökologischen und chemischen Zustand bzw. für erheblich veränderte Gewässer ein gutes ökologisches Potenzial zu überführen. Hierzu müssen auch die Einträge der Nährstoffe zum Teil deutlich gesenkt werden. Diese Zielvorgaben der EG-WRRL werden aktuell nicht eingehalten. Die europäische EG-MRSL aus dem Jahr 2008 hat zum Ziel, bis zum Jahr 2020 einen guten Zustand der Meeresumwelt zu erreichen oder zu erhalten. Hier ist eine wichtige Schlüssel-Maßnahme, die Selbstreinigungskraft der Ästuare zu stärken, um den Nährstoffeintrag über die Flüsse in die Meere und damit die Eutrophierung zu reduzieren.

Die ÖSL Nährstoffregulierung der Tideems liefert zur Erreichung der Ziele von EG-WRRL und EG-MSRL einen Beitrag. Dieser hat sich für Stickstoff und besonders für Phosphor von früher auf heute deutlich verringert und wird sich durch die Umsetzung des Masterplans wieder deutlich erhöhen. Es wird deutlich, dass insbesondere der Rückhalt von Phosphor durch die Flächen der Tideems eine wichtige ÖSL zur Verbesserung der Gewässergüte darstellt und damit die Ziele der genannten europäischen Richtlinien unterstützen kann.

7. ÖSL Klimaregulierung (Kohlenstoffspeicherung)

7.1 Hintergrund und Begründung für Auswahl

Der Beitrag der Natur zur Regulierung des Klimas ist eine wichtige ÖSL. Besonders bedeutsam sind dabei die Kohlenstoffbindung und -speicherung sowie der Rückhalt von Treibhausgasen (THG), aber auch weitere Leistungen wie die direkte Kühlwirkung durch den Wasserkörper und Kühlungseffekte durch die Vegetation.

Ästuarine Ökosysteme sind biologisch sehr produktiv und bilden Senken für eine Reihe von Stoffen. Sie sind u.a. wichtige Kohlenstoffsenken und tragen daher zur Verlangsamung des globalen Klimawandels bei und verringern potenzielle Klimafolgen.

Die Menge der Kohlenstoffbindung und -speicherung in Ästuaren wie der Tideems ist mit der biologischen Produktivität und den Sedimentationsraten verknüpft; deshalb sind die Watt- und andere der Tidedynamik ausgesetzten Flächen der Tideems von besonderer Bedeutung. Durch den Wiederanschluss von Flächen im Binnenland, verbunden mit einer Aufgabe der Nutzung im Rahmen der geplanten Tidepolder wird nicht nur die Ausdehnung dieser Flächen vergrößert; zusätzlich wird auch der Abbau organischen Materials in den Böden des Binnenlandes (besonders auf moorigen Böden) verringert.

Für den Rückhalt von THG haben insbesondere Moore eine wichtige Funktion (UBA 2017). Wachsende Moore, in denen der Wasserstand ausreichend hoch ist, nehmen über das Pflanzenwachstum Kohlendioxid aus der Atmosphäre auf. Die Torfe, die sich aus abgestorbenem Pflanzenmaterial zusammensetzen, werden bei permanenter Wassersättigung zu langfristigen Kohlenstoffsenken, halten also THG zurück. Umgekehrt werden die organischen Böden bei Nutzung, Entwässerung, Umbruch usw. zu Quellen von THG, verlieren also ihre Senkenfunktion.

Insgesamt wird die Vermeidung eines beschleunigten Klimawandels als die zentrale globale Herausforderung des 21. Jahrhunderts eingeschätzt. Daher ist es auch relevant, auf regionaler Ebene abschätzen zu können, wie sich die ÖSL „Kohlenstoffspeicherung“ im Bereich der Tideems verändert. Die hier getroffene Auswahl will dazu einen Beitrag leisten.

7.2 Operationalisierung

Die ÖSL Kohlenstoffspeicherung hängt von der C-Speicherung im Boden und in der Biomasse ab und wird durch Sedimentation und Akkumulation von organischem Material bestimmt.

Die für die Quantifizierung benötigten räumlichen Daten umfassen:

- räumliche Informationen zur Flächengröße der Tideemsflächen (BTT) und der flussnahen Flächen im Binnenland (LNK im 3-km Bereich);

- Literaturangaben für Kohlenstoffmengen im Boden und der Vegetation sowie zum Emissionsverhalten von Böden nach Boerema et al. (2016a), Höper (2015), Höper & Schäfer (2012), Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2015), Scholz et al. (2012).

Den räumlichen Daten zu den BTT und den LNK aus den jeweiligen GIS-Datensätzen werden biotyp- bzw. landnutzungsklassenspezifische Werte für das C-Speichervermögen zugeordnet und anschließend der Datensatz in Excel über Pivot-Tabellen raumbezogen ausgewertet. Das C-Speichervermögen wird anschließend in CO₂-Äquivalente umgerechnet, um das Emissionsverhalten bzw. die Klimawirksamkeit berücksichtigen zu können.

Im Folgenden werden kurz die in der Literatur üblicherweise verwendeten Methoden zur Quantifizierung der C- bzw. CO₂-Speicherung und des THG-Rückhalts beschrieben. Da diese aufgrund fehlender Daten im Rahmen der ÖSL-Studie nicht durchgeführt werden konnten, verwenden wir die in Tab. 20 dargestellten Werte zur Quantifizierung des CO₂-Speichervermögens.

Die Quantifizierung der **C-Speicherung** betrachtet den Kohlenstoffvorrat in der Vegetation (oberirdische Biomasse) und den Böden (unterirdischer Kohlenstoffvorrat) sowie das daraus abgeleitete bzw. umgerechnete Vermögen zur jährlichen CO₂-Speicherung. Der Kohlenstoffvorrat in der Vegetation resultiert aus dem CO₂-Bindungsvermögen der Pflanzen. Für die Abschätzung des Kohlenstoffvorrates in der **oberirdischen Biomasse** wird die geschätzte Biomasse der Vegetation in Kohlenstoff umgerechnet.

Für die Berechnung des **unterirdischen Kohlenstoffvorrates** werden bodentypspezifische Werte für mineralische und organische Böden herangezogen. Basis dieser Werte sind Angaben zum C-Vorrat im Oberboden der Bodentypen bzw. -klassen. Anhand von Angaben zum Gehalt organischen Kohlenstoffs und Lagerungsdichten werden dann Schätzungen des Kohlenstoffvorrates vorgenommen.

Um den Kohlenstoffvorrat hinsichtlich seiner **CO₂-Speicherfunktion** einzuordnen, müssen die unterschiedlichen Molekülmassen der Element C (= 12) und O (= 16) in der chemischen Verbindung CO₂ (= 44) berücksichtigt werden. Der Umrechnungsfaktor ergibt sich aus dem Verhältnis der Molekülmasse von CO₂ zu der Molekülmasse C und beträgt 3,67 (Boerema et al. 2016a; Scholz et al. 2012). Die C-Speicherung wird für die Umrechnung in CO₂ dementsprechend mit dem Faktor 3,67 multipliziert (vgl. Tab. 20).

Zur Quantifizierung des **Rückhalts von Treibhausgasen** (THG) wird das Emissionsverhalten von organischen Böden herangezogen, da ihnen im Zusammenhang mit dem Klimawandel eine besondere Bedeutung zukommt (Höper 2015; Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2015). Als organische Böden werden Böden bezeichnet, die einen deutlich höheren Anteil organischer Substanz aufweisen. Sowohl Nieder- und Hochmoorböden, die Gehalte von mindestens 30% organischer Substanz haben, als auch Anmoore mit Humusgehalten zwischen 15 und 30% werden hierzu gezählt.

Für den Klimaschutz ist vor allem die **Bilanz des Austausches an klimarelevanten Spurengasen** entscheidend (Joosten et al. 2015). Parallel zur Bindung von Kohlendioxid (CO₂) kann Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) emittiert werden, wobei ungestörten Moorstandorte im Mittel schwache, jedoch kontinuierliche Kohlenstoffsenken darstellen (Höper 2015). Werden die Böden entwässert

und genutzt, wird der Boden belüftet und aufgrund der aeroben Torfzehrung verstärkt CO₂ und N₂O emittiert, wobei die CH₄-Emissionen zurückgehen. Die N₂O-Emissionen werden besonders bei Düngung relevant (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2015).

Für eine zusammenfassende Quantifizierung des **Treibhauspotenzials** (GWP: globales Erwärmungspotenzial) müssen die jeweiligen THG entsprechend ihrer Absorptionsfähigkeit für langwellige Strahlung und ihrer Verweildauer in der Atmosphäre gewichtet werden. Der resultierende Koeffizient hängt vom betrachteten Zeitraum ab und drückt das GWP eines THG im Verhältnis zu einer Gewichtseinheit CO₂ aus (sog. CO₂-C-Äquivalente: CO₂-Äq).

Aus der Verrechnung der C-Speicherung mit den THG-Emissionen ergibt sich dann das C- bzw. CO₂-Speichervermögen.

Da wir im Rahmen der ÖSL-Studie das beschriebene methodische Vorgehen v.a. aufgrund fehlender Daten nicht durchführen konnten, haben wir auf der Basis der Angaben von Boerema et al. (2016a) die in Tab. 20 dargestellten mittleren Werte für das CO₂-Speichervermögen der BTT und LNK verwendet. Dabei ist es erforderlich, auch der LNK Grünland im Binnenland einen Wert zuzuweisen, da durch die Tidepolder Grünlandflächen im Binnenland umgewandelt werden, die bereits ein – wenn auch geringeres – CO₂-Speichervermögen aufweisen. Die durch Sommerdeiche geschützten Sommerpolder, die vom Überflutungsgeschehen weitestgehend abgetrennt sind, werden ebenfalls mit einem geringeren CO₂-Speichervermögen berücksichtigt. Beiden Flächen wird in Anlehnung an Boerema et al. (2016a) ein CO₂-Speichervermögen von 2 t CO₂-Äq/ha/a zugewiesen.

Tab. 20: CO₂-Speichervermögen der BTT-Gruppen und LNK (nach Boerema et al. 2016a)

BTT-Gruppe / LNK	CO ₂ -Speichervermögen (in t CO ₂ -Äq*/ha/a)
Fluss (tiefes Sublitoral)	0,3
Flachwasser (flaches Sublitoral), Gewässer, Grünland (LNK: Binnenland), Sommerpolderflächen	2
Intensivgrünland, Magerrasen	7,3
Feuchtgrünland, mesophiles Grünland, Salzwiesen, Uferstaudenflur, Watt	9
Tideauwald, Land- und Tideröhrich	25
Acker, Siedlungs-/Gewerbe-/Verkehrsflächen, Küstenschutzbauwerk	kein Wert

*: CO₂-Äquivalente (CO₂-Äq) sind eine Maßeinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung unterschiedlicher Treibhausgase, da verschiedene Gase nicht in gleichem Maß zum Treibhauseffekt beitragen und über unterschiedliche Zeiträume in der Atmosphäre verbleiben. Um die Wirkung verschiedener Treibhausgase vergleichbar zu machen, ist das „Globale Erwärmungspotenzial“ definiert worden, welches die Erwärmungswirkung einer bestimmten Menge eines Treibhausgases über einen festgelegten Zeitraum (meist 100 Jahre) im Vergleich zu derjenigen von CO₂ ausdrückt. Treibhausgasemissionen können so in „CO₂-Äquivalente“ umgerechnet und zusammengefasst werden.

Die vergleichende Analyse der CO₂-Speicherfunktion basiert auf der Flächenkulisse (s. Kap. 3.4) und der in den Betrachtungszeiträumen festgelegten Randbedingungen (s. Kap. 3.3). Zusätzlich werden die Ergebnisse für den Maßnahmentyp Tidepolder dargestellt.

7.3 Ergebnis

Die Ergebnisse der CO₂-Speicherung aller Flächen der Tideems für die drei Betrachtungszeiträume sind in Abb. 14 dargestellt. Das CO₂-Speichervermögen der gesamten Vordeichsflächen für den Zeitraum früher ist knapp 8% (+1.743 t CO₂-Äq/a) und für den Zeitraum zukünftig ca. 32% (+7.091 t CO₂-Äq/a) größer als heute. Das CO₂-Speichervermögen für den Zeitraum zukünftig ist um ca. 22% (+5.347 t CO₂-Äq/a) größer als das CO₂-Speichervermögen früher. In diesen Werten sind die 358 ha Sommerpolderflächen berücksichtigt, die eine geringere CO₂-Speicherung aufweisen. Durch den Maßnahmentyp Sommerdeichöffnung reduziert sich die Sommerpolderfläche für den Zeitraum zukünftig um 35 ha auf 323 ha.

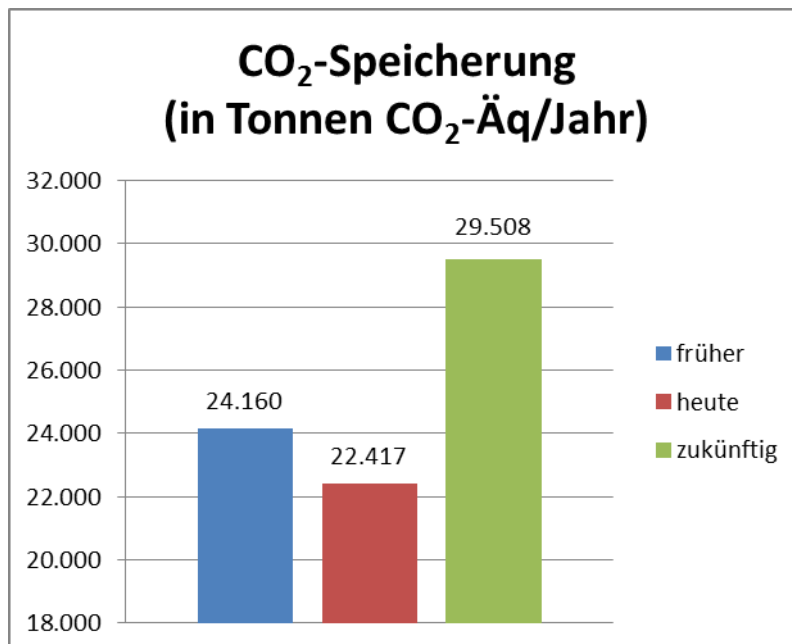


Abb. 14: CO₂-Speichervermögen auf den Flächen der Tideems früher, heute und zukünftig

Die höheren Werte für die CO₂-Speicherung früher basieren auf den größeren Flachwasserzonen, den größeren mesophilen Grünländern und den größeren Tideröhrichflächen. Die kleineren Wattflächen reduzieren diesen Wert. Die deutlich höhere CO₂-Speicherung zukünftig resultiert aus der Vergrößerung der in den Tidepoldern entstehenden ästuartypischen BTT Tideauwald, Tideröhrichte und Watten. Die größeren Flachwasserzonen spielen hier eine geringere Rolle.

