



STUDIE

D

2018

Naturschutz | Küstenschutz | Klimawandel

Land unter im Wattenmeer

Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs auf die Natur der Halligen
und Möglichkeiten zur Anpassung

Dieser Bericht steht auf www.wwf.de/watt/klima als PDF-Download bereit.

Dort finden Sie noch weitere Informationen zur Klimaanpassung im Wattenmeer.



im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS), im Programm „Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel“ (Förderschwerpunkt „Kommunale Leuchtturmvorhaben“).
Förderkennzeichen: 03DAS049

Der Bericht entstand im Projekt „Pilotmaßnahmen zur Klimaanpassung mit Kommunen in der schleswig-holsteinischen Wattenmeer-Region“ (PiKKoWatt, www.wwf.de/watt/pikkowatt). Die Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder und müssen nicht mit der Meinung des BMU übereinstimmen.

ISBN: 978-3-946211-16-7

Herausgeber: WWF Deutschland, April 2018
Kontakt: WWF-Büro Wattenmeer, Hafestraße 3, 25813 Husum
jannes.froehlich@wwf.de
Autoren: Jannes Fröhlich & Dr. Hans-Ulrich Rösner (WWF), Kapitel 1 & 4
Andrea Maier, Janina Schrader & Jan Blew (BioConsult SH), Kapitel 2
Dr. Stefanie Nolte, Prof. Dr. Kai Jensen & Dennis Schulze
(Universität Hamburg), Kapitel 3
Visualisierungen: Sabine Rabe, Julia Schulz & Prof. Antje Stokman
(studio urbane landschaften hamburg), Kapitel 4
Redaktion: Thomas Köberich (WWF)
Layout: Anita Drbohlav (WWF)
Produktion: Maro Ballach (WWF)
Titelbild: Martin Stock: Land unter auf Hallig Langeneß, 2017
Zitiervorschlag: WWF Deutschland (Hrsg.) 2018: Land unter im Wattenmeer. Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs auf die Natur der Halligen und Möglichkeiten zur Anpassung. Husum/Berlin.

© 2018 WWF Deutschland, Berlin. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.

INHALT

| | |
|--|-----------|
| Zusammenfassung | 4 |
| Summary | 5 |
| Einführung | 6 |
| 1 Die Halligen: Naturschutz, Küstenschutz und Anpassung an den Meeresspiegelanstieg | 8 |
| 2 Aktuelle Situation der Brutvögel und mögliche Auswirkungen des Klimawandels | 18 |
| 2.1 Einführung | 18 |
| 2.2 Überflutungen | 23 |
| 2.3 Landwirtschaft | 41 |
| 2.4 Bodenprädatoren | 46 |
| 2.5 Zusammenfassung | 51 |
| 3 Sedimentablagerung und Höhenwachstum auf Hallig Langeneß | 54 |
| 3.1 Einführung und Fragestellung | 54 |
| 3.2 Vorgehen zur Messung der Sedimentablagerung und weiterer Parameter | 58 |
| 3.3 Ergebnisse | 63 |
| 3.4 Diskussion | 68 |
| 4 Wie könnte eine Hallig in Zukunft aussehen? | 72 |
| 4.1 Der Status-Quo: eine Muster-Hallig im Jahr 2018 | 74 |
| 4.2 Die mögliche Zukunft: eine Muster-Hallig im Jahr 2030 | 76 |
| Literaturverzeichnis | 82 |

Zusammenfassung

Der Klimawandel und der dadurch zu erwartende beschleunigte Meeresspiegelanstieg sind eine große Bedrohung für das gesamte Wattenmeer. Auch die Halligen, spezielle Inseln im schleswig-holsteinischen Wattenmeer, werden davon stark betroffen sein.

Die vorliegende Studie betrachtet die Gefahren, die für die hohen Naturwerte auf den Halligen bestehen, allen voran die dort brütenden Küstenvögel. Sie sucht nach Möglichkeiten, wie vor allem Küstenschutz und Naturschutz gemeinsam zu einer naturverträglichen Anpassung der Halligen an den Meeresspiegelanstieg beitragen können. In einem Zukunftsszenario für das Jahr 2030 zeigen wir mögliche Lösungen auf einer typischen Hallig auf.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen und Empfehlungen aus der WWF-Studie sind:

- » Die Halligen sind ein Top-Standort für Küstenvögel, rund 60.000 von ihnen brüten dort. Diese Funktion der Halligen muss erhalten werden.
- » Um Gefahren für die Brutvögel abzuwenden, müssen die Auswirkungen auf sie bei allen Maßnahmen abgeschätzt und berücksichtigt werden. Die wichtigsten Themen dabei: Überflutungen und die damit verbundenen Küstenschutz-Maßnahmen, Landwirtschaft sowie die über Dämme auf einen Teil der Halligen gelangenden Bodenprädatoren.
- » Die Überflutung der Halligen bei hohen Wasserständen ist notwendig, denn so werden Schlick und Sand auf die Halligen transportiert. Dies lässt sie mit dem Meeresspiegel in die Höhe wachsen und erhält die Salzwiesen. Doch auf den großen Halligen sind Überflutungen aufgrund der dortigen Sommerdeiche zu selten geworden.
- » Die Untersuchung von Salzwiesen auf Hallig Langeneß zeigt, dass hohe und dichte Vegetation mehr Schlick und Sand als kurze Vegetation bei Überflutungen einfängt. Diese Eigenschaft der Salzwiesenpflanzen sollte zur Anpassung an den Meeresspiegelanstieg genutzt werden.
- » Um Brutvögel und Salzwiesen zu erhalten, müssen auch neue Ideen eine Chance erhalten und getestet werden. Mehr Überflutungen vor allem im Herbst und Winter durch steuerbare Fluttore (Siele), eine grünere Uferbefestigung sowie Sand statt Steinen an einigen Halligufeln sind Beispiele.

Climate change and the expected acceleration in sea-level rise is a major threat to the Wadden Sea. The “Halligen”, special islands in the Schleswig-Holstein Wadden Sea, will be strongly affected.

The study at hand considers major threats for the high natural values on the Halligen, especially coastal breeding birds. The study explores opportunities for coastal protection and nature conservation to contribute to a nature-friendly adaptation to sea-level rise on the Halligen. In a future scenario for the year 2030 we illustrate possible solutions for an exemplary Hallig island.

The main conclusions and recommendations from the WWF study are:

- » The Halligen are a top location for coastal waterbirds, around 60,000 nest and breed there. This potential of the Halligen must be preserved.
- » In order to avoid risks, the impact of all measures on breeding birds must be assessed and taken into account. The most important topics here are: Flooding and related coastal protection measures; agriculture; and mammalian predators reaching some of the Halligen via dams.
- » The flooding of the Halligen at high water levels is necessary because it transports silt and sand to the Halligen. This allows the marsh area to grow with sea-level rise and maintains the salt marshes. However, due to the local summer dikes, flood events have become too rare for the larger Halligen.
- » The study of salt marshes on Hallig Langeness shows that high and dense vegetation is trapping more silt and sand during flood events than low vegetation. This ability of salt marsh plants should be utilized for adaptation to sea-level rise.
- » To protect breeding birds and salt marshes, we need to consider and test new approaches. Examples for these are: more frequent flood events especially in autumn and winter with the help of steerable flood gates; greener revetments; and soft shore protection by working with nature (such as sand supplementation) instead of using asphalt and concrete.

Abb. 1.1: Der blühende Strandflieder (hier mit Strandwermut) kann vor allem die nicht oder wenig beweideten Teile der Hallig-Salzwiesen prägen.



Einführung

Dieser Bericht widmet sich den Halligen, den kleinen Inseln im Nordfriesischen Wattenmeer, die doch keine „Inseln“ sind, sondern eben „Halligen“. Sie bestehen aus ehemaligem Marschland, das Sturmfluten vergangener Jahrhunderte übrig gelassen haben. Halligen sind in vielfältiger Hinsicht sowohl in ihrer Natur wie in ihrer Kultur einzigartig und höchst erhaltenswert. Sie liegen inmitten des Nationalparks und Weltnaturerbes Wattenmeer. Und die großen Halligen gehören auf Initiative ihrer Bewohnerinnen und Bewohner zur „Entwicklungszone des Biosphärenreservates Wattenmeer“.

Für die Küstenvögel haben die Halligen eine herausragende Bedeutung. Rund 60.000 Küstenvögel brüten dort und eine vielfache Zahl von in der Arktis brütenden Wat- und Wasservögeln machen außerhalb der Brutzeit auf den Hallig-Salzwiesen Station. Dort leben zahlreiche spezialisierte Pflanzen- und Tierarten.



Foto: M. Adam/www.naturesurprises.com

Abb. 1.2:
Watt, Uferbefestigung,
Warft und Salzwiese
von Hallig Langeneß.

Die Halligen sind vom menschengemachten und dem sich künftig beschleunigenden Meeresspiegelanstieg bedroht. Klar ist, die Ufer der Halligen müssen auch zukünftig gegen den Abbruch geschützt werden, den Wellen und Strömung verursachen. Doch dabei braucht es Umsicht. Denn: Werden die Halligen seltener überflutet, kommt es zur sogenannten Aussüßung der Salzwiesen. Überdies gelangen so weniger Schlick und Sand (Sedimente) auf die Halligen – mit der Folge, dass die Halligen nicht ausreichend mit dem Meeresspiegelanstieg in die Höhe wachsen können. Es geht also darum, dem Meeresspiegelanstieg etwas entgegenzusetzen, ohne dass die Halligen langfristig zu Schaden kommen, damit ihre hohen Naturwerte erhalten bleiben. Dazu soll der vorliegende Bericht einen Beitrag leisten.

Der WWF hat im Rahmen des Projekts „Pilotmaßnahmen zur Klimaanpassung mit Kommunen in der schleswig-holsteinischen Wattenmeer-Region“ (PiKKoWatt) gemeinsam mit Partnern untersucht, wie diese einmalige und schützenswerte Landschaft trotz des Meeresspiegelanstiegs auch in der Zukunft für Mensch und Natur erhalten werden kann.

Kapitel 1 beschreibt die mit dem Meeresspiegelanstieg einhergehenden Herausforderungen für Küstenschutz und Naturschutz.

Kapitel 2 betrachtet die direkten und indirekten Auswirkungen des erwarteten Meeresspiegelanstiegs auf die Brutvögel der Halligen. Im Vordergrund stehen dabei die Überflutungen der Halligen, die Landwirtschaft auf den Halligen sowie die Gefahr der Zugänglichkeit der Halligen für Bodenprädatoren – Rotfuchs, Marder und Co.

Kapitel 3 behandelt das Höhenwachstum der Halligen. Die bei Überflutungen zurückbleibenden Sedimente bilden den „Stoff“, der dem Meeresspiegelanstieg etwas entgegengesetzt. Konkret wird am Beispiel von Hallig Langeneß untersucht, inwieweit Unterschiede in der Nutzung der Flächen das Höhenwachstum beeinflussen.

In Kapitel 4 geht es um Maßnahmen, die aus Naturschutzperspektive geeignet sind, zum Erhalt der Halligen beizutragen: Zunächst wird die heutige Situation der Natur, des Küstenschutzes sowie der Landbewirtschaftung auf einer Beispiel-Hallig bildlich dargestellt. Doch so beeindruckend dies schon heute ist, ist es auch zukunftssicher? Was könnte, was müsste sich aus Naturschutzsicht verbessern? In einem zweiten Bild, einem Zukunftsszenario wird eine künftige, mögliche Entwicklung einer Hallig dargestellt und in Form von fiktiven Gesprächen beschrieben.

Die Halligen — Naturschutz, Küstenschutz und Anpassung an den Meeresspiegelanstieg

**Jannes Fröhlich
& Hans-Ulrich
Rösner**

Rund 60.000 Küstenvögel brüten auf den nordfriesischen Halligen (Kap. 2). Darüber hinaus macht eine vielfache Zahl von in der Arktis brütenden Wat- und Wasservögeln außerhalb der Brutzeit dort Station. Über Monate fressen sie bei Niedrigwasser im Watt und rasten bei Hochwasser auf den Halligen. Andere, wie die Ringelgänse, ernähren sich von den Hallig-Salzwiesen (Abb. 1.3). Dort leben auch zahlreiche spezialisierte Pflanzen- (Abb. 1.1) und Insektenarten, unter ihnen z. B. der seltene „Halligflieder-Spitzmaus-Rüsselkäfer“.

Die Hallig-Natur ist herausragend. Allerdings droht vieles, was sie so besonders macht, durch den sich künftig beschleunigenden Meeresspiegelanstieg verloren zu gehen. Dies wäre nicht nur ein großer Verlust von Natur, es wäre auch ein mächtiger Verlust für die Menschen. Denn nur im Einklang mit einer intakten Natur lässt sich auf den Halligen leben und nachhaltig wirtschaften. Die Gäste kommen wegen des einmaligen Naturerlebnisses. Tourismus ist ein zentraler Wirtschaftsfaktor der Halligen.

Abb. 1.3: Ringelgänse leben vor allem im Frühjahr in großer Zahl auf den Halligen, bevor sie sich auf den Weg in ihr Brutgebiet in Nordsibirien machen.



Foto: H.-U. Rösner/WWF

Wenn es gelingt, die einmalige Natur trotz zukünftiger Herausforderungen zu erhalten und den Naturzustand möglichst qualitativ noch zu verbessern, würde dies auch den Stellenwert der Halligen in der gesamten Gesellschaft stärken. Der Schutz dieses wertvollen Lebensraumes ist bereits heute ein Argument dafür, dass der Schutz der Halligen und deren Bewirtschaftung von der Gesellschaft mitgetragen werden, z. B. über die Finanzierung des Küstenschutzes oder die Förderung der Landbewirtschaftung durch das Hallig-Programm. Aller Voraussicht nach wird dieses Argument in der Zukunft noch an Bedeutung gewinnen.

Klimawandel – Anpassung an den Meeresspiegelanstieg auf den Halligen

Um den Meeresspiegelanstieg zu begrenzen, muss allem voran das Klima durch die Reduktion von Treibhausgasen geschützt werden. Doch selbst ein sofort wirksamer Klimaschutz würde den Anstieg des Meeresspiegels nur mit langer Verzögerung aufhalten: Denn auch nach Umsetzung des Paris-Abkommens wird sich der Pegelanstieg der Meere als Resultat der bereits produzierten Treibhausgase noch lange fortsetzen. Maßnahmen zur Anpassung an den Meeresspiegelanstieg werden uns noch über lange Zeit beschäftigen.

Dies ist eine Herausforderung für die gesamte tief liegende Nordseeküste. Für den Nationalpark und das Weltnaturerbe Wattenmeer stellt der zukünftig beschleunigte Meeresspiegelanstieg sicherlich die größte Bedrohung dar. Ein erheblicher Teil der Wattflächen droht schon in 50 bis 100 Jahren dauerhaft überflutet zu werden (vgl. MELUR 2015, Reise 2015). Die „Wattenmeerstrategie 2100“ des Landes Schleswig-Holstein zeigt hierfür mögliche Gegenmaßnahmen auf, die vor allem in einem klugen Sedimentmanagement liegen können (MELUR 2015).

Abb. 1.4: Land unter auf Hallig Langeneß.



Foto: B. M. Philipps/Schutzstation Wattenmeer

Auf den Halligen liegt ein Teil der Lösung auf der Hand: Bei sehr hohen Wasserständen oder bei Sturmfluten werden die Halligen überflutet (Land unter). Die Besiedlung der Halligen erfolgte deshalb auf künstlichen Hügeln, den Warften. Bei Landunter überspült das mit Sedimenten angereicherte Wasser die Halligen (in Abb. 1.5 ist das von Sediment getriebte Wasser zu erkennen). Vor allem Schlick, aber auch Sand und Muschelschill setzten sich ab und bleiben nach Abflauen des Wassers auf den Halligen zurück (MELUR 2013). Auf diese Weise wachsen die Halligen mit dem Meer in die Höhe. An manchen Halligkanten ist die so entstandene Schichtung gut zu sehen (Abb. 1.6 bis 1.7). In den vergangenen Jahrhunderten konnten die Halligen dem seinerzeit vergleichsweise moderaten Meeresspiegelanstieg durch ihr Höhenwachstum standhalten.

Verglichen mit dem Meeresspiegelanstieg ist bereits heute die durchschnittliche Ablagerung von Sedimenten, zumindest auf den großen Halligen Hooge und Langeneß, zu gering. Die Salzwiesen der beiden großen Halligen liegen bereits heute so niedrig, dass sie bei normalen Springfluten ohne Küstenschutzbauwerke weitgehend überflutet würden. Wenn der Meeresspiegel künftig noch schneller steigt, sind die Halligen massiv bedroht (vgl. MELUR 2014; Petersen 2011; Stock 2011; Schindler et al. 2014a; Kap. 3).

Abb. 1.5: Land unter – Naturschauspiel, Bedrohung und Lebenselixir für die Halligen: Sturmfluten bringen ihnen Schlick, Sand und Muscheln als „Sedimente“. Sie ermöglichen es der Hallig, mit dem Meeresspiegel in die Höhe zu wachsen. Auf dem Foto sind links und rechts die Halligkante sowie die aus dem Wasser herausragenden Warften zu erkennen.



Foto: Martin Stock



Fotos: H.-J. Rösner/WWF

*Abb. 1.6, 1.7:
Seit Jahrhunderten
wachsen die Halligen
mit jeder Überflutung
in die Höhe. An den
Salzwiesenkanten an
Prielen (links auf
Hooge, rechts auf
Langeneß) ist gut
zu erkennen, wie sich
bei Sturmfluten
Schichten aus unter-
schiedlichem Material
abgesetzt haben.*

Was ist zu tun? Wie lässt sich die Anpassung an den Meeresspiegelanstieg verbessern, ohne dass die Natur Schaden nimmt und zugleich im Einklang mit den Interessen der Bewohnerinnen und Bewohner ist? Anknüpfungspunkte für den naturverträglichen Schutz der Halligen, aber auch noch viele offene Fragen bestehen aus Sicht des WWF in der Flächen-Bewirtschaftung sowie in der Art der Küstenschutzbauwerke, etwa der Sommerdeiche, der Siele und der Kantensicherung.

Die Rolle der Flächen-Bewirtschaftung

Die landwirtschaftlich geprägten Teile der Halligen werden von besonderen Rahmenbedingungen beeinflusst. Zu diesen zählen: die Überflutungen, die ökonomischen Erschwernisse durch hohen Transportaufwand und schwierige Erreichbarkeit, der Schutz der Natur dort sowie die Nutzung eines Teils der pflanzlichen Produktion durch Wildgänse.

Die Bewirtschaftung kann und muss verschiedene Funktionen erfüllen: Für die Pächter und Flächenbesitzer hat sie vor allem eine wirtschaftliche Bedeutung. Sie ist aber auch wichtig für den Naturschutz. Denn Art und Intensität der Landwirtschaft beeinflussen stark, welche Tiere und Pflanzen auf den Flächen leben. Besonders vorteilhaft für den Naturschutz erscheint auf den großen Halligen ein Mosaik unterschiedlicher Bewirtschaftungsformen (Beweidung, Mahd, Brache), das eine abwechslungs- und strukturreiche Vegetation zur Folge hat und Kleinstrukturen wie Priele, Gräben und Pfützen begünstigt (Kap. 2). Die Flächenbewirtschaftung könnte aber auch die Erhaltung der Halligen an sich beeinflussen, weil wenig oder keine Beweidung dazu beitragen könnte, dass mehr Sediment bei Landunterereignissen auf der Hallig zurückbleibt und so das Höhenwachstum fördert (Kap. 3). Und schließlich ist Landwirtschaft

*Abb. 1.8:
Landwirtschaft im
Einklang mit der Natur.
Die naturbedingten
wirtschaftlichen
Einschränkungen in
der Natur- und
Kulturlandschaft der
größeren Halligen
werden seit vielen
Jahren erfolgreich vom
Hallig-Programm
ausgeglichen, das
über die Jahre weiter-
entwickelt wurde.*



auf den Halligen von regionaler ökonomischer Bedeutung, etwa für den Tourismus oder durch das Angebot nachhaltig erzeugter Produkte, die der Zielsetzung des Biosphärenreservates entsprechen.

Insgesamt kommt es darauf an, alle diese Funktionen sinnvoll miteinander zu verknüpfen. Das Hallig-Programm des Landes Schleswig-Holstein soll hier eine maßgeschneiderte Lösung ermöglichen. Dazu wurde es wiederholt an sich verändernde Bedingungen und neue Erkenntnisse angepasst. Das Hallig-Programm sollte in der Zukunft auch Maßnahmen zur Klimaanpassung und zur weiteren Verbesserung der Bedingungen für Brutvögel besonders die Strukturvielfalt begünstigen.

Die Rolle der Küstenschutzbauwerke

Grüne Sommerdeiche (Abb. 3.3) oder erhöhte Deckwerke mit einer sommerdeichähnlichen Wirkung (Abb. 1.9) sorgen auf den großen Halligen dafür, dass es erst bei stark erhöhten Wasserständen zur Überflutung kommt. Dadurch nehmen solche Bauwerke starken Einfluss auf die Halligen und deren Zukunft.

Eine geringere Zahl von Überflutungen erleichtert das Leben der Bewohnerinnen und Bewohner sowie die Flächenbewirtschaftung. Im Frühjahr und Sommer verringern überdies weniger Überflutungen das Risiko von Küstenvögeln, Brutverluste zu erleiden (Kap. 2).

Die Kehrseite seltener Überflutungen ist die, dass weniger Sediment auf die Halligen transportiert wird und so ihr Höhenwachstum für eine Anpassung an den Meeresspiegel nicht mehr ausreicht. Dies hat schon dazu geführt, dass der Charakter als Salzwiesen und deren Bedeutung für die typischen Pflanzenarten dieses Lebensraums in Teilen verloren ging. Vor allem die Salzwiesen der Halligen Hooge und Langeneß sind stark ausgesüßt (Kleyer 2015).

Zusammengefasst kann man sagen, dass die Vorteile von Sommerdeichen eher kurzfristiger Art sind, die Nachteile aber eher langfristig auftreten. Ist vor diesem Hintergrund eine Win-win-Lösung, bei der die Vorteile überwiegen, überhaupt möglich? Wir halten diese vor allem dann für machbar, wenn man die Zahl der Überflutungen durch aktive Steuerung von Sieltoren beeinflussen könnte. So ließen sich mehr Überflutungen im Herbst und Winter ermöglichen, die dann zu einem besseren Höhenwachstum der Hallig beitragen würden. Im Frühjahr und Sommer, also in der Brutzeit und der Beweidungszeit, sollten die Überflutungen hingegen gedrosselt bleiben.



Foto: H.-U. Rösner/WWF

*Abb. 1.9:
ein Abschnitt
eines sommer-
deichähnlich
erhöhten Deckwerks
auf Hallig Hooge.*



Fotos: H.-U. Rösner/WWF

Abb. 1.10, 1.11: *Siele auf Hallig Hooge.* Wie ließe sich das realisieren? Eine entscheidende Rolle könnten hier die **Siele** spielen (Abb. 1.10, 1.11). Auf den Halligen sind dies jene Durchlässe im Sommerdeich bzw. Deckwerk, durch die Wasser vor allem ins Wattenmeer geleitet wird. In den Sielen befinden sich Tore, die je nach Wasserstand geschlossen bzw. geöffnet sind. Die derzeit genutzten automatischen Sieltore schließen sich bei Flut durch den Druck des auflaufenden Wassers, sodass kein Meerwasser oder nur wenig Meerwasser in die Hallig gelangt. Senkt sich bei Ebbe der Meereswasserstand unter den Binnenwasserstand, öffnen sich die Tore, und das Wasser fließt aus der Hallig ins Wattenmeer.

Erreichbar wäre eine tatsächliche Win-win-Situation dann, wenn diese Siele zukünftig so umgebaut würden, dass sie sich aktiv steuern ließen. Bei hohen Wasserständen, die aber nicht so hoch sind, dass sie für eine Überflutung des Sommerdeiches ausreichen würden, könnte man die Sieltore öffnen. Sie könnten auch nach einem Landunter etwas länger geschlossen bleiben, damit sich ausreichend Sediment absetzen kann, bevor das Wasser von der Hallig abfließt.

Im Fall der Einführung steuerbarer Siele wäre zu prüfen, ob die mit mehr Landuntern im Herbst und Winter verbundenen Erschwernisse für die Bewohnerinnen und Bewohner dadurch ausgeglichen werden können, dass man die Straßen auf der Hallig höher legt.

Zu bedenken ist auch, dass es überwiegend alte Prielsysteme sind, die das Wasser von der Hallig sammeln und am Ende durch die Siele führen. Wahrscheinlich haben natürliche Prielsysteme in der Vergangenheit eine wichtige Rolle für den Transport von Meeressediment auf die inneren Flächen der Hallig gespielt. Im Projekt „Zukunft Hallig“ wurde unter-

sucht, wie die Flächen im Inneren von Hallig Langeneß mit mehr Meeres-sediment versorgt werden können und damit ein stärkeres Oberflächen-wachstum ermöglichen (Jensen 2014). Für die Zukunft stellt sich neben der möglichen Funktion dieser Priele für den vermehrten Transport von Sediment bei einer Umstellung auf aktiv steuerbare Siele auch die Frage, ob durch eine stärkere Durchlässigkeit der Siele auch Vorteile für die Lebensgemeinschaften in den Halligprielel und an ihren Rändern bestehen und Barrieren gegen die Wanderungen von Tieren zwischen Land und Meer verringert werden können.

Eine ganz andere Funktion als Sommerdeiche haben jene Küstenschutz-bauwerke, die die Kante der Hallig vor Erosion schützen sollen:

Deckwerke aus Steinen machen dies direkt und sichern die Kante gegen Abbruch (Abb. 2.7, 2.8), während **Buhnen** die Halligkanten vor starken Strömungen oder Prielel schützen und Sediment vor der Kante festhalten sollen (Abb. 1.12). An Abschnitten ohne größere Erosion verspricht man sich Sicherheit vor dem Wasser zum Teil „nur“ durch **Lahnungen**, die an geschützteren Stellen dazu führen können, dass sich ein Vorland herausbildet (Abb. 1.13).

Auch zukünftig müssen Halligkanten gegen Abbruch geschützt werden. Anderenfalls würden die Halligen durch Abbrüche immer kleiner werden. Die wichtige Funktion dieser Küstenschutzbauwerke liegt also auf der Hand. In ökologischer Hinsicht wirken sie an den von Natur aus „weichen“ Küsten des Wattenmeeres zugleich negativ (Abb. 1.15).

*Abb. 1.12:
Buhnen, hier auf Hallig
Hooge, sollen die
Strömungen von der
Halligkante ablenken.*



Foto: H.-J. Rösner/WWF

Als „harte“ Strukturelemente, die dieser Landschaft natürlicherweise fehlen, sind sie eigentlich deplatziert. Sie beeinflussen den natürlichen Übergang zwischen Land und Meer, verringern natürliche Strukturen wie die Abbruchkanten mit ihren charakteristischen Arten und stehen als Barrieren der Wanderung oder Verbreitung von Arten im Weg.

Es stellt sich also die Frage: Lassen sich die Halligen naturverträglicher gegen Abbruch schützen? Ist ein natürlicherer Übergang zwischen Land und Meer möglich, und gibt es Alternativen, die die negativen Begleiterscheinungen bestehender Bauwerke abmildern? Diese Frage gewinnt noch an Bedeutung dadurch, dass der Uferschutz in Zeiten eines erwarteten beschleunigten Meeresspiegelanstiegs noch wichtiger werden wird.

Ideen und Beispiele für naturfreundlichere Ausführungen gibt es (Kap. 2): Die Deckwerke können so gestaltet werden, dass sie leichter von Salzwiesenpflanzen bewachsen werden. Tiefe Löcher zwischen den Steinen, die Küken zur Falle werden, ließen sich vermeiden (Abb. 1.14). Durchlässe in erhöhten Deckwerken würden dafür Sorge tragen (Abb. 2.8), dass die Häufigkeit von Landuntern aufrechterhalten bleibt. Als Alternativen zur Stabilisierung des hallignahen Wattes eignen sich Sandaufspülungen, wenn auch vorrangig an den geschützteren Seiten der Hallig (Reise 2015, Kap. 2, Abb. 2.9).

Von diesen Vorschlägen ist einiges leicht und anderes schwerer zu realisieren, manches wird man erst ausprobieren müssen. Entscheidend für die Machbarkeit und besonders für die Entwicklung weiterer Ideen ist ein enger Dialog, der eine noch weiter wachsende Rolle zwischen Küstenschutzern, Halligbewohnern und Naturschützern spielen sollte.



Foto: J. Fröhlich/WWF

Abb. 1.13:
*Lahnungen vor einem
Deckwerk auf Hooge.*

Abb. 1.14: Tiefe Löcher im Deckwerk können eine Falle für kleine Küken von Küstenvögeln sein.



Fotos: H.-U. Rösner/WWF

Abb. 1.15: Die typischerweise „weiche“ Landschaft des Wattenmeeres wird durch „harte“ Küstenschutzbauwerke stark verändert. Hier im Vordergrund eine Buhne und hinten ein erhöhtes Deckwerk auf Hallig Langeneß.



Fotos: H.-U. Rösner/WWF

Aktuelle Situation der Brutvögel und mögliche Auswirkungen des Klimawandels

**Andrea Maier,
Janina Schrader
& Jan Blew
(BioConsult SH)**

Bei diesem Kapitel handelt es sich um die verkürzte Fassung eines Gutachtens, das vollständig unter dem Link wwf.de/watt/BVH-Studie zu finden ist.

2.1 Einführung

Fotos: H.-J. Rösner/WWF



Abb. 2.1: Austernfischer (oben) und Rotschenkel (unten) brüten in großer Zahl auf den Halligen.

