

## 5.4 Meeresspiegelanstieg bedrängt Biodiversität: Was ist zu tun?

KARSTEN REISE

**Meeresspiegelanstieg bedrängt Biodiversität: Was ist zu tun?** Die vom Menschen verursachte Klimaerwärmung zieht möglicherweise einen globalen Meeresspiegelanstieg von 25 bis 50 m nach sich. Das freut sicherlich Meerestische und dieser Anstieg wird voraussichtlich auch für Küstenbiotope langsam genug erfolgen, um mitziehen zu können. Verluste in der Biodiversität sind aber dort zu erwarten, wo die Landhöhe in Stufen zunimmt und deshalb eine kontinuierliche Verschiebung von Lebensgemeinschaften mit dem Meeresspiegelanstieg stockt. An flachen Küsten sind Stufen häufig in Form von Mauern, Deichen und Sperrwerken errichtet worden. Solche Abwehrstrukturen verhindern auch das Mitwachsen einer Küste mit dem Meer. Für kontinuierliche Sedimentablagerungen müssten die Stufen in beide Richtungen durchlässig gebaut werden. Bisher entwässerte Küstenebenen können dann durch kontrollierte Überflutungen wieder Anschluss an das steigende Meeresniveau finden. Dies müsste mit Bewirtschaftungen und Lebensstilen einhergehen, die an viel Wasser angepasst sind. Dabei entstünden auch früher eliminierte Feuchtbiotope neu, und der Meeresspiegelanstieg würde so sogar zur Chance für die Biodiversität der Küsten werden können.

**Sea Level Rise and Biodiversity: What shall we do?** Human-mediated climate warming probably entails a global sea-level rise of 25 to 50 m. Marine fishes would enjoy this, and the rate of rise will presumably be slow enough, allowing also coastal habitats to shift upwards. However, loss of biodiversity is expected where the slope of the land includes steps which may interrupt a continuous landward shift of biological communities. At coastal lowlands such steps were often been set up as stone walls, earthen dikes or storm surge barriers. Such defense structures prevent coasts also from growing with the sea. For continuous sediment accretion, steps should be made penetrable from both sides. Coastal plains which have been drained dry before, could then gradually keep up with the rising sea. This needs to be accompanied by economic and lifestyle patterns adapted to more water. Formerly eliminated wetlands could recover; and sea-level rise could offer coastal biodiversity a great chance.

Im zyklischen Wechsel von kurzen Warmzeiten mit langen Kalt- oder Eiszeiten in der jüngeren Erdgeschichte, hob und senkte sich der Meeresspiegel mehrfach um rund 100 m. Nach der letzten Eiszeit stieg er zunächst schnell um 1 bis 2 m pro Jahrhundert an, aber seit etwa 6.000 Jahren nur noch um etwa 10 cm pro Jahrhundert weiter (Abb. 5.4-1). Mit dem Aufheizen des Klimas durch Treibhausgase aus fossilen Brennstoffen nimmt der Meeresspiegelanstieg langsam wieder mehr Fahrt auf. Ein warmer Ozean dehnt sein Volumen und schmelzendes Landeis erhöht die Wassermasse im Meer. Im industrialisierten 20. Jahrhundert betrug der Anstieg 17 cm und je nach Emissionsszenarien könnte noch in diesem Jahrhundert die Rate das 3- bis 5-fache davon erreichen. Auch nach 2100 wird das Meer weiter ansteigen.