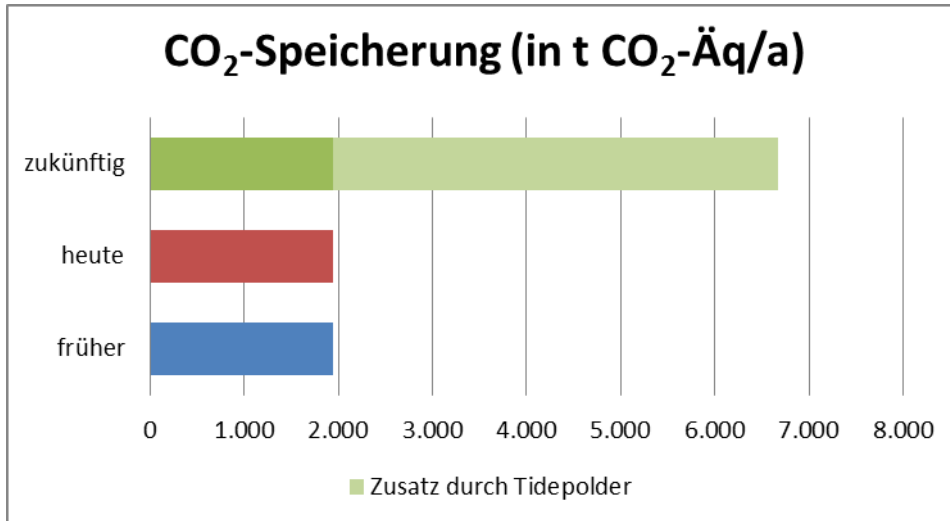


Abb. 15: CO₂-Speicherung der 530 ha Tidepolderflächen

Die Ergebnisse des CO₂-Speichervermögens bezogen auf die Tidepolderflächen ist in Abb. 15 dargestellt. Hierfür sind die in Kap. 3.3.3 dargestellten Festlegungen bezüglich der Flächengröße der Tidepolder und der sich in den Tidepoldern entwickelnden BTT ausschlaggebend. Die Grünlandflächen im Binnenland, auf denen die Tidepolder entstehen sollen, besitzen ein CO₂-Speichervermögen von 2 t CO₂-Äq/ha/a. Der Zusatz ergibt sich daher aus der Verrechnung des CO₂-Speichervermögens der Tidepolder (6.676 t CO₂-Äq/a) mit den Grünlandflächen (1.945 t CO₂-Äq/a) und beträgt 4.730 t CO₂-Äq/a.

Die Ergebnisse zeigen, dass das ÖSL-Angebot für den Zeitraum früher höher als für heute war. Für den Zeitraum zukünftig ist es größer als heute und übersteigt auch deutlich das frühere Angebot. Verantwortlich dafür sind v.a. die Zunahme der Größe der ästuartypischen BTT Tideauwald, Tideröhrichte und Flusswatt, durch die Herstellung der Tidepolder, da sie ein relativ hohes CO₂-Speichervermögen besitzen. Die quantitativen Ergebnisse zeigen, dass die Umsetzung der Maßnahmentypen des MP Ems 2050 einen positiven Effekt auf die CO₂-Speicherung haben.

7.4 Diskussion

Die hier angegebenen Werte für das Angebot der ÖSL CO₂-Speicherung können nur eine Orientierung über die Größenordnung der Klimaregulationsfunktion der Flächen in der Tideeems geben, da zum einen die Datenlage zur Kohlenstoffspeicherung verschiedener ästuariner BTT bisher noch recht schmal ist und diese zum anderen eine recht große Streuung aufweisen.

Ein vielfach im Kontext von Klimaschutzbemühungen untersuchter Aspekt ist der Beitrag von Moorrenaturierungen zur Verringerung der THG-Emissionen. Die Höhe der THG-Emissionen ist dabei von der landwirtschaftlichen Praxis abhängig und hohe Düngergaben sowie intensive Entwässerung bedingen höhere THG-Emissionen. Aus den Erkenntnissen wird deutlich, dass die Veränderung der Nutzung auf organischen Böden einen wesentlich größeren Beitrag zur Klimaregulation hat als die Umwandlung von Grünländern in ästuartypische Lebensräume.

Klar ist jedoch, dass die Nachfrage nach Klimaregulationsleistung gestiegen ist und auch weiterhin hoch bleiben wird. Die Notwendigkeit, den Klimawandel zu begrenzen ist erkannt und wird auch politisch unterstützt. Kontrovers diskutiert wird dabei insbesondere die Frage nach kosteneffektiven Lösungen. Auf jeden Fall stellen die ästuartypischen BTT des Supralitorals (Tide- und Landröhricht, Tideauwald) ein sehr hohes bzw. hohes Angebot für die Kohlenstoffspeicherung bereit.

8. ÖSL Habitatfunktion

8.1 Hintergrund und Begründung für Auswahl

Die Biodiversität gewährleistet im weiten Sinne alle Prozesse, die direkt oder indirekt mit dem Funktionieren von Ökosystem verbunden sind und sie stellt damit direkt oder indirekt alle anderen ÖSL sicher. Die ÖSL „Habitatfunktion“ beinhaltet die funktionelle und strukturelle Qualität ästuartypischer Lebensräume (Habitate), Lebensgemeinschaften und Arten, die als Grundlage vielfältiger menschlicher Nutzungen dienen. Die Habitate mit ihrer naturraumtypischen Vielfalt der Tier- und Pflanzengemeinschaften der Natur- und Kulturlandschaft sind Ausdruck der charakteristischen Standortverhältnisse von Ästuarlandschaften. Veränderungen in den Standortverhältnissen betreffen damit die Ausprägung der Habitatfunktion.

Die EU-Biodiversitätsstrategie 2020 sieht in ihren Zielen vor, bis 2020 Ökosysteme und ÖSL zu erhalten, durch „grüne Infrastrukturen“ zu verbessern sowie mindestens 15% der degradierten Ökosysteme wiederherzustellen (Albert et al. 2015a). Deutschland ist gemäß EU-Biodiversitätsstrategie 2020 dazu aufgefordert, bis 2014 ÖSL flächendeckend zu erfassen und kartographisch darzustellen und bis 2020 ökonomisch zu bewerten (Europäische Kommission 2011).

Da die hier betrachteten Maßnahmentypen des Masterplan Ems 2050 sowohl auf die Wiederherstellung von ästuarinen Lebensräumen als auch die Verbesserung ihrer Qualität zielen, wodurch sich insgesamt die biologische Vielfalt der Tideems erhöhen kann, wird die ÖSL „Habitatfunktion“ analysiert. Zusätzlich kann so an die aktuelle Diskussion zur Identifizierung und Bewertung von ÖSL im Rahmen der Umsetzung der EU-Biodiversitätsstrategie 2020 angeschlossen werden.

8.2 Operationalisierung

Hoch aggregierte Naturschutzindikatoren wie der Anteil von Schutzgebieten oder die Landnutzungsintensität ermöglichen eine Einschätzung der ästuartypischen Arten- und Lebensraumvielfalt und damit der biologischen Vielfalt. Nach Scholz et al. (2012) kann z.B. die Habitatfunktion durch die Verknüpfung von Informationen zum Flächenanteil an Natura 2000-Gebieten (FFH- und Vogelschutzgebiete), zum Flächenanteil ästuartypischer BTT und zur Landnutzungsintensität der BTT des Vorlands ermittelt werden.

Die quantitative Einschätzung der ÖSL „Habitatfunktion“ erfolgt anhand des Vorkommens ästuartypischer BTT. Dafür werden die BTT der Tideemsflächen in ästuartypisch und nicht-ästuartypisch differenziert. Die zukünftige Veränderung der Habitatfunktion durch die Schaffung von Wiesenvogellebensräumen und Verbesserung der Durchgängigkeit für Fische wird qualitativ dargestellt und diskutiert.

Zur Quantifizierung werden die Flächengrößen und Anteile der **ästuartypischen Biotoptypen** differenziert für den limnischen und oligohalinen Bereich der Tideems (Flächenkulisse der

Vordeichsflächen; s. Kap. 3.4) herangezogen. Die Analyse der Flächengrößen erfolgt anhand der Kartierungsdaten der Vordeichsflächen der Tideems. Nach IBP (2014) und BIOCONSULT (2012) können die in der Tab. 21 dargestellten BTT als ästuartypisch für den limnischen bzw. oligohalinen Bereich der Tideems bezeichnet werden. Dabei ist zu beachten, dass der BTT „Mäßig ausgebauter Flussunterlauf mit Tideeinfluss“ für früher als ästuartypisch anzusehen ist, er heute aber durch die Eingriffe als BTT „Stark ausgebauter Fluss“ kartiert ist und damit als nicht ästuartypisch kategorisiert wird. Dieses trifft ebenso für den BTT „Naturnahes Sublitoral im Brackwasser-Ästuar“ zu, der heute als BTT „Sublitoral mit Fahrrinne im Brackwasser-Ästuar“ nicht mehr ästuartypisch ist. Ein hoher Anteil nicht-ästuartypischer Lebensräume zeigt dabei eine eingeschränkte Habitatfunktion auf und umgekehrt.

Tab. 21: Ästuartypische BTT des limnischen und des oligohalinen Abschnitts der Tideems (nach IBP-Ems 2014 und BIOCONSULT 2012; Bezeichnung der BTT nach Drachenfels 2004)

BTT-Gruppe	BTT
	ästuartypisch: limnischer Bereich
Tideauwald	Sumpfiges Weiden-Auengebüsch
	Typisches Weiden-Auengebüsch
	Tide-Weiden-Auwald
Gewässer (Vorland)	Marschgraben
	Süßwasser-Marschpriel
	Sonstiges naturnahes nährstoffreiches Kleingewässer
Watt	Flusswatt ohne Vegetation höherer Pflanzen
	Flusswatt mit Pioniervegetation
Tideröhricht	Flusswatt-Röhricht
Landröhricht	Rohrglanzgras-Landröhricht
	Schilf-Landröhricht
	Wasserschwaden-Landröhricht
Seggen-, Binsen-, Staudensumpf	Binsen- und Simsenried nährstoffreicher Standorte
	Nährstoffreiches Großseggenried
	Sonstiger nährstoffreicher Sumpf
Sand-Magerrasen	Trockener Borstgrasrasen tieferer Lagen
	Basenreicher Sand-Magerrasen
	Silbergras-Flur
	Sonstiger Sand-Magerrasen
Fluss	Mäßig ausgebauter Flussunterlauf mit Tideeinfluss
	ästuartypisch: oligohaliner Bereich
Gewässer (Vorland)	Salzreicher Graben
	Brackwasser-Marschpriel
	Naturnahes salzhaltiges Kleingewässer des Küstenbereichs
Watt	Brackwasserwatt ohne Vegetation höherer Pflanzen
	Brackwasserwatt mit Pioniervegetation
	Wattlinie der Ästuare
Tideröhricht	Röhricht des Brackwasserwatts
	Schilf-Röhricht der Brackmarsch
	Strandsimsen-Röhricht der Brackmarsch
Mesophiles Grünland	Mesophiles Marschengrünland mit Salzeinfluss
Salzwiese	Salzwiese der Ästuare
	Quecken- und Distelflur der oberen Salzwiese
Fluss	Naturnahes Sublitoral im Brackwasser-Ästuar
	nicht-ästuartypisch
Acker	Sandacker
Gewässer (Vorland)	Kanal
	Naturfernes Abbaugewässer

BTT-Gruppe	BTT
Fluss	Stark ausgebauter Fluss
	Sublitoral mit Fahrrinne im Brackwasser-Ästuar
Intensivgrünland	Grünland-Einsaat
	Intensivgrünland der Auen
	Sonstiges feuchtes Intensivgrünland
	Intensivgrünland auf Nieder- und Hochmoorstandorten
	Intensivgrünland der Marschen
	Intensivgrünland trockenerer Standorte
	Weidefläche
Mesophiles Grünland	Mageres mesophiles Grünland kalkarmer Standorte
	Mesophiles Grünland mäßig feuchter Standorte
	Sonstiges mesophiles Grünland
Feuchtgrünland	Seggen-, binsen- oder hochstaudenreicher Flutrasen
	Mäßig nährstoffreiche Nasswiese
	Nährstoffreiche Nasswiese
	Magere Nassweide
Küstenschutzbauwerk	Künstliches Hartsubstrat im Küstenbereich
Siedlungs-/Gewerbe-/Verkehrsfläche	mit ca. 20 verschiedenen BTT

Ergänzend wird als Beispiel für die qualitative Ausprägung der BTT, die für die tatsächliche ÖSL der Tideemslebensräume von erheblicher Bedeutung ist, die Artenzahl der Mollusken (Schnecken und Muscheln) im limnischen Bereich der Tideems zwischen Herbrum und Leer als Indikator herangezogen. Die Artenzahl des Zustands früher indiziert dabei eine gute Ausprägung der ÖSL.

8.3 Ergebnis

Die Anteile von ästuartypischen und nicht-ästuartypischen BTT für die drei Betrachtungszeiträume im limnischen und oligohalinen Bereich der Tideems zeigt Abb. 16.

Wie Abb. 16 zeigt, war früher der Anteil ästuartypischer BTT in beiden Abschnitten größer als heute. Im Oligohalinikum v.a. auch deshalb, da der BTT „Sublitoral im Brackwasserwatt“ mit ca. 887 ha im Zustand früher noch als ästuartypisch eingeschätzt wird. Weiterhin wird deutlich, dass die Umsetzung der Maßnahmentypen insbesondere im limnischen Bereich den Anteil ästuartypischer BTT zukünftig im Vergleich zu heute deutlich vergrößert. Die zukünftige Zunahme ästuartypischer BTT für den zukünftigen Zustand basiert auf der Umsetzung der Maßnahmentypen „Tidepolder“, „Sommerdeichöffnung“ und „Uferrenaturierung“ (s. Kap. 3.3.3). Im oligohalinen Bereich ändert sich der Anteil nicht wesentlich, da die Maßnahmentypen Tidepolder und Uferrenaturierung setzungsgemäß nur im limnischen Bereich umgesetzt werden. Sommerdeichöffnungen finden hingegen sowohl im limnischen als auch im oligohalinen Abschnitt der Tideems nur auf vergleichsweise kleinen Flächen statt (s. Kap. 3.2).

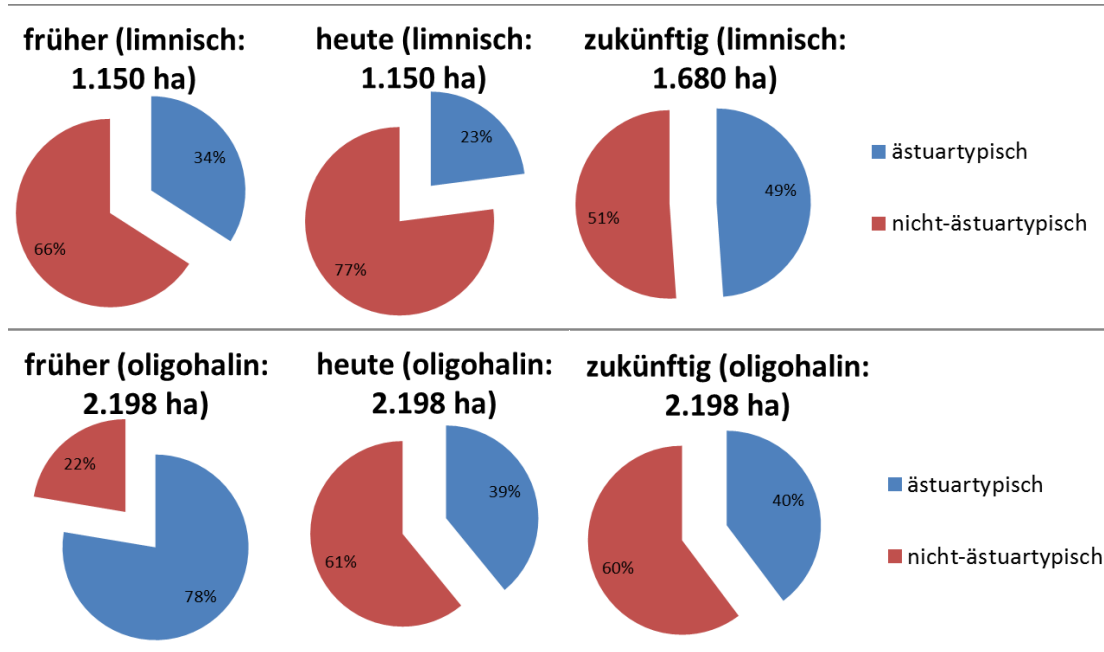


Abb. 16: Anteil von ästuartypischen und nicht-ästuartypischen BTT im limnischen und oligohalinen Bereich der Tideems früher, heute und zukünftig

Abb. 17 zeigt die Abschätzung der Veränderung der Artenzahlen der limnischen Mollusken in der Tideems zwischen Herbrum und Leer zu den drei zeitlichen Zuständen. Die Zahl zu früher ist aus Literaturangaben zu vergleichbaren Abschnitten in den Ästuaren von Weser und Elbe abgeleitet; der Zustand zukünftig stellt eine fachliche Einschätzung unter Berücksichtigung der zu erwartenden Verbesserungen der abiotischen Randbedingungen und der voraussichtlich weiter bestehenden Beeinträchtigungen dar.