Ziel dieser Untersuchung ist es, die vom Klimawandel schon sichtbaren und noch zu erwartenden Veränderungen für die auf den Halligen brütenden Vögel darzustellen und Lösungsmöglichkeiten für deren Schutz aufzuzeigen. Die Untersuchung soll zur Entwicklung und Beurteilung geeigneter Maßnahmen beitragen. Die Untersuchung bezieht sich auf die neun Halligen Oland, Langeneß, Gröde, Habel, Hooge, Nordstrandischmoor, Norderoog, Süderoog und Südfall.

Hierzu wurden zahlreiche Veröffentlichungen ausgewertet, auch Gutachten, akademische Abschlussarbeiten, Präsentationen u. Ä., soweit diese verfügbar waren. Überdies wurden fach- und ortskundige Personen befragt, also Bewohner der Halligen sowie Mitarbeiter aus Behörden sowie Forschungs- und Naturschutzorganisationen.

Bedeutung der Halligen für Brutvögel



Auf den Halligen brüten Küstenvögel in außergewöhnlich hoher Anzahl und Dichte. Für mehrere Arten haben die Halligen eine besonders große Bedeutung (Tabelle 2.1). Sie beherbergen einen erheblichen Anteil der deutschen oder sogar der gesamten Wattenmeer-Population. Trotz verschlechterter Situation in den letzten Jahren haben die Brutvögel immer noch überdurchschnittlich hohen Bruterfolg (Thorup & Koffijberg 2016).

Tab. 2.1, rechts: Brutpaare der Küstenvögel auf den Halligen und ihr Anteil am deutschen Brutbestand. Für die Halligen Langeneß, Hooge und Norderoog sind die Brutbestände des Jahres 2016 einzeln dargestellt, daneben der Gesamtbestand der neun Halligen von 2016 (für Nordstrandischmoor aus 2013). Daten: Nationalparkverwaltung S-H/B. Hälterlein, Schutzstation Wattenmeer 2016, Schiffler & Lutz 2016, Grave 2017; Brutpaarzahlen von Deutschland: Gedeon et al. 2015.

| Brutpaar-Anzahl | | | | | | Anteil des Hallig-Brutbestandes am Gesamtbestand von Deutschland |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|-------------------------------|--|
| | Langeneß | Hooge | Norderoog | Summe der 9 Halligen | Gesamtbestand von Deutschland | |
| Löffler | 2 | | | 97 | 319 | 30 % |
| Brandgans | 99 | 21 | 4 | 175 | 6.500–8.000 | 2 % |
| Eiderente | 21 | 88 | 36 | 167 | 1.000–1.400 | 14 % |
| Mittelsäger | 9 | 7 | 1 | 21 | 370–410 | 5 % |
| Austernfischer | 2.116 | 905 | 100 | 4.427 | 25.000–33.000 | 15 % |
| Sandregenpfeifer | 8 | 6 | | 55 | 950–1.100 | 5 % |
| Kiebitz | 5 | 1 | | 34 | 63.000–100.000 | 0,04 % |
| Uferschnepfe | | | | 1 | 3.900–4.400 | 0,01 % |
| Rotschenkel | 311 | 41 | 10 | 551 | 11.000–17.500 | 4 % |
| Säbelschnäbler | 86 | 29 | | 292 | 6.000–7.000 | 4 % |
| Lachmöwe | 2.018 | 1.381 | 2.815 | 11.894 | 105.000–150.000 | 9 % |
| Schwarzkopfmöwe | | | 3 | 4 | 310–380 | 1 % |
| Sturmmöwe | 381 | 155 | 2 | 1.075 | 22.000–24.000 | 5 % |
| Heringsmöwe | 316 | 62 | 26 | 1.317 | 34.000–44.000 | 3 % |
| Silbermöwe | 644 | 228 | 82 | 2.715 | 29.000–36.000 | 8 % |
| Mantelmöwe | 11 | 5 | 2 | 26 | 46–52 | 53 % |
| Brandseeschwalbe | | | 3.270 | 3.270 | 3.700–5.500 | 71 % |
| Flussseeschwalbe | 347 | 257 | 40 | 858 | 9.000–10.500 | 9 % |
| Küstenseeschwalbe | 548 | 551 | 95 | 2.179 | 4.000–4.900 | 49 % |
| Zwergseeschwalbe | 9 | 51 | | 64 | 600–650 | 10 % |
| Summe | 6.931 | 3.788 | 6.486 | 29.222 | | |

So brüten Austernfischer mit rund 4.500 Brutpaaren auf den Halligen, das sind etwa 15 % des deutschen Gesamtbestandes (Tabelle 2.1, Gedeon et al. 2015). Auf der Hallig Norderoog befindet sich eine große Brandseeschwalbenkolonie. Die rund 3.000 Brutpaare entsprechen etwa 70 % des deutschen Brutbestandes. Auch für Küstenseeschwalben sind die Halligen ein herausragendes Brutgebiet: Mit über 2.000 Paaren brütet dort etwa die Hälfte des deutschen Brutbestandes. Und auch Fluss- und Zwergseeschwalben haben bedeutende Vorkommen. Weitere typische

Abb. 2.2: Trends von 26 typischen Brutvogel-Arten im Wattenmeer für den Zeitraum von 1991 bis 2011. Insgesamt werden 35 Arten erfasst. 9 Arten sind zu selten für eine Berechnung von Bestandstrends (WS = gesamtes Wattenmeer, DK = dänisches W., SH = schleswig-holsteinisches W., Nds/HH = niedersächsisches und hamburgisches W., NL = niederländisches W.).
Quelle: Koffijberg et al. (2015), deutsche Version erhalten von G. Lürßen/CWSS 2017.

| 21 Jahre Langzeittrend 1991–2011 | | | | | |
|-------------------------------------|----|----|----|--------|-----|
| Spezies | WS | DK | SH | Nds/HH | NL |
| Kormoran | ↑↑ | ? | ↑ | ↑ | ↑↑ |
| Löffler | ↑↑ | . | ↑↑ | ↑↑ | ↑↑ |
| Brandgans | ↑ | ↑ | ↑ | ➡ | ↑ |
| Eiderente | ↓ | ↑↑ | ↓↓ | ↑ | ↓ |
| Mittelsäger | ? | . | . | . | . |
| Kornweihe | ↓ | . | . | ➡ | ↓↓↓ |
| Austernfischer | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| Säbelschnäbler | ↓ | ↓ | ➡ | ↓ | ↓↓↓ |
| Sandregenpfeifer | ↓ | ↓ | ↓ | ↓↓↓ | ↓ |
| Seeregenvfeifer | ↓ | ↑ | ↓ | ↓↓↓ | ↓ |
| Kiebitz | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ➡ |
| Uferschnepfe | ↓ | ↓ | ? | ↓ | ↓ |
| Großer Brachvogel | ↓ | . | . | ? | ↓ |
| Rotschenkel | ↓ | ↓ | ➡ | ↓ | ↓ |

und herausragende Brutvögel auf den Halligen sind der Rotschenkel, einige Möwenarten und Entenvögel. In Tabelle 2.1 sind die aktuellen Brutbestände der typischen Küstenvögel dargestellt, auf die sich diese Untersuchung konzentriert. Andere Brutvögel, z. B. Graugänse, die an den Häusern brütenden Haussperlinge und Stare sowie typische Wiesen-Singvögel (Feldlerche, Wiesenpieper) wurden vom Wattenmeer-Monitoring noch nicht erfasst und daher hier nicht betrachtet.

Seit 1991 findet ein gemeinsames Monitoring der Brutvögel in allen drei Wattenmeerstaaten statt („TMAP“). Dabei werden die Brutbestände von 35 typischen Arten erfasst. Diese Monitoring-Daten belegen, dass die meisten Brutvogel-Arten des Wattenmeers von Rückgängen betroffen sind. Dies gilt besonders für Watvögel und Seeschwalben (Koffijberg et al., 2017; Abb. 2.2).

| 21 Jahre Langzeittrend 1991–2011 | | | | | |
|-------------------------------------|----|----|----|--------|----|
| Spezies | WS | DK | SH | Nds/HH | NL |
| Schwarzkopfmöwe | ↑↑ | · | · | ? | · |
| Lachmöwe | ↓ | ? | → | ↓ | ↓ |
| Sturmmöwe | ↑ | ↑ | ↑ | ↑↑ | ↓ |
| Heringsmöwe | ↑↑ | ↑↑ | ↑↑ | ↑↑ | ↑ |
| Silbermöwe | ↓ | ↑ | → | ↓ | ↓ |
| Mantelmöwe | ↑↑ | ? | ↑↑ | · | · |
| Lachseeschwalbe | ? | ? | ? | ↓ | · |
| Brandseeschwalbe | → | ↑↑ | ↓↓ | ? | ↑ |
| Flusseeschwalbe | ↓ | ↓ | ? | ↓ | ↓ |
| Küstenseeschwalbe | ↓ | → | → | ↓ | ↓ |
| Zwergseeschwalbe | → | ↑ | ↓ | ↓ | ↑ |
| Sumpfrohreule | ↓ | ? | ? | → | ↓ |

↑↑ Starke Zunahme
↓↓ Starke Abnahme

↑ Moderate Zunahme
↓ Moderate Abnahme

→ Stabil
? Unklar

· Datengrundlage nicht ausreichend für Trendberechnung

Seit 2009/2010 wird für eine Auswahl von zehn Arten auch der Bruterfolg in einigen Stichprobengebieten ermittelt. Erfasst wird dafür die Anzahl flügger Küken pro Brutpaar. Für den bereits ausgewerteten Zeitraum von 2009–2012 zeigte sich, dass der Bruterfolg vieler Arten wattenmeerweit zu gering war, damit die Bestände erhalten bleiben. Es wuchsen also weniger junge Tiere nach, als alte Tiere sterben. Besonders bei Austernfischern, Säbelschnäblern und Küstenseeschwalben war der Bruterfolg niedrig. Prädation und Überflutungen waren die Hauptursachen (Thorup & Koffijberg 2016). Die auf den Halligen untersuchten Austernfischer erzielten aber den besten Bruterfolg für diese Art in allen betrachteten Gebieten. Die „Hallig-Austernfischer“ waren sogar die einzigen Austernfischer mit gutem Bruterfolg. Aber auch der Bruterfolg der Hallig-Austernfischer ist wegen der anwesenden Bodenprädatoren gefährdet (vgl. 2.4).

Aufgrund der hohen Brutbestände der Küstenvögel und des im wattenmeerweiten Vergleich noch guten Bruterfolgs einiger Arten kommt den Halligen eine große Bedeutung und damit auch Verantwortung für die brütenden Küstenvögel zu. Die nordfriesischen Halligen sind ein Kerngebiet zum Erhalt von Küstenvögeln in Deutschland.

Überflutungen, Landwirtschaft und Bodenprädatoren als wichtigste Wirkfaktoren

Der Klimawandel hat eine Reihe direkter und indirekter Wirkungen auf Ökosysteme, Tiere und Pflanzen. Der Temperaturanstieg als direkte Wirkung zieht eine Anzahl von indirekten Wirkungen nach sich: Veränderungen ganzer Ökosysteme, Einwanderung neuer oder das Verschwinden vorhandener Arten und vieles mehr.

Der erwartete beschleunigte Anstieg des Meeresspiegels könnte sich wegen häufigerer Überflutungen der Halligen und der dortigen Brutplätze als bedeutendster Wirkfaktor für die Vögel erweisen (vgl. 2.2). Dabei hätten häufigere Überflutungen während der Brutzeit eine starke Wirkung auf die Brutvögel, außerhalb der Brutzeit dagegen nur eine geringe.

Einen als Wirkfaktor auf den Bruterfolg der Hallig-Brutvögel ebenfalls hohen Einfluss haben auch die Komplexe der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung (vgl. 2.3) sowie der Bodenprädatoren (vgl. 2.4).

Abb. 2.3: Wirkfaktoren des Klimawandels und mögliche Zusammenhänge mit der Eignung der Halligen für Brutvögel. Rot markiert sind die Wirkfaktoren, die in dieser Untersuchung vorrangig betrachtet werden.



Es gibt weitere Wirkfaktoren, z. B. direkte menschliche Tätigkeiten und die Entwicklung des Watts in der Umgebung der Halligen. Doch die genannten drei Wirkfaktoren beeinflussen nach allem, was wir derzeit wissen, die Eignung der Halligen für Brutvögel am stärksten. In den folgenden Abschnitten werden Zusammenhänge und Wirkungen in diesem Gefüge beschrieben, und vor allem wird auf die beiden Fragen eingegangen: Mit welchen Problemen werden die Brutvögel künftig (stärker) konfrontiert? Und: Welche Lösungen und Managementoptionen gibt es?

2.2 Überflutungen

Meeresspiegelanstieg

An der schleswig-holsteinischen Nordseeküste ist der relative mittlere Meeresspiegel zwischen 1937 bis 2008 um ca. 2,2 mm pro Jahr bzw. insgesamt um ca. 13 cm angestiegen (Jensen et al. 2011; MELUR 2013, 2015). Für die jüngere Vergangenheit, den Zeitraum 1971 bis 2008, wurde über mehrere Pegel in Schleswig-Holstein mit einem durchschnittlichen Anstieg von 4,1 mm ein signifikant höherer Trend berechnet (Jensen et al. 2011). Für den in der Nähe der Halligen liegenden Pegel Wyk wurde zwischen 1952 und 2009 ein Anstieg des relativen mittleren Meeresspiegels um 2,6 mm pro Jahr gemessen. Der Anstieg des mittleren Tidehochwassers betrug dort etwa 5 mm pro Jahr (Jensen et al. 2011; MELUR 2015).

In der „Wattenmeerstrategie 2100“ (MELUR 2015) werden in zwei Szenarien die wahrscheinlichen Folgen eines Meeresspiegelanstiegs von 50 cm bzw. 80 cm bis Ende des 21. Jahrhunderts beschrieben (Tab. 2.2).

Tab. 2.2: Folgen des Klimawandels hinsichtlich Temperatur und Meeresspiegelanstieg in zwei verschiedenen Szenarien (Quelle: IPCC 2013, dargestellt in MELUR 2015).

| Annahme/ betroffener Zeitraum | Szenario „gemäßigt“ | Szenario „gesteigert“ |
|--------------------------------------|--|--|
| Voraussetzung | weltweite verstärkte Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen | unverändert hohe Treibhausgas-Emissionen lt. bestehender Selbstverpflichtungen |
| bis 2050 | + 1,4° C | + 1,8° C |
| bis 2100 | + 2,0° C | + 3,7° C |
| Meeresspiegelanstieg bis 2050 / 2100 | 4 / 6 mm pro Jahr | 6 / 10 mm pro Jahr |

Aufgrund neuerer Erkenntnisse über die schmelzenden Eisschilde werden inzwischen noch weit höher liegende Werte diskutiert. Aus dem „Klimareport Schleswig-Holstein“ (2017) geht hervor, dass ein Meeresspiegelanstieg an den deutschen Küsten von deutlich über einem Meter bis zum Ende des 21. Jahrhunderts nicht ausgeschlossen ist (vgl. auch Jensen et al. 2011; IPCC 2013; MELUR 2013, 2014, 2015; DWD 2017).

Mitwachsen der Salzwiesen

Salzwiesen, zu denen mit Einschränkungen auch die Halligflächen gehören, können grundsätzlich mit einem steigenden Meeresspiegel „mitwachsen“. Bei jeder Überflutung bringt der Flutstrom vom Wasser aufgewirbeltes Sediment mit. Ein Teil der Sedimentpartikel wird vom Ebbstrom nicht zurücktransportiert, sondern lagert sich auf den Salzwiesen ab. Die Sedimentations- und Aufwuchsraten unterscheiden sich regional.

Aktuelle Studien untersuchten das Höhenwachstum der Salzwiesen auf den Halligen. Auf den häufiger überfluteten Halligen Nordstrandischmoor und Süderoog wurden Werte um 3,8 mm bzw. 3,2 mm pro Jahr gemessen. Die größeren Halligen Hooe und Langeneß verzeichneten ein geringeres Höhenwachstum: lediglich 2,6 mm bzw. 1,8 mm pro Jahr (SAHALL-Projekt, Ergebnisse z. B. in MELUR [2014]). Andere Untersuchungen stellten noch geringere Werte fest. So wurden etwa für den

Zeitraum 2010–2013 im Mittel pro Jahr 1,5 mm auf Hooge, 1,2 mm auf Langeneß und 2,6 mm auf Nordstrandischmoor ermittelt (Schindler et al. 2014a). Als Gemeinsamkeit der Studien zeichnet sich klar ab, dass derzeit das durchschnittliche mittlere Höhenwachstum vor allem der großen Halligen deutlich unterhalb des aktuellen mittleren Meeresspiegelanstiegs von 4,1 mm pro Jahr liegt.

Überflutungen während der Brutzeit

Überflutungen während der Brutzeit sind eine der Hauptursachen für Brutverluste der Küstenvögel im Wattenmeer (Koffijberg et al. 2016; Thorup & Koffijberg 2016). Regional haben Gelegeverluste durch Überflutungen bereits zugenommen. Van de Pol et al. (2010) konnten anhand von Pegeldaten entlang der Wattenmeerküste zeigen, dass während der Brutzeit die Wahrscheinlichkeit hoch auflaufender, die unteren Salzwiesen überschwemmender Fluten gestiegen ist. Hierzu berechneten sie für jeden Tag der Sommerhalbjahre beider Zeitabschnitte 1971–1989 und 1990–2008 die Wahrscheinlichkeit einer mehr als 50 cm über das mittlere Tidehochwasser (MTHW) auflaufenden Flut. Besonders im Zeitraum Juni bis Anfang Juli lag im Zeitraum 1990–2008 die Wahrscheinlichkeit eines solchen Überflutungsereignisses deutlich höher als in der früheren Periode (1971–1989). Zur Hauptbrutzeit der Küstenvögel kommt es also bereits heute schon zu nachweisbar häufiger auftretenden Sommerüberflutungen (Abb. 2.4).

Tägliche Überflutungswahrscheinlichkeit (> 50 cm über MThw)

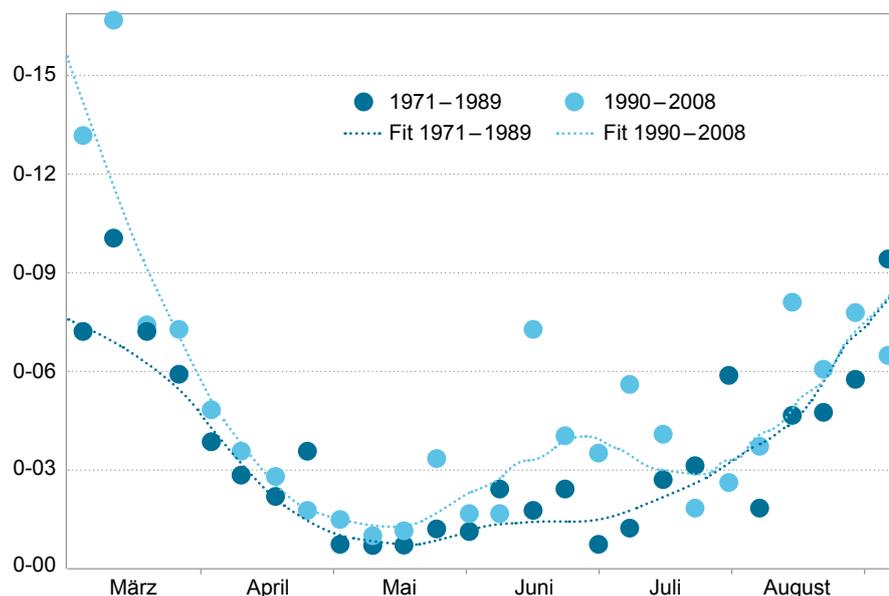
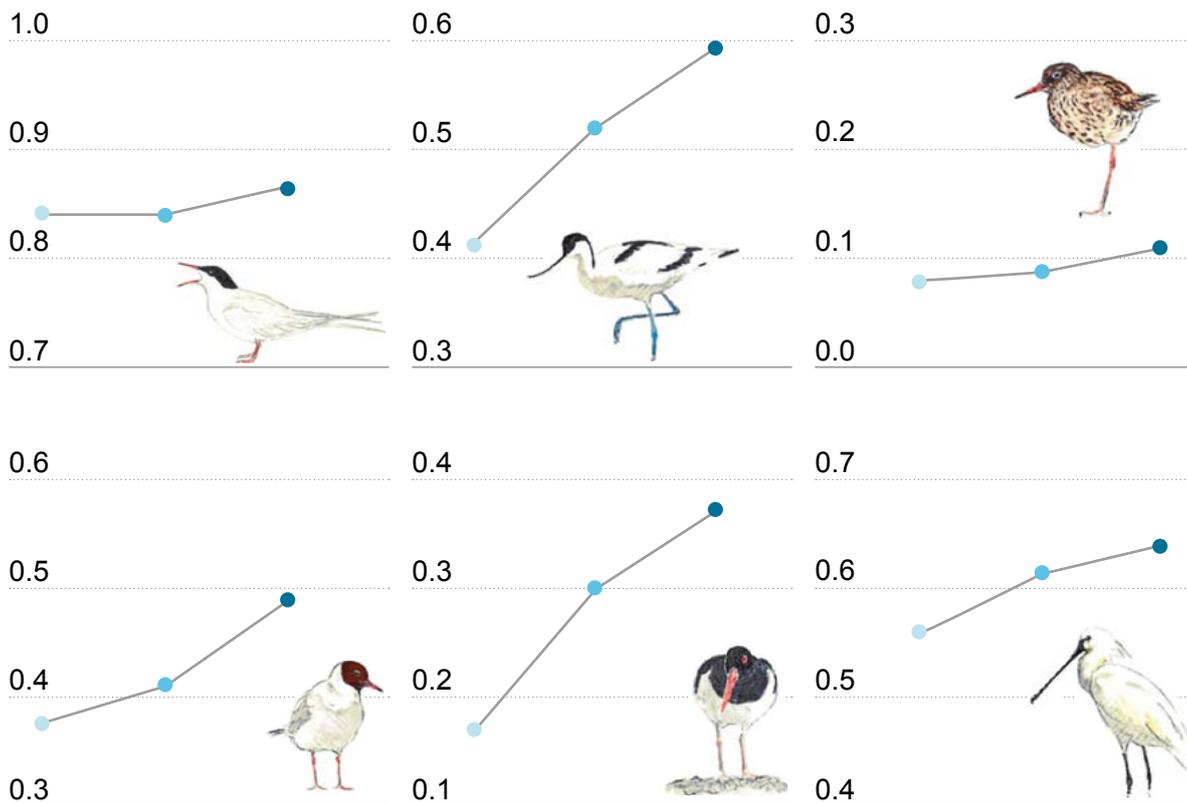


Abb. 2.4: Saisonale Veränderungen der täglichen Überflutungswahrscheinlichkeit in der unteren Salzwiese (0–50 cm über MThw), gemittelt über 27 ausgewertete Pegel im Wattenmeer für den Zeitraum 1971–1989 und 1990–2008 (aus: van de Pol et al. 2010).

Van de Pol et al. (2010) berechneten für die sechs Arten Flusseeeschwalbe, Säbelschnäbler, Rotschenkel, Lachmöwe, Austernfischer und Löffler die Höhe der Wahrscheinlichkeit, dass die jeweiligen Nester von Überflutung betroffen sind bzw. betroffen sein werden. Das zukünftige Überflutungsrisiko wurde anhand der Pegelraten und mit der Annahme eines weiteren mittleren Meeresspiegelanstiegs von 4,1 mm berechnet. Während ein Rotschenkel-Nest (Lage im Mittel etwa 50 cm über MTHW) im Durchschnitt alle elf Jahre von Überflutungen betroffen ist, wird ein typisches Flusseeeschwalben-Nest im Untersuchungsgebiet bereits in fünf von sechs Jahren überflutet. Für alle sechs Arten besteht bereits gegenwärtig ein erhöhtes Überflutungsrisiko. Und es ist zu erwarten, dass dieses Risiko in Zukunft weiter steigt (Abb. 2.5).

Mittleres Risiko einer Nestüberflutung



- 1971–1989
- 1990–2008
- 2009–2027

Abb. 2.5: Überflutungsrisiko der Nester von sechs Brutvogelarten (von links oben nach rechts unten: Flusseeeschwalbe, Säbelschnäbler, Rotschenkel, Lachmöwe, Austernfischer, Löffler) für den Zeitraum 1971–1989, 1990–2008 sowie prognostiziert für den Zeitraum 2009–2027 (aus van de Pol et al. 2010).

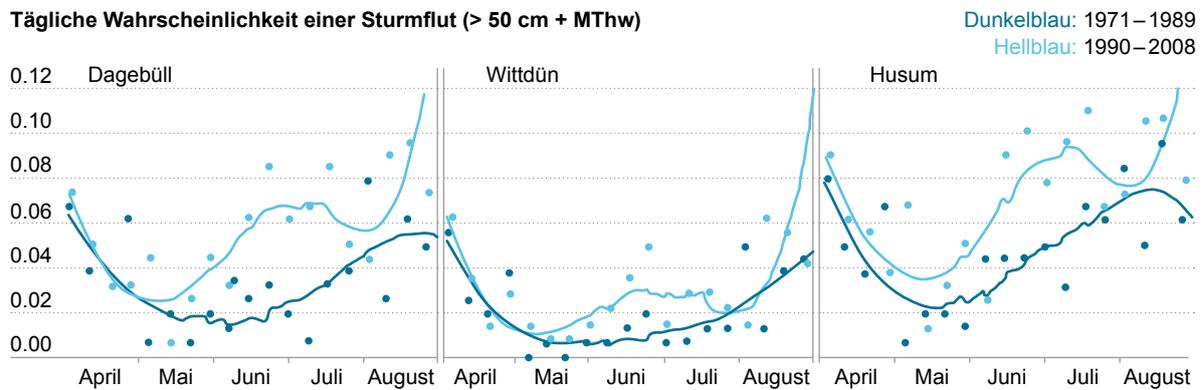


Abb. 2.6: Saisonale Veränderungen der täglichen Überflutungswahrscheinlichkeit in der unteren Salzwiese (0–50 cm über MTHW), für die Pegel Dagebüll, Husum und Wittdün für den Zeitraum 1971–1989 (dunkelblau) und 1990–2008 (hellblau) (aus van de Pol et al. 2010).

Für die Wattenmeer-Population der Austernfischer und Säbelschnäbler wurde berechnet, dass sich der Brutaufschlag bei sonst konstanten populationsdynamischen Parametern durch häufigere Überflutungen verdoppeln würde. Das würde den Bestand schon nach wenigen Jahren deutlich schwächen (Thyen et al. 2010). Für die seit Jahrzehnten intensiv erforschte, abnehmende Austernfischer-Brutpopulation auf der niederländischen Insel Schiermonnikoog wurde gezeigt, dass der Faktor Geleugeüberflutung den Bruterfolg der Austernfischer stark einschränkt. Folglich wird bei einer weiteren Steigerung der Überflutungshäufigkeit immer unwahrscheinlicher, dass eine stabile Brutpopulation in Zukunft erhalten bleibt, wenn die Art in der Wahl ihrer Brutplätze nicht ausweicht oder nicht ausweichen kann (Thyen 2005; Thyen et al. 2010; van de Pol et al. 2010; Thorup & Koffijberg 2016; van de Pol 2016).

Auch auf den Halligen treten Überflutungen während der Brutzeit auf und führen zu Brutverlusten. Das Bruterfolgsmonitoring auf Langeneß, Oland, Hooge und Südfall erfasste in Stichproben für einige Arten den Bruterfolg und bei Brutaufschlag deren Ursachen (Thorup & Koffijberg 2016). Ein weiteres Beispiel ist das Brutvogelmonitoring auf Oland, das den Einfluss von Bodenprädatoren untersucht. Diese Untersuchungen dokumentieren auch Brutaufschläge infolge von Überflutungen (Schiffler & Lutz 2016). Ein drittes Beispiel sind die Brutvogeluntersuchungen, die im Rahmen der Bewertung des Hallig-Programms durchgeführt wurden. Erfasst wurden dabei auch Bruterfolge und Gründe für festgestellte Brutverluste (Petersen et al. 2009).

Die von van de Pol et al. (2010) gezeigten und im wattenmeerweiten Mittel bereits gegenwärtig hoch auflaufenden, die unteren Salzwiesen überschwemmenden Sommerfluten treten auch im Bereich der Halligen auf (Abb. 2.6). Es ist davon auszugehen, dass auch auf den Halligen während der Brutzeit bereits gegenwärtig ein erhöhtes Risiko hoch auflaufender Fluten besteht.

Aktuelle Maßnahmen zum Überflutungs- und Küstenschutz auf den Halligen

Auf den Halligen werden seit Jahrhunderten zunehmende Schutzmaßnahmen ergriffen, um die Menschen und die Halligflächen vor Hochwasser und Erosion zu schützen. Dieser Abschnitt gibt zuerst einen Überblick über die derzeit eingesetzten Küstenschutzbauwerke und deren Funktion (Tab. 2.3). Anschließend werden die laufenden, auch wegen des Meeresspiegelanstiegs geplanten Verstärkungen der Bauwerke sowie alternative Anpassungsoptionen dargestellt und hinsichtlich der Vor- und Nachteile für die Hallig-Brutvögel bewertet.

| Küstensicherungsanlage | Wirkung | Hallig |
|--------------------------------|--|---|
| Deckwerke (inkl. „Halligigel“) | Schutz der Halligkanten vor Erosion | alle Halligen |
| Buhnen | Reduzierung der erodierenden Strömung | alle Halligen |
| Lahnungen | Vorlandbildung, Erosionsschutz | Gröde, Hooge, Langeneß, Norderoog, Nordstrandischmoor, Oland, Süderoog |
| Überschlagssicherung | Schutz vor Erosion durch Wellenschlag | Gröde, Habel, Langeneß |
| Küstenhochwasserschutzanlage | Wirkung | Hallig |
| Sommerdeiche | Schutz des Hinterlandes vor Überschwemmungen (zur Verbesserung der landwirtschaftlichen Nutzung) | Gröde, Hooge, Langeneß, Oland |
| Wattsicherungsdämme | Schutz vor Erosion von Wattflächen | nach Nordstrandischmoor, Oland, Langeneß |
| Siele | Schutz vor Überschwemmungen, Entwässerung | Gröde, Hooge, Langeneß, Oland |
| Warften | Schutz der Häuser vor Überschwemmung | Gröde, Habel, Hooge, Langeneß, Nordstrandischmoor, Oland, Süderoog, Südfall |

Tab. 2.3: Übersicht zu den Küstensicherungs- und Küstenhochwasserschutzanlagen auf den Halligen. Quellen: Spalten 1 und 2 sowie Informationen zu Hooge, Langeneß und Nordstrandischmoor aus Strack & Jensen (2014), die Informationen zu anderen Halligen nach Experteninterviews 2017 und Informationen des LKN.SH.

