Klimawandel und Küstenschutz

Eine der größten Bedrohungen durch die Erderwärmung stellt der Anstieg des Meeresspiegels dar. Besonders gefährlich ist er für tief gelegene Flussdeltaregionen wie in Bangladesch und Vietnam sowie für Inselstaaten in der Südsee und der Karibik. Auch auf Deutschland kommen beträchtliche Herausforderungen zu.

Von Horst Sterr

Seit Beginn der Industrialisierung übt der Mensch einen stetig wachsenden Einfluss auf das irdische Klimasystem aus, indem er Gase freisetzt, welche die Rückstrahlung der Wärme vom Erdboden in den Weltraum verhindern. Diese Treibhausgase, namentlich Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan, Stickoxide und Ozon, kommen zwar schon immer in gewissen Mengen in der Erdatmosphäre vor. Durch die vom Menschen betriebene Land- und Energienutzung nimmt ihre Konzentration jedoch beständig zu. Dadurch ist die globale Durchschnittstemperatur seit 1900 schon um knapp ein Grad Celsius angestiegen. Da eine Beschränkung oder gar Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen leider nicht in Sicht ist, wie jüngst die Klimakonferenz in Durban zeigte, wird sich die Erde weiter erwärmen – um schätzungsweise zwei bis fünf Grad Celsius bis zum Jahr 2100.

Wie ein Blick zurück in die Erdgeschichte lehrt, wirkt sich das auch auf den Meeresspiegel aus. So schwankte dieser in den letzten zwei bis drei Millionen Jahren als Folge des mehrfachen Wechsels zwischen Kalt- und Warmzeiten um bis zu 130 Meter. Noch vor 20 000 Jahren lag fast das gesamte Nordseebecken trocken. Mit dem Ende der letzten Eiszeit vor 12 000 bis 6000 Jahren stieg der Spiegel der Weltmeere um rund 120 Meter an. Danach blieb er weit gehend stabil; durch die heutige Erderwärmung droht er sich jedoch weiter zu erhöhen. Im 20. Jahrhundert betrug der Anstieg – nach einem langsamen Beginn und einer deutlichen Beschleunigung zum Ende hin – im globalen Durchschnitt bereits 17 Zentimeter. Hochpräzise Messungen per Satellit ergaben inzwischen, dass er sich seit 1990 etwa verdoppelt hat und jetzt 3,3 Zentimeter im Jahrzehnt ausmacht. Angesichts der zu erwartenden weiteren Erwärmung rechnen einige Wissenschaftler mit einer Erhöhung des Meeresspiegels um bis zu zwei Meter bis zum Jahr 2100 (Grafik auf S. 16).

Das liegt unter anderem an der Ausdehnung des Meerwassers, das sich bis in rund 500 Meter Tiefe erwärmt. Dieser Effekt war für etwas mehr als die Hälfte des Meeresspiegelanstiegs im 20. Jahrhundert verantwortlich. Weitere 30 bis 35 Prozent resultierten aus dem Abschmelzen von Gebirgsgletschern, der Rest entfiel auf Verluste bei den großen Inlandeismassen der Polarregionen.

Nach jüngsten Beobachtungen schmilzt das Inlandeis Grönlands, das relativ weit südwärts in den immer wärmer werdenden Nordatlantik hineinreicht, inzwischen aber viel rascher ab als vermutet. Darauf ließen sich zwischen 2003 und 2008 bereits 40 Prozent des damaligen Meeresspiegelanstiegs um 2,5 Millimeter pro Jahr zurückführen – mit zunehmender Tendenz. Deshalb rechnen Klima- und Eisfor-

AUF EINEN BLICK

LAND UNTER?

1 Weil bei steigenden globalen Temperaturen das **Festlandeis** abschmilzt und sich das Meerwasser ausdehnt, erhöht sich durch den Klimawandel der **Meeresspiegel** – um möglicherweise zwei Meter bis zum Ende des Jahrhunderts.

2 Ungeschützte tief gelegene **Küstenregionen** – insbesondere **Deltagebiete** in Südostasien – und flache Inseln werden dadurch überflutet. In eingedeichten und etwas höher gelegenen Bereichen drohen **häufigere schwere Überschwemmungen** durch das **vermehrte Auftreten starker Stürme**.

3 In Europa und speziell Deutschland lässt sich ein Landverlust vermutlich vermeiden, allerdings nur mit hohem finanziellem und technischem Aufwand für die **Erhöhung der Deiche** und die **Installation von Pumpwerken**.