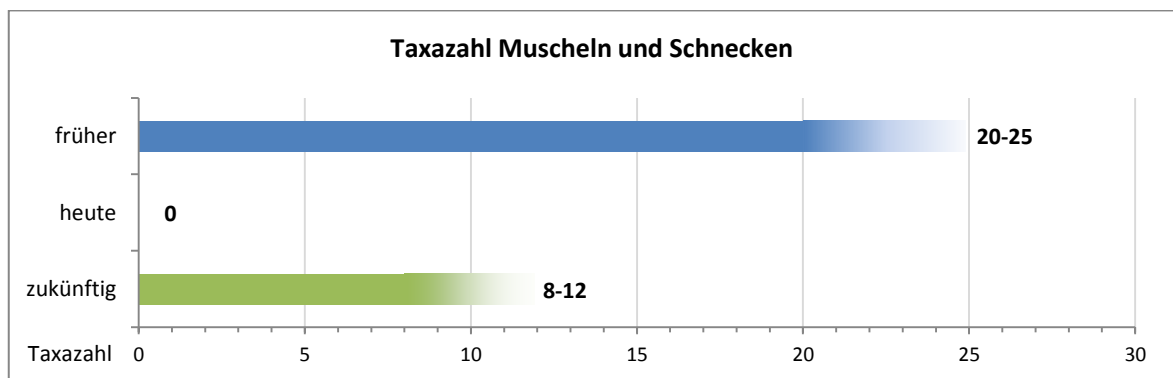


Abb. 17: Vermutliche Artenzahl der Mollusken (Muscheln und Schnecken) im Abschnitt Herbrum bis Leer (limnischer Bereich) in der Tideems früher, heute und zukünftig.

Der Versuch einer Rekonstruktion einer Taxaliste Mollusken (Muscheln und Schnecken) der Tideems zu Beginn des 20. Jahrhunderts ist in Tab. 22 dargestellt. Die Taxaliste basiert auf einer Referenzliste Makrozoobenthos für das Elbästuar, historischen Angaben für die Unterweser sowie eigenen Untersuchungen in allen drei Ästuaren; sie stellt letztlich unsere fachliche Einschätzung

dar. Die Beeinflussung der Molluskenfauna in der Vergangenheit und in der Zukunft durch Neozoen ist weitgehend spekulativ; sie sind deshalb nicht berücksichtigt.

Tab. 22: Rekonstruktion einer Taxaliste Mollusken (Muscheln und Schnecken) der Tideems zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Fett markiert sind Generalisten, die möglicherweise zukünftig als erstes die Tideems wieder besiedeln.

wissenschaftlicher Name	höheres Taxon	oligohalin	limnisch	dt. Familienname
<i>Assiminea grayana</i>	Schnecken	+		Marschenschnecke
<i>Acroloxus lacustris</i>	Schnecken	+	+	Napfschnecke
<i>Ancylus fluviatilis</i>	Schnecken	+	+	Napfschnecke
<i>Anisus sp.</i>	Schnecken		+	Tellerschnecken
<i>Gyraulus (Armiger) crista</i>	Schnecken		+	Tellerschnecken
<i>Bithynia tentaculata</i>	Schnecken	+	+	Schnauzenschnecken
<i>Bithynia leachii</i>	Schnecken	+	+	Schnauzenschnecken
<i>Ferrissa sp.</i>	Schnecken		+	Napfschnecke
<i>Galba truncatula</i>	Schnecken		+	Schlamm- schnecke
<i>Gyraulus albus</i>	Schnecken	+	+	Tellerschnecken
<i>Lymnea stagnalis</i>	Schnecken		+	Schlamm- schnecke
<i>Planorbarius corneus</i>	Schnecken		+	Tellerschnecken
<i>Planorbis planorbis</i>	Schnecken		+	Tellerschnecken
<i>Physa fontinalis</i>	Schnecken		+	Blasenschnecke
<i>Radix auricularia</i>	Schnecken		+	Schlamm- schnecke
<i>Radix balthica</i>	Schnecken	+	+	Schlamm- schnecke
<i>Valvata cristata</i>	Schnecken		+	-
<i>Valvata piscinalis</i>	Schnecken	+	+	-
<i>Viviparus viviparus</i>	Schnecken	+	+	Sumpfd- eckelschnecke
<i>Anodonata anatina</i>	Muscheln	+	+	Groß- muscheln
<i>Anodonta cygnea</i>	Muscheln		+	Groß- muscheln
<i>Euglesa casertana</i>	Muscheln	+	+	Erb- senmuschel
<i>Pisidium</i>	Muscheln	+	+	Erb- senmuscheln (viele verschiedene Arten)
<i>Sphaerium corneum</i>	Muscheln	+	+	-
<i>Unio pictorum</i>	Muscheln	+	+	Groß- muscheln

Die Ergebnisse zu diesem Indikator für die qualitative Ausprägung der ÖSL Habitatfunktion (aquatische BTT der Tideems) zeigen den vollständigen Verlust der Besiedlung des limnischen Bereichs der Tideems mit Mollusken. Dieser dramatische Rückgang ist v.a. auf die hohe Schwebstoffkonzentration bzw. Fluid mud-Bildung und die starken Sauerstoff-Defizite zurückzuführen. Es ist davon auszugehen, dass ein Teil des früheren Artenspektrums, das für eine gute Ausprägung der ÖSL Habitatfunktion steht, sich im Zustand zukünftig wieder etablieren wird.

8.4 Fazit und Diskussion

Mit dem hier verwendeten Ansatz konnte eine erste Einschätzung der Habitatfunktion durchgeführt werden. Qualitative Einschätzungen erweitern die Beurteilungsgrundlage für die Höhe der Habitatfunktion.

Die ÖSL Habitatfunktion des limnischen und des oligohalinen Bereichs der Tideems war früher größer als heute. Insbesondere der oligohaline und limnische Bereich besaß vor den Vertiefungen für die Überführung von Werftneubauten mehr ästuartypische BTT (Fluss, einschließlich Fahrrinne galt noch als ästuartypischer Gewässerlebensraum, Flachwasserzonen, mehr und qualitativ hochwertigere Watt- und Röhrichtflächen) und hatte eine höhere Natürlichkeit. Die quantitativen Ergebnisse zeigen, dass insbesondere im limnischen Bereich der Tideems heute der Anteil ästuartypischer und natürlicher BTT nur noch relativ klein ist. Der Indikator Artenzahl der Mollusken zeigt, dass auch die qualitative Ausprägung heute stark beeinträchtigt ist.

Die Umsetzung der Maßnahmen aus dem Masterplan Ems 2050 verbessern die Habitatfunktion in beiden Tideemsabschnitten, wobei aufgrund der Verortung der Tidepolder und der Uferrenaturierung die Zunahme der ÖSL im limnischen Bereich besonders ausgeprägt ist.

Die qualitative Einschätzung, die auf den in den drei Betrachtungszeiträumen festgelegten Randbedingungen basiert (s. Kap. 3.3), erweitert die Beurteilung der Veränderungen in der Habitatfunktion. Der im Zustand früher höhere Anteil ästuartypischer BTT ermöglichte eine im Vergleich zu heute deutlich besser ausgeprägte Besiedlung verschiedener Artengruppen (Beispiel: Mollusken). So sind heute auch die ästuartypischen Lebensräume v. a. durch die extreme Schwebstoff-Konzentration und die extremen Sauerstoff-Defizite in vielen Teilen stark verarmt. Charakteristische Arten sind verschwunden oder kommen in der Tideems wie die FFH-Art Finte nur noch sehr vereinzelt vor, so dass insgesamt die biologische Vielfalt der Tideems deutlich reduziert ist.

Zukünftig zeichnet sich die Tideems dadurch aus, dass durch die Umsetzung der Maßnahmentypen des Masterplans Ems 2050 die heutigen Defizite durch geringere Schwebstoffbelastung, höhere Sauerstoffwerte und eine verbesserte Durchgängigkeit für die Fischfauna besonders im limnischen Bereich deutlich verringert sind. Die ästuarinen Lebensgemeinschaften konnten sich partiell regenerieren, da Qualitätsverluste der Vergangenheit beseitigt wurden. Insgesamt hat sich dadurch die Biodiversität erhöht. Damit ist die Habitatfunktion, deren Höhe aus der funktionellen und strukturellen Qualität ästuartypischer Lebensräume und -gemeinschaften resultiert, zukünftig insgesamt verbessert. Auch Untersuchungen von Boerema et al. (2016b) an der Schelde zeigen, dass zusätzlich geschaffene und natürliche Habitate die Biodiversität und damit insgesamt auch die von ihnen bereitgestellten ÖSL steigern.

Die Bedeutung der Tideemsregion für Wiesenvögel ist hoch. Sie wird durch die Maßnahmentypen Tidepolder und Sommerdeichöffnung beeinflusst. Der Masterplan sieht vor, summarisch für frühere und aktuelle Verluste und Beeinträchtigungen 200 ha landwirtschaftlicher Fläche binnendeichs (wohl überwiegend außerhalb des Betrachtungsraumes der ÖSL-Studie) als Bruthabitat für Wiesenvögel zu entwickeln. Dabei haben die Flächen, auf denen Tidepolder entstehen sollen, i.d.R. heute eine geringe Bedeutung für Wiesenvögel. In der Konsequenz führen daher die Maßnahmen für den Wiesenvogelschutz zu stabileren Wiesenvogelbeständen.

Eine Herausforderung ist der in der Wissenschaft umfangreich und kontrovers diskutierte Zusammenhang zwischen Biodiversität und Bereitstellung von ÖSL. Dieser kann hier allerdings nicht umfänglich diskutiert werden. Dabei ist vergleichsweise eindeutig, dass in den meisten Fällen sich mit einer hohen biologischen Vielfalt auch die Resilienz oder Widerstandsfähigkeit eines Ökosystems erhöht. Die Widerstandsfähigkeit eines Ökosystems beschreibt seine Fähigkeit sich von anthropogenen oder natürlichen Einwirkungen und Störungen zu erholen, der gerade unter Klimawandelbedingungen eine zunehmende Bedeutung zugeschrieben wird. V.a. in ästuarinen Ökosystemen ist die Resilienz von entscheidender Bedeutung, da langfristige Fluktuationen und kurzzeitige Störungsereignisse natürliche Randbedingungen in Ästuaren sind. Das bedeutet, dass die hohe ästuarine Resilienz dazu beiträgt, dass ÖSL dauerhaft bereitgestellt und/oder genutzt werden können. Dementsprechend würde die Erhöhung der Biodiversität zu einer verbesserten Habitatfunktion führen und sich damit die Bereitstellung und Sicherung vieler ÖSL insgesamt steigern.

9. ÖSL Erholung und Tourismus

9.1 Hintergrund und Begründung für Auswahl

Der Beitrag von Landschaftselementen und -strukturen zu Erholung und Freizeit (Feierabend- und Wochenenderholung, Naherholung, Tourismus) besitzen in dicht besiedelten Industrieländern wie Deutschland eine hohe gesundheitliche, soziale und ökonomische Bedeutung. Für Erholung sind individuell in unterschiedlichem Maße sowohl Naturerleben als auch die Möglichkeit konkreter Erholungsaktivitäten sowie ästhetische Aspekte der Natur wesentlich (Albert et al. 2015b). Auch ästuarine naturnahe Landschaften und Ökosysteme leisten einen wesentlichen Beitrag für Erholung und menschliche Gesundheit bzw. Wohlergehen. Naturerleben ist Teil der regionalen Kultur und Kunst wird vielfach durch Natur inspiriert. Die Identifikation mit einer Region ist oft mit dem Erleben vertrauter Landschaften verbunden.

Die Emsregion hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einer touristisch wichtigen Region entwickelt. Die „Marke Emsland“ rangierte 2009 in Niedersachsen vor dem Weserbergland und der Region Hannover sowie hinter Ostfriesland im oberen Mittelfeld der Tourismusdestinationen (IBP-Ems 2014). Der touristische Schwerpunkt liegt im Fahrradtourismus. Die Landschaft der Marschgebiete und das weitläufige Radwegenetz bieten hierfür gute Voraussetzungen. Zu nennen sind besonders die „Deutsche Fehnroute“, die „Internationale Dollartroute“, der „Dortmund-Ems-Kanal-Weg“, der „Emsradweg“ und der „Nordseeküstenradweg“. Die Investitionen in den Ausbau der tourismusrelevanten Infrastruktur wie z. B. dem Ausbau des Radwegenetzes, das mittlerweile rund 3.000 Kilometer umfasst, haben zu einem deutlichen Wachstum der Übernachtungszahlen geführt. Die Routenvielfalt, diverse Service-Angebote wie Gepäcktransfer, kostenlose GPS-Tracks und Routenplaner unterstützen diese Entwicklung.

Ein weiterer Schwerpunkt touristischer Aktivitäten liegt im wasserbezogenen Bereich, wozu Aktivitäten wie Angeln, Segeln, Paddeln, Baden und Erholung am Fluss u. a. gehören. Die Angelfischerei wird vorwiegend an den Sielen und Zuflüssen der Tideems sowie binnendeichs gelegenen Stillgewässern ausgeübt. Sie beschränkt sich fast ausschließlich auf den Fang mit der Handangel. In den an die Tideems angrenzenden Landkreisen Emsland, Leer und Aurich sowie der Stadt Emden sind insgesamt etwa 25.000 Angelfischer in den niedersächsischen Fischereivereinen organisiert (IBP-Ems 2013: Fachbeitrag 6b). Die Flusslandschaft der Ems ist – trotz der schwierigen Fahrwasserbedingungen – geprägt vom Wassersport. Dies gilt auch für die an die Ems angeschlossenen befahrbaren Gewässer von Leda und Jümme. Neben den motorbetriebenen Aktivitäten sind besonders auch der Wassersport (Kanu und Rudern) und seine direkte Verbindung zum Radtourismus durch die vielfältigen Angebote von Paddel und Pedal zu nennen (IBP-Ems 2012: Fachbeitrag 8).

