

Küsten – sensible Geo- und Ökosysteme unter zunehmendem Stress

HELMUT BRÜCKNER

16 Figuren im Text

Coasts – vulnerable geo- and eco-systems under increasing stress

Abstract: Coasts are of import to humankind as zones of living, economy and recreation. The growing trend to use coasts for settlement and recreation, plus the rising sea level are major factors of stress on coastal ecosystems. The living aspect is exemplified by the "artificial" coasts of the Bay of Tokyo and by the conflict between housing/recreation and coastal erosion in California; the economic aspect by the possibilities of marine aquaculture as a new industry; the recreation aspect by the growing tourism at the German Wadden Sea and its consequences. Many coasts of the Mediterranean are endangered due to heavy pollution and mass tourism. The tropical tidal woodlands (mangroves) are seriously endangered by overexploitation and deforestation. Coasts are also geo-systems and geo-archives: flights of marine terraces are indicators of glacio-eustasy and neotectonics (example of northern Chile); series of beach ridges may serve to decipher the regional history of glacio-istostatic rebound (Spitsbergen); the Flandrian Transgression considerably shifted all coastal systems world-wide (North Sea); deltas are sensitive geo-archives of the sediment budget over the last 5,000 or so years (Ebro Delta). Finally, scenarios of the future sea-level rise and its impact on coastal eco-systems are discussed. The Island of Sylt serves as an example of how the ongoing heavy coastal erosion may provoke an increase in the quality and quantity of protection measures.

Zusammenfassung: Küsten sind für die Menschheit Lebens-, Wirtschafts- und Erholungsräume. Aufgrund des wachsenden Trends, in Küstengebieten zu wohnen und sich zu erholen, nimmt auch der Stress, dem die Küstenökosysteme ausgesetzt sind, zu. Als Beispiele werden die „künstlichen“ Küsten in der Bucht von Tokio, der Konflikt zwischen Besiedlungsdruck und Küstenerosion in Kalifornien, die Möglichkeiten und Probleme der marinen Aquakultur als neuem Industriezweig und der wachsende Tourismus an der deutschen Nordseeküste vorgestellt. Viele Küsten des Mittelmeerraumes sind durch starke Verschmutzung und den Massentourismus, die artenreichen Mangrovenökosysteme durch Übernutzung und Entwaldung akut bedroht. Küsten können auch als exzellente Geosysteme und Geoarchive dienen: Meeresterrassentreppen sind Zeugen für Glazialeustasie und Neotektonik (Beