

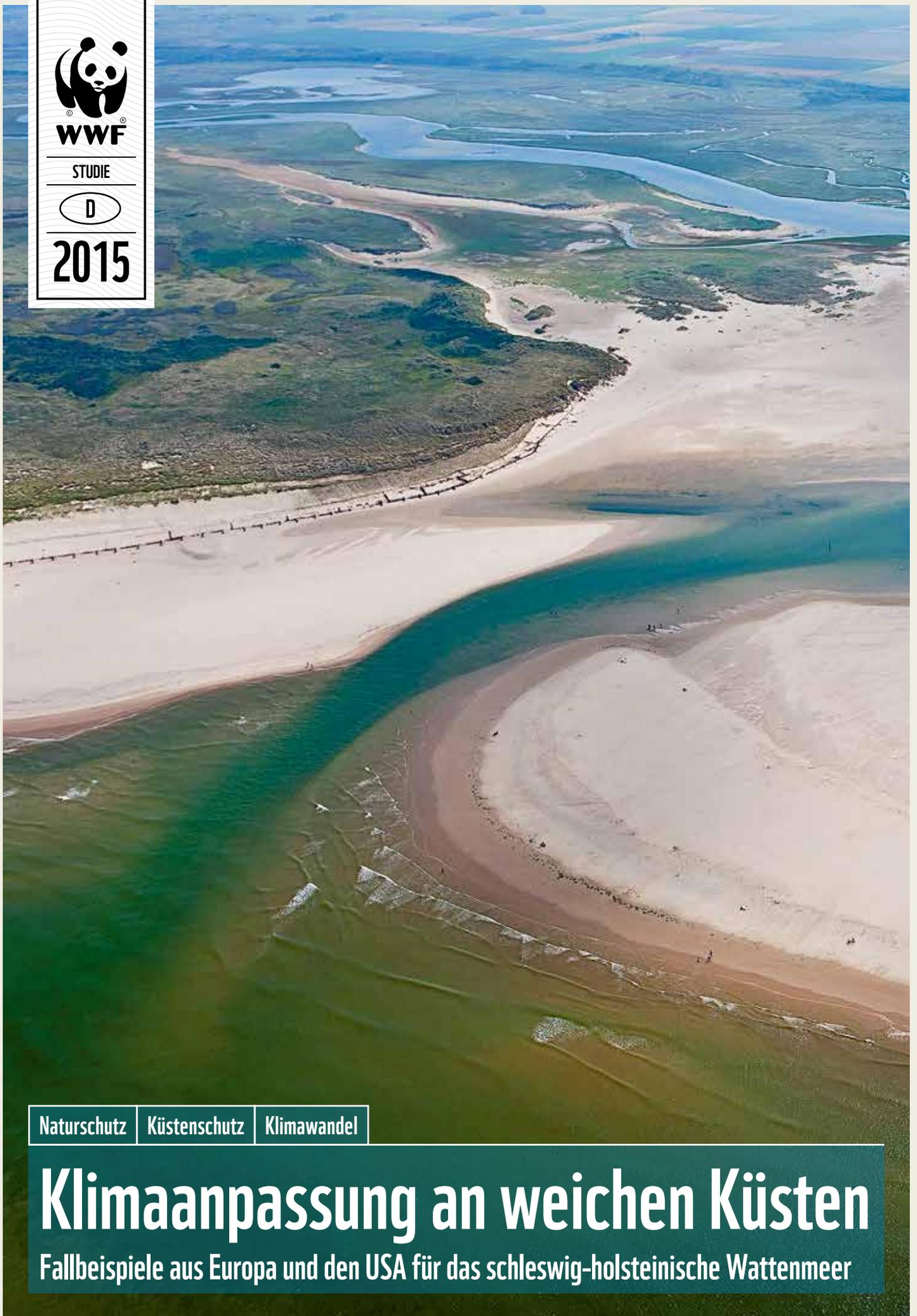


WWF

STUDIE

D

2015



Naturschutz Küstenschutz Klimawandel

# Klimaanpassung an weichen Küsten

Fallbeispiele aus Europa und den USA für das schleswig-holsteinische Wattenmeer

Diese und weitere interessante Publikationen des WWF Deutschland stehen in der App »WWF Wissen« kostenfrei zur Verfügung.  
Jetzt herunterladen:



iOS



Android

**ISBN 978-3-946211-03-7**

Stand: September 2015

Herausgeber: WWF Deutschland

Autoren: Jannes Fröhlich, Dr. Hans-Ulrich Rösner (WWF Deutschland)

Mitwirkung: Dr. Jacobus Hofstede (MELUR-SH)

Redaktion: Thomas Köberich (WWF Deutschland)

Gestaltung: Thomas Schlembach (WWF Deutschland)

Produktion: Maro Ballach (WWF Deutschland)

Dieser Bericht basiert auf den Ergebnissen der Forschungs Kooperation „Klima-Anpassung im Wattenmeer – eine internationale Übersicht (KliGlobWatt-Studie)“ zwischen dem WWF Deutschland (Wattenmeerbüro) und dem Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (MELUR-SH). Die Verantwortung für den Inhalt liegt allein bei den Autoren. Der Herausgeber behält sich alle Rechte vor. Der Bericht darf nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

**Kontakt:**

WWF Deutschland

Wattenmeerbüro

Hafenstraße 3

25813 Husum

jannes.froehlich@wwf.de

Mehr Informationen: [wwf.de/watt/klima](http://wwf.de/watt/klima)

Dort steht dieser Bericht auch zum Download bereit.

Titelbild: Dünen-Öffnung „de Slufter“ im Norden von Texel (2011).  
(Foto: beeldbank.rws.nl, Rijkswaterstaat/Joop van Houdt)

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Einführung	8
2 Naturverträgliche Anpassung an den Meeresspiegelanstieg im Wattenmeer	11
2.1 Auswirkungen des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs	11
2.2 Was ist naturverträgliche Anpassung?	12
3 Methodik und Auswahl der Fallbeispiele	16
4 Fallbeispiele	18
4.1 Sandersatz an der dänischen Westküste	18
4.2 Bekämpfung der Küstenerosion auf der Insel Texel, Niederlande	22
4.3 Dünenentwicklung auf der Halbinsel Skallingen, Dänemark	25
4.4 Dynamisches Dünen-Management auf der Insel Terschelling, Niederlande	28
4.5 Der Zandmotor an der niederländischen Nordseeküste	31
4.6 Innovativer Hochwasserschutz auf der Insel Texel, Niederlande	35
4.7 Sommerpolder-Öffnung auf der Insel Langeoog, Deutschland	38
4.8 Sommerdeich-Öffnung am friesischen Festland, Niederlande	42
4.9 Renaturierung von Wallasea Island, England	45
4.10 Renaturierung im Mississippi-Delta, USA	50
4.11 Renaturierung von Salzwiesen in der Bucht von San Francisco, USA	54
4.12 Renaturierung in der Lagune von Venedig, Italien	57
4.13 Zukunftsplanung für die Stadt Delfzijl am Wattenmeer, Niederlande	60
5 Bewertung der Maßnahmen und Schlussfolgerungen für das schleswig-holsteinische Wattenmeer	64
Quellenverzeichnis	72

## Zusammenfassung

**Das Wattenmeer ist durch den beschleunigten Meeresspiegelanstieg in seiner Substanz bedroht**

Der menschengemachte Klimawandel und der aus ihm resultierende wachsende Anstieg des Meeresspiegels sind langfristig die größte Bedrohung für das als Nationalpark und Weltnaturerbe geschützte Wattenmeer. Laut der schleswig-holsteinischen „Strategie für das Wattenmeer 2100“ (MELUR-SH 2015) ist damit zu rechnen, dass der Meeresspiegelanstieg erhebliche morphologische Veränderungen (gemäßigtes Szenario), vielleicht sogar eine grundlegende morphologische Systemänderung im Wattenmeer nach sich ziehen wird (gesteigertes Szenario). Viele der heute noch bei Ebbe trockenfallenden Wattflächen könnten zukünftig dauerhaft überflutet bleiben. Salzwiesen, Inseln und Halligen wären zunehmend durch Abbruch gefährdet. Durch den Verlust vor allem von Wattflächen, niedrigen Salzwiesen und Pionierzonen würden sich die Flächen wichtiger Lebensräume deutlich verkleinern, andere Habitats könnten ganz verschwinden. Das alles hätte erhebliche negative Auswirkungen, z. B. für die Vögel des Wattenmeeres. Das Wattenmeer würde seine Funktion als schützender Puffer vor dem Sturmsee aus der Nordsee teilweise einbüßen. Auf lange Sicht wäre mit einer steigenden Gefährdung der Küstenbewohner durch Sturmfluten zu rechnen.



Foto: H.-U. Rosner

*Abbildung 1: Gefährdete Natur im Wattenmeer: Viele Lebensräume wie die Dünen, aber auch die Lebensgrundlage für die zahlreichen Wattenmeervögel sind vom Meeresspiegelanstieg bedroht.*

Die vorliegende Studie will Antworten auf die Fragen finden, wie eine naturverträgliche Klimaanpassung für das schleswig-holsteinische Wattenmeer aussehen könnte. Dazu werden 13 vergleichbare Maßnahmen an anderen „weichen Küsten“ in Europa – auch aus dem restlichem Wattenmeer – und den USA ausgewertet. Zwar sind diese Fallbeispiele nicht direkt übertragbar, doch regen sie dazu an, neue, auch ungewöhnliche Ideen für eine naturverträgliche Klimaanpassung zu diskutieren.

Die Fallstudien beschreiben eine große Bandbreite unterschiedlicher Maßnahmen zur Bekämpfung von Küstenerosion und der Renaturierung von Küstenlebensräumen. Sie reichen von Sandersatz über das Zulassen des Sandtransports in die Dünenlandschaft bis hin zur Renaturierung von Salzwiesen und der Verlegung von Deichen. Obwohl „Klimaanpassung“ nicht der eigentliche Anlass zu diesen Projekten war, wirken sie dennoch in diese Richtung. Die Studie leitet am Ende Schlussfolgerungen für sechs Maßnahmentypen ab:

Mögliche Maßnahmen  
zur Klimaanpassung  
im Wattenmeer  
reichen von Sandersatz  
über das Zulassen  
des natürlichen  
Sandtransports in die  
Dünenlandschaft bis  
hin zur Anpassung von  
Deichlinien

---

**1. Sandersatz:** Der Ersatz von Sand – d. h. die künstliche Auf- und Vorspülung von Sand an der Küste aus angrenzenden, tieferen Meeresbereichen – ist eine wirksame und im Vergleich zum Bau von starren Bauwerken naturverträgliche Möglichkeit zur Anpassung an den Meeresspiegelanstieg. In Schleswig-Holstein sollten die entsprechenden Erfahrungen aus dem eigenen Land ebenso wie aus den Niederlanden und Dänemark sorgfältig ausgewertet und berücksichtigt werden. Dies gilt für kleinere Maßnahmen, aber auch für sehr große Maßnahmen wie den „Zandmotor“. Zugleich sollte in Küstenschutzplanungen auch an anderen Stellen als den Außenküsten künftig die Möglichkeit des Einsatzes von „weichen“ Methoden geprüft werden.

**2. Dünenrenaturierung:** Dynamisches Dünen-Management kann im Inneren von Inseln zu einer besonders naturfreundlichen Anpassung an den Meeresspiegelanstieg beitragen. In Schleswig-Holstein sollten entsprechende Pilotprojekte geplant werden, ohne den Schutz von Siedlungen zu beeinträchtigen.

**3. Sommerdeich-Öffnungen:** Sommerdeich-Öffnungen verbessern das Höhenwachstum und die Natürlichkeit der Salzwiesen. In Schleswig-Holstein geben diese Beispiele Anregungen für die von Sommerdeichen umgebenen Halligen, für deren Erhaltung Überflutungen sogar eine Voraussetzung sind. Verbesserungen wären dort wichtig. Es kommen jedoch nur Lösungen in Betracht, die für die Halligbevölkerung akzeptabel sind.

**4. Anpassung der Deichlinie:** Eine Anpassung der Deichlinie kann für die Natur sowie für das Mitwachsen der Marsch mit dem Meeresspiegel wertvoll sein. Auch in Schleswig-Holstein könnten die Erfahrungen aus solchen Projekten bedeutsam werden.

**5. Widerstandsfähigkeit der Küste stärken:** Watten, Salzwiesen, Küstenmarschen und Inseln tragen als Teil einer „weichen Küste“ durch Abbau der Sturmflutwelle und durch Reduzierung des Sturmseeganges vor den technischen Küstenschutzanlagen zum Schutz des besiedelten Hinterlandes bei. In Schleswig-Holstein kann man aus den Erfahrungen vom Mississippi-Delta und aus Venedig lernen, wie schmerzhaft ein Verlust der Schutzfunktion solcher Lebensräume wäre. Das Beispiel San Francisco weist darauf hin, dass weitreichende Partnerschaften zum Umdenken beitragen und die Akzeptanz für naturverträgliche Anpassungsoptionen verbessern können.

**6. Langfristige Zukunftsplanung:** Eine langfristige und integrierte räumliche Planung erscheint höchst sinnvoll, um sich auf die komplexen Anforderungen einstellen zu können, die mit einer Anpassung an den Meeresspiegelanstieg einhergehen. In Schleswig-Holstein dient die niederländische Stadt Delfzijl als Anregung besonders für die direkt am Wattenmeer liegenden Städte (Westerland, Wyk auf Föhr, Husum, Büsum), aber auch für andere größere Orte dieser Region.





Abbildung 2: Die einmaligen Lebensräume des Wattenmeeres sind vom Klimawandel bedroht. Hier Watt und Salzwiesen vor St. Peter-Ording.

Der Klimawandel und die aus ihm resultierende Beschleunigung des Meeresspiegelanstieges bedrohen langfristig die ökologische Integrität des

Wattenmeeres. Diese Gefahr ist massiv. Aber es gibt keinen Grund, den Folgen des steigenden Meeresspiegels schicksalhaft entgegenzusehen. Im Gegenteil.

Das einzigartige Wattenmeer-Gebiet an der Nordseeküste ist als Nationalpark geschützt und von der UNESCO als Weltnaturerbe anerkannt. Mit seinen großen Wattflächen, den Sandbänken, Salzwiesen, Inseln und Halligen wirkt es darüber hinaus für die Festlandsküste wie ein schützender Puffer vor dem Sturmsee-gang aus der Nordsee. Nicht zuletzt ist das Wattenmeer ein identitätsstiftender Bezugsraum für Millionen Menschen, die dort leben und sich erholen.

Vieles deutet darauf hin, dass das Wattenmeer über eine natürliche Anpassungs-fähigkeit an den Meeresspiegelanstieg verfügt. Diese stößt bei einem stark be-schleunigten Meeresspiegelanstieg jedoch an Grenzen, da das Wattenmeer nicht schnell genug durch neue Sedimente in die Höhe wachsen und sich aufgrund der durch Deiche fixierten Küstenlinie auch nicht landwärts verlagern kann. Je nach Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs würden dann viele der heute noch bei Ebbe trockenfallenden Wattflächen dauerhaft überflutet werden. Abbruch gefährdet dann Inseln und Halligen. Auf lange Sicht wächst die Gefährdung der Küstenbewohner durch Sturmfluten.

Können wir dieser Entwicklung etwas entgegensetzen? Ja – allem voran durch Klimaschutz, der dringend und global erforderlich ist, um die Ursachen des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs zu beseitigen. Jedoch wird der Meeres-spiegel selbst dann, wenn globaler Klimaschutz erfolgreich ist, aufgrund der bereits angerichteten Schäden im Klimasystem noch längere Zeit beschleunigt steigen. Wollen wir das Wattenmeer retten, sind also zusätzlich zum Klimaschutz zukünftig – d. h. in zunehmendem Maße in den kommenden Jahrzehnten – auch Maßnahmen zur Klimaanpassung erforderlich (vgl. Reise 2015).

Vor diesem Hintergrund beschloss das Land Schleswig-Holstein bereits 2012 die Erarbeitung einer „Wattenmeerstrategie 2100“. Daran beteiligt waren die für den Küstenschutz und den Nationalpark zuständigen Behörden sowie Vertreter der Insel- und Halligkonferenz, der Schutzstation Wattenmeer und des WWF, die zur Mitarbeit in der Projektgruppe eingeladen wurden. Durch diesen integrierten Ansatz wurde eine breit getragene gemeinsame Antwort auf die große Herausfor-derung gefunden. 2015 beschloss und veröffentlichte die schleswig-holsteinische Landesregierung die „Strategie für das Wattenmeer 2100“ (MELUR-SH 2015).

Im Zuge der Erarbeitung der Wattenmeerstrategie 2100 wurde deutlich, dass für deren Entwicklung auch ein Blick über die Grenzen Schleswig-Holsteins von Vorteil ist. Die Projektgruppe hatte deshalb 2013 eine Exkursion zu einigen Brennpunkten der Klimaanpassung am niederländischen Wattenmeer unternom-men. Und das schleswig-holsteinische Ministerium für Energiewende, Landwirt-schaft, Umwelt und ländliche Räume (MELUR-SH) und der WWF entschieden sich, gemeinsam weltweit nach Beispielen zu suchen, wie an anderen Küsten mit der Herausforderung des Meeresspiegelanstieges umgegangen wird. Denn dieser betrifft keineswegs nur das Wattenmeer, sondern alle tief liegenden Küstengebiete mitsamt ihren Siedlungen und Städten überall in der Welt.

**Ein zu schnell  
ansteigender  
Meeresspiegel bedroht  
die Küstenbewohner  
und gefährdet die Natur  
im Wattenmeer massiv**

## Aus neuen und ungewöhnlichen Ideen für die Klimaanpassung im Wattenmeer lernen

Mit dem Wattenmeer am besten vergleichbar sind hierbei „weiche Küsten“. Damit sind Küsten gemeint, die nicht durch eine Felsküste, sondern durch Wattgebiete, Salzwiesen, Marschen, Strände und Dünen geprägt sind. Zwar sind solche Küsten selten so breit wie im Wattenmeer und auch sonst sehr unterschiedlich, aber Gezeiten, Seegang und Strömungen führen zugleich zu vielen Gemeinsamkeiten, auch was ihre Verwundbarkeit durch den Meeresspiegelanstieg betrifft.

In einer ersten globalen Vergleichsstudie sollten deshalb Fallbeispiele aus der ganzen Welt gesucht werden. Welche Probleme sind andernorts durch den bereits eingetretenen Meeresspiegelanstieg aufgetreten? Wurden dort schon Lösungsansätze für Klimaanpassung gefunden oder wie werden sie diskutiert? Was kann man daraus für das Wattenmeer lernen? Um Antworten auf diese Fragen zu finden, richteten wir in der hier vorgelegten Studie den „Blick in die Ferne“.

Im Zuge der Untersuchung wurde recht schnell deutlich, dass es bisher erst wenige Klimaanpassungsmaßnahmen an weichen Küsten gibt. Und vieles, was vielleicht als Klimaanpassungsmaßnahme wirkt, wurde und wird aus ganz anderen Gründen, wie etwa Küsten- oder Naturschutz, durchgeführt. Doch entscheidend für die Eignung als Fallbeispiel war, dass eine Wirkung als Klimaanpassungsmaßnahme wahrscheinlich ist und dass mindestens Teilaspekte des jeweiligen Beispiels für das Wattenmeer vorbildlich sein können. Gefunden haben wir anhand dieser Kriterien letztlich Fälle in ganz Europa – insbesondere solche aus den Wattenmeergebieten der Nachbarländer – sowie aus Nordamerika. Kaum ein Fallbeispiel lässt sich direkt übertragen. Überall sind die Verhältnisse unterschiedlich. Sie sollen jedoch dazu anregen, neue, ungewöhnliche Ideen für eine naturfreundliche Klimaanpassung zu diskutieren und aus ihnen zu lernen.

Der Bericht ist wie folgt aufgebaut: Kapitel 2 behandelt als Grundlage für die Studie Szenarien zum künftigen Meeresspiegelanstieg und die Fähigkeit von Küstenlebensräumen zur Anpassung an den Meeresspiegelanstieg. Kapitel 3 beschreibt, wie die Fallbeispiele identifiziert und wie sie analysiert wurden. Kapitel 4 enthält alle einzeln untersuchten Fallbeispiele. Für jedes werden folgende Fragestellungen behandelt: Warum besteht Handlungsbedarf? Was wurde unternommen? Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht? Was lernen wir daraus? Am Ende jedes Beispiels werden die Ergebnisse in einer kurzen SWOT-Analyse (Stärken, Schwächen, Chancen, Risiken) zusammengefasst und in eine Kernbotschaft transformiert. Die Beispiele sind geordnet in die Bereiche (1) Vorstrand, Strand, Düne, (2) Salzwiese und Marsch sowie (3) Siedlungsraum. In Kapitel 5 bewerten wir sechs aus den Fallbeispielen abgeleitete Maßnahmentypen und ziehen Schlussfolgerungen für die Situation im schleswig-holsteinischen Wattenmeer. Der Bericht schließt mit einem ausführlichen Quellenverzeichnis ab.



Abbildung 3: Durch einen steigenden Meeresspiegel laufen auch Sturmfluten grundsätzlich höher auf. Wattenmeerlebensräume sind dann von Abbruch gefährdet. Diese Dünen im Norden von Amrum nach einer Sturmflut 2013 illustrieren, wie dies in der Zukunft großräumig aussehen könnte. Im von Natur aus hoch dynamischen Wattenmeer sind solche Abbrüche aber auch ohne beschleunigten Meeresspiegelanstieg ganz normal und Teil der Naturvorgänge, ihnen stehen dann aber in der Regel Ablagerungen von Schlick oder Sand an anderen Stellen gegenüber.

## 2

# Naturverträgliche Anpassung an den Meeresspiegelanstieg im Wattenmeer

In diesem Kapitel wird zunächst auf den Meeresspiegelanstieg, der durch den Klimawandel zukünftig beschleunigt wird, und dessen voraussichtliche Auswirkungen auf das Wattenmeer eingegangen. Auf dieser Grundlage wird die aktuelle Diskussion zu den Möglichkeiten für eine naturverträgliche Anpassung an den Meeresspiegelanstieg zusammengefasst.

## 2.1 Auswirkungen des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs

Die folgenden Aussagen über die Klimaentwicklung und deren Auswirkungen für das Wattenmeer bündeln die Projektionen und Szenarien, die für die schleswig-holsteinische „Strategie für das Wattenmeer 2100“ erarbeitet wurden (MELUR-SH 2015). Als wissenschaftliche Grundlage dient dort unter anderem der fünfte UNO-Klimabericht (IPCC 2013). Verwendet werden dessen Szenarien „RCP 4.5“ (als Basis für ein „gemäßigtes Szenario“) und „RCP 8.5“ (als Basis für ein „gesteigertes Szenario“).

Das gemäßigte Szenario entspricht einer mittleren globalen Temperaturzunahme von bis zu 1,8 °C bis zu dem Zeitraum 2081–2100. Diesem Szenario liegt die Annahme zugrunde, dass zeitnah bedeutende Klimaschutzmaßnahmen zur Verringerung des Ausstoßes von Treibhausgasen umgesetzt werden. Das gesteigerte Szenario entspricht dagegen einer mittleren globalen Temperaturzunahme von 3,7 °C bis zu dem Zeitraum 2081–2100. Ihm liegt die Annahme zugrunde, dass zeitnah keine bedeutende Verringerung der Treibhausgasemissionen stattfindet.

Neben wichtigen Klimaparametern wie Temperatur, Niederschlag und Wind ist insbesondere der künftige Meeresspiegelanstieg für Anpassungsoptionen im Wattenmeer von Bedeutung. Der Weltklimarat (IPCC 2013) gibt Werte zwischen 0,2–0,8 m für den zu erwartenden globalen mittleren Meeresspiegelanstieg für den Zeitraum 2000–2100 an. Andere Veröffentlichungen projizieren sogar noch einen wesentlich höheren Meeresspiegelanstieg zwischen 0,75 und maximal 1,9 m bis zum Ende dieses Jahrhunderts (z. B. Grinsted et al. 2008; Vermeer & Rahmstorf 2009). Bei den jährlichen Anstiegsraten des globalen mittleren Meeresspiegelanstiegs liegen die Projektionen des IPCC (2013) bei 4–12 mm pro Jahr am Ende des Jahrhunderts. Seit 1900 betrug der Meeresspiegelanstieg im Wattenmeer von Schleswig-Holstein im Mittel pro Jahr etwa 1,6 mm (MELUR-SH 2012).

Insbesondere beim Eintreten des **gesteigerten Szenarios** ist bis zum Ende des Jahrhunderts eine **morphologische Systemänderung** im Wattenmeer zu erwarten. Der Bestand der derzeitigen morphologischen Strukturen und Funktionen ist dann spätestens in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts nicht mehr gesichert. Ohne Gegenmaßnahmen wäre es unter diesen Voraussetzungen wahrscheinlich, dass Wattflächen und zeitverzögert auch Salzwiesen abnehmen und von permanent mit Wasser bedeckten Flächen verdrängt würden. Dies bedeutet bis zum Ende des Jahrhunderts, dass sich wattflächendominierte Tidebecken in flachwasserdominierte Flächen verwandeln, wodurch sich die Gesamtfläche der bei Ebbe trockenfallenden Gebiete des Wattenmeeres erheblich verringern würde. Beim Eintreten des **gemäßigten Szenarios** wären die Folgen geringer als im gesteigerten Szenario, gleichwohl aber in ihren Auswirkungen auf das Wattenmeer noch erheblich; die Verluste würden dann zeitversetzt eintreten.