Aufgrund der Bedeutung von Naturtourismus und der naturbezogenen Naherholung sowie der Frage, ob die Maßnahmentypen neben ihren eigentlichen Zielen (Entwicklung ästuartypischer Lebensräume und Verbesserung der Gewässergüte) auch die Attraktivität der Emsregion für Besucher und Bevölkerung steigern können, wird diese ÖSL betrachtet.

9.2 Operationalisierung

Das Angebot der Tideemsregion für die ÖSL „Erholung und Tourismus“ wird über die Ausstattung der Landschaft mit charakteristischen abiotischen, biotischen und anthropogenen Elementen operationalisiert. Für die Nutzerperspektive Naherholung/Tourismus erfüllt die Landschaft eine Nutzungsfunktion durch die Bereitstellung von Räumen, die sich durch Vielfalt, Eigenart und Schönheit auszeichnen. Vielfalt, Eigenart und Schönheit befriedigen sowohl den Erholungsanspruch der in der Region lebenden Menschen als auch der von Besuchern und Touristen.

Ein vergleichbarer Ansatz wird auch von Albert et al (2015b) durchgeführt. Von ihnen wird die Landschaftsästhetik unter Berücksichtigung der gesetzlich verankerten Kriterien Vielfalt, Eigenart und Schönheit (nach BNatSchG §1) bewertet. Dabei wird die Vielfalt einer Landschaft u.a. anhand der Vielfalt an Landnutzungen und der Strukturvielfalt bewertet. Eigenart wird durch den Indikator Besonderheit bzw. Seltenheit von Landschaften und Landschaftselementen operationalisiert, wobei besondere Landschaftseigenschaften wie Küsten, Flüsse, Gewässer oder Moorlandschaften berücksichtigt werden. Schönheit wird im Sinne von Natürlichkeit interpretiert (vgl. Köhler & Preiß 2000). Natürlichkeit wird von ihnen bewertet anhand der Hemerobie – als ein Maß für den Einfluss des Menschen auf Ökosysteme – der vorkommenden Landnutzungstypen sowie der Dichte naturnaher/natürlicher Strukturelemente.

Unser Ansatz zur Quantifizierung schließt an das methodische Vorgehen von Albert et al. (2015b) an. Dabei sind zwei unterschiedliche Aspekte gleichzeitig von Bedeutung: ein erhöhter Anteil von naturraumtypischen, nicht anthropogen überformten Biotopen trägt zur Attraktivität besonders des Naturtourismus bei. Gleichzeitig ist der Erhalt der typischen Merkmale der vertrauten Kulturlandschaft besonders für die Naherholung und die Identifikation der dort lebenden Menschen bedeutsam. Die Ausstattung der Landschaft der Tideems mit bzw. das Vorhandensein von charakteristischen naturraum- und ästuartypischen Elementen für die Erholungsfunktion wird anhand folgender Parameter quantifiziert:

- Anteil **naturraumtypischer Biotoptypen** und
- Anteil von **Biotoptypen geringer und mittlerer Nutzungsintensität** als Elemente der historischen Kulturlandschaft.

Beide Aspekte werden ausschließlich für die Vordeichsflächen inklusive der zukünftigen Tidepolder der Tideems durchgeführt, da entsprechend detaillierte Informationen für das Binnenland nicht vorliegen und die maßnahmenbezogenen Veränderungen v.a. hier wirken.

Die für die quantitative Analyse benötigten Daten umfassen:

- räumlichen Informationen zur Flächengröße der Vordeichsflächen und Verteilung der BTT und
- Kategorisierung der anthropogenen Beeinflussung (Hemerobie) der BTT.

Für die Funktion der Tideems für Tourismus und Naherholung ist auch die direkte Nutzbarkeit durch Aktivitäten wie Angeln, Wassersport und Baden von besonderer Bedeutung. Diese Funktio-

nen sind derzeit wesentlich durch die schlechte Wasserqualität der Tideems eingeschränkt. Es werden deshalb zusätzlich die Parameter

- Flächengrößen Flachwasserzonen und
- Sauerstoffdefizite

quantifiziert.

Die Analyse bezüglich der **naturraumtypischen Biotoptypen** erfolgt anhand der Kartierungsdaten der BTT der Tideems. Die BTT werden in BTT-Gruppen zusammengefasst und in die beiden Klassen ästuartypisch und nicht-ästuartypisch unterschieden (s. Tab. 23) und anhand ihrer Flächengröße analysiert. Obwohl heute die BTT „ausgebauter Flussunterlauf mit Tideeinfluss“ und „Sublitoral mit Fahrrinne im Brackwasser-Ästuar“ nicht als ästuartypische einzuschätzen sind, werden sie hier mit einbezogen, da für die Eigenart einer Landschaft v.a. das Vorhandensein von Landschaftselement wie Gewässer oder Flüsse bedeutsam ist und weniger ihre ökologische Qualität (diese spielt für den Parameter Nutzungsintensität bzw. Hemerobie eine zentrale Rolle und wird dort berücksichtigt). Ein hoher Anteil naturraum- bzw. ästuartypischer BTT liefert einen Hinweis auf eine erhöhte Funktion für den Naturtourismus.

Tab. 23: Ästuartypische und nicht-ästuartypische BTT-Gruppen und BTT (Kategorisierung nach IBP-Ems 2014 und BIOCONSULT 2012; Bezeichnung der BTT nach Drachenfels 2004)

BTT-Gruppe	BTT
	Ästuartypisch
Tideauwald	Sumpfiges Weiden-Auengebüsch Typisches Weiden-Auengebüsch Tide-Weiden-Auwald
Gewässer (Vorland)	Marschgraben Süßwasser-Marschpriel Sonstiges naturnahes nährstoffreiches Kleingewässer Salzreicher Graben Brackwasser-Marschpriel Naturnahes salzhaltiges Kleingewässer des Küstenbereichs
Watt	Flusswatt ohne Vegetation höherer Pflanzen Flusswatt mit Pioniervegetation Brackwasserwatt ohne Vegetation höherer Pflanzen Brackwasserwatt mit Pioniervegetation Wattrinne der Ästuarie
Tideröhricht	Flusswatt-Röhricht Röhricht des Brackwasserwatts Schilf-Röhricht der Brackmarsch Strandsimsen-Röhricht der Brackmarsch
Landröhricht	Rohrglanzgras-Landröhricht Schilf-Landröhricht Wasserschwaden-Landröhricht
Seggen-, Binsen-, Staudensumpf	Binsen- und Simsenried nährstoffreicher Standorte Nährstoffreiches Großseggenried Sonstiger nährstoffreicher Sumpf
mesophiles Grünland	Mesophiles Marschengrünland mit Salzeinfluss
Salzwiese	Salzwiese der Ästuarie Quecken- und Distelflur der oberen Salzwiese

BTT-Gruppe	BTT
Sand-Magerrasen	Trockener Borstgrasrasen tieferer Lagen
	Basenreicher Sand-Magerrasen
	Silbergras-Flur
	Sonstiger Sand-Magerrasen
Fluss	Ausgebauter Flussunterlauf mit Tideeinfluss
	Sublitoral mit Fahrrinne im Brackwasser-Ästuar
nicht-ästuartypisch	
Acker	Sandacker
Gewässer (Vorland)	Kanal
	Naturfernes Abbaugewässer
Intensivgrünland	Grünland-Einsaat
	Intensivgrünland der Auen
	Sonstiges feuchtes Intensivgrünland
	Intensivgrünland auf Nieder- und Hochmoorstandorten
	Intensivgrünland der Marschen
	Intensivgrünland trockenerer Standorte
	Weidefläche
Mesophiles Grünland	Mageres mesophiles Grünland kalkarmer Standorte
	Mesophiles Grünland mäßig feuchter Standorte
	Sonstiges mesophiles Grünland
Feuchtgrünland	Seggen-, binsen- oder hochstaudenreicher Flutrasen
	Mäßig nährstoffreiche Nasswiese
	Nährstoffreiche Nasswiese
	Magere Nassweide
Küstenschutzbauwerk	Künstliches Hartsubstrat im Küstenbereich
Siedlungs-/Gewerbe-/Verkehrsfläche	mit ca. 20 verschiedenen BTT

Die Quantifizierung der **Biotoptypen geringer und mittlerer Nutzungsintensität** basiert auf der biotoptypspezifischen Kategorisierung der anthropogenen Beeinflussung (nicht, gering, mittel, stark genutzt, überbaut; nach Drachenfels 2004 und Schuchardt et al. 2013, s. Tab. 24). Dabei ist zu beachten, dass der BTT „Mäßig ausgebauter Flussunterlauf mit Tideeinfluss“ für früher als gering genutzt eingeschätzt wird, er heute aber durch die starke Nutzung als BTT „Stark ausgebauter Fluss“ kategorisiert wird. Dieses trifft ebenso für den früher gering genutzten BTT „Naturnahes Sublitoral im Brackwasser-Ästuar“ zu, der heute als BTT „Sublitoral mit Fahrrinne im Brackwasser-Ästuar“ stark genutzt wird. Anhand einer GIS-basierte Flächenanalyse wird die Natürlichkeit quantifiziert und für die drei Betrachtungszeiträume verglichen. Ein hoher Anteil von BTT mit geringer und mittlerer Nutzungsintensität steht für eine hohe Erholungsfunktion, da sie als Elemente der (historischen) Kulturlandschaft die Erholungs- und Identifikationseignung erhöhen.

Hintergrund für die Einschätzung der Nutzungsintensität ist die Erkenntnis, dass die kulturelle ÖSL „Erholung und Tourismus“ dann besonders hoch ist, wenn auch Elemente einer Kulturlandschaft sowie erforderliche Infrastrukturen vorhanden sind, also eine geringe Nutzungsintensität vorliegt (also keine Nullnutzung). Dieses basiert darauf, dass kleinräumig extensive Landnutzungen mit einer erhöhten Strukturvielfalt einhergehen, die die Erholungsfunktion positiv beeinflusst (Albert et al. 2015b). Ungenutzte Landschaften, die sich häufig durch eine schwierige Zugänglichkeit und geringe visuelle Erfassung auszeichnen, haben demnach teilweise eine geringere Bedeutung für die Erholungsfunktion (der Zusammenhang zwischen Natürlichkeit bzw. anthropogener Beeinflussung, Biodiversität und Höhe der ÖSL wird z.B. von Braat & de Groot (2012) diskutiert).

Tab. 24: Kategorisierung der Nutzungsintensität der BTT-Gruppen (als Indikator für die anthropogene Beeinflussung)

Nutzungsintensität	BTT-Gruppe
nicht genutzt	Tideauwald, Watt, Salzwiese, Gewässer (Volland), Land- und Tideröhricht, Staudensumpf
gering genutzt	Feuchtgrünland, Magerrasen früher: mäßig ausgebauter Flussunterlauf mit Tideeinfluss, naturnahes Sublitoral im Brackwasser-Ästuar
mittel genutzt	mesophiles Grünland
stark genutzt	Acker, Intensivgrünland heute und zukünftig: stark ausgebauter Fluss, Sublitoral mit Fahrrinne im Brackwasser-Ästuar
überbaut	Küstenschutzbauwerk, Siedlungs-/Gewerbe- und Verkehrsflächen

Die Indikatoren für die Nutzbarkeit der Tideems für Aktivitäten wie Angeln, Wassersport und Baden werden zum einen aus den BTT-Daten (Flachwasserzonen), zum anderen aus den Messungen der Sauerstoffwerte abgeleitet. Dabei gehen wir davon aus, dass ein höherer Flächenanteil von Flachwasserzonen und geringere sommerliche Sauerstoffdefizite eine besser entwickelte Fischfauna und damit höhere Funktion als Angelsportgewässer und gleichzeitig eine bessere Badewasserqualität indizieren.

Für die Analyse der Nachfrage werden, obwohl über die sie bestimmenden sozioökonomischen Faktoren und Bedingungen in der Vergangenheit und der Zukunft wenig bekannt ist, Erkenntnisse über umgesetzte Renaturierungsmaßnahmen herangezogen. Diese liefern qualitative Hinweise darauf, ob Informationsangebote über die geplanten Natur- und Entwicklungsprozesse nachgefragt werden.

9.3 Ergebnis

Die Anteile von naturraum- bzw. ästuartypischen und nicht-ästuartypischen BTT der Tideems für die drei Betrachtungszeiträume zeigt Abb. 18.

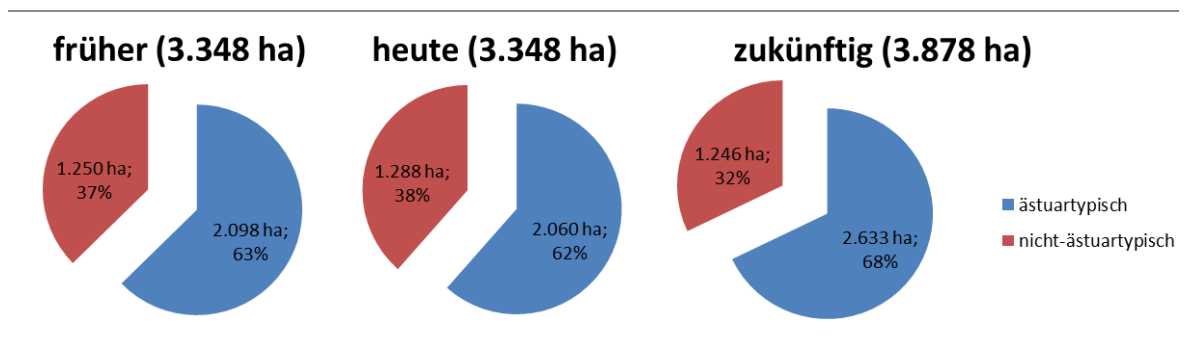


Abb. 18: Anteil von ästuartypischen und nicht-ästuartypischen BTT der Tideems früher, heute und zukünftig

Wie aus Abb. 18 ersichtlich, war früher der Anteil ästuartypischer BTT ähnlich wie heute. Die Zunahme ästuartypischer BTT für den zukünftigen Zustand basiert v.a. auf der Umsetzung des Maßnahmentyps „Tidepolder“, unterstützt durch die (relativ kleinflächigen) Sommerdeichöffnungen und Uferrenaturierungen (s. Kap. 3.2). Der Parameter zeigt damit eine Erhöhung der ÖSL-Funktion v.a. für den Naturtourismus.

In Abb. 19 sind die Flächenanteile der Kategorisierung der BTT-Gruppen nach Nutzungsintensitäten dargestellt. Der Anteil an gering und mittel genutzten BTT-Gruppen war früher sehr hoch (63%) und ist heute deutlich geringer (15%) und indiziert damit eine stark abgenommene Erholungsfunktion. Im Zustand zukünftig verändert sich der Anteil nur geringfügig (12%), die so indizierte Erholungsfunktion bleibt also mehr oder weniger unverändert.