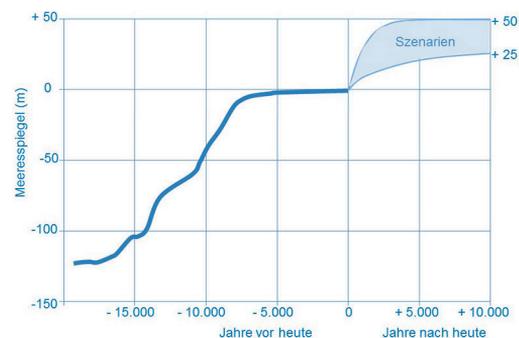
Die Wärmeausdehnung des Meerwassers und der Schmelzwasserzufluss erfolgen wesentlich langsamer als die Erwärmung der Atmosphäre. Je nachdem, wie schnell Emissionen aus fossilen Brennstoffen in den nächsten Jahrzehnten ganz abgestellt werden, berechnen CLARK et al. (2016) Obergrenzen von 25 bis 50 m über dem heutigen Meeresspiegel (Abb. 5.4-1). Eine erneute Eiszeit könnte das verhindern, aber die gilt als äußerst unwahrscheinlich, solange die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre deutlich überhöht sind.

Welche Perspektiven ergeben sich daraus für die Biodiversität der Küsten? In nahezu allen Pflanzen- und Tiergruppen nimmt die Artenvielfalt mit der Tem-

peratur zu, aber welchen Einfluss hat der gleichzeitig schneller steigende Meeresspiegel? Da Küsten überproportional dicht von Menschen besiedelt sind, lohnt sich eine Betrachtung relativ zu deren Abwehr- und Anpassungsmaßnahmen bei schneller steigendem Meer. Die deutsche Nordseeküste soll in diesem Kapitel im Mittelpunkt stehen (REISE 2015).

### Küstendiversität

An den Küsten begegnen sich terrestrische, limnische und marine Lebensräume. Entsprechend hoch ist die Artenvielfalt insgesamt. Allerdings sind die durch



**Abb. 5.4-1:** Vergangener und künftiger Meeresspiegelanstieg, rekonstruiert für die letzten 20.000 und projiziert für die nächsten 10.000 Jahre nach vier Emissionsszenarien (1.280 bis 5.120 Petagramm Kohlenstoff (10<sup>12</sup> kg)). Unvorhersehbare Eisrutschungen in der Antarktis sind nicht enthalten. Vereinfacht aus CLARK et al. (2016).

Fluss- und Meeressedimente entstandenen Küstenebenen häufig besonders fruchtbar und wurden daher weitgehend zu intensiven Agrarflächen transformiert. Flussmündungen wurden oft kanalisiert und industrialisiert. Viele Küsten mit Sandstränden wurden für den Tourismus urbanisiert. Entsprechend nahm vor allem die frühere Diversität terrestrischer Lebensgemeinschaften an den Küsten stark ab und besonders viele Feuchtgebiete gingen verloren.

An der Nordseeküste ist das Wattenmeer wegen seiner großen Wattflächen und insbesondere den dort Nahrung findenden Schwärmen durchziehender Küstenvögel unter Naturschutz gestellt und dann als Weltnaturerbe von der UNESCO anerkannt worden. Die angrenzenden Nordseemarschen wurden dagegen schon früh eingedeicht, entwässert und nahezu lückenlos einer intensiven Agrarnutzung unterworfen. Naturraum Wattenmeer und Marsch sind durch ein Bollwerk aus Deichen voneinander getrennt. Regenwasser kann durch Deichsiele bei Niedrigwasser abgeleitet werden oder wird durch Schöpf- und Pumpwerke ins Wattenmeer befördert, während Meerwasser in der Regel nicht hinter den Deich gelangt. Die Wasseraustreibung in der Marsch führte zusammen mit dem Torfabbau zum Absinken der Böden. Im Extrem – der Wilster Marsch – sackte das Land bis zu 3,6 m unter das mittlere Nordseeebene und das entspricht 5 m unter normalem Hochwasser bzw. 9 m unter bisher höchstem Sturmflutwasserstand.

Solche verdrehten Niveauverhältnisse erfordern ein sehr stringentes Wassermanagement in der Marsch und einen hohen Aufwand für den Küstenschutz, um Deichbrüche bei Regen und Stürmen ausschließen zu

können. So weitreichend der Schutz der Biodiversität im geschützten Wattenmeer gediehen ist, so gründlich wurde den ehemaligen, eingedeichten Feuchtgebieten die Biodiversität ausgetrieben zu Gunsten monotoner Agrarflächen.