4 Allerdings droht die **Zerstörung wertvoller Naturräume** wie des Wattenmeers. Damit verschwindet zugleich ein natürlicher Puffer gegen Sturmfluten.

5 Am stärksten gefährdet sind wirtschaftlich schwache **Schwellen- und Entwicklungsländer**, bei denen ein wirksamer Küstenschutz aus finanziellen oder technischen Gründen meist nicht möglich ist.

scher mit einer Erhöhung des Meeresspiegels um 80 bis 150 Zentimeter bis zum Ende des Jahrhunderts – deutlich mehr als die 20 bis 60 Zentimeter, die der UN-Klimarat IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) noch in seinem vierten Sachstandsbericht aus dem Jahr 2007 angibt. Sollte das gesamte Eis Grönlands abschmelzen, was bei anhaltend starkem Erwärmungstrend in 300 Jahren möglich scheint, betrüge der Anstieg sogar bis zu sieben Meter.

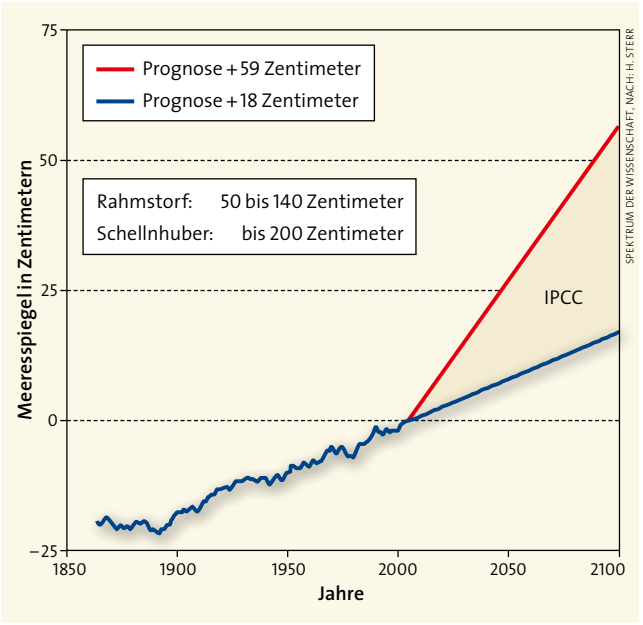
Allerdings gibt es deutliche lokale Abweichungen vom globalen Mittelwert. So heben sich manche Gebiete in den hohen Breiten, die während der Kaltzeit kilometerdicke Eisdecken trugen, wegen der Druckentlastung seit deren Abschmelzen immer noch und müssen daher keinen Meeresspiegelanstieg befürchten. Das gilt etwa für das nördliche Skandinavien. Dagegen senkt sich andernorts das Land – insbesondere in großen, dicht besiedelten Deltagebieten, wo die Entnahme von Grundwasser zur Verdichtung von Sedimenten führt. Dadurch kann sich hier der Meeresspiegel um bis zu mehrere Zentimeter pro Jahr erhöhen. So sieht beispielsweise das Chao-Phraya-Delta mit der 13-Millionen-Stadt Bangkok einer sehr ungewissen Zukunft entgegen – sogar an eine Verlegung der thailändischen Kapitale wird inzwischen gedacht.

Generell sind Küstenräume als Zentren von Fischerei, Handel und Seeverkehr besonders dicht besiedelt. Hier reicht deshalb vielfach schon ein Anstieg des Meeresspiegels um einen halben bis einen Meter, um Großstädte und Ballungsgebiete in Bedrängnis zu bringen, zumal mit dem Klimawandel auch Stürme und Niederschläge zunehmen dürften. Bedroht sind zudem viele wertvolle oder einzigartige Küsten-

Schon heute steht der Hamburger Fischmarkt bei Sturmflut regelmäßig unter Wasser. Bei steigendem Meeresspiegel infolge der Erderwärmung wird die Überflutungsgefahr weltweit zunehmen.

MIT FRDL. GEN. VON CHRISTIAN MEYER, HAMBURG

Von 1870 bis 2005 ist der Meeresspiegel im weltweiten Durchschnitt um etwas mehr als 20 Zentimeter gestiegen. Durch die zunehmende Erderwärmung dürfte er sich laut dem vierten Sachstandsbericht des UN-Klimarats IPCC von 2007 bis Ende des Jahrhunderts um weitere 18 bis 59 Zentimeter erhöhen. Einige Klimaforscher wie Stefan Rahmstorf und Hans-Joachim Schellnhuber vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung erwarten sogar ein rascheres und stärkeres Abschmelzen des Grönlandeises, so dass der Anstieg des Meeresspiegels bis zu zwei Meter betragen könnte.