Die Klimaforschung rechnet mit einer erheblichen Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs in den kommenden Jahrzehnten

**Wichtige  
Brutplätze und  
Nahrungsgrundlagen  
für die Wat- und  
Wasservögel auf  
dem Ostatlantischen  
Zugweg drohen  
verloren zu gehen**

Durch den **Verlust vor allem von Wattflächen, niedrigen Salzwiesen und Pionierzonen** würden sich die Flächen wichtiger Lebensräume deutlich verkleinern, andere Habitate könnten ganz verschwinden. Die für das Wattenmeer typischen Lebensräume zwischen Land und Meer würden bei ausreichend verfügbarem Platz eigentlich landeinwärts wandern. Dies ist jedoch aufgrund der Deiche nur begrenzt möglich, weshalb es besonders zu seeseitiger Erosion an den Außensänden und Inseln und letztlich zu einer Verkleinerung der das Wattenmeer prägenden Lebensräume kommen würde. Das hat z. B. Auswirkungen für die typischen Brutvögel des Wattenmeeres. Der Verlust von Brutplätzen würde ohne Gegenmaßnahmen dazu führen, dass Arten wie Zwergseeschwalben, Sandregenpfeifer und Seeregenpfeifer wahrscheinlich ganz aus dem Wattenmeer verschwinden und Arten wie Austernfischer, Säbelschnäbler und Rotschenkel stark schwinden. Auch für die auf das Wattenmeer als Rastgebiet auf dem Ostatlantischen Zugweg angewiesenen Wat- und Wasservögel aus der Arktis stünde sehr viel weniger Nahrung zur Verfügung, was zur Verkleinerung von deren Populationen führen würde.



Foto: H.-U. Rosner

Abbildung 4: Die Rast- und Nahrungsplätze des Alpenstrandläufers sind vom Meeresspiegelanstieg bedroht.

## 2.2 Was ist naturverträgliche Anpassung?

Ökosysteme „weicher Küsten“ wie Watten, Salzwiesen und Dünen sind potenziell in der Lage, sich an einen gemäßigten Meeresspiegelanstieg anzupassen und z. B. in der Höhe aufzuwachsen oder sich in ihrer geografischen Lage zu verändern. Dieses Anpassungsvermögen hängt stark von der Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs und der Verfügbarkeit von Sediment ab, das sich dazu zusätzlich ablagern muss. Darüber hinaus wird ausreichend Platz für natürliche Anpassungsprozesse benötigt. Wenn dies alles gegeben ist, können sich z. B. mit jeder Überflutung Schlick oder Sand ablagern und die Lebensräume in die Höhe wachsen. Intakte Ökosysteme „weicher Küsten“ sind prinzipiell fähig, sich an den Meeresspiegelanstieg anzupassen.

Die Verbesserung der Widerstandsfähigkeit von Lebensräumen wird auch als ökosystembasierte Anpassung an den Meeresspiegelanstieg bezeichnet. In entsprechenden Ansätzen zur Anpassung sind Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen Teil einer übergeordneten Strategie gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels (Doswald & Osti 2011). Sind Küstenlebensräume betroffen, kann man auch von „ökosystembasiertem Küstenschutz“ sprechen (Temmerman et al. 2013: 79ff.).



Foto: H.-U. Rösner

Abbildung 5: Salzwiesen – hier eine neu entstehende bei Westerhever: Werden sie zukünftig mit dem schnellen Anstieg des Meeres mitwachsen können?

Sehr anschaulich ist in diesem Zusammenhang der Beitrag von tidebeeinflussten Salzwiesen oder anderen Formen von Küstenmarschen zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Sturmfluten und damit auch der Sicherheit für die Menschen. Sturmfluten laufen bei steigendem Meeresspiegelanstieg grundsätzlich höher auf, da sie auf dem mittleren Wasserspiegel aufsetzen. Salzwiesen funktionieren bei Sturmfluten als natürlicher Puffer. Denn die geringere Wassertiefe und die Vegetation reduzieren die Wellenenergie. Die Wurzeln tragen außerdem zur Stabilisierung des Untergrunds bei und reduzieren Erosion (Möller et al. 2014: 727ff.). Dieser Puffer fehlt jedoch dort, wo diese Ökosysteme verloren gegangen sind.

Bei ökosystembasierten Ansätzen ist zu bedenken, dass diese oft deutlich mehr Platz beanspruchen als traditioneller (linienhafter) Küstenschutz. Sehr breite Küstenmarschen sind erforderlich, damit durch Bodenreibung die Höhe der Sturmflutwelle reduziert wird und so dahinter liegende Räume wirksam vor Überflutungen geschützt werden. Aber auch schmalere Salzwiesen können (wegen des durch Bodenreibung reduzierten Sturmseeanges bei geringeren Wassertiefen) die hydrologische Belastung von dahinter liegenden Küstenschutzanlagen während Sturmfluten verringern und so zum ökosystembasierten Küstenschutz beitragen. Jedoch lässt bei zunehmend höheren Sturmfluten die Wirkung wegen der dann größeren Wassertiefen über der Salzwiese nach. Besonders an Küsten, die bereits durch Küstenschutzanlagen mit hohem Schutzstandard gegen Sturmfluten gesichert sind, ermöglicht der ökosystembasierte Ansatz eine zusätzliche

**Die Wattflächen,  
Inseln und Halligen des  
Wattenmeeres helfen  
beim Küstenschutz**

**Durch Deichverlegungen  
werden Küstenmarschen  
renaturiert. Das  
kann auch der  
Klimaanpassung nutzen**

Schutzwirkung. Außerhalb von städtischen Verdichtungsräumen, wo kein bzw. nur ein geringer technischer Küstenschutz vorhanden ist, kann der Schutz und die Renaturierung breiter Küstenmarschen Sturmflutrisiken für das Hinterland kosteneffektiv reduzieren (vgl. Scott et al. 2011: 1, Bertram et al. 2015). Je großflächiger Küstenmarschen vorkommen bzw. wiederhergestellt werden, desto wirksamer ist der ökosystembasierte Küstenschutz.

Die meisten Erfahrungen wurden dazu bei Projekten zur Renaturierung von Salzwiesen bzw. Küstenmarschen in Großbritannien gesammelt. Dort wurden seit Anfang der 1990er Jahre über 50 derartige Projekte durchgeführt (Wolters et al. 2005: 250; Scott et al. 2011: 1). Dabei wurde z. B. festgestellt, dass tiefer gelegene Küstenmarschen durch eine Wiederanbindung an das Tidegeschehen anfangs bis zu 10 cm pro Jahr (z. B. Humber-Ästuar) und mehr aufwachsen und sich so relativ zum Meeresspiegel erhöhen. Während an den Küsten der Niederlande, Belgiens und Deutschlands die Renaturierung geschädigter Lebensräume als Hauptgrund für **Rückdeichungen** und die **Schaffung von Tidepoldern** oder die Öffnung von Sommerdeichen gilt – oft motiviert durch das Europäische Naturschutzrecht –, wird in England zusätzlich der Küstenschutz als Grund angeführt (Wolters et al. 2005: 250). Beispiele aus Großbritannien zeigen auch einen ergänzenden sozioökonomischen Nutzen. Für Freiston Shore in Norfolk wurden reduzierte Ausgaben für die Deichunterhaltung und ein Anstieg der örtlichen Besucherzahlen nachgewiesen, von denen das lokale Gewerbe profitierte.



Foto: UK GOV, Environment Agency, Flickr.com, Creative-Commons Lizenz

Abbildung 6: Rückdeichung „Medmerry managed realignment“ bei Portsmouth, Selsey, West Sussex an der englischen Südküste, 2013

Eine ökosystembasierte Anpassung an den Meeresspiegelanstieg findet auch in **dynamischen Dünenlandschaften** statt. In der Vergangenheit und vielfach bis heute wurden Dünen durch das Anpflanzen von Vegetation und anderen Maßnahmen stabilisiert. Dies erschwert eine dynamische Entwicklung. Damit werden jedoch auch das Wachstum des Dünensystems und der Sandtransport in das Hinterland unterbunden. Beides kann aber zur Erhöhung der natürlichen Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Meeresspiegelstieg beitragen (Arens et al. 2007). In den Niederlanden wird deshalb ein dynamisches Dünen-Management etabliert, bei dem es darum geht, natürliche Prozesse möglichst ungestört stattfinden zu lassen, ohne dass die Sicherheit der angrenzenden Siedlungsräume gefährdet wird (de Jong et al. 2014).



Foto: J. Fröhlich

Abbildung 7: Dynamische  
Dünenentwicklung auf der  
Wattenmeerinsel Terschelling,  
Niederlande, 2014

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass intakte Ökosysteme oft über eine natürliche Anpassungsfähigkeit gegenüber dem Meeresspiegelanstieg verfügen, d. h., sie sind fähig, durch Akkumulation von Material in ähnlicher Form weiter zu bestehen. Deshalb ist es so wichtig, die Voraussetzungen für natürliche Anpassungsprozesse im Wattenmeer zu verbessern, damit eine naturverträgliche Klimaanpassung möglich wird. Sofern ein beschleunigter Meeresspiegelanstieg die Wattenmeer-Lebensräume zukünftig in ihrer Substanz bedroht oder ihre Gesamtfläche deutlich reduziert, könnte dies auch aktive Anpassungsmaßnahmen zur Verbesserung der natürlichen Widerstandsfähigkeit der Lebensräume notwendig machen. Entscheidend ist dabei aber, dass die damit verbundenen Eingriffe deutlich geringer sind als die vermiedenen Schäden und dass das Leitprinzip der drei Wattenmeerstaaten berücksichtigt wird, „so weit wie möglich ein natürliches und sich selbst erhaltendes Ökosystem zu erreichen, in dem natürliche Prozesse ungestört ablaufen können“ (Esbjerg-Erklärung 1991). Für das schleswig-holsteinische Wattenmeer wurden einvernehmlich zwischen Küstenschutz und Naturschutz mit der „Strategie für das Wattenmeer 2100“ (MELUR-SH 2015) Maßstäbe entwickelt, die künftige Maßnahmen entsprechend lenken sollen.

## Methodik und Auswahl der Fallbeispiele

In methodischer Hinsicht geht es in der vorliegenden Untersuchung um die Beschreibung, Analyse und Bewertung von Fallbeispielen außerhalb Schleswig-Holsteins, aus denen Erkenntnisse über eine möglichst naturfreundliche Anpassung an einen stei-

genden Meeresspiegelanstieg im schleswig-holsteinischen Wattenmeer gewonnen werden können. Deshalb kamen für die Auswahl nur Beispiele von naturräumlich vergleichbaren „weichen“ Küsten infrage.

Im Rahmen einer internetbasierten Suche wurden in einem ersten Schritt 39 mögliche Fallbeispiele gefunden und dazu nach einem groben Raster Informationen erfasst (vgl. Anhang, nur im pdf-Download).

Aus dieser Liste wurden in einem zweiten Schritt jene Fälle gesucht, die in Bezug auf eine naturverträgliche Anpassung an den Meeresspiegelanstieg besonders interessant erschienen. Weitere Kriterien waren das Vorliegen einer guten Dokumentation sowie das Finden von Beispielen für ein möglichst breites Spektrum unterschiedlicher Typen von Maßnahmen.

### 13 Praxisbeispiele von „weichen Küsten“ unter der Lupe

Tabelle 1: Übersicht der Fallbeispiele und Maßnahmentypen

Gebiet	Land	Maßnahmentyp(en)
<b>Im Bereich Vorstrand, Strand, Dünen</b>		
Dänische Westküste	DK	Sandersatz
Texel I	NL	Sandersatz, Dünendurchbruch
Halbinsel Skallingen	DK	Dünendurchbruch, Dünenrenaturierung
Terschelling	NL	Dünenrenaturierung
Zandmotor Den Haag	NL	Sandersatz
Texel II	NL	Hochwasserschutzdüne
<b>Im Bereich Salzwiesen und Marschen</b>		
Langeooger Sommerpolder	D	Renaturierung, Sommerdeich-Öffnung
Friesland (Buitendijks)	NL	Renaturierung, Sommerdeich-Öffnung
Halbinsel Wallasea Island	UK	Renaturierung, Deichöffnung, Baggergutverwendung
Mississippi-Delta	US	Renaturierung
Bucht von San Francisco	US	Renaturierung, Baggergutverwendung
Lagune von Venedig	I	Renaturierung, Baggergutverwendung
<b>Im Bereich Siedlungsräume</b>		
Delfzijl	NL	Integrierte Zukunftsplanung

Die letztlich ausgewählten 13 Fallbeispiele stammen aus den Niederlanden, Dänemark, USA, Italien, Großbritannien (England) und Deutschland (Niedersachsen) (Tab. 1). In dieser Auswahl finden sich neben direkt vergleichbaren auch Beispiele, deren Küsten zwar „weich“ sind, die sich aber dennoch deutlich vom Wattenmeer unterscheiden. So ist im Vergleich zur Wattenmeer-Region die Umgebungstopografie der Bucht von San Francisco eher hügelig bis bergig. Doch zugleich gibt es dort auch vergleichbare Lebensräume wie Salzwiesen und Wattflächen. Von denen ist allerdings bereits ein Großteil verloren gegangen oder ist zukünftig u. a. durch den Meeresspiegelanstieg von verstärkter Erosion bedroht. Damit ist die Situation vergleichbar mit der im Wattenmeer.

Für jedes der ausgewählten Fallbeispiele wurde eine kurze Fallstudie erstellt und wie folgt strukturiert:

- » Warum besteht Handlungsbedarf?
- » Was wurde unternommen?
- » Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?
- » Was lernen wir daraus?
- » SWOT-Analyse
- » Kernbotschaft
- » Quellen

In den kurzen SWOT-Analysen (Abkürzung von „Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats“) wurden in tabellarischer Form die wichtigsten Stärken, Schwächen, Chancen und Gefahren zusammengestellt. „Stärken“ und „Schwächen“ beziehen sich dabei auf die heutige Situation bzw. die Eigenschaften und Fähigkeiten, die der Maßnahme gegenwärtig zugeschrieben werden. „Chancen“ und „Gefahren“ sollen dagegen zukünftige Bedingungen und Entwicklungen berücksichtigen. Dies wird anhand eines Beispiels verdeutlicht (Tab. 2).

*Tabelle 2: Beispiel einer SWOT-Analyse für eine Salzwiesenrenaturierung in San Francisco, USA*

	<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
Bewertung der heutigen Eigenschaften bzw. Fähigkeiten der Maßnahme	Wiederherstellung verloren gegangener Küstenlebensräume	Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen dauert sehr lange
	<b>Chancen</b>	<b>Gefahren</b>
Bewertung der zukünftigen Bedingungen und Entwicklungen	Verbesserung des natürlichen Sedimenthaushalts der Bucht von San Francisco	Mobilisierung von Quecksilber-Altlasten aus vorheriger industrieller Nutzung des Gebietes

Zu jedem der 13 Fallbeispiele wurden schriftliche Quellen ausgewertet. In einer Reihe von Fällen wurden zudem Experten per Telefon, E-Mail und teils vor Ort befragt sowie Ortsbesichtigungen durchgeführt. Letzteres erfolgte zu den Fallbeispielen Zandmotor, Texel, Terschelling, Friesland, Delfzijl (alle Niederlande) sowie Dänische Westküste und Skallingen (Dänemark).

### 4.1 Sandersatz an der dänischen Westküste

Das Fallbeispiel zeigt, wie an der dänischen Westküste der Küstenerosion durch Sandersatzmaßnahmen begegnet wird.

#### Warum besteht Handlungsbedarf?

Der 110 km lange Abschnitt der dänischen Westküste nördlich des Wattenmeeres zwischen Lodbjerg und Nymindegab wird zu weiten Teilen durch einen natürlichen Abbruch der dortigen Strände und Dünen beeinflusst. Aufgrund des durch den Klimawandel beschleunigten Meeresspiegelanstiegs erwartet man eine Zunahme dieser Erosion und damit einen Rückgang der Küsten.

Die teils tief gelegenen Flächen im Hinterland werden von einem bis zu 10 km breiten Dünengürtel geschützt. Wind, Wellen und Gezeiten sorgen für eine kontinuierliche Erosion entlang der sandigen Küste. Der durchschnittliche Abbruch würde ohne Gegenmaßnahmen an einigen Stellen bei bis zu 8 Metern pro Jahr liegen. 1981 führte ein besonders schwerer Sturm zu Landverlusten von bis zu 30 m in einzelnen Küstenabschnitten.



Foto: J. Fröhlich

Abbildung 8: Dünen schützen an der dänischen Westküste vor Sturmfluten. Am Ringkøbing Fjord ist der Dünengürtel teilweise schmaler als 100 m.

Dies wird besonders dort als Problem gesehen, wo der den Hochwasserschutz gewährleistende Dünengürtel mit teils weniger als 100 m Breite relativ schmal ist, wie z. B. am Ringkøbing Fjord. Um dieser kontinuierlichen Küstenerosion zu begegnen, spült man seit mehr als 30 Jahren Sand auf und vor die Strände.

## Was wurde unternommen?

1982 entschieden sich Gemeinden, Distrikte und Regierung für die Umsetzung eines Küstenschutzprogramms an der Westküste. Es sollte ein Schutzsystem gegen Überflutungen entstehen, das einem Ereignis standhält, das statistisch nur alle 100 Jahre vorkommt. Für die Umsetzung ist die dänische Küstenschutzbehörde (Kystdirektoratet) zuständig.

**Jedes Jahr werden  
an der dänischen  
Westküste etwa  
2 Millionen Kubikmeter  
Sand aufgespült**

An der dänischen Westküste hatte man schon seit 1974 Erfahrungen mit Sandaufspülungen gesammelt. Seit 1982 wurden insgesamt knapp 60 Mio. m<sup>3</sup> Sand aufgespült und verklappt, d. h. pro Jahr etwa 2 Mio. m<sup>3</sup>. Mit dem Schiff wird der benötigte Sand 5–10 km vor der Küste entnommen und entweder direkt auf den Strand aufgespült oder auf die Sandbänke vor dem Strand verklappt („Vorstrandverklappung“). Das kostet pro Jahr ca. 10 Mio. €.



Foto: J. Fröhlich

*Abbildung 9: Rohr zur Strandaufspülung an der dänischen Westküste. In Zukunft sollte der Sand vermehrt direkt im Vorstrand (Unterwasserbereich) eingebracht werden.*

Zusätzlich zu den Sandersatzmaßnahmen wurden bis in die 1990er-Jahre hinein 145 Bühnen und Wellenbrecher gebaut. Dadurch sollte die notwendige Sandmenge reduziert werden. Deren Effektivität ist aber umstritten, da das dort festgehaltene Material an anderer Stelle fehlt. Auch wird mit dieser Maßnahme kein zusätzliches Sediment zum Ausgleich der Erosionen an die Küste gebracht. Da also eine Klimaanpassung so nicht erreicht werden kann, erhält dieses Argument zunehmende Bedeutung. Weiterhin wurden auf der 110 km langen Strecke insgesamt 25 km Uferbefestigungen, teils am Fuße der Dünen gebaut.

**Sandaufspülungen  
sind naturverträglicher  
als „harte“  
Küstenschutzbauwerke  
wie Schutzwände,  
Tetrapoden oder  
Buhnen**

---

Die heutige Küstenschutzstrategie in Dänemark formuliert, dass Küstenschutz verstärkt durch Sandersatzmaßnahmen und weniger durch „harte“ Bauwerke realisiert werden soll. Dabei muss die natürliche Dynamik der Lebensräume berücksichtigt werden. Gleichzeitig sollen ineffektive Schutzelemente an der Küste entfernt werden.



Foto: J. Fröhlich

Abbildung 10: Durch Sandersatz erhaltener Strand an der dänischen Westküste

### Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

Die Maßnahmen des Küstenschutzes an der dänischen Westküste bestehen seit den 1990er-Jahren überwiegend aus Sandersatz und teilweise Befestigungen am Fuße der Dünen und Sanddeichen. Der Bau von Buhnen und Deckwerken wurde in den 1990er-Jahren dagegen stark reduziert. Gegenwärtig werden fast ausschließlich Sandersatzmaßnahmen umgesetzt.

Inzwischen gelten Sandeinbringungen in den Vorstrand, also die dem Strand unter Wasser vorgelagerten Sandbänke als langfristig wirksamer, wenn man sie mit den traditionellen Aufspülungen auf den Strand vergleicht. Denn während Aufspülungen auf den Strand zwar kurzfristig effektiver sind, zeigen dänische Untersuchungen, dass die Sandeinbringungen im Vorstrand nach mehreren Jahren zu einer besseren Stabilisierung des Strandes beitragen und weniger kosten. Strandaufspülungen zum Schutz der Dünenränder werden weiterhin durchgeführt.

Das laufende Monitoring zeigt, dass die ehemals hohen natürlichen Erosionsraten seit 1998 auf durchschnittlich 0,1 m reduziert werden konnten. Ungeklärt blieb bisher die Frage, welche Korngrößen am effektivsten sind, d. h. der Erosion am wirksamsten widerstehen. Sie sollten aber grundsätzlich den natürlichen Verhältnissen entsprechen.

**Die Küstenerosion  
wurde an der  
dänischen Westküste  
durch Sandauf- und  
-vorspülungen wirksam  
begrenzt**

---

Biologische Untersuchungen zeigten, dass sich die Lebensgemeinschaften des Meeresbodens bei den Sandentnahmestellen nach etwa einem Jahr überwiegend erholt haben. Dies sollte man allerdings nicht einfach generalisieren, denn die Erholungsmöglichkeit hängt stark von der Struktur des Meeresbodens und der Art der Entnahme ab. In den Bereichen, wo in Dänemark der Sand eingebracht wurde, brauchte die Fauna zur Erholung zwei bis drei Jahre. Überdies fiel auf, dass die gefundenen Tiere ein Jahr nach Ansiedlung kleiner als zuvor waren.

Rückblickend zeigt sich, dass der Umsetzung von Sandersatzmaßnahmen (anstatt „harter“ Bauwerke) ein ausgeprägter politischer Wille vorausgegangen ist. Mittlerweile kann man in Dänemark von einer grundsätzlichen Umstellung von „harten“ hin zu „weichen“ Küstenschutzmaßnahmen sprechen. Allerdings existieren weiterhin viele harte Bauwerke, die die natürlichen Prozesse stören, obwohl die Bauwerke teilweise wirkungslos sind. Einen substanziellen Rückbau gab es bisher nicht.

### Was lernen wir daraus?

Obwohl die dänische Westküste eine geschlossene Küste ist, können wir aus den Erfahrungen für Maßnahmen an den äußeren Sandküsten des Wattenmeeres – also vor allem für die Inseln – lernen. Sie zeigen, dass Küstenerosion auch in großem Maßstab durch Sandersatz aufgehalten werden kann und dass dieser auch für den Schutz von Siedlungen ausreichen kann. Das eingebrachte Sediment kann darüber hinaus effektiv und bedarfsabhängig als Puffer bzw. als Ausgleich bei einem beschleunigten Meeresspiegelanstieg (mit einer dann verstärkten Küstenerosion) wirken.

Um Aufspülungen so naturverträglich und effektiv wie möglich umzusetzen, legen die dänischen Erfahrungen nahe, Sand zukünftig verstärkt vor den Strand unter Wasser in einiger Entfernung zum Ufer (also den „Vorstrand“) zu verbringen, da dies weniger aufwendig und langfristig wirksamer ist. Es spart Kosten, Energie und der Strand bleibt frei von Rohren. Allerdings sollte Sandersatz im Wattenmeer, wenn er lokal auf den Inseln wirken soll, nicht zu nah an Seegats durchgeführt werden, um die lokale Wirkungsdauer der Maßnahme nicht zu reduzieren. Durch die dortigen Tidenströmungen in Verbindung mit dem Seegang würde das Material zu schnell in Richtung Seegat geschwemmt.

Die Erfahrungen aus Dänemark legen nahe, vor allem an den sandigen Küstenabschnitten des Wattenmeeres noch konsequenter von „weichen“ Maßnahmen Gebrauch zu machen und von „harten“ Maßnahmen aus Stein, Beton o. Ä. abzusehen. Zudem sollten ältere Bauwerke entfernt werden, die sich beim Schutz vor Erosion als kontraproduktiv erwiesen haben. Wenn die Schutzwirkung auch mit Sand erzielbar ist, dann ist dies in der Regel naturverträglicher und schafft gleichzeitig einen Mehrwert für Tourismus und Naherholung.

Tabelle 3: SWOT-Analyse  
„Sandersatz an der dänischen  
Westküste“

Stärken	Schwächen
Küstenabbruch wird an verletzlichen Stellen gestoppt oder verlangsamt erheblich naturfreundlicher im Vergleich zu harten Bauwerken	Sandersatz muss regelmäßig wiederholt werden Beeinträchtigung von Lebensräumen bei Sandentnahme und -aufspülung Kosten- und Energieaufwand
Chancen	Gefahren
zusätzlicher Nutzen für Erholung und Tourismus „Harte“ Küstenschutzbauwerke überwiegend überflüssig Renaturierung von Strand- und Dünen-Lebensräumen möglich Klima-Anpassungsmaßnahme, indem die Mengen effektiv dem (zunehmenden) Bedarf angepasst werden können.	möglicherweise reduzierte Sandverfügbarkeit in der Zukunft dauerhafte Beeinträchtigung der Lebensräume an der Entnahmestelle möglich

### Kernbotschaft: Ersatz von Sand erweist sich im Vorstrand langfristig als wirksam bei geringeren Kosten und weniger Störungen am Strand.

Quellen: Ecoshore (o.J.); Hanson et al. (2002); Jakobsen & Brøgger (2007); Kystdirektoratet (2013[a], 2013[b]); Margheritini et al. (2008); Oumeraci (2006); Pickaver (o. J.)

## 4.2 Bekämpfung der Küstenerosion auf der Insel Texel, Niederlande

Mit unterschiedlichen, teilweise naturangepassten Maßnahmen begegnet man der Küstenerosion an der Außenküste der niederländischen Wattenmeerinsel Texel.

### Warum besteht Handlungsbedarf?

Texel ist die westlichste der niederländischen Wattenmeerinseln und liegt im Norden der Provinz Noord-Holland. Die Insel liegt inmitten eines sehr dynamischen Küstenabschnitts, der mit die stärkste Erosion an der niederländischen Außenküste aufweist. Dies hat dazu geführt, dass Texel einer der Schwerpunkte der Sandvorspülungen an der niederländischen Küste wurde. Es ist wahrscheinlich, dass die starke Erosion zumindest teilweise auf die von der Eindeichung der Zuiderzee (heute „Ijsselmeer“), im Jahr 1932, ausgelösten hydromorphologischen Veränderungen zurückzuführen ist. Diese Eindeichung hatte zu einem starken Sedimentbedarf im Tidebecken des Wattenmeeres hinter Texel geführt. Es wird befürchtet, dass dieser Sandbedarf durch den beschleunigten Meeresspiegelanstieg weiter zunimmt und sich dadurch die Erosion an der Außenküste von Texel zusätzlich erhöht. Mit dem Dünendurchbruch „de Slufter“ liegt auf Texel zudem ein in diesem Umfang in Westfriesland einmaliger und auch akzeptierter „Wash Over“ im Bereich der Außenküste.