### Meeresanstieg im Anthropozän

An einer kontinuierlich an Höhe zunehmenden Küste verursacht der Meeresspiegelanstieg lediglich eine Verschiebung der marinen, limnischen und terrestrischen Lebenszonen. Treten dagegen Stufen auf, kommt es zumindest zeitweise zu einem Verlust an Übergangsbiotopen zwischen Meer und Land (Abb. 5.4-2). Solche Stufen können natürlich auftreten, aber bei vom Menschen gestalteten Küsten sind sie die Regel, z.B. in Häfen, durch Ufermauern oder Steinschüttungen, um Ufererosion durch Strömung und Wellenschlag auszu-bremsen, durch Deiche vor flachem Land und Sperrwerke in den Flussmündungen.

Diese Bauwerke sind an die Stelle einer Sukzession von Übergangsbiotopen zwischen Land und Meer sowie Süß- und Salzwasser getreten. Noch vorhanden gebliebene Biotope vom Bauwerk bis ins Meer, wie die Salzwiesen, werden bei zunehmendem Meeresspiegelanstieg leicht zerrieben und verschwinden schließlich ganz. Wo Wellen auf Bauwerke prallen, bleibt ein großer Teil ihrer Energie im Rückfluss und der nimmt Bodenpartikel mit ins Meer. Diese Ausräumung wird als »coastal squeeze« bezeichnet. Die Bauwerke können in ihrem oberen Bereich von Flechten und im Unterwasserbereich von anhaftenden Algen und Wirbellosen bewachsen sein. Dies sind Arten von Felsküsten und kein Ersatz für die verlorene Vegetation und Fauna der Sedimentböden.

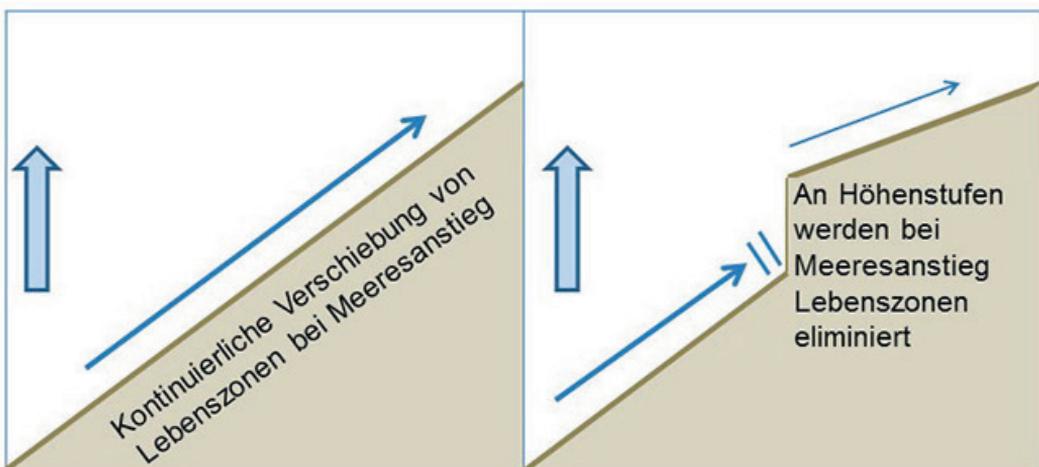


Abb. 5.4-2: Verläuft die Neigung einer Küste vom Land zum Meer kontinuierlich, verschieben sich die Lebenszonen bei Meeresspiegelanstieg ohne Verlust an Biodiversität nach oben. Treten Stufen in Form natürlicher Steilküsten oder künstlicher Bauwerke (Mauern, Deiche, Sperrwerke) auf, kommt die Verschiebung ins Stocken und Biodiversität geht verloren.

