

## 1.7 Meeresküsten

KARSTEN REISE

*Coasts: The high variety of coasts and their biodiversity is caused by a wide spectrum of geological materials, a wide range of hydrodynamics, salinity and climatic conditions. During the last glaciation, sea level has been down to about 125 m below the present. With the onset of warming about 18000 years ago it rose quickly, and then since 6000 years sea level rise continued at a much slower rate. During this later phase, extensive coastal ecosystems emerged with fringing coral reefs, intertidal flats, mangrove belts, salt marshes and sandy barrier spits and islands with dunes. Rivers have deposited wide deltaic plains barely above the mean level of the sea. There dense human occupation has changed the coastal system strongly. Protection of natural buffering belts along coasts might be the best approach to cope with upcoming challenges.*

**K**üsten sind ein bedeutender Teil der Biosphäre. Im Verlauf der Erdgeschichte änderte sich ihre Lage mit der Verschiebung der kontinentalen Platten sowie mit Ansteigen und Fallen des Meeresspiegels. Die heutigen flachen Küsten sind das Produkt eines langsamen Anstiegs des Meeres. Sie reagieren sensibel auf klimatische Veränderungen, werden am stärksten vom Menschen genutzt und umgewandelt. Die reiche Naturgeschichte der Küsten bietet Anregungen auch für neue Wege der Anpassung im Sog globaler Veränderung.

### Küsten sind mehr als eine Marginalie

Länge und Breite der Meeresküsten sind schwer zu fassen. Selten sind sie schnurgerade, sondern buchtig und mit Vorsprüngen, oft begleitet von Inseln und Lagunen oder unterbrochen von Flussmündungen. Die Küstenlänge hängt von der Länge der Messlatte ab. Beträgt die 1 km, dann misst die Summe aller Küsten gut zehn Millionen Kilometer - 250 mal der Erdumfang oder 13 mal hin und zurück zum Mond.

Kontinente sind meist von flachen Küsten- oder Schelfmeeren gesäumt, bevor der Meeresboden steil zur Tiefsee abfällt. Bis zu einer Tiefe von 125 m beträgt die Schelfbreite im Mittel nur 34 km, da viele Küsten sehr steil sind (MARIBUS 2010, PUGH 2004). Aber die flache Zone kann sich auch über hundert Kilometer erstrecken. Das entspricht der Küstenposition während der letzten Eiszeit vor ~20.000 Jahren mit breiten Landverbindungen zwischen Sibirien und Nordamerika oder zwischen Australien und Tasmanien. In der Warmzeit davor (vor ~120.000 Jahren) lag der Meeresspiegel bis zu 6 m höher als heute. Begrenzen wir die Breite der Küste durch solche frühere Uferlinien, dann nimmt sie gut 8% der Erdoberfläche ein. Nimmt man auf der Landseite noch die Flussniederungen hinzu oder unabhängig von der Höhe alles in rund 100 km Nähe zum Meer, dann umfasst die Küste bis zu 20% der Erdoberfläche. Fast zwei Drittel aller Menschen leben dort, einschließlich neun der zehn größten Metropolen.

Küsten sind also mehr als eine Marginalie für das Erdsystem und die Menschheit. Sie sind Spannungs-

und Entfaltungszonen zugleich. Hier mischen sich die schnellen und heftigen Temperaturschwankungen des Landes mit den langsamen und gedämpften des Meeres. Weitreichende Strömungen treffen auf eng zergliedertes Land. Nur wenige Tiere wie Lachse oder manche Tauchenten sind Pendler zwischen diesen Welten. Reich entwickelt sind aber die Lebensgemeinschaften, die sich vom Meer her dem Ufer nähern oder die vom Land aus die Küste bevölkern. Die wechselhaften Bedingungen erfordern spezielle Anpassungen und weite Toleranz, aber wer die erworbenen hat, kann die Austauschprozesse zwischen Land und Meer nutzen. Das Leben entlang der Küste ist daher meist viel üppiger als im offenen Meer oder tief im Binnenland (KNOX 2001). Küsten wirken wie Scharniere im Funktionieren der Biosphäre.