Die Eindeichung des Ijsselmeers ist wahrscheinlich mit für den starken Küstenrückgang auf Texel verantwortlich

**Rund um Texel werden  
jedes Jahr etwa  
2,5 Millionen  
Kubikmeter Sand  
aufgespült**

## Was wurde unternommen?

Um der Küstenerosion zu begegnen, wurden auf Texel ursprünglich die Enden der Insel befestigt. Das hatte schwere Landverluste an anderen Stellen der Insel zur Folge und machte Sandaufspülungen notwendig. 1979 fand die erste Sandaufspülung statt. Seit 1990 werden die Strände mit durchschnittlich etwa 2,5 Mio. m<sup>3</sup> Sand pro Jahr verstärkt. In den Jahren 2002/03 machte man erstmals Aufspülungen nicht mehr auf dem Strand selbst, sondern im Flachwasser vor dem Strand („Vorstrand“). Seitdem gibt es Aufspülungen sowohl auf dem Vorstrand als auch auf dem Strand. Der für die Aufspülungen verwendete Sand stammt aus Nordseegebieten mit mehr als 20 Meter Wassertiefe sowie aus Fahrrinnenvertiefungen.

Im Nordwesten von Texel existiert mit dem etwa 400 ha großen Gebiet „de Slufter“ außerdem ein Dünendurchbruch. Dieser besteht aus einem dauerhaft mit Wasser gefüllten Durchlass („Sluftergat“) und vielen Nebenprielen, umgeben von einer dynamischen Dünenlandschaft. Der „Slufter“ ist Teil des Nationalparks „Dünenlandschaft von Texel“. Er entstand bei einer Sturmflut auf Texel im Jahre 1851. Von den damals drei Durchbrüchen wurde einer, der heute als Slufter bekannt ist, niemals geschlossen. Die Durchlassrinne des Slufters verlagert sich auf natürliche Weise nach Norden, wodurch der nördliche Dünengürtel zum Anfang des Jahrtausends verstärkt erodierte. Um dem zu begegnen, wurde 2004 eine neue Rinne im äußersten Süden des Slufter-Gebietes ausgebaggert und die alte Rinne zugeschüttet.



*Abbildung 11: Durch die Dünen-Öffnung „de Slufter“ im Norden von Texel gelangt Sediment auf die Insel, sie schafft dynamische Lebensräume und trägt zur Klimaanpassung bei.*

Foto: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat / J. van Houtd

**Die Sandentnahme wirkt sich besonders auf Muscheln und muschelfressende Entenarten negativ aus**

## Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

Grundsätzlich konnte der Rückgang der Küstenlinie durch die Sandaufspülungen gestoppt werden, wobei dies nur solange gilt, wie der Sandersatz fortgesetzt wird. Strand- und Vorstrandaufspülungen gelten in den Niederlanden als vergleichsweise naturfreundliche Küstenschutzmaßnahme. Allerdings nimmt die Natur an der Entnahmestelle des Sandes am Meeresgrund beträchtlichen Schaden. Die Auswirkungen auf Muscheln, etwa Trogmuscheln, sind stärker als auf Würmer und Krebse, die die betroffenen Gebiete vergleichsweise schnell wieder besiedeln. Das bedeutet auch, dass Würmer fressende Fische durch die Sandentnahme wohl weniger betroffen sind als z. B. tauchende Entenarten, die als Muscheln fressende Arten nach einer Sandentnahme dort zunächst keine Nahrung mehr finden.

Die ökologischen Auswirkungen der Aufspülung selbst sind verglichen mit den Folgen an der Entnahmestelle wohl geringer: Sie wurden auf Texel erstmals Anfang der 1980er-Jahre untersucht. Die Bodenlebewesen am Strand erholten sich nach zwei Jahren von der Maßnahme (Artenanzahl und Biomasse), unterhalb der Niedrigwasserlinie etwas schlechter als oberhalb. Neuere Studien zeigten, dass die Auswirkungen auf die Natur geringer sind, wenn die Sandbeschaffenheit der natürlichen Umgebung ähnelt.

Der „Slufter“ im Norden der Insel ist einer der wenigen im gesamten Wattenmeer verbliebenen natürlichen Dünendurchbrüche und aus Naturschutzsicht besonders wertvoll. Im Fall von Texel jedoch wird die Rinne bei Bedarf durch Maßnahmen beeinflusst, um das Gebiet in seiner Lage zu fixieren. Bei jeder Flut gelangen Sand und Schlick durch die Rinne hinter die Dünen und lagern sich auf der Insel ab. Schätzungen gehen davon aus, dass so jedes Jahr zwischen 8.000 und 20.000 Kubikmeter Material auf die Insel gelangen. Dies entspricht in dem Slufter-Gebiet einem jährlichen Höhenwachstum von 2 bis 5 mm.

**Durch den Dünendurchbruch „de Slufter“ gelangen Sedimente auf die Insel. So „wächst“ das Naturgebiet mit dem Meeresspiegelanstieg in die Höhe**

## Was lernen wir daraus?

Über die Wirksamkeit und die Auswirkungen der Sandaufspülungen an den Stränden von Texel liegen langfristige Erfahrungen vor: Die sind Zeugnis des Erfolgs gegen die Küstenerosion und dass es möglich ist, die Insel in ihrer Größe und Lage zu erhalten. Der Preis dieses Erfolgs ist ein hoher Aufwand an Material und Kosten sowie ein negativer Effekt auf die Natur, dort, wo der Sand entnommen wird und Trogmuscheln und Muscheln fressende Entenarten in Mitleidenschaft gezogen werden.

Durchlässe in den Dünen wie der Slufter fördern den natürlichen Transport von Sediment in das Innere der Insel und sind zugleich einmalige Naturgebiete, die den natürlichen Übergang zwischen Land und Meer verbessern.

Tabelle 4: SWOT-Analyse  
„Bekämpfung der  
Küstenerosion auf Texel“

Stärken	Schwächen
Küstenabbruch wird an verletzlichen Stellen gestoppt oder verlangsamt	Sandersatz muss regelmäßig wiederholt werden
erheblich naturfreundlicher im Vergleich zu harten Bauwerken	Beeinträchtigung von Lebensräumen bei Sandentnahme und -aufspülung
Verbesserung der natürlichen Übergänge und Dynamik zwischen Land und Meer durch den Slufter	Kosten- und Energieaufwand
Chancen	Gefahren
„Harte“ Küstenschutzbauwerke überwiegend überflüssig	möglicherweise reduzierte Sandverfügbarkeit in der Zukunft
mehr Wertschätzung für Natur durch „Slufter-Erfahrung“	dauerhafte Beeinträchtigung der Lebensräume an der Entnahmestelle möglich
Renaturierung von Strand- und Dünen-Lebensräumen möglich	
eine Klimaanpassung der Insel könnte auch auf längere Sicht so gelingen	

**Kernbotschaft: Sandvorspülungen greifen stark in die Natur ein, aber sehr viel geringer als harte Bauwerke. Sie können eine bewohnte Insel auch in Zeiten des Klimawandels mit vergleichsweise naturangepassten Mitteln erhalten.**

Quellen: Ecomare (o. J.[a]); Baptist (2009); Elias et al. (2012); Löffler et al. (2008); Schoeman (2002)

### 4.3 Dünenentwicklung auf der Halbinsel Skallingen, Dänemark

In diesem Fallbeispiel geht es um einen natürlichen Sandtransport durch Wind und Wasser auf der dänischen Halbinsel Skallingen am Nordende des Wattenmeeres.

#### Warum besteht Handlungsbedarf?

Skallingen ist eine unbesiedelte Halbinsel im Südwesten Dänemarks zwischen Blavand und Esbjerg. Das Gebiet stellt das nördliche Ende des Wattenmeeres dar und steht seit 1979 unter Naturschutz. Naturräumlich betrachtet, handelt es sich um eine Nehrung mit Dünen und Salzwiesen von etwa 12 km Länge und bis zu 2,5 km Breite. Der mittlere Meeresspiegelanstieg beim nahe gelegenen Esbjerg lag während des letzten Jahrhunderts bei gut 1 mm pro Jahr, in den letzten 25 Jahren bei mehr als 4 mm pro Jahr. Man geht davon aus, dass die Salzwiesen auf der Ost-(Wattenmeer-)Seite von Skallingen bei einem Meeresspiegelanstieg von mehr als 6 mm pro Jahr nicht mehr ausreichend Sedimentaufwuchs hätten und verloren gehen würden. Die Westküste Skallingens ist durch Erosion bei Sturmfluten in den letzten 200 Jahren durchschnittlich 3 Meter pro Jahr zurückgewichen; ein Trend, der sich bei beschleunigtem Meeresspiegelanstieg wahrscheinlich verstärken wird.

**Die Küstenlinie auf der Halbinsel Skallingen ist jedes Jahr durchschnittlich drei Meter zurückgewichen**



Abbildung 12: Natürliche Überspülung der Dünen (Overwash) auf der dänischen Halbinsel Skallingen, 2005

## Was wurde unternommen?

Die Nehrung Skallingen hat sich erst vor etwa 350 Jahren nach der Katastrophenflut des Jahres 1634 (der sogenannten „zweiten großen Mandränke“) ausgebildet. Vor etwa 200 Jahren war die sandige Nehrung fast unbewachsen. Natürliche Prozesse und der Bau eines Sanddeiches führten dazu, dass sich nach und nach Dünen und Vegetation ausbreiten konnten. Seit 1900 entwickelten sich hinter bzw. östlich von den Dünen, auf der Wattenmeerseite, Salzwiesen. Der Sanddeich schützte die jungen Salzwiesen hinter den Dünen zusätzlich und verhinderte Überspülungen von der Seeseite.

Vor mehr als 20 Jahren wurde der aktive Küstenschutz auf Skallingen weitgehend eingestellt, da hierzu kein Erfordernis mehr gesehen wurde und eine natürliche Dynamik gefördert werden sollte. Man diskutiert derzeit, eine noch existierende Buhne im Süden der Nehrung zurückzubauen, da sie keine Funktion mehr für den Küstenschutz erfüllt. Das Management von Skallingen zielt heute darauf ab, natürliche Dynamik und Entwicklung ungestört zuzulassen, auch wenn dies lokal zu Erosionen und Uferrückgang führt.

**Jetzt verzichtet man auf Skallingen auf aktiven Küstenschutz**

## Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

Da man auf Skallingen jetzt davon absieht, Küstenschutzmaßnahmen durchzuführen, um eine geschlossene Dünenkette zu erhalten, wird bei Sturmfluten Material durch Wind oder Wasser („Overwash“) vom Vorstrand und Strand durch die Dünen bis zu den Salzwiesen transportiert. In der Folge können sich senkrecht zum Küstenverlauf neue Dünenkämme herausbilden. Untersuchungen zeigen, dass diese Mechanismen zu einer signifikanten lokalen Akkumulation von Sediment in und hinter der Dünenkette führen, wodurch die Nehrung in die Höhe wächst.



Abbildung 13: Beweidete Salzwiese auf der Rückseite (Ostseite) des Dünenürtels der Halbinsel Skallingen, 2010

**Wind und Sturmfluten transportieren Sand auf die Halbinsel, so dass sich neue Dünenkämme bilden und die Nehrung in die Höhe wächst**

**Was lernen wir daraus?**

Die Erfahrungen auf Skallingen zeigen, dass sich Sedimente durch natürliche Overwash-Prozesse und Sandtransport durch Wind auf einer Nehrung – die in Struktur und Größe einer Barriereinsel ähnelt – ablagern. Hierdurch wird die Widerstandsfähigkeit gegenüber dem beschleunigten Meeresspiegelanstieg erhöht. Allerdings können Overwash und Windtransport den durch den Meeresspiegelanstieg an der Außenküste hervorgerufenen Sandhunger nicht ausgleichen und beschleunigen indirekt den Rückgang an der Außenküste. Dieser könnte, wenn erforderlich, aber durch Sandersatz ausgeglichen werden.

Tabelle 5: SWOT-Analyse „Dünenentwicklung auf Skallingen“

Stärken	Schwächen
Verbesserung natürlicher Dünendynamik und wichtiger Lebensräume Transport von Sediment vom Strand über die Dünen in das Hinterland	Sedimenttransport durch Overwash stoppt Erosion an der Außenküste nicht Umsetzung in der Regel nur in unbesiedelten Gebieten machbar
Chancen	Gefahren
verbessertes Mitwachsen einer Halb- bzw. Barriereinsel mit dem Meeresspiegelanstieg und damit Erhöhung der Widerstandskraft	verstärkte Erosion an der Außenküste, da Material langfristig aus diesem Bereich exportiert wird

**Kernbotschaft: Overwash und Windtransport fördern das Höhenwachstum im Inneren einer Halbinsel oder Insel und sind vorteilhaft für die Natur. Sie reichen aber alleine nicht aus für die Klimaanpassung.**

Quellen: Aagaard et al. (1998); Bartholdy et al. (2010); de Groot et al. (2011); Nielsen & Nielsen (2006); Oost et al. (2012); Wikipedia (2015)

## 4.4 Dynamisches Dünen-Management auf der Insel Terschelling, Niederlande

In diesem Fallbeispiel geht es um die Verbesserung der natürlichen Dynamik in einer Dünenlandschaft und des Sandtransports auf die Wattenmeerinsel Terschelling.

### Warum besteht Handlungsbedarf?

Terschelling gehört zu den westfriesischen Wattenmeerinseln und umfasst eines der größten Dünengebiete der Niederlande. Die Dünen dort hatten sich auch durch Auswehungen, Wanderdünen und periodische Überspülungen dynamisch entwickelt. Unterschiedliche Lebensräume entstanden, und Teile der Dünen verjüngten sich immer wieder. Diese natürlichen Prozesse wurden in der Vergangenheit durch Bepflanzungen und andere Maßnahmen unterbunden, da man hierdurch die Dünen und damit die Küstenlinie befestigen wollte. Gleichzeitig wurde der Grundwasserspiegel durch den Bau von Entwässerungssystemen gesenkt. Durch ihren Bewuchs sind die Dünen stark gealtert. Lebensräume wie feuchte Dünentäler wurden durch die Entwässerung selten. Gleichzeitig zeigte sich, dass mit der Befestigung der Dünen auch der Sandtransport vom Strand über den Düngürtel in das Hinterland verhindert wurde. Insgesamt wurde die natürliche Entwicklung stark behindert. Zugleich konnte sich das Gebiet wegen der Unterbindung des Sandtransports weniger gut an den Meeresspiegelanstieg anpassen. Es wurde deshalb nach Möglichkeiten gesucht, auf Terschelling wieder eine natürlichere Dünenentwicklung zu ermöglichen.

**Auf Terschelling sollen  
sich Dünen wieder  
bewegen und naturnah  
entwickeln**

### Was wurde unternommen?

Seit 1990 orientiert sich der niederländische Küstenschutz an einer „Basis-Küstenlinie“. Landverlust hinter dieser Basislinie wird durch Sandersatz ausgeglichen. Zum Schutz gegen den Meeresspiegelanstieg werden seit 2001 zusätzlich Sandpuffer als Teil des „Küstenfundaments“ (d.h. Vorstrand, Strand, Dünen)



Foto: J. Fröhlich

Abbildung 14: Dynamische  
Dünenentwicklung an der  
Nordküste von Terschelling

## Sand weht durch die Dünen in das Hinterland auf die Insel

aufgespült. Gleichzeitig soll vermehrt Sand vom Strand in die Dünen wehen können, um diese auf natürliche Weise zu verstärken. Wo dies ohne Gefährdung der Sicherheit möglich ist, sollen die sich bildenden Auswehungen und Rinnen den Sandtransport in das Hinterland unterstützen. Dieses Konzept wurde auch auf Terschelling angewendet. Seitdem entwickeln sich die Dünen dynamischer und haben an einigen Stellen auch wieder begonnen zu wandern.

Im Nordwesten von Terschelling wurde ein feuchtes Dünental („Eldorado“) durch die Entfernung eines Kiefernwäldchens und anderen Bewuchses renaturiert. Das hat die Düne verjüngt und deren künstliche Befestigung durch Vegetation reduziert. Wie auch manche andere Dünengebiete in den Niederlanden wird das Eldorado-Dünental beweidet. Weiterreichende Maßnahmen, die die Bildung von Wanderdünen ermöglichen sollten, konnten an dieser Stelle aufgrund politischer Widerstände noch nicht umgesetzt werden.

An Terschellings Nordküste sollten sich die vorher künstlich befestigten und verstärkten Dünen auf einem Abschnitt von ca. 5 km wieder dynamisch entwickeln. Im Jahre 1994 schnitt man vier Löcher in die äußere Dünenkette, um so eine Verjüngung zu initiieren. Mit Hilfe von Schilfzäunen entlang dieser Löcher wurden die nordwestlichen Windkräfte in südöstliche Richtung kanalisiert. Seitdem ist über mehrere Jahre hinweg eine beträchtliche Menge Sand vom Strand über die Düne ins Hinterland geweht.

Abbildung 15: Im Nordwesten von Terschelling wurde das Dünental „Eldorado“ renaturiert, indem Bäume und Sträucher entfernt wurden und das Gebiet beweidet wird.



Foto: J. Fröhlich

## Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

In dem Dünengebiet „Eldorado“ ist wieder ein feuchtes Dünental entstanden. Zwar haben sich in der Umgebung kleinere Sandauswehungen entwickelt, doch hat sich hier noch keine großflächigere natürliche Dünendynamik eingestellt. Im Nordosten der Insel hat sich schneller als erwartet eine lebendige Dünenlandschaft entwickelt. Durch den Wind sind große Mengen von Sand 300 bis 400 Meter ins Land geblasen worden, kleinere Mengen auch noch deutlich weiter. Ohne

**Der Sandtransport vom Strand in die Dünenlandschaft trägt dazu bei, dass dieses Gebiet mit dem Meeresspiegelanstieg mitwächst**

weitere Eingriffe haben sich durch Sandauswehungen neue Dünen gebildet. Für die Natur ist dies positiv, besonders für Natura 2000-Lebensräume wie Primär- und Weißdünen. Für den Tourismus gilt dies ebenfalls: 90 % der Besucher gaben in einer örtlichen Umfrage an, eine „lebendige Dünenlandschaft“ lieber zu mögen.

Wichtig ist die Feststellung, dass die dynamische Dünenentwicklung sich nicht negativ auf die Sicherheit der Menschen auf Terschelling bei Sturmflut ausgewirkt hat. Der natürliche Sandtransport vom Strand in die Dünenlandschaft trägt dazu bei, dass dieses Gebiet mit dem Meeresspiegelanstieg mitwächst. Womöglich macht das dynamische Dünen-Management die Küste langfristig gar sicherer.

Anfangs gab es auf der Insel erhebliche Widerstände gegen die Maßnahmen. Besonders, dass die Höhe des äußeren Dünenrings an einigen Stellen verringert wurde und so das Meer vom inneren Dünenring sichtbar wurde, besorgte einige Insulaner. Kritisiert wurde zunächst auch, dass Grünland, das vor langer Zeit einmal für die Landwirtschaft nutzbar gemacht wurde, teilweise mit Sand überweht werden sollte. Diese Widerstände erklären sich nicht zuletzt auch mit der unzureichenden Kommunikation zwischen den Akteuren.



Foto: J. Föhlich

Abbildung 16: Sandtransport vom Strand durch die Dünen in das Hinterland

## Was lernen wir daraus?

In den Niederlanden hat sich das Dünen-Management grundlegend verändert. Anstatt die Dünen durch Bepflanzungen und andere Maßnahmen durchgängig zu stabilisieren, soll die Küste bei gleichbleibender Sicherheit dynamischer werden. Ein wichtiger Teil dieses neuen Managements ist es, den natürlichen Sandtransport vom Strand über die Dünen zu verbessern.

Auf Terschelling zeigte sich, dass ein natürlicher oder zumindest naturnaher Sandtransport vom Strand über die Düne ins Hinterland tatsächlich wieder möglich wurde. Lebensräume wie Primär- und Weißdünen entstanden neu oder

entwickelten sich naturnäher, zusätzlicher Sand gelangte in die Dünenlandschaft und dient hier langfristig der Anpassung an den Meeresspiegelanstieg. Dies jedoch sind eher lokale Auswirkungen. Der „Sandhunger“ an der Außenküste wird so nicht kompensiert, und erfordert ggf. zusätzlichen Sandersatz. Insgesamt jedoch ist das Dünen-Management auf Terschelling ein gutes Beispiel dafür, wie die Wiederherstellung natürlicher Prozesse langfristig auch zur Sicherheit der Menschen beiträgt.

Tabelle 6: SWOT-Analyse  
„Dynamische Dünen auf  
Terschelling“

Stärken	Schwächen
<p>Verbesserung natürlicher Dünendynamik und wichtiger Lebensräume</p> <p>Transport von Sediment vom Strand über die Dünen in das Hinterland</p>	<p>umfassende Umsetzung nur in unbesiedelten Inselbereichen machbar</p> <p>Konflikte mit Landnutzern und traditionellen Sichtweisen</p>
Chancen	Gefahren
<p>Sandtransport ins Innere hilft beim Mitwachsen der Insel mit dem Meeresspiegel</p> <p>Verbesserung des Schutzes vor Überflutungen durch Dünenneubildung</p>	<p>Sandverwehungen können u. U. andere Nutzungen beeinträchtigen</p>

### Kernbotschaft: Dynamisches Management macht Dünengebiete natürlicher und unterstützt zugleich die lokale Klimaanpassung einer Insel.

Quellen: de Jong et al. (2014); Ecomare (o. J. [b]); Löffler et al. (2013); Petersen et al. (2005); Salman & Neut (o. J.); Staatsbosbeheer (2012); Zwart (o. J.)

## 4.5 Der Zandmotor an der niederländischen Nordseeküste

Der „Zandmotor“ ist eine sehr große experimentelle Sandaufspülung an der niederländischen Nordseeküste, um den dort kontinuierlich auftretenden Sandverlusten (Küstenerosion) zu begegnen.

### Warum besteht Handlungsbedarf?

Die Delfland-Küste – eine sandige Küste zwischen Den Haag und dem Rotterdamer Hafen verliert kontinuierlich Sand, der bislang durch regelmäßige Strand- bzw. zuletzt Vorstrandaufspülungen (unter Wasser vor dem Strand) künstlich ausgeglichen wurde. Aufgrund des beschleunigten Meeresspiegelanstieges wird der Sandbedarf zur Stabilisierung dieser Küstenlinie künftig noch steigen.

Der Dünengürtel, der den Hochwasserschutz in diesem Küstenabschnitt sicherstellt, ist besonders schmal. Überdies ist die durch Sturmfluten gefährdete Region mit großen Städten wie Rotterdam und Den Haag dicht besiedelt. Damit verbunden ist ein hoher Nutzungsdruck, der die natürlichen Ressourcen, u. a. das Grundwasser, beeinträchtigt.



Foto: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat/J. van Houdt

Abbildung 17: Der Zandmotor  
im Jahr 2011 kurz nach der  
Aufspülung

**Über 20 Millionen  
Kubikmeter Sand  
wurden in der  
Nordsee von Schiffen  
aufgesaugt und an der  
Küste zu einer 128 ha  
großen Halbinsel  
aufgespült**

### Was wurde unternommen?

Im Jahre 2011 wurde unter Federführung der staatlichen Wasserbehörde Rijkswaterstaat in enger Zusammenarbeit mit der Provinz Süd-Holland eine große Menge Sand in Form einer Halbinsel aufgespült. Diese Maßnahme wird als „Zandmotor“ bezeichnet und ist ein Pilotprojekt, das die Naturkräfte in den Dienst des Küstenschutzes stellen soll. Dabei soll sich der Sand sukzessive entlang der Küste durch Wellen, Tideströmungen und Wind auf natürliche Weise verteilen, um der Erosion langfristig entgegenzuwirken. Eine derart große Sandaufspülung soll an der Delfland-Küste dann nur alle 15–30 Jahre wiederholt werden müssen. Bislang wurden die Strände dort etwa alle 5 Jahre aufgespült.

Die neue Halbinsel erstreckt sich etwa 1 km ins Meer hinaus und ist 2 km breit. Sie hat ein Höhenniveau von bis zu 7 Meter über dem mittleren Meeresspiegel und verfügte anfangs über eine Fläche von 128 ha. Die hierfür benötigte große Menge Sand (21,5 Mio. m<sup>3</sup>) wurde 10 km vor der Küste von Schiffen aufgesaugt und am Ufer aufgespült. Die Kosten der Maßnahme lagen bei 70 Mio. € (d.h. bei „nur“ 3,25 €/m<sup>3</sup>). Sie wurden vom Staat getragen, wobei 12 Mio. € von der Provinz Süd-Holland übernommen wurden.

Der Maßnahmenträger entschied sich für die Aufspülung einer Halbinsel und gegen eine alternative Vorstrandaufspülung, da die Halbinsel zugleich ein Naherholungsgebiet und nicht zuletzt ein (temporäres) naturnahes Habitat aus Strand und Lagunen werden sollte. Zudem wurde das zukünftig mögliche Wachstum der Dünen entlang der Küste bei dieser Variante im Vorfeld am höchsten eingeschätzt. Der Zandmotor soll Grundlage für einen Küstenschutz schaffen, der die Kräfte der Natur nutzt.



Abbildung 18: Der Zandmotor im Jahr 2013. Nach und nach verteilt sich der Sand an der Küste.

Sandaufspülungen haben Auswirkungen auf die Natur, sowohl an der Entnahmestelle wie auch am Ort der Aufspülung und den dadurch beeinflussten Gebieten. Der Zandmotor wird daher durch umfangreiche Untersuchungen begleitet. Dabei soll geklärt werden, ob große und seltenere Sandaufspülungen wie der Zandmotor insgesamt einen geringeren negativen Effekt auf natürliche Prozesse, Habitate und Lebensgemeinschaften haben als kleinere und häufiger durchgeführte Aufspülungen.

### Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

**Wellen,  
Tideströmungen und  
Wind sollen den Sand  
verteilen und dadurch  
den Küstenrückgang  
verlangsamen**

Zur Klärung der Auswirkungen werden in einem Monitoring-Programm u. a. Strömungen und Sandverteilung, Grundwasser, Flora und Fauna, Erholungsnutzung und das Management des Gebietes beobachtet. Erste Ergebnisse aus 2014 deuten darauf hin, dass sich der Sand entlang der Küste wie erwartet verteilt. Die morphologischen Prozesse laufen bisher schneller ab als erwartet: Seit der Aufspülung im Jahr 2011 hat der Zandmotor ca. 2,5 Mio. m<sup>3</sup> Sand an seine Umgebung abgegeben.