Im Gegensatz zu Meteorit-Einschlägen, Tsunamis, Havarien großer Tanker, Bau von Industrieanlagen und Häfen, politischen Entscheidungen zu Fahrwasservertiefungen, ist der Meeresspiegelanstieg eine weitgehend berechenbare Größe und vergleichsweise langsam. Zwar ist seine Dimension mit bis zu 50 m furchteinflößend, aber der Anstieg pro Jahrhundert wird kaum 1-3 m übersteigen und bei angemessener Klimapolitik danach wieder langsamer werden. Für alle Küstenländer und den Seeverkehr wird der Meeresspiegelanstieg ein unvermeidliches Dauerthema, welches viel Weitsicht und weitreichende Umstellungen verlangen wird. Zur Katastrophe wird der Meeresspiegelanstieg aber erst, wenn allein auf Abwehr gesetzt wird und Anpassungen zu lange hinaus gezögert werden. Das lässt sich gut an der Nordseeküste zeigen.

**Wachsen mit dem Meer**

Durch die ansteigende Nordsee vor dem Deich und das hinterm Deich weiterhin sinkende Marschland öffnet sich die Schere zwischen Meeres- und Landniveau immer weiter (Abb. 5.4-3). Zwar lassen sich Deiche auch in Zukunft weiter verstärken und technisch verbessern, aber durch die mit der Zeit sich immer weiter öffnende Küstenschere steigt der Aufwand ins Unermessliche; und dennoch nimmt das Risiko für die Menschen und die von ihnen geschaffenen Strukturen hinterm Deich zu. Wenn durch eine unerwartete Serie von Sturmfluten oder Verkettung mit anderen Widrigkeiten ein Deich nicht mehr hält, was man sich von ihm versprach, dann ist das Desaster um so größer je weiter der Höhenunterschied zwischen Meer und Land mittlerweile geworden ist. Das ließe sich nur durch gezielte Risikostreuung auffangen, z.B. Rückbesinnung auf den Bau von Warften/Wurten, Instandsetzung alter Deiche in der zweiten

und dritten Reihe, Verlegung aller Straßen auf hohe Dämme und dergleichen.

Dies alles aber kann nicht ausreichen, wenn der Meeresspiegel immer weiter steigt. Eine nachhaltige Lösung wäre erst gefunden, wenn die Böden in der Marsch nicht mehr sinken, sondern sich wieder dehnen und zu wachsen beginnen. Deichsiele, die bislang nur Regenwasser abfließen ließen, müssten umgebaut werden zu Sielen, die Wasser in beide Richtungen durchlassen können (Abb. 5.4-4), denn die im Flutwasser schwebenden Sinkstoffe aus der Nordsee könnten sich dann hinterm Deich absetzen. Diese Sedimentation wäre je nach örtlichen Verhältnissen sehr unterschiedlich, aber sie bewirkt über längeren Zeitraum eine Schließung der Küstenschere. Technisch wäre das kein Problem, aber die Wasserverhältnisse in der Marsch würden sich von Grund auf ändern. Gefordert sind dann aquatische Wirtschaften und küstentypische Lebensstile.

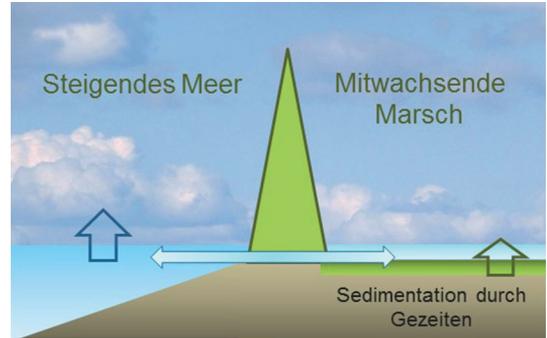


Abb. 5.4-4: Wattenmeer und bewohnte Nordseemarschen bleiben durch den Deich getrennt, aber das Siel wird so umgebaut, dass Regenwasser nicht nur raus, sondern Meerwasser auch rein fließen kann. Dadurch gelangen Sinkstoffe hinter den Deich zum Mitwachsen der Marsch.