### Küstliche Vielfalt

Küsten unterscheiden sich durch ihren geologischen Aufbau, die Stärke der Wasserbewegungen, den Salzgehalt des Wassers und das Klima (Kasten 1).

Eine Einteilung der Küsten in felsige und sandige Ufer gelingt nicht durchgehend, weil beides oft eng ineinander verschachtelt vorkommt. Ebenso wechseln flache und steile Küstenabschnitte oft auf kurzer Distanz. Nur selten gibt es steile Felsküsten ohne stille Buchten mit Sedimentablagerungen oder umgekehrt, lange und flache Strände, die nicht von felsigen Vorsprüngen unterbrochen sind.

Flache Küsten sind vorwiegend aus Sand, meist hartem Quarz mit Körnern um 0,1 bis 1,0 mm Durchmesser (SCHWARTZ 2005). Die werden zwar leicht vom strömenden Wasser bewegt, sind aber zu schwer, um schweben zu bleiben. Flüsse und Gletscher tragen sie von verwitterndem Gestein zur Küste, wo sie ein bewegliches und schützendes Band um die Kontinente und viele Inseln bilden. Feinere Körner verlieren sich bis zur Tiefsee.

Organismen können in erheblichem Maße die Küsten mitgestalten. Manche verkleben mit ihrem Schleim die Sedimentpartikel. Mangroven, Salzwiesen, Dünen-

**Kasten 1****Wichtige Faktoren für Küsten**

**Geologischer Aufbau:** Harter oder weicher Fels, biogene Riffe, Geröll, Kies und Sand, meist vorwiegend aus Quarz, aber auch aus Lava, Kalziumkarbonat sowie aus feinem Schluff und Ton mit organischen Beimengungen. In polaren Breiten bestehen Küsten auch ganz oder teilweise aus Eis.

**Bewegung des Wassers:** Fortwährend hohe Brandung, moderate Wellen aber mit gelegentlich heftigen Stürmen, stille Buchten und Lagunen, große oder geringe Gezeitenunterschiede, Strömungen parallel, diagonal oder senkrecht zur Küste oder mit aus der Tiefe aufsteigendem Wasser.

**Salzgehalt des Wassers:** An regenarmen Küsten ohne einmündende Flüsse kann sich in Lagunen eine Salzkruste bilden, aber vorherrschend ist ein gegenüber dem offenen Meer (34 g pro Liter) leicht verminderter Salzgehalt, der in Flussmündungen sehr schwankt und in Randmeeren regenreicher Regionen dauerhaft niedrig bleibt wie im Brackwasser der Ostsee.

**Klima:** Zunahme der mittleren Temperatur und Abschwächung der Saisonalität von den Polen zu den Tropen; im Trockenklima haben Staubstürme und im Feuchtklima vom Land abfließender Regen Einfluss auf die Chemie des Küstenwassers.

gräser und Seegräser stabilisieren bewegtes Substrat. Algenwälder können Wellen und Strömungen dämpfen. Viele Tiere durchlöchern den Fels oder graben im Sediment und halten es locker. Korallen, Kalkalgen, Muscheln, Würmer und Mikroorganismen bilden Kalkriffe. Kolonien von Seevögeln düngen mit ihrem Kot das Land bis hin zu mächtigen Ablagerungen von Guana. Physikalische und biogene Faktoren zusammen schaffen im Kleinen wie im Großen eine hohe Küstenvielfalt.

An flachen Küsten reicht der Einfluss des Meeres durch episodische Überflutungen weit ins Land hinein. Umgekehrt reicht der Einfluss des Landes durch das abfließende Süßwasser, mitgeführte Sedimente und gelöste Substanzen dort weit hinaus ins Meer. Licht kann im Flachwasser bis zum Meeresboden durchdringen und ermöglicht dort Pflanzenwachstum. Dort ist es auch reich an Fischen und anderen Meerestieren. Küsten liefern fast 90% aller Fischereierträge. Das

Land flacher Küsten ist durch die Sinkstoffe der Überschwemmungen besonders fruchtbar.