Im Vergleich zum ursprünglichen Zustand sind neue Lebensräume dazu gekommen. In Teilbereichen der Halbinsel hat sich Pioniervegetation angesiedelt und es sind Primärdünen entstanden. Gleichzeitig haben Menschen das Gebiet, das vollständig öffentlich zugänglich ist, vermehrt zur Erholung (Spazieren, Schwimmen usw.) genutzt. Obwohl der Zandmotor grundsätzlich nicht befahren werden darf, sind dort regelmäßig Geländewagen „offizieller“ Organisationen unterwegs. Auch deshalb bleibt die natürliche Entwicklung hinter den Erwartungen zurück.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass sehr große Sandaufspülungen wie der Zandmotor stark an die lokalen hydro- und morphodynamischen sowie die ökologischen Verhältnisse angepasst werden müssen. Sie können unter Umständen auch dann eine Option darstellen, wenn noch andere Aspekte in die Gesamtbetrachtung einfließen: etwa die Vermeidung häufigerer Eingriffe in die Natur, die



Abbildung 19: An einigen Stellen siedelt sich auf dem Zandmotor bereits Vegetation an, hier im Jahr 2014. Im Hintergrund ein Kitesurfer.

### **Noch ist unklar, wie die Auswirkungen auf die Natur zu bewerten sind**

Wiederherstellung von seltenen hochwertigen Biotopen oder die Erschließung von touristischen Potenzialen. Die konkrete Ausgestaltung einer Sandaufspülung (Insel, Halbinsel, Vorstrand etc.) ist eine Frage der sozioökonomischen und ökologischen Präferenzen sowie der naturräumlichen Verhältnisse. Insgesamt stellen Sandaufspülungen in dieser Größenordnung ein Naturexperiment dar, dessen langfristige Entwicklung schwer vorhersagbar ist. Eine erste umfassende Bewertung des Pilotprojektes Zandmotor soll 2016 vorgelegt werden.

### **Was lernen wir daraus?**

Da es sich bei der Delfland-Küste um eine geschlossene sandige Küste (ohne Seegats und Watten) handelt, ist die Vergleichbarkeit mit dem Wattenmeer nur bedingt gegeben. Andererseits kann man sie als Beispiel dafür nehmen, wie man mit einer größeren Maßnahme und einem einmaligen Eingriff u. U. viele kleinere, ständig wiederkehrende Eingriffe ersetzen und zudem die Kosten pro Kubikmeter Sand deutlich senken kann. Zwar handelt es sich bei einer solchen Maßnahme um einen erheblichen Eingriff in natürliche Prozesse. Verglichen mit anderen Maßnahmen und regional angepasst könnte sie sich jedoch als ein Anpassungsprojekt an den beschleunigten Meeresspiegelanstieg erweisen, das sich besser an natürliche, wattenmeertypische Prozesse anlehnt. Für eine endgültige Bewertung ist es aber noch zu früh.

Tabelle 7: SWOT-Analyse  
„Zandmotor Niederlande“

Stärken	Schwächen
kosteneffektiver Schutz für die Küste naturfreundlichere Maßnahme im Vergleich zu starren Bauwerken	hohe Investitionen konzentriert an nur eine Stelle Beeinträchtigung von Lebensräumen bei Sandentnahme und -aufspülung Kosten- und Energieaufwand
Chancen	Gefahren
„Harte“ Küstenschutzbauwerke überwiegend überflüssig wirksame Anpassung an den Meeresspiegelanstieg im Einklang mit Naturkräften Renaturierung von Strand- und Dünen-Lebensräumen möglich zusätzlicher Nutzen für Erholung und Tourismus	geringere Wirksamkeit für den Sturmflutschutz als erwartet dauerhafte Beeinträchtigung der Lebensräume an der Entnahmestelle möglich Unsicherheit bzgl. Regeneration der durch die Aufspülung beeinträchtigten Lebensräume sich entwickelnde Natur könnte durch unregelmäßige Nutzung entwertet werden

**Kernbotschaft: Die große Sandvorspülung „Zandmotor“ ist ein Experiment, dessen Auswirkungen noch nicht abschließend bewertet werden können.**

Quellen: Deltares (2013); Lambrechts (2012); Project Nature Coast (o. J.); Province of Zuid-Holland (o. J.); Rijkswaterstaat (2014)

## 4.6 Innovativer Hochwasserschutz auf der Insel Texel, Niederlande

Auf Texel sieht eine Variante einer Küstenschutzplanung die Ertüchtigung eines Deiches durch eine künstlich geschaffene Düne mit Hochwasserschutzfunktion vor.

### Warum besteht Handlungsbedarf?

Texel ist die westlichste der niederländischen Wattenmeer-Inseln und liegt im Norden der Provinz Noord-Holland. Der Hochwasserschutz an der Südostseite (Wattseite) der Insel wird durch Seedeiche gewährleistet. Bei einer Sicherheitsüberprüfung wurde festgestellt, dass an einem etwa 3 km langen Deichabschnitt im Südosten der Insel im Extremfall mit „Piping“ gerechnet werden muss. Dies bedeutet, dass während einer Sturmflut aufgrund des hohen Wasserdruckunterschieds zwischen den beiden Seiten des Deichs Wasser durch grundwasserleitende Schichten unterhalb des Deichs strömt. Dabei bilden sich hier röhrenförmige Hohlräume („pipes“), die im schlimmsten Falle zu einem Deichbruch führen. Um das zu verhindern, muss der Deich verstärkt werden.

### Was soll unternommen werden?

Neben der Möglichkeit einer klassischen Deichverstärkung sieht eine Planungsvariante eine ungewöhnliche Maßnahme vor: die Aufspülung eines Dünen- und Strandstreifens sowie einer Art vorgelagerter Nehrungshaken und einer Sandinsel mit einem Gesamtvolumen von etwa 6,7 Mio. m<sup>3</sup> vor dem bislang direkt am Watt („schar“) liegenden Asphaltdeich. Der dafür notwendige Sand soll außerhalb des Wattenmeeres in der Nordsee entnommen werden. Die neue Düne würde die Hochwasserschutzfunktion des Deiches komplett übernehmen, d. h., der Sicherheitsstandard würde künftig nur durch die Düne gewährleistet. Da bei dieser

**Vor einem Asphaltdeich ist die Aufspülung von Strand und Dünen sowie einer Sandnehrung geplant**



Abbildung 20: Vor diesem Asphaltdeich sieht eine der Planungsvarianten für dessen Verstärkung die Aufspülung eines Dünenstreifens sowie die Schaffung einer vorgelagerten Salzwiese vor.

Maßnahme geschützte Wattgebiete überbaut werden müssten, soll der Eingriff nach den vorliegenden Planungsentwürfen durch eine künstlich geschaffene Salzwiese zwischen der Düne und dem Nehrungshaken kompensiert werden. Der Nehrungshaken und die Sandinsel sollen durch ein künstlich angelegtes Austernriff gegen Abbruch geschützt werden.

Abbildung 21: Entwurf einer geplanten Sandaufspülung (hellbraun und braun) mit Salzwiese (lila) und Austernriffen (rosa) im Südosten von Texel

In etwa 400 m Entfernung vom Deichfuß verläuft derzeit ein tiefer Priel, der sich tendenziell in Richtung Küste verlagert und damit die ganze Konstruktion gefährden könnte. Diese potenzielle Gefährdung soll durch Erosionsschutzmaßnahmen an der Flanke der Rinne behoben werden. Insgesamt wird für diese Variante mit Kosten in Höhe von ca. 90 Mio. € gerechnet.



Durch die Maßnahme würden wertvolle Naturflächen vor dem Deich entstehen, doch würden zugleich geschützte Wattflächen überbaut

## Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

Die Maßnahme ist noch in der Planungsphase. Es werden derzeit mehrere Varianten diskutiert, um den Hochwasserschutz herzustellen, darunter auch klassische wie die Ertüchtigung des bestehenden Deiches. An der hier beschriebenen Variante wird kritisiert, dass durch sie ein künstliches Habitat geschaffen werden würde, das natürlicherweise in dieser Form auf der Wattseite einer Insel nicht vorkommen würde. Die künstlich geschaffenen Lebensräume (Düne, Strand, Salzwiese und Austernriff) würden zudem die Wattflächen entsprechend verkleinern. Es wird aber auch angemerkt, dass die Umsetzung dieser Variante – im Vergleich zum aktuellen Asphaltdeich bzw. zu einer Ertüchtigung dieses Deiches – das Gebiet im ökologischen und touristischen Sinne aufwerten würde.

## Was lernen wir daraus?

Auf Texel, wie in den Niederlanden insgesamt, werden in der Küstenschutzplanung auch ungewöhnliche Lösungen, wie die beschriebene Maßnahme, in die Überlegungen einbezogen. Selbst wenn diese nicht oder nicht in der beschriebenen Weise umgesetzt werden sollte, zumal sie auch aus Naturschutzgründen Anlass zu Kritik gibt, so kann doch schon die Diskussion darüber zu mehr Offenheit gegenüber naturverträglichen Lösungen bei Klimaanpassung und Küstenschutz führen.

Künstliche Dünen können auch vor Deichen für zusätzlichen Hochwasserschutz sorgen

Wichtig ist hier besonders, dass auch Dünen ausreichenden Hochwasserschutz gewährleisten können und Deiche ergänzen können bzw., wie sich auf vielen Inseln mit Schutzdünen zeigt, auch ersetzen können. Wesentlicher Bestandteil bei einer Maßnahme, wie der hier vorgestellten, ist eine „Sturmflut-Verschleißreserve“, die je nach Standort von Zeit zu Zeit durch Sandaufspülungen wiederherzustellen ist. Die Überbauung von nach der EU-Habitat-Richtlinie geschützten Wattflächen oder Salzwiesen würde jedoch den Bedarf an sog. Kohärenzmaßnahmen nach sich ziehen, also die Wiederherstellung gleichartiger Lebensräume. Dies ist in der Praxis schwer zu verwirklichen.

Tabelle 8: SWOT-Analyse „Innovativer Hochwasserschutz auf Texel“

Stärken	Schwächen
naturnähere Lösung im Hochwasserschutz integrative Win-Win-Lösung, von der Küstenschutz, Naturschutz und Tourismus Vorteile haben könnten	sehr kostenintensiv hoher Unterhaltsbedarf Verlust von Wattflächen Riffe aus Pazifischen Austern sind kein natürlicher Lebensraum im Wattenmeer
Chancen	Gefahren
wertvolle Lebensräume könnten entstehen Akzeptanz für innovative Lösungen wird erhöht Maßnahme kann flexibel an geänderte Klimabedingungen angepasst werden	wertvolle Lebensräume könnten verloren gehen Überbauung der Wattflächen erfordert Kohärenzmaßnahme Erosion des Hochwasserschutzdüne könnte höher als erwartet ausfallen

## Kernbotschaft: Innovative Küstenschutzplanungen beziehen naturnahe Schutzelemente wie Hochwasserschutzdünen ein.

Quellen: Baptist (2009); Ecomare (o. J. [a]); Elias (2012); Löffler (2008); Schoeman (2002); Witteveen & Bos (2011)

## 4.7 Sommerpolder-Öffnung auf der Insel Langeoog, Deutschland

In diesem Fallbeispiel geht es um die Öffnung eines Sommerpolders durch einen fast vollständigen Rückbau des Sommerdeiches und die damit verbundene Renaturierung von Salzwiesen und deren verbesserte Klimaanpassungsfähigkeit auf der ostfriesischen Wattenmeerinsel Langeoog.



Foto: N. Hecker/Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer 2013

Abbildung 22: Der renaturierte  
Langeooger Sommerpolder

### Warum besteht Handlungsbedarf?

Der auf der Wattseite von Langeoog gelegene Sommerpolder wurde in den Jahren 1934–35 eingedeicht, um seinerzeit das Weidevieh vor Sommerfluten zu schützen. Das Gebiet wurde damals auf insgesamt 5,5 km Länge durch einen Sommerdeich in einer Höhe von ca. 2,0–2,2 m über NHN eingefasst. Bis 1992 wurde es intensiv beweidet.

Durch die Eindeichung wurden jedoch große Teile der ursprünglichen Salzwiesen auf der Wattseite der Insel verändert. Der Sommerpolder wurde nun nur noch bei Sturmfluten ca. 20–25 Mal pro Jahr überflutet. Das hatte den Salzwassereinfluss deutlich reduziert und die Anteile der Lebensgemeinschaft der niedrigen und mittleren Salzwiese entsprechend verringert.

Den Anstoß zum Rückbau des Sommerdeichs gab 1994 die Genehmigung einer Erdgas-Pipeline („Europipe“) aus Norwegen, die zwischen Baltrum und Langeoog das Wattenmeer quert und die ausgeglichen werden musste. Die durch eine Öffnung des Deiches zu erwartende Renaturierung von Salzwiesen galt als eine der hierfür geforderten Kompensationsmaßnahmen.

**Verloren gegangene  
Salzwiesen wurden  
durch eine Öffnung  
des Sommerdeiches  
renaturiert**

## Was wurde unternommen?

Nach mehrjähriger Diskussion wurde der Plan für die Sommerpolder-Öffnung 2001 fertiggestellt. In den Jahren 2003–04 wurde er umgesetzt und zwei Sielbauwerke im Sommerdeich entfernt. Der Sommerdeich wurde sodann auf einer Länge von 3 km vollständig bis auf Oberflächenniveau zurückgebaut. Mit dem Material wurde der an den ehemaligen Deich angrenzende künstliche Entwässerungsgraben verfüllt. Im Rahmen der Maßnahme wurden auch Reste ehemaliger Priele reaktiviert, Prielverfüllungen durchstoßen und mit deren Material die Entwässerungsgräben teilweise geschlossen. Um auch nach dem Rückbau des Sommerdeiches die dauerhafte Anbindung des Ostens der Insel sicherzustellen, wurde die nördlich an die Maßnahmenfläche angrenzende Wegetrasse auf eine Höhe von 3,2 m über NHN erhöht. Aufgrund des vollständigen Rückbaus des größten Teils des Sommerdeiches und damit der Wiederherstellung des Salzwassereinflusses in dem Gebiet können sich nun 218 ha Salzwiese naturnah entwickeln.



Foto: J. Bunje/Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, 2007

Abbildung 23: Ehemaliger Sommerpolder bei leicht erhöhter Tide

## Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

Die Maßnahme wurde anfänglich von Naturschutzverbänden und auf der Insel selbst kritisiert. Der Naturschutz bewertete sie als unzureichenden Ersatz für die durch den Bau der Gaspipeline beeinträchtigte Natur. Zudem wurde kritisiert, dass mit der Maßnahme auch ein Weg bzw. Fahrdamm erhöht werde, unter der Siele hindurchgehen sollten. Mit den Sielen sollte ein Salzwassermanagement der dahinter liegenden Salzwiesenbereiche betrieben werden. Die Siele wurden aber selbst als Eingriff in die Natur gewertet. Dadurch wurde auch der Salzwassereinfluss auf andere Inselteile unterbunden, wodurch Salzwiesenpflanzen verdrängt worden sind. Allerdings wäre der Rückbau des alten Sommerdeiches ohne die gleichzeitige Erhöhung des Fahrdamms nicht durchsetzbar gewesen, was die Bedeutung von Kompromissen bei der Realisierung solcher Maßnahmen verdeutlicht.

**Typische  
Salzwiesenpflanzen  
und seltene Vogelarten  
finden im ehemaligen  
Sommerpolder wieder  
ein Zuhause**

Unmittelbar vor und nach Umsetzung des Projekts gab es in dem Gebiet verschiedene Untersuchungen und Monitorings, u. a. zu Vegetation und Sedimenten. So wurde die Vegetation noch vor der Öffnung des Sommerdeiches 2002 flächendeckend kartiert. Dabei zeigte sich, dass sich in der Vergangenheit durch das weitgehende Fehlen der Überflutungen nach der Eindeichung vor allem Pflanzen der oberen Salzwiese ausgebreitet hatten. Eine Kartierung im Jahr 2005 zeigte dann, dass sich mit der Wiedervernässung vor allem die typischen Arten der unteren Salzwiese und der Übergangsbereiche zum Watt ausgebreitet hatten. Diese Entwicklung hat eine weitere Kartierung 2013 bestätigt.



Foto: J. Bunje/Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, 2008

Abbildung 24: Beginnender Zerfall der Struktur aus geraden Entwässerungsgruppen in der Maßnahmenfläche

Seit 2005 finden auch sedimentologische Untersuchungen statt. Demnach lagen die Sedimentationsraten im Zeitraum 2005–2007 durchschnittlich zwischen 19 mm pro Jahr in der Pionierzone und 3,4 mm pro Jahr in der hohen Salzwiese bzw. insgesamt bei durchschnittlich 4,1 mm bzw. umgerechnet 9.000 m<sup>3</sup> pro Jahr.

Insgesamt schränken die noch bestehenden alten Entwässerungsstrukturen die natürliche Entwicklung der Fläche ein. Obwohl deren Betrieb eingestellt wurde, verfallen sie nur allmählich (vgl. Abb. 24). Was die Naturnähe anbelangt, blieb die Maßnahme zwar hinter den Erwartungen zurück, die Vegetation hingegen entwickelt sich im vollem Umfang zu Salzwiesen. Auch die Vogelwelt hat profitiert: Die anfängliche Sorge, dass die sommerlichen Überflutungen die Möwenkolonien und andere Brutvögel in Mitleidenschaft ziehen könnten, blieb unbegründet. Im Gegenteil. Die Bestände der meisten Brutvogelarten sind gewachsen. Viele neue Arten, darunter Seltenheiten wie Löffler, Schwarzkopfmöwe oder die Lachseeschwalbe haben sich im dynamischen, ungenutzten Lebensraum angesiedelt.



Abbildung 25: Ehemalige Sommerdeichtrasse und dahinterliegende Salzwiesenentwicklung 10 Jahre nach dem Rückbau, 2014

**In der Salzwiese lagern sich wieder Meeressedimente ab, sie wächst so in die Höhe**

### Was lernen wir daraus?

Die häufigeren Überflutungen der Salzwiese infolge des Rückbaus des Sommerdeiches haben auf Langeoog nachweislich zu einer deutlichen Zunahme der Sedimentakkumulation und damit zu einer erhöhten Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel beigetragen. Die Salzwiese kann wieder mitwachsen. Die Maßnahme hat die weitgehende Wiederherstellung einer naturnahen Salzwiese (mit Ausnahme von Teilen der Entwässerungsstrukturen) ermöglicht. Sie ist ein gutes Beispiel für die Renaturierung von anthropogen veränderten Lebensräumen im Wattenmeer.

Die rechtlichen Anforderungen in Verbindung mit Kompromissen zwischen den verschiedenen Akteuren haben dazu geführt, dass auf Langeoog die bislang größte Sommerdeich-Öffnung in Verbindung mit einer Renaturierung von Salzwiesen im deutschen Wattenmeer umgesetzt werden konnte.

Die Wissenschaft hat nun Gelegenheit, auch über längere Zeit die Entwicklung der betroffenen Salzwiese zu untersuchen, sowohl hinsichtlich der Natürlichkeit und der Artenvielfalt wie auch hinsichtlich ihres Beitrags zur Klimaanpassung der Insel Langeoog.

Obwohl es im schleswig-holsteinischen Wattenmeer keine Sommerpolder wie auf Langeoog gibt, können die Erkenntnisse hinsichtlich Überflutungshäufigkeit und Akkumulation auf die Halligen übertragen werden.

Tabelle 9: SWOT-Analyse  
„Sommerpolder-Öffnung  
Langeoog“

Stärken	Schwächen
<p>Zunahme des Höhenwachstums infolge gestiegener Überflutungshäufigkeit, d. h. höhere Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel</p> <p>Erhöhung von Naturnähe und Artenvielfalt</p> <p>Kompromisse zwischen Beteiligten ermöglichen positives Beispiel</p>	<p>Die Natürlichkeit der renaturierten Salzwiese bleibt dadurch begrenzt, dass Teile der Entwässerungsstrukturen (vor allem die Gruppen) nicht sinnvoll zurückgebaut werden können</p>
Chancen	Gefahren
<p>langfristige Erhöhung von Naturnähe und Artenvielfalt</p> <p>Forschung zur Renaturierung von Salzwiesen kann aus dem Projekt lernen</p> <p>Erhöhung der Akzeptanz von (Sommer-) Deichöffnungen andernorts</p> <p>Insel Langeoog wird in ihrer Naturnähe noch attraktiver</p>	<p>Polarisierung von Meinungen, bei ungenügender Kommunikation</p>

### Die Öffnung des Sommerpolders führt zu einer höheren Anpassungsfähigkeit der renaturierten Salzwiesen, ohne die Sicherheit der Inselbewohner zu gefährden.

Quellen: Barkowski & Freund (2006; 2011); Barkowski et al. (2009); Bauermann (2001); BUND & WWF (2001); Freund (2013); Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer (mündl. Mitteilung)

## 4.8 Sommerdeich-Öffnung am friesischen Festland, Niederlande

Das Projekt „Noord-Friesland Buitendijks“ umfasst die Öffnung eines Sommerpolders zur Renaturierung von Salzwiesen am Festland der niederländischen Wattenmeerküste in der Provinz Friesland.

### Warum besteht Handlungsbedarf?

Anfang des 20. Jahrhunderts sind durch Eindeichungen von Salzwiesen nördlich von Leeuwarden, an der friesischen Wattenmeer-Küste der Niederlande, große Sommerpolder für die Landwirtschaft entstanden. Dadurch gingen jedoch Salzwiesen verloren. Durch die nun selteneren Überflutungen wachsen diese Gebiete nur in geringerem Maße mit dem Meeresspiegel in die Höhe.

### Was wurde unternommen?

Teile der verloren gegangenen Salzwiesen in „Noord-Friesland Buitendijks“ sollen durch Sommerdeich-Öffnungen renaturiert werden. Weiterhin sollen durch die Wiederherstellung von regelmäßigen Überflutungen der Sedimentimport und dadurch das Höhenwachstum der seit etwa 100 Jahren eingedeichten Sommerpolder verbessert werden. So sollen die Maßnahmen auch zum Küstenschutz und zur Anpassung an den steigenden Meeresspiegel beitragen.

Große Teile des Gebietes (insgesamt 4.000 ha Sommerpolder und Salzwiesen) wurden dazu von der Naturschutzorganisation *It Fryske Gea* mit Unterstützung durch öffentliche Mittel erworben. In einem ersten Pilotprojekt wurde im

Das Höhenwachstum des Polders ist in der Nähe der neu angelegten Priele am größten



Abbildung 26: Priel im ehemaligen Sommerpolder „Noard-Fryslân Bûtendyks“. Durch mehrere neu angelegte Durchlässe im Sommerdeich gelangen Salzwasser und Sediment über Priele in den renaturierten Polder. Das Gebiet wird beweidet.

September 2001 der Sommerdeich eines etwa 130 ha großen Sommerpolders an drei Stellen jeweils auf einer Breite von 20 bis 40 m geöffnet, um den Tideeinfluss wiederherzustellen. Im Bereich der Öffnungen wurden zuvor drei mäandrierende Priele (jeweils 5 bis 10 m Breite) ausgehoben. Das Geländeniveau im Polder liegt zwischen 0,3 und 0,8 m über dem mittleren Tidehochwasser (MThw).

Durch die Sommerdeich-Öffnung entwickelte sich in dem Pilotgebiet wieder eine Salzwiesenvegetation. Das Gebiet wird mit Rindern und Pferden beweidet. Der Einfluss der Beweidung auf Pflanzen, Tiere und das Höhenwachstum wurde wissenschaftlich untersucht. Dabei wurde mit unterschiedlichen Beweidungsintensitäten experimentiert.

Eine wichtige Vorgabe für das Pilotprojekt war, die Bedingungen für rastende Wildgänse zu verbessern. Gleichzeitig soll der Tideeinfluss das Höhenwachstum im ehemaligen Sommerpolder verbessern, um mit Bodenverdichtung, Meeresspiegelanstieg und Landsenkungen Schritt zu halten. Dabei musste die Sicherheit gewährleistet sein, d. h. die Überflutungshäufigkeit und -dauer soll sich in den angrenzenden Poldern nicht verändern.

Abbildung 27: Versuchsfläche im ehemaligen Sommerpolder „Noard-Fryslân Bûtendyks“



## Im tidebeeinflussten Polder wird der Einfluss extensiver Beweidung auf Tiere und Pflanzen sowie das Höhenwachstum wissenschaftlich untersucht

### Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

In dem Pilotgebiet haben sich schrittweise wieder Salzwiesenpflanzen etabliert, obwohl sich die Salzwiese noch nicht vollständig entsprechend der Höhenlage entwickelt hat. Die Ergebnisse der Begleitforschung zeigen, dass sich unter einem Beweidungsregime ein Mosaik aus kürzerer und längerer Vegetation bildet. Während die Ziele erreicht wurden, die man sich für die Entwicklung der Salzwiese gesetzt hatte, gilt dies noch nicht für die Ziele, die sich mit der Vogelwelt verbinden. Die Gründe dafür sind wohl u. a. auf die noch zu intensive Beweidung zurückzuführen.

Das Höhenwachstum ist in den niedrigen Teilen der Salzwiese und in der Nähe der Priele am größten, wobei hierfür die Entfernung zum Priel offenbar eine größere Rolle spielt als die Entfernung zur Öffnung im Deich. Außerdem nahm das Höhenwachstum nicht linear mit der Überflutungshöhe bzw. der Stärke von Sturmfluten zu. Unter unbeweideten Bedingungen (also bei höherer Vegetation) wuchs die Salzwiese etwas schneller auf als bei Beweidung. Allerdings unterschied sich die Menge des abgesetzten Sediments unter den beiden Bedingungen (unbeweidet/beweidet) kaum. Wahrscheinlich hatte der Vertritt von Weidetieren die Bodenverdichtung verstärkt und das Höhenwachstum reduziert. In den letzten 10 Jahren lag das Höhenwachstum in dem Pilotgebiet bei etwa 7 mm/Jahr, d. h., das Gebiet kann, im Gegensatz zu den geschlossenen Sommerpoldern, mit dem Meeresspiegelanstieg der Vergangenheit (2 mm/Jahr) Schritt halten. Langfristig wird erwartet, dass das Höhenwachstum durch die Sommerdeich-Öffnung jenes Defizit ausgleichen kann, das durch die Eindeichung in den letzten 100 Jahren entstanden ist.