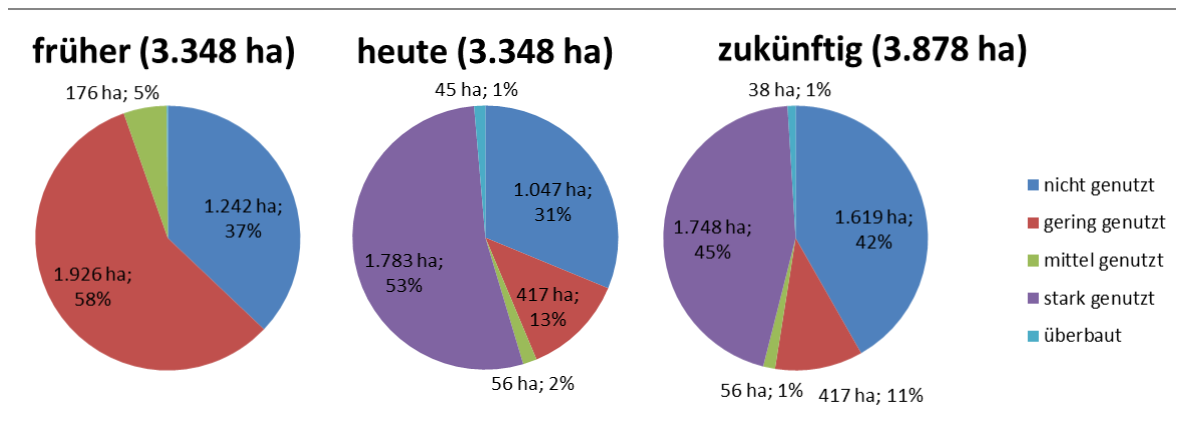


Abb. 19: Anteil der BTT-Gruppen bezogenen Nutzungsintensitätskategorien der Tideems früher, heute und zukünftig

Abb. 20 zeigt, dass die Fläche der Flachwasserzone heute gegenüber früher stark abgenommen hat und zukünftig, v.a. durch die Herstellung der Tidepolder, wieder deutlich ansteigen wird.

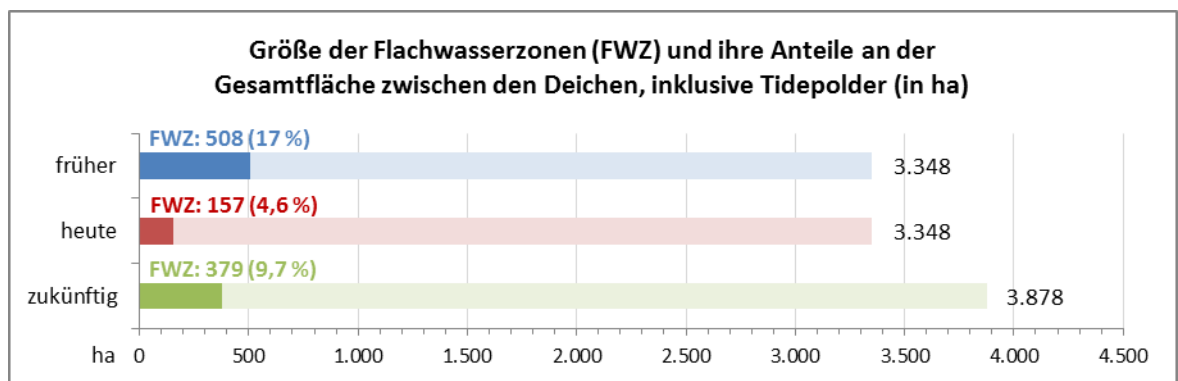


Abb. 20: Größe und prozentualer Anteil der Flachwasserzone (flaches Sublitoral) bezogen auf die Fläche zwischen den Hauptdeichen (inklusive Tidepolder) der Tideems früher, heute und zukünftig

Abb. 21 zeigt, dass sich früher keine für die Fischzönose kritischen Sauerstoffdefizite in der Tideems ausgebildet haben, im Zustand heute jedoch sehr massive sommerliche Sauerstoffmangelsituation (regelmäßig) auftreten. Diese sind, zusammen mit den die Defizite verursachenden extremen Schwebstoff-Konzentrationen, wesentliche Ursache für die starke Einschränkung der

Nutzbarkeit der Tideeems als Angelsport- und Badegewässer. Im Zustand zukünftig sollen die Parameter wieder näherungsweise dem Zustand früher entsprechen, so dass von einer deutlichen Zunahme dieser ÖSL auszugehen ist.

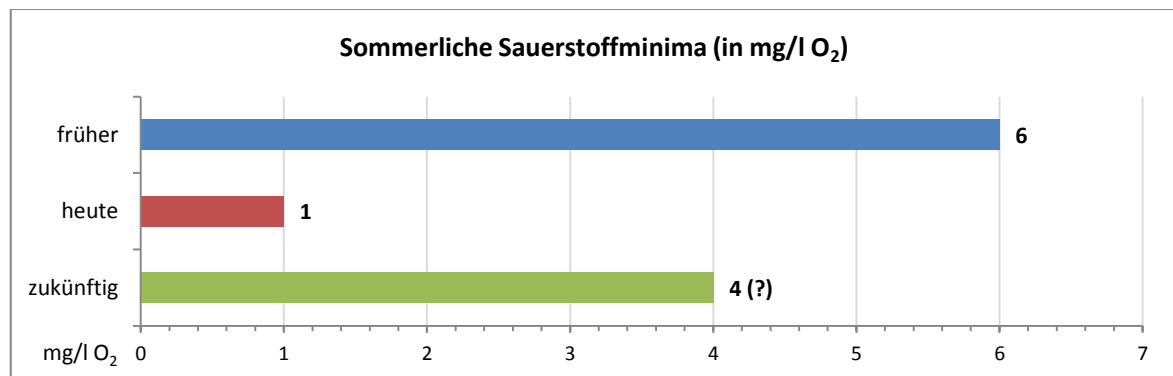


Abb. 21: Regelmäßig auftretende (sommerliche) Sauerstoffminima in der Tideeems früher, heute und voraussichtlich zukünftig

9.4 Fazit und Diskussion

Die ÖSL Erholung und Tourismus ist für eine vergleichende Betrachtung früher-heute-zukünftig nur begrenzt zu fassen, da zum einen die Attraktivität einer Landschaft und ihre Veränderung (ÖSL-Dargebot) auf der Grundlage vorhandener Daten nicht ohne weiteres zu parametrisieren ist und zum anderen die Nachfrage früher und zukünftig kaum zu ermitteln ist.

Der hier gewählte Ansatz gibt jedoch eine Reihe von Hinweisen. So wird deutlich, dass das Dargebot von früher auf heute deutlich abgenommen hat. Ursache ist zum einen die starke Abnahme von Elementen der historischen Kulturlandschaft (Biotope geringer und mittlerer Nutzungsintensität) durch landwirtschaftliche Nutzungsintensivierung und den Gewässerausbau, zum anderen die starke Einschränkung von gewässerbezogener Erholung (Angeln, Baden) durch die massive Verschlechterung der Wasserqualität und ihrer Folgewirkungen. Der Anteil naturraum- bzw. ästuartypischer BTT als Parameter v.a. für die Funktion für den Naturtourismus hat sich dagegen von früher auf heute kaum verändert.

Die Umsetzung des Masterplans (Zustand zukünftig) wird das Dargebot zum einen durch eine Zunahme des Anteils ästuartypischer BTT durch die Herstellung der Tidepolder, Öffnung von Sommerdeichen und die Renaturierung von Ufern vergrößern, zum anderen durch die Verbesserung der Grundlagen für die wasserbezogene Erholung (Angeln, Baden). Letzteres wird durch die Verbesserung der Wasserqualität (Angeln, Baden) und der Lebensraumausstattung (Angeln durch reichhaltigere Fischgemeinschaft) erreicht.

Bezüglich der Nachfrage nach naturbasierter Erholung ist es hilfreich, regionale Beispiele von erfolgreichen Renaturierungsmaßnahmen heranzuziehen. Hierzu zählen u. a. der Langwarder Groden in der Gemeinde Butjadingen, der Tidepolder Luneplate südlich von Bremerhaven, der Polder Holter Hammrich im Leda-Jümme-Gebiet bei Rhaderfehn und die Ausdeichungsgebiete Apen und Vreschen-Bokel in der Gemeinde Apen. Sie zeigen, dass solche Maßnahmen, unterstützt

durch verschiedene „Erlebniselemente“ wie Wanderwege, Aussichtspunkte oder Informationstafeln, auf reges öffentliches Interesse stoßen und von Einheimischen wie Besuchern gleichermaßen positiv aufgenommen werden. Vielfach wird von den ansässigen Tourismusförderern aktiv Werbung über die entsprechenden Angebote betrieben. Es scheint plausibel, dass dies auch mit den geplanten Tidepoldern an der Tideems möglich sein sollte.

Deutschland ist im Rahmen der EU-Biodiversitätsstrategie 2020 dazu aufgefordert, ÖSL flächendeckend zu erfassen und kartographisch darzustellen sowie ökonomisch zu bewerten. Insbesondere für die Erholungsfunktion als kulturelle ÖSL sind jedoch belastbare Daten sowie geeignete Methoden für eine flächenkonkrete Bewertung und kartografische Darstellung nur eingeschränkt verfügbar. Grund hierfür ist u.a., dass die Frage, was Schönheit einer Landschaft oder einer Region ausmacht, stark subjektiv bedingt ist. Üblicherweise werden daher zur Analyse der Erholungsfunktion Umfragen durchgeführt, auf deren Basis dann empirisch für einen konkreten Raum die Wertschätzung erfasst werden kann.

Der Umfang von Erholungsaktivitäten in einer Landschaft und die Auswahl von Erholungsorten durch Erholungssuchende hängt nicht nur von natürlichen Bedingungen ab, sondern in erheblichem Umfang auch von sozio-ökonomischen Voraussetzungen, wie z.B. der Erholungsinfrastruktur einschließlich Verkehrsanbindung, dem Bekanntheitsgrad von Gemeinden als attraktive Erholungsregionen usw. Neben der Eignung der Ökosysteme sind bei einer weitergehenden Erfassung der Erholungsleistung auch menschliche Störeinflüsse wie Lärm und visuelle Störwirkungen durch Siedlungen, Verkehrswege und andere Infrastrukturen (z. B. Stromleitungen) zu berücksichtigen (Albert et al. 2015b).

10. Vergleichende Darstellung und Fazit

Im Folgenden wird auf einige wesentliche Aspekte bezüglich möglicher Wechselwirkungen und Synergien zwischen den ausgewählten ÖSL eingegangen. Dafür wird die lebensraumspezifische Bereitstellung der ÖSL der Tideems zusammengefasst, die jeweiligen Wirkungen der Maßnahmentypen auf das ÖSL-Angebot resümiert sowie Konflikte und Synergien zwischen den Versorgungs-, Regulations-/Erhaltungs- und kulturellen Leistungen herausgearbeitet. Ein Fazit schließt dieses Kapitel ab.

Lebensraumspezifische ÖSL-Bereitstellung

Ziel der vorliegenden ÖSL-Studie ist v.a. die Analyse der von der Tideems bereitgestellten ÖSL sowie die durch die Umsetzung der Maßnahmen des MP Ems 2050 verursachten Veränderungen dieser. Da die betrachteten Maßnahmentypen neben der Lösung der Schlick- und Sauerstoffproblematik insbesondere die Entwicklung von ästuartypischen Lebensräumen zum Ziel haben, erfordern die ÖSL-Analysen die jeweiligen Beiträge dieser Lebensräume zu den von ihnen bereitgestellten ÖSL zu bestimmen.

Wie aus den Kapiteln zu Analyse der ausgewählten ÖSL deutlich geworden ist, besitzen die betrachteten BTT (bzw. BTT-Gruppen) eine spezifische Bedeutung für das ÖSL-Angebot. Für die ÖSL Habitat- und Erholungsfunktion (Erholung und Tourismus) werden die BTT-Gruppen in ästuartypisch oder nicht-ästuartypisch differenziert sowie nach ihrer anthropogenen Beeinflussung kategorisiert und dann die jeweiligen Anteile an der gesamten Tideemsfläche (bzw. für die beiden Salinitätsbereiche) quantifiziert. Die Bedeutung einzelner BTT-Gruppen erschließt sich also erst im Kontext der gesamten Flächenkulisse. Beide ÖSL sind deshalb in der Tab. 25 nicht dargestellt.

Tab. 25 fasst die Bedeutung der BTT-Gruppen für die ÖSL zusammen. Dargestellt ist das relative Angebot der BTT-Gruppe zur jeweiligen ÖSL. Ein Vergleich der gesamtgesellschaftlichen Relevanz der ÖSL als solche ist aus der Tab. 25 nicht ableitbar. Das bedeutet, dass die biotoptypspezifischen ÖSL-Angebote bzw. deren Bedeutung oder Wertschätzung der einzelnen ÖSL nicht untereinander verglichen werden können. Hierfür wären vergleichbare „Einheiten“ (z.B. monetäre Werte) erforderlich, die im Rahmen der vorliegenden ÖSL-Studie nicht bestimmt worden sind (allerdings hängen monetäre Werte auch von gesellschaftliche Präferenzen ab und nicht-monetäre Aspekte der ÖSL werden dabei weniger befriedigend berücksichtigt: zur Problematik monetärer ÖSL-Bewertung und der Funktion einer ökonomischen Perspektive auf die Leistungen der Natur s. z.B. Grunewald & Bastian 2010; Hansjürgens et al. 2012; Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012).

Tab. 25: Die Beiträge ausgewählter BTT-Gruppen zu den ÖSL

BTT-Gruppe	ÖSL		Schifffahrt	Nährstoffregulierung (N- und P-Rückhalt)		Klimaregulierung: C-Speicherung	
	Nahrungsmittel (LW: Landwirtschaft; F: Fischerei)			N	P		
Tiefwasserbereich	LW	F		N	P		
Flachwasserzone	LW	F		N	P		
Watt	LW	F		N	P		
Tideröhricht	LW	F		N	P		
Tideauwald	LW	F		N	P		
Landröhricht	LW	F		N	P		
Salzwiese	LW	F		N	P		
Grünland (Vorland)	LW	LW	F	N	P		
Grünland (Binnenland)	LW		F	N	P		
Acker (Binnenland)	LW		F	N	P		

	kein Angebot
	sehr geringes Angebot
	geringes Angebot
	mittleres Angebot
	hohes Angebot
	sehr hohes Angebot

Aus Tab. 25 wird ersichtlich, dass die Lebensräume des Sub- (Tiefwasserbereich, Flachwasserzone) und des Eulitorals für die Nährstoffregulation besonders bedeutsam sind. Die ästuartypischen BTT-Gruppen des Supralitorals (Tide- und Landröhricht, Tideauwald) stellen ein sehr hohes bzw. hohes Angebot für die Kohlenstoffspeicherung bzw. die Nährstoffregulation bereit. Wattflächen, Salzwiesen und extensiv genutzte Feuchtgrünländer besitzen ein hohes Kohlenstoffspeichungsvermögen; die Grünländer des Vor- und Binnenland stellen hingegen aufgrund ihrer geringeren bzw. fehlenden Überflutung nur eine sehr geringe bis geringe Regulationsleistung bereit.

Weiterhin wird ersichtlich, dass erwartungsgemäß das höchste ÖSL-Angebot für die landwirtschaftlich Nahrungsmittelbereitstellung von den Acker- und Grünlandflächen im Binnenland bereitgestellt wird (die landwirtschaftlichen Nutzflächen des Vorlands haben je nach Nutzungsintensität ein mittleres bis hohes Angebot) und die Lebensräume des Sublitorals die höchste Bedeutung für das fischereiliche Ertragspotenzial haben.

Maßnahmentypen und ÖSL

Da ein zentrales Ziel der vorliegenden Studie die Analyse und Bewertung der Veränderung der ausgewählten ÖSL durch die Maßnahmentypen des MP Ems 2050 ist, werden die Ergebnisse diesbezüglich in Tab. 26 zusammengefasst.