**Küstenklima**

Flache Küsten sind sehr sensibel für klimatische Veränderungen. Das beruht auf dem Zusammenwirken mehrerer Klimafaktoren (Kasten 2).

Von ganz besonderer Bedeutung für die Meeresküsten sind die mit dem Globalklima verbundenen Veränderungen des Meeresspiegels (siehe dazu auch Kap. 2.7: Köhl&Stammer und Kap. 3.3: Schröter).

**Vom schnellen zum langsamen Anstieg des Meeres**

Das Erdsystem ist nicht festgelegt auf ein bestimmtes Mengenverhältnis von Wasserdampf zu flüssigem Wasser und zu Eis (PUGH 2004). Fließt Schmelzwasser vom

**Kasten 2****Wichtige Klimafaktoren für Küsten**

**Temperatur:** Das flache Wasser erwärmt sich schnell und kühlt schnell aus. Wird es wärmer in den hohen Breiten, schmelzen dort die gefrorenen Ufer. Küstenpflanzen und Tiere können meist gut ihre Verbreitungsgebiete an veränderte Temperaturen anpassen, weil sie oder ihre Vermehrungsstadien sehr mobil sind. Problematisch wird es aber an den jeweiligen Enden des Temperaturgradienten, den Tropen und den Polargebieten, wenn sich das Temperaturmittel und die Extreme schneller ändern als die Evolution die Arten durch Variabilität und Selektion anpassen kann.

**Niederschlag:** Nimmt der Regen über Land ab, fließt weniger Süßwasser zur Küste und die Flüsse verfrachten weniger Sediment. Im Gegenzug kann Meerwasser in die Flussmündungen eindringen und ins Grundwasser sickern. Die Böden vorheriger Feuchtgebiete können schrumpfen. Nimmt der Regen zu, verdünnt sich das Meerwasser an der Küste, mehr Sediment wird eingeschwenmt und mehr gelöste Substanzen geraten vom Land ins Meer. Für die Ökosysteme ist die saisonale Verteilung der Niederschläge oft entscheidend.

**Stürme:** Durch höhere Wellen verstärken sie die Ufererosion und Küstenebenen werden überschwemmt. Stürme können auf einen Schlag Sandnehrungen durchbrechen und neue Gezeitenrinnen eröffnen. Dünen werden versetzt und harte Brandung kann Riffe oder Algenwälder zerstören. Von besonderer Wucht sind Tropenstürme, deren Intensität mit der Temperatur der Wasseroberfläche zunimmt (siehe dazu auch Kap. 3.6: Kasang). Bleiben Stürme aus, können sich Mangroven und Salzwiesen seewärts ausdehnen.

Land ins Meer, dann erhöht sich der Meeresspiegel, während sich das Land hebt, wo es vom Eis entlastet wird. Durchschnittlich ist das Meerwasser sehr kalt. Nur die obere Schicht gleicht sich der Temperatur der Atmosphäre an. Doch das allein reicht schon zu einer Volumenzunahme, die das Meer relativ zur Küste ansteigen lässt. Der Meeresspiegelanstieg resultiert also sowohl aus der thermischen Ausdehnung als auch aus dem zusätzlichen Wasser des auf dem Land schmelzenden Eises, wenn es global wärmer wird.

Nach der letzten Eiszeit folgte der Meeresspiegel nur in groben Zügen dem Anstieg der Temperatur. Das scheint mit einer Eigendynamik des Abschmelzens der Eismassen sowie mit aufgestauten Schmelzwasserseen zusammen zu hängen, die sich dann plötzlich ins Meer ergossen haben. Bis vor etwa 6.000 Jahren stieg der Meeresspiegel um fast einen Meter im Jahrhundert und konnte bei Schmelzwasserpulsen in Spitzen sogar 5 m im Jahrhundert erreichen (Abb. 1.7-1).