Das Renaturierungsprojekt ruft bei einigen Anwohnern auch Kritik hervor, da man die Sommerpolder einst mühsam vom Wattenmeer abgetrennt hatte. Auch Naturschutzgruppen vor Ort sind besorgt. Sie befürchten, dass sich durch die Maßnahme die Bedingungen für Brutvögel wie Uferschnepfen und Säbelschnäbler verschlechtern könnten.

## Die Salzwiesen wachsen wieder mit dem Meeresspiegelanstieg mit

### Was lernen wir daraus?

Die Öffnung des Sommerpolders Noord-Friesland Buitendijks ist Ausdruck eines sich schon seit Langem verändernden Verständnisses von Landbewirtschaftung, Natur und Wassermanagement in den Niederlanden und steht für ein stärkeres „Leben mit dem Wasser“. Eine Diskussion darüber beginnt auch in den anderen Wattenmeer-Regionen.

Unabhängig von den Einzelheiten des Managements im Pilotgebiet wird deutlich, dass durch die Öffnung des Sommerdeiches verstärkt Sedimente in das dahinter liegende Gebiet eingetragen werden, das auf diese Weise mit dem steigenden Meeresspiegelanstieg in die Höhe wächst.

Die Renaturierung von Sommerpoldern braucht Zeit. Das gilt auch für die aufwendige Vorplanung mit den betroffenen Akteuren. Selbst nach der Umsetzung der Maßnahme kann es lange dauern, bis deren Ziele (Salzwiese, Höhenlage) erreicht werden. Da sich in Schleswig-Holstein keine Sommerpolder vor den Deichen am Festland befinden, ist das Beispiel nicht direkt übertragbar. Möglicherweise aber lassen sich aus ihm Hinweise für die Halligen gewinnen.

Tabelle 10: SWOT-Analyse  
„Sommerdeich-Öffnung in  
Friesland“

Stärken	Schwächen
Erhöhung von Naturnähe und Artenvielfalt durch Renaturierung von Salzwiesen Zunahme des Höhenwachstums infolge häufiger Überflutungen, d. h. höhere Anpassungsfähigkeit an den Meeresspiegelanstieg	Konflikte mit Landnutzern und Anwohnern Zielkonflikte im Naturschutz aufwendige Planung, Beteiligung und Umsetzung
Chancen	Gefahren
Forschung zur Renaturierung von Salzwiesen durch Sommerdeich-Öffnung kann künftige Projekte optimieren mehr Wertschätzung für Natur nach Renaturierung Erhöhung der Akzeptanz von (Sommer) Deichöffnungen andernorts	auf kürzere Sicht höheres Risiko für Brutvögel durch häufigere Überflutungen durch zu intensives Management Gefahr der Verwicklung in dauerhaft erforderliches teures Pflege-Management Polarisierung von Meinungen bei ungenügender Kommunikation

### Kernbotschaft: Salzwiesen wachsen nach Öffnung von Sommerdeichen durch Sedimentation mit dem Anstieg des Meeresspiegels.

Quellen: Esselink et al. (2007); Bakker (2014); It Fryske Gea (2014)

## 4.9 Renaturierung von Wallasea Island, England

Wallasea Island steht synonym für die Renaturierung und Wiederherstellung von Küstenmarschen bzw. Salzwiesen an der englischen Ostküste.

### Warum besteht Handlungsbedarf?

Südost-England hat in der Vergangenheit viele Naturgebiete an seiner Küste verloren (Salzwiesen an „weichen“ Küsten ebenso wie Kliffs). Diese Region ist in besonderem Maße von Küstenabbruch (Erosion) betroffen. Die einstige Landgewinnung und nicht zuletzt die beschleunigte Erosion haben dort in den letzten Jahrhunderten zu einem Verlust von über 90 % der tidebeeinflussten Küstenmarschen (Salzwiesen) geführt.

Konkreter Auslöser für den Beginn des Wallasea Island-Projektes war die Auffassung des Europäischen Gerichtshofs, wonach der Verlust von Küstenlebensräumen, der in diesem Fall durch Hafenerweiterungen entstanden war, ausgeglichen werden müsse. Diese seien also an anderer Stelle wiederherzustellen.

### Was wurde unternommen?

Um die stark bedrohten Salzwiesen zu retten, wurde an vielen Orten in Großbritannien nach Möglichkeiten für Deichrückverlegungen gesucht („managed realignment“). Viele derartige Maßnahmen wurden auch umgesetzt (vgl. Anhang, nur im pdf-Download). Wallasea Island ist das Gebiet mit der größten vergleichbaren Maßnahme. Die rund 800 ha große Halbinsel liegt an der Küste von Essex nördlich der Themse-Mündung. Ihre Landoberfläche liegt bis zu 2 m unterhalb des mittleren Meeresspiegels. Das Gebiet war zuletzt eine intensiv genutzte Agrarlandschaft mit nur noch geringen Naturwerten (vgl. Abb. 30 im rechten Teil). Der Hauptdeich an der Nordküste war zudem in schlechtem Zustand. Die Gefahr eines Deichbruchs bestand.

In Südost-England gingen 90 % der tidebeeinflussten Küstenmarschen bzw. Salzwiesen verloren



Abbildung 28: „Wallasea Island Wildcoast“: renaturierte Inseln, Priele und Lagunen kurz vor Öffnung des Deiches und Wiederherstellung des Salzwassereinflusses, 2015

## Durch die Öffnung und Rückverlegung von Deichen entstehen wieder Salzwiesen und Wattflächen

---

Die Maßnahmen auf Wallasea Island wurden in Teilen bereits realisiert (Teil 1), in (größeren) Teilen sind sie noch in Vorbereitung bzw. Umsetzung (Teil 2). Insgesamt sollen die Ziele durch die Rückverlegung bzw. Öffnung der Deiche sowie der Schaffung von Salzwiesen, Wattflächen und anderen Lebensräumen (teils auch durch von außen zugeführtes Material) erreicht werden. Dies erfolgte bzw. erfolgt in zwei zeitlich getrennten Schritten:

**Teil 1, Projekt „Wallasea Island Wetlands“:** In einem ersten, kleineren Projekt wurde an der Nordküste von Wallasea Island ein Deich rückverlegt, indem ein neuer, höherer Deich 400 m landseitig vom alten Deich gebaut wurde. Der alte Deich wurde dann an sechs Stellen durchbrochen. Durch den Einfluss der Tide entstanden daraufhin Wattflächen und Salzwiesen auf einer Fläche von 115 ha, die sich als wertvolles Nahrungs- und Rastgebiet für Wat- und Wasservögel erweisen. Außerdem hat das Gebiet eine Küstenschutzfunktion, da es in Abhängigkeit von der Sturmfluthöhe die Wellenenergie vor dem neuen Deich und damit die hydrologische Belastung des Deiches reduziert. Damit verringert sich der Unterhaltungsaufwand des neuen Deiches. Je nach erforderlichem Schutzstandard kann der Deich auch niedriger gebaut werden.

2005 wurde zunächst landeinwärts ein neuer Deich erbaut. Aufgrund der geringen Geländehöhe verfüllte man das Gebiet vor dem neuen Deich mit 550.000 m<sup>3</sup> Baggergut aus einer Hafenerweiterung, damit sich Salzwiesen entwickeln konnten. Das Gelände wurde auf ein Niveau von etwas unterhalb des mittleren Springtidehochwassers aufgespült. Dabei wurden sieben Inseln angelegt und Priele ausgehoben, um Sedimentationsprozesse zu fördern. 2006 öffnete man den alten Seedeich an sechs Stellen und setzte so das Gebiet wieder den Gezeiten aus.

## Der rückverlegte Deich ist günstiger im Unterhalt

---

Der britische Staat, dem das Land gehört, finanzierte das Projekt. Die Kosten beliefen sich auf rund 9,3 Mio. €. Noch vor der Auswahl von Wallasea Island als Maßnahmensgebiet wurden Voruntersuchungen und ein umfangreicher Beteiligungsprozess durchgeführt. Betreut wird das Gebiet von der Royal Society for the Protection of Birds (RSPB).

**Teil 2, Projekt „Wallasea Island Wildcoast“:** Inzwischen wird das vorgenannte Projekt Teil einer neuen, größeren Maßnahme, die bereits in der Umsetzung, aber noch nicht abgeschlossen ist. Auf der gesamten Halbinsel soll nun ein sehr großes menschengemachtes Naturreservat entstehen. Dazu soll zusätzlich zur oben beschriebenen Maßnahme ein Großteil der übrigen Halbinsel renaturiert werden. Wattflächen, Salzwiesen, Lagunen sowie beweidete, brackige Marschen und Grünland werden dort entstehen, wo sie vor 400 Jahren bereits waren.

Die Planungen wurden nach einer umfangreichen öffentlichen Beteiligung in der Region im Jahr 2009 genehmigt. Die Arbeiten sollen 2020 abgeschlossen sein und insgesamt 52 Mio. € kosten.

Zur Anhebung des Geländeniveaus und Modellierung der Landschaft sollen insgesamt 3 Mio. Tonnen Aushub aus einem Londoner Tunnelbauprojekt verwendet werden. Auch im Hauptteil der Halbinsel soll dann der Tideeinfluss wiederhergestellt werden. Um mögliche negative Auswirkungen einer unkontrollierten Flutung (vor allem auch im Umfeld) zu vermeiden, soll das Einströmen der Tide kontrolliert werden. Die bestehenden Seedeiche bleiben dabei überwiegend erhalten.



Abbildung 29: Sicht auf Salzwiesen und Wattflächen des „Wallasea Island Wetlands“-Projektes. Im Hintergrund eine der Deichöffnungen an der Nordseite der Halbinsel, 2008

Im Gebiet ist ein Besucherzentrum und fünf Aussichtsplattformen geplant, von denen man das Gelände übersehen und Vögel beobachten kann. Ein Netz aus 15 km Fußwegen wird dafür sorgen, dass Besucher die sich neu entwickelnde Natur erleben können. Dabei spielt auch die Nähe zu London eine große Rolle, soll doch das neue Wallasea Island eine wichtige Funktion für die Naherholung übernehmen.

### Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

Die Suche und Auswahl eines Projektgebiets, das allen Anforderungen entspricht, war zeitaufwendig und kostenintensiv, bis die Entscheidung zugunsten von Wallasea Island fiel. Als entscheidender Schlüssel zum Gelingen des Projekts galt die frühe und umfassende Beteiligung der Öffentlichkeit, von Naturschutzverbänden, den Hafenbehörden und dem Baggerunternehmen.

Die bisherigen Ergebnisse des Monitorings bei dem bereits umgesetzten Projekt an der Nordküste von Wallasea Island zeigen, dass die Deich-Öffnungen und Priele stabil sind. Obwohl die neue Salzwiese noch jung ist, erfüllt sie bereits viele ihrer Funktionen. Mit ihren Priele ist sie Nahrungsraum für Vögel und Fische und dämpft die Wellenenergie. Das Höhenwachstum des Gebiets lag im ersten Jahr bei 100 mm und in den darauffolgenden bei 30–50 mm pro Jahr. Die Wattflächen wurden bereits im ersten Jahr von typischen Wattbodenbewohnern besiedelt. Bereits vier Jahre nach Öffnung des Deichs waren die höheren Bereiche nahezu vollständig von Salzwiesenpflanzen besiedelt. In den ersten Wintern nutzten deutlich mehr Wat- und Wasservögel das Gebiet als Nahrungs- und Rastgebiet (10.000–12.000 mehr Individuen als zuvor).

**Die neue Salzwiese wird Nahrungsraum für Vögel und Fische und dämpft die Wellenenergie**



Abbildung 30: Luftbild von der Deichrückverlegung „Wallasea Island Wetlands“ (Teil 1 des Projektes) an der Nordküste der Halbinsel

## Was lernen wir daraus?

Das Beispiel ist grundsätzlich auf das Wattenmeer übertragbar: Es zeigt die ganze Bandbreite von Planungs- und Managementaufgaben, die bei einer Deichrückverlegung zu bewältigen sind. Die Maßnahme zielt vordringlich auf die Renaturierung eines Marschgebiets ab. Darüber hinaus erhöht sie in dem ausgedehnten Gebiet die Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Meeresspiegelanstieg durch verstärkte Akkumulation und trägt damit auch zur Klimaanpassung bei. Das ganze Projekt ist Beispiel einer gelungenen Partnerschaft zwischen staatlichen Stellen (Planung, bauliche Umsetzung) und einer privaten Naturschutzorganisation (laufendes Management, Gebietsbetreuung). Nach der vollständigen Umsetzung der Planung wird ein großes Naturreservat neu entstanden sein, das in Teilen die frühere Natur an dieser Stelle wiederherstellt.

Sowohl die Planung als auch die bauliche Umsetzung hat aufgrund der Dimension der Maßnahmen Pioniercharakter. Das betrifft die Vorplanung und öffentliche Beteiligung, aber auch technische Details wie die Regulierung des Salzwassereinflusses sowie das Schutzgebietsmanagement. Die vielfältigen Synergieeffekte zwischen Naturschutz, Küstenschutz, Klimaanpassung, Erholung und Tourismus machen das Projekt besonders interessant. Für das Wattenmeer kann Wallasea Island dann ein interessantes Beispiel sein, wenn evtl. in der Zukunft die Renaturierung eines nicht bewohnten Kooges geplant werden sollte.

**Eine Win-win-Situation  
für Naturschutz,  
Küstenschutz,  
Klimaanpassung,  
Naherholung und  
Tourismus**

Interessant ist, dass solche Lernprozesse in beide Richtungen möglich sind: Akteure aus England hatten im Vorfeld der von ihnen geplanten Maßnahmen bei Wallasea Island das Holmer Siel in Schleswig-Holstein besichtigt. Über dieses erfolgt in großem Maßstab ein Meerwassereinstau im Tiderhythmus in das Salzwasserbiotop des Beltringharder Kooges.

Tabelle 11: SWOT-Analyse  
„Wallasea Island“

Stärken	Schwächen
<p>großflächige Renaturierung von Küstenlebensräumen für bedrohte Arten aus Watt, Salzwiesen und Lagunen</p> <p>Zunahme des Höhenwachstums infolge häufiger Überflutungen, d. h. höhere Anpassungsfähigkeit an den Meeresspiegelanstieg</p> <p>Schaffung von Naherholungsgebiet</p> <p>Synergien zwischen Naturschutz, Küstenschutz, Naherholung und anderen Bauprojekten</p>	<p>hoher finanzieller und technischer Aufwand für Planung, Umsetzung und Management des Gebiets</p> <p>künstliche Erhöhung des Geländes mit Material aus einem anderen Gebiet (Eingriff)</p> <p>wegen der hohen Abhängigkeit von technischen Maßnahmen sind die ausgewählten Naturschutzmaßnahmen im Detail recht willkürlich</p>
Chancen	Gefahren
<p>langfristig wirksame Klimanpassung des Gebietes</p> <p>langfristig wirksamer Schutz von Küstenlebensräumen und -Arten</p> <p>mehr Akzeptanz für große Renaturierungsprojekte</p> <p>mehr Naturbildung und -erfahrung für die Menschen aus dem Großraum London</p>	<p>Fehleinschätzung der öko-, hydro- und geomorphologischen Entwicklung des Gebiets</p> <p>verstärkte Erosion im Ästuar um das Gebiet herum</p> <p>dauerhaft recht hoher Pflege- und Managementaufwand</p>

**Kernbotschaft: Renaturierung von Küstenmarschen in großem Maßstab kann große Vorteile für Naturschutz, Klimaanpassung, Küstenschutz, Tourismus und Naherholung bringen.**

Quellen: ABPmer (2011); BBC (2012); DEFRA (2008); Deltares Public Wiki (2012); RSPB (2011); RSPB (2013); RSPB (o. J.)

#### 4.10 Renaturierung im Mississippi-Delta, USA

In diesem Fallbeispiel geht es um die Renaturierung von Küstenmarschen und Inseln im Mündungsbereich des Mississippi, auch um deren Funktion als Energie-Umwandlungszone bzw. Barriere für Sturmfluten wiederherzustellen.

##### Warum besteht Handlungsbedarf?

Der die USA durchziehende Mississippi-Strom mündet im US-Bundesstaat Louisiana bei New Orleans in den Golf von Mexiko. Vor der Mündung lagerten sich in den letzten Jahrtausenden Sedimente ab und bildeten eine sehr dynamische Delta-Landschaft aus Wasser, Marschen und sandigen Inseln. Das Delta enthält mit etwa 2,5 Mio. ha Fläche einen großen Teil der Küstenmarschen der USA. Ursprünglich schützte diese Landschaft einer Barriere gleich Teile des Hinterlandes vor Sturmfluten.

Seit den 1930er-Jahren sind rund 450.000 ha Küstenmarschen in Louisiana verloren gegangen. Ohne Gegenmaßnahmen droht zukünftig eine vergleichbare Fläche erneut zu verschwinden. Die fortschreitenden Land- und Habitatverluste werden von der zuständigen Behörde als „coastal crisis“ für die Menschen und die Natur beschrieben. Hauptursache für die Verluste ist die Abtrennung des Mississippi von seinen Marschen durch Deiche. Der riesige Strom entwässert nun direkt in das tiefe Wasser des Golfs von Mexiko. Immer weniger der von

Seit den 1930er-Jahren  
sind rund 450.000 ha  
Küstenmarschen in  
Louisiana verloren  
gegangen

ihm transportierten Sedimente bleiben in seinem Delta zurück. Der Bau von Staudämmen stromaufwärts hat außerdem dazu geführt, dass immer weniger Sedimente das Delta erreichen. Durch Schifffahrtskanäle gelangt zudem Salzwasser in das Hinterland, wodurch schützende Auenwälder zerstört wurden. Die Öl- und Gasindustrie trug ebenfalls durch den Bau von Kanälen und Landsenkungen zum Landverlust bei. In der Folge ist der mittlere Meeresspiegelanstieg in der Region („mean sea level trend“) mit 9 mm pro Jahr (1947–2013) außergewöhnlich hoch.



Foto: A. Belala, Wikimedia Commons, Creative-Commons Lizenz

Abbildung 31: Äußerer Mündungsbereich des Mississippi-Deltas (Atchafalaya River) mit Küstenmarschen, 1999

### Der relative Meeresspiegelanstieg in der Region ist außergewöhnlich hoch

Auch aus diesen Gründen hatten die Sturmfluten im Gefolge der Hurrikans Katrina und Rita 2005 leichtes Spiel, ins Hinterland vorzudringen und hier Deichbrüche zu verursachen – mit katastrophalen Folgen. Weitere Landsenkungen und der durch den Klimawandel beschleunigte Meeresspiegelanstieg drohen, das Problem weiter zu verschärfen.

### Was wurde unternommen?

Bereits 1998 wurde der Plan „Coast 2050 – Towards a Sustainable Coast Louisiana“ entwickelt, der die Wiederherstellung verlorener Marschgebiete vorsah. Mit den Hurrikans Katrina und Rita 2005 wurde die Bedeutung der Küstenmarschen für den Sturmflutschutz nochmals deutlicher und die Aktivitäten verstärkt. 2005 gründete der Bundesstaat Louisiana eine „Coastal Protection and Restoration Authority“ (CPRA), um den Hochwasser- und Feuchtgebietsschutz integriert zu managen. Die Behörde aktualisiert regelmäßig einen Masterplan für eine nachhaltige Küste und steuert die Umsetzung von Küsten- und Naturschutzprojekten.

Der Masterplan sieht umfassende Maßnahmen zur Renaturierung verloren gegangener Barriere-Inseln, Marschen und Sümpfe vor, ausdrücklich auch, um die Auswirkungen von Stürmen und Überflutungen zu vermindern. Renaturierung bedeutet hier vor allem, aktiv Habitate zu schaffen bzw. geschädigte Lebensräume, die von der Sedimentversorgung abgeschnitten wurden, wieder mit Material zu versorgen. Hierzu müssen Wasser und Sedimente des Mississippi

**Nach Hurrikan Katrina  
beschloss man, verloren  
gegangene Barriere-  
inseln, Marschen und  
Sümpfe zu renaturieren**

durch gezielte Rinnen-Umleitungen zurück in die abgetrennten Gebiete gelangen. Es gibt bereits Beispiele, die zeigen, wie solche Umleitungen neues Land schaffen können. Außerdem werden in ersten Projekten Marschengebiete mit Sedimenten aufgespült. Hierzu wird sowohl Sand aus dem Golf von Mexiko als auch Baggergut verwendet. Aufspülen ist aber teurer als Umleiten, sofern natürliche Prozesse genutzt werden können.



Foto: L. Sullivan, Flickr.com, Creative-Commons Lizenz



*Abbildung 32 und 33:  
Marschgebiete im Mississippi-  
Delta, die mit Hilfe von  
Baggergut aus einer  
Fahrinnenvertiefung wieder-  
hergestellt wurden.*

**Inseln und  
Küstenmarschen als  
natürliche Pufferzone  
rückten nach Hurrikan  
Katrina wieder ins  
Bewusstsein**

---

Seit 2007 hat die CPRA nach eigenen Angaben mehr als 150 Küsten- und Naturschutzprojekte auf den Weg gebracht. Insgesamt wurden zwischen 2007 und 2012 etwa 17 Mrd. Dollar öffentliche Gelder für Hochwasserschutz und Renaturierung in die Planung eingestellt, aber längst noch nicht verwendet. Diese sind für die Umsetzung eines langfristigen Plans vorgesehen. Es ist jedoch erst ein Teil der Projekte in der Umsetzung, darunter viele technische Maßnahmen. Und mit 200 ha ist die Fläche der bereits wiederhergestellten Küstenlebensräume noch gering.

### Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

Das Beispiel Mississippi-Delta zeigt, dass ein Umdenken im Umgang und in der Wertschätzung der dortigen Feuchtgebiete im Gange ist. Verstärkt wurde dieser Prozess durch den Hurrikan Katrina im Jahre 2005, der gravierende Folgen in der gesamten Region hatte. Im Ergebnis des Umdenkens wurden die Inseln und Küstenmarschen als natürliche Pufferzone zwischen dem Meer und der tief gelegenen Stadt New Orleans anerkannt. Die traumatischen Erfahrungen während der Sturmflut haben allerdings auch an der Tatsache nichts verändert, dass technisch-strukturellen Maßnahmen wie Deichen weiterhin hohe Bedeutung beigemessen wird. Vielleicht wurde auch deshalb die Renaturierung von Feuchtgebieten im Mississippi-Delta vielerorts noch nicht begonnen. Zumeist wird noch geplant, was sich an der vergleichsweise geringen Größe bereits wiederhergestellter Küstenlebensräume zeigt.

### Was lernen wir daraus?

In Louisiana hat ein Umdenken begonnen, was die Bedeutung der natürlichen Marschen und Inseln des äußeren Mississippi-Deltas für den Schutz vor Überflutungen betrifft. Allerdings lassen konkrete Maßnahmen noch auf sich warten. Grundsätzlich kann eine traumatische Erfahrung wie eine Sturmflut ein gesellschaftliches Umdenken in Richtung nachhaltiger Maßnahmen in Gang setzen. Allerdings muss mit einem erheblichen Zeitaufwand gerechnet werden, bevor sich ein Umdenken in tatsächliches Handeln ausdrückt. Der Fokus liegt zunächst auf technischem Schutz.

Obwohl starke Argumente für sogenannte Rinnen-Umleitungen zur Wiederherstellung von Küstenmarschen sprechen, gibt es eine lebendige wissenschaftliche und politische Diskussion hierüber. Allerdings stellen die Rinnen-Umleitungen eine weitere wasserbauliche Maßnahme in einem bereits stark durch den Menschen überprägten Delta dar. Technische Maßnahmen zur Wiederherstellung von Feuchtgebieten, wie die Aufspülung von Sand oder Baggergut, werden in den USA offenbar weniger als Eingriff in die Natur verstanden, sondern als „Wiederherstellung natürlicher Lebensräume“.

Das Vorgehen bei der Wiederherstellung der Marschgebiete ist nicht direkt auf das Wattenmeer übertragbar – aufgrund der verschiedenen natürlichen Voraussetzungen, aber auch aufgrund der eingesetzten Maßnahmen, die teilweise in einem Nationalpark nicht vorstellbar sind. Andererseits steht das Mississippi-Delta beispielhaft für andere ähnlich große Küstenräume, welche Maßnahmen in Betracht gezogen werden, wenn eine ganze Region und mit ihr wertvolle Küstenlebensräume von substanziellen Landverlusten bedroht sind.

Tabelle 12: SWOT-Analyse  
„Mississippi-Delta  
Renaturierung“

Stärken	Schwächen
<p>Wiederherstellung verloren gegangener Küstenlebensräume</p> <p>Anpassung an den Meeresspiegelanstieg durch Erhöhung der natürlichen Widerstandsfähigkeit</p> <p>Synergien zwischen Natur- und Küstenschutz.</p>	<p>Umsetzung dauert Generationen</p> <p>Kosten sind sehr hoch</p> <p>teils hoher technischer Aufwand bei Wiederherstellung der Lebensräume</p>
Chancen	Gefahren
<p>Wiederherstellung verloren gegangener Küstenlebensräume in großem Umfang</p> <p>langfristige Anpassung an den Meeresspiegelanstieg durch Erhöhung der natürlichen Widerstandsfähigkeit</p> <p>grundsätzliches Umdenken in Bezug auf den Schutz von Feuchtgebieten und Anerkennung der Funktion für den Schutz vor Überflutungen</p> <p>Siedlungen an der Küste können erhalten werden</p>	<p>Fokus nach Katastrophen zu stark auf technischen Hochwasserschutz</p> <p>Ursachen der Landverluste werden nur teilweise bekämpft; eine wichtige hingegen – der Klimawandel – in den USA bislang kaum</p>

**Kernbotschaft: Erodierende Küsten, denen ihre natürliche Widerstandsfähigkeit entzogen wurde, können zu erhöhten Sturmflutgefahren in dahinter liegenden Niederungen führen.**

Quellen: Day et al. (2007); Day et al. (2014); Wikipedia (2014a); CPRA (o. J.); CPRA (2012)

#### 4.11 Renaturierung von Salzwiesen in der Bucht von San Francisco, USA

In diesem Fallbeispiel geht es um die Renaturierung von stillgelegten Salzwinnungsanlagen (Salinen) zu Salzwiesen in der Bucht von San Francisco an der Pazifikküste der USA.