Ziel einer vergleichenden Betrachtung der Wirkungen von Maßnahmen auf ÖSL ist die Verdeutlichung, wie durch menschliche Aktivitäten Ökosysteme verändert werden und wie sich durch diese Veränderungen Rückkopplungen im Nutzen der Ökosysteme für die Menschen bzw. deren Wohlergehen ergeben (Boerema et al. 2015; Mehl 2012). Insgesamt liegen die Herausforderungen eines „ästuarinen Managements“ darin, existierende Ökosystemstrukturen und -funktionen zu erhalten, Schäden der Vergangenheit zu beseitigen, sozioökonomische Probleme und negative Wirkungen als Folge menschlicher Aktivitäten zu minimieren und gleichzeitig zukünftige ökonomische Entwicklungsmöglichkeiten sicherzustellen (Boerema & Meire 2017).

Tab. 26: Die Wirkungen der Maßnahmentypen des MP Ems 2050 auf die ausgewählten ÖSL (grün: positiv, weiß: kein Einfluss, rot: negativ)

Maßnahmentyp (Ziel)	ÖSL		Schifffahrt	Nährstoffregulierung: N- und P-Rückhalt	Klimaregulierung: C-speicherung	Erholung und Tourismus	Habitatfunktion
	Nahrungsmittel (LW: Landwirtschaft; F: Fischerei)						
Tidesteuerung durch Emssperwerk (Lösung Schlickproblem)	LW	F					
Binnenseitige Tidepolder oder Rückdeichungen (Schaffung ästuariner Lebensräume)	LW	F					
Rückbau Uferbefestigungen (Schaffung ästuariner Lebensräume)	LW	F					
Öffnung bzw. Rückbau von Sommerdeichen oder Verwallungen	LW	F					
Schaffung von Wiesenvogellebensräumen im Binnenland	LW	F					
Verbesserung der Durchgängigkeit von Schöpfwerken und Sieltiefs	LW	F					
Naturschutzstation Ems	LW	F					

Die vergleichende Darstellung der Wirkung der einzelnen Maßnahmentypen auf die ausgewählten ÖSL verdeutlicht, dass die Maßnahmentypen auf fast alle ÖSL mit Ausnahme der Landwirtschaft und der Binnenschifffahrt positive Wirkungen haben.

Alle Maßnahmentypen, die die Nutzungsmöglichkeiten der landwirtschaftlich genutzten Flächen beeinträchtigen und durch die genutzte zu ästuartypischen Lebensräumen umgewandelt werden, reduzieren die Nahrungsmittelbereitstellung durch die Landwirtschaft. Wenn durch die Tidesteuerung das Emssperrwerk nur eingeschränkt passierbar sein sollte, ist dieses für die Schifffahrt nachteilig. Allerdings sind für beide ÖSL die Beeinträchtigungen als eher geringer einzuschätzen, da zum einen die der Landwirtschaft nicht mehr zur Verfügung stehenden Flächen im Verhältnis zur gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche sehr klein sind, und zum anderen von den negativ beurteilten Effekten auf die Schifffahrt nicht die ökonomisch sehr bedeutsame Überführung der Kreuzfahrtschiffe betroffen ist. Dieses bedeutet allerdings nicht, dass individuell die negativen Effekte für einzelne Nutzer- oder Interessengruppen sehr wohl bedeutsam sein können.

Eine Reihe von Maßnahmentypen kann positiv auf mehrere ÖSL wirken. Insbesondere die Regulations- und Erhaltungsleistungen sowie die Erholungsfunktion als kulturelle Leistung profitieren von den Wirkungen durch die Tidepolder, die Sommerdeichöffnungen und die Uferrenaturierungen. Das fischereiliche Ertragspotenzial sowie die Habitat- und Erholungsfunktion werden durch fast alle Maßnahmentypen insbesondere durch die Verbesserung der Wasserqualität positiv beeinflusst. Solche Maßnahmentypen zeigen einen Mehrfachnutzen an, der zum Teil über ihre eigentliche Zielsetzung hinausgeht und der genutzt werden könnte, um die Akzeptanz bei ihrer Umsetzung zu steigern (Boerema & Meire 2017; Mehl 2012).

Wie sich die positiven und negativen Wirkungen insgesamt darstellen, kann und soll hier nicht beantwortet werden. Letztlich muss die Entscheidung darüber, welcher Nutzen von Ökosystemen gesellschaftlich oder volkswirtschaftlich als mehr oder weniger wichtig angesehen wird, Bestandteil eines gesellschaftlichen Aushandlungsprozesses sein. Ansätze zur Monetarisierung von ÖSL versuchen diesen Prozess mit vergleichbaren (Geld-) Werten für die ÖSL zu erweitern bzw. Entscheidungsprozesse vergleichbar zu gestalten. Aber auch hierbei spielen gesellschaftliche Präferenzen und Prioritäten für die Entscheidungsfindung eine wichtige Rolle (s. z.B. bei Grunewald & Bastian 2010; Hansjürgens et al. 2012).

Synergien und Konflikte zwischen den ÖSL

Zwischen den unterschiedlichen ÖSL bestehen Abhängigkeiten, die sich in einer gegenseitigen Förderung (Synergien) oder Hemmung (Konflikte) äußern können (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2015). Aussagen zu Synergien oder Konflikten in den komplexen Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen ÖSL können nur unter der Berücksichtigung der standörtlichen Charakteristika im konkreten räumlichen Kontext getroffen werden.

Unsere Analysen zeigen einerseits, dass beispielsweise die Regulations- und Erhaltungsleistungen Basis für die Versorgungsleistungen und die kulturellen Leistungen sind. So ist die durch die Nährstoffregulation verbesserte Gewässergüte Voraussetzung für einen höheren Fischereiertrag oder eine hohe Habitatfunktion grundlegend für die Erholungsfunktion. Darüber hinaus ist für die Erhaltung einer hohen Erholungsfunktion menschliche Nutzung zur Erzeugung von Versorgungs-

leistungen notwendig, damit die Identität und Heimatgefühl stiftenden Kulturlandschaften erhalten bleiben.

Andererseits ist aber auch deutlich geworden, dass durch menschliche Einflüsse zur Maximierung der Versorgungsleistungen (Landwirtschaft und Schifffahrt) die Nutzbarkeit anderer ÖSL leiden kann. Hier gehen mit der Entscheidung für die Nutzung einer bestimmten ÖSL oder eines Leistungsbündels Einschränkungen für andere Leistungen einher. So führt z.B. die Maximierung der Bereitstellung von Versorgungsgütern z.B. durch intensive Nahrungsmittel- oder Energiepflanzenproduktion zu negativen Folgen für Regulations- und kulturelle ÖSL.

Da im Rahmen der vorliegenden Studie nur wenige ausgewählte ÖSL bearbeitet werden konnten ist davon auszugehen, dass weitere Synergien und Konflikte zwischen den ÖSL von Ästuarregionen auftreten (s. in Kap. 2.4). Beispielsweise zeigen sich heute Konflikte zwischen intensiver Nahrungsmittelproduktion und der Trinkwasserqualität und führt der großflächige Energiepflanzenanbau (z.B. Mais zur energetischen Nutzung in Biogasanlagen) u.a. zu Beeinträchtigungen des Landschaftsbilds. Die Vergrößerung der Vordeichflächen durch Polder kann hingegen positiv auf die Hochwasserretention wirken und eine Erhöhung der Nähr- und Schadstoffregulation positiv auf die Trinkwasserqualität. Weiterer Mehrfachnutzen und gesellschaftliche Vorteile von vielfältigen und funktionsfähigen Ökosystemen sind für die Verringerung der Klimawirkungen und für die Anpassung an die Klimafolgen wahrscheinlich.

Da Landschaften auf ein und derselben Flächen eine Vielzahl von ÖSL erbringen können und durch Nutzungsentscheidungen oft mehrere ÖSL betroffen sind, bieten sich für die Abschöpfung von Synergien multifunktionelle Landnutzungsstrategien an. Die Nutzung potentieller Synergien zwischen ÖSL gewinnt zunehmend auch in Naturschutz und Umweltplanung an Bedeutung (Hansjürgens et al. 2012; von Haaren et al. 2007). Multifunktionalität wird dabei häufig als übergreifendes Konzept einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung interpretiert (Fry 2001; von Haaren et al. 2007; Mander et al. 2007) und wird auch im Kontext von Anpassungserfordernissen an die Folgen des Klimawandels empfohlen (Schuchardt & Wittig 2012). Dabei sollen Landschaften gleichzeitig eine möglichst breite Palette an ÖSL erfüllen, um den steigenden Nutzungsdruck aufzufangen und soweit wie möglich zu minimieren (von Haaren & Rode 2010).

Mit ÖSL-Konzepten lassen sich die bei Nutzung und Eingriffen in die Natur entstehenden Synergien und Konflikte zwischen gesellschaftlichen Zielen in Bezug auf die Landnutzung und das Management von Ökosystemen nicht nur identifizieren und analysieren, sondern auch auf die beteiligten Akteure bzw. Nutzer beziehen (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2016). Dadurch wird z.B. deutlich, dass die Steigerung der Erzeugung von Nahrungsmitteln (Versorgungsleistung) durch eine intensive ackerbauliche Nutzung v.a. die Landwirte und über günstige Endverbraucherpreise schließlich die Konsumenten Vorteile erfahren, während die Trinkwassernutzer in der Region möglicherweise höhere Kosten für die Wasseraufbereitung tragen oder Touristen Einschränkungen in ihrer Erholung aufgrund der Folgen einer zunehmenden Eutrophierung der Gewässer hinnehmen müssen. Mit der Ausrichtung von ÖSL-Konzepten auf die Nutzer der Natur und ihrer individuellen Leistungen für den Menschen kann ein Bewusstsein dafür geschaffen werden, dass Regelungen zum Schutz von Natur und Umwelt auch einen Schutz menschlicher Lebens- und Wirtschaftsgrundlagen bedeuten (Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2012).

Fazit

Zusammenfassend hat die quantitative und/oder qualitative Analyse der ausgewählten ÖSL folgende Ergebnisse ergeben:

- **ÖSL Nahrungsmittel (Landwirtschaft):** Das flächenbezogene landwirtschaftliche Ertragspotential nimmt vom Zeitraum früher über heute bis zukünftig geringfügig ab, da die Landwirtschaftsflächen im Vorland (zukünftig durch Öffnung Sommerpolder) und Binnenland (zukünftig durch Tidepolder) kleiner werden, während verglichen mit dem Zustand früher v.a. die Zunahme bebauter Flächen bedeutsam war. Die Maßnahmentypen des Masterplans haben bezogen auf den Betrachtungsraum nur einen geringen Effekt auf die Höhe der ÖSL; örtlich ist der Effekt (und möglicherweise die individuelle Betroffenheit) deutlich größer.
- **ÖSL Nahrungsmittel (Fischerei):** Die Ergebnisse für das fischereiliche Ertragspotential zeigen, dass die Situation früher gut war, die kommerzielle Fischerei heute aber praktisch zum Erliegen gekommen ist. Zukünftig wird sich das Ertragspotential durch die Umsetzung des Masterplans wieder erhöhen. Hierfür sind v.a. die verbesserte Qualität der Fischlebensräume mit geringeren Schwebstoffgehalten und erhöhter Sauerstoffkonzentration sowie die größeren Flachwasserzonen verantwortlich. Auch die bereits begonnene Verbesserung der Durchgängigkeit wird dazu beitragen.
- **ÖSL Schifffahrt:** Die Unterems kann als Folge der Anpassungen an den steigenden Bedarf heute von sehr viel größeren Schiffen genutzt werden; die maximal möglichen Tiefgänge werden bei der Überführung großer Werftneubauten (v.a. Kreuzfahrtschiffe) nach See genutzt. Diese Nachfrage ist seit den 80er Jahren durch mehrere Vertiefungen der Tideems sowie die Staumöglichkeit zur Aufstauung befriedigt worden, was jedoch auch zu ökologischen Defiziten und letztlich zur Erstellung und Unterzeichnung des Masterplans Ems 2050 geführt hat. Die Umsetzung der verschiedenen ökologischen Maßnahmentypen des Masterplans konfiguriert nicht mit der ÖSL Schifffahrt. Anders ist es mit der vorgesehenen und für den Erfolg des Masterplans zentralen Flexiblen Tidesteuerung am Emssperrwerk. Diese wird voraussichtlich zu Einschränkungen der Binnenschifffahrt führen, deren Umfang derzeit noch mit allen Beteiligten abgestimmt wird. In der Tideems wurde und wird also durch entsprechende Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen die ÖSL Schifffahrt nutzungsadäquat sichergestellt und dies soll auch zukünftig erfolgen.
- **ÖSL Nährstoffregulierung (N- und P-Rückhalt):** Das ÖSL-Angebot der Vordeichsflächen zum N- und P-Rückhalt ist für den Zeitraum früher höher als für heute. Durch die Umsetzung der Maßnahmentypen erhöht sich der Nährstoffrückhalt deutlich und übersteigt dabei das frühere Angebot. Verantwortlich sind dafür v.a. die in den Tidepoldern entstehenden ästuarischen BTT. Damit unterstützen die in Teilen renaturierten und vergrößerten Vordeichsflächen die Ziele von WRRL und MSRL, da die Flächen der Tideems eine wichtige Reinigungsleistung erbringen.
- **ÖSL Klimaregulation (Kohlenstoffspeicherung):** Die Ergebnisse zeigen, dass das ÖSL-Angebot für den Zeitraum früher höher war als heute. Für den Zeitraum zukünftig ist es größer als heute und übersteigt auch deutlich das frühere Angebot. Verantwortlich dafür sind v. a. die Zunahme der Größe der ästuarischen Biotoptypen Tideauwald, Tideröhrichte und Flusswatt

durch die Herstellung der Tidepolder, da sie ein relativ hohes CO₂-Speichervermögen besitzen. Die quantitativen Ergebnisse zeigen, dass die Umsetzung der Maßnahmentypen des MP Ems 2050 einen positiven Effekt auf die CO₂-Speicherung haben.