Über Küsten zu dieser Zeit wissen wir wenig, aber es scheint, dass bei einem so schnellen Anstieg des Meeres sich breite Küstenzonen in Form von Watten, Salzwiesen, Mangroven und Kalkriffen nicht ausbilden konnten. Das geschah erst, seit sich das Landeis weitgehend auf Grönland im Norden und in der Antarktis im Süden zurückgezogen hatte. Erst dann stieg der Meeresspiegel nur noch langsam weiter mit durchschnittlich 15 cm im Jahrhundert.

### Die Genese heutiger Flachküsten

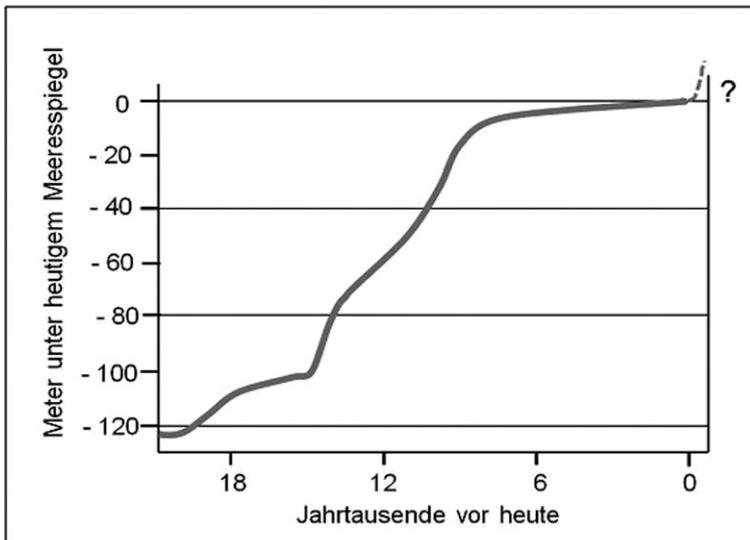
Die heutigen Flachküsten sind unter den Bedingungen eines langsamen Anstiegs des Meeres entstanden (Davis 1996). Wellen und Strömungen trugen an vorsprin-

genden Ufern den Sand ab und landeten ihn in Buchten wieder an. Bei fehlendem oder geringem Gezeitenunterschied entstanden dabei oft lange Sandnehrungen und dahinter flache Lagunen wie in der südlichen Ostsee oder im Golf von Mexiko. Bei Gezeiten von über einem Meter entwickelten sich aus Sandbänken vor der Küste langgezogene Düneninseln und dahinter Watten wie an der Nordseeküste oder der amerikanischen Atlantikküste. Diese Strukturen befinden sich in einer Art Fließgleichgewicht bei schwachem Anstieg des Meeres.

Flüsse konnten mit ihren Sedimenteinträgen weite Deltagebiete aufbauen. Das Mississippi-Delta erstreckt sich über 300 km Küstenlänge, wobei in den letzten 5.000 Jahren die Hauptmündung sechsmal eine neue Position fand. Auch das 400 km breite Ganges-Brahmaputra Delta im Golf von Bengal ist in dieser Zeit aus Flusssedimenten aufgebaut worden, wobei Absenkungen durch das Gewicht akkumulierender Sedimente nicht nur ausgeglichen wurden, sondern auch der absolut steigende Meeresspiegel. Bei weiten Schelfgebieten mit mächtigen Sandablagerungen können sich Sedimenttransporte von See- und Landseite ergänzen.

Erst das Zusammenwirken der physikalischen mit den biologischen Leistungen brachte die heutigen Küstenformen hervor. Küstendünen werden im Wechselspiel von Wind, Sand und Pflanzen geformt. Erst nachdem europäisches Dünen gras nach Kalifornien verpflanzt wurde, entstanden auch dort hohe Dünenwälle. Dicht wachsende Salzwiesen fördern die Akkumulation feiner Sedimente. Das gilt in besonderem Maße auch für Mangroven der warmen Küsten (siehe Kap. 3.15: Krause). Sie erhöhen sich mit dem Meeresspiegel.