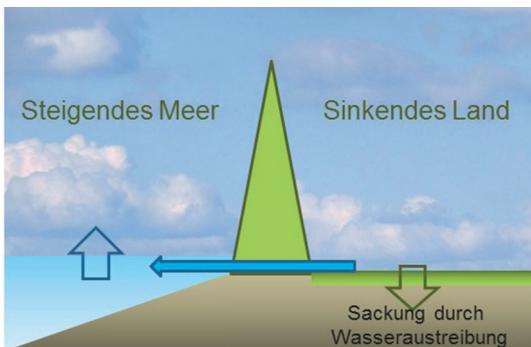


Abb. 5.4-3: Wattenmeer und Nordseemarschen sind durch den Deich getrennt und durch ein Siel kann Regenwasser aus der Marsch fließen oder es wird abgepumpt. Dadurch sinkt der Marschboden, während vor dem Deich der Meeresspiegel steigt. Mit der Zeit gerät dadurch das Land unter das Meer, der Aufwand für den Küstenschutz nimmt zu und dennoch steigt das Risiko.



Abb. 5.4-5: Wasserreiche Marsch mit gezeitenabhängiger Flutung zur Sedimentation zum Mitwachsen mit dem Meer. Aquatische Nutzungsformen, schwimmende Gärten und neue Lebensstile sind verbunden mit sich erholender Biodiversität.

Wo gegenwärtig noch die Agrarindustrie dieselben Lebensmittel herstellt wie im Binnenland, würden Aquakulturen, schwimmende Gärten und Gewächshäuser sowie eine Sumpfwirtschaft hinzutreten. Da könnten Wasserbüffel das Milchvieh ersetzen, aber auch schwimmende Häuser zum Vermieten an Feriengäste für Einnahmen sorgen (Abb. 5.4-5). Nicht mehr entwässerte, tief liegende Marschen würden durch ihr starkes Pflanzenwachstum zu CO<sub>2</sub>-Senken. Die Wirtschaft hinterm Deich würde sich diversifizieren und böte damit auch wieder mehr Menschen Arbeit. Von Robotern betriebene Nahrungsmittelproduktion internationaler Konzerne in einer menschenleeren Küstenmarsch wäre abgewendet. Selbst Deiche könnten mehr leisten als nur den Übertritt von Wasser zu verhindern. Sie bieten auf ihrer Krone Platz für versetzbare Panorama-Restaurants, im Sommer an der langen Böschung Platz für Freilichtbühnen und auf der Landseite könnten in Hohlräumen Viehställe, Gewächshäuser, Werkstätten und vieles mehr Platz finden.

### Insel Pellworm

Solche Anpassungen an das steigende Meer können nicht in großem Stil geplant werden, sondern nur schrittweise und sorgsam zwischen allen Beteiligten abgestimmt werden. Das benötigt viel Zeit der Beratung, Planung und Umsetzung, aber dafür sind bei der Langsamkeit des ansteigenden Meeres auch hundert Jahre und mehr Zeit. Da dies sehr abstrakt klingen mag, noch ein konkretes Beispiel einer besonders vom Meeresspiegelanstieg betroffenen Insel (Abb. 5.4-6). Die Insel Pellworm im Nordfriesischen Wattenmeer ist nach mittelalterlichen Sturmfluten von einer zusam-



**Abb. 5.4-6:** Anpassungen für die Insel Pellworm an den steigenden Meeresspiegel, die gleichzeitig den Tourismus fördern. Ein aufgespülter Badestrand im Westen (im Luftbild oben) schützt den Deich vor Unterspülung. Aufgespülte Sandhaken lösen Landgewinnungsfelder ab und erhöhen die Biodiversität. Gezeitenabhängige Flutungen lassen die abgesackte Inselmitte wieder wachsen und ermöglichen neue touristische und aquatische Nutzungsformen (HENNE 2010 und siehe Text).