Die Küstenschutzbauwerke der Halligen lassen sich entsprechend ihrer hauptsächlichen Funktion in zwei Kategorien einteilen: in Küstensicherungs- und Küstenhochwasserschutzanlagen (Tab. 2.3, nach MELUR 2013; Schüttrumpf & Wöffler 2014; Strack & Jensen 2014).

Warftverstärkungen

Zahlreiche Warften auf den Halligen entsprechen nicht mehr den heutigen Sicherheitskriterien des Hochwasserschutzes. Je nach Höhe des berechneten Wasserstands müssen bauliche Veränderungen erwogen werden, die den Wellenüberlauf auf der Warft reduzieren oder aber die Warft (Aufwartung) erhöhen. Eine weitere Option stellen Anwartungen dar. Dabei wird an die bestehende Warft ein neuer, höherer Teil angebaut, auf den dann neue Häuser gebaut werden können. Pilotprojekte zu ersten Anwartungen wurden auf Hooge und Nordstrandischmoor begonnen (LKN.SH 2015, 2017; Müller & Preker 2017).

Werden neue Warften errichtet oder bestehende Warften flächig vergrößert (z. B. bei Anwartungen), verlieren die Brutvögel auf den Halligen Lebensraum. Entsprechend muss geprüft werden, welcher Lebensraumtyp davon betroffen wäre, inwiefern Brutvögel diese Flächen nutzen und wie die durch Überbauung reduzierte Fläche ausgeglichen werden kann (Gespräche 2017).

FAZIT FÜR BRUTVÖGEL

- ⊕ keine Einschränkung des Mitaufwachsens der Halligflächen
- ⊖ Überbauung von Brut- und Lebensräumen bei Warftvergrößerungen/-neubau

Sommerdeiche

Auf den Halligen sind derzeit weder neue Sommerdeiche noch deren Erhöhung geplant (Gespräche 2017). Die bestehenden Sommerdeiche reduzieren – ihrer Aufgabe gemäß – die Überflutungshäufigkeit der dahinter liegenden Flächen (Abb. 3.3). Für Brutvögel hat dies den Vorteil, dass ihre Brutplätze hinter den Sommerdeichen vor Überflutungen geschützt sind. Allerdings birgt eine verringerte Überflutungshäufigkeit auch Nachteile: Sie schränkt die natürliche Dynamik ein. So entstehen beispielsweise weniger Störstellen am Boden. Die sind jedoch wichtig,

weil sie von Küstenvögeln zur Nahrungssuche aufgesucht und als Brutplätze genutzt werden. Zudem führt der verringerte Zufluss von Salzwasser zum Aussüßen der Salzwiesen. Salzwiesenpflanzen werden von anderen Arten verdrängt (Kleyer 2015). Auf diese Weise verändern sich die Brut- und Nahrungshabitate der Brutvögel. Weniger Überflutung bedeutet überdies, dass weniger Sediment auf die Halligflächen gespült wird. Das schränkt das Mitwachsen der Halligflächen ein, das notwendig ist, damit auf lange Sicht hochwassersichere Brutplätze erhalten bleiben (Gespräche 2017).

FAZIT FÜR BRUTVÖGEL

- ⊕ Reduzierung von Überflutungen, vorerst hochwassersichere Brutplätze
- ⊕ Sicherung der Hallig als Brutgebiet
- ⊖ Einbuße von Lebensraumqualität (Aussüßen, weniger Störstellen, Strukturarmut)
- ⊖ abnehmendes Höhenwachstum der Halligfläche

Lahnungen

Lahnungen sind geeignet, Brutvögeln, insbesondere den noch flugunfähigen Küken, in ihren Wanderungsbewegungen (z. B. zwischen Neststandort und Nahrungshabitat oder zwischen verschiedenen Nahrungshabitaten) im Wege zu stehen. (Andretzke et al. 2012; Andretzke & Oltmanns 2016). Auch auf den Halligen könnten lange Lahnungen eine Barriere darstellen (Abb. 1.13). Beobachtungen hierzu sind allerdings nicht bekannt (Gespräche 2017).

Durch Lahnungen kann ein „natürlicherer“ Übergang von der Hallig zum Watt entstehen, auch in Bereichen, in denen die Halligkante bisher mit Deckwerken befestigt ist. Allerdings bilden sich in Lahnungsfeldern mit ausgeprägten Gruppen und Beeten wegen der veränderten Bodendurchlüftung und -schichtung eher homogene Queckenbestände, die für Brutvögel weniger geeignet sind als natürliche Salzwiesen. Dagegen können besonders in unbegrüpften Lahnungsfeldern Salzwiesen entstehen, die die Watt- und Pioniergesellschaften über die Untere bis Obere Salzwiesengesellschaft auf natürlichere Weise zonieren.

Davon profitieren auch die Hallig-Brutvögel. Insbesondere auf den Halligen mit fortschreitend aussüßender Vegetation und starrer Kantenbefestigung bestehen für Brutvögel im Bereich von Lahnungen und aufwachsenden Vorländern wichtige Habitate.

FAZIT FÜR BRUTVÖGEL

- ⊕ „weicherer“ Übergang von Halligkante zum Watt
- ⊕ Entstehen von Nahrungshabitaten für Brutvogelfamilien
- ⊕ Sicherung der Hallig als Brutgebiet

- ⊖ Barrierewirkung für Brutvogelfamilien
- ⊖ Gefahr des Ertrinkens von Küken
- ⊖ In stark begrüpten Vorländern Begünstigung homogener Queckenbestände

Buhnen

Buhnen dienen auf den Halligen dem Schutz der Deckwerke und Kanten vor Erosion durch Wellen und Strömungen (Strack & Jensen 2014, Abb. 1.12). Während Buhnen Strömungen reduzieren und so Erosion verhindern (ggf. auch Sedimentation fördern), entstehen an ihrer Lee-seite häufig Erosionen. Deswegen und aufgrund unnatürlicher Übergänge werden Buhnen wie andere starre Bauwerke an von Natur aus „weichen“ Küsten wie im Wattenmeer kritisch gesehen (Gespräche 2017).

Die hohen Steinkanten der Buhnen können den flugunfähigen Küken der Brutvögel zum unüberwindlichen Hindernis werden oder dann, wenn der Vogelnachwuchs zwischen den Steinen steckenbleibt, zur unter Umständen tödlichen Falle (Gespräche 2017; für Norderney: Andretzke & Oltmanns 2016). Sollte sich dergleichen Gefahr bestätigen, sollten bestehende oder neu errichtete Buhnen so gebaut bzw. umgebaut werden, dass sie auch von Küken überwunden werden können.

FAZIT FÜR BRUTVÖGEL

- ⊕ Sicherung der Hallig als Brutgebiet

- ⊖ Barrierewirkung für Brutvogelfamilien

Deckwerke

Die meisten Hallig-Kanten sind durch Deckwerke gesichert. An besonders wind- und wellenexponierten Kanten wurden sie in teils massiver (steiler und hoher) Ausführung errichtet. Weniger exponierte Bereiche werden mit flacheren Bauwerken geschützt. In geschützteren Bereichen beschränkt sich das Deckwerk zum Teil auf einen Raustreifen (z. B. im Norden von Nordstrandischmoor) (Strack & Jensen 2014).

Die aktuellen Deckwerksarbeiten beinhalten neben Reparaturen auch die Verstärkung der Deckwerke. Da sich Sediment bei Landunter-Ereignissen besser in der Nähe der Deckwerke absetzt und diese Bereiche stärker in die Höhe wachsen, kommt es ab einer gewissen Aufwuchshöhe vermehrt zu Auskolkungen durch Wellenüberschlag. Es wird befürchtet, dass dadurch Erosion auf den Halligflächen entsteht oder dass das Bauwerk von hinten unterspült wird (Strack & Jensen 2014; LKN.SH 2016). Um solche Effekte zu vermeiden, werden deckwerksnahe Flächen teils befestigt und die Deckwerke selbst erhöht. Im Zeitraum 2008–2016 wurden die Halligdeckwerke auf fast 4,7 km Länge verstärkt. Weitere Verstärkungen sind geplant (LKN.SH 2016).

Für die Brutvögel hat der Kantenschutz mit Deckwerken Vor- und Nachteile: Da Erosion und damit auch der Rückgang der Halligflächen vermieden wird, verhindern Deckwerke den Flächenschwund der Brutplätze. Auch wenn Deckwerke vornehmlich dem Erosionsschutz und nicht dem Überflutungsschutz dienen, werden Flächen hinter hohen Deckwerken mit geringer Durchlässigkeit seltener überflutet, wodurch Nester dort besser geschützt sind (Hennig & Hoppe 2015).



Foto: H.-J. Rösner/WWF

Abb. 2.7: Deckwerk auf Hallig Langeneß.

Abb. 2.8: Stark erhöhtes Deckwerk mit Durchlass auf Hallig Langeneß.



Foto: H.-J. Rösner/WWF

Ein Nachteil von Deckwerken ist, dass sie sich als Hindernis für Küken erweisen können. Hinweise auf die von hohen Deckwerken mit steilen Kanten ausgehende Barrierewirkung sind die nur selten davor im Watt zu beobachtenden Austernfischerküken. Im Unterschied zu den am Halligrand brütenden Austernfischern, die ihre Küken in Bereichen ohne Deckwerke (Langeneß) – und auch in Bereichen mit weniger steilen Deckwerken (Oland) – sofort zur Nahrungssuche ins Watt führen, wurde dies vor den massiven Deckwerken im Westen von Langeneß nicht beobachtet (Hennig & Hoppe 2015). Auf Oland ließ sich anhand der Kondition der Küken zeigen, dass die Wattflächen bessere Nahrungsbereiche als die Halligflächen zu bieten haben (Schiffler et al. 2016). Der Zugang zum Watt ist für Brutvogelfamilien also wichtig.

Eine durch Deckwerke reduzierte Überflutungsdynamik hat noch andere Nachteile für die Brutvögel. So kommt es durch reduzierten Salzwassereinfluss auf lange Sicht zum Aussüßen der Salzwiese (Kleyer 2015) und zu Veränderungen des Bruthabitats.

Rohre oder Durchlässe sind eine Möglichkeit, das Einfließen von Salzwasser trotz Kantenschutz mit Deckwerken aufrechtzuerhalten (Abb. 2.8). Auf der Hallig Südfall ist es mit Rohren gelungen, die in erster Linie der Entwässerung der Hallig nach Landunter dienen, dynamische Nahrungshabitate hinter dem Deckwerk zu schützen. Inzwischen allerdings wurden diese Rohre mit Flutkappen versehen, die den Einfluss der Tide unterbinden (Gespräche 2017).

Eine neuere Entwicklung ist, dass die küstenschutzrechtlichen Genehmigungen weiterer Deckwerksverstärkungen zunehmend mit Auflagen versehen werden, um möglichen negativen Folgen reduzierter Überflutungen entgegenzuwirken. Die Gutachten zur Aussüßung von Hallig-Salzwiesen nach Erhöhung der Deckwerke (Kleyer 2015) sowie zum Einfluss von Deckwerken auf die Brutvögel auf Langeneß (Hennig & Hoppe 2015) unterstreichen die Notwendigkeit solcher Auflagen. Weitere Untersuchungen zur Veränderung des Überflutungsgeschehens sind im Gang.

FAZIT FÜR BRUTVÖGEL

- ⊕ Sicherung der Hallig als Brutgebiet
- ⊖ je nach Art des Deckwerks reduziertes Mitwachsen der Halligflächen
- ⊖ je nach Art des Deckwerks Qualitätsverluste des Lebensraumes (Aussüßen, weniger Störstellen, Strukturarmut)
- ⊖ schlechtere Erreichbarkeit der Nahrungsgebiete/Hallig für Brutvogelfamilien
- ⊖ bei Querung erhöhte Prädationsgefahr, Energieverlust oder Steckenbleiben der Küken möglich

Dämme

Die Halligen Langeneß, Oland und Nordstrandischmoor sind mit Dämmen mit dem Festland verbunden. Eine Anpassung dieser Küstenschutzbauwerke an den gestiegenen Meeresspiegel bzw. an eine Absackung der Dämme erfolgte im Zeitraum 2000 bis 2012 (Gespräche 2017, Schüttrumpf & Wöffler 2014; Strack & Jensen 2014).

Dammenbindungen ans Festland beeinträchtigen den Inselcharakter der jeweiligen Hallig und ermöglichen Bodenprädatoren den Zugang. Für die Brutvögel auf den Halligen hat dies drastische Folgen, wie sich z. B. auf Oland beobachten lässt. Dieses Thema wird in Kap. 2.4 ausführlicher behandelt.

Durch Sedimentation und das Aufwachsen von Watten und Salzwiesen in geschützteren Bereichen sind häufigere Überflutungen anderer Halligbereiche möglich. Dies wurde nach den Dammverstärkungen u. a. auf Oland beobachtet. Von Hallig Gröde wurden Veränderungen im Überflutungsgeschehen nach den Verstärkungen des Dammes zu den Nachbarhalligen berichtet, so z. B., dass das Wasser bei überdurchschnittlich

hohen Fluten häufiger aus anderen Richtungen aufläuft (Gespräche 2017). Wie oben beschrieben, stellen vermehrte Überflutungen in der Brutzeit ein erhebliches Risiko für die Brutvögel dar.

FAZIT FÜR BRUTVÖGEL:

- ⊕ möglicherweise Sicherung der Hallig als Brutgebiet
- ⊖ enormer Prädationsdruck gefährdet Bruterfolg stark; Bedeutung der Halligen als Brutgebiet für Küstenvögel ist in Gefahr
- ⊖ vermehrte Überflutungen anderer Halligen als indirekter Effekt möglich

Alternative Maßnahmen

Dieser Abschnitt stellt drei alternative Maßnahmen vor: ungesteuerte bzw. gesteuerte Erhöhung der Häufigkeiten von Landunter-Ereignissen sowie Sedimentmaßnahmen. Diese wurden bisher selten oder gar nicht umgesetzt, erscheinen aber grundsätzlich für ein besseres Management geeignet und werden im Hinblick auf die Brutvögel und ihre Wirksamkeit bei der Klimaanpassung bewertet.

Mitwachsen der Hallig durch Öffnung der Sommerdeiche und/oder der Siele (ungesteuert)

Eine Möglichkeit, Überflutungen häufiger zuzulassen und damit den Sedimenteintrag auf Halligflächen zu fördern, besteht in der Öffnung, (Teil-)Absenkung oder im Rückbau des Sommerdeiches. An verschiedenen Orten im Wattenmeer, aber auch an anderen Küsten wurden Erfahrungen mit Deichrückverlegungen, (Sommer-)Deich- und Sieltoröffnungen gemacht, z. B. auf Langeoog und Neuwerk (vgl. Wolters et al. 2005; Esselink et al. 2009; Fröhlich & Rösner 2015; Reichert et al. 2016; Gespräch 2017 Nationalpark-Verwaltung Hamburgisches Wattenmeer).

Im Rahmen einer Pilotuntersuchung wurden im Winterhalbjahr 2013/2014 die Sieltore der Anlage „Osterwehl“ auf Hallig Langeneß zweimal über je drei Tage hinweg offengehalten und die Sedimentfracht im Halligpriel gemessen (Schindler 2014). Die Messungen zeigten, dass die Menge des Sediments in dem in den Halligpriel einströmenden Wasser bei Sturmtiden höher war als bei durchschnittlich auflaufenden

Fluten. Jedoch wurde auch bei Letzteren noch eine deutlich höhere Sedimentfracht im Halligpriel nachgewiesen, als theoretisch für ein Mitaufwachsen von Salzwiesen mit dem Meeresspiegelanstieg notwendig angesehen wird.

Für die Brutvögel der Salzwiesen kann sich eine Wiederherstellung des Gezeiteneinflusses durch Sommerdeichöffnung oder offenbleibende Siele positiv wie negativ auswirken. Durch natürlichere Gezeitendynamik entwickeln sich für gewöhnlich strukturreiche Salzwiesen, die verschiedenen Brutvogelarten geeignete Brutplätze bieten. Wird ein Sommerdeich geöffnet oder ein Siele dauerhaft offengehalten, kann es zu Überflutungen der vormals während der Brutzeit hochwassersicheren Brutplätze kommen (van de Pol et al. 2010; Bos et al. 2015, Gespräche 2017).

Diese Maßnahme jedoch wäre mit Belastungen für die Halligbevölkerung verbunden, da es ganzjährig zu häufigeren Landunter-Ereignissen kommen würde. Dem gegenüber stehen die Vorteile nicht nur für die Brutvögel, sondern auch für die Erhaltung (Höhenwachstum) der Halligen.

FAZIT FÜR BRUTVÖGEL

- ⊕ Höhenwachstum der Hallig wird verbessert
- ⊕ Lebensräume werden dynamischer und strukturreicher
- ⊖ Überflutungsrisiko der Gelege wird höher

Mitwachsen der Hallig durch gesteuerte Öffnung der Siele

Eine gesteuerte Gezeitendynamik gibt es bereits an mehreren Orten im Wattenmeer und auch dort, wo die Entwicklungsziele des betroffenen Gebietes in bestimmten Jahreszeiten oder Situationen mal mehr und mal weniger Wasser in der Fläche verlangen, z. B. in einigen EU-Vogelschutzgebieten.

Auf den Halligen erscheint ein regulierbarer Gezeiteneinfluss vor allem wegen der steuerbaren Siele als mögliche Maßnahme. Offengehaltene Siele im Herbst und Winter verhelfen der Tide beim Ein- und Ausschwingen hoch auflaufender Fluten. Wenn das Wasser bereits auf der Hallig steht, könnten die Siele zusätzlich bei Landunter geschlossen werden und so dafür sorgen, dass das Wasser länger auf den Flächen steht und sich mehr Sediment absetzt. Im Frühjahr und Sommer, wenn Weidevieh und

Brutvögel überflutungssichere Halligbereiche benötigen, könnten steuerbare Siele geschlossen bleiben bzw. durch hydrostatischen Druck von außen geschlossen und durch Druck von innen geöffnet werden, wie es derzeit schon üblich ist. Hinsichtlich der technischen und Sicherheitsanforderungen, denen steuerbare Sieltore auf den Halligen gerecht werden müssten, würde eine dauerhafte Umsetzung eine bauliche Anpassung der bestehenden Sielanlagen notwendig machen (Gespräche 2017).

Auch diese Maßnahme wäre mit Belastungen für die Halligbevölkerung verbunden, da es zu häufigeren Landunter-Ereignissen kommen würde, wenn auch nur in einem Teil des Jahres. Geprüft werden müsste, ob man beispielsweise mit der Erhöhung der Straßen diesem Nachteil entgegenwirken könnte. Für die Brutvögel hätten steuerbare Landunter mehrere Vorteile: Die für Salzwassereinfluss, Struktureichtum und Höhenwachstum notwendigen Überflutungen würden zahlreicher werden. Die Vögel würden in dann struktureicheren, sich natürlicher entwickelnden Salzwiesen geeignete Brutplätze, Nahrungshabitate und Deckung finden. Da während der Brutzeit die Siele geschlossen bleiben, entstünde kein zusätzliches Überflutungsrisiko für die Nester.

FAZIT FÜR BRUTVÖGEL

- ⊕ Brutplätze bleiben vergleichsweise überflutungssicher
- ⊕ Höhenwachstum der Hallig wird verbessert
- ⊕ Lebensräume werden dynamischer und struktureicher

Weicherer Übergang mit Sand an geschützten Seiten der Halligen

Der Meeresspiegelanstieg wird ein Sedimentdefizit im Wattenmeer zur Folge haben. Der Ausgleich dieses Defizites wird entsprechend der „Strategie für das Wattenmeer 2100“ großräumig als wichtigste Anpassungsoption betrachtet, um das Wattenmeer trotz des menschenverursachten erwarteten beschleunigten Meeresspiegelanstiegs in seiner Größe und in seinen ökologischen Funktionen zu erhalten und den Schutz der Menschen zu gewährleisten (MELUR 2015). Mit Sedimentimporten aus der vorgelagerten Nordsee würde das Wattenmeer an verfügbarem Sediment gewinnen. Ein Vorteil wäre also, dass man statt kleinräumiger Umverteilung des vorhandenen Sediments großräumigen Sedimentzuwachs für die jeweiligen Tidebecken erreichen würde (Reise 2015).

Auch im Umfeld der Halligen könnten Sandmaßnahmen zum Küstenschutz beitragen und den Bedarf an starren Bauwerken verringern. Ein weicherer und den natürlichen Bedingungen besser entsprechender Übergang der Halligkante zum Watt, als dies mit Deckwerken und Bühnen möglich ist, würde so entstehen. Denkbar wäre dies vor allem an den geschützteren Seiten der Halligen (vgl. Kap. 4).

Die Option einer Sandaufspülung wurde beim Ausbau des Bühnensystems auf Gröde in Erwägung gezogen: In der im Vorfeld durchgeführten Variantenbetrachtung wurden neben dem Bühnenausbau die Varianten Lahnungsbau und Sandaufspülung geprüft, aber wegen des höheren Aufwands verworfen (LKN.SH 2014, Gespräche 2017). In Zukunft ist eine Kosten- und Emissionssenkung denkbar, falls etwa andere Sedimententnahmestellen erschlossen werden. Zudem wären bei Maßnahmen auf den weiter westlich liegenden Halligen die Transportwege von der Nordsee kürzer als zur festlandnahen Hallig Gröde.

Für die Brutvögel der Halligen entstünden durch Sandaufspülungen neue Bruthabitate. Insbesondere Arten der Pionierstandorte, die auf den Halligen in schütterten, kurzrasigen Flächen oder Muschelschill-Bereichen brüten (wie Zwergseeschwalben und Sandregenpfeifer), könnten von Sandaufspülungen in Form von Nehrungshaken und Sandbänken profitieren. Ein natürliches Beispiel für die mögliche Entwicklung findet sich



Foto: J. Fröhlich/WWF

Abb. 2.9: Im Osten von Hooge sammeln sich seit Langem Sand und Schill an. Dort brüten u. a. Seeschwalben.

im Osten der Hallig Hooge (Abb. 2.9). Eine Sicherung von Teilen des Halligsockels mit Sand würde außerdem einen weicheren Übergang von der Hallig zum Watt ermöglichen. Der Zugang zu den Nahrungsflächen im Watt wäre für die Jungvögel dann leichter, wenn so weniger oder weniger steile Deckwerke erforderlich würden. Wenn Landunter-Ereignisse auch gröbere Sedimente auf die Hallig spülen, könnten diese Stellen als Brutplätze für die genannten Arten interessant werden. Dies würde auf den Halligfläche zudem ein Mitaufwachsen begünstigen. Nachteile für Vögel ergäben sich dann, wenn Misch- oder Schlickwatt oder Vorlandsalzwiesen in Folge von eingetragenen gröberen Sedimenten schwinden. Andererseits ist eine Sandmaßnahme dazu geeignet, die Schlickwattbildung zu fördern und Vorlandsalzwiesen vor Erosion zu schützen und so zum Erhalt dieser wichtigen Brut- und Nahrungsgebiete beizutragen.

Vor dem Hintergrund der genannten Vor- und Nachteile von Sandmaßnahmen wird verständlich, warum man diese im Vorfeld sorgfältig abwägen muss. Solche Maßnahmen sollten zunächst nur als Pilotmaßnahme umgesetzt und in ihrer Entwicklung gut beobachtet werden.

FAZIT FÜR BRUTVÖGEL

- ⊕ möglicherweise Entstehung von Habitaten (Bruthabitate auf Sand sowie neue Schlickwatten und Schlicksalzwiesen dort, wo zusätzliche Sedimente Höhenunterschiede im Watt verringern)
- ⊕ weicherer Übergang zwischen Hallig und Watt, geringere Barrierewirkung für Brutvogelfamilien
- ⊕ Beitrag zum Mitwachsen des Wattenmeeres mit dem Meeresspiegel
- ⊖ möglicherweise Habitatverlust durch Versandung von Schlickwatt oder Schlicksalzwiesen

EMPFEHLUNGEN ZUM UMGANG MIT ÜBERFLUTUNGEN

Überflutungen der Halligflächen sind nötig, um die Halligen auf lange Sicht für die Menschen, aber auch als wertvolle Salzwiese und als Brutgebiet für Küstenvögel zu erhalten. Zugleich haben Überflutungen aber auch Nachteile, sowohl für die Menschen, da sie die Bewohnbarkeit der Halligen erschweren, als auch dann, wenn sie für Brutvögel zur falschen Zeit stattfinden. Hier gilt die Empfehlung, die Entscheidung zwischen Überflutung und Überflutungsschutz sorgfältig auszubalancieren. Ebenso wichtig ist es, jede Maßnahme, die das Überflutungsregime beeinflusst, auch hinsichtlich der Auswirkungen auf Brutvögel zu bewerten. Dabei wird es nicht eine Ideal-Lösung für alle Halligen geben. Die folgenden Vorschläge scheinen am besten geeignet, der oben erwähnten Balanceanforderung gerecht zu werden:

Bei Anpassungen des **Überflutungs- und Kantenschutzes der Halligen mit starren Bauwerken wie Deckwerken** muss im Hinblick auf die Brutvögel untersucht werden, ob und in welchem Maße Veränderungen der Überflutungsdynamik in den dahinterliegenden Bereichen zu erwarten sind. Grundsätzlich sind Überflutungen während der Brutzeit ein Problem, weil sie Gelege und Jungvögel gefährden. Andererseits ist die Reduzierung von Überflutungen auch ein Problem, weil die Hallig damit weniger Sediment erhält, sie also weniger gut mit dem Meeresspiegelanstieg aufwachsen kann und langfristig die Überflutungsgefahr zunimmt. Mit schwindender Überflutungshäufigkeit leidet zudem die Qualität der Salzwiesen als Nahrungshabitat für Vögel. Überdies gilt es zu beachten, dass die Bauwerke nicht zu Barrieren oder Fallen für Brutvogel-Familien auf den Wanderungen zwischen Brut- und Nahrungshabitat werden. Beim Bau bzw. der Verstärkung von Deckwerken sollte es darum gehen, (a) den Salzwassereinfluss und eine Dynamik in den dahinterliegenden Flächen zu erhalten oder zu erhöhen, (b) den Hochwasserschutz während der Brutzeit zu sichern und (c) den Barrierecharakter der Bauwerke für Küken gering zu halten. Auch innovative Ansätze sollten geprüft werden.

Weichere Übergänge von der Hallig zum Watt lassen sich mit Sedimentmaßnahmen, möglicherweise auch mit Lahnungen und einer Kombination aus beidem gestalten. In geschützteren Bereichen wird so Sedimentation gefördert; die aufwachsenden Watten und Vorländer würden dem Kantenschutz der Hallig dienen und könnten bei naturnaher Ausbildung (ohne Entwässerung, naturnahe Priele statt Grüppen) von den Brutvögeln zur Nahrungssuche genutzt werden. Sandaufspülungen könnten an bestimmten Stellen zum Schutz der Hallig vor Erosion beitragen und zugleich naturnähere Übergänge ermöglichen.

Ein sehr wichtiger Ansatzpunkt ist die **Wiederherstellung einer häufigeren Gezeitendynamik** auf geeigneten Halligflächen. Dies kann entweder durch den Rückbau oder die Öffnung eines Sommerdeiches oder Sieles ermöglicht werden. Damit wäre ein Ein- und Ausschwingen der Tide in der betreffenden Fläche erreichbar. Dabei handelte es sich um die ungesteuerte Variante. Sinnvoller wäre aber eine Steuerung, die zusätzliche Überflutungen nur im Winterhalbjahr, nicht aber in der Brutzeit begünstigte. Machbar wäre das beispielsweise mithilfe von steuerbaren Sieltoren. Hinter Sommerdeichöffnungen bzw. einer Sieltorsteuerung steht der Gedanke, dass mit häufigeren Überflutungen mehr Sedimente auf der Fläche verbleiben und diese so besser mit dem steigenden Meeresspiegel aufwächst. Langfristig würden so Lebensräume erhalten und der Zustand der Natur verbessert. Für Brutvögel während der Brutzeit hingegen sind häufigere Überflutungen risikobehaftet. Mit der erwähnten Steuerung ließe sich das vermeiden. Zudem wären gesteuerte Überflutungen weit besser mit der landwirtschaftlichen Nutzung vereinbar.

2.3 Landwirtschaft

Bedeutung für die Brutvögel

Ein Großteil der Halligflächen – und damit auch ein Großteil des Brut- und Nahrungshabitats der Halligvögel – wird durch landwirtschaftliche Nutzung gestaltet. Bewirtschaftung gibt es insbesondere auf den fünf großen Halligen (Langeneß, Oland, Hooge, Gröde und Nordstrandischmoor). Sie liegen außerhalb des Nationalparks, sind jedoch als „Entwicklungszone“ Teil des Biosphärenreservates „Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und Halligen“.