In ruhigen Buchten können im Sommer Schlicktafeln entstehen, die mit jeder Flut eine neue Schicht



**Abb. 1.7-1:** Der Meeresspiegel stieg nach der letzten Eiszeit schnell und in Schüben an. Nach etwa 6.000 Jahren stieg das Meer durch thermische Ausdehnung und weiteres Gletscherschmelzen nur noch langsam weiter (verändert nach Maribus 2010). Die zunehmende Erwärmung könnte einen erneuten Schub auslösen.

zulegen. Bewegliche Kieselalgen kriechen schleimend stets aufs Neue zur Oberfläche, um am Licht zu bleiben. In der Shark Bay im Westen Australiens entstehen auf ähnliche Weise durch Kalkeinlagerungen stabile Türme (Stromatolithen). Diese Strukturen sind auf einen langsamen Anstieg des Meeresspiegels angewiesen.

Besonders an warmen Küsten bilden Korallen, Kalkalgen, Muscheln und Würmer mächtige Riffe aus Kalziumkarbonat. Das Great Barrier Reef mit einer Gesamtlänge von 2000 km im Osten Australiens ist das größte von lebenden Organismen geschaffene Bauwerk. Die über den südlichen Pazifik verstreuten Atolle entstanden aus Saumriffen von aus dem Meer ragenden Vulkankegeln. Während die langsam im Meer wieder versanken, wuchsen die Korallen weiter. Bei Absenkungen des Meeresspiegels während der Eiszeiten starben die oberen Riffetagen ab und erodierten, aber neue Korallen setzten den Riffaufbau fort, sobald der Meeresspiegel wieder stieg.

Die modernen Küsten sind in ihrer gegenwärtigen Ausprägung an einen moderaten Anstieg des Meeresspiegels angepasst. Dieses System wird durch eine erneute Beschleunigung im Meeresspiegelanstieg in Frage gestellt.

## Dicht besiedelte Küsten

Küsten bieten durch die alternativen Ressourcen von Land und Meer eine höhere Versorgungssicherheit als das Binnenland. Kombinierte Land und Seewege ermöglichen außerdem schnelle und weite Wanderungen. Wie sehr dies auch auf die frühen Menschen zutrifft, ist schwer zu sagen, weil mögliche archäologische Spuren heute zu tief unter Wasser liegen.

Neben den natürlichen Gestaltungskräften ist der heutige Mensch zu einem bestimmenden Faktor für die Küstenform und die Lebensverhältnisse an der Küste avanciert, zumindest an den flachen Küsten, die er dicht besiedelt hat (VALIELA 2006, McLUSKY & ELLIOTT 2006). Ursächlich dafür ist die überproportionale Zunahme der Küstenbevölkerung durch Zuwanderung aus dem Binnenland. Schon heute wohnen in Küstenebenen unterhalb der 5 Meter-Höhenlinie über 200 Mio. Menschen und bis Ende des Jahrhunderts könnten es bis zu einer halben Milliarde sein. Die mit der zunehmenden Besiedlung einhergehenden Veränderungen an den Küsten sind im Wesentlichen durch Jagd und Fischerei, biologische Globalisierung, Einträge von anthropogenen Nähr- und Schadstoffen und technischen Umbau verursacht (Kasten 3).

### Kasten 3

#### Anthropogene Einflussfaktoren für Küsten

*Jagd und Fischerei haben schon früh und über die Siedlungsbereiche hinaus die Fauna der Küsten dezimiert. Dabei ging es außer Nahrung auch um Pelze, Federn, Perlen oder Tran. Schutzmaßnahmen für große Säuger und Vögel waren im letzten Jahrhundert sehr erfolgreich, aber für Fische ist das noch nicht in Sicht.*

*Die biologische Globalisierung durch den Transfer von Küstenorganismen, teils ungewollt durch Kanäle und Schiffe, teils gewollt für Aquakulturen oder Anpflanzungen, führt in Buchten mit großen Seehäfen und Austernkulturen zunehmend zu universell verbreiteten Pflanzen und Tieren. Bisher wurden nur partiell andere Arten verdrängt, aber das ökologische Beziehungsnetz wird dadurch lockerer und Naturgebiete verlieren ihre Eigenheiten.*