ökosysteme wie das Wattenmeer, tropische Korallenriffe und Mangrovenwälder, die sich in der Regel noch schwerer schützen lassen als Siedlungen und Häfen. Außer den Deltas gehören kleine, flache Inselarchipele wie die Malediven und zahlreiche Inseln in der Südsee und der Karibik zu den Hochrisikogebieten. Sie bieten weder Rückzugsräume für die Bevölkerung noch Baumaterial für Küstenschutzanlagen. Viele von ihnen dürften deshalb auf längere Sicht unbewohnbar werden oder ganz versinken.

Wie eine Betrachtung der Küstennationen mit der höchsten Bevölkerungsdichte in überflutungsgefährdeten Regionen zeigt, gehören Bangladesch und Vietnam, die beide in Südostasien liegen und große Deltagebiete haben, zu den besonders bedrohten Ländern. In den subtropischen Zonen verschlimmern regelmäßig auftretende schwere tropische Wirbelstürme die Lage zusätzlich, weil sie das Meerwasser großflächig mehrere Meter hoch auftürmen, während an Land sintflutartige Regenfälle niedergehen. So wurden im August 2005 beim Durchzug des Hurrikans Katrina das Mississippidelta und die Stadt New Orleans überflutet. Über 2000 Menschen starben bei dieser größten Naturkatastrophe in der jüngeren Geschichte der USA.

In Europa ist außer dem Podelta und der Lagune von Venedig die Nordseeküste von der Rheinmündung bis zur jütländischen Halbinsel am stärksten gefährdet. Dieser Küstenstreifen ist extrem flach, was der Name Niederlande bereits zum Ausdruck bringt. Zudem besteht er aus weichen Meeressedimenten, die mit zunehmendem Alter zusammensacken. Zugleich senkt sich hier als Gegenbewegung zu den sich hebenden Landmassen Skandinaviens der Boden leicht ab. Deshalb ist der Meerespiegel an der deutschen Nordseeküste im 20. Jahrhundert mit 25 Zentimetern deutlich stärker gestiegen als im globalen Mittel. Hinzu kommt, dass dieser Küstenabschnitt nach Norden bis Nordwesten exponiert ist. Aus dieser Richtung entwickeln sich meist die winterlichen Sturmfluten, die den Wasserstand an der Küste um mehrere Meter ansteigen lassen.

Deshalb wurde hier schon vor fast 1000 Jahren mit dem Bau von Schutzanlagen begonnen: zuerst Warften (künstliche Hügel), später Deichen. Trotz mittelalterlicher Sturmflut-

Spektrum der Wissenschaft *Extra* »Mensch, Natur, Technik« ist eine regelmäßige Sonderpublikation in Kooperation mit der VolkswagenStiftung

www.spektrum.de/mnt

Spektrum der Wissenschaft

Chefredakteur: Dr. Carsten Könneker (v.i.S.d.P.)
Redaktionsleiter: Dr. Hartwig Hanser (Monatshefte), Dr. Gerhard Trageser (Sonderhefte, Redakteur dieser Sonderpublikation)
Redaktion: Thilo Körkel, Dr. Klaus-Dieter Linsmeier, Dr. Christoph Pöppe, Dr. Frank Schubert, Dr. Adelheid Stahnke
Ständiger Mitarbeiter: Dr. Michael Springer
Art Direction: Karsten Kramarczik
Editor-at-Large: Dr. Reinhard Breuer
Layout: Sibylle Franz, Oliver Gabriel, Anke Heinzelmann, Claus Schäfer, Natalie Schäfer
Schlussredaktion: Christina Meyberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Redaktionsassistenz: Anja Albat-Nollau
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck

Erscheinungstermin: Spektrum der Wissenschaft 4/2012

VolkswagenStiftung

Leitung Kommunikation: Jens Rehländer
Projektmanagement Veranstaltungen: Anna Böhning

www.volkswagenstiftung.de

Spektrum der Wissenschaft CUSTOM PUBLISHING

Leitung: Dr. Joachim Schüring
Anschrift: Spektrum der Wissenschaft – Custom Publishing, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg;
Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, 69126 Heidelberg,
Tel. 06221 9126-612, Fax 06221 9126-5612;

www.spektrum.com/cp

Gesamtherstellung: L.N. Schaffrath Druckmedien GmbH & Co. KG, Marktweg 42–50, 47608 Geldern

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2012 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Wir haben uns bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar nachträglich gezahlt.

katastrophen war diese Küstenverteidigung bislang erfolgreich. Der Klimawandel bringt nun aber neue Herausforderungen mit sich.