Die verschiedenen Arten der Küstenvögel zeigen unterschiedliche Präferenzen hinsichtlich der Vegetationsstruktur ihrer Brutplätze. Arten wie der Rotschenkel ziehen höhere Vegetation und Deckung vor, andere Arten wie Säbelschnäbler und Seeschwalben brüten als typische Pionierarten bevorzugt an vegetationsarmen und schütterten Standorten mit freier Sicht. Die Art der Bewirtschaftung und Nutzungsintensität in einer Salzwiese beeinflusst die sich dort entwickelnde Vegetation (Maier et al. 2010). Unterschiedliche Brutvogelarten nutzen entsprechend ihrer Habitatpräferenzen sowohl ungenutzte, extensiv oder auch teilweise intensiver genutzte Salzwiesen als Brutgebiet (Literaturübersicht in Bunje 2005, vgl. Stock & Maier 2016).

Im Folgenden wird beschrieben, in welchem Rahmen landwirtschaftliche Bewirtschaftung auf den Halligen gefördert und damit gesteuert wird (Hallig-Programm). Im Anschluss werden die Vor- und Nachteile betrachtet, die sich aus den Bewirtschaftungsformen für die Brutvögel ergeben und in Zusammenhang mit Anpassungen an den Meeresspiegelanstieg gebracht. Schließlich wird auf artenschutzfachliche Maßnahmen eingegangen und mit Empfehlungen geschlossen.

Hallig-Programm

Das „Hallig-Programm“ gibt es seit 1987. Es war von Anfang an auf die Förderung extensiver landwirtschaftlicher Bewirtschaftung (Beweidung) ausgerichtet (vgl. ausführlich: MELFF 1986; Petersen et al. 2009; Kruse 2015; MELUR Hallig-Programm 2017). Heute ist es im Rahmen der EU-Förderung eine auf den Naturschutz ausgerichtete Agrarumwelt-Klimamaßnahme des Vertragsnaturschutzes mit verschiedenen Vertragsmustern (MELUR Vertragsnaturschutz 2016).

Alle Bausteine des Hallig-Programms sind an verschiedene Bewirtschaftungsauflagen gebunden. So ist es z. B. verboten, das Bodenrelief durch Aufschüttungen, Planieren etc. zu verändern. Es ist auch kein Verfüllen von Bodensenken, Grüppen und Mäandern für landwirtschaftliche Zwecke erlaubt. Darüber hinaus sind Grüppen- und Grabenunterhaltungen sowie die organische Düngung zu bestimmten Zeiten (Frühling–Sommer) verboten. Bei der Beweidung sind u. a. halligspezifische Besatzstärken (Mindest- und Maximalbesatzstärke) einzuhalten und die Auftriebszeiten zu beachten. Die Mahd darf zum Schutz der Brutvögel nicht vor dem 1. Juli erfolgen (MELUR Vertragsnaturschutz 2016).

Ein sehr großer Teil der Landwirte nimmt am Hallig-Programm teil. Derzeit werden ca. 45 Betriebe und 1.600 ha gefördert. Im Jahr 2014 betrug die Fördersumme ca. 320.000 €, mit Anhebung der Fördersummen ist davon auszugehen, dass das jährliche Gesamtvolumen ca. 500.000 € erreichen wird (Kruse 2015).

Mahd

Etwa 10 % der Halligflächen werden gemäht. Entsprechend den Auflagen des Hallig-Programms ist eine Mahd auf den entsprechenden Flächen erst ab dem 1.7. möglich. Vormalig galt – zumindest für einen Teil der Mähflächen – der 15.7. als frühester Mahdtermin. Je früher gemäht wird, desto mehr Brutvögel haben ihr Brutgeschäft noch nicht abgeschlossen. Gelege werden dann oft zerstört und sich in der Vegetation duckende Küken getötet. Auf den Halligen kann es, besonders wenn Überflutungen im Frühjahr viele Erstgelege zerstören, vermehrt zu Nachgelegen kommen, die Anfang Juli noch nicht abgeschlossen und von einer Mahd betroffen sind.

Durch die Mahd werden zudem auch Wirbellose getötet. Deswegen wird davon ausgegangen, dass auf Mähflächen den Küken weniger Nahrung zur Verfügung steht als beispielsweise auf ungenutzten Salzwiesen, wo die Insektenabundanz und -vielfalt höher ist (Rickert et al. 2012; van Klink et al. 2013; Exo et al. 2017). Auf den Halligen ging mit abnehmendem Anteil an Eigenvieh auch der Bedarf an Heu bzw. Winterfutter zurück. Ohne sinnvolle Mahdgutverwendung ist davon auszugehen, dass der Anteil an Mähflächen auf den Halligen schrumpft – insbesondere, wenn für die arbeitsintensive Mahd Maschinen extra vom Festland herangeholt werden müssen.

Brache

Auf den Halligen werden im Rahmen der Prämie für Salzwiesenbrachen ca. 5 % der landwirtschaftlichen Flächen gefördert (ca. 85 ha). Im Vorfeld der Einführung der Prämie wurden Befürchtungen geäußert, einige Küstenvögel könnten negativ von dieser Maßnahme beeinflusst werden. So wurden neben einem langjährigen Monitoring zur Untersuchung und Bewertung des Hallig-Programms auf die Vegetation auch Untersuchungen der Brutvögel durchgeführt (Petersen et al. 2009). Auf Hooge, Nordstrandischmoor und Gröde wurden speziell die Beziehungen der Möwen- und Seeschwalbenkolonien zur Landnutzung untersucht (Lutz 2010). Es zeigte sich eine Bevorzugung der Brachen durch Möwen auf Nordstrandischmoor und Hooge. Obgleich die Bevorzugung der Brachen in manchen Untersuchungsjahren deutlich zu erkennen ist, gibt es auch Schwankungen zwischen den Untersuchungsjahren. Keine eindeutige Bevorzugung zeichnete sich bei den Seeschwalbenkolonien ab.

Bei der Betrachtung des Brutbestands aller Arten zeigte sich, dass die untersuchten Brachen auf Gröde, Nordstrandischmoor und Hooge dichter von Vögeln besiedelt waren als die beweideten Flächen (Abb. 2.10, Petersen et al. 2009). Das lag zum einen daran, dass die Brachen ein größeres Artenspektrum aufwiesen, da z. B. Entenvögel fast ausschließlich in dichter Vegetation brüten. Zum anderen wurden größere Brutbestände einzelner Arten wie Austernfischer und Rotschenkel nachgewiesen sowie auch von Singvögeln (Wiesenpieper, Feldlerche).

Brutvogeldichte der Probeflächen

BP/10ha

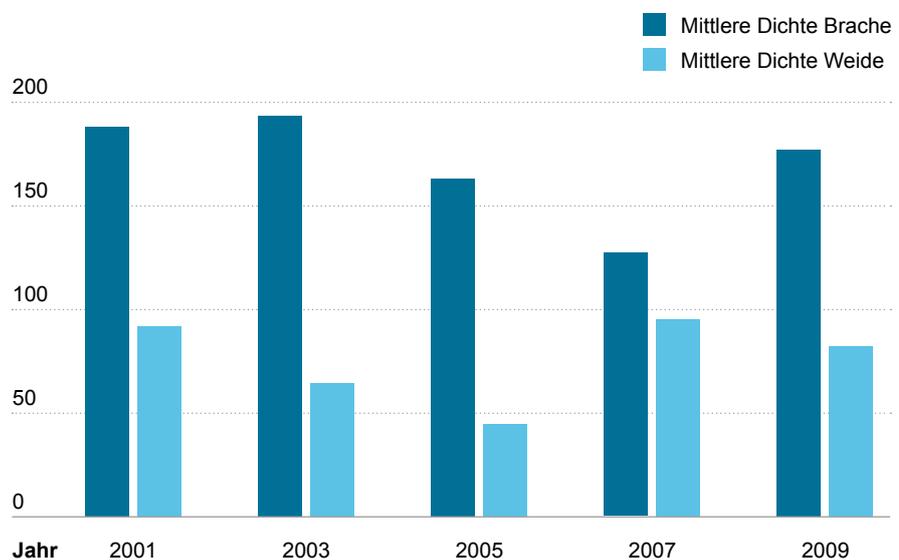


Abb. 2.10: Entwicklung der Brutvogeldichte (alle Arten) auf den Brachen und den beweideten Flächen (je eine Fläche pro Flächentyp auf Gröde, Nordstrandischmoor und Hooge) (aus: Petersen et al. 2009).

Hinzukommt die erwähnte Bevorzugung der Brachen durch Möwen. Neben den Brutpaardichten war auch die Artenanzahl auf den Brachen in jedem Jahr höher als auf den beweideten Vergleichsflächen.

Für den Austernfischer konnte im Zuge der Untersuchungen nachgewiesen werden, dass nicht nur die Brutpaardichten über alle Brachflächen gemittelt in jedem Untersuchungsjahr höher waren als in den Vergleichsflächen, sondern dass auch der Schlupferfolg auf den Brachflächen höher lag. Dadurch wird deutlich, dass mit der Vertragsvariante „Salzwiesenbrache“ die auf Brutvögel bezogenen Ziele des Hallig-Programms erreicht werden (Petersen et al. 2009).

Durch andere Untersuchungen wissen wir, dass die Vielfalt der Vegetationsstruktur einer Salzwiese in den ersten Jahren nach Nutzungsaufgabe ansteigt, auf lange Sicht aber abnehmen kann (Bos 2002; Stock & Maier 2016). Entsprechend wurde für den Artenreichtum an Brutvögeln (für Wat- und für Singvögel) gezeigt, dass dieser mit dem Anteil hochwüchsiger Vegetation zunächst ansteigt, allerdings deutlicher in den ersten Jahren nach Nutzungsaufgabe (Mandema et al. 2015). Folglich würde auf den Halligen ein Nebeneinander von Salzwiesenbrachen unterschiedlichen Alters eine Vielfalt an Vegetationsstrukturen ermöglichen und den Küstenvögeln diversere Brut- und Nahrungshabitate bieten.

Beweidung

Bis Ende der 1980er Jahre wurden fast alle Salzwiesen in Schleswig-Holstein intensiv beweidet (Kempf et al. 1987). Eine deutliche Extensivierung der Salzwiesenbewirtschaftung zur Wiederherstellung von sich natürlich(er) entwickelnden Salzwiesen bzw. zum Schutz des stark gefährdeten Lebensraumtyps „Atlantische Salzwiesen“ wurde mit der Einrichtung der Nationalparks und in Verbindung mit den europäischen Naturschutzrichtlinien (FFH-Richtlinie) umgesetzt (Lutz et al. 2003; Esselink et al. 2009; Stock & Maier 2016). Während in Schleswig-Holstein 1986 noch 90 % der Festlandsalzwiesen intensiv beweidet wurden, betrug der Anteil zehn Jahre später um die 50 %, 2008 dann 38 % (Esselink et al. 2009). Der positive Einfluss der Extensivierung auf Küstenvögel ist offensichtlich (Niedersachsen: Bunje 2005, Schleswig-Holstein: Schrader 2003; Stock & Maier 2016). Grund für den positiven Einfluss der Extensivierung ist der dadurch entstehende Strukturereichtum innerhalb der Fläche, die eine Vielfalt an verschiedenen Brut- und Nahrungsplätzen bietet.

Auf dem überwiegenden Teil der Halligflächen findet Beweidung statt, hauptsächlich mit Rindern sowie mit Schafen und Pferden. Dies bewirkt in der Regel eine vielfältigere Flächenstruktur als Mahd und führt damit zur besseren Eignung für eine Reihe von Brutvogelarten (Stock & Maier 2016). Auf den Halligen sind entsprechend dem Hallig-Programm wesentlich geringere Viehbesatzstärken als am Festland üblich. Dennoch sind einige Halligflächen eher homogen und kurzrasig: Im Rahmen des Salzwiesenmonitorings wurden etwa 30 % der Hallig-Salzwiesen als „intensiv beweidet“ eingestuft (Esselink et al. 2009). Neben den natürlichen Standortgegebenheiten dürften die Praxis der Umtriebsweide und die vor allem im Frühjahr auf den Halligen rastenden Wildgänse ausschlaggebend dafür sein, dass dort auch bei im Mittel geringem Viehbesatz intensiv beweidet wird.

Kleinstrukturen wie Priele, Pfützen, Gräben

Die kleinstrukturelle Vielfalt einer Halligfläche z. B. durch flache Priele, Pfützen oder andere Wasserflächen ist vor allem dort wichtig, wo durch massive Deckwerke kein „barrierefreier“ Zugang für Brutvogelfamilien zu den Nahrungsflächen im Watt gegeben ist (Henning & Hoppe 2015). In Zukunft ist es bei einem steigenden Überflutungsrisiko und damit einhergehenden Gelegeverlusten der Brutvögel umso wichtiger, dass die verbleibenden Küken gute Nahrungsbedingungen vorfinden – auch die Küken, die auf den Halligflächen Nahrung suchen (Schiffler & Lutz 2016). Die bestehenden Kleinstrukturen sollten daher unbedingt erhalten bleiben. Denkbar ist auch eine Wiederherstellung von bereits „ausgebesserten“, homogenisierten Strukturen. Zum Teil bereits umgesetzte Maßnahmen, wie den Ausschluss von Randstreifen und Bodensenken von der Mahd („Mähzuschuss“ wird dennoch für Gesamtfläche gezahlt) oder Weidezäune nicht bis an den Graben/Prielrand zu stellen, sind geeignet, um eine vielfältige Struktur der Brut- und Nahrungsplätze zu erhalten. Auch das „spontane“ Auszäunen sensibler Teilbereiche ist sinnvoll, etwa nach der Ansiedlung einer Brutkolonie in einer beweideten Fläche. Es wäre aber wichtig, dass Zuschüsse für alle so von der Bewirtschaftung ausgenommenen Flächen gezahlt werden. Auch das Ausbringen von Muschelschill, wie es von einzelnen Bewohnern bereits getan wird, ist eine geeignete Maßnahme, um Brutplätze für „Pionierarten“ wie Zwergseeschwalben und Sandregenpfeifer zu schaffen. Dies sollte fortgesetzt werden und an anderen geeigneten Standorten ebenfalls realisiert werden.

EMPFEHLUNGEN ZUR LANDWIRTSCHAFT

Zur Förderung der Brutvögel auf den großen Halligen wird empfohlen, den **schleichenden Rückgang des Strukturreichtums zu stoppen und umzukehren**. Dieser Rückgang hat neben der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung auch mit küstenschutztechnischen Maßnahmen zu tun, sodass dies im Zusammenhang gesehen werden muss.

Hinsichtlich der landwirtschaftlichen Praxis wird auf fast allen bewirtschafteten Flächen Vertragsnaturschutz im Rahmen des **Hallig-Programms** betrieben. Das ließe sich noch zielgerichteter zugunsten der Brutvögel anpassen. Die Prämien sollten sich stets auf einem Niveau befinden, damit eine naturschutzförderliche Bewirtschaftung für die Landwirte auch finanziell attraktiv ist. Bei den Verträgen sollten **biotopgestaltende Maßnahmen** angeboten werden, welche die Eignung der Flächen für Brutvögel erhöhen. Dazu gehören Maßnahmen wie z. B. Randstreifen (damit Priele oder Bodensenken von der Mahd ausgeschlossen bleiben), Weidezäune (die nicht bis an den Graben/Priel gestellt werden sollten) oder das Ausbringen von Muschelschill (zur Schaffung von Brutplätzen für „Pionierbrüter“). Solcherart Schutzmaßnahmen sollten nicht zu Abzügen von den Prämien für die Landwirte führen.

Zusätzlich wird empfohlen für die Flächen der Halligen Maßnahmenblätter im Rahmen eines **Managementplans für das EU-Vogelschutzgebiet** „DE_0916-491 (Ramsar-Gebiet S-H Wattenmeer und angrenzende Küstengebiete)“ zu entwickeln. Für dieses Teilgebiet ist derzeit kein Managementplan vorhanden.

2.4 Bodenprädatoren

See- und Küstenvögel brüten bevorzugt auf Inseln, die von Natur aus frei von Bodenprädatoren – z. B. Füchsen oder Mardern – sind. Das hängt damit zusammen, dass diese Vögel vornehmlich am Boden und oft in großen Dichten oder gar in Kolonien brüten. Die reagieren sehr empfindlich auf Prädation. Daher sind viele See- und Küstenvögel zum Erhalt ihrer Bestände auf Inseln angewiesen oder auf Brutstandorte, die auf andere Weise unzugänglich sind (Whittaker & Fernandez-Palacios 2006; Clout & Williams 2009; Croxall et al. 2012).

Dies ist auch im Wattenmeer der Fall, wo viele der Inseln frei oder weitgehend frei von Bodenprädatoren sind und von diesen auf natürliche Weise nicht oder nur sehr schwer erreicht werden können. In jüngerer Zeit wurden aber zunehmend Fälle eingeschleppter oder eingewanderter Prädatoren auf Wattenmeer-Inseln bekannt.

Größere Bodenprädatoren, wie der Rotfuchs, verirrt sich in der Vergangenheit nur selten als vagabundierende Individuen auf festlandsnahe Halligen wie Gröde und Oland. Das lag auch daran, dass die Festlands-

marschen lange kaum geeigneten Lebensraum für den Fuchs boten und die küstennahen Bereiche kaum besiedelt waren (Witt 1991, Gespräche 2017). Im Übrigen fanden die landgebundenen Beutegreifer auf den Halligen (vor allem außerhalb der Brutzeit) nicht genug Nahrung. Ab Mitte des 20. Jahrhunderts trafen Füchse in der Marsch infolge der landschaftlichen Veränderungen durch Bewirtschaftung, Entwässerung oder Wohlstandsmüll auf bessere Bedingungen. Sie sind inzwischen überall an der Festlandsküste verbreitet (Witt 1991; Borkenhagen 1993, 2011). Eine Ursache der höheren Bestände ist auch, dass mit dem Auslöschung der Tollwut eine natürliche Todesursache aus der Fuchspopulation entfernt wurde (letzter Tollwutnachweis in 1992, Borkenhagen 2011). Durch die höheren Bestände erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass einzelne Tiere auf Streifzügen nach bisher nicht besiedelten Lebensräumen suchen und dabei auch die Dämme bis zu einer Hallig entlanglaufen (vgl. Schwemmer 2017).

Das offenkundig größte Problem in Zusammenhang mit Bodenprädatoren kann daher durch Dämme zu Inseln bzw. Halligen entstehen, da die Tiere auf diesem Weg direkt einwandern können. In jüngerer Zeit wurden die Dämme zu drei der Halligen erhöht. Erst danach traten dort in größerem Umfang Bodenprädatoren auf. Indirekt kann dies mit dem zukünftig beschleunigten Meeresspiegelanstieg in Zusammenhang gebracht werden, wenn für Dämme oder ihre Erhöhung ein Küstenschutzbedarf aufgrund des Meeresspiegelanstiegs formuliert wird.

Die Problematik durch Bodenprädatoren für die Brutvögel der Halligen ist insgesamt so groß, dass dieses Thema gleichrangig neben der Frage der Überflutungen und der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung stehen muss. Denn sollte sich die Entwicklung der vergangenen Jahre fortsetzen und sich im weiteren Verlauf auf den mit Dämmen angebundenen Halligen Langeneß, Oland und Nordstrandischmoor dauerhaft Bodenprädatoren ansiedeln, ist mit drastischen Folgen für die Brutvögel zu rechnen. Neben der Gelege- und Kükenprädation und dem Erbeuten von Altvögeln am Nest kann die Anwesenheit von Bodenprädatoren auch zur Aufgabe der Brutkolonien führen bzw. bewirken, dass sich in den Folgejahren weniger Brutvögel am betroffenen Koloniestandort niederlassen. Die Konsequenzen können bis zum weitgehenden Verschwinden der Brutvögel auf den betroffenen Halligen reichen. Wegen der sehr hohen Bedeutung, die die Halligen für den Bestand und auch für den Bruterfolg der Küstenvögel haben, kann dies erheblich die Populationsgröße einiger Arten beeinflussen.

Der Damm zu den Halligen Oland und Langeneß

Seit 1925 führt ein Damm vom Festland bei Dagebüll zur Hallig Oland und von dort weiter zur Hallig Langeneß. Der Damm soll die Umströmung der beiden Halligen vermindern und so dem Küstenschutz dienen. Zudem vereinfacht eine Lorenbahn auf dem Damm den Transport von Küstenschutzmaterial, aber auch anderer Güter und von Personen.

Der Damm hat aufgrund der Erreichbarkeit der beiden Halligen für Bodenprädatoren erhebliche negative Auswirkungen. Zwar ist nicht auszuschließen, dass festlandsnahe Halligen auch über die trockenfallenden Wattflächen für Bodenprädatoren erreichbar sind. Dass zumindest einzelne Füchse auch ungerichtet auf Wattflächen hinauslaufen, belegt eine Raumnutzungsuntersuchung mit besenderten Tieren im Beltringhar-der Koog (Schwemmer 2017). Grundsätzlich erleichtert aber eine Dammanbindung den Bodenprädatoren das Erreichen von Halligen sehr stark.

Die Tiere können über den Damm oder entlang der am Damm anwachsenden Vorländer auf die Halligen gelangen. Im Unterschied zu den großflächig trockenfallenden Wattflächen stellen Dämme nicht nur eine Hallig-Festland-Verbindung dar, sondern können darüber hinaus als eine Art Leitstruktur fungieren: Läuft ein Fuchs am Spülsaum entlang, um im Treibsel nach Aas zu suchen, kann er direkt vom Festland zur Hallig geleitet werden. Zusätzlich wird vermutet (Gespräche 2017), dass insbesondere Marder oder Ratten, die sich in Reisig für den Lahnungsbau oder anderem Material verstecken können, unbemerkt auf den Loren mitfahren können.

Bis 2009 bzw. bis 2012 wurden die Dammschnitte Oland – Festland und Oland – Langeneß erhöht (Strack & Jensen 2014). Die Begründung war, dass so die ursprüngliche Sollhöhe des Dammes wiederhergestellt werden müsse. Denn der Damm war aufgrund des Meeresspiegelanstiegs und durch Absenkung bei Hochwasser immer schlechter passierbar geworden. Die mit der Erhöhung des Dammes befürchtete Einwanderung von Prädatoren auf die beiden Halligen wurde in dem für die Erhöhung durchgeführten Planfeststellungsverfahren behandelt. Zur Verringerung des Eingriffs wurde aufgrund der vorgebrachten Argumente eine Reihe wichtiger Maßnahmen festgelegt: Einbau einer „Fuchssperre“ am Damm, Absammeln von Aas aus dem Spülsaum am Damm, Fuchsbejagung auf Oland sowie Brutvogel-Monitoring. Es wurde auch die wichtige Vorgabe gemacht, dass weitere Maßnahmen ergriffen werden müssen, falls die Fuchssperre Prädatoren nicht zurückhält und der Bruterfolg rückläufig ist (Planfeststellungsbeschluss „Wiederherstellung des Wattsicherungsdammes Festland – Oland – Langeneß“ vom 30.01.2006; Schrader 2017).

Bei der „Fuchssperre“ handelt es sich um eine Art Unterbrechung des Dammes auf halber Strecke. Die Lorenbahn führt hier auf 100 m Länge über Holzpfähle und wird von einer Spundwand geschützt. Diese Unterbrechung sollte die Zugänglichkeit für Prädatoren erschweren, da die Tiere an dieser Stelle nicht einfach über den Damm laufen können, sondern über die Schwellen der Lorenbahn laufen müssen. Dies macht die Querung zwar nicht unmöglich, aber beschwerlicher.

Allerdings sind als Folge der Dammerhöhung und der damit einhergehenden Veränderungen der Strömungsverhältnisse die angrenzenden Wattflächen durch verstärkte Sedimentation aufgewachsen. Insbesondere auf der Ostseite des Dammes erstrecken sich zunehmend Vorländer. Das fester werdende Watt an der Fuchssperre konnte bald problemlos von Füchsen überquert werden. Um dies zu verhindern, wurde im Winter 2015/16 der ehemals in diesem Bereich verlaufende Priel in Teilen wiederhergestellt. Dazu wurde die Spundwand auf einem Abschnitt abgesenkt und auf der Ostseite der Prielverlauf ausgehoben, um wenigstens eine gewisse Durchströmbarkeit zu ermöglichen.

Im Jahr 2016 wurden bis Juni regelmäßig Fuchsspuren am Damm entdeckt, die bis zum wasserführenden Priel reichten und dann umkehrten. Anfang Juni wurde bekannt, dass es einem Fuchs gelungen war, den Bereich der Sperre westlich des Dammes zu überwinden. Nachdem der



Foto: M. Roggenbrück

Abb. 2.11: Rotfuchs in einer Salzwiese auf Sylt.



Foto: H.-U. Rösner/WWF

Abb. 2.12: „Fuchssperre“ am Damm nach Oland 2017, Blick nach Osten: Ein Teil der Spundwand wurde entfernt, der Priel auf der Ostseite des Dammes ausgehoben.

Fuchs erstmals den Weg zur Hallig bewältigt hatte, wurde er dort regelmäßig angetroffen. Dies entspricht den Beobachtungen aus den Vorjahren, die zeigen, dass ein Individuum, das die Halligen als Nahrungsquelle entdeckt hat, regelmäßig wiederkehrt (Schiffler & Lutz 2017; Schrader 2017, Gespräche 2017).

Seit 2013 kommen auch Fallen am Damm zum Einsatz, vom Festland bis nach Langeneß stehen inzwischen fünf stationäre Kippröhrenfallen und fünf mobile Holzkastenfallen, mit denen auch wiederholt Bodenprädatoren gefangen wurden. Doch reichen alle bisherigen Maßnahmen nicht aus. Denn außer Oland wird auch Langeneß zunehmend von Bodenprädatoren erreicht. Mit einem auf Langeneß gefundenen Marderhund hatte sich gezeigt, dass die Problematik inzwischen weit über den Fuchs hinausreicht. Deshalb begann auf beiden Halligen eine Bejagung.

Die gravierenden Folgen der stark vereinfachten Erreichbarkeit für Bodenprädatoren wurden durch die Ergebnisse des Brutvogelmonitorings auf Oland aufgezeigt (Schiffler & Lutz 2016). Im Zuge der seit 2007 durchgeführten Untersuchung werden der Brutbestand der Küstenvögel sowie der Schlupferfolg für ausgewählte Arten erfasst. Seit 2009 wurden vermehrt Spuren von Bodenprädatoren auf Oland gefunden. Ab 2013 fanden sich in jeder Brutzeit Spuren auf der Hallig. 2013 führte die Anwesenheit des Fuchses zur Aufgabe der Löfflerkolonie und einem Totalausfall des Bruterfolgs der Löffler. Daraufhin siedelten sich weniger Brutpaare im Folgejahr auf Oland an. Die Kolonie bestand nur noch aus etwa halb so vielen Brutpaaren wie zuvor (Schiffler & Lutz 2016). Im Jahr 2014 führte die Anwesenheit eines Steinmarders dazu, dass die in der Nähe der Warft brütenden Austernfischer so gut wie keinen Bruterfolg erzielten. Im Jahr 2015 wurden 45 % der Sturmmöwengelege vom Fuchs prädiert. Zudem wurde erneut ein erheblicher Anteil der Löffler-Gelege und -küken vom Fuchs gefressen. Im Jahr 2016 wurden, nachdem erst Anfang Juni ein Fuchs die Hallig erstmals erreichte, die noch nicht geschlüpften Löfflergelege mit einem Elektrozaun geschützt. Der Einfluss des Fuchses machte sich dann in der Lachmöwenkolonie bemerkbar. Bei einer Teilerfassung wurden neben einem Küken nur acht Gelege mit Eiern, dafür aber 45 leere – vermutlich prädierte – Gelege gezählt (Schiffler & Lutz 2016).

Die Beobachtungen auf Oland zeigen die dramatischen Folgen, die die Einwanderung von Bodenprädatoren auf die Hallig-Brutvögel hervorrufen. Die auf Oland und Langeneß bestehenden Brutbestände sind unmittelbar bedroht.

EMPFEHLUNGEN ZU BODENPRÄDATOREN

Zum Schutz der Hallig-Brutvögel vor Bodenprädatoren versprechen vor allem die beiden Handlungs-Optionen „Fernhalten“ und „Bekämpfen“ Erfolg:

Das **Fernhalten von Bodenprädatoren** zielt auf die Ursache der Problematik ab. Dies ist potenziell am wirksamsten und der Bekämpfung vorzuziehen. Dazu muss vor allem sichergestellt werden, dass Küstenschutzmaßnahmen nicht die Zugänglichkeit der Halligen für Bodenprädatoren ermöglichen oder erleichtern. Also kommt es vor allem darauf an, die Passage entlang der beiden vorhandenen Dämme nach Oland/Langeneß bzw. nach Nordstrandischmoor für Bodenprädatoren so undurchlässig wie möglich zu machen.

Hierzu wurden am Damm nach Oland und Langeneß verschiedene Maßnahmen erprobt. Diese konnten den Zustrom von Prädatoren zwar nicht völlig verhindern. Sie konnten ihn aber immerhin verringern und sind daher positiv zu bewerten, sie reichen aber noch nicht aus. Ihre Wirksamkeit sollte weiter verbessert und auch der Damm nach Nordstrandischmoor einbezogen werden. Geeignete Maßnahmen müssen umgesetzt und angepasst werden. Auch neue Ideen sind nötig, um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass Bodenprädatoren die Halligen erreichen.

Die Erfahrungen mit den bestehenden Dämmen und den bisher angewandten Maßnahmen machen deutlich, wie schwierig es ist, Bodenprädatoren fernzuhalten und wie sehr das Risiko für die Brutvögel mit der Existenz von Dämmen wächst. Schon aus diesem Grund wäre die Errichtung weiterer Dämme zu anderen Halligen extrem kritisch zu sehen.