- **ÖSL Habitatfunktion:** Die Habitatfunktion des limnischen und oligohalinen Bereichs der Tideeems war früher größer als heute. Insbesondere der oligohaline und limnische Bereich besaß vor den Vertiefungen für die Überführung von Werftneubauten mehr ästuartypische BTT (Fluss, einschließlich Fahrrinne galt noch als ästuartypischer Gewässerlebensraum, Flachwasserzonen, mehr und qualitativ hochwertigere Watt- und Röhrichtflächen) und hatte eine höhere Natürlichkeit. Die quantitativen Ergebnisse zeigen, dass insbesondere im limnischen Bereich der Tideeems heute der Anteil ästuartypischer und natürlicher Biotoptypen nur noch relativ klein ist. Der Indikator Artenzahl der Mollusken zeigt, dass auch die qualitative Ausprägung heute stark beeinträchtigt ist. Die Umsetzung der Maßnahmen aus dem Masterplan Ems 2050 verbessern die Habitatfunktion in beiden Tideeemsabschnitten, wobei aufgrund der Verortung der Tidepolder und der Uferrenaturierung die Zunahme der ÖSL im limnischen Bereich besonders ausgeprägt ist. Zukünftig zeichnet sich die Tideeems dadurch aus, dass durch die Umsetzung der Maßnahmentypen des Masterplans Ems 2050 die heutigen Defizite durch geringere Schwebstoffbelastung, höhere Sauerstoffwerte und eine verbesserte Durchgängigkeit für die Fischfauna besonders im limnischen Bereich deutlich verringert sind. Die ästuarinen Lebensgemeinschaften konnten sich partiell regenerieren, da Qualitätsverluste der Vergangenheit beseitigt wurden. Damit ist die Habitatfunktion, deren Höhe aus der funktionellen und strukturellen Qualität ästuartypischer Lebensräume und -gemeinschaften resultiert, zukünftig insgesamt verbessert.
Die Bedeutung der Tideeemsregion für Wiesenvögel ist hoch. Sie wird durch die Maßnahmentypen Tidepolder und Sommerdeichöffnung beeinflusst. Der Masterplan sieht vor, summarisch für frühere und aktuelle Verluste und Beeinträchtigungen 200 ha landwirtschaftlicher Fläche binnendeichs (wohl überwiegend außerhalb des Betrachtungsraumes der ÖSL-Studie) als Brut habitat für Wiesenvögel zu entwickeln. Dabei haben die Flächen, auf denen Tidepolder entstehen sollen, i.d.R. heute eine geringe Bedeutung für Wiesenvögel. In der Konsequenz führen daher die Maßnahmen für den Wiesenvogelschutz zu stabileren Wiesenvogelbeständen.
- **ÖSL Erholung und Tourismus:** Trotz begrenzter Möglichkeiten zur vergleichenden Betrachtung der ÖSL früher-heute-zukünftig lassen sich einige Hinweise ableiten. So wird deutlich, dass das Dargebot von früher auf heute deutlich abgenommen hat. Ursache ist zum einen die starke Abnahme von Elementen der historischen Kulturlandschaft (Biotope geringer und mittlerer Nutzungsintensität) durch landwirtschaftliche Nutzungsintensivierung und den Gewässer ausbau, zum anderen die starke Einschränkung von gewässerbezogener Erholung (Angeln, Baden) durch die massive Verschlechterung der Wasserqualität und ihrer Folgewirkungen. Der Anteil naturraum- bzw. ästuartypischer Biotoptypen als Parameter v.a. für die Funktion für den Naturtourismus hat sich dagegen von früher auf heute kaum verändert. Die Umsetzung des Masterplans (Zustand zukünftig) wird das Dargebot zum einen durch eine Zunahme des Anteils ästuartypischer Biotoptypen durch die Herstellung der Tidepolder, Öffnung von Sommerdeichen und die Renaturierung von Ufern vergrößern, zum anderen durch die Verbesserung der Grundlagen für die wasserbezogene Erholung (Angeln, Baden). Letzteres wird durch die Verbesserung der Wasserqualität (Angeln, Baden) und der Lebensraumausstattung (Angeln durch reichhaltigere Fischgemeinschaft) erreicht. Die zukünftige Nachfrage nach naturbasierter Erholung könnte durch erlebbare Renaturierungsmaßnahmen gesteigert werden.

Weitere übergreifende Erkenntnisse der ÖSL-Analysen sind:

- Angebot und Nachfrage zeigen im Tideemsästuar lebensraumspezifische Unterschiede (z.B. für die BTT).
- Anhand von historischen Daten zur Lebensraumverteilung und historischen Informationen zum Zustand der früheren Tideems wird deutlich, dass das ÖSL-Angebot an Regulations- und Erhaltungsleistung heute kleiner ist als früher.
- Da die ÖSL durch eine Kombination von verschiedenen Lebensräumen bereitgestellt werden, entstehen hinsichtlich ihrer Inanspruchnahme Konflikte und Synergien, wenn sich durch die Maßnahmentypen die Flächenverhältnisse verändern.
- Zwischen den Versorgungs- und Regulationsleistungen können potenziell Konflikte entstehen.
- Zwischen der Habitatfunktion als Regulationsleistung und der Erholungsfunktion als kulturelle Leistung sind potenzielle Synergien vorhanden.
- Jede einzelne ÖSL ist direkt und indirekt mit einem verflochtenen Netz von ökosystemaren Strukturen und Prozessen verbunden und letztendlich durch die Funktionsfähigkeit und Resilienz des gesamten Ökosystems gesichert.

Die durchgeführten Analysen und Bewertungen der ÖSL der Tideems zeigen, dass ihre Erhaltung und/oder Verbesserung für die Gesellschaft mit einem erheblichen Mehrfachnutzen verbunden ist. Wie dargelegt betrifft dies insbesondere das Nährstoffrückhalte- und Selbstreinigungsvermögen sowie die Habitat- und Erholungsfunktion. Es ist erforderlich, diesen Mehrfachnutzen bei künftigen Entscheidungsprozessen über Renaturierungsmaßnahmen angemessen zu berücksichtigen.

Insgesamt kann die vorliegende ÖSL-Studie einen Beitrag zur Abschätzung der ÖSL von Ästuaren liefern und damit auch zu den Berichtspflichten Deutschlands im Rahmen der Biodiversitätsstrategie 2020, die eine deutschlandweite Bewertung der ÖSL vorsieht, beitragen. Dieses auch vor dem Hintergrund, dass für die deutschen Küsten und Ästuare hierüber noch wenige Informationen vorliegen. Allerdings ist dafür eine Weiterentwicklung und Prüfung der hier entwickelten Ansätze und Methoden erforderlich.

11. Literatur

- Albert, C., Burkhard, B., Daube, S., Dietrich, K., Engels, B., Frommer, J., Götzl, M., Grêt-Regamey, A., Job-Hoben, B., Keller, R., Marzelli, S., Moning, C., Müller, F., Rabe, S.-E., Ring, I., Schwaiger, E., Schweppe-Kraft, B. & Wüstemann, H. (2015a): Diskussionspapier Empfehlungen zur Entwicklung eines ersten nationalen Indikatorsets zur Erfassung von Ökosystemleistungen. BfN-Skripten 410, Bonn, Bundesamt für Naturschutz: 53.
- Albert, C., J. Hermes, J. Barkmann, D. Schmücker, Ch. von Haaren (2015b): Erfassung und Bewertung von kulturellen Ökosystemleistungen in Deutschland: Ein Forschungsprojekt mit Fokus auf Feierabend- und Wochenenderholung. DNT-Journal: 107–115.
- Bauer, E.-M., Heuner, M., Bahls, A., Bildstein, T., Carus, J., Faude, U., Fuchs, E., Jensen, K., Kinkeldey, C., Kleinschmit, B., Kleiß, K., Köhler, U., Kraft, D., Meyerdirks, J., Roeder, A., Schiewe, J., Schmidlein, S., Schoenberg, W., Schröder, B., Schröder, H.-H., Schröder, U., Schuchardt, B., Silinski, A., Sundermeier, A., Wittig, S. (2014): Klimabedingte Änderung der Vorlandvegetation und ihrer Funktionen in Ästuaren sowie Anpassungsoptionen für die Unterhaltung. Schlussbericht KLIWAS-Projekt 3.09. KLIWAS-24/2014. BfG, Koblenz. DOI: 10.5675/Kliwas_24/2014_3.09: 47 plus Anhang.
- Behrendt, H., M. Bach, M. Kunkel, D. Opitz, W. Pagenkopf, G. Scholz & F. Wendland (2003): Internationale Harmonisierung der Quantifizierung von Nährstoffeinträgen aus diffusen und punktuellen Quellen in die Oberflächengewässer Deutschlands. UBA Texte 82/2003: 234.
- Beichler, S.A.; Kaiser, A.; Dehnhardt, A.; Pusch, M.; Albert, C.; Damm, C.; Fischer, C.; Fischer, H.; Foeckler, F.; Gelhaus, M.; Hartje, V.; Hoffmann, T.G.; Mehl, D.; Ritz, S.; Rumm, A.; Scholz, M.; Stammel, B.; Thiele, J.; von Haaren, C. (2016a): Identifizierung zu bearbeitender Funktionen und Ökosystemleistungen. River Ecosystem Service Index (RESI): Projektergebnisdokument 1.1.
- Beichler, S.A.; Kaiser, A.; Dehnhardt, A.; Pusch, M.; Albert, C.; Costea, G.; Damm, C.; Fischer, C.; Fischer, H.; Foeckler, F.; Gelhaus, M.; Hartje, V.; Hoffmann, T.G.; Mehl, D.; Ritz, S.; Rumm, A.; Scholz, M.; Stammel, B.; Thiele, J.; von Haaren, C. (2016b): Datenquellen und Quantifizierung von Ökosystemleistungen. River Ecosystem Service Index (RESI): Projektergebnisdokument 1.2.
- BIOCONSULT (2011a): Entwicklung von Naturschutzziele und Maßnahmenkonzepten im Rahmen des Projektes „Perspektive Lebendige Unterems“. Zwischenbericht 1, Juni 2011. Im Auftrag von BUND, NABU, TU Berlin und WWF: 106.
- BIOCONSULT (2011b): Entwicklung von Naturschutzziele und Maßnahmenkonzepten im Rahmen des Projektes „Perspektive Lebendige Unterems“. Zwischenbericht 2, September 2011. Im Auftrag von BUND, NABU, TU Berlin und WWF: 71.
- BIOCONSULT (2012): Maßnahmenkulissen für 3 Renaturierungsszenarien im Rahmen des Projektes „Perspektive Lebendige Unterems“. Zwischenbericht 4, Dezember 2012. Im Auftrag von BUND, NABU, TU Berlin und WWF: 75.

- BIOCONSULT (2013): Projekt „Perspektive Lebendige Unterems“: Zusammenfassender Abschlussbericht Naturschutzziele und Renaturierungsszenarien. Im Auftrag von BUND, NABU, TU Berlin und WWF: 39.
- Boerema, A. & P. Meire (2017): Management for estuarine ecosystem services: a review. *Ecological engineering: the journal of ecotechnology*. ISSN 0925-8574, 98(2017): 172-182 [http://dx.doi.org/doi:10.1016/J.ECOLENG.2016.10.051; 31.05.2017]
- Boerema, A., K. van der Biest & P. Meire (2015): Ecosystem Services: Towards Integrated Maritime Infrastructure Project Assessments. *Terra et Aqua*, Number 141: 5-14.
- Boerema, A., K. Van der Biest & P. Meire (2016a): Ecosystem Services: Towards Integrated Marine Infrastructure Project Optimization. Ecosystem management research group (ECOBE), University of Antwerp: 110.
- Boerema, A., L. Geerts, L. Oosterlee, S. Temmerman & P. Meire (2016b): Ecosystem service delivery in restoration projects: the effect of ecological succession on the benefits of tidal marsh restoration. *Ecology and Society* 21: 10.
- Borowski-Maaser, I, U. Sauer, J. Cortekar & S. van der Meulen (2014): Final Report (DII.6 – V4) on Phase II of an ecosystem services project in the Vecht basin: Developing a proposal for a regional scheme on payments for ecosystem services; VechtPES Project: 145.
- Borowski-Maaser, I. & L. Neubauer (2013): Ökosystemdienstleistungen der grenzübergreifenden Vechte.- Wasser und Abfall 3/2013: 40–43.
- Braat, L. C. & R. de Groot (2012): The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services* 1: 4–15.
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., Müller, F. (2012): Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators* 21: 17-29.
- Burkhard, B., M. Kandziora, Y. Hou & F. Müller (2014): Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *Landscape Online* 34: 1–32.
- Claus, B. (1998): Länderübergreifendes Schutzkonzept für die Ästuare Elbe, Weser und Ems. Gutachten im Auftrag der Umweltstiftung WWF Deutschland und des Bundes für Umwelt und Naturschutz BUND: 237.
- Claus, B. (2003): Ein Schutzkonzept für die inneren Ästuare von Elbe, Weser und Ems. *Bremer Beitr. Naturkunde und Naturschutz* 6: 33–43.
- de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemsen, L. (2010): Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7: 260-272.
- DHI-WASY (2011): Perspektive Lebendige Ems. Teilprojekt Wasserbau. Teil 2: Ergebnisse Szenarien A. Im Auftrag WWF: 132.

- Drachenfels, von O. (2004): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der nach § 28a und § 28b NNatG geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie, Stand März 2004. Naturschutz Landschaftspf. Niedersachs. Heft A/4 1 – 240 Hildesheim: 122.
- EEA – European Environment Agency (2008): Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment. Joint EEA-JRC-WHO Report, EEA Report No. 4/2008, JRC Reference Report No. JRC-47756: 246.
- ESAWADI (2013): Utilizing the Ecosystem Services Approach for Water Framework Directive. Synthesis Report [<http://www.iwrm-net.eu/node/7>]
- Europäische Kommission (2011): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Lebensversicherung und Naturkapital: Eine Biodiversitätsstrategie der EU für das Jahr 2020, Brüssel, den 25.10.2011, KOM(2011) 244 endgültig/2 [<http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/2020.htm>; 05.02.2018]
- FGE Ems – Flussgebietseinheit Ems (2005): Bericht („Teil A“) der internationalen Flussgebietseinheit Ems: Bericht 2005 EG-Wasserrahmenrichtlinie.
- FGE Ems – Flussgebietseinheit Ems (2008): Entwurf des internationalen Bewirtschaftungsplans nach Artikel 13 Wasserrahmenrichtlinie für die Flussgebietseinheit Ems. – Bearbeitung: Geschäftsstelle Ems (NLWKN), Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Directoraat-Generaal Water) und Bezirksregierung Münster (Geschäftsstelle Ems-NRW): 176
- Fisher, B., R. K. Turner & P. Morling (2009): Defining and Classifying Ecosystem Services for Decision Making. *Ecological Economics* 68, no. 3, January 2009: 643–653.
- Fry, G.L.A. (2001): Multifunctional landscapes – towards transdisciplinary research. *Landscape and Urban Planning* 57: 159–168.
- Grizzetti, B., Lanzanova, D., Liqueste, C., Reynaud, A. (2015): Cook-book for water ecosystem service assessment and valuation, JRC Science and policy Report. European Commission, Luxembourg.
- Grunewald, K & O. Bastian (2010): Ökosystemdienstleistungen analysieren - begrifflicher und konzeptioneller Rahmen aus landschaftsökologischer Sicht. *GEOÖKO*, Volume/Band XXXI: 50–82.
- Hachtmann, R. (2010): Tourismus und Tourismusgeschichte, Version: 1.0, in: Docupedia-Zeitgeschichte, 22.12.2010 [http://docupedia.de/zg/Tourismus_und_Tourismusgeschichte?oldid=125830; 21.03.2018]
- Haines-Young, R. & M. Potschin (2013): CICES V4.3 - Report prepared following consultation on CICES Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003.
- Hansjürgens, B., C. Neßhöver & I. Schniewind (2012): Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis. Workshop I: Einführung und Grundlagen. Hrsg. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn-Bad Godesberg, BfN-Skripten 318: 82.