Dies gilt in abgeschwächter Form auch für die Küstengebiete der südlichen Ostsee. Zwar sind sie von den Gletschern der letzten Eiszeit geprägt und damit hügeliger. Zudem fehlt das Gezeitenregime der Nordsee. Dennoch kommt es auch hier zu Überflutungen, wenn bei bestimmten Windverhältnissen das Ostseewasser wie in einer Badewanne hin- und hergeschaukelt wird. Dabei sind es vor allem die heute relativ seltenen Winde aus nordöstlicher Richtung, die Sturmfluten entstehen lassen. Sollten sich also durch den Klimawandel die Windfelder in unseren Breiten ändern, wären die Nord- und Ostseeküste unterschiedlich betroffen. Bisherigen Klimasimulationen zufolge sollten sich eher die Westwinde verstärken.

Häufigere Sturmfluten

Als wichtigste Effekte des Klimawandels, die viele tief liegende Küstenräume weltweit betreffen werden, gelten:

1. häufigere Extrempegelstände durch Anhebung des Ausgangsniveaus bei steigendem Meeresspiegel – ein Sturmflutwasserstand, der bislang statistisch nur alle 100 Jahre vorkam, wird künftig alle zehn Jahre oder noch öfter auftreten;
2. Rückstau des Oberwassers in Flussmündungen sowie Grundwasseranhebung mit Bodenvernässung in ufernahen Zonen;
3. dauerhafte großflächige Landverluste in Marschgebieten und Deltas durch Ertränken;
4. Vordringen von Meerwasser landeinwärts mit Versalzung von Böden und Grundwasser als Folge;
5. zunehmende Erosion von Stränden, Dünen und Kliffs an Lockergesteinsküsten;
6. möglicher Verlust von seeseitigen Ökosystemen wie Watten, Seegras- und Salzwiesen oder Mangrovenwäldern;
7. zunehmender Stress für Korallenriffe durch hohe Wassertemperaturen (Korallenbleiche) und beschleunigten Anstieg des Meeresspiegels.

Die beiden letztgenannten Effekte beeinträchtigen die Produktions- und Regulationsfunktionen von Küstenökosystemen, was leider oft ignoriert oder unterschätzt wird. Das Küstenmeer stellt für die Anwohner Rohstoffe, Nahrung, Lebens- und Erholungsraum oder Lagerstätten für Abfälle zur Verfügung. Außerdem spielen die von selbst ablaufenden Prozesse der Bioregulation im aquatischen Milieu eine wichtige Rolle. So gelänge es ohne die natürliche Filter- und Pufferwirkung von Feuchtgebieten oder Dünen nur mit sehr hohen Kosten und aufwändigen Technologien, Nähr- und Schadstoffe ähnlich wirksam zurückzuhalten. Der Klimawandel zieht zahlreiche Einschränkungen dieser Ökosystemdienstleistungen nach sich, was bei der Klimafolgenabschätzung bislang zu wenig beachtet wurde.

Die unter 1. bis 5. genannten Effekte bedrohen oder beeinträchtigen direkt das menschliche Leben und Wirtschaften in der Küstenzone. Kurzfristig nimmt die Überflutungsgefahr zu, und die Küstenerosion beschleunigt sich. Längerfristig werden bei weiter steigendem Meeresspiegel Vernässung und Versalzung des Bodens an Bedeutung gewinnen.

Ob und wie gut sich diese Bedrohungen beherrschen lassen, hängt vom Typ der Küstenlandschaft ab – sowie davon, was die betroffenen Regionen an materiellen Ressourcen aufbieten können. Generell gibt es zwei Möglichkeiten: Anpassung oder Verteidigung. Im ersten Fall versucht man, der Gefahr auszuweichen – sei es durch Rückzug aus überflutungsgefährdeten Gebieten oder durch den Bau von Häusern auf Warften oder Pfählen. Das praktiziert die Bevölkerung in vielen Entwicklungsländern außerhalb von Großstädten bis heute. Sie kann so flexibel auf eine Zuspitzung der Situation reagieren. Bei wachsenden Städten in exponierten Lagen ist ein solches Ausweichen aber kaum möglich.