Da schon einzelne Tiere erhebliche Effekte haben können, die Halligen eine herausragende Bedeutung für Küstenvögel haben und die Problematik durch menschliches Handeln (vor allem die Dammbauten) verursacht wird, ist zur Ergänzung als zweite Handlungsoption eine **Bekämpfung der Bodenprädatoren** auf den Halligen notwendig. Aufgrund der Insellage und überschaubaren Größe der Halligen ist eine Bekämpfung mit jagdlichen Mitteln durchaus erfolgversprechend. Sie ist aber auch aufwendig, und bedarf einer guten Beobachtung des Brutgeschehens, um schnell reagieren zu können.

2.5 Zusammenfassung

In dieser Untersuchung wird der Frage nachgegangen, welche Probleme für die Brutvögel auf den Halligen im Zusammenhang mit dem erwarteten beschleunigten Meeresspiegelanstieg entstehen können und mit welchen Lösungsideen man ihnen begegnet.

Grundsätzlich sind die Halligen als Brutgebiete für Küstenvögel von herausragender Bedeutung, sodass dort eine besondere Verantwortung für deren Erhalt besteht. Daher gilt die ganz allgemeine Empfehlung, dass bei jeglichen Maßnahmen immer auch die direkten und indirekten Auswirkungen auf die Brutvögel geprüft und beachtet werden sollten.

Besonders entscheidend für die Zukunft der Brutvögel auf den Halligen sind die drei Wirkfaktoren **Überflutungen, Landwirtschaft und Bodenprädatoren.**

Überflutungen durch die wetter- und gezeitenbedingt auftretenden Landunter sind einerseits notwendig, um das langfristige Mitaufwachsen der Halligen zu ermöglichen. Denn bei einem Landunter verbleibt Sediment – Sand und Schlick – auf der Hallig und ermöglicht ihr ein Mitwachsen mit dem Meeresspiegel. Nur so bleiben die Halligen erhalten: für die Menschen, als wertvolle Salzwiesen sowie als Brutgebiete für die Küstenvögel. Überflutungen während der Brutzeit stellen jedoch zugleich ein Risiko für Küken und Gelege der Hallig-Brutvögel dar. Bei den Maßnahmen des Küstenschutzes, die die Überflutungen beeinflussen, aber auch für den Erhalt der Halligen an sich, gilt es die richtige Balance zu finden:

Bei Maßnahmen zum Überflutungs- und Kantenschutz durch feste Bauwerke wie Deckwerke ist es wichtig, den Hochwasserschutz während der Brutzeit im Frühling und Sommer aufrechtzuerhalten, dabei aber den Salzwassereinfluss und die Dynamik, vor allem im Winter, nicht weiter zu reduzieren sowie die Barrierewirkung für Küken gering zu halten. Zu weicheren Übergängen von der Hallig zum Watt könnten zukünftig auch Sandmaßnahmen beitragen, die die Hallig vor Erosion schützen und zugleich naturnähere Übergänge ermöglichen. Diese Maßnahme wurde bisher auf den Halligen nicht ergriffen, sollte aber an geeigneten Stellen geprüft werden.

Abb. 2.13: Priel und Salzwiese auf Hallig Langeneß – auch zukünftig sollte auf großen Flächen der Halligen eine extensive Nutzung sowie ein Mosaik aus unterschiedlichen Strukturen – wie Prielen und Boden-senken – erhalten bleiben.



Foto: J. Fröhlich/WWF

Besonders wichtig ist die Wiederherstellung einer häufigeren Gezeitendynamik auf jenen Halligen, auf denen es nur selten Land unter gibt und die derzeit nicht ausreichend mit dem Meeresspiegel in die Höhe wachsen. Insbesondere ein steuerbarer Gezeiteneinfluss, etwa mithilfe steuerbarer Sieltore, hätte mehrere Vorteile: Der Überflutungsschutz würde während der Brutzeit sowie wenn Vieh auf den Flächen steht, aufrechterhalten. Im Winterhalbjahr aber können häufigere und längere Landunter zugelassen werden, die auf diese Weise ein Mitaufwachsen der Flächen fördern und ein Aussüßen der Salzwiesen verhindern.

Eine Option kann darin bestehen, einen steuerbaren Gezeiteneinfluss mit der Etablierung einer Brachfläche im tief liegenden Halligbereich zu verbinden. Dynamische und heterogene Brachen – wie sie sich auf Flächen mit Salzwassereinfluss und natürlicher Dynamik entwickeln – sind attraktive Brutplätze für Küstenvögel. Eine steuerbare Gezeitendynamik in tief liegenden Bereichen könnte durch winterliche Landunter wertvolle Bruthabitate dauerhaft erhalten helfen und durch den Überflutungsschutz während der Brutzeit den Bruterfolg verbessern.

Extensive **Landwirtschaft** prägt große Teile der Halligen. Sie nimmt Einfluss auf die Brutvögel je nach Art und Bewirtschaftungsweise positiv wie negativ. Auch zukünftig sollten auf großen Flächen der Halligen eine extensive Nutzung sowie ein Mosaik aus unterschiedlichen Nutzungsformen – besonders auch mit naturnahen, ungenutzten Strukturen wie Prielen und Bodensenken – erhalten bleiben. Daneben sind auch weiterhin ungenutzte Flächen wichtig. Deswegen muss eine solche Bewirtschaftungsweise für die Halliglandwirte finanziell attraktiv bleiben. Dazu kann das „Hallig-Programm“ noch zielgerichteter zugunsten der Brutvögel angepasst werden: Es sollte ausgeschlossen sein, dass Schutzmaßnahmen durch Prämienabzug „bestraft“ werden, und biotopgestaltende Maßnahmen sollten finanziell gefördert werden.

Sehr dringend ist die Problematik der **Bodenprädatoren**, die verstärkt über die erhöhten Dämme und die an ihnen anwachsenden Vorländer auf drei der Halligen einwandern. Auf denen ist insbesondere durch Füchse das Prädationsrisiko so stark angestiegen, dass der Bruterfolg der Küstenvögel teilweise ausfällt. Die bedeutende Rolle der betroffenen Halligen für die Populationen der Küstenvögel ist erheblich gefährdet. Als wichtigste Maßnahme sollte die Zugänglichkeit der Halligen für Bodenprädatoren verringert werden. Da man deren Zugang entlang der Dämme wohl nicht ganz verhindern kann, ist es zusätzlich erforderlich, die Bodenprädatoren, denen der Zugang auf die Halligen gelungen ist, dort wirksam zu bejagen.

Stefanie Nolte,
Kai Jensen &
Dennis Schulze
(Universität
Hamburg)

Dieses Kapitel ist die verkürzte Fassung eines Gutachtens, welches vollständig unter dem Link wwf.de/watt/SedH-Studie zu finden ist.

3.1 Einführung und Fragestellung

Die hier vorgestellten Ergebnisse basieren auf einer Untersuchung der Sedimentationsdynamik auf der Hallig Langeneß, die von der Universität Hamburg im Auftrag des WWF durchgeführt wurde. Der Untersuchung lag und liegt das übergeordnete Ziel zugrunde, Bedingungen zu schaffen, die den Salzwiesen (synonym: „Salzmarschen“) auf den Halligen dabei helfen, mit dem beschleunigten Meeresspiegelanstieg durch erhöhtes Aufwachsen besser Schritt zu halten.

Frühere Studien haben festgestellt, dass die großen Halligen aufgrund der teilweise vorhandenen Sommerdeiche sowie der erhöhten Deckwerke – und der daraus resultierenden geringen Überflutungshäufigkeit – sehr geringe Aufwuchsraten erreichen (z.B. Deicke et al. 2007; Petersen 2011; Stock 2011; Schindler et al. 2014a). Um diese Erkenntnisse zu ergänzen, sollte die vorliegende Untersuchung klären, welchen Einfluss die Beweidung bzw. Nicht-Beweidung auf die Aufwuchsrate nimmt.

Zu diesem Zweck wurde das Höhenwachstum auf ausgewählten Weide- und Brachflächen in der Sturmflutsaison 2015/2016 auf Langeneß gemessen, die durchschnittlich nur 17 cm über dem mittleren Tidehochwasser liegt (Jensen 2014). Gegenstand der Untersuchungen war dort die Sedimentationsdynamik, also sowohl die Sedimentdeposition als auch das daraus resultierende vertikale Aufwachsen (bzw. Höhenwachstum, „Akkretion“), und deren Einflussfaktoren.

Zum Forschungsstand: In der Vergangenheit konnten tidegeprägte Gebiete wie die Salzmarschen, d. h. saline, tidebeeinflusste Küstenökosysteme, im Wattenmeer mit dem Meeresspiegelanstieg mithalten, da häufigere Überflutungen auch zu einer erhöhten Sedimentdeposition und Höhenwachstum führten (Kirwan et al. 2016). So wurde zum Beispiel in der Bucht von Esbjerg (Dänemark) seit 1931 ein langfristiger Meeresspiegelanstieg von 2,3 mm pro Jahr gemessen, während der Meeresspiegelanstieg im kurzfristigeren Zeitraum seit 1991 bereits 4,2 mm pro

Jahr betrug (Bartholdy et al. 2004). Während dieser Zeiträume konnten die Salzmarschen dieses Gebietes mit dem Meeresspiegelanstieg Schritt halten (Bartholdy et al. 2004). Es herrschte ein Gleichgewicht zwischen der Überflutungshäufigkeit, der aus den Überflutungen resultierenden Sedimentdeposition und dem Höhenwachstum.

Bei moderatem Meeresspiegelanstieg wird davon ausgegangen, dass Salzmarschen, die häufig genug überflutet werden und bei denen die Sedimentzufuhr ausreicht, nicht vom beschleunigten Meeresspiegelanstieg bedroht sind (Kirwan et al. 2016). Dies ist eher bei geschützt liegenden als bei nicht geschützt liegenden Salzmarschen zu erwarten. Dieses Gleichgewicht kann gestört werden, falls sich der Meeresspiegelanstieg stark beschleunigt (Bartholdy et al. 2004). Hinzu kommt, dass viele Salzmarschen durch menschliche Eingriffe verändert wurden und Sommerdeiche beispielsweise eine Überflutung der Flächen (teilweise) verhindern und somit den Eintrag von Sedimenten erschweren (Temmerman et al. 2013).

Dies ist auch auf einem Teil der Halligen, darunter Langeneß, der Fall (Schindler et al. 2014a), wo das Höhenwachstum aufgrund der geringen Überflutungshäufigkeit zu niedrig ist, um mit dem Meeresspiegel Schritt zu halten. Hinzu kommt, dass auch andere anthropogene Einflüsse wie etwa die Nutzung der Flächen durch Beweidung sich negativ auf die Sedimentationsrate auswirken könnten (Elschot et al. 2013) und so zu einer Verschärfung des Problems führen würde. Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen zum Einfluss von Beweidung und der Länge der Vegetation auf das Aufwachsen sind jedoch widersprüchlich (vgl. z. B. Petersen 2011, Jensen 2014). Um eine Klimaanpassung der Halligen zu ermöglichen, ist es nötig, weitere Erkenntnisse zu gewinnen, welche Faktoren die Sedimentdeposition und Höhenwachstum beeinflussen.

Die Rate der Sedimentdeposition in Salzmarschen ist von verschiedenen internen und externen Faktoren abhängig (Nolte et al. 2013a). Zu den externen Faktoren gehören die Verfügbarkeit von gelöstem Sediment im Wasser, auch als Sedimentfracht bezeichnet (Butzeck et al. 2015), und die Anzahl von Sturmereignissen, die häufig große Mengen Sedimente herantragen (Bartholdy et al. 2004; Schuerch et al. 2011). Außerdem beeinflussen interne Faktoren die Sedimentdeposition. Zu diesen gehört die Geländehöhe, die sich direkt auf die Überflutungshäufigkeit und Dauer auswirkt. Das führt dazu, dass höher gelegene Flächen oft geringere Sedimentdepositionsraten aufweisen (Temmerman et al. 2003). Auch der Abstand einer Fläche zur Sedimentquelle trägt zur räumlich unterschiedlichen Verteilung der Sedimentdeposition bei. Aufgrund der physikalischen

Sinkgeschwindigkeit von Sedimenten im Wasser setzt sich mehr davon in der Nähe der Quelle ab, wie etwa am Rand des Priels oder der Salzmarschkante (Temmerman et al. 2003). Im Fall der Halligen, bei denen das Prielsystem oft nicht mehr dauerhaft mit dem Wattenmeer verbunden ist, handelt es sich bei der Sedimentquelle meist entweder um die Halligkante oder um ein Sieltor. Dieser Abstandseffekt konnte für die Halligen Langeneß, Hooge und Nordstrandischmoor nachgewiesen werden (Schindler et al. 2014a).

Ein weiterer Faktor, der die Sedimentdepositionsrate beeinflusst, ist das Management der Fläche durch Beweidung oder Mahd. In unbeweideten und nicht gemähten Marschen ist die Vegetation hoch und dicht und kann z. B. von der besonders dicht wachsenden Strandquecke (*Elymus athericus*) dominiert werden (Kiehl et al. 1996). Solch hohe und dichte Vegetation verringert die Fließgeschwindigkeit des einströmenden Wassers bei Flut (Temmerman et al. 2005; Bouma et al. 2005). Eine verringerte Fließgeschwindigkeit wirkt sich positiv auf die Sedimentdeposition aus (Abb. 3.1). Im Gegensatz dazu wird das Wasser von der kurzen Vegetation in beweideten oder gemähten Marschen nur wenig abgebremst. Daher ist zu vermuten, dass sich hier weniger Sediment absetzt. Allerdings könnte eine geringe Vegetationshöhe und -dichte auch dazu führen, dass mehr Sediment im einströmenden Wasser verbleibt und weiter ins Innere der Hallig transportiert wird als in unbeweideten Marschen (Temmerman et al. 2012a).

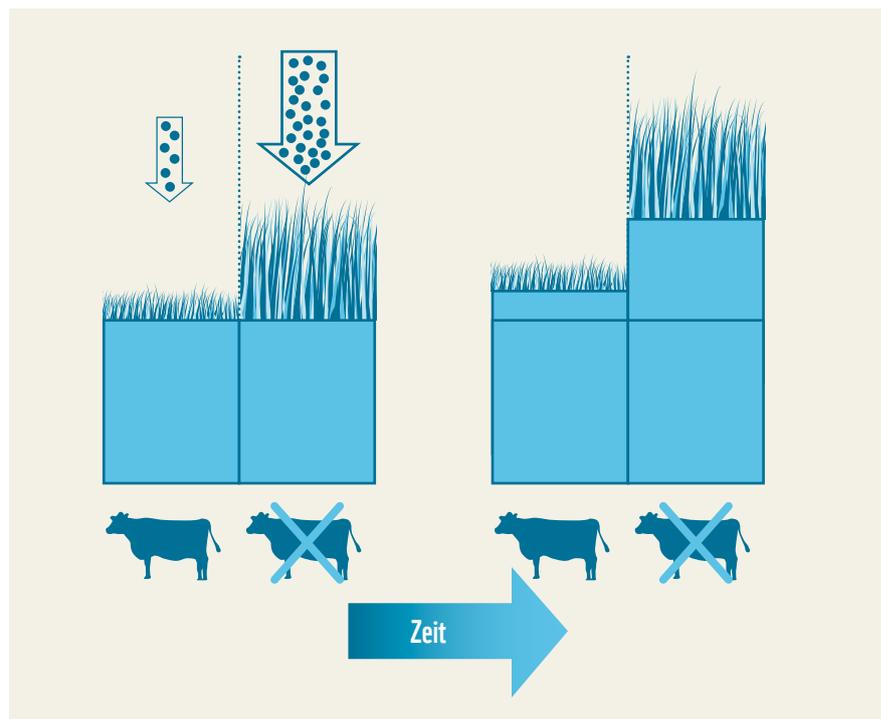


Abb. 3.1: Hypothese zum vermuteten indirekten Effekt von Beweidung auf die Sedimentdeposition und das daraus resultierende unterschiedliche Höhenwachstum (Akkretion).

Neben den vorgenannten indirekten Effekten könnte die Beweidung auch direkten Einfluss auf das Aufwachsen haben. Denn das wiederholte Betreten der Flächen durch Weidetiere führt zur Verdichtung des Bodens (Nolte et al. 2013b; van Klink et al. 2015, Abb. 3.2). Die erkennt man am besten an der Bodenlagerungsdichte. Diese sollte auf beweideten Flächen höher sein als auf unbeweideten Flächen (Schrama et al. 2013; Elschot et al. 2013; Nolte et al. 2013b).

In der hier vorgelegten Untersuchung wurden die folgenden Fragen untersucht:

Frage 1: Wie beeinflusst Beweidung indirekt über die Vegetationsstruktur die Sedimentdeposition auf einer Hallig? Die zu prüfende Hypothese ist, dass die Beweidung die Höhe und Dichte der Vegetation und damit auch die Sedimentdeposition verringert.

Frage 2: Wie wirkt sich die Bodenverdichtung durch Beweidung auf das Wachstum (Akkretion) aus? Die zu prüfende Hypothese ist, dass in beweideten Salzmarschen das Aufwachsen geringer ist, da a) weniger Sediment abgelagert wird (Frage 1) und b) die Weidetiere durch die Verdichtung des Bodens das Aufwachsen verringern.

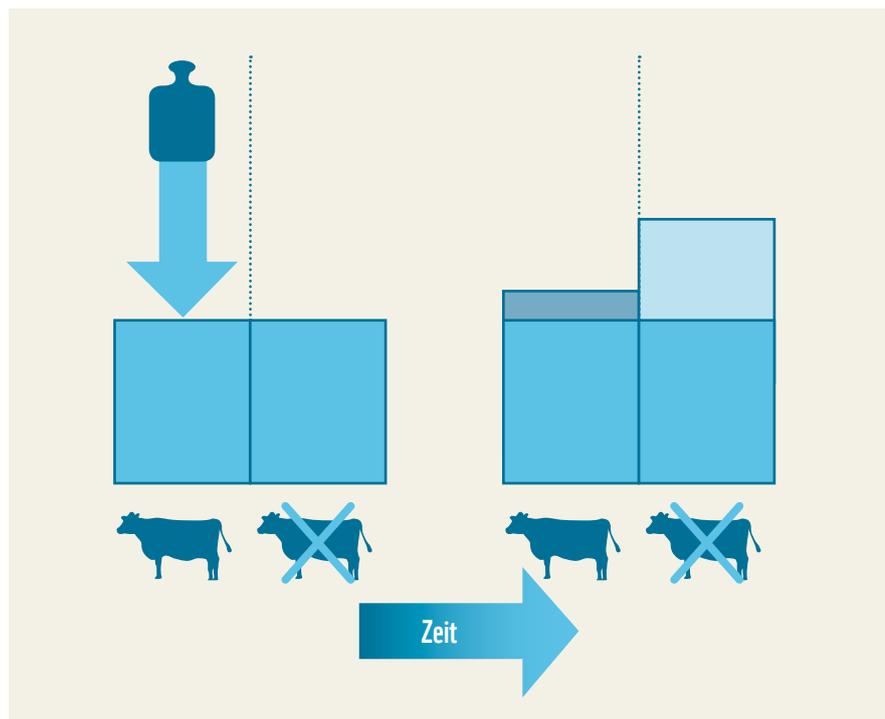


Abb. 3.2: Hypothese zum vermuteten direkten Effekt von Beweidung auf das Höhenwachstum durch Bodenverdichtung.

Frage 3: In welchen Bereichen (z. B. innere Marsch) kann unter welchen Bedingungen (Management) der Höhenzuwachs der Marsch nicht mit dem Meeresspiegelanstieg Schritt halten? Die zu prüfende Hypothese ist, dass im Inneren der Hallig aufgrund des größeren Abstandes zur Sedimentquelle geringere Sedimentdepositions- und Aufwuchsraten bestehen.

Frage 4: Welche Schlussfolgerungen ergeben sich daraus für ein naturverträgliches Management durch Beweidung, das ein Aufwachsen der Halligflächen begünstigt bzw. zumindest nicht negativ beeinflusst? Hierzu wurde im Vorfeld keine Hypothese formuliert.

3.2 Vorgehen zur Messung der Sedimentablagerung und weiterer Parameter

Untersucht wurden unbeweidete und beweidete Flächen auf der Hallig Langeneß. Die Sedimentdeposition findet hier vor allem bei Landunter-Ereignissen statt, und aus diesem Grund eignen sich vor allem Sedimentfallen zu deren Messung (Nolte et al. 2013a). Das Höhenwachstum ist dagegen ein eher langfristiger Prozess und lässt sich am besten über mehrere Jahre hinweg mit Markerhorizonten oder anderen Methoden erfassen (Nolte et al. 2013a). Aufgrund des kurzen Untersuchungszeitraumes dieser Untersuchung wurde das Höhenwachstum daher indirekt aus der Sedimentdeposition und der Bodenlagerungsdichte errechnet (Butzeck et al. 2015). Historische Aufwuchsraten sollen zusätzlich durch Datierung von Bohrkernen bestimmt werden (Nolte et al. 2013b). Weiterhin wurden noch andere Parameter erfasst, die die Sedimentdeposition beeinflussen können, dazu gehören die Sedimentfracht, die Geländehöhe, die Überflutungsdauer und die Vegetationshöhe.

Hallig Langeneß ist mit 9,2 km² die größte Hallig und liegt im nordfriesischen Teil des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres. Die Felduntersuchungen wurden dort innerhalb einer „Sturmflutsaison“ vom 01.10.2015 bis zum 15.03.2016 durchgeführt und dies mit einem Jahr gleichgesetzt. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde Langeneß mit einem etwa 1 m hohen Sommerdeich umfasst, um vor allem kleinere Landunter im Sommer zu verhindern (Abb. 3.3). Als Wellenbrecher und Befestigung ist dem Sommerdeich zusätzlich ein steinernes Deckwerk vorgelagert, das in jüngerer Zeit über weite Strecken sommerdeichähnlich erhöht wurde. Weiterhin wurden die Priele an der Halligkante mit Fluttoren bzw. Sielen versehen, die sich bei steigendem Pegel schließen, sodass die Hallig erst bei hohen Wasserständen überflutet werden kann (Abb. 3.4).

Abb. 3.3: Grüner Sommerdeich auf Langeneß (im Vordergrund). Der zu erkennende Spülsaum wurde bei einer Überflutung 2017 von innen an dem Sommerdeich abgelagert, weil das vorgelegte Deckwerk (rechts am Rand zum Wattenmeer zu sehen) stark erhöht wurde.



Fotos: H.-J. Rösner/WWF

Abb. 3.4: Fluttur (Siel) auf Langeneß nahe Untersuchungsfläche 1.

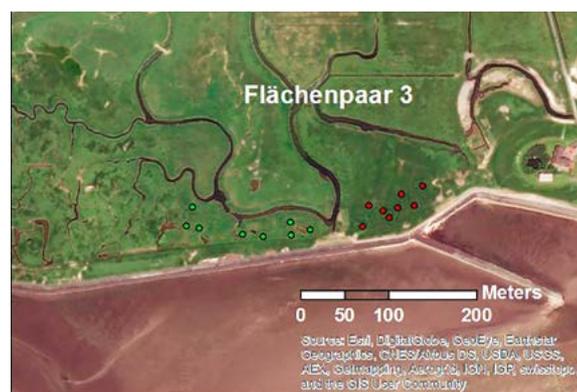
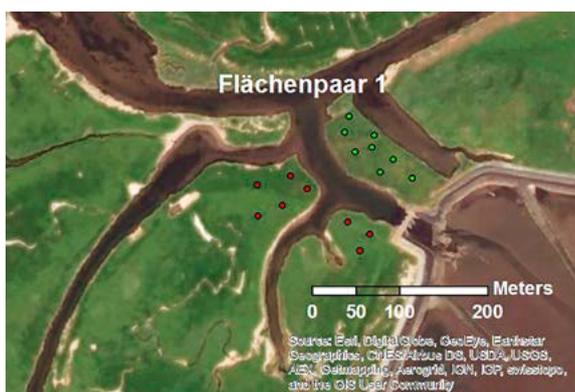
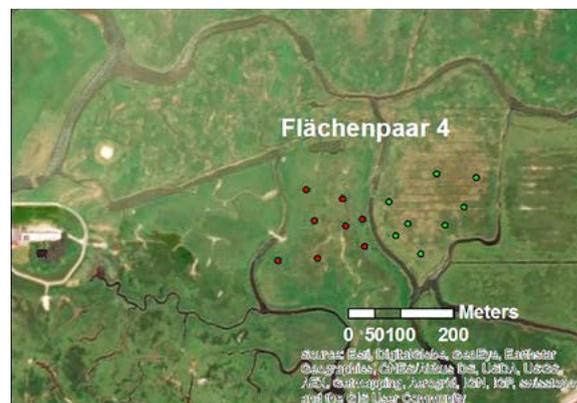
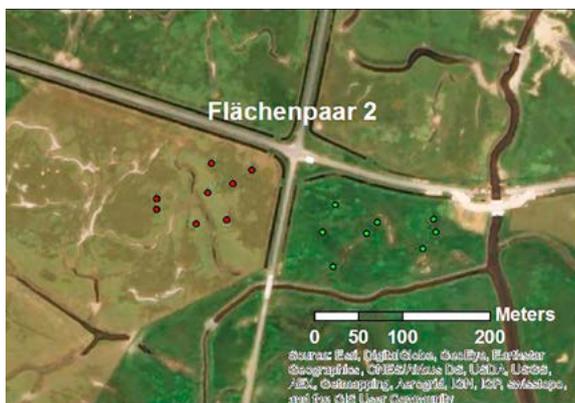


Landunter treten daher heute auf Langeneß erst bei Wasserständen oberhalb von ca. 1 m über NHN (Normalhöhennull) auf, die überwiegend bei Sturmfluten zwischen Oktober und März erreicht werden (Schindler et al. 2014a,b). Der Großteil der Salzmarschen auf Langeneß wird beweidet, kleine Teile auch gemäht, wobei das Weidevieh sich überwiegend während der Sommersaison auf den Flächen befindet und vor der Sturmflutsaison zurück aufs Festland transportiert wird. Es gibt nur wenige Brachflächen. Die sind aufgrund der unregelmäßigen Überflutungen dominiert von der Strandquecke und bilden auch in der Nähe der Hallig-Kante eine mit den Salzwiesen am Festland vergleichbare obere Marschzone.

Abb. 3.5: Lage der Untersuchungsflächen auf Hallig Langeneß.



Abb. 3.6: Detailansicht der Lage der vier Flächenpaare (Reihenfolge entspricht der Lage auf der Hallig, vgl. Abb. 3.5) mit den jeweiligen Standorten der Sedimentfallen. Rote Punkte zeigen die Standorte der Sedimentfallen auf den beweideten Teilflächen, grüne Punkte die Standorte auf den unbeweideten Teilflächen.



Als Untersuchungsflächen wurden vier Flächenpaare ausgewählt, bei denen jeweils eine unbeweidete Fläche an eine beweidete Fläche grenzte (Abb. 3.5). Die Untersuchungen wurden also auf insgesamt acht Teilflächen durchgeführt. Zwei Flächenpaare (1 und 2) lagen im Westteil der Hallig, zwei weitere im Ostteil (3 und 4). Für jedes Flächenpaar wurden mit einem Geoinformationssystem je zwei etwa gleich große, definierte Flächen gezeichnet und in jeder der acht Teilflächen acht Zufallspunkte für die späteren Standorte der Sedimentfallen generiert (Abb. 3.6, Tab. 3.1).

*Tabelle 3.1:
Flächengrößen der
Untersuchungsflächen.*

| Management | Flächenpaar 1 | Flächenpaar 2 | Flächenpaar 3 | Flächenpaar 4 |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| beweidet | 0,21 ha | 0,62 ha | 0,35 ha | 1,42 ha |
| unbeweidet | 0,20 ha | 0,70 ha | 0,42 ha | 1,25 ha |

Es kamen Sedimentfallen (Tellerfallen) und Sedimentfracht-Flaschen zum Einsatz. Die Proben wurden nach jedem der fünf vollständigen Landunter-Ereignisse innerhalb des Untersuchungszeitraums entnommen. Die Beprobung konnte immer erst nach komplettem Trockenfallen der Flächen und dauerhaft gesunkenem Pegel erfolgen.

Im Labor wurde das Sediment zunächst gesiebt. Anschließend wurden die Proben bei 90 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Eine ausführlichere Darstellung der Methoden findet sich bei Nolte et al. (2013a, 2018) sowie Butzeck et al. (2015).



Foto: Dennis Schütze

*Abb. 3.7:
Sedimentfalle mit
aufgefangenem
Sediment in einer
Brachfläche. Zu sehen
ist der Verschluss
von oben.*

Anschließend wurden die so erhobenen Gewichtsdaten auf eine Fläche von einem Quadratmeter umgerechnet. Um die Zielgröße (die vertikale Akkretion bzw. das Höhenwachstum) zu berechnen, wurden neben jeder Sedimentfalle auf einer ungestörten Fläche Bodenproben mit einem Stechring (100 cm³) genommen und später das Trockengewicht bestimmt. Daraus ergibt sich die sogenannte Bodenlagerungsdichte, mit der die Akkretion berechnet werden kann (vgl. Butzeck et al. 2015). Diese wurde für jedes einzelne Landunter-Ereignis (in der vorliegenden Kurzfassung nicht einzeln dargestellt, vgl. aber Nolte et al. 2018) wie auch für den gesamten Untersuchungszeitraum (fünf Landunter-Ereignisse) berechnet.

Zusätzlich wurde neben jeder Sedimentfalle eine Sedimentfracht-Flasche im Abstand von ca. 75 cm platziert (Nolte et al. 2013a). Mit den Flaschen wurden Wasserproben des initialen Flutwassers inklusive der gelösten Sedimentfracht für jedes Landunter-Ereignis genommen. Nach jedem Landunter-Ereignis wurden die Flaschen gesammelt, verschlossen und durch leere Flaschen für das nächste Ereignis ersetzt.