menhängenden Marschlandschaft übrig geblieben und wurde anschließend durch neues Eindeichen wieder etwas größer. Die Mitte der Insel liegt mehr als 2 m tiefer als gewöhnliches Hochwasser. Außerdem ist der Ringdeich im Westen durch Unterspülung gefährdet; und in den anderen Abschnitten wird durch Buschlahnungen und Gräben Landgewinnung betrieben, um dort den Deichfuß zu sichern. Etwas über 1.000 Menschen leben auf Pellworm, meist von Landwirtschaft und etwas Tourismus. Beides hat Handikaps. Die Agrarprodukte müssen extra zum Festland verschifft werden und zur Entfaltung des Inseltourismus fehlt ein Badestrand.

Rauft man sich nun zusammen und überlegt eine langfristige Lösung angesichts der ansteigenden Nordsee, wären z.B. folgende Schritte zu diskutieren.

- (1) Vom Grund der Nordsee müsste mit Spülschiffen im Westen von Pellworm ein Sandstrand geschaffen werden. Vordergründig wäre das eine Attraktion für den Tourismus, aber gleichzeitig würde die Gefahr einer Deichunterspülung gebannt. Die ansteigende Nordsee entwickelt im Uferbereich einen Sandhunger zum Aufbau eines flachen Profils. Fehlt dafür das Sediment, entstehen Rinnen, die den Deich von unten her destabilisieren. Mit Steinbuhnen lässt sich der Sandhunger zwar vom Ufer ablenken, aber zu stillen ist er nur mit Sand vom Grund der Nordsee. Der bliebe nicht auf ewig liegen, würde aber die umgebenden Watten dabei unterstützen, durch Sedimentation mit dem Meeresspiegelanstieg mithalten zu können.
- (2) Wo bisher um Pellworm mit viel Aufwand Landgewinnung betrieben wird und wo Salzwiesen und Watt dadurch stark entstellt und unbetreibar wurden, könnten stattdessen Sandnehrungen aufgespült werden (Abb. 5.4-6). Im Schutz solcher Nehrungen können sich auf natürliche Weise Salzwiesen bilden, und gleichzeitig entstünde ein Eldorado für Nahrung suchende, rastende und brütende Küstenvögel. Deren Treiben wäre vom Deich aus wunderbar einzusehen und böte damit eine weitere Attraktion für die Insel.
- (3) Das Herz der Insel liegt am tiefsten unter dem Meeresspiegel. Einerseits wurde es schon eingedeicht, als der Meeresspiegel noch etwa einen Meter tiefer lag als heute. Andererseits ist der Boden durch das fortlaufende Entwässern gesackt. Durch ein zu bauendes Zweiwegesiel im Pellwormer Hafen könnte die Inselmitte im Gezeitenrhythmus unter Wasser gesetzt und so neue Sedimente zum Aufwachsen eingefangen werden (Abb. 5.4-6). Betroffene Höfe müssten vorher auf hohe Warften versetzt werden und deren Zufahrten auf hohe Dämme. Möglich wäre eine touristische Nutzung der periodischen Überschwemmungsfläche durch Pfahlbauten oder schwimmende Apartments inmitten eines Erlebnisraumes mit

Vogelschwärmen, Wasserbüffeln oder Wildpferden. Die verbleibende Landwirtschaft würde sich auf die Versorgung der vielen neuen Gäste konzentrieren können. Auch Aquakulturen und schwimmende Gärten wären möglich.

Dies ist nur der Versuch, bei schneller steigendem Meeresspiegel für die Insel Pellworm eine nachhaltige Zukunft zu finden. Was wann, wo und wie geschehen soll, ist Sache der Beratungen auf der Insel selber und hängt von Fördermitteln ab. Die wiederum sind nur durch ein überzeugendes Gesamtkonzept zu erlangen. Auch wenn der Meeresspiegel noch relativ langsam steigt, sollten die Beratungen nicht mehr aufgeschoben werden, denn bis zur Umsetzung ist es noch ein langer Weg der kleinen Schritte.