Auf die Verteidigungsstrategie setzen dagegen Gebiete mit einer langen Küstenschutzhistorie, wie sie besonders in Europa zu finden sind. Vom Rhein-Maas-Mündungsgebiet bis zum nördlichen Ende des Wattenmeers bei Esbjerg in Dänemark ist die Festlandküste durchgehend eingedeicht; Ähnliches gilt für Marschenküsten im südlichen England sowie in Frankreich, Italien und Spanien. Trotz wiederholter Sturm-

Norddeutschland und der Klimawandel im Überblick

- Deutschland hat insgesamt 3700 Kilometer Küste.
- Davon entfallen auf die Nordsee 1580 und auf die Ostsee 2120 Kilometer (inklusive Boddengewässer und Inseln).
- Überflutungsgefährdet sind die Landflächen niedriger als fünf Meter über Normalnull an der Nordsee- und drei Meter über Normalnull an der Ostseeküste.
- Dies entspricht einer Gesamtfläche von 13 900 Quadratkilometern; ein Großteil davon ist derzeit durch Deiche geschützt.
- Im Überflutungsgebiet leben 3,2 Millionen Menschen.
- Die volkswirtschaftlichen Werte im Überflutungsgebiet belaufen sich auf mehr als 500 Milliarden Euro.
- Im Überflutungsgebiet sind mehr als eine Million Arbeitsplätze angesiedelt.
- Gefahren drohen Großstädten an der Nordsee (Hamburg, Bremen) durch Sturmfluten.
- Auch Ostseestädte wie Kiel, Lübeck, Rostock und Greifswald sind – mangels Deichschutz – teilweise überflutungsgefährdet.
- Den Tourismuszentren an Nord- und Ostsee droht der Verlust ihrer Strände.
- Die Kosten für Küstenschutzmaßnahmen wie Deichbau und Sandvorspülungen werden stark steigen.
- Langfristig können große Teile der ökologisch wertvollen Salzwiesen und Wattflächen verloren gehen.

flutkatastrophen konnte hier bislang eine starre Verteidigungslinie gehalten werden. Das Beispiel der Niederlande, wo große Flächen schon länger unterhalb des Meeresspiegels liegen, zeigt aber auch, welch immenser technischer und finanzieller Aufwand damit verbunden ist – vor allem für die Drainage der Polder mittels Pumpwerken.

Bedrohung für Wattenmeer und Küstentourismus

An der deutschen Nordseeküste liegen die eingedeichten Marschflächen bisher größtenteils noch so hoch, dass das aus dem Hinterland kommende Wasser bei Ebbe mit Gefälle in die Nordsee fließt. Wenn der Meeresspiegel um einen halben bis einen Meter ansteigt, müssen sie aber auch hier zu Lande mit hohem Energie- und Kostenaufwand künstlich entwässert werden. Zugleich sind die vorhandenen Deiche so zu verstärken und zu erhöhen, dass sie immer noch ausreichende Sicherheit bieten.

Die Küstenschutzbehörden der norddeutschen Länder halten das immerhin für möglich. Trotzdem wird auch über Vorgehensweisen nachgedacht, die der natürlichen Küstenentwicklung außerhalb der Siedlungen mehr Raum geben. Anderenfalls könnte nämlich das Wattenmeer früher oder später ganz verschwinden, eingeklemmt zwischen der rasch ansteigenden Nordsee auf der einen und den massiven Deichbauten auf der anderen Seite. Damit würde nicht nur ein Weltnaturerbe verloren gehen, sondern auch ein natürlicher Puffer, der die Deiche, das Festland und die küstennahen Siedlungen bislang vor noch größeren Sturmflutschäden bewahrt hat. Die Deichsicherheit geriete dadurch also weiter in Gefahr. Abgesehen davon ist das Watt als einzigartiger Naturraum auch für den Küstentourismus von herausragender Bedeutung.

Ähnlich gravierend und schwierig zu meistern ist das zweite Problem: die bei steigendem Meeresspiegel immer rascher fortschreitende Küstenerosion. Sie betrifft vor allem die sandigen Brandungsküsten, deren Strände das wichtigste Kapital für den wirtschaftlich sehr bedeutsamen Küstentourismus sind – nicht nur an der Nord- und Ostsee, sondern an vielen Orten weltweit.