Anschließend wurde die Masse an gelöstem Sediment pro 200 ml Flutwasser ermittelt. Somit ließ sich ermitteln, ob sich die Sedimentfracht zwischen den einzelnen Landunter-Ereignissen und abhängig vom Management (beweidet, unbeweidet) und der Lage (West, Ost / Kante, innerer Teil) unterscheidet. Die Sedimentfracht ist eine mögliche Erklärungsvariable für die endgültige Sedimentdeposition (Butzeck et al. 2015).

Zudem fanden Höhenmessungen mit einem differenziellen GPS statt, um bei einem Landunter-Ereignis die korrekten Überflutungshöhen und die Überflutungsdauer über jeder Sedimentfalle ermitteln zu können.

In jedem der vier Flächenpaare wurde außerdem in der jeweiligen Brachfläche ein Pegelrohr mit einer Pegelsonde installiert, um die spezifischen Wasserstände in den unterschiedlichen Flächen zu erfassen.

Mithilfe einer sogenannten „Drop Disc“ wurde die mittlere Vegetationshöhe neben jeder Sedimentfalle ermittelt. Damit kann dargestellt werden, wie stark sich die beweideten und die unbeweideten Flächen voneinander unterscheiden (vgl. Nolte et al. 2014, Abb. 3.8).

Schließlich wurden im Dezember 2015 vier Bohrkern entnommen, davon zwei in beweideten und zwei in unbeweideten Teilflächen (Flächenpaare 3 und 4, Abb. 3.5 und 3.6). Die durchgeführten Gammastrahlenmessungen sollten für jeden Bohrkern zwei Spitzenwerte in der



Foto: Dennis Schulze

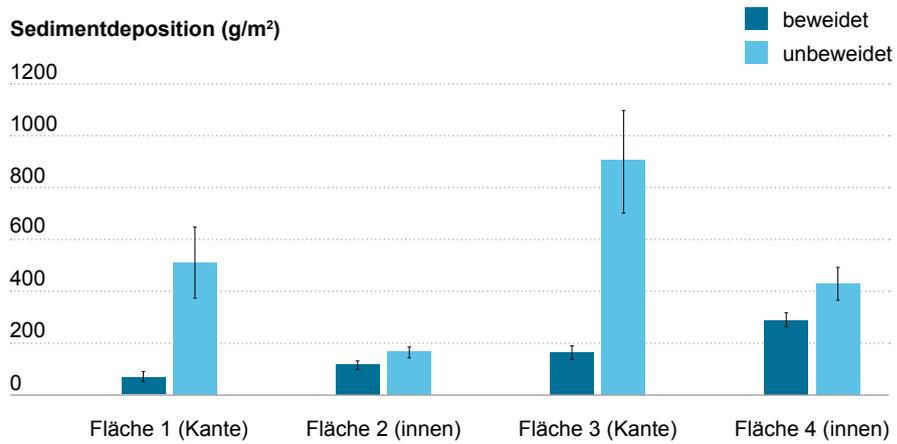
Abb. 3.8: Messung der Vegetationshöhe mit Hilfe einer Drop Disc.

Caesium-137-Aktivität für die in den Jahren 1963 und 1986 entstandenen Sedimentschichten in den entsprechenden Bodentiefen ermitteln. Der zu erwartende Peak ist auf eine Reihe von Atomwaffentests in der Atmosphäre im Jahr 1963 zurückzuführen, und der zu erwartende Peak für das Jahr 1986 auf die Reaktorkatastrophe in Tschernobyl und den jeweils resultierenden Fallout (Schuerch et al. 2011; Nolte et al. 2013a; Nolte et al. 2013b). Wird ein erster Peak beispielsweise in der achten Bohrkernscheibe von oben (8 cm Tiefe) gefunden, kann man schlussfolgern, dass die Marsch an der Entnahmestelle des Bohrkerns seit 1986 um 8 cm in die Höhe gewachsen ist. Verlässliche Ergebnisse für diese Methode sind jedoch nur dann zu erwarten, wenn die Bodenschichtung nicht gestört wurde, z. B. durch Erdarbeiten.

3.3 Ergebnisse

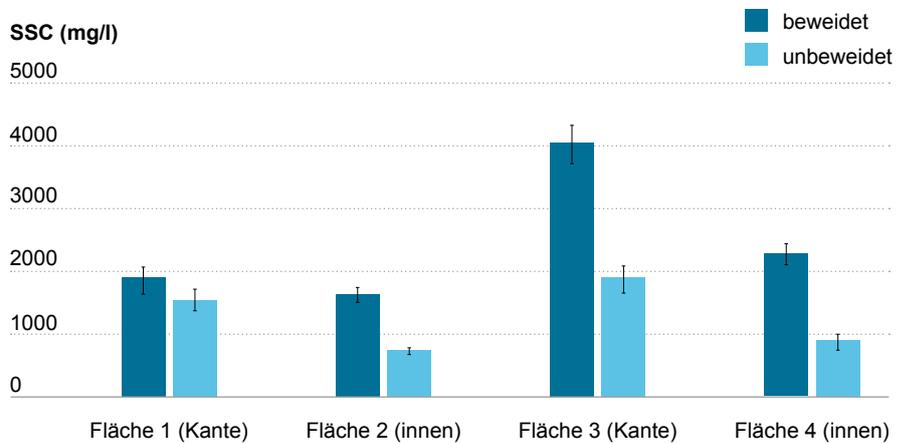
Die mittlere Sedimentdeposition aller fünf Landunter-Ereignisse zeigt deutliche Unterschiede zwischen den beweideten und den unbeweideten Flächen (Abb. 3.9): Auf allen vier Flächen wurde eine höhere Sedimentdeposition in den unbeweideten Flächen gemessen. Der Unterschied zwischen beweideten und unbeweideten Flächen ist deutlich ausgeprägter in den Flächen nahe der Halligkante. Vergleicht man nur die unbeweideten Flächen, ist die Sedimentdeposition in Kantennähe deutlich höher. Bei den beweideten Flächen ist das Gegenteil der Fall, doch ist der Unterschied weniger ausgeprägt. Außerdem ist die Sedimentdeposition im Osten der Hallig etwas höher. Diese Muster zeigten sich auch bei Betrachtung der einzelnen Landunter-Ereignisse.

Abb. 3.9:
Mittlere Sediment-
deposition für alle
fünf Landunter-
Ereignisse.



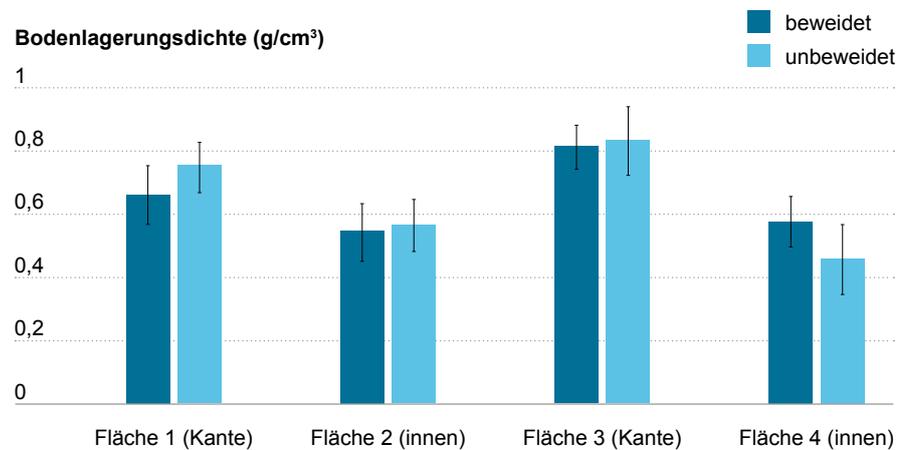
Die im Flutwasser gelöste Sedimentfracht unterscheidet sich ebenfalls deutlich zwischen den Managementformen (Abb. 3.10): Wir haben auf allen Flächen eine höhere Sedimentfracht auf den beweideten Flächen feststellen können. Die Sedimentfracht nimmt besonders im Osten mit höherem Abstand zur Kante ab. Im Osten finden sich außerdem generell höhere Sedimentfracht-Werte.

Abb. 3.10:
Mittlere im Wasser
gelöste Sedimentfracht
für alle fünf Land-
unter-Ereignisse
(Suspended sediment
concentration = SSC).



Die Bodenlagerungsdichte der oberen 5 cm des Bodens zeigt die Tendenz zur höheren Dichte im Bereich der Kante, doch sind die Unterschiede zwischen den Managementformen nicht signifikant (Abb. 3.11).

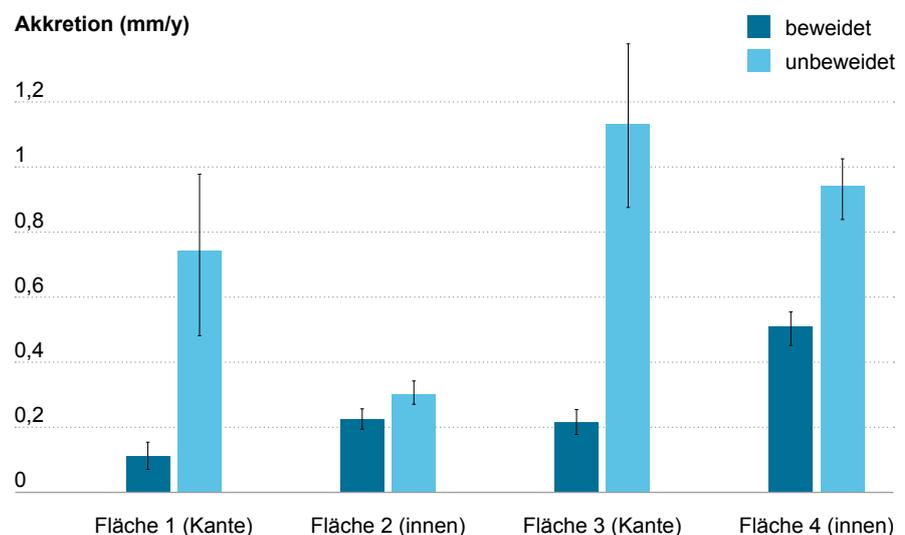
Abb. 3.11:
Mittlere Bodenlagerungs-
dichte in den vier Flächen-
paaren (vgl. Abb. 3.6).



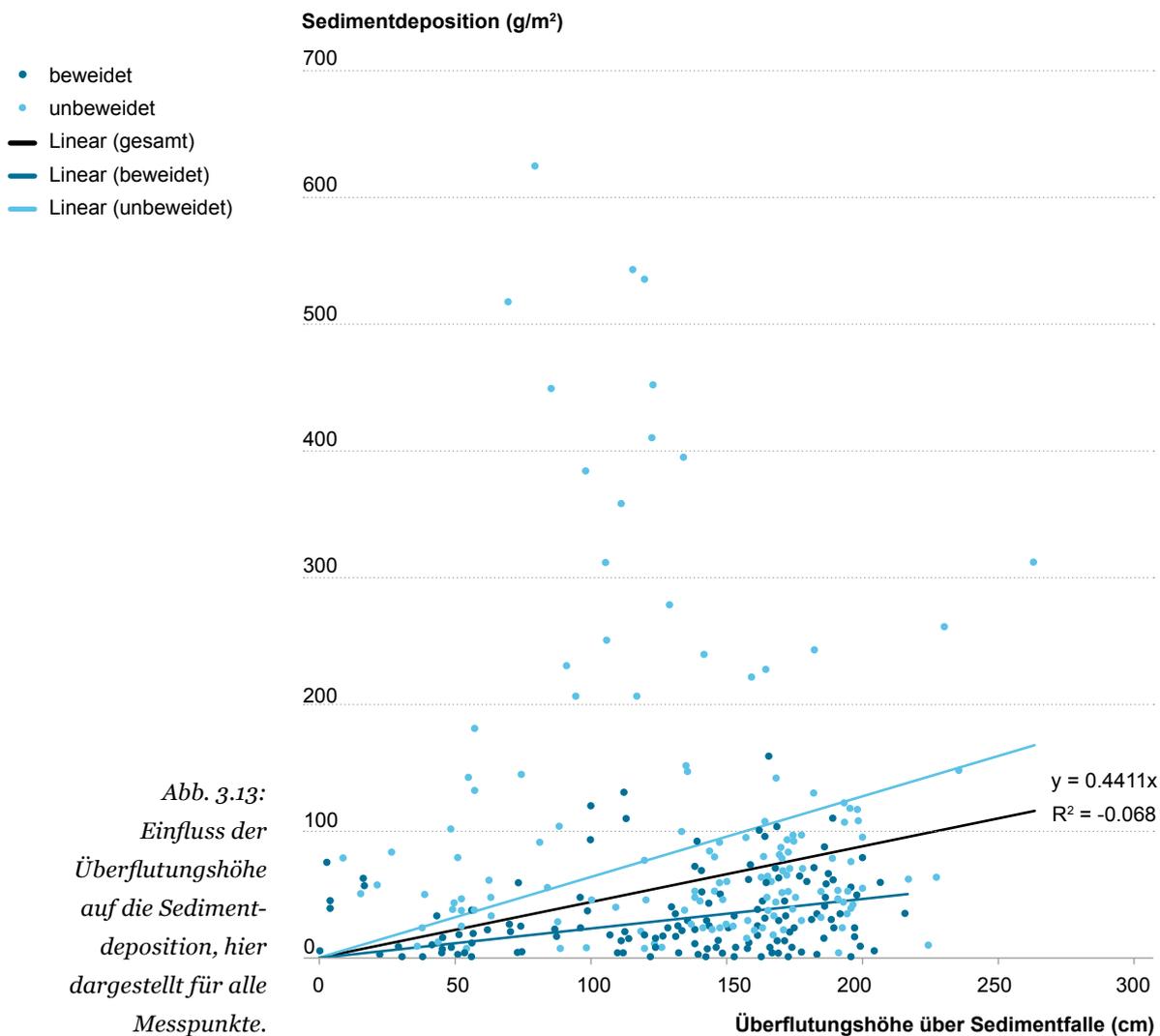
Das aus der gesamten Sedimentdeposition des Untersuchungszeitraums und der Bodenlagerungsdichte errechnete Höhenwachstum zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Managementformen (Abb. 3.12). Auf drei Flächen konnte ein deutlich höheres Aufwachsen in den unbeweideten Flächen ermittelt werden, während dieses Muster auf Fläche 2 zwar weniger auffällig, der Unterschied aber immer noch signifikant ist. Ein höheres Aufwachsen in Kantenflächen findet man insbesondere in den unbeweideten Flächen. In den beweideten Flächen ist das Höhenwachstum im Inneren der Hallig höher als an der Kante.

Insgesamt wurden für den hier betrachteten Zeitraum nach fünf Landunter-Ereignissen mittlere Aufwuchsraten für die verschiedenen Flächen zwischen 0,1 mm/Jahr und 1,1 mm/Jahr bestimmt.

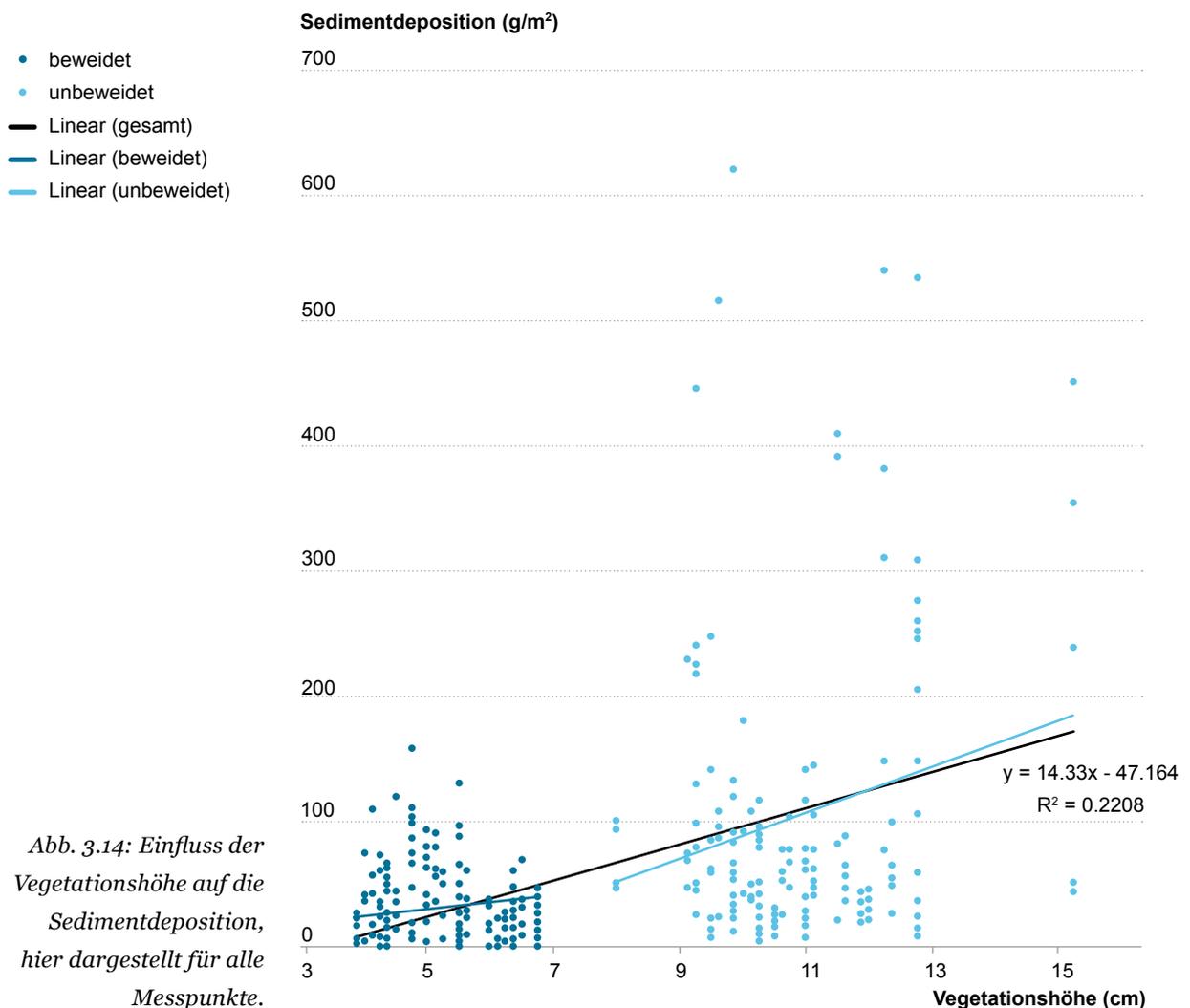
Abb. 3.12:
Berechnete Akkretion
bzw. Höhenwachstum
für die „Sturmflutsaison“
vom 01.10.2015
bis zum 15.03.2016.



Es konnte kein eindeutiger Hinweis für einen Einfluss der Überflutungshöhe auf die Sedimentdeposition festgestellt werden (Abb. 3.13). Der Trend, dass die Sedimentdeposition mit größeren Überflutungshöhen zunimmt, konnte aufgrund der großen Streuung nicht bestätigt werden. Auch eine getrennte Darstellung von beweideten und unbeweideten Aufnahmen führte zu keinem signifikanten Ergebnis.



Die Sedimentdeposition nimmt mit zunehmender Vegetationshöhe deutlich zu (Abb. 3.14). Es lässt sich auch erkennen, dass die Vegetationshöhe in unbeweideten Flächen deutlich höher ist. Hier finden sich für viele der Messpunkte sehr hohe Sedimentdepositionsraten von über 200 g/m². Betrachtet man beweidete und unbeweidete Flächen getrennt (Abb. 3.14), fällt auf, dass innerhalb der unbeweideten Flächen ein klarer Anstieg der Sedimentdeposition mit der Vegetationshöhe zu erkennen ist, während sich innerhalb der beweideten Flächen kein entsprechender Einfluss der Vegetationshöhe erkennen lässt.



Aus den vier Bohrkernen konnten keine aussagekräftigen Ergebnisse gewonnen werden, da keine die Jahre 1963 und 1986 kennzeichnenden Spitzenwerte in der Caesium-137-Aktivität gefunden werden konnten. Es ist möglich, dass Umlagerungsprozesse, etwa durch Erosion an der Kante oder durch Erdarbeiten, zu gestörten Profilen geführt haben.

3.4 Diskussion

Sedimentdeposition und Sedimentfracht: Die Ergebnisse dieser Untersuchung bestätigen für die Hallig Langeneß die Annahme, dass eine durch Beweidung verringerte Vegetationshöhe die Sedimentdeposition bei Landunter-Ereignissen reduziert.

Wahrscheinlich spielt hierbei vor allem die Reduktion der Fließgeschwindigkeit des Wassers in hoher Vegetation eine Rolle (Führböter 1992). Ein positiver Einfluss höherer Vegetation auf die Sedimentdeposition wurde bereits in früheren Studien nachgewiesen, indem die Vegetation gemäht (Temmerman et al. 2012b) oder durch Düngung gefördert wurde (Morris et al. 2002). Aus diesem Grund findet man diesen Effekt auch in vielen Sedimentdynamikmodellen (Fagherazzi et al. 2012). Ein positiver Einfluss der hohen Vegetation in unbeweideten im Vergleich zu beweideten Salzmarschen auf die Sedimentdeposition ließ sich bisher nicht nachweisen (Elschot et al. 2013; Nolte et al. 2013b). Diese Studien haben die Sedimentdeposition jedoch nur indirekt als Masse des anorganischen Anteils über einem Marker-Horizont im Boden bestimmt. Schindler et al. (2014b) hatten im Gegensatz dazu die Sedimentdeposition in beweideten und unbeweideten Flächen ermittelt. Allerdings lag der Fokus der Studie von Schindler et al. auf einem Vergleich zweier Sedimentfallentypen, sodass der Beweidungseffekt nicht systematisch analysiert wurde. Zudem unterschieden sich die beweideten und unbeweideten Flächen auch in der Höhe (Jensen 2014).

Anders als die Sedimentdeposition ist die Sedimentfracht, also das im überströmenden Wasser enthaltene Sediment, in den beweideten Flächen höher. Ein möglicher Grund ist, dass in der beweideten Fläche das Sediment nicht ausgekämmt wird, so länger im Wasser verbleibt und die inneren Bereiche der Hallig erreicht. Damit ist im Gegensatz zu anderen Studien (Temmerman et al. 2003; Butzeck et al. 2015) die Sedimentfracht kein direkter Faktor, der die Sedimentdeposition bestimmt. Diese früheren Studien fanden die Sedimentfracht jedoch besonders als bestimmenden Faktor für die temporären Schwankungen z. B. zwischen den Jahreszeiten (Temmerman et al. 2003; Butzeck et al. 2015). Im Unterschied dazu wurde in der vorliegenden Untersuchung nur der Herbst/Winter als Zeit mit den allgemein höchsten Sedimentfrachten untersucht.

Bei einer Betrachtung der hier im Ergebnis-Teil nicht dargestellten einzelnen Landunter-Ereignisse (vgl. Nolte et al. 2018) lässt sich ein Trend erkennen, dass eine hohe Sedimentfracht auch zu einer hohen Sedimentdeposition führt. Aus der hier beobachteten geringeren Sedimentfracht in unbeweideten Flächen bei gleichzeitig höherer Sedimentdeposition schließen wir deshalb auf einen Auskämmeffekt.

Akkretion bzw. Höhenwachstum: Die Untersuchungen zeigten keine Unterschiede zwischen den Managementformen im Hinblick auf die Bodenlagerungsdichte. In früheren Studien wurde eine deutliche höhere Bodenlagerungsdichte in beweideten Salzmarschen festgestellt, da der Boden durch Tritt verdichtet wurde (Schrama et al. 2013; Elschot et al. 2013; Nolte et al. 2013b). Der fehlende Unterschied zwischen beweideten und unbeweideten Flächen in der vorliegenden Untersuchung lässt sich wahrscheinlich durch die Methode der Beprobung erklären. Die Stechringe für Bodenproben zur Bestimmung der Bodenlagerungsdichte sind 5 cm lang und repräsentieren deshalb die obersten 5 cm des Bodens. Geht man von einer Aufwuchsrate von 2 mm im Jahr aus (Schindler et al. 2014a), dann handelt es sich also bei den 5 cm Boden in den Stechringen um Boden, der in den letzten 25 Jahren entstanden ist. Bei einem Teil der untersuchten Flächen ist jedoch unklar, wann die Beweidung aufgegeben wurde. So ist der Boden in unseren Proben wahrscheinlich zu einem Teil auch in den unbeweideten Flächen noch unter Beweidungseinfluss entstanden, während die Beweidungsaufgabe in anderen Studien meist länger zurückliegt (Elschot et al. 2013; Nolte et al. 2013b). In Zukunft könnten in den Brachflächen neuere Bodenschichten entstehen, die ohne den Einfluss der Beweidung wahrscheinlich eine geringere Bodenlagerungsdichte aufweisen werden. Bei einer geringeren Bodenlagerungsdichte im Vergleich zu einer hohen Bodenlagerungsdichte führt die gleiche Sedimentdepositionsrate zu stärkerem Höhenwachstum, da das Sediment weniger dicht gelagert ist. Dies könnte also bedeuten, dass die von uns in den unbeweideten Marschen errechneten Aufwuchsraten unter den tatsächlichen liegen, da die hier ebenfalls recht hohe Bodenlagerungsdichte ein Artefakt aus der Zeit ist, als die Flächen noch beweidet wurden.

Die in dieser Untersuchung gefundenen Unterschiede in der Aufwuchsrate beruhen also auf den Unterschieden in der Sedimentdeposition, während der Effekt von Bodenverdichtung noch nicht nachgewiesen werden kann. Dennoch untermauern die hier festgestellten höheren Aufwuchsraten die Ergebnisse anderer Studien (Andresen et al. 1990; Erchinger et al. 1996; Neuhaus et al. 1999; Stock 2011). Es ist zu beachten, dass mehrere dieser Studien den Beweidungseffekt auf das Höhenwachstum nur unter bestimmten Bedingungen, z. B. im Bereich der unteren und nicht in der oberen Marsch, beobachten konnten (Andresen et al. 1990; Neuhaus et al. 1999; Fraser et al. 2011). Die Vegetation auf Hallig Langeneß repräsentiert aufgrund der geringen Überflutungshäufigkeit eher die obere Marsch. Dass trotzdem ein Effekt von Beweidung festgestellt wurde, könnte jedoch eher am Abstand zur Sedimentquelle liegen. Untere Marschen liegen im Allgemeinen näher an der Sedimentquelle (Temmerman et al. 2003), sodass eine höhere Sedimentfracht vorliegt (Butzeck et al. 2015) und zu einem ausgeprägten Beweidungseffekt führt, während die oberen Marschen weiter entfernt von der Sedimentquelle liegen. Die besondere Situation auf der Hallig führt dazu, dass die Vegetation in allen Flächen auch bei unterschiedlichem Abstand zur Sedimentquelle ähnlich ist (Schindler et al. 2014a). Für Flächen in der Nähe der Halligkante wurde hier also ein deutlicherer Unterschied zwischen den Managementformen bei der Sedimentdeposition gefunden als im Inneren der Hallig.

In der vorliegenden Arbeit lag der Untersuchungsschwerpunkt auf der Sedimentdeposition und dem damit verbundenen Höhenwachstum. Aufgrund des begrenzten Untersuchungszeitraumes blieb der Einfluss des Managements auf die Erosion unberücksichtigt. Hierzu müssten Methoden wie die sogenannte „Sedimentation-Erosion Bar“ (Nolte et al. 2013a) eingesetzt werden. Früher wurde angenommen, dass Brachen aufgrund mangelnder Bodenverdichtung anfälliger für Erosion sind. Dies ließ sich nicht bestätigen (Führböter 1992). Wahrscheinlich, weil die dichte oberirdische Vegetation die Fließgeschwindigkeit verringert und die Erosionsgefahr mindert (Führböter 1992). Auch unter Sturmflutbedingungen im Wellenkanalversuch konnte in unbeweideten Salzmarschen nur eine sehr geringe Erosionsrate festgestellt werden, selbst nachdem die Vegetation entfernt wurde (Spencer et al. 2016).

Höhenwachstum und Meeresspiegelanstieg: Für den hier betrachteten Zeitraum wurden nach fünf Landunter-Ereignissen mittlere Aufwuchsraten für die verschiedenen Flächen zwischen 0,1 mm/Jahr und 1,1 mm/Jahr bestimmt. Dies ist mit den in vorherigen Untersuchungen auf der Hallig Langeneß gefundenen Raten vergleichbar (Schindler et

al. 2014a). Jensen (2014) hat für Langeneß die mittlere Anzahl der Landunter-Ereignisse pro Jahrzehnt anhand von Pegel­daten für die Jahre 1961 bis 2010 berechnet. Dabei wurden teilweise Landunter und vollständige Landunter unterschieden, wobei Letztere auch das Hallig-Innere erreichen und somit mit den Landunter-Ereignissen unserer Untersuchung vergleichbar sind. Es wurden auf Langeneß für die Zeiträume 1961–1970, 1991–2000 und 2001–2010 im Mittel drei vollständige Landunter-Ereignisse pro Jahr festgestellt, während es für die Zeiträume 1971–1980 und 1981–1990 fünf vollständige Landunter waren. Somit ist die Anzahl von fünf Landunter-Ereignissen im Untersuchungszeitraum der hier vorliegenden Arbeit mit diesen Werten vergleichbar und repräsentiert eine durchschnittliche bzw. leicht erhöhte Überflutungshäufigkeit. Somit können wir davon ausgehen, dass die Aufwuchsraten von 0,1 mm/Jahr bis 1,1 mm/Jahr der vorliegenden Untersuchung aussagegültig für die letzten Jahrzehnte sind.