### Chance für die Biodiversität

Historisch sind die Nordseemarschen aus vielfältigen Feuchtgebieten (Niederungs- und Hochmoore, Wechsel der Salinität, mit und ohne Beweidung usw.) entstanden, aufgewachsen durch die episodischen Sedimentablagerungen der Nordsee und lokal auch durch Sedimente der Flüsse sowie durch die Akkumulation abgestorbener Pflanzenteile (Torfbildung). Längst verschwunden sind Auerochsen oder Elche, Pelikane oder Kraniche. Menschen siedelten auf Uferwällen oder errichteten künstliche Wohnhügel für ihre Häuser, um die umgebenden Gewässer, Wiesen und Moore zu nutzen. Heute ist diese Vielfalt der Monotonie intensiver Landwirtschaft gewichen. Das wurde durch den Deichbau und die fortlaufende Entwässerung möglich. Daneben entstanden auch große Siedlungen, Industriegebiete, Hafenanlagen und touristische Zentren. Dies alles ist nun mit einem Meeresspiegelanstieg konfrontiert, wie er in historischer Zeit noch nicht vorkam.

Deswegen wäre es vermessen zu glauben, die bisherigen Strategien zur Abwehr von Sturmfluten könnten auch gegen den langfristigen Anstieg des Meeres ausrei-

chen. Schleswig-Holstein hat auch schon eine Wattenmeerstrategie 2100 beschlossen, wo über den Deichschutz hinaus auch das Wattgebiet in die Vorsorge eingeschlossen wird (MELUR-SH 2015). Sollten wegen der Beschleunigung im Meeresspiegelanstieg Wattbereiche in der Sedimentation hinterher hinken, dann wird erwo-gen, mit Sand aus der Nordsee dem entstehenden Defizit zu begegnen. Damit würde nicht nur das Weltnaturerbe erhalten, sondern auch ein bedeutender Wellendämpfer vor den Seedeichen. Dieses Zusammendenken von Natur- und Küstenschutz ist richtungsweisend. Werden darüber hinaus auch die Nordseemarschen und deren BewohnerInnen in den Anpassungsprozess an das immer höher steigende Meer einbezogen, folgt eine sonst kaum denkbare Erholung der terrestrisch-limnischen Biodiversität mit allen Übergängen zum Salzwasser der Nordseeküste. So besehen, könnte der Meeresspiegelanstieg zu einer Chance für mehr Küstendiversität werden.

### Literatur

- CLARK, P. U., J. D. SHAKUN, S. A. MARCOTT et al. (2016): Consequences of twenty-first-century policy for multi-millennial climate and sea-level change. *Nature Climate Change* 6, 360-369, doi: 10.1038/NCLIMATE 2923.
- HENNE, A., (2010): Pellworm: Drei Szenarien. Diplomarbeit, Universität Hannover. 97 S.
- MELUR-SH, (2015): Strategie für das Wattenmeer 2100. Kiel 88 S. [www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/Nationalpark\\_wattenmeer/bericht\\_strategie\\_wattenmeer2100](http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/Nationalpark_wattenmeer/bericht_strategie_wattenmeer2100).
- REISE, K. (2015): Kurswechsel Küste. Was tun, wenn die Nordsee steigt? Wachholtz Murmann Publishers, 200 S. ISBN 978-3-529-05394-8.

### Kontakt:

Prof. Dr. Karsten Reise  
 Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung - List/Sylt  
 Karsten.Reise@awi.de

Reise, K. (2016): Meeresspiegelanstieg bedrängt Biodiversität: Was ist zu tun? In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Die Biodiversität*. pp. 314-318. Online: [www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de](http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de). doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.51.