*Einträge von anthropogenen Nährstoffen lösen massenhaftes Wachstum opportunistischer Algen aus, während langsam wachsende, an nährstoffarme Gewässer angepasste Wasserpflanzen, verschwinden. Die Überproduktion geht mit Sauerstoffdefiziten einher. Wo Nährstoffeinträge wieder reduziert werden, scheint die Erholung erst bei niedrigeren Konzentrationen zu beginnen als denjenigen, die das Massenwachstum auslösten. Die Verdichtung der Vegetation auf Küstendünen durch Düngung ist kaum wieder umkehrbar.*

*Schadstoffeinträge werden öffentlich erst wahrgenommen, wenn sie katastrophale Ausmaße erreichen wie Vergiftungen durch Quecksilbermethyl in der Bucht von Minamata im Süden Japans von 1920 bis 1968, wie der Unfall des Öltankers Exxon Valdez 1989 im Prince William Sound von Alaska und der Explosion auf der Ölbohrplattform Deepwater Horizon in 2010 vor der Küste von Louisiana. Vom ersten Erkennen der hohen Giftigkeit des Tributylzinn (TBT) im Schiffsanstrich für die gesamte Küstenfauna sind bis zum vollständigen Verbot immerhin kaum 30 Jahre vergangen.*

*Technischer Umbau der Küsten um Erosion und Überflutung mit harten Bauwerken abzuwehren, Fahrwasservertiefungen für immer größer werdende Schiffe, Staudämme in den Flüssen zur Bewässerung trockenen Hinterlandes und zur Stromgewinnung haben viele bewohnte Küsten so sehr verändert, dass eine Umkehr trotz negativer Folgen kaum möglich erscheint. Harte Bauwerke lösten oft einen Dominoeffekt aus, in dem sie den Sandhunger des Meeres auf angrenzende Küstenabschnitte umlenkten. Staudämme verringerten nicht nur den Wasserabfluss (insgesamt um etwa 14%), sondern auch den Sedimenttransport zur Küste (insgesamt um jährlich 8 km<sup>3</sup>). In der Folge drang das Meer vor.*

Wo Rhein, Maas und Schelde im Südwesten der heutigen Niederlande frei in die Nordsee flossen, entstand vor 6.000 Jahren seewärts ein breiter Dünenwall aus Fluss- und Meeressand. In dessen Schutz wuchs aus Schwemmland ein mächtiges Hochmoor empor. Als Sturmfluten den Dünenwall durchbrachen, wurde das Moor weggeschwemmt. An dessen Stelle trat ein Archipel aus Salzwiesen, die mit jeder Überflutung durch Sinkstoffe höher wuchsen. In diese von Natur aus sehr veränderliche Küstenlandschaft musste der Mensch sich einfügen und sein Vieh bei Überflutungen schnell in Sicherheit bringen.

Vor tausend Jahren setzte ein grundlegender Wandel durch den Menschen als Küsteningenieur ein. Überschwemmungswiesen wurden nach und nach eingedeicht, entwässert und viele Flussarme umgelenkt. So verband man Fischerei mit verbesserter Landnutzung und mit verbesserten Wasserwegen für den Handel. Als bei einer Sturmflut im Jahre 1953 viele Deiche brachen und fast 2.000 Menschen ertranken, wurde bis auf die westliche Scheldemündung das ganze Delta am seewärtigen Rand durch gigantische Sperrwerke gegen die Nordsee abgesichert. Die Rheinschiffe wurden durch einen neuen Wasserweg bei Rotterdam in die Nordsee gelenkt. Vor Sturmfluten lässt sich dieser Kanal mit beweglichen Toren verschließen.

Die ursprünglich fließenden Übergänge zwischen Salz- und Süßwasser und zwischen Gezeitenwasser und Land wurden durch Kompartimente ersetzt: Polder von Deichen umgrenzt, Seen und Kanäle mit Süßwasser getrennt von Seen mit Salzwasser sowie eine Salzwasserlagune, in die gedrosselte Gezeiten ein- und auslaufen können. Keine andere Küste ist derart tiefgreifend durch Wasserbau verändert worden.