##### Warum besteht Handlungsbedarf?

Die Bucht von San Francisco liegt an der kalifornischen Pazifikküste und ist mit den angrenzenden Großstädten San Francisco, Oakland und San Jose dicht besiedelt. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts sind rund 90 % der dortigen Wattflächen und Salzwiesen verloren gegangen. Dennoch zählen große Teile der sogenannten „Bay Area“ für ziehende Wat- und Wasservögel noch immer zu den wichtigsten Naturgebieten Kaliforniens, und zum größten tidebeeinflussten Salzwiesengebiet an der US-Pazifikküste. Mit ihren Wattflächen und Salzwiesen ist die Bay Area ein entscheidender Trittstein auf dem Ostpazifischen Zugweg zwischen Süd- und Nordamerika und erfüllt für die dort ziehenden Wat- und Wasservögel eine zwar kleinere, aber doch ähnliche Funktion wie das Wattenmeer auf dem Ostatlantischen Zugweg. Die Salzwiesen sind zudem ein naturnaher Lebensraum, filtern Schadstoffe und verbessern so die Wasserqualität.

Nicht zuletzt können Salzwiesen nach Auffassung der Beteiligten vor Ort auch dabei helfen, die Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs und von Sturmfluten abzupuffern. Allerdings sind die Salzwiesen in der Bay Area sowohl durch den Meeresspiegelanstieg wie auch durch abnehmende Sedimentfrachten bedroht.

Die Feuchtgebiete der „Bay Area“ sind durch den Meeresspiegelanstieg und abnehmende Sedimentfrachten bedroht

Daher entwickelte ein Planungskomitee eine regionale Anpassungsstrategie an den Meeresspiegelanstieg.



Foto: US Geological Survey, Wikimedia Commons Lizenz

Abbildung 34: Satellitenbild der Bucht von San Francisco, 2009

## Was wurde unternommen?

Hintergrund für viele Salzwiesen-Renaturierungsprojekte in den USA ist eine gesetzliche Verpflichtung, nach der – ähnlich wie in Europa – die Verschlechterung dieser Lebensräume vermieden werden soll. Falls dies nicht möglich ist, muss jeglicher Schaden kompensiert werden. Mit Hilfe einer Allianz aus Behörden, Verbänden, Bürgerschaft und Wissenschaft („San Francisco Bay Estuary Partnership“) wurden vor diesem Hintergrund in der Bay Area bereits verschiedene Projekte zu Renaturierung, Artenschutz, Gewässerqualität und -bewirtschaftung verwirklicht.

Eines der größten Renaturierungsprojekte an der Westküste der USA ist das „South Bay Salt Pond Restoration Project“. Bereits 2003 begann ein 4-jähriger öffentlicher Prozess, um einen langfristigen Renaturierungsplan zu entwickeln. Nach einem Plan von 2008 werden zunächst insgesamt 150 ha ehemalige Salzgewinnungsanlagen bzw. Salinen mit dem Meer verbunden und in Wattflächen und Salzwiesen rückverwandelt (bis 2014 aber erst 30 ha). Insgesamt umfasst das Gebiet über 10.000 ha ehemalige Salzgewinnungsanlagen, die bereits 2003 mit öffentlichem und privatem Geld erworben wurden. Erschwert wird die Umsetzung durch Quecksilber-Altlasten, mit denen die alten Salinen teilweise kontaminiert sind. Das Projektgebiet wird über Wege und Aussichtsplattformen auch für Besucher zugänglich gemacht.

**Die „San Francisco Bay Estuary Partnership“ setzt sich für Renaturierung, Artenschutz, Gewässerqualität und -bewirtschaftung ein**

Das Projekt trägt auch zum Küstenschutz im südlichen Teil der Bay Area bei. Um das Silicon Valley zu schützen, werden Deiche zwischen diesem und den vorgelegerten Salzwiesen angelegt. Die renaturierten Salzwiesen sollen zukünftig mit dem Meeresspiegelanstieg in die Höhe wachsen und durch ihre seegangsdämpfende Wirkung zur Abschwächung hydrologischer Belastungen auf die Deiche bei Sturmfluten beitragen.



Abbildung 35: Renaturierte  
Salzwiese in ehemaligen  
Salinen im Südosten der Bucht  
von San Francisco

## Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

Aus Untersuchungen weiß man, dass das Aufwachsen der tief liegenden Salzwiesen und Watten in jenen Bereichen der Bucht von San Francisco, die nach der Renaturierung wieder unter Tideeinfluss stehen, grundsätzlich funktioniert. Die dadurch erreichte Sedimentablagerung lag zwischen 2011 und 2013 durchschnittlich bei etwa 200 mm/Jahr. Der Aushub der Gräben in der Nähe der Dammöffnungen hat dabei die Wiederentstehung früherer Prielsysteme unterstützt. Vor der Dammöffnung lag der Bereich etwa 1 m unter dem mittleren Meeresspiegel, womit sich wohl auch die sehr hohen Sedimentationsraten erklären lassen.

Pflanzen besiedelten die ehemaligen Salinen. Es wird damit gerechnet, dass sich nach Erreichen der erforderlichen Höhenlage eine für das jeweilige Höhengniveau typische Salzwiesenvegetation entwickelt. Die Zahl der das Projektgebiet während des Zuges nutzenden Wat- und Wasservögel hat sich deutlich erhöht.

Hilfreich für die Akzeptanz des Projektes war, dass wichtige Akteure aus der lokalen Wirtschaft, Umweltorganisationen, umliegenden Gemeinden, Verwaltung und Politik in einem Stakeholder-Forum beteiligt wurden. Das Forum spielte eine wichtige Rolle bei der Entwicklung des Renaturierungsplans, u. a. durch Beiträge zu den Zielen und Maßnahmen und zur Integration des Hochwasserschutzes.

Auch südlich der San Francisco Bay, entlang der kalifornischen Pazifikküste bis nach Los Angeles, wird vermehrt versucht, Natur- und Küstenschutz integriert zu planen. In den Gemeinden werden Pläne aufgestellt, um Infrastrukturen wie Parkplätze, Straßen und einzelne Häuser schrittweise zu verlegen.

## Was lernen wir daraus?

Naturräumlich ist die Bucht von San Francisco nicht direkt mit dem Wattenmeer vergleichbar. Parallelen aber bestehen darin, dass in beiden Gebieten ein großer Teil der Salzwiesen verloren ging. Das Fallbeispiel zeigt, wie man die Renaturierung von ehemals genutzten Küstenbereichen mit der Unterstützung einer breiten Koalition unterschiedlicher regionaler Akteure erfolgreich verwirklichen kann.

**Deichöffnungen  
führen in der San  
Francisco Bay  
anfangs zu sehr hohen  
Sedimentationsraten**

**Das Projekt hat  
Rückendeckung durch  
eine breite Allianz**

Insbesondere die langfristige Zusammenarbeit der Akteure, zunächst auf strategischer Ebene und durch konzeptionelle Planungen, dann in der Umsetzung durch konkrete Renaturierungsprojekte, zahlt sich offenbar aus. Diese Erfahrung hat sich herumgesprochen und anderenorts Mut gemacht. Über die Bucht von San Francisco hinaus werden in der Region vermehrt vergleichbare Projekte umgesetzt.

Tabelle 13: SWOT-Analyse  
„San Francisco Bay  
Renaturierung“

Stärken	Schwächen
Renaturierung verloren gegangener Küstenlebensräume Unterstützung durch verschiedene Akteursgruppen Zunahme des Höhenwachstums infolge häufiger Überflutungen, d. h. höhere Anpassungsfähigkeit an den Meeresspiegelanstieg	Umsetzung dauert sehr lange hoher personeller, finanzieller und technischer Aufwand für Planung, Umsetzung und Management des Gebiets
Chancen	Gefahren
mehr Akzeptanz für Renaturierungsprojekte Verbesserung des natürlichen Sedimenthaushalts der Bucht von San Francisco	geringerer Beitrag zum Küsten- bzw. Hochwasserschutz als erwartet („Pufferfunktion“ der Salzmarschen) Belastung des Gebiets durch Quecksilber-Altlasten Sedimentverfügbarkeit ggf. zu gering für ausreichende Akkumulation und Erosion an anderer Stelle.

**Kernbotschaft: Eine breite Koalition von Betroffenen und Interessierten begünstigt das Gelingen von Projekten wie die Renaturierung von Salzwiesen, die sich als Puffer gegen den Meeresspiegelanstieg bewähren.**

Quellen: Bourgeois (2014); Callaway et al. (2013); Callaway et al. (2011); San Francisco Estuary Partnership (2013); San Francisco Estuary Partnership (o. J.); Shellenbarger (2013); South Bay Salt Pond Restoration Project (o. J.); Takekawa et al. (2013); Wikipedia (2014b)

## 4.12 Renaturierung in der Lagune von Venedig, Italien

Das Fallbeispiel zeigt, wie durch die künstliche Wiederherstellung von Wattflächen und Salzwiesen mit Hilfe von Baggergut aus der Lagune von Venedig versucht wird, der Erosion und dem Verlust von Küstenhabitaten aufzuhalten.

### Warum besteht Handlungsbedarf?

Venedigs Lagune befindet sich an der norditalienischen Adriaküste und gilt als größte Lagune im Mittelmeer. Sie ist durch Besiedlung, Schifffahrt und chemische Industrie besonders stark anthropogen beansprucht. Die Lagune ist mit dem Meer über drei Öffnungen zwischen zwei schmalen vorgelagerten Barriere-Inseln verbunden. Der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser beträgt ca. 0,6 m. Im Inneren der Lagune befinden sich Naturräume wie Wattflächen und Salzwiesen sowie, neben der Stadt Venedig, auch Fischfarmen und Industrieanlagen.

## Die Lagune von Venedig erodiert massiv

Mehrere kleine Flüsse, die früher Sand und Schlick in die Lagune brachten, wurden bereits vor Jahrzehnten verlegt. Sie entwässern seitdem – an der Lagune vorbei – direkt in die Adria. Dieses Sediment fehlt nun den Wattflächen und Salzwiesen in der Lagune zum Ausgleich des Meeresspiegelanstieges. Darüber hinaus wurden die Öffnungen zum Meer für die Schifffahrt vergrößert und vertieft. Seither verliert die Lagune kontinuierlich an Material.

Diese Entwicklung hat dazu geführt, dass Salzwiesen, Wattflächen, Sandbänke und Flachwasserbereiche großflächig verschwunden sind und die Lagune im südlichen Teil massiv erodiert. Bis 2050 könnten diese Lebensräume komplett verschwunden sein, sofern keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden. In der Folge wird die Lagune tiefer und tiefer.



Foto: NASA, von Wikimedia Commons mit Creative-Commons Lizenz

Abbildung 36: Satellitenbild der Lagune von Venedig, 2014

## Was wurde unternommen?

Ein bereits 1991 verabschiedeter Maßnahmenplan soll helfen, den Küsten- und Naturschutz in der Lagune von Venedig zu verbessern. Zum Projekt gehören sowohl strukturell-technische Maßnahmen, wie Sturmfluttore, als auch Maßnahmen zur Stärkung natürlicher Prozesse durch die Wiederherstellung typischer Lagunen-Habitate. Naturschutzmaßnahmen zielen auf die Verbesserung der Wasser- und Sedimentqualität und auf den Schutz und die Wiederherstellung von Salzwiesen, Wattflächen und Flachwasserzonen. Diese Lebensräume, die durch menschliche Eingriffe zunehmend verloren gegangen sind, sollen für die Natur und als stabilisierende Strukturen gegenüber dem Meeresspiegelanstieg in der Lagune erhalten bzw. wiederhergestellt werden.

Hierzu wurden „morphologische Renaturierungsmaßnahmen“ entwickelt, mit denen erodierende Salzmarschen und Wattflächen geschützt und das Höhen-niveau der Lagune angehoben werden soll. Mit Hilfe von Baggergut, das aus der Vertiefung von Fahrrinnen stammt, werden bereits seit 1989 tidebeeinflusste Salzwiesen, Inseln und Wattflächen aufgespült. Durch diese Strukturen möchte

**Mit Baggergut werden Salzwiesen, Inseln und Wattflächen aufgespült, um die Lagune gegenüber dem Meeresspiegelanstieg zu stabilisieren**

---

man auch die Wellenenergie bremsen und hofft, dass weniger Sedimente ins Meer hinausgespült werden. Vor der Aufspülung wird mit Hilfe von Pfählen und Folie eine Art „Container“ konstruiert. Dieser wird mit Baggergut verfüllt, das den chemischen Eigenschaften der natürlichen Umgebung entsprechen soll. Nicht selten allerdings ist das Sediment aus der Lagune mit Chemikalien kontaminiert.



Foto: T. Hisgett, von Wikimedia Commons mit Creative-Commons Lizenz

Abbildung 37: Salzwiesen in der Lagune von Venedig, 2012

## Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

Die Forschungsaktivitäten zur Lagune von Venedig werden in einem Zusammenschluss verschiedener Institutionen ([www.corila.it](http://www.corila.it)) koordiniert. Von 2001–2011 erschienen insgesamt sieben Berichte zu „Scientific Research and Safeguarding of Venice“.

Bedenklich ist, dass für die künstlichen Habitats in der Lagune von der chemischen Industrie verschmutztes Baggergut eine Gefahr darstellt. Zwar wurde in einem Pilotprojekt („SIOSED“) ermittelt, dass auf zwei aufgehöhten Wattflächen keine offensichtliche und signifikante Gefahr von dem Sediment ausgeht. Neue Bodenlebewesen konnten sich aber erst dann ansiedeln, als sich die Ammoniumkonzentration verringert hatte.

Die Bedeutung von aufgespülten Inseln für Brutvögel wurde zwischen 2005 und 2007 auf insgesamt 75 Inseln untersucht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die künstlichen Inseln für die Brutvögel eine Alternative zu verlorenen natürlichen Habitats sein können, besonders wenn – wie in der Lagune von Venedig – der Nutzungsdruck hoch ist. Allerdings hängt der Erfolg solcher Renaturierungsprojekte neben der Anzahl der Brutvögel auch von anderen Faktoren wie Brut-erfolg und Brutplatztreue ab.

**Künstliche Inseln für Brutvögel sollen verlorene Habitats ersetzen**

---

## Was lernen wir daraus?

Die Lagune von Venedig lässt sich nicht ohne Weiteres mit dem Wattenmeer vergleichen. Die Natur wurde dort durch den Menschen sehr viel stärker beeinträchtigt, und der Tidenhub ist vergleichsweise gering. Das Beispiel ist dennoch interessant, weil es die besonderen Herausforderungen und vielleicht auch Chancen illustriert, die entstehen, wenn man in einem großen Konzept die Zukunftssicherung einer Stadt und der Natur in ihrer Umgebung integrieren möchte. Es zeigt u. a., wie versucht wurde, die Lagune durch Sedimentaufspülungen gegenüber Erosion und dem Meeresspiegelanstieg zu stabilisieren. Hierbei wurden verloren gegangene Habitate neu geschaffen. Es bleibt jedoch abzuwarten, ob die Maßnahmen zum Schutz gegen Erosion und zur Renaturierung von Wattflächen und Salzwiesen dauerhaft erfolgreich bleiben. Die Belastung des Baggergutes ist ein Risiko, das sorgfältig beobachtet werden muss.

Tabelle 14: SWOT-Analyse  
„Lagune von Venedig“

Stärken	Schwächen
lokale Verwendung des Baggergutes Verringerung von (relativen) Sedimentdefiziten und Erosion; dadurch Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen den Klimawandel Schaffung neuer bzw. Wiederherstellung wertvoller Habitate	Kontamination des Baggergutes Eingriff ins Ökosystem Lagune
Chancen	Gefahren
begrenzte Stabilisierung der Lagune und Anpassung an den Meeresspiegelanstieg Synergien zwischen Naturschutz, Küstenschutz und Schifffahrt	Belastung (weiterer Flächen) durch kontaminiertes Baggergut

**Kernbotschaft: Auch unter erschwerten Bedingungen lassen sich Lebensräume wiederherstellen. Bei der Verwendung von Baggergut muss auf Schadstoffe geachtet werden.**

Quellen: Centre for Climate Adaptation (o. J.); Redi & Cecconi (2013); Ministry for Infrastructure and Transport & Venice Water Authority (o. J.); Reimer (2009); Küffner (2009); Wong et al. (2014); Day et al. (1998); Scarton et al. (2013); Deheyn (2007)

## 4.13 Zukunftsplanung für die Stadt Delfzijl am Wattenmeer, Niederlande

In diesem Fallbeispiel geht es um die niederländische Stadt Delfzijl an der Ems-Dollart-Mündung, die mit einer Zukunftsplanung auf den steigenden Meeresspiegel reagiert.

### Warum besteht Handlungsbedarf?

Delfzijl ist eine kleine Stadt an der Ems-Dollart-Mündung im westlichen Wattenmeer, die nach dem Zweiten Weltkrieg durch Industrialisierung zunächst stark wuchs. Die Stadt wird durch hohe Deiche geschützt, der Tidenhub bei Delfzijl beträgt 3 Meter. Seit einiger Zeit ist die Bevölkerungsentwicklung Delfzijls rückläufig. Das wird voraussichtlich zu Leerstand in den Vororten und auch in

## Meeresspiegelanstieg und Landsenkung bedrohen die Stadt

der Stadtmitte führen. Gleichzeitig wird damit gerechnet, dass der beschleunigte Meeresspiegelanstieg in Kombination mit Landsenkungen in der Region (auch aufgrund von Erdgasförderung) höhere Anforderungen an die Küstenschutzanlagen, Schleusen und Schöpfwerke stellen wird. Besonders die Ufermauern, Spundwände und ein vorgelagerter Damm bilden zusammen eine massive Barriere zwischen der Stadt und dem Meer. Zu den gegenwärtigen Defiziten zählt auch der schlechte ökologische Zustand der Natur in der Umgebung.



Abbildung 38: Luftbild der Hafenanlagen von Delfzijl 2011

## Delfzijl soll sicherer gegenüber Sturmfluten, lebenswerter und natürlicher werden

### Was wurde unternommen?

Die Gemeinde Delfzijl hat gemeinsam mit Partnern aus der Region eine räumliche Vision entwickelt, um die Stadt sicherer gegenüber Sturmfluten und attraktiver für die Menschen zu machen sowie die Naturqualität der Umgebung zu verbessern (Marconi-Projekt). Kern der Vision ist es, die Innenstadt wieder stärker mit dem Hafen und dem angrenzenden Wattenmeer zu verbinden. Kurzum: Delfzijl soll lebenswerter und natürlicher werden. Die Vision ist im Zuge eines Planungsprozesses entstanden, an dem verschiedene Interessengruppen beteiligt wurden. Die Ziele der langfristig angelegten Vision umfassen u. a. Hochwasserschutz und Entwässerung, Wohnen am Meer, Arbeiten (Hafen, Industrie, Tourismus), Energiegewinnung, Erholung am Wasser und Wahrnehmung des maritimen Charakters. Mit Blick auf die Klimaanpassung ist hervorzuheben, dass zukünftig Siedlungsflächen, die durch demografische Veränderungen frei werden, im Rahmen der langfristigen Stadtplanung genutzt werden, um sich auf den steigenden Meeresspiegel einzustellen.

Das „Marconi-Projekt“ soll die erste Umsetzungsmaßnahme dieser Zukunftsplanung werden. Vor einem Damm, der den Hafen gegen das Meer abschirmt, sieht ein aktueller Planungsentwurf den Bau einer künstlichen Salzwiesenlandschaft vor (vgl. Abb. 39). Diese soll vor dem bestehenden Damm angelegt, nachdem das Geländeniveau mit Baggergut erhöht wurde. Die Schutzleistung des Dammes wird somit verstärkt. Die Salzwiese gilt als Alternative zur Verstärkung des Dammes mit „harten“ Materialien.

## Eine künstliche Salzwiesenlandschaft soll Naherholung, Naturschutz und Küstenschutz verbessern

Ein Teil des Gebietes ist für die Naherholung vorgesehen („salt-marsh park“, ca. 10 ha) und soll sowohl für Fußgänger als auch für Radfahrer vom Stadtzentrum zu erreichen sein. Ein zweiter Teil soll eine Naturschutz- und Küstenschutzfunktion (15–25 ha) erfüllen. Die Gesamtkosten des Marconi-Projekts belaufen sich auf gut 27 Mio. €. Als weitere Maßnahme ist die Vergrößerung eines an das Gebiet angrenzenden Strandes vorgesehen.



Abb.: Gemeinde Delfzijl 2013

Abbildung 39:  
Planungsentwurf für eine  
künstliche Schutzlandschaft  
vor der Stadt Delfzijl, auf der  
u. a. Salzwiesen und ein Strand  
entstehen sollen

### Welche Erfahrungen wurden vor Ort gemacht?

Da die Planungen noch nicht umgesetzt wurden, lassen Erfahrungen noch auf sich warten. Eine Vorstudie kam zum Ergebnis, dass das Marconi-Projekt realisierbar ist. Problematisch ist, dass durch die neue Salzwiese Wattflächen verdrängt werden, die nach der EU-Habitat-Richtlinie ebenfalls geschützt sind, was nur schwer durch die Schaffung von Wattflächen anderenorts ausgeglichen werden könnte. Widersprüchlich zur Aufwertung der Natur durch die Maßnahme – besonders auch für die sich dort ansiedelnden Vögel – erscheint auch, dass in unmittelbarer Nähe zu der Salzwiesenlandschaft auf dem angrenzenden Damm eine Reihe von Windenergieanlagen vorgesehen sind.

### Was lernen wir daraus?

Bemerkenswerterweise verfolgt die Gemeinde Delfzijl einen langfristigen und integrierten Planungsansatz für wesentliche Zukunftsfragen (Demografie, Land-senkung, Meeresspiegelanstieg, Verlust natürlicher Lebensräume) in der Region und versucht, diese Themen miteinander zu verbinden. An der Entwicklung der Vision für Delfzijl waren verschiedene Akteure und die Bürger der Stadt direkt beteiligt.

Die Pläne für die erste Umsetzungsmaßnahme des Marconi-Projekts, die Schaffung künstlicher Salzwiesen, verdeutlichen, dass jeweils Kompromisse zwischen den unterschiedlichen Raumnutzungsinteressen erforderlich sind. Dies betrifft

z. B. Wechselwirkungen zwischen Naherholung, Naturschutz, Küstenschutz und Windenergieerzeugung. Aus Naturschutzsicht sind die Bedingungen für eine Salzwiese vor dem Hafen von Delfzijl suboptimal.

Das Beispiel verdeutlicht aber unabhängig von der Bewertung im Detail, wie eine Gemeinde proaktiv das Thema Meeresspiegelanstieg mit anderen Belangen der Raumentwicklung zu verbinden versucht. Dieser Weg kann eine Anregung für die Entwicklung von Klimaanpassungsprojekten auch für andere direkt an der Wattenmeerküste gelegene Städte sein.

Tabelle 15: SWOT-Analyse  
„Zukunftsplanung für die Stadt  
Delfzijl“

Stärken	Schwächen
<p>langfristiger und integrierter räumlicher Planungsansatz zur Klimaanpassung</p> <p>breite Beteiligung unterschiedlicher Akteure bei der Entwicklung der Vision</p>	<p>gleichzeitige Erreichung der Ziele in Stadtplanung, Küsten- und Naturschutz unwahrscheinlich.</p> <p>künstliche Erhöhung des Geländes mit Material (Baggergut) aus einem anderen Gebiet (Eingriff)</p> <p>wertvolle Lebensräume (Wattflächen) würden verloren gehen</p>
Chancen	Gefahren
<p>wertvolle Lebensräume (Salzwiesen) könnten entstehen</p> <p>städtische Anpassung an den Meeresspiegelanstieg könnte auf natur- und umweltverträgliche Weise möglich werden</p> <p>Leben in Delfzijl könnte attraktiver und sicherer werden</p>	<p>Überbauung der Wattflächen ggf. nicht konform mit EU-Gesetzgebung bzw. erfordert Flächenausgleich</p> <p>zu viele Ansprüche (Windenergie, Erholung) auf die gleiche Fläche könnten den Naturschutzziele entgegenstehen</p>

### **Kernbotschaft: Eine Stadt am Wattenmeer reagiert mit einer langfristigen und integrierten Zukunftsplanung auf den Meeresspiegelanstieg.**

Quellen: de Groot et al. (2013); Gemeente Delfzijl (2012, 2014); Waddenfonds (2014)

## 5 Bewertung der Maßnahmen und Schlussfolgerungen für das schleswig-holsteinische Wattenmeer

Die Fallstudien aus Europa und den USA beschreiben eine große Bandbreite unterschiedlicher Maßnahmen zur Bekämpfung von Küstenerosion und der Renaturierung von Küstenlebensräumen an „weichen Küsten“. Die Maßnahmen reichen von Sandersatz über das Zulassen des Sandtransports in die Dünenlandschaft bis hin zur Renaturierung von

Salzwiesen und der Verlegung von Deichen. Obwohl „Klimaanpassung“ nicht der eigentliche Anlass der Projekte war, werden in allen Fallbeispielen die möglichen Auswirkungen des Klimawandels berücksichtigt.

Für das schleswig-holsteinische Wattenmeer können wir aus den Fallstudien Anknüpfungspunkte und Schlussfolgerungen zu sechs Maßnahmentypen ableiten, deren Reihenfolge keine Bewertung darstellt:

**1. Sandersatz:** Wie aus Schleswig-Holstein selbst liegen auch für die dänische und die niederländische Küste langjährige Erfahrungen bei der Bekämpfung der Küstenerosion durch Sandersatz, d. h. der künstlichen Auf- und Vorspülung von Sand an der Küste aus angrenzenden, tieferen Meeresbereichen vor. Unzweifelhaft sind solche Maßnahmen auch Eingriffe in die Natur. Dabei sind die Schäden an der Entnahmestelle des Sandes am Meeresgrund möglicherweise größer als an der Stelle der Einbringung. Doch ist Sandersatz im Vergleich zum Bau von starren Bauwerken als Alternative nicht nur technisch sinnvoller, sondern auch deutlich naturverträglicher. Solche „weichen“ Küstenschutzmaßnahmen gewinnen daher gegenüber „harten“ Maßnahmen aus Stein und Asphalt international an Bedeutung.