- Hauptmeyer, C.-H. (2004): Niedersachsen – Landesgeschichte und historische Regionalentwicklung im Überblick. Herausgegeben von der Niedersächsischen Landeszentrale für politische Bildung, Isensee Verlag, Oldenburg: 143.
- Herrling, G. & H. D. Niemeyer (2007a): Long-term Spatial Development of Habitats in the Ems-Dollard Estuary. HARBASINS-Report: 27 [http://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/70709; 28.08.2017]
- Herrling, G. & H. D. Niemeyer (2007b): Reconstruction of the historical tidal regime of the Ems-Dollard estuary prior to significant human changes by applying mathematical modeling. HARBASINS-Report: 17 [http://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/70706; 28.08.2017]
- Herrling, G. & H. D. Niemeyer (2008a): Comparison of the hydrodynamic regime of 1937 and 2005 in the Ems-Dollard estuary by applying mathematical modeling. HARBASINS-Report: 30 [http://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/70703; 22.06.2017]
- Herrling, G. & H. D. Niemeyer (2008b): Hydro- and Morphological Pressures and Impacts. HARBASINS-Report: 28 [http://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/70702; 22.06.2017]
- Herrling, G. & H. D. Niemeyer (2008c): Set-up of a Hydrodynamic Model for the Ems-Dollard Estuary. HARBASINS-Report: 15 [http://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/70707; 22.06.2017]
- Höper, H. & W. Schäfer (2012): Die Bedeutung der organischen Substanz von Mineralböden für den Klimaschutz. Bodenschutz 3/2012: 72–80.
- Höper, H. (2015): Treibhausgasemissionen aus Mooren und Möglichkeiten der Verringerung. TELMA, Beiheft 5: 133–158
- IBP-Ems – Integrierter Bewirtschaftungsplan Emsästuar (2012): Fachbeitrag 8 – Freizeit, Tourismus. Regierungsvertretung Oldenburg (federführende Bearbeitung): 47.
- IBP-Ems – Integrierter Bewirtschaftungsplan Emsästuar (2012): Fachbeitrag 6a: Landwirtschaft. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstellen Ostfriesland und Emsland (federführende Bearbeitung): 32.
- IBP-Ems – Integrierter Bewirtschaftungsplan Emsästuar (2013): Fachbeitrag 6b: Berufs- und Sportfischerei. NLWKN, Betriebsstelle Brake – Oldenburg: 24.
- IBP-Ems – Integrierter Bewirtschaftungsplan Emsästuar (2014): Fachbeitrag 1 „Natura 2000“. Teil A: Bestandsaufnahme und Bewertung. Küfog: 378.
- Jacobs, S., W. Vandenbruwaene, D. Vrebos, O. Beauchard, A. Boerema, K. Wolfstein, T. Maris, S. Saathoff & P. Meire (2013): Ecosystem service assessment of TIDE estuaries. Study report in the framework of the Interreg IVB project TIDE. ECOBE, UA, Antwerp, Belgium: 90.
- Jensen, J. & C. Mudersbach (2007): Zeitliche Änderungen in den Wasserstandszeitreihen an den Deutschen Küsten. Ber. z. dt. Landeskunde Bd. 81, Heft 2: 99–112.

- Jensen, J.; Frank, T.; Wahl, T. & Dangendorf, S. (2011): Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste. Abschlussbericht BMBF-Projekts AMSEL, Förderkennzeichen: 03KIS068, Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu) an der Universität Siegen: 174.
- Joosten, H., A. Sirin, J. Couwenberg, J. Laine & P. Smith (2015): The role of peatlands in climate regulation. In: Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H., Stoneman, R. (Hrsg.): Peatland restoration and ecosystem services. Cambridge University Press, Cambridge.
- Köhler, B. & A. Preiss (2000): Erfassung und Bewertung des Landschaftsbilds - Grundlagen und Methoden zur Bearbeitung des Schutzgutes „Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft“ in der Planung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 1/2000: 3–60.
- Lange, J. (2006): Ausbau der Unterems - Eine Chronik der Maßnahmen seit 1984 mit einer Bewertung der Umweltfolgen; Hrsg.: WWF Deutschland, Frankfurt am Main.
- LAVES – Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2010): Potenziell natürliche Fischfauna von Ems (Herbrum-Leer), Leda, Jümme und Sagter Ems. Dezernat Binnenfischerei - Fischereikundlicher Dienst.
- LBEG – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2007): Diffuse Nitrat- und Phosphatbelastung: Ergebnisse der Bestandsaufnahme der EU-WRRL in Niedersachsen. GeoBerichte 2: 77.
- Liebenstein, H. (2016):: Technisch-biologische Ufersicherungen als Beitrag zur gewässerstrukturellen Entwicklung von Bundeswasserstraßen. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hrsg.): Gewässerentwicklung & Hochwasserrisikomanagement - Synergien, Konflikte und Lösungen aus EU-WRRL und EU-HWRM-RL. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 57: 433–442.
- Liquete, C., Piroddi, C., Drakou, E.G., Gurney, L., Katsanevakis, S., Charef, A. & Egoh, B. (2013): Current Status and Future Prospects for the Assessment of Marine and Coastal Ecosystem Services: A Systematic Review. PloS one 8.
- Lucas, R. (2011): Gefährdung von Ökosystemleistungen durch den Klimawandel. dynamik- Publikation, Nr. 15, November 2011: 30.
- MA – Millennium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC: 137.
- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Liquete, C., Braat, L., Berry, P., Egoh, B., Puydarrieux, P., Fiorina, C., Santos, F., Paracchini, M. L., Keune, H., Wittmer, H., Hauck, J., Fiala, I., Verburg, P. H., Condé, S., Schägner, J. P., San Miguel, J., Estreguil, C., Ostermann, O., Barredo, J. I., Pereira, H. M., Stott, A., Laporte, V., Meiner, A., Olah, B., Royo Gelabert, E., Spyropoulou, R., Petersen, J. E., Maguire, C., Zal, N., Achilleos, E., Rubin, A., Ledoux, L., Brown, C., Raes, C., Jacobs, S., Vandewalle, M., Connor, D. & Bidoglio, G. (2013): Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. Publications office of the European Union, Luxembourg
[http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/MAESWorkingPaper2013.pdf; 30.08.2017]

- Mander, Ü., H. Wiggering & K. Helming (2007): Multifunctional land use: meeting future demands for landscape goods and services. Springer Verlag, Berlin.
- Matzdorf, B., M. Reutter & C. Hübner (2010): Bewertung der Ökosystemdienstleistungen von HNV-Grünland (High Nature Value Grassland). Abschlussbericht, Institut für Sozioökonomie, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.: 67.
- Mehl, D. (2012): Technische Maßnahmen im Gewässerschutz zum Schutz von Ökosystemleistungen – Ansatzpunkte für ökonomische Bewertungen. BfN-Skripten 319: 30–40.
- Mehl, D., M. Scholz, C. Schulz-Zunkel, H. D. Kasperidus, W. Born & T. Ehlert (2013): Analyse und Bewertung von Ökosystemfunktionen und -leistungen großer Flussauen. KW Nr. 9, 2013 (6): 493–499.
- Meire, P., T. Ysebaert, S. Van Damme, E. Van den Bergh, T. Maris & E. Struyf (2005): The Scheldt estuary: a description of a changing ecosystem. *Hydrobiologia* 540: 1–11.
- MELUR-SH – Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (2015): Strategie für das Wattenmeer 2100: 87.
- Natho, S., M. Venohr, K. Henle & C. Schulz-Zunkel (2013): Modelling nitrogen retention in floodplains with different degrees of degradation for three large rivers in Germany. *Journal of Environmental Management* 122 (2013): 47–55
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2012): Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft – Eine Einführung. München, ifuplan; Leipzig, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ; Bonn, Bundesamt für Naturschutz: 90.
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2015): Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Hrsg. von V. Hartje, H. Wüstemann & A. Bonn. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Berlin, Leipzig: 216.
- Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2016): Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen – Grundlage für menschliches Wohlergehen und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung. Hrsg. von Christina von Haaren und Christian Albert. Leibniz Universität Hannover, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Hannover, Leipzig: 367.
- NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2016): Masterplan Ems 2050 – Machbarkeitsuntersuchung zur Tidesteuerung mit dem Ems-sperrwerk Gandersum. NLWKN – Betriebsstelle Aurich: 79.
- NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2014): Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN): Nährstoffe in niedersächsischen Oberflächengewässern - Stickstoff und Phosphor -. Oberirdische Gewässer Band 35: 22.
- NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2008): Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer - Teil A Fließgewässerhydromorphologie, Empfehlungen zu Auswahl, Prioritätensetzung und Umsetzung von Maßnahmen zur Entwicklung niedersächsischer Fließgewässer, Wasserrahmenrichtlinie Band 2.

- NLWKN – Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2017): Rückbau von Sommerdeichen an der Unterems gem. Art. 13 Abs. 2 Ziff. 4 Masterplan Ems 2050. Untersuchung von Potenzialen und Vorschläge zur Umsetzung. NLWKN-Betriebsstelle Brake-Oldenburg, Regionaler Naturschutz, Aufgabenbereich IV.I: 24 + Anhang.
- Nolte, W. (1976): Die Küstenfischerei in Niedersachsen. Schriften der Wirtschaftswissenschaftlichen Gesellschaft zum Studium Niedersachsens, Neue Folge; Forschungen zur niedersächsischen Landeskunde, Band 105; Kommissionsverlag Göttinger Tageblatt GmbH & Co.(Göttingen - Hannover): 109 + Anhang.
- Posthumus, H., Rouquette, J.R., Morris, J., Gowing, D.J.G. & Hess, T.M. (2010): A framework for the assessment of ecosystem goods and services; a case study on lowland floodplains in England. *Ecological Economics* 69: 1510–1523.
- Roeloffzen, F., & M. Jänen (2009): Schlickmanagement an der Unterems [http://www.wsv.de/wsd-nw/service/pdf/heft43/Beitrag_08.pdf; 12.04.2018]
- Rollenhagen, K. (2009): Stand der Untersuchung zur Minimierung der Unterhaltungsaufwendungen in der Unterems. Vortrag BAW-Kolloquium 5.November 2009.
- Scholz, M., D. Mehl, C. Schulz-Zunkel, H. D. Kasperidus, H. D., W. Born, K. Henle (2012): Ökosystemfunktionen in Flussauen. Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Treibhausgas-Senken-/Quellenfunktion und Habitatfunktion. *Schriftenreihe Naturschutz und biologische Vielfalt* 124: 257.
- Schrottke, K., Becker, M., Bartholomä, A., Burghard W., Flemming, B. W. & Hebbeln, D. (2006): Fluid mud dynamics in the Weser estuary turbidity zone tracked by high-resolution side-scan sonar and parametric sub-bottom profiler. *Geo-Marine Letters*, 26(3): 185–198.
- Schuchardt, B. & S. Wittig (2012; Hrsg.): Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht). nordwest2050-Berichte Heft 2. Bremen, Oldenburg, Projektkonsortium ‚nordwest2050‘: 269.
- Schuchardt, B., J. Scholle, S. Schulze & T. Bildstein (2007): Vergleichende Bewertung der ökologischen Situation der inneren Ästuar von Eider, Elbe, Weser und Ems: Was hat sich nach 20 Jahren verändert? In: G. Gönnert, B. Pflüger & J.-A. Bremer: Von der Geoarchäologie über die Küstendynamik zum Küstenzonenmanagement. *Coastline Reports* 9 (2007): 15–26.
- Schuchardt, B., S. Wittig & J. Spiekermann (2010): Klimaszenarien für ‚nordwest2050‘. Teil 2: Randbedingungen und Beschreibung. 3. Werkstattbericht im Rahmen des Forschungsvorbundes ‚nordwest2050 – Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten‘: 76.
- Schuchardt, B., S. Wittig, T. Bildstein & D. Kraft (2013): KLIWAS 3.09 „Änderung der Vorlandvegetation und ihrer Funktionen in Ästuaren sowie Anpassungsoptionen für die Unterhaltung“. Teilprojekt „Nutzungsanalyse Ästuar für die Vorländer von Elbe- und Weserästuar vor dem Hintergrund des Klimawandels“. Teil 2: Ableitung von klimabedingten Topographieänderungen (Szenarien) der Vorländer des Weser- und Elbe Ästuars (Ergebnis der Literaturrecherche und Ableitung der „Mitwachs-Szenarien“). Auftraggeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde: 90.

- SfEP– Science for Environment Policy (2015): Ecosystem Services and the Environment. In-depth Report 11, produced for the European Commission, DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol: 32.
- TEEB (2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB: 36
- Turner, K., S. Georgiou & B. Fisher (2008): Valuing Ecosystem Services: The Case of Multi-functional Wetlands. Verlag: Earthscan, New York: 229.
- UBA – Umweltbundesamt (2014): Reaktiver Stickstoff in Deutschland: Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen: 53 [www.uba.de/stickstoff-indeutschland, 03.04.2018]
- UBA – Umweltbundesamt (2017): Umweltschutz in der Landwirtschaft. Autoren: Adler et al., Hrsg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau: 85.
- van der Lee, G. E. M., H. O. Olde Venterink, & N. E. M. Asselmann (2004): Nutrient retention in floodplains of the Rhine distributaries in The Netherlands. *River Research and Applications* 20 (3): 315–325.
- von Haaren, C. & M.V. Rode (2010): Potentiale und Grenzen multifunktionaler Landnutzung am Beispiel Hannover-Kronsberg. In: Harth, A., Scheller, G. (Hrsg.) *Soziologie in der Stadt- und Freiraumplanung – Analysen, Bedeutung und Perspektiven*. Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden: 381–391.
- von Haaren, C., C. Albert, J. Barkmann, R.S. de Groot, J.H. Spangenberg, C. Schröter-Schlaack & B. Hansjürgens (2014): From explanation to application: introducing a practice-oriented ecosystem services evaluation (PRESET) model adapted to the context of landscape planning and management. *Landscape Ecology* 29, 1335-1346.
- von Haaren, C., C. Galler & S. Ott (2007): *Landschaftsplanung – Grundlage vorsorgenden Handelns*. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- Website BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Ackerbauliches Ertragspotential der Böden in Deutschland [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Ressourcenbewertung/Ertragspotential/Ertragspotential_node.html; 15.03.2018]
- Website Landwirtschaftlicher Hauptverein für Ostfriesland e.V. [<https://www.lhv-ostfriesland.de/landvolk.html>; 19.06.2018]
- Website Masterplan Ems 2050: Maßnahmen [<http://www.masterplan-ems.info/massnahmen/>; 18.04.2018]
- Website NIBIS®Kartenserver [<http://nibis.lbeg.de/cardomap3/>; 12.04.2018]
- Website UBA – Umweltbundesamt: Einträge von Nähr- und Schadstoffen in die Oberflächengewässer [<https://www.umweltbundesamt.de/daten/gewaesserbelastung/nordsee/flusseintraege-direkte-eintraege-in-dienordsee>; 09.11.2017]
- Website UBA – Umweltbundesamt: Flusseinträge und direkte Einträge in die Nordsee [<https://www.umweltbundesamt.de/daten/gewaesserbelastung/fließsgewaesser/eintraege-von-naehr-schadstoffen-in-die>; 09.11.2017]

Website WSV.de-PEGELONLINE [<http://pegelonline.wsv.de/gast/start>; 12.04.2018]

Wolff, S., C.J.E. Schulp & P.H. Verburg (2015): Mapping ecosystem services demand: A review of current research and future perspectives. *Ecological Indicators* 55: 159–171.

WWF – World Wide Fund For Nature (2014, Hrsg.): Ems-Ästuar 2030 - Ein Masterplan für die Ems. Veröffentlichung im Rahmen des Projektes „Perspektive Lebendige Unterems“, WWF Deutschland: 34.

YouTube-Film: Emsland 1866–1946

[<https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi38sejtsvZAhWDvBQKHfIgbakQtwIIJzAA&url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DtDwYMijdzhg&usg=AOvVaw3qRcGUFLp6tpNTXzJMnLNA>, 15.03.2018]