Auf Sylt werden schon seit den 1990er Jahren jährlich rund zehn Millionen Euro dafür aufgewendet, mit Sandaufspülungen die ständigen Sandverluste an der Westseite zu bekämpfen. Dabei ist diese Insel noch in der glücklichen Lage, dass es vor ihrer Küste ausreichend Sand auf dem Boden der Nordsee gibt, den Schiffe direkt über Rohrleitungen auf den Strand pumpen können. An der Ostsee geht das nicht so einfach. Hier müsste der Sand an vielen Stellen per Schiff oder Lastkraftwagen herantransportiert werden, was jedoch die finanziellen Möglichkeiten der kleineren Küstengemeinden übersteigen würde. Für den Küstentourismus in Deutschland zeichnen sich mittel- bis langfristig also massive Probleme ab.

Weltweit nimmt der Aufwand für Schutzmaßnahmen gegen den ansteigenden Meeresspiegel und die häufiger auftretenden Sturmfluten schon jetzt dramatisch zu. Wohlhabendere Nationen wie die Niederlande und Deutschland verfügen wohl noch auf absehbare Zeit über die finanziellen und technischen Mittel, die Überflutungsrisiken und Landverluste einzudämmen. Aber selbst hier zeigen sich bereits ernst zu nehmende Defizite, beispielsweise bei der Hochwassersicherung in Küstenstädten wie Hamburg, Kiel oder Lübeck. Langfristig müssen wohl Kosten-Nutzen-Überlegungen angestellt werden, wie sich die begrenzten Mittel am effektivsten einsetzen lassen und wo höhere Risiken in Kauf zu nehmen sind.

Ärmere Länder in der Dritten Welt trifft der Anstieg des Meeresspiegels wesentlich stärker. So gibt es in den dicht besiedelten Flussdeltas von Vietnam, Bangladesch oder Ägypten kaum adäquate Deiche und Schutzanlagen. Auf Grund der natürlichen Gegebenheiten wäre hier die Errichtung solcher Bauwerke selbst mit internationaler Finanzhilfe ohnehin sehr schwierig. Auf Inselarchipelen wie den Malediven oder den Bahamas dürfte ein angemessener Hochwasser- und Erosionsschutz mangels Platz und Baumaterial sogar prinzipiell unmöglich sein. Wie so oft leiden also ausgerechnet die wirtschaftlich schwachen Schwellen- und Entwicklungsländer am stärksten unter der fortschreitenden globalen Erwärmung. ~

DER AUTOR

Horst Sterr ist Professor für Physische Geografie und Küstengeografie an der Universität Kiel. Er hat Geografie und Geologie studiert – zunächst an der Universität Regensburg und später an der University of Colorado in Boulder, wo er 1980 auch promovierte. Von 1992 bis 1997 war er wissenschaftlicher Leiter des Verbundvorhabens »Klimaänderungen & Küste« an der Universität Oldenburg. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Klima- und Küstengeografie.

QUELLEN

Brückner, H. et al.: Trifft es nur die Armen? Der Meeresspiegelanstieg und seine Folgen für die Küstentiefländer der Erde. In: Ehlers, E., Leser, H. (Hg.): Geographie heute für die Welt von morgen. Klett-Perthes, Gotha 2002, S. 90–98

Schirmer, M. et al.: Meeresspiegelanstieg und hydrologische Probleme der Küstenzone. In: Lozán, J. L. et al. (Hg.): Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle? 3. Auflage 2011

Sterr, H. et al.: Risikomanagement im Küstenschutz in Norddeutschland. In: Felgentreff, C., Glade, T. (Hg.): Naturrisiken und Sozialkatastrophen. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2007, S. 337–352

Sterr, H.: Assessment of Vulnerability and Adaptation to Sea-Level Rise for the Coastal Zone of Germany. In: Nicholls, R. (Hg.): Global Overview of Coastal Vulnerability and Adaptation to Sea-Level Rise. In: Journal of Coastal Research Special Issue 24, S. 380–393, 2008

Sterr, H. et al.: Die ungewisse Zukunft der Küsten. In: Maribus (Hg.): World Ocean Review. Mare, Hamburg 2011

WEBLINK

Diesen Artikel sowie weiterführende Informationen finden Sie im Internet: **www.spektrum.de/artikel/1142730**