Am naturverträglichsten wäre es sicherlich, auch auf „weiche“ Maßnahmen ganz zu verzichten. Dies wäre jedoch nur möglich, wenn man Erosion an der jeweiligen Außenküste und dadurch zunehmende Hochwassergefahr im Hinterland in Kauf nähme. In vielen Fällen ist dies aber gesellschaftlich nicht akzeptabel, z. B. weil Siedlungen betroffen sind. Hinzu kommt, dass künftig der beschleunigte Meeres-



Foto: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat/J. van Houdt

Abbildung 40: Die sehr große Sandvorspülung „Zandmotor“ an der holländischen Nordseeküste 2011: ein spannendes Experiment, dessen Auswirkungen und Bewertung derzeit jedoch noch offen sind

spiegelanstieg durch den menschengemachten Klimawandel in zunehmendem Maße selbst zur Ursache für mindestens einen Teil dieser Erosion werden wird. Möchte man diesen „globalen Eingriff“ abmildern, dann kann Sandersatz selbst in einem Lebensraum wie dem Wattenmeer, in dem natürliche Prozesse grundsätzlich Vorrang haben, eine auch aus Naturschutzsicht akzeptable Option sein (MELUR-SH 2015). Sandersatz eignet sich zudem, dem künftig wachsenden Sedimentdefizit des Wattenmeeres mit großräumiger und nicht nur lokaler Wirkung zu begegnen, wenn der Sand von außerhalb zugeführt wird.

Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass Sandersatz in Zukunft noch wichtiger und der Bedarf steigen wird. Die Frage nach einer naturverträglichen Herkunft des Sandes wird also auch immer wichtiger. Hinsichtlich der Ausbringung des Sandes ergibt sich auch aus den internationalen Beispielen eine Bevorzugung von Sandverklappungen in den Vorstrand gegenüber Aufspülungen auf den Strand. Denn sie sind weniger kosten- und energieaufwendig und haben eine ähnliche Wirkung. In der Nähe von Seegats nehmen die Verweildauer des Sandes und damit die lokale Effektivität der Maßnahme bedingt durch die dort vorherrschenden Tidenströmungen ab.

Bislang ist nicht geklärt, ob große Sandaufspülungen wie der „Zandmotor“ in den Niederlanden zum Erreichen von Küstenschutz- und Naturschutzzielen gleichermaßen beitragen können. Zwei Fragen müssen hierzu beantwortet werden: Wie ist die Naturbeeinträchtigung im Vergleich zur Einbringung der gleichen Sandmenge durch kleinere Maßnahmen zu bewerten? Und: Wie effizient wäre eine solche Maßnahme, d. h., können durch sehr große Sandaufspülungen an einem Ort tatsächlich kleinere Sandaufspülungen an anderen Orten eingespart werden?

Ein anderes Beispiel aus den Niederlanden zeigt, dass Sandaufspülungen in bestimmten Fällen auch an anderen Stellen als der Außenküste eine Option sein können. Auf Texel wurde eine aufzuspülende neue Düne als Sandpuffer vor einen alten Deich als eine mögliche Variante in eine Planung zur Verbesserung der Deichsicherheit eingebracht.

Im Sinne von „Win-win-Lösungen“ könnten – unter bestimmten Voraussetzungen, wie der Durchführung und Berücksichtigung von Verträglichkeitsprüfungen – Sandersatz-Maßnahmen also Vorteile für Küsten- und Naturschutz, aber auch Tourismus und Naherholung bringen. In Anbetracht der Unsicherheiten hinsichtlich des künftig zu erwartenden Meeresspiegelanstieges können sie darüber hinaus flexibel an die tatsächlichen Erfordernisse angepasst werden. Allerdings sind solche Maßnahmen wie andere auch mit Kosten verbunden und sie müssen – je nach Größe und Verschleiß – mehr oder weniger oft wiederholt werden.

**Der Ersatz von Sand – d. h. die künstliche Auf- und Vorspülung von Sand an der Küste aus angrenzenden, tieferen Meeresbereichen – ist eine wirksame und im Vergleich zum Bau von starren Bauwerken naturverträgliche Möglichkeit zur Anpassung an den Meeresspiegelanstieg. In Schleswig-Holstein sollten die entsprechenden Erfahrungen aus dem eigenen Land ebenso wie aus den Niederlanden und Dänemark sorgfältig ausgewertet und berücksichtigt werden. Dies gilt für kleinere Maßnahmen, aber auch für sehr große Maßnahmen wie den „Zandmotor“. Zugleich sollte in Küstenschutzplanungen auch an anderen Stellen als den Außenküsten künftig die Möglichkeit des Einsatzes von „weichen“ Methoden geprüft werden.**



Abbildung 41: Dünenentwicklung auf Terschelling, 2014

**2. Dünenrenaturierung:** Dynamische Dünenlandschaften können zur Anpassung an Meeresspiegelanstieg beitragen. Die Beispiele Skallingen (Dänemark) und Terschelling (Niederlande) zeigen nicht nur, wie vergleichsweise natürliche Dünenlandschaften aussehen können, sondern auch wie Wind und Wasser zum Transport von Sedimenten in das Innere der Inseln bzw. Halbinseln beitragen. Damit dienen sie letztlich auch einem Mitwachsen dieser Landschaften mit dem Anstieg des Meeresspiegels.

Dynamisches Dünen-Management führt am Strand zu vermehrtem Export von Sand, weshalb mit Küstenrückgang gerechnet werden muss, allerdings nur in sehr geringem Ausmaß. Es handelt sich somit um eine Maßnahme mit lokaler Wirkung in und hinter den Dünen. Zudem stammen die hier beschriebenen Beispiele aus recht großen Dünenlandschaften ohne Besiedlung. Vergleichbare Gebiete sind in Schleswig-Holstein meist kleiner und die Möglichkeiten für ein naturnäheres Dünen-Management durch die Besiedlungsstruktur stärker eingeschränkt. Doch auch hier ist „Luft nach oben“. Einige Dünenlandschaften könnten sich wesentlich natürlicher entwickeln, als dies heute der Fall ist. Eine Beschränkung auf das absolut Notwendige beim Einsatz von biotechnischen Maßnahmen, die zur Fixierung von Dünen und damit einer Beeinträchtigung ihres Naturwertes führen, könnte hierzu beitragen.

**Dynamisches Dünen-Management kann im Inneren von Inseln zu einer besonders naturfreundlichen Anpassung an den Meeresspiegelanstieg beitragen. In Schleswig-Holstein sollten entsprechende Pilotprojekte geplant werden, ohne den Schutz von Siedlungen zu beeinträchtigen.**

---

**3. Sommerdeich-Öffnungen:** Die Öffnungen der Sommerdeiche auf Langeoog (Niedersachsen) und an der westfriesischen Küste (Niederlande) dienten der Renaturierung von Salzwiesen. Dies war ohne eine Gefährdung des Hochwasserschutzes möglich. Zusätzlich wurde die Sedimentation und damit das Höhenwachstum in den renaturierten Flächen verbessert, da die Salzwiesen durch die Wegnahme des Sommerdeiches bzw. durch dessen Öffnung häufiger überflutet wurden, sich damit mehr Sedimente ablagern und die Flächen in die Höhe wachsen konnten. Die Beispiele zeigen, dass Sommerdeich-Öffnungen auch zur Anpassung der Küste an den Meeresspiegelanstieg und damit zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der ausgedeichten Bereiche gegen den Klimawandel beitragen können. Solche Maßnahmen gehen in der Regel einher mit Verbesserungen des Naturzustandes, sodass eine doppelt positive Wirkung entsteht.

In Schleswig-Holstein gibt es keine direkt vergleichbaren Gebiete. Doch besteht eine Ähnlichkeit der beschriebenen Sommerpolder mit den teilweise von Sommerdeichen umgebenen Halligen. Die Halligdeiche schützen zugleich besiedeltes und bewirtschaftetes Land, sodass Überflutungen in der Regel als Nachteil gesehen werden. Um sowohl den Interessen der Bevölkerung der Halligen, aber auch der Natur und dem Bedarf am langfristigen Mitwachsen mit dem Meeresspiegel gerecht zu werden, kommt es darauf an, die richtige Balance zwischen der Höhe und technischen Ausführung der Sommerdeiche einerseits und dem Bedarf an Überflutungen mit der damit verbundenen Zufuhr an Sedimenten andererseits zu finden. Die genannten Beispiele können hierzu informieren. Gleichzeitig sind aber spezifische Untersuchungen und Pilotprojekte auf den Halligen erforderlich.

**Sommerdeich-Öffnungen verbessern das Höhenwachstum und die Natürlichkeit der Salzwiesen. In Schleswig-Holstein geben diese Beispiele Anregungen für die von Sommerdeichen umgebenen Halligen, für deren Erhaltung Überflutungen sogar eine Voraussetzung sind. Verbesserungen wären dort wichtig. Es kommen jedoch nur Lösungen in Betracht, die für die Halligbevölkerung akzeptabel sind.**

**4. Anpassung der Deichlinie:** Auf Wallasea Island (England) profitiert die Natur erheblich von einer Verlegung der Deichlinie, die zum kleineren Teil bereits umgesetzt ist und zum größeren Teil kurz bevorsteht. Die Maßnahmen zielen zwar vordringlich auf die Renaturierung von Salzwiesen und Wattflächen in einem zuvor landwirtschaftlich genutzten Marschgebiet. Doch ermöglichen sie auch eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen den Meeresspiegelanstieg und tragen so zur Klimaanpassung bei. Wie bei den Sandersatzmaßnahmen sind auch bei solchen Maßnahmen bei entsprechender Ausführung Synergien zwischen Naturschutz, Küstenschutz sowie Tourismus und Naherholung zu erwarten. Allerdings ist mit hohen Kosten zu rechnen, etwa um den Schutz des Hinterlandes zu sichern. Weiterhin muss die lokale Akzeptanz ebenso wie bei der Öffnung von Sommerdeichen gewährleistet sein.



Foto: RSPB

*Abbildung 42: Die Renaturierung der Küstenmarschen auf Wallasea Island bringt Vorteile für Naturschutz, Klimaanpassung, Küstenschutz, Tourismus und Naherholung.*

Interessant ist, dass umgekehrt, in der Planungsphase des Wallasea Island-Projektes, eine Gruppe von englischen Projektmanagern das Holmer Siel und das Lüttmoorsiel am Beltringharder Koog in Nordfriesland besichtigt hatte. Diese verkörpern eine der weltweit größten Maßnahmen, mit denen erfolgreich ein gesteuerter Salzwassereinstau im Tiderhythmus in ein Salzwasserbiotop erfolgt. Dies war deshalb auch von Interesse für das Projekt auf Wallasea Island, bei dem vergleichbare Maßnahmen benötigt werden. Da die Marschgebiete hinter den Deichen relativ zum Meeresspiegel sowohl durch dessen Anstieg als auch

durch das Absinken des Landes zukünftig immer tiefer absinken werden, ist die Beobachtung von Projekten wie die auf Wallasea Island genauso wichtig wie eine Auswertung der eigenen Erfahrungen mit dem Salzwassereinstau im Beltringhar-der Koog. Sie können auf lange Sicht bei der Beurteilung helfen, wie in sehr tief liegenden Marschgebieten das Höhenniveau im Verhältnis zum Meeresspiegel durch den Eintrag von Sedimenten verbessert werden könnte.

**Eine Anpassung der Deichlinie kann für die Natur sowie für das Mitwachsen der Marsch mit dem Meeresspiegel wertvoll sein. Auch in Schleswig-Holstein könnten die Erfahrungen aus solchen Projekten bedeutsam werden.**

---

**5. Widerstandsfähigkeit der Küste stärken:** Mehrere der Fallbeispiele zeigen Maßnahmen für eine Verbesserung der allgemeinen Widerstandsfähigkeit der Küste gegenüber dem Anstieg des Meeresspiegels, stets in Verbindung mit der Renaturierung wertvoller Lebensräume. Im Mississippi-Delta wurde nach den verheerenden Hurrikans 2005 den ausgedehnten natürlichen Marschen und Inseln eine „neue“ Bedeutung für den Hochwasserschutz beigemessen. Man hat erkannt, dass eine erodierende Küste ohne natürliche Widerstandsfähigkeit zu erhöhten Sturmflutgefahren in den dahinter liegenden Niederungen führt. Der Verlust der Küstenmarschen soll deshalb durch Renaturierungen gestoppt werden, damit sich wieder eine ausreichend breite „Pufferzone“ für das natürliche Auslaufen von Sturmfluten entwickelt. Solch umfassende Renaturierungsprojekte sind sehr aufwendig.

Auch in der Lagune von Venedig bedrohen substanzielle Landverluste Salzwiesen und Inseln. Viele sind schon verschwunden. Durch den relativen Meeresspiegelanstieg befürchtet man eine noch stärkere Destabilisierung der Lagune, die auch die Gefahr von Sturmfluten für die Stadt Venedig erhöht. Deshalb werden hier – sogar mit der Hilfe von Baggergut, was allerdings die Risiken durch belastete Sedimente erhöht – gezielt neue Habitate geschaffen, um die Lagune zu stabilisieren.

In der Bucht von San Francisco versteht man die Renaturierung von ehemaligen Salinen zu Salzwiesen auch als „Puffer“ gegen den Meeresspiegelanstieg, dort allerdings als langfristig funktionierende Umwandlungszone von Sturmseezugang zur Verringerung der Belastung von Küstenschutzanlagen. Dies geschieht im Rahmen einer großen Koalition verschiedener regionaler Akteure.

**Watten, Salzwiesen, Küstenmarschen und Inseln tragen als Teil einer „weichen Küste“ durch Abbau der Sturmflutwelle und durch Reduzierung des Sturmseeanges vor den technischen Küstenschutzanlagen zum Schutz des besiedelten Hinterlandes bei. In Schleswig-Holstein kann man aus den Erfahrungen vom Mississippi-Delta und aus Venedig lernen, wie schmerzhaft ein Verlust der Schutzfunktion solcher Lebensräume wäre. Das Beispiel San Francisco weist darauf hin, dass weitreichende Partnerschaften zum Umdenken beitragen und die Akzeptanz für naturverträgliche Anpassungsoptionen verbessern können.**

---

**6. Langfristige Zukunftsplanung:** Das Beispiel Delfzijl verdeutlicht – unabhängig von der Bewertung einzelner Maßnahmen –, wie eine Gemeinde proaktiv versucht, den kommenden Meeresspiegelanstieg mit anderen Belangen der Raumentwicklung zu verknüpfen. Hierzu wurde eine räumliche Vision zu wesentlichen Zukunftsfragen (Demografie, Landsenkung, Meeresspiegelanstieg, Verlust natürlicher Lebensräume) für diese am Wattenmeer gelegene Stadt in einem vergleichsweise offenen Prozess mit vielen Beteiligten entwickelt. Dabei stellte sich heraus, dass die hohe Zahl der Ziele bzw. Zukunftsfragen auch Kompromisslösungen erfordert. Vielfältige Interessen müssen unter einen Hut gebracht werden. Letztendlich kann eine solche planerische Vision aber wesentlich dazu beitragen, die Stadt als Lebensraum langfristig attraktiver und in Zeiten des Klimawandels sicherer zu machen.



Foto: beeldbank.nws.nl, Rijkswaterstaat/J. van Houdt

Abbildung 43: Delfzijl – die Stadt am Meer reagiert mit Zukunftsplanung auf den steigenden Meeresspiegel.

In Schleswig-Holstein sind vergleichbare Ansätze aus den am Wattenmeer gelegenen Kommunen nicht bekannt bzw. nicht weit entwickelt. Allerdings hat die Stadt Husum jüngst entschieden, bei einem Projekt im Westen der Stadt mitzuwirken, das die Interessen aus Küstenschutz, Klimaanpassung, Naturschutz, Tourismus und Naherholung in einer integrierten Zukunftsplanung zur Anpassung an den Klimawandel bündeln will.

**Eine langfristige und integrierte räumliche Planung erscheint höchst sinnvoll, um sich auf die komplexen Anforderungen einstellen zu können, die mit einer Anpassung an den Meeresspiegelanstieg einhergehen. In Schleswig-Holstein dient die niederländische Stadt Delfzijl als Anregung besonders für die direkt am Wattenmeer liegenden Städte (Westerland, Wyk auf Föhr, Husum, Büsum), aber auch für andere größere Orte dieser Region.**

Natürlich kann eine Betrachtung wie in dieser Studie mit den vorgenannten Schlussfolgerungen in keiner Weise die für eine Umsetzung erforderliche Klärung der fachlichen Details und ebenso wenig die rechtlichen Prüfungen und Bewertungen ersetzen. Sie soll aber zeigen, dass wir den Kopf nicht in den Sand stecken dürfen und dass es – in Verbindung mit wirksamem globalem Klimaschutz – gelingen kann, die an „weichen Küsten“ wie dem Wattenmeer leider auch erforderlichen Maßnahmen zur Klimaanpassung Erfolg versprechend auf den Weg zu bringen. Diese haben das Potenzial, dass die einzigartigen Naturwerte des Nationalparks und Weltnaturerbes Wattenmeer ebenso erhalten bleiben wie unsere Standards von Lebens-, Arbeits- und Erholungsqualität an der Küste.

Obwohl die Beispiele aus den Fallstudien nur in Teilen auf das schleswig-holsteinische Wattenmeer übertragbar sind, zeigen sie doch ganz generell, dass es Lösungen gibt. Oft sind solche darunter, die gleich mehreren Zielen wie Küstenschutz, Naturschutz, Klimaanpassung und Tourismus dienen. Sie alle liefern Ideen und Anregungen. Der „Blick in die Ferne“ ist wohl immer hilfreich – bei diesem Thema sogar ganz besonders. Bewahren wir uns ein waches Auge dafür, wie an anderen Küsten mit den Herausforderungen umgegangen wird. Und freuen wir uns darüber, wenn umgekehrt auch Projekte und Lösungen aus Schleswig-Holstein anderen als Anregungen dienen können.

## Quellenverzeichnis

- Aagaard, T.; Nielsen, J.; Davidson-Arnott, R.; Greenwood, B.; Nielsen, N. (1998): Coastal Morphodynamics at Skallingen, SW Denmark: High Energy Conditions. In: *Geografisk Tidsskrift*, Vol. 98, S. 20–29.
- ABPmer (2011): Case Study on the Wallasea (North) Managed Realignment Scheme (England). ABPmer White Papers. [http://www.abpmer.net/omreg/case\\_studies.aspx](http://www.abpmer.net/omreg/case_studies.aspx) (06.05.2014).
- Arens, S. M.; Slings, Q. L.; Geelen, L.; Van der Haagen, H. (2007): Implications of environmental change for dune mobility in the Netherlands. In: *Proceedings of ICCD 2007*, S. 1–8.
- Bakker, J. P. (2014): Ecology of salt marshes. 40 years of research in the Wadden Sea. Wadden Academy, Leeuwarden. [http://www.waddenacademie.nl/fileadmin/inhoud/pdf/04-bibliotheek/2014\\_Ecology\\_of\\_salt\\_marshes\\_Jan\\_Bakker.pdf](http://www.waddenacademie.nl/fileadmin/inhoud/pdf/04-bibliotheek/2014_Ecology_of_salt_marshes_Jan_Bakker.pdf) (05.08.14).
- Baptist, M. J. (Hrsg.) (2009): Review of the geomorphological, benthic ecological and biogeomorphological effects of nourishments on the shoreface and surf zone of the Dutch coast. Report IMARES C113/08, Deltares Z4582.50, Wageningen.
- Barkowski, J.; Freund, H. (2006): Die Renaturierung des Langeooger Sommerpolders – eine zweite Chance für die Salzwiese? In: *Oldenburger Jahrbuch: Geschichte, Kunstgeschichte, Archäologie, Naturkunde*, Bd. 106, S. 257–277.
- Barkowski, J.; Freund, H. (2011): Langeooger Sommerpolder. Webseite. [meeresstation.icbm.de](http://meeresstation.icbm.de) (1.12.2014).
- Barkowski, J.; Kolditz, K.; Brumsack, H.-J.; Freund, H. (2009) The impact of tidal inundation on salt marsh vegetation after de-embankment on Langeoog Island, Germany – Six years time series of permanent plots. In: *J. Coast. Conserv.*, Vol. 13, No. 4, S. 185–206.
- Bartholdy, A. T.; Bartholdy, J.; Kroon, A. (2010): Salt marsh stability and patterns of sedimentation across a backbarrier platform. In: *Marine Geology*, Vol. 278, No. 1–4, S. 31–42.
- Bauermann, A. (2001): Die unendliche Geschichte: Ersatzmaßnahmen für die Europipe. *Wattenmeer International 2001-3*: 20–21.
- BBC (2012): Wallasea Island nature reserve project construction begins. Webseite. <http://www.bbc.com/news/science-environment-19598532> (07.05.2014).
- Bertram, C.; Döring, R.; Rehdanz, K.; Hofstede, J.; Kowatsch, A. (2015): Kapitel 8: Die Rolle der Küsten für Klimamitigation und anpassung. In: Hartje, V.; Wüstemann, H.; Bonn, A. (Hrsg.). *Naturkapital Deutschland – TEEB DE. Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte*. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig.
- Bourgeois, J. (2014): 2013 Annual Report. South Bay Salt Pond Restoration Project. [http://www.southbayrestoration.org/documents/technical/SBSPR\\_2013AR\\_032014\\_Web.pdf](http://www.southbayrestoration.org/documents/technical/SBSPR_2013AR_032014_Web.pdf) (12.06.2013).
- BUND & WWF (2001): Rückdeichung auf Langeoog bringt Nachteile für die Natur. Pressemitteilung vom 16.08.2001. [http://www.bund-niedersachsen.de/index.php?id=5922&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=10279&tx\\_ttnews\[backPid\]=5887](http://www.bund-niedersachsen.de/index.php?id=5922&tx_ttnews[tt_news]=10279&tx_ttnews[backPid]=5887) (2.12.14).
- Callaway, J. C.; Schile, L. M.; Borgnis, E. L.; Busnardo, M.; Archbald, G.; Duke, R. (2013): Sediment Dynamics and Vegetation Recruitment in Newly Restored Salt Ponds: Final Report for Pond A6 Sediment Study. <http://www.southbayrestoration.org/documents/technical/Pond%20A6%20FINAL%20report.COMBINED.08.21.2013.pdf> (16.06.2013).
- Callaway, J. C.; Parker, V. T.; Vasey, M. C.; Schile, L. M.; Herbert, E. R. (2011): Tidal Wetland Restoration in San Francisco Bay: History and Current Issues. In: *San Francisco Estuary and Watershed Science*, Vol. 9, No. 3. <http://www-csgc.ucsd.edu/NEWSROOM/NEWSRELEASES/RESOURCES/2012/ClimateDelta/eScholarship-UC-item-5dd3n9x3.pdf> (16.06.2014).
- Centre for Climate Adaptation (o. J.): Coastal flood risk Italy. Webseite. [www.climateadaptation.eu/italy/coastal-floods/](http://www.climateadaptation.eu/italy/coastal-floods/) (15.02.2014).
- Coastal Protection and Restoration Authority of Louisiana (CPRA) (o. J.): Webseite. [coastal.la.gov](http://coastal.la.gov) (15.10.14).
- Coastal Protection and Restoration Authority of Louisiana (CPRA) (2012): Comprehensive Master Plan for a Sustainable Coast. Coastal Protection and Restoration Authority of Louisiana. Baton Rouge, Los Angeles.
- Day, J. W.; Boesch, D. F.; Clairain, E. J.; Kemp, G. P.; Laska, S. B.; Mitsch, W. J.; Orth, K.; Mashriqui, H.; Reed, D. J.; Shabman, L.; Simenstad, C. A.; Streever, B. J.; Twilley, R. R.; Watson, C. C.; Wells, J. T.; Whigham, D. F. (2007): Restoration of the Mississippi Delta: lessons from Hurricanes Katrina and Rita. In: *Science*, Vol. 315, No. 5819, S. 1679–1684.
- Day, J. W.; Kemp, G. P.; Freeman, A. M.; Muth, D. P. (Hrsg.) (2014): *Perspective on the Restoration of the Mississippi Delta. The Once and Future Delta*. Springer, Dordrecht.
- Day, J.W. Jr.; Rismondo, A.; Scarton, F.; Are, D.; Cecconi, G. (1998): Relative sea level rise and Venice lagoon wetlands. In: *Journal of Coastal Conservation*, No. 4, S. 27–34.
- de Groot, A. V.; van Duin, W. E. (2013): Best practices for creating new salt marshes in a saline estuarine setting, a literature study. IMARES-Report / *Ecoshape – Building with Nature*. <http://edepot.wur.nl/248715> (16.01.15).
- de Groot, A. V.; Veeneklaas, R. M.; Bakker, J. P. (2011): Sand in the salt marsh: Contribution of high-energy conditions to salt-marsh accretion. In: *Marine Geology*, Vol. 282, No. 3–4, S. 240–254.
- De Jong, B.; Keijsers, J. G. S.; Riksen, M.; Krol, J.; Slim, P. A. (2014): Soft Engineering vs. a Dynamic Approach in Coastal Dune Management: A Case Study on the North Sea Barrier Island of Ameland, The Netherlands. In: *Journal of Coastal Research*, Vol. 30, No. 4, S. 670–684.

DEFRA (2008): ARCHIVE: Wallasea Wetlands Creation Project. Webseite. <http://archive.defra.gov.uk/rural/protected/wallasea.htm> (07.05.2014).

Deheyn, D.D.; Shaffer, L. R. (2007): Saving Venice: Engineering and ecology in the Venice lagoon. In: *Technology in Society*, Vol. 29, S. 205–213.

Deltares (2012): Building with Nature. Case – Watland Restoration Wallasea. Webseite. <https://publicwiki.deltares.nl/display/BWN/Case+-+Wetland+Restoration+Wallasea> (07.05.2014).

Deltares (2013): Building with Nature. Case – Sand Motor Delfland. Webseite. <https://publicwiki.deltares.nl/display/BWN/Case+-+Sand+Motor+Delfland> (17.04.2014).

Doswald, N. & Osti, M. (2011): Ecosystem-based approaches to adaptation and mitigation – good practice examples and lessons learned in Europe. BfN-Skripten 306. Bundesamt für Naturschutz (BfN).