Doch diese scheinbare Naturbeherrschung hat inhärente Probleme und löste kollaterale Schäden aus: (1) Während der Meeresspiegel weiter stieg, sackte das eingedeichte Land durch Entwässerung immer tiefer; (2) in still gelegten Gewässern wucherten Algen und am Grund herrschte Mangel an Sauerstoff; (3) in Gewässern mit gedrosselter Tide kam nicht mehr genug Sediment an und Wattflächen begannen zu schrumpfen, zusätzlich nahm durch fehlende Flusseinträge die Produktivität der Muschelkulturen ab; (4) ein seewärts abgedämmter Flussarm setzte sich mit Flusssedimenten zu.

Um diese Probleme zu lösen und um das Delta an klimabedingte Veränderungen (Szenario mit um ein Meter höherem Meeresspiegel bis 2100 sowie erhöhte Abflussmengen in Rhein und Maas) anzupassen, ist ein neuer Deltaplan entworfen worden (ADRIAANSE & HOEKSTRA 2009). Er soll die Siedlungsbereiche klimasicher machen, wieder fließende Übergänge zwischen den Gewässern herstellen und mehr Gezeitendynamik zulassen, um ökologische Qualität und Produktivität zu-

rück zu gewinnen, außerdem sollen mehr Erholungsräume für die städtische Umgebung entstehen.

Statt gegen die Natur zu arbeiten wird versucht wieder mehr die natürlichen Prozesse zu nutzen. Die Entwicklung im Südwesten der Niederlande ist wegen der extremen Veränderungen ein gutes Lehrbeispiel für andere Küsten. Dort wo noch viele natürliche Strukturen erhalten blieben, sollte ihr Schutz Vorrang haben, um das Anpassungspotential weiterhin nutzen zu können (s. Kap. 3.4: Reise).

Insbesondere die von der UNESCO zum Weltkulturerbe erklärten Küsten, 43 Gebiete zu denen seit 2009 auch das Wattenmeer zählt (s. Kap. 5.9: Reise), versuchen den Schutz der Naturwerte mit hohem Erholungswert zu verbinden. Tourismus soll so gelenkt werden, dass er weitgehend naturverträglich wird und die regionale Bevölkerung ernährt. Bisher ist aber kaum 1% der Küstenlänge unter Naturschutz

## Schlussfolgerungen

Küsten sind mehr als eine Marginalie. Sie sind vielfältig, haben einen überproportionalen Anteil an den Vorgängen in der Biosphäre und die Bevölkerung nimmt an flachen Küsten schneller zu als anderswo. Flache Küsten sind sensibel gegenüber Veränderungen im Klima und die heutigen sind nur an einen langsamen Meeresspiegelanstieg angepasst. Sie sind außerdem vom Menschen nicht nur dicht besiedelt sondern auch stark verändert worden. In Zukunft wird es darauf ankommen, sich durch Unterstützung küstenerhaltender Naturvorgänge an globale Veränderungen anpassen zu können.

## Literatur

- ADRIAANSE L. & J. HOEKSTRA (2009): Designing a safe and sustainable Rijn-Maas-Schelde Delta. *Topos* 68: 69-75.
- DAVIS R.A. (1996): The evolving coast. *Scientific American Library*, New York. 233 pp.
- KNOX G.A. (2001): The ecology of seashores. *CRC Press*. 265 pp.
- MARIBUS (Hrg.) (2010): World ocean review 2010. Mit dem Meer leben. Mare, Hamburg – ISBN 978-3-86648-000-1. 234 pp.
- MCLUSKY D.S. & M. ELLIOTT (2006): The estuarine ecosystem. *Oxford Univ. Press*. 214 pp.
- PUGH D. (2004): Changing sea levels. *Cambridge Univ. Press*. 265 pp.
- SCHWARTZ M.L. (2005): *Encyclopedia of coastal science*. Springer. 1210 pp.
- VALIELA I. (2006): *Global coastal change*. Blackwell Publ., Malden, USA. 368 pp.

*Professor Dr. Karsten Reise*  
*Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung*  
*Wadden Sea Station Sylt - 25992 List*  
*karsten.reise@awi.de*