Im Wattenmeer stieg der Meeresspiegel in den letzten 50 bis 100 Jahren um 1–2 mm/Jahr (Oost et al. 2009). Der größte Teil der hier untersuchten Flächen kann also nicht mit dem aktuellen Meeresspiegelanstieg Schritt halten. Dies gilt selbst für die unbeweideten Flächen und mehr noch für die beweideten. Der für die Zukunft erwartete beschleunigte Meeresspiegelanstieg (IPCC 2013) würde diese Situation noch verschärfen. Es ist erforderlich, die Bedingungen für das Aufwachsen der Halligen zu verbessern, eine häufigere Überflutung und somit höheren Sedimenteintrag zuzulassen. Hierzu könnten die periodische Öffnung von Sieltoren und andere Veränderungen an den Küstenschutz­einrichtungen an der Halligkante beitragen (Jensen 2014). Die Öffnung von Sieltoren sollte vor allem im Herbst/Winter stattfinden, da in diesem Zeitraum die Sedimentfracht am höchsten ist (Butzeck et al. 2015) und Auswirkungen auf die Nutzbarkeit der Flächen sowie die Beeinträchtigungen der Brutvögel geringer sind.

Die vorliegende Untersuchung zeigt zudem, dass Beweidung die Ablagerung von Sedimenten und damit das Höhenwachstum der Hallig verringert. Dies sollte bei der Bewirtschaftung der Flächen bedacht werden. Eine Option bestünde darin, die Brache rotieren zu lassen, sodass auf Teilflächen in Jahren ohne Beweidung eine höhere Sedimentdeposition entsteht. Bei einer genügend hohen Sedimentzufuhr gehen wir allerdings davon aus, dass im Bereich der Kanten der negative Einfluss der Beweidung auf die Sedimentdeposition geringer ist. Es lässt sich daher schlussfolgern, dass sich eine reduzierte Beweidung vor allem im Hallig-Inneren empfiehlt, um hier gezielt negative Auswirkungen auf die Sedimentdeposition abzuwenden.



Abb. 4.1: Hallig-Salzwiese auf Langeneß.

**Jannes Fröhlich &
Hans-Ulrich
Rösner**

In den Kapiteln 1 bis 3 wurden die Herausforderungen beschrieben, die angesichts des erwarteten beschleunigten Meeresspiegelanstiegs für die Halligen entstehen. Da die Halligen noch nicht ausreichend mit dem Meeresspiegel mitwachsen, steht ihre Existenz langfristig auf dem Spiel. Es droht ein Verlust für Mensch und Natur.

Angesichts des Klimawandels kann niemand mit Sicherheit voraussagen, ob diese Entwicklung auf lange Sicht aufgehalten werden kann. In den vorhergehenden Kapiteln wurden aber Ansätze aufgezeigt, die optimistisch stimmen und Mut machen anzupacken!

Dieses Kapitel will diese Gedanken zusammenführen und in die Zukunft schauen. Dabei entsteht ein Bild, das uns vor Augen führt, wie eine Hallig in Zukunft aussehen könnte. Dieses „Zukunftsbild“, verbunden mit herausgehobenen Lupen-Bildern, soll einige der Maßnahmen illustrieren, die zukünftig – etwa im Jahr 2030 – zum Erhalt der Halligen beitragen könnten (Abb. 4.3 bis 4.9). Dem haben wir ein Bild der heutigen Situation vorangestellt (Abb. 4.2).

Eine solche Visualisierung macht Dinge besser vorstellbar und konkreter. Um Missverständnissen vorzubeugen, hier der Hinweis: Die Bilder sollen modellhaft für die größeren Halligen stehen. Sie zeigen aber keine bestimmte Hallig oder einen bestimmten Teil von ihnen. Sie erheben auch nicht den Anspruch einer detailgetreuen Darstellung. Unsere Zukunftshallig ist quasi eine „Muster-Hallig“. Unschärfen müssen wir dabei in Kauf nehmen.

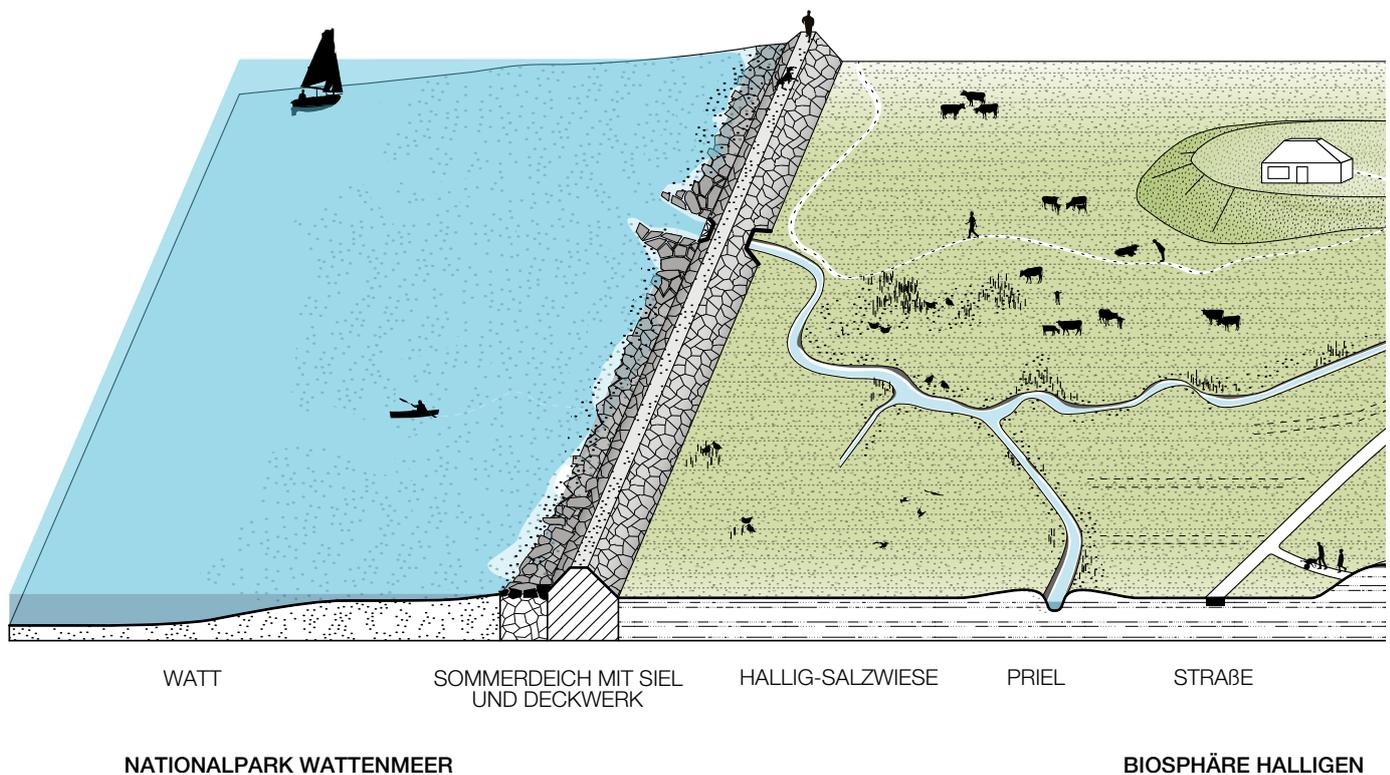
Dabei greifen die Bilder auch Ideen auf, die auf den Halligen, in Projekten und Planungen bereits diskutiert wurden oder werden (z. B. Deicke et al. 2007, Jensen 2014, Schindler 2014, MELUR 2014 & 2015, Reise 2015).

Wir haben bewusst auch Ideen aufgezeigt, bei denen es nicht sicher ist, ob sie sich als machbar und sinnvoll erweisen. Die weitere Diskussion, Prüfungen und auch Pilotversuche können dies zeigen.

4.1 Der Status-Quo: eine Muster-Hallig im Jahr 2018

Abb. 4.2 zeigt die heutige typische Situation auf einer der größeren Halligen im Nordfriesischen Wattenmeer. Die Hallig ist durch verschiedene Küstenschutzbauwerke gesichert. Dazu zählt häufig ein sommerdeichähnlich erhöhtes **Deckwerk**, besonders an den Wind und Strömung ausgesetzten Halligkanten. Dies ist auf der linken Seite des Bildes dargestellt. An den weniger wellen- und strömungsexponierten Stellen finden sich ein grüner **Sommerdeich** sowie **Lahnungen** zur Förderung der Sedimentation in den Vorländern. Dies ist auf der rechten Seite dargestellt.

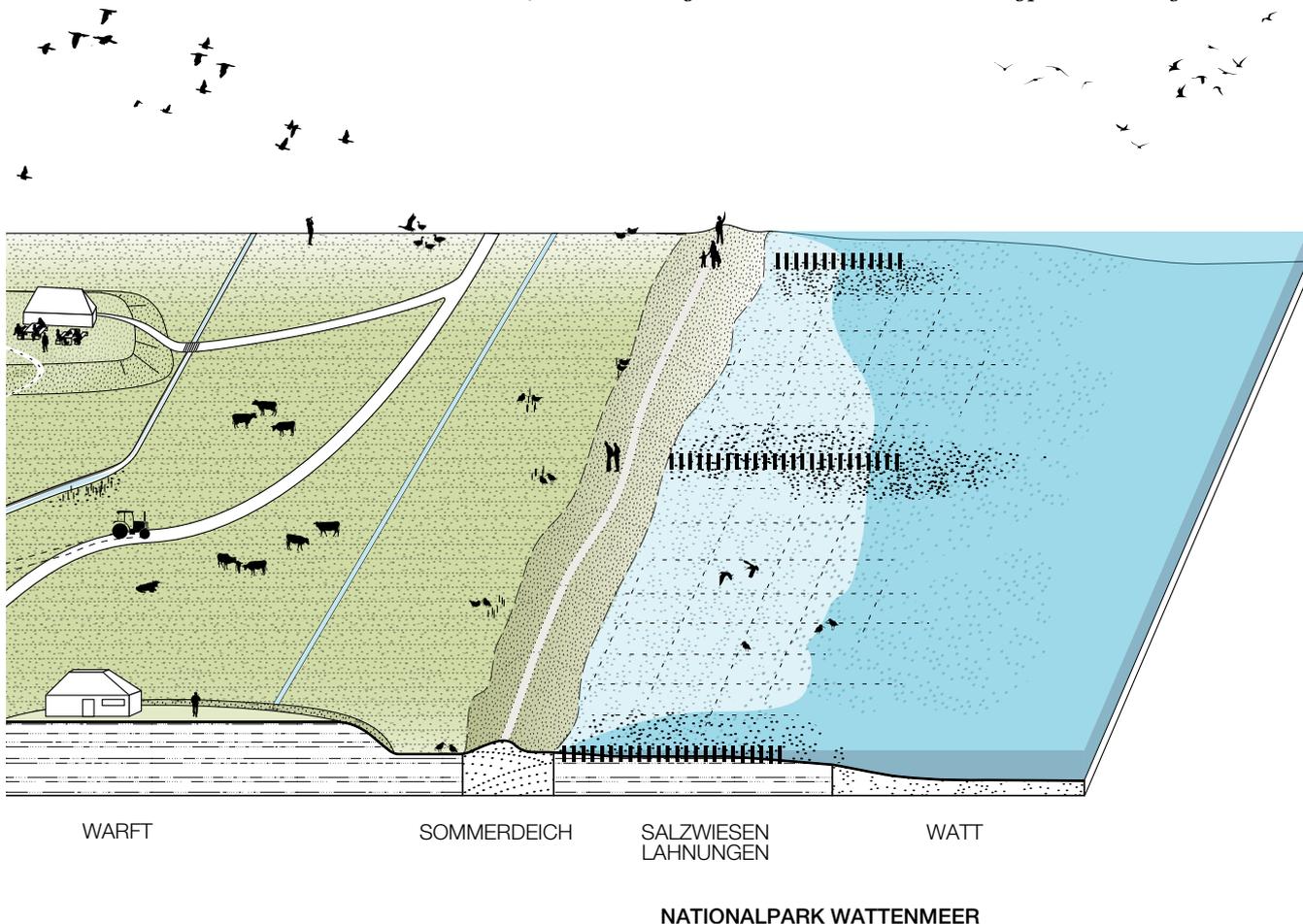
Die vielfach noch existierenden alten **Hallig-Priele** sind teilweise begradigt worden und ermöglichen eine Entwässerung der Hallig. Sie sind heute nicht mehr ohne Sperre mit dem Wattenmeer verbunden und werden mit einem **Siel** nach draußen geführt. Dessen Tore schließen in der Regel bei Flut, um zu verhindern, dass Wasser auf die Hallig gelangt.



Wohngebäude sind erhöht auf **Warften** errichtet. **Wege und Straßen** befinden sich überwiegend auf oder teils sogar unterhalb des Geländeneiveaus und werden bei Landunter schnell überflutet.

Die **Hallig-Salzwiesen** werden überwiegend mit Rindern, teils auch mit Pferden oder Schafen unterschiedlich extensiv beweidet. Einige Flächen werden gemäht. Wenige Flächen sind zeitweise oder ganz aus der Nutzung genommen, die Salzwiesen entwickeln sich dort, soweit es die nur wenigen Überflutungen zulassen, annähernd natürlich. Brütende oder rastende Küstenvögel nutzen verschiedene Teile der Hallig.

Abb. 4.2: Darstellung der Bestandssituation einer typischen Hallig im Jahr 2018.

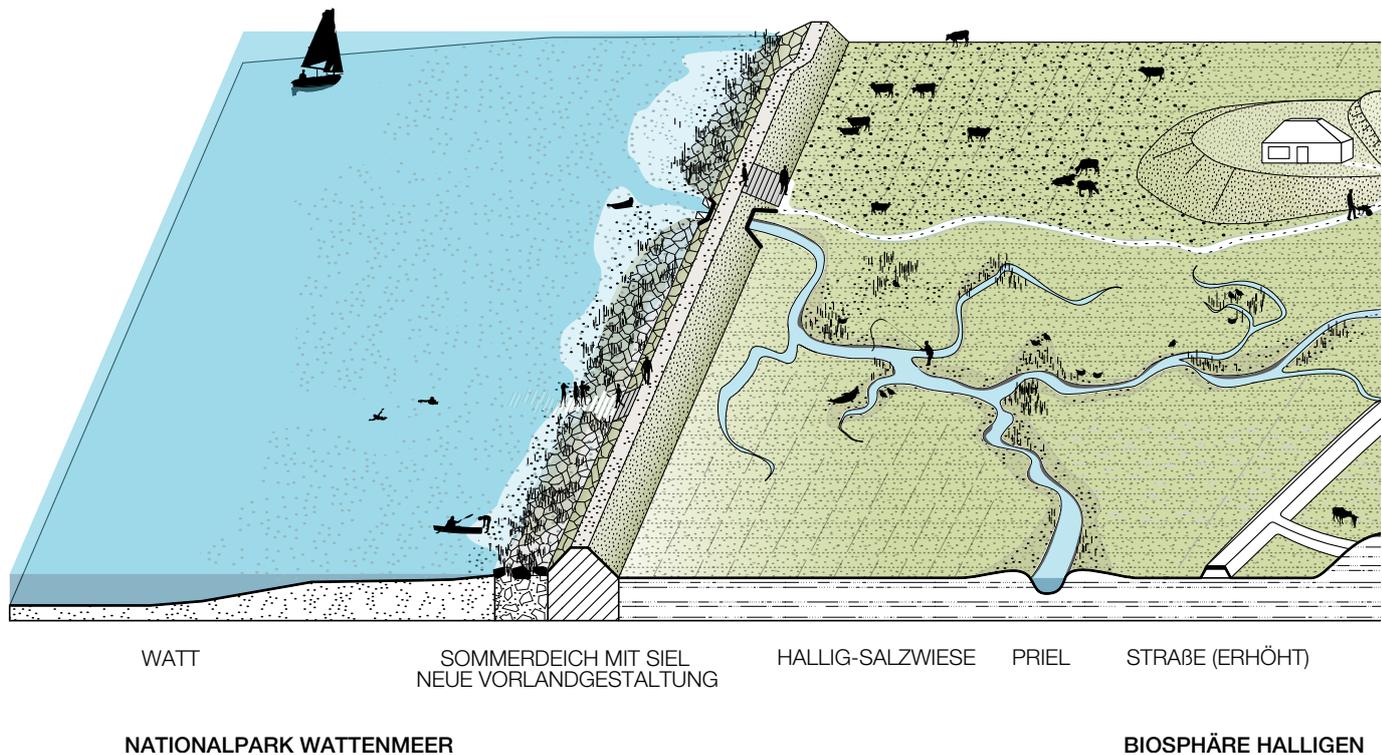


Zeichnung: studio urbane landschaften hamburg

4.2 Die mögliche Zukunft: eine Muster-Hallig im Jahr 2030

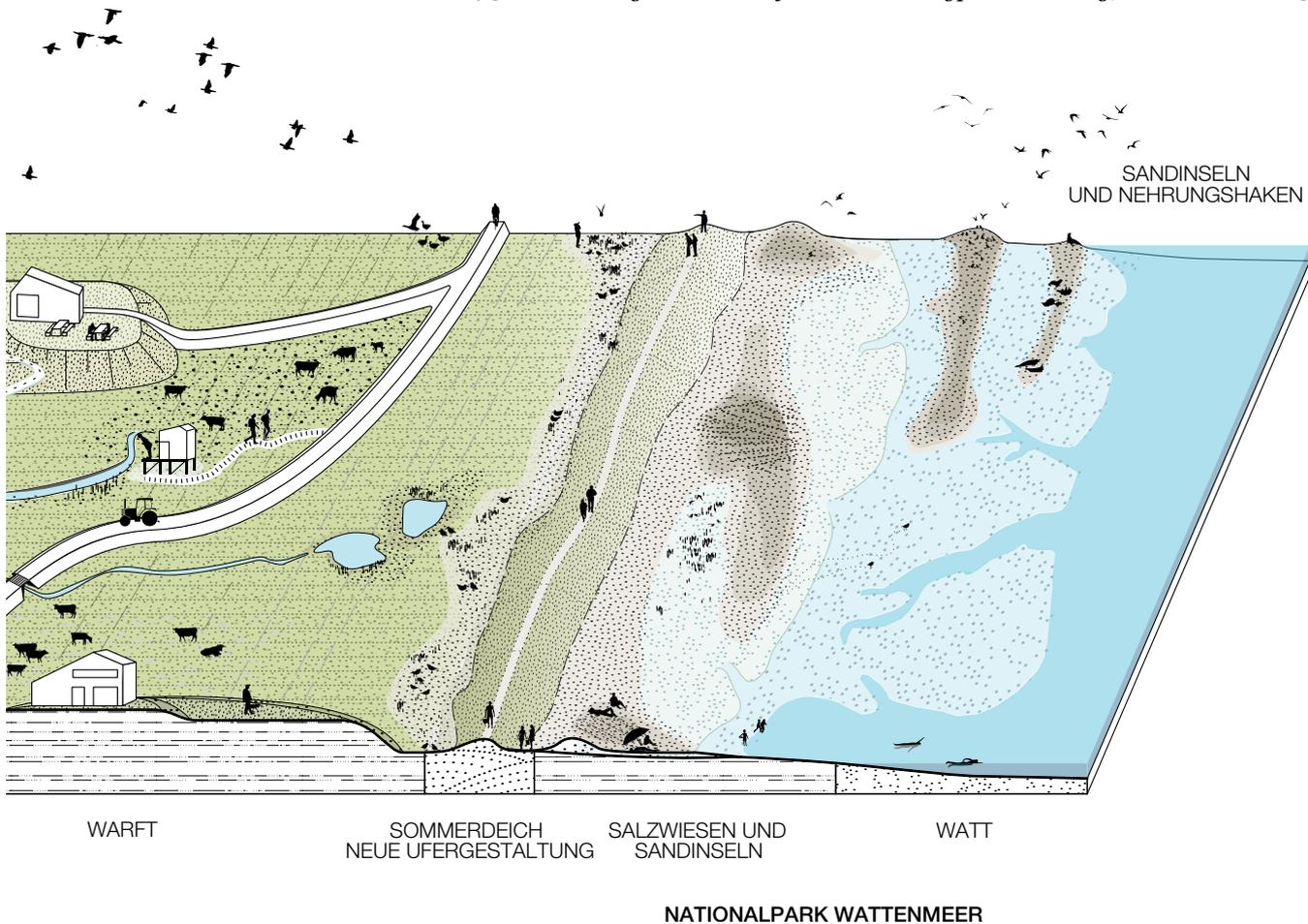
Das Zukunftsbild in Abb. 4.3 zeigt eine mögliche künftige Entwicklung auf den größeren Halligen. Damit man sich besser in das Bild hineinversetzen kann, begleitet und erläutert die Protagonistin Nele Thomsen, Wasserbauerin auf der Hallig, die Situation. In sechs „Lupen“ (Detailansichten, Abb. 4.4 bis 4.9) werden zudem einige der möglichen Anpassungsmaßnahmen herausgehoben und verdeutlicht.

Wenn jemand Nele Thomsen zu Beginn ihrer Ausbildung zur Wasserbauerin gesagt hätte, dass sie mal einen „Strand“ vor der Halligkante, ein „Grünes Deckwerk“ und freiwillig mehr Landunter haben würde, wäre ihr das wohl ziemlich komisch vorgekommen. Heute im Jahr 2030 findet sie das ganz normal und hält es für eine gute Sache.



Nele findet, dass heute im Großen und Ganzen alle auf der Hallig ganz gut an einem Strang ziehen. Eigentlich ging das so richtig los im Jahr 2004, als man aufgrund eines eigenen Entschlusses zur „Entwicklungszone des Biosphärenreservates Wattenmeer“ wurde. Das sorgte für einen richtigen Schub an Kommunikation auch zwischen verschiedenen Halligen und zu viel mehr Miteinander. Zu all den seitdem entstandenen Biosphäre-Aktivitäten kam hinzu, dass immer mehr Forscherinnen und Forscher der Universitäten auf den Halligen Untersuchungen anstellten. Damals wurde auch die „AG Halligen 2050“ gegründet, in der die Hallig-Bürgermeister, das Ministerium, die Küstenschutzbehörde, der Kreis, die Nationalparkverwaltung sowie ein Vertreter von WWF und Schutzstation Wattenmeer vertreten waren. In dieser Arbeitsgruppe wurden viele Ideen ausgetauscht, diskutiert und der Weg zur Umsetzung geebnet.

Abb. 4.3: Darstellung eines Zukunftsbildes einer typischen Hallig, etwa im Jahr 2030.



Zeichnung: studio urbane landschaften hamburg

An den Deckwerken an der Halligkante ist inzwischen ziemlich viel passiert, und Nele hat auch noch ein paar Ideen, was man noch weiter verbessern könnte. „Die Naturschützer“ können dem neuen „grünen Deckwerk“ richtig was abgewinnen. Da hat sie von ihren Kollegen in der „Baubude“ ganz andere Sachen von früher gehört. Die neuen, steuerbaren Sieltore seien zwar immer noch ein „heißes Eisen“ auf der Hallig. Jeder hätte seine ganz eigene Theorie dazu. Aber seitdem die Straße in den tief liegenden Bereichen der Hallig erneuert und erhöht wurde, käme man selbst nach Landunter fast immer gut zum Kaufmann durch, bestätigt Nele. Aber der Reihe nach ...

Richtig gut gefällt Nele das „**Grüne Deckwerk**“ (Abb. 4.4): „Heute verwenden wir Baumaterialien bei der Sicherung der Halligkante, die gut zur Natur und zum Wattenmeer passen. Die schützen die Kante genauso sicher vor dem Abbruch und sind besser für die Hallig. Der Übergang vom Rand der Hallig hin zum Wattenmeer ist dadurch etwas weicher als früher, ein Öko-Deckwerk eben.“ Deckwerke werden heute nicht nur als widerstandsfähige Küstenschutzbauwerke gedacht und gebaut, sondern auch als etwas gesehen, was zum Ökosystem passen muss. Es werden z.B. Materialien verwendet, die durchlässig für Vegetation sind. Die Deckwerke haben außerdem keine tiefen Löcher mehr zwischen den Steinen, damit Vogelkükken diese möglichst gut überqueren können und nicht stecken bleiben und sterben. Bei den letzten Verstärkungen sind außerdem gezielt Absenkungen in die Deckwerke (und Sommerdeiche) eingebaut worden (Abb. 4.4). Dies trägt dazu bei, dass regelmäßig und häufiger als früher Meerwasser auf die Hallig gelangt, wo sich die darin mittreibenden Sedimente absetzen können. „Unsere Hallig wächst mit dem Meer“, freut sich Nele (Abb. 4.6).

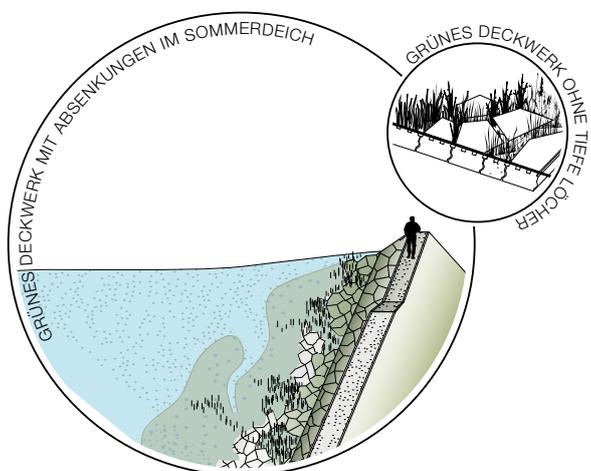


Abb. 4.4: Grünes Deckwerk mit Absenkung im Sommerdeich.

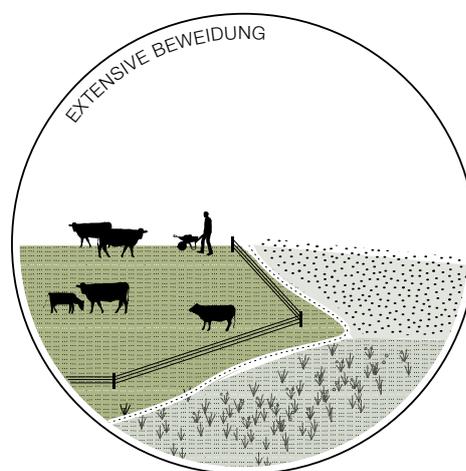


Abb. 4.5: Extensive Beweidung.

Die meisten Flächen auf den großen Halligen wurden früher extensiv beweidet, und das hat sich bis heute nicht geändert (Abb. 4.5). Bei der **Bewirtschaftung** der Hallig-Salzwiesen spielt es aber eine größere Rolle als früher, dass die Natur und das Höhenwachstum der Flächen nicht beeinträchtigt werden.

Austernfischer und Co. finden durch höhere Strukturvielfalt reichlich gute Brutplätze, Versteckmöglichkeiten und ausreichend Nahrungsquellen. Dies wird auch durch das Hallig-Programm möglich, das noch stärker als früher auf positive Anreize für den Naturschutz ausgerichtet ist. Damit sichert die landwirtschaftliche Bewirtschaftung einem Teil der Hallig-Leute ein gutes Auskommen. Das behauptet Nele Thomsens Schwager. Der ist Landwirt, hat immerhin 60 Rinder und kann sie als Hallig-Delikatesse ziemlich gut auf dem Festland verkaufen. Der Verkauf wird auch dadurch begünstigt, dass die Halligen die Biosphären-Marke nutzen und ihre hochwertigen Produkte über eine gemeinsame Firma vermarkten. Das sorgt für bessere Preise.

Die Bewirtschaftung der Hallig trägt inzwischen auch zum besseren Höhenwachstum der Flächen bei (Abb. 4.6). Vor allem im Inneren der Hallig wachsen die Flächen deutlich stärker auf als früher. Das hat mit der Überflutungshäufigkeit und den steuerbaren Sieltoren zu tun, aber auch mit einem neuen Beweidungssystem. Abwechselnd lässt man im Inneren der Hallig einen Teil der Flächen für ein paar Jahre brachliegen. Ohne Beweidung oder Mahd fängt die längere Vegetation nicht nur mehr Sedimente ein, sodass die Hallig dort stärker aufwächst, sondern lässt insgesamt eine abwechslungsreichere Vegetationsstruktur entstehen. Das ist auch für viele der Brutvögel gut.

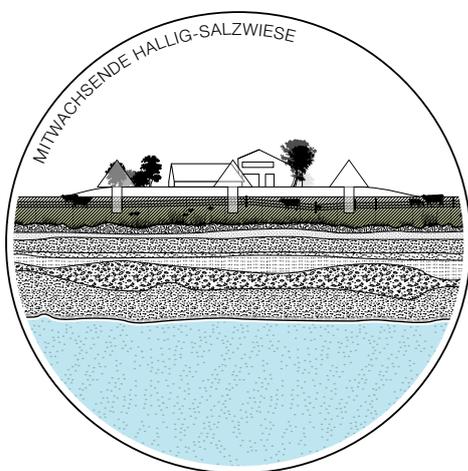


Abb. 4.6: Mitwachsende Hallig-Salzwiese.

Und jetzt zu den neuen **Sieltoren** (Abb. 4.7): Die seien, sagt Nele, anfangs schon ein ziemlicher Zankapfel gewesen. Früher dienten die Tore fast nur der Entwässerung. War der Wasserstand draußen im Wattenmeer niedriger als in den Hallig-Prielen, floss das Wasser durch die Siele nach draußen. Irgendwann hatte man mit einem Experiment begonnen, bei dem die Siele bei mäßig erhöhten Wasserständen offen blieben. „Dann kam man dahinter, dass eine gezielte Sieltorsteuerung mehr Sedimente auf die Hallig bringt und dort gehalten werden kann“, erklärt die Wasserbauerin.