Ecomare (o. J. (a)): Sand nourishments along the Dutch coast. Webseite. <http://waddenieb.waddenzeeschool.nl/en/encyclopedia/man-and-the-environment/water-management/coastal-protection/sand-nourishments/> (15.08.2014).

Ecomare (o. J. (b)): Wanderdünen auf Terschelling. Webseite. <http://www.ecomare.nl/de/lexicon/mensch-und-umwelt/naturschutz/naturentwicklung/wanderduenen-auf-terschelling/> (02.09.2014).

Ecoshore (o.J.): Projects. Webseite. <http://www.ecoshore.com/Projects.htm> (20.05.2014).

Elias, E; van der Spek; Wang, Z.; de Ronde, J. (2012): Morphological development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century. In: *Netherlands Journal of Geosciences*, No. 91–3; S. 293–210.

Esbjerg-Erklärung (1991): Ministerial Declaration of the Sixth Trilateral Governmental Conference on the Protection of the Wadden Sea. Esbjerg, 1991. [http://www.waddensea-secretariat.org/sites/default/files/downloads/esbjerg\\_declaration.pdf](http://www.waddensea-secretariat.org/sites/default/files/downloads/esbjerg_declaration.pdf) (31.03.15).

Esselink, P.; van Duin, W.; Bos, D.; de Fries, H. (2007): From Polder to Saltmarsh. Saltmarsh Restoration in Noorderleech (Wadden Sea). An Experiment. In *Fryske Gea, Oltterterp*. [http://www.waddenzee.nl/fileadmin/content/Dossiers/Natuur\\_en\\_Landschap/pdf/From\\_polder\\_to\\_saltmarsh\\_ENG.pdf](http://www.waddenzee.nl/fileadmin/content/Dossiers/Natuur_en_Landschap/pdf/From_polder_to_saltmarsh_ENG.pdf) (05.08.14).

Freund, H. (2013): Effects of de-embankment on the salt marsh in the Sommerpolder on Langeoog Island (2004–2013). Vortrag auf dem Wadden Sea Day 2013, Wilhelmshaven. [http://www.waddensea-secretariat.org/sites/default/files/downloads/WSD13/freund\\_wsd\\_2013.pdf](http://www.waddensea-secretariat.org/sites/default/files/downloads/WSD13/freund_wsd_2013.pdf) (1.12.14).

Gemeente Delfzijl (2012): Maritieme zone Delfzijl, een ruimtelijke visie. Bericht. <http://www.delfzijl.nl/document.php?fileid=23213&f=c14a5e82e9bfeda8d5b3e9da0ee6d9a6&attachment=1&c=45259> (16.01.15).

Gemeente Delfzijl (2014): Waterfront Delfzijl – Marconi. Webseite. <http://www.delfzijl.nl/waterfront-delfzijl-marconi/> (16.01.15).

Grinsted, A.; Moore, J. C.; Jevrejeva, S. (2010): Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100 AD. In: *Climate Dynamics*, Vol. 34, No. 4, S. 461–472.

Hanson, H.; Brampton, A.; Capobianco, M.; Dette, H. H.; Hamm, L.; Lastrup, C.; Lechuga, A.; Spanhoff, R. (2002): Beach nourishment projects, practices, and objectives—a European overview. In: *Coastal Engineering*, No. 47, S. 81–111.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013): *Climate Change 2014. Synthesis Report. Summary for Policy-makers*.

It Fryske Gea (2014): 10 jaar kwelderherstel in Noard-Fryslân Bûtendyks. Heerenveen.

Jacobsen, P.; Brøgger, C. (2007): Coastal protection based on Pressure Equalization Modules (PEM). In: *Proceedings of the International Coastal Symposium*, Griffith University, Australia.

Küffner, G. (2009): Eindeichung von Venedig. Mit Pressluft die Fluttore heben. F.A.Z. vom 22.07.2009. [www.faz.net/aktuell/technik-motor/umwelt-technik/eindeichung-von-venedig-mit-pressluft-die-fluttore-heben-1825144.html](http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/umwelt-technik/eindeichung-von-venedig-mit-pressluft-die-fluttore-heben-1825144.html) (20.05.2014).

Kystdirektoratet (Dänische Küstenschutzbehörde) (2013a): Coastal Protection on the West Coast of Jutland. Webseite. <http://eng.kyst.dk/coastal-protection-on-the-west-coast-of-jutland> (20.05.2014).

Kystdirektoratet (Dänische Küstenschutzbehörde) (2013b): The National Coastal Protection Strategy. <http://eng.kyst.dk/the-national-coastal-protection-strategy.html> (20.05.2014).

Lambrechts, J.; Ambagts, Z.; van Eijsbergen, E. (2012): The Sand Motor: Building with Nature. In: *Views and experiences*, Netherlands Commission for Environmental Assessment (NCEA) Series No. 12, 2012. S. 20–25.

Löffler, M.; de Leeuw, C.; ten Haaf, M.; Verbeek, S.; Oost, A.; Grootjans, A.; Lammerts, E.; Haring, R. (2008): *Eilanden Natuurlijk*. Waddenvereniging, Harlingen.

Löffler, M.; van der Spek, A.J.F.; van Gelder-Maas, C. (2013): Options for dynamic coastal management. A guide for managers. [Deltares. dtvirt35.deltares.nl/products/30539](http://dtvirt35.deltares.nl/products/30539) (01.09.2014).

Margheritini, L.; Frigaard, P.; Wahl, Niels Arne (2008): A holistic evaluation of a typical coast nourishment on the Danish West Coast. In: *Journal of Coastal Conservation*, No. 12, S. 83–91.

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (MELUR-SH) (2012): *Generalplan Küstenschutz des Landes Schleswig-Holstein – Fortschreibung 2012*. Kiel.

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (MELUR-SH) (2015): *Strategie für das Wattenmeer 2100*. Kiel.

Ministry for Infrastructure and Transport (Italy) & Venice Water Authority (o. J.): SAL.VE – Activities for the Saving of Venice and its Lagoon. Webseite. [www.salve.it/uk/](http://www.salve.it/uk/) (20.05.2014).

- Möller, I.; Kudella, M.; Rupprecht, F.; Spencer, T.; Paul, M.; van Wesenbeeck, B. K.; Wolters, G.; Jensen, K.; Bouma, T. J.; Miranda-Lange, M.; Schimmels, S. (2014): Wave attenuation over coastal salt marshes under storm surge conditions. In: *Nature Geoscience*, Vol. 7, S. 727–731.
- Nielsen, J.; Nielsen, N. (2006): Washover Geomorphology on the Barrier Spit, Skallingen, Denmark. In *Journal of Coastal Research*. No. 39 (Special Issue), S. 678–681.
- Oost, A.P.; Hoekstra, P.; Wiersma, A.; Flemming, B.; Lammerts, E.J.; Pejrup, M.; Hofstede, J.; van der Valk, B.; Kiden, P.; Bartholdy, J.; van der Berg, M. W.; Vos, P. C.; de Vries, S.; Wang, Z. B. (2012): Barrier island management: Lessons from the past and directions for the future. In: *Ocean & Coastal Management*, Vol. 68, S. 18–38.
- Oumeraci, H. (2006): Stranddrainage für den Küstenschutz. In: Schleswig-Holsteinischer Landtag, Umdruck 16/651.
- Petersen, J.; Janssen, G.; Lammerts, E. J.; Menn, I.; Mulder, S. (2005): Chapter 9: Beaches and Dunes. In: Essink, K.; Dettmann, C.; Farke, H.; Laursen, K.; Lüerßen, G.; Marencic, H.; Wiersinga, W. (Hrsg.). *Wadden Sea Quality Status Report 2004*. Wadden Sea Ecosystem No. 19. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.
- Pickaver, A.-H. (o. J.): Ourcoast Project Case Study – Changing Traditional Coastal Defense Policy to Stop Erosion, DK. <http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=8&articleID=82> (20.05.2014).
- Project Nature Coast (o. J.): Marine Ecology. Webseite. [http://www.naturecoast.nl/en\\_GB/home](http://www.naturecoast.nl/en_GB/home) (17.04.2014).
- Province of Zuid-Holland (o. J.): The Sand Motor. Webseite. <http://www.dezandmotor.nl/en-GB/the-sand-motor/> (17.04.2014).
- Redi, H.; Cecconi, G. (2013): The Venice Project. Building with Nature for Environmental Restoration and Resilient Storm Surge Protection. Vortrag, Working Meeting „USACE North Atlantic Coast Comprehensive Study: Natural and Natural-Based Approaches to Support Coastal Resilience and Risk Reduction“. Washington, 21.–22.11.2013.
- Reimer, N. (2009): Mit Schleusentoren und MOSE. Webseite. [www.klimaretter.info/hintergruende/alle-hintergruende/154-das-meer-steigt/3361-serie-](http://www.klimaretter.info/hintergruende/alle-hintergruende/154-das-meer-steigt/3361-serie-) (20.05.2014).
- Reise, Karsten (Hrsg.) (2015): *Kurswechsel Küste. Was tun, wenn die Nordsee steigt?* Kiel, Hamburg: Wachholtz Verlag (im Erscheinen).
- Rijkswaterstaat (2014): The Sand Motor. Locking back at 2 1/2 years of building with nature. Bericht: <http://www.dezandmotor.nl/uploads/2014/04/sand-motor-looking-back-at-2-and-a-half-years-of-bwn-def.pdf> (17.04.2014).
- Riksen, M. J. P. M.; Huiskes, H. P. J.; Krol, J.; Slim, P. A. (2014): Impact of coastal dune management on sandspray in the hinterland. Poster, 8th International Conference on Aeolian Research (ICAR VIII) 21–25 July 2014, Lanzhou, China.
- Royal Society for the Protection of Birds (RSPB) (2011): Wallasea Wetlands Creation Project – Allfleets Marsh. Newsletter 4. [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/69200/DEF-PB13469\\_Wallasea\\_WEB.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69200/DEF-PB13469_Wallasea_WEB.pdf). (07.05.2014).
- Royal Society for the Protection of Birds (RSPB) (2013): Wallasea Island Wild Coast Project. Webseite. <http://www.rspb.org.uk/ourwork/casework/details.aspx?id=tcn:9-235089> (07.05.2014)
- Royal Society for the Protection of Birds (RSPB) (o. J.): Wallasea Island. Restoring the Wild Coast of Essex. Newsletter. [http://www.rbyc.org.uk/uploaded\\_files/RSPB%20W%20NEWSLETTER.pdf](http://www.rbyc.org.uk/uploaded_files/RSPB%20W%20NEWSLETTER.pdf) (07.05.2014).
- Salman, A.; van der Neut, R. (o. J.): Kustgids. Region: Terschelling, Nature and Landscape. Webseite. <http://www.kustgids.nl/terschelling-en/index.html> (02.09.2014).
- San Francisco Estuary Partnership (2013): *Estuary News (Special Issue in Climate Change)*. Vol. 22, No. 1 (February 2013). <http://www.sfestuary.org/wp-content/uploads/2012/09/EstFeb2013vFinalR2.pdf> (12.06.14).
- San Francisco Estuary Partnership (o. J.): Webseite. <http://www.sfestuary.org/> (12.06.14).
- Scarton, F.; Cecconi, G.; Cerasuolo, C.; Valle, R. (2013): The importance of dredge islands for breeding waterbirds. A three-year study in the Venice Lagoon (Italy). In: *Ecological Engineering* Vol. 54, No. 5, S. 39–48.
- Schoeman, P. K (2002): Wadden Sea islands. Euroasion case study. Bericht: <http://www.euroasion.org/shoreline/35waddenseaislands.html> (22.08.2014).
- Scott, C.; Armstrong, S.; Townend, I.; Dixon, M.; Everard, M. (2011): Lessons Learned from 20 Years of Managed Realignment and Regulated Tidal Exchange in the UK. [www.abpmer.net/omreg](http://www.abpmer.net/omreg) (30.01.15).
- Shellenbarger, G. G.; Wright, S. A.; Schoellhamer, D. h. (2013): A sediment budget for the southern reach in San Francisco Bay, CA: Implications for habitat restoration. In: *Marine Geology*. No. 345, S. 281–293.
- South Bay Salt Pond Restoration Project (o. J.): Webseite. <http://www.southbayrestoration.org/> (12.06.14).
- Staatsbosbeheer (2012): *Life Dunes*. Report on six years of dune restoration in the Netherlands. Staatsbosbeheer Regio Nord, Groningen. <http://www.staatsbosbeheer.nl/English/LIFE%20Nature/LIFE%20Dune%20restoration.aspx> (21.01.2015).
- Takekawa, J. Y.; Thorne, K. M.; Buffington, K. J.; Spragens, K.A.; Swanson, K. M.; Drexler, J. Z.; Schoellhamer, D. H.; Overton, C. T.; Casazza, M. L. (2013): Final Report for Sea-level Rise Response Modeling for San Francisco Bay Estuary Tidal Marshes. U.S. Geological Survey Open File Report 2012- 1081. <http://www.werc.usgs.gov/fileHandler.ashx?File=/Lists/Products/Attachments/4907/ofr20131081.pdf> (13.06.14).
- Temmerman, S.; Meire, P.; Bouma, T. J.; Herman, P. M. J.; Ysebaert, T.; de Vriend, H. J. (2013): Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. In: *Nature*, Vol. 504, S. 79–83.

- Vermeer, M.; Rahmstorf, S. (2009): Global sea level linked to global temperature. In: Proceedings of the National Academy of Science of the USA, Vol. 106, S. 21527–21532.
- Waddenfonds (2014): Projekt Marconi Buitendijks. Webseite. [http://www.waddenfonds.nl/Projecten\\_detail.2918+M5b0fadd07a3.0.html](http://www.waddenfonds.nl/Projecten_detail.2918+M5b0fadd07a3.0.html) (16.01.15).
- Wikipedia (2014a): Mississippi River Delta. [http://de.wikipedia.org/wiki/Mississippi\\_River\\_Delta](http://de.wikipedia.org/wiki/Mississippi_River_Delta) (24.06.14).
- Wikipedia (2014b): San Francisco Bay. [http://en.wikipedia.org/wiki/San\\_Francisco\\_Bay](http://en.wikipedia.org/wiki/San_Francisco_Bay) (27.05.2014).
- Wikipedia (2015): Langli. <http://de.wikipedia.org/wiki/Langli> (09.01.15).
- Witteveen & Bos (2011): Planstudie dijksversterking Waddenzeedijk Texel, zandige oplossing, Prins Hendrikpolder. Deventer.
- Wolters, M. ; Garbutt, A.; Bakker, J. P. (2005): Salt-marsh restoration: evaluating the success of de-embankments in north-west Europe. In: Biological Conservation, Vol. 123, S. 249–268.
- Wong, P.P.; Losada, I.J.; Gattuso, J.-P.; Hinkel, J.; Khattabi, A.; McInnes, K.L.; Saito, Y.; Sallenger, A. (2014): Coastal systems and low-lying areas. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge u.a.
- Zwart, F. (o. J.): A living dune landscape on Terschelling. Poster, Rikswaterstaat/Staatsbosbeheer.

## Anhang: Übersicht der erfassten Fallbeispiele

Die hervorgehobenen Beispiele wurden in den Fallstudien vertieft analysiert.

Fallbeispiel	Land	Region
Dünen-Renaturierung im Yzer-Ästuar	Belgien	Flandern, Yzer-Ästuar, Nieuwpoort
Tidal Flat Roberts Banks	Kanada	British Columbia
Sommerpolder-Öffnung auf der Insel Langeoog	Deutschland	Niedersachsen, Ostfriesische Inseln
Küstenschutz Dragor	Dänemark	Seeland, Westküste, Amager
Strand- und Dünenaufspülung Køge	Dänemark	Seeland, Ostsee, Køge Bucht
Sandersatz an der dänischen Westküste	Dänemark	Jütland, Westküste
Dünenentwicklung auf der Halbinsel Skallingen	Dänemark	Jütland, nördliches Wattenmeer
Seine-Ästuar-Renaturierung	Frankreich	Normandie, Ärmelkanal/Seine-Mündung, Le Havre
Renaturierung in der Lagune von Venedig	Italien	Norditalien, Adria, Venedig
Green Coast Project	Indonesia, Sri Lanka, India, Thailand and Malaysia	Südost-Asien
Verstärkung einer Düne zum Schutz einer Küsten-Lagune	Italien	Sizilien, Südküste, Naturreservat Vendicari
Zandmotor an der niederländischen Nordseeküste	Niederlande	Süd-Holland, Den Haag
Dünenmanagement Ameland Ost	Niederlande	Friesland
Wash-Over Schiermonnikoog	Niederlande	Friesland
Sommerdeich-Öffnung am friesischen Festland	Niederlande	Friesland
Texel (Bekämpfung der Küstenerosion + Innovativer Hochwasserschutz)	Niederlande	Noord-Holland
Dynamisches Dünen-Management auf der Insel Terschelling	Niederlande	Friesland
Deichvorland Oosterschelde	Niederlande	Oosterschelde-Ästuar. Zeelandbrug close to Zierikzee
Austernriffe Oosterschelde	Niederlande	Zeeland, Oosterschelde
Baggergut Westerschelde	Niederlande	Westerschelde
Galgeplaat Sandaufspülung	Niederlande	Zeeland, Oosterschelde
Dünenschutz Punt van Voorne	Niederlande	Zeeland/Süd-Holland
Buhnen bei Waarde	Niederlande	Zeeland, Westerschelde Estuary
Seegraswiesen-Renaturierung Dutch Wadden Sea	Niederlande	Dutch Wadden Sea
Zukunftsplanung für die Stadt Delfzijl	Niederlande	Niedersachsen, Ems-Mündung
Renaturierung von Wallasea Island	UK	East Anglia, Crouch/Roach Estuaries,
Kilnsea Wetlands	UK	Yorkshire, Spurn-Peninsula/Humber Estuary
Abbots Hall Farm	UK	Essex, Backwater Estuary
Donna Nook Managed Realignment	UK	Lincolnshire, Humber Estuary
Freiston Shore	UK	Norfolk, The Wash Estuary
Northey Island	UK	Essex, Backwater Estuary
Tollesbury Wick Marshes	UK	Essex, Backwater Estuary
Renaturierung von Salzwiesen in der Bucht von San Francisco	US	Kalifornien, San Francisco Estuary
Renaturierung im Mississippi Delta	US	Louisiana, Golf von Mexiko
Dünenschutz Palm Beach County	US	Florida, Palm Beach County
Bio-Engineered Oyster Reef Demonstration	US	Louisiana, Golf von Mexiko
Martin County's Coastal Restoration Project	US	Florida, Treasure Coast
Deadman's Island Restoration project	US	Alabama, Golf von Mexiko, Pensacola Bay
South Lido Beach and Park Restoration	US	Florida, Sarasota County

Maßnahmentyp	Zeitpunkt/-raum	Quelle
Renaturierung	2002–2005	<a href="http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=8&amp;articleID=279">http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=8&amp;articleID=279</a>
Studie	2007	<a href="http://www.cip-icu.ca/Resources/Resources/Local-Climate-Change-Visioning-A-New-Process-for#">http://www.cip-icu.ca/Resources/Resources/Local-Climate-Change-Visioning-A-New-Process-for#</a>
Renaturierung, Sommerdeich-Öffnung	2002–05	Barkowski & Freund (2006)
Renaturierung	2007 ff.	<a href="http://en.klimatilpasning.dk/recent/cases/items/dykesalonearenotenough.aspx">http://en.klimatilpasning.dk/recent/cases/items/dykesalonearenotenough.aspx</a>
Sandersatz	1977–1980	<a href="http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=8&amp;articleID=39">http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=8&amp;articleID=39</a>
Sandersatz	1974 ff.	Kystdirektoratet (2013)
Dünendurchbruch, Dünenrenaturierung	-	Nielsen & Nielsen (2006)
Renaturierung	2001–2005	<a href="http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=8&amp;articleID=68">http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=8&amp;articleID=68</a>
Renaturierung, Baggergutverwendung	1991 ff.	<a href="http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&amp;n_proj_id=352">http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&amp;n_proj_id=352</a>
Renaturierung	-	<a href="https://unfccc.int/files/adaptation/application/pdf/13eba.pdf">https://unfccc.int/files/adaptation/application/pdf/13eba.pdf</a>
Sandersatz	2002–2005	<a href="http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=8&amp;articleID=335">http://ec.europa.eu/ourcoast/index.cfm?menuID=8&amp;articleID=335</a>
Sandersatz	2011	<a href="http://www.dezandmotor.nl">http://www.dezandmotor.nl</a>
Renaturierung	2012 ff.	Riksen et al. (2014)
Dünendurchbruch	2011–2022	<a href="http://www.coastalresearch.nl/archives/862">http://www.coastalresearch.nl/archives/862</a>
Renaturierung, Sommerdeich-Öffnung	2001	Bakker (2014)
Sandersatz, Dünendurchbruch, Hochwasserschutzdüne	1979 ff.	Schoeman (2002)
Renaturierung	1994 ff.	Zwart (o. J.)
Uferschutz	2008–09	<a href="https://publicwiki.deltares.nl/display/BWN1/Case+-+Eastern+Scheldt+dike+foreshore+ecological+upgrading">https://publicwiki.deltares.nl/display/BWN1/Case+-+Eastern+Scheldt+dike+foreshore+ecological+upgrading</a>
Riffbildung	2009 ff.	<a href="http://www.aqua.stir.ac.uk/public/shellfish2011/presentations/walles.pdf">http://www.aqua.stir.ac.uk/public/shellfish2011/presentations/walles.pdf</a>
Baggergutverwendung	2010–15	<a href="http://www.tide-toolbox.eu/measures/sandbars_2010/">http://www.tide-toolbox.eu/measures/sandbars_2010/</a>
Sandersatz	2008	<a href="http://www.ecoshape.nl/en_GB/Sand+nourishment+Galgeplaat.html">http://www.ecoshape.nl/en_GB/Sand+nourishment+Galgeplaat.html</a>
Dünenverstärkung	-	<a href="http://www.klimaatbuffers.nl/g-dune-restoration-punt-van-vooroe">http://www.klimaatbuffers.nl/g-dune-restoration-punt-van-vooroe</a>
Buhnenbau	2003	<a href="http://www.tide-toolbox.eu/measures/groynes_at_the_marsh_near_Waarde/">http://www.tide-toolbox.eu/measures/groynes_at_the_marsh_near_Waarde/</a>
Renaturierung	-	<a href="http://www.klimaatbuffers.nl">www.klimaatbuffers.nl</a>
Integrierte Zukunftsplanung	-	de Groot & van Duin (2013)
Renaturierung, Rückdeichung, Baggergutverwendung	2006 ff.	RSPB (2013)
Renaturierung	2010–12	<a href="http://www.tide-toolbox.eu/measures/kilnsea_wetlands/">http://www.tide-toolbox.eu/measures/kilnsea_wetlands/</a>
Rückdeichung	2000 ff.	<a href="http://www.essexwt.org.uk/reserves/abbotts-hall-farm">http://www.essexwt.org.uk/reserves/abbotts-hall-farm</a>
Rückdeichung	2012–13	<a href="http://www.tide-toolbox.eu/measures/donna_nook/">http://www.tide-toolbox.eu/measures/donna_nook/</a>
Rückdeichung	2008	<a href="http://www.abpmer.net/omreg">http://www.abpmer.net/omreg</a>
Rückdeichung	1991	<a href="http://www.abpmer.net/omreg">http://www.abpmer.net/omreg</a>
Rückdeichung	1995	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Tollesbury#Tollesbury_Wick_Marshes">http://en.wikipedia.org/wiki/Tollesbury#Tollesbury_Wick_Marshes</a>
Renaturierung, Baggergutverwendung	1993 -	<a href="http://www.sfestuary.org/">http://www.sfestuary.org/</a>
Renaturierung	2005 ff.	<a href="http://www.coastal.la.gov">http://www.coastal.la.gov</a>
Dünenverstärkung	2003 ff.	<a href="http://www.pbcgov.com/erm/coastal/shoreline/dune-restoration.htm">http://www.pbcgov.com/erm/coastal/shoreline/dune-restoration.htm</a>
Riffbildung	2011–2014	<a href="http://www.oyster-restoration.org/wp-content/uploads/2012/06/LA-08_hq.pdf">http://www.oyster-restoration.org/wp-content/uploads/2012/06/LA-08_hq.pdf</a>
Sandaufspülung, Dünen-renaturierung	1996 ff.	<a href="http://www.martincountycoastal.org/program_projects.html">http://www.martincountycoastal.org/program_projects.html</a>
Riffbildung	-	<a href="http://www.deadmansisland.org/">http://www.deadmansisland.org/</a>
Dünenschutz	-	<a href="https://www.scgov.net/EnvironmentalPlanning/Pages/CoastalRestoration.aspx">https://www.scgov.net/EnvironmentalPlanning/Pages/CoastalRestoration.aspx</a>

# „Wachsen mit dem Meer“ – Naturverträgliche Anpassung an den Meeresspiegelanstieg im Wattenmeer

## Sand ersetzen und Dünen renaturieren

Zur Anpassung an den steigenden Meeresspiegel ist die Vorspülung von Sand naturverträglicher als starre Bauwerke. Dünen müssen sich so natürlich wie möglich entwickeln.

## Küstenmarschen renaturieren

Mit Wiederherstellung oder Verbesserung der Sedimentzufuhr durch das Meerwasser können Küstenmarschen wieder mit dem Meeresspiegel in die Höhe wachsen.



## Natürliche Widerstandsfähigkeit der Küste stärken

Der Erhalt von Wattflächen, Salzwiesen und Inseln verringert die Sturmflutwelle und schützt das besiedelte Hinterland.

## Zukunft langfristig planen

Mit langfristiger und integrierter Planung wird den komplexen Anforderungen durch den Meeresspiegelanstieg besser begegnet.

### Unterstützen Sie den WWF

IBAN: DE06 5502 0500 0222 2222 22

Bank für Sozialwirtschaft Mainz

BIC: BFSWDE33MNZ

### WWF Deutschland

Reinhardtstr. 18  
10117 Berlin | Germany

Tel.: +49 (0)30 311 777 700

Fax: +49 (0)30 311 777 888



### Unser Ziel

Wir wollen die weltweite Zerstörung der Natur und Umwelt stoppen und eine Zukunft gestalten, in der Mensch und Natur in Einklang miteinander leben.

[wwf.de](http://wwf.de) | [info@wwf.de](mailto:info@wwf.de)