Zeichnungen: studio urbane landschaften hamburg

Heute kann man die Sieltore per Fernsteuerung (automatisch, die Abb. 4.7 ist symbolisch) nicht nur bei Flut offenlassen, sondern sie nach einem Landunter noch eine Weile geschlossen halten. Das Wasser steht dann länger auf der Hallig und es setzt sich mehr Sediment ab, als wenn das Wasser schnell abläuft. „Durch die Sieltorsteuerung haben wir heute öfter Land unter als früher“, hält Nele fest. Das sei zwar nervig, ist im Alltag durch die **erhöhten Wege und Straßen** aber ganz gut zu bewältigen. In den Bereichen der Hallig, die besonders tief unter dem Meeresspiegel liegen und daher bei Landunter als erstes überflutet werden, wurden die Straßen und Wege auf einen etwas erhöhten Wall gelegt (Abb. 4.8). Das gab den Halligleuten nach Sturmfluten mehr Bewegungsfreiheit, wenn das Wasser zwar schon gesunken ist, aber teilweise noch auf der Hallig steht.

Insgesamt seien die neuen Sieltore eine gute Sache, meint Nele. Die Hallig wächst nicht nur besser mit und passt sich dadurch an den Meeresspiegelanstieg an. Es veranlasste auch einen anderen Trend zur Umkehr: die „**Aussüßung**“. Denn früher wurde die Hallig wegen der hohen Deckwerke und Sommerdeiche immer seltener überflutet, sodass Salzwiesenspflanzen immer seltener wurden. Aus den Salzwiesen waren fast schon gewöhnliche Wiesen geworden! Heute gibt es wieder reichlich Salzpflanzen. Nicht zuletzt tragen die neuen Sieltore dazu bei, dass wieder mehr Fische und Krebse über die Priele ins Innere der Hallig wandern können.

Erstaunlich ist aber auch die Geschichte mit dem Strand vor der Halligkante. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts verbreitete sich die Idee von der Aufspülung von Sand im Küstenschutz an der Nordsee als ein vergleichsweise naturangepasstes Mittel. „Bauen mit der Natur“, anstatt mit harten

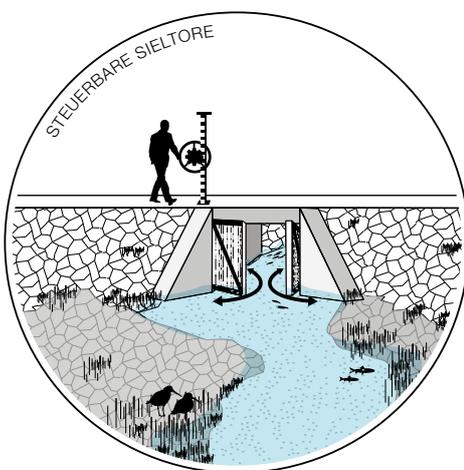


Abb. 4.7: Steuerbare Sieltore.

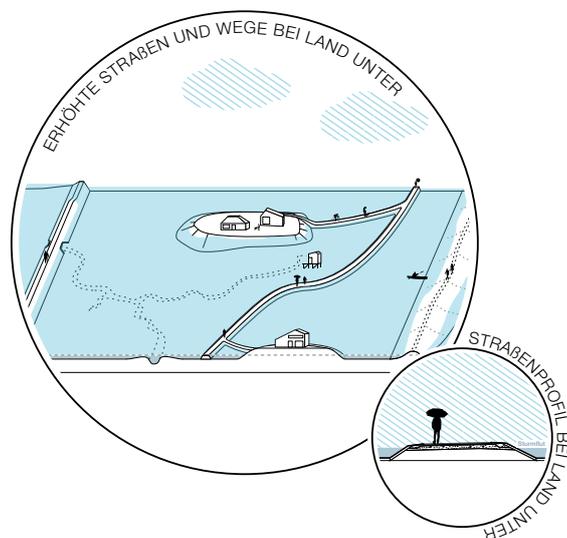


Abb. 4.8: Erhöhte Straßen und Wege bei Landunter.

Zeichnungen: studio urbane landschaften hamburg

Materialien wie Steinen und Beton gegen die Naturkräfte anzukämpfen, wurde als Küstenschutz-Methode ab etwa 2020 zum Standard.

Auf den Halligen war der Einsatz von Sand zum Küstenschutz und bei der Anpassung an den Meeresspiegelanstieg zunächst ungewohnt. „**Sandvorspülungen** kannten wir von Sylt oder Föhr“, erinnert sich Nele. Auf den Halligen wurden sie damals nicht eingesetzt. Allerdings sind Sandbänke aus gröberen Sedimenten – damals wie heute – ganz natürlich im Wattenmeer. So eine Aufspülung ist zwar eine künstliche Sache und passt eigentlich nicht zum Nationalpark Wattenmeer. Wenn aber ohnehin Küstenschutzmaßnahmen erforderlich sind, dann sind Sandaufspülungen, verglichen mit steinernen Befestigungen, im Wattenmeer der deutlich kleinere Eingriff. In den Niederlanden hatte man schon früh Erfahrungen mit sandigen Maßnahmen gesammelt, auch vor Deichen und Deckwerken auf der Wattenmeerseite von Inseln. Hinzu kommt, dass dies auch in einen ganz großen Zusammenhang passt, denn es muss ja sowieso Sediment aus der tieferen Nordsee ins Wattenmeer gebracht werden, damit das Watt trotz des durch den Klimawandel so stark beschleunigten Meeresspiegelanstiegs erhalten bleibt. „Das hatte man sich 2015 in der Wattenmeerstrategie 2100 ausgedacht“, sagt Nele, die damals in der Schule von diesem Thema gehört hatte. Küstenschützer und Naturschützer hatten die Strategie gemeinsam erdacht. Das war damals noch was Besonderes.

„Wir haben dann dieses Pilotprojekt bei einer Hallig begonnen“, erklärt die Wasserbauerin. Der Sand wurde vor der ruhigeren, weniger befestigten Halligseite ausgebracht, um einen Priel zu stoppen, der sich der Hallig näherte. Außerdem dient die Maßnahme als Sedimentpuffer gegen Ufererosion. Die Sedimente verteilen sich nun nach und nach in die Umgebung. Das nützt dem Küstenschutz, und es hilft den Wattflächen, mit dem Meeresspiegelanstieg mitzuwachsen.

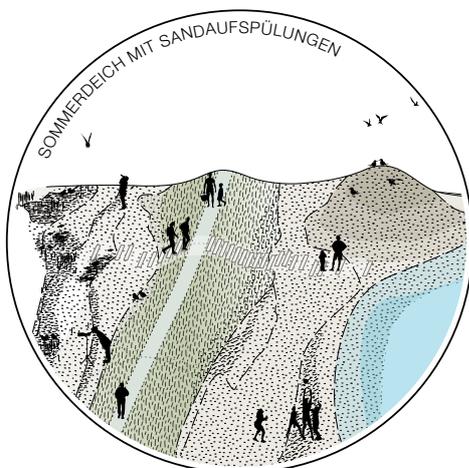


Abb. 4.9 Sommerdeich mit Sandaufspülungen.

Heute liegt draußen vor dem Ufer eine Sandbank, die auch bei Hochwasser trocken bleibt (Abb. 4.9). „Das gefällt den Vögeln und sogar einigen Seehunden ziemlich gut“, ist Nele überzeugt. Und mit seinem Ausguck zur Vogelbeobachtung sei die Stelle der Lieblingsplatz vieler Stammgäste und Halligleute geworden.

- Andresen, H.; Bakker, J. P.; Brongers, M.; Heydemann, B.; Irmeler, U. (1990): Long-term changes of salt marsh communities by cattle grazing. In: *Vegetatio* 89 (2), S. 137–148.
- Andretzke, H.; Oltmanns, B. (2016): Was hilft Brutvögeln wirklich? Darstellung und Bewertung von Schutzmaßnahmen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer am Beispiel Norderney. Tagungsband zum 10. Deutschen See- und Küstenvogelkolloquium. In: *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen Band 44 (2)*, S. 195–215.
- Andretzke, H.; Reichert, G.; Schulz, C. (2012): Auswirkungen von Lahnungen auf den Bruterfolg von Küstenvögeln. Möglichkeiten zur Schadensbegrenzung. 9. Deutsches See- und Küstenvogelkolloquium. 23.11. bis 25.11.2012. List.
- Bartholdy, J.; Christiansen, C.; Kunzendorf, H. (2004): Long term variations in backbarrier salt marsh deposition on the Skallingen peninsula—the Danish Wadden Sea. In: *Marine Geology* 203 (1-2), S. 1–21.
- Borkenhagen, P. (1993): Atlas der Säugetiere Schleswig-Holsteins. Landesamt f. Natur u. Umwelt d. Landes Schleswig-Holstein. Kiel.
- Borkenhagen, P. (2011): Die Säugetiere Schleswig-Holsteins. Husum Druck- und Verlagsgesellschaft mbH u. Co. KG. Husum.
- Bos, D.; Engelmoer, M.; Feddema, J.; Koffijberg, K. (2015): Broedvogels van Noord-Friesland Buitendijks en de invloed van verkweldding op hun aantallen. In: *Limosa* (88), S. 31–42.
- Bos, D. (2002): Grazing in coastal grasslands. Brent Geese and facilitation by herbivory. University Library Groningen. Groningen.
- Bouma, T. J.; Vries, M. B. De.; Low, E.; Kusters, L.; Herman, P. M. J.; Tanczos, I. C. et al. (2005): Flow hydrodynamics on a mudflat and in salt marsh vegetation. Identifying general relationships for habitat characterisations. In: *Hydrobiologia* 540 (1-3), S. 259–274.
- Bunje, J. (2005): Alle Vögel sind noch da. Einflüsse der Nutzungsänderungen in den Salzwiesen auf Brut- und Rastvögel. Literaturstudie. In: *Schriftenreihe Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer (Band 8)*, S. 1–40.
- Butzeck, C.; Eschenbach, A.; Gröngroft, A.; Hansen, K.; Nolte, S.; Jensen, K. (2015): Sediment Deposition and Accretion Rates in Tidal Marshes Are Highly Variable Along Estuarine Salinity and Flooding Gradients. In: *Estuaries and Coasts* 38 (2), S. 434–450.
- Clout, M. N.; Williams, P. A. (2009): Invasive species management. A handbook of principles and techniques. Oxford University Press. Oxford / New York.
- Croxall, J. P.; Butchart, S.H.M.; Lascelles, B.E.N.; Stattersfield, A. J.; Sullivan, B.E.N.; Symes, A.; Taylor, P. (2012): Seabird conservation status, threats and priority actions. A global assessment. In: *Bird Conservation International* 22 (1), S. 1–34.
- Deicke, M.; Karius, V.; Jahnke, W.; Kallweit, W.; Rebens, M.; Reyer, D. (2007): Charakterisierung von Sturmflutlagerungen auf Hallig Hooge. Quantifizierung des Sedimentwachstums seit 1914. In: *Coastline Reports* 9. S. 93–102.
- DWD (2017): Klimareport Schleswig-Holstein. Deutscher Wetterdienst, Offenbach.
- Elschot, K.; Bouma, T. J.; Temmerman, S.; Bakker, J. P. (2013): Effects of long-term grazing on sediment deposition and salt-marsh accretion rates. In: *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 133, S. 109–115.
- Erchinger, H. F.; Coldewey, H.-G.; Meyer, C. (1996): Interdisziplinäre Erforschung des Deichvorlandes im Forschungsvorhaben. Erosionsfestigkeit von Hellern. In: *Die Küste* (58), S. 1–45.
- Esselink, P.; Petersen, J.; Arens, S.; Bakker, J. P.; Bunje, J.; Dijkema, K. S. et al. (2009): Salt Marshes. Quality Status Report 2009. Wadden Sea Ecosystem No. 25. Common Wadden Sea Secretariat. Wilhelmshaven.
- Exo, K.-M.; Wellbrock, A. H. J.; Sondermann, J.; Maier, M. (2017): Assessing the impact of mowing on Common Redshanks *Tringa totanus* breeding on saltmarshes: lessons for conservation management. In: *Bird Conservation International* 27 (3), S. 1–14.
- Fagherazzi, S.; Kirwan, M. L.; Mudd, S. M.; Guntenspergen, G. R.; Temmerman, S.; D'Alpaos, A. et al. (2012): Numerical models of salt marsh evolution. Ecological, geomorphic, and climatic factors. In: *Rev. Geophys.* 50, S. 1–28.
- Fraser, M. D.; Theobald, V. J.; Dhanoa, M. S.; Davies, O. D. (2011): Impact on sward composition and stock performance of grazing *Molinia*-dominant grassland. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 144 (1), S. 102–106.
- Fröhlich, J.; Rösner, H.-U. (2015): Klimaanpassung an weichen Küsten-Fallbeispiele aus Europa und den USA für das schleswig-holsteinische Wattenmeer. WWF Deutschland. Berlin / Husum.
- Führbröter, A. (1992): Festigkeit von Hellern. Hydromechanik und Hydraulik. Leichtweiß-Institut für Wasserbau, Technische Universität Braunschweig. Braunschweig.
- Gedeon, K.; Sudfeldt, C.; Dougalis, P. et al. (Hg.) (2015): Atlas Deutscher Brutvogelarten. Atlas of German breeding birds. Dachverband Deutscher Avifaunisten. Münster.
- Grave, C. (2017): Brutbericht aus unseren Schutz-Zählgebieten im Jahr 2016. In: *Seevögel* (38) (1), S. 12–15.

- Henning, V.; Hoppe, I. (2015): Der Einfluss von Deckwerken auf Brutvögel der Salzmarschen am Beispiel des Austernfischers auf Hallig Langeneß. Universität Hamburg, Institut für Zoologie. Hamburg.
- IPCC (2013): Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of Intergovernmental Panel of Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge / New York.
- Jensen, J. (Hg.) - KFKI-Projekt Zukunft Hallig (2014): Entwicklung von nachhaltigen Küstenschutz- und Bewirtschaftungsstrategien für Halligen unter Berücksichtigung des Klimawandels. Siegen.
- Jensen, J.; Frank, T.; Wahl, T.; Dangendorf, S. (2011): Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste. Universität Siegen. Forschungsinstitut Wasser und Umwelt. Siegen.
- Kempf, N.; Lamp J.; Prokosch, P. (Hrsg., 1987): Salzwiesen: Geformt von Küstenschutz, Landwirtschaft oder Natur? Tagungsbericht der Umweltstiftung WWF-Deutschland 1, Husum.
- Kiehl, K.; Eischeid, I.; Gettner, S.; Walter, J. (1996): Impact of different sheep grazing intensities on salt marsh vegetation in northern Germany. In: *Journal of Vegetation Science* 7 (1), S. 99–106.
- Kirwan, M. L.; Temmerman, S.; Skeehan, E. E.; Guntenspergen, G. R.; Fagherazzi, S. (2016): Overestimation of marsh vulnerability to sea level rise. In: *Nature Clim Change* 6 (3), S. 253–260.
- Kleyer, M. (2015): Landschaftsökologisches Gutachten zur Frage der Aussüßung von Hallig-Salzwiesen nach Erhöhung der Deckwerke. Oldenburg.
- Koffijberg, K.; Frikke, J.; Hälterlein, B.; Reichert, G.; Andretzke, H. (2016): Breeding birds in trouble: a framework for an action plan in the wadden sea. Wilhemshaven.
- Koffijberg, K.; Frikke, J.; Hälterlein, B.; Reichert, G.; Soldaat, L. (2017): Breeding birds. Wadden Sea Quality Status Report 2017. Common Wadden Sea Secretariat. Wilhemshaven.
- Kruse, M. (2015): Informationen zum Halligprogramm.
- Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein - LKN.SH (2016a): Baubetrieb 2, Arbeitsplan Regiearbeiten 2017. Husum
- Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein-LKN.SH (2016b): Deckwerksverstärkungen 2017 bis 2020. Darstellung der geplanten Verstärkungsmaßnahmen. Husum.
- Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein – LKN.SH (2015): Hochwasserschutz Halligwarften. Präsentation von Matelski, B. am 21.05.2015. Langeneß.
- Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein – LKN.SH (2014): Ausbau des Buhnensystems an der Südküste der Hallig Gröde. Hier: Variantenbetrachtung, überarbeitete Fassung. Husum.
- Lutz, K. (2010): Beziehungen von Möwen- und Seeschwalbenkolonien zur Landnutzung auf den Halligen Hooge, Gröde und Nordstrandischmoor. Hamburg.
- Lutz, K.; Süßbeck, P.; Hälterlein, B.; Stock, M. (2003): Die Europäischen Naturschutzrichtlinien. Verpflichtung zur Pflege oder zur freien Sukzession der Salzwiesen an der Nordseeküste?. In: *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen* 35, S. 91–102.
- Maier, M.; Schwienheer, J.; Exo, K.-M.; Stahl J. (2010): Vegetation structure of TMAP vegetation types on mainland salt marshes. *Wadden Sea Ecosystem* 26. Universität Oldenburg, Landscape Ecology Group. Oldenburg.
- Mandema, F. S.; Tinbergen, J. M.; Ens, B. J.; Koffijberg, K.; Dijkema, K. S.; Bakker, J. P. (2015): Moderate livestock grazing of salt, and brackish marshes benefits breeding birds along the mainland coast of the Wadden Sea. In: *The Wilson Journal of Ornithology* 127 (3), S. 467–476.
- Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein-MELUR (2014): Möglichkeiten zur langfristigen Erhaltung der Halligen im Klimawandel: Bericht der Arbeitsgruppe HALLIGEN 2050. Kiel.
- Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig Holstein-MELUR (2013): Generalplan Küstenschutz des Landes Schleswig-Holstein. Fortschreibung 2012. Kiel.
- Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig Holstein-MELUR (2015): Strategie für das Wattenmeer 2100. Kiel.
- Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig Holstein-MELUR (2016): Vertragsnaturschutz. Kiel.
- Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig Holstein-MELUR Hallig-Programm (2017): Vertragsnaturschutz; hier: Vertragsmuster „Halligprogramm“; LPLR- Kurzbeschreibung für den Förderzeitraum 2015–2020. Kiel.
- Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei des Landes Schleswig-Holstein-MELFF (1986): Halligprogramm zur Sicherung und Verbesserung der Erwerbsquellen der Halligbevölkerung im Rahmen des Landschaftspflege und Landwirtschaft, des Küstenschutzes und des Fremdenverkehrs. Kiel.
- Morris, J. T.; Sundareshwar, P. V.; Nietch, C. T.; Kjerfve, B.; Cahoon, D. R. (2002): Response of coastal wetlands to rising sea level. In: *Ecology* 83 (10), S. 2869–2877.
- Müller, K.; Preker, A. (2017): Die Halligen müssen höher hinaus. In: SHZ, 27.04.2017.

- Neuhaus, R.; Stelter, T.; Kiehl, K. (1999): Sedimentation in salt marshes affected by grazing regime, topographical patterns and regional differences. In: *Senckenbergiana maritima* 29 (S1), S. 113–116.
- Nolte, S.; Esselink, P.; Smit, C.; Bakker, J. P. (2014): Herbivore species and density affect vegetation-structure patchiness in salt marshes. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 185, S. 41–47.
- Nolte, S.; Jensen, K.; Schulze, D. (2018): Untersuchung der Sedimentablagerung auf unterschiedlich gemanagten und exponierten Flächen der Hallig Langeneß. Abschlussbericht. Universität Hamburg. Hamburg.
- Nolte, S.; Koppelaar, E. C.; Esselink, P.; Dijkema, K. S.; Schuerch, M.; Groot, A. V. de et al. (2013a): Measuring sedimentation in tidal marshes. A review on methods and their applicability in biogeomorphological studies. In: *J Coast Conserv* 17 (3), S. 301–325.
- Nolte, S.; Müller, F.; Schuerch, M.; Wanner, A.; Esselink, P.; Bakker, J. P.; Jensen, K. (2013b): Does livestock grazing affect sediment deposition and accretion rates in salt marshes? In: *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 135, S. 296–305. DOI: 10.1016/j.ecss.2013.10.026.
- Oost, A.; Kabat, P.; Wiersma, A.; Hofstede, J. (2009): Climate Change. Quality Status Report 2009. Common Wadden Sea Secretariat. Wilhelmshaven.
- Petersen, S. (2011): Monitoring der Salzwiesen auf den Halligen Hooge, Gröde, Nordstrandischmoor. Pro Regione Jahresbericht. Flensburg.
- Petersen, S.; Schall, I.; Lutz, K.; Mallach, L. (2009): Monitoring der Salzwiesen und Brutvögel auf den Halligen Hooge, Gröde und Nordstrandischmoor. Endbericht. Flensburg.
- Reichert, G.; Bunje, J.; Bartz, P.; Schulze-Dieckhoff, M. (2016): Renaturierung von Sommerpoldern-Strategien. Umsetzung und Ergebnisse zum Brutvogelschutz aus dem Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. In: *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen* 44 (2), S. 217–233.
- Reise, K. (2015): Kurswechsel Küste. Was tun, wenn die Nordsee steigt? Wachholtz Verlag Murmann Publishers. Kiel/Hamburg.
- Rickert, C.; Fichtner, A.; van Klink, R.; Bakker, J. P. (2012): α - and β -diversity in moth communities in salt marshes is driven by grazing management. In: *Biological Conservation* 146 (1), S. 24–31.
- Schiffler, M.; Lutz, K. (2016): Planfeststellungsverfahren Wiederherstellung der Sollhöhe des Wattsicherungsdammes Festland-Oland-Langeneß. Untersuchungen zum Einfluss von Raubsäugetieren auf Brutvogelbestände. Im Auftrag des Landesbetriebs für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz, Husum/Hamburg.
- Schiffler, M.; Lutz, K. (2017): Trying to keep predators out: Predation and measures on hallig Oland after reinforcing the dam to the mainland coast. Teil 2. Präsentation. Breeding bird predation management in the Wadden Sea, 08.03.2017. Tönning.
- Schiffler, M.; Lutz, K.; Kühn, A. (2016): Konditionen juveniler Austernfischer auf Hallig Oland in den Jahren 2011–2016. 11. Deutsches See- und Küstenvogelkolloquium der AG Seevodenschutz, 19.11.2016. Hamburg.
- Schindler, M. (2014): Challenges and perspectives of the North Frisian Halligen Hooge, Langeness and Nordstrandischmoor. Marshland accretion and adaptation capacity to sea-level-rise. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen. Göttingen.
- Schindler, M.; Karius, V.; Arns, A.; Deicke, M.; Eynatten, H. von (2014): Measuring sediment deposition and accretion on anthropogenic marshland – Part II. The adaptation capacity of the North Frisian Halligen to sea level rise. In: *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 151, S. 246–255.
- Schindler, M.; Karius, V.; Deicke, M.; Eynatten, H. von: Measuring sediment deposition and accretion on anthropogenic marshland. Part I: Methodical evaluation and development. In: *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (151), S. 236–245.
- Schrader, S. (2003): Zehn Jahre später – Brutvogelbestände in unterschiedlich beweideten Salzwiesen der schleswig-holsteinischen Festlandküste. In: *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen* (35), S. 167–172.
- Schrader, S. (2017): Trying to keep predators out: Predation and measures on Hallig Oland after reinforcing the dam to the mainland coast. Teil 1. Präsentation. Breeding bird predation management in the Wadden Sea, 08.03.2017. Tönning.
- Schrama, M.; Heijning, P.; Bakker, J. P.; van Wijnen, H. J.; Berg, M. P.; Olf, H. (2013): Herbivore trampling as an alternative pathway for explaining differences in nitrogen mineralization in moist grasslands. In: *Oecologia* 172 (1), S. 231–243.
- Schuerch, M.; Rapaglia, J.; Liebetrau, V.; Vafeidis, A.; Reise, K. (2011): Salt Marsh Accretion and Storm Tide Variation. An Example from a Barrier Island in the North Sea. In: *Estuaries and Coasts* 35, S. 486–500.
- Schüttrumpf, H.; Wöffler, T. (2014): ZukunftHallig B: Risikoanalysen und Entwicklung neuer Küstenschutzkonzepte für die Halligen. In: Jensen, J. (Hg.) / KFKI-Projekt ZukunftHallig. Entwicklung von nachhaltigen Küstenschutz- und Bewirtschaftungsstrategien für die Halligen unter Berücksichtigung des Klimawandels, S. 129–288. Siegen.
- Schwemmer, P. (2017): Telemetry of foxes and raccoon dogs in SH. Präsentation. Breeding bird predation management in the Wadden Sea, 07.03.2017. Tönning.
- Spencer, T.; Möller, I.; Rupprecht, F.; Bouma, T. J.; van Wesenbeeck, B. K.; Kudella, M. et al. (2016): Salt marsh surface survives true-to-scale simulated storm surges. In: *Earth Surf. Process. Landforms* 41 (4), S. 543–552.
- Stock, M. (2011): Patterns in surface elevation change across a temperate salt marsh platform in relation to sea-level rise. In: *Coastline Reports* 17, S. 33–48.

- Stock, M.; Maier, M. (2016): Salzwiesenschutz im Nationalpark Wattenmeer—ein Überblick. In: Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen 44, S. 131–156.
- Strack, H.; Jensen, F. (2014): ZukunftHallig C: Bewertung vorhandener Küstenschutzsysteme, hydrologisches Monitoring und Datenbereitstellung (LKN.SH). In: Jensen, J. (Hg.) / KFKI-Projekt ZukunftHallig. Entwicklung von nachhaltigen Küstenschutz- und Bewirtschaftungsstrategien für die Halligen unter Berücksichtigung des Klimawandels, S. 441–480. Siegen.
- Temmerman, S.; Bouma, T. J.; Govers, G.; Lauwaet, D. (2005): Flow paths of water and sediment in a tidal marsh. Relations with marsh developmental stage and tidal inundation height. In: *Estuaries* 28 (3), S. 338–352.
- Temmerman, S.; Govers, G.; Wartel, S.; Meire, P. (2003): Spatial and temporal factors controlling short-term sedimentation in a salt and freshwater tidal marsh, Scheldt estuary, Belgium, SW Netherlands. In: *Earth Surf. Process. Landforms* 28 (7), S. 739–755.
- Temmerman, S.; Meire, P.; Bouma, T. J.; Herman, P.J.M.; Ysebaert, T.; De Vriend, H. J. (2013): Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. In: *Nature* 504 (7478), S. 79–83.
- Temmerman, S.; Moonen, P.; Schoelynck, J.; Govers, G.; Bouma, T. J. (2012a): Impact of vegetation die-off on spatial flow patterns over a tidal marsh. In: *Geophys. Res. Lett.* 39 (3).
- Temmerman, S.; Moonen, P.; Schoelynck, J.; Govers, G.; Bouma, T. J. (2012b): Impact of vegetation die-off on spatial flow patterns over a tidal marsh. In: *Geophys. Res. Lett.* 39 (3).
- Thorup, O.; Koffijberg, K. (2016): Breeding success in the Wadden Sea 2009-2012. A review. *Wadden Sea Ecosystem* No. 36. Wilhelmshaven.
- Thyen, S. (2005): Reproduction of Coastal Birds Breeding in the Wadden Sea: Variation, Influencing Factors and Monitoring. Dissertation. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Oldenburg.
- Thyen, S.; Barkowski, J.; Freund, H.; Oberdiek, N. (2010): Klimawandel. Meeresspiegelanstieg und Brutvögel im Wattenmeer: Kenntnisstand und Ausblick. In: Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen 41. S. 193–201.
- van de Pol, M. (2016): Coastal Birds. In: *North Sea Region Climate Change Assessment*, Springer Open, S. 301–306.
- van de Pol, M.; Ens, B. J.; Heg, D.; Brouwer, L.; Krol, J.; MAIER, M.; Exo, K.-M. (2010): Do changes in the frequency, magnitude and timing of extreme climatic events threaten the population viability of coastal birds? In: *Journal of Applied Ecology* 47 (4), S. 720–730.
- van Klink, R.; Schrama, M.; Nolte, S.; Bakker, J. P.; Wallis; DeVries, M. F.; Berg, M. P. (2015): Defoliation and Soil Compaction Jointly Drive Large-Herbivore Grazing Effects on Plants and Soil Arthropods on Clay Soil. In: *Ecosystems* 18 (4), S. 671–685.
- van Klink, R.; Rickert, C.; Vermeulen, R.; Vorst, O.; Wallis De Vries, M. F.; Bakker, J. P. (2013): Grazed vegetation mosaics do not maximize arthropod diversity. Evidence from salt marshes. In: *Biological Conservation* 164, S. 150–157.
- Whittaker, R. J.; Fernández-Palacios, J. M. (2007): *Island biogeography. Ecology, evolution, and conservation.* Oxford University Press. Oxford / New York.
- Witt, H. (1991): Zur Kenntnis der Säugetierfauna der Westküste sowie der Inseln und Halligen Schleswig-Holsteins. Teil 1. In: *Schr. Naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein* (61), S. 81–124.
- Wolters, M.; Garbutt, A.; Bakker, J. P. (2005): Salt-marsh restoration: evaluating the success of de-embankments in north-west Europe. In: *Biological Conservation* 123 (2), S. 249–268.

Wachsen mit dem Meer

Top-Standort für Vögel

Rund 60.000 Küstenvögel wie die Austernfischer brauchen die Halligen zum Brüten.

Brutvögel in Gefahr

Um die Gefahr abzuwenden, müssen bei allen Maßnahmen die Auswirkungen auf Brutvögel abgeschätzt werden. Die wichtigsten Themen dabei: Überflutungen, Landwirtschaft und Bodenprädatoren.



Neue Ideen ausprobieren

Mehr Überflutungen durch steuerbare Sieltore, grünere Deckwerke sowie Sand statt Steinen an einigen Halligufuern. Das sind Beispiele für Maßnahmen, die in den kommenden Jahren getestet werden sollten.

Überflutungen: lästig, aber notwendig

Auf den großen Halligen sind Überflutungen zu selten geworden. Doch nur durch sie kommen neue Sedimente auf die Halligen und lassen sie mit dem Meeresspiegel in die Höhe wachsen.

Unterstützen Sie den WWF

Spendenkonto

IBAN: DE06 5502 0500 0222 2222 22

Bank für Sozialwirtschaft Mainz

BIC: BFSWDE33MNZ

WWF Deutschland

Reinhardtstraße 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 | info@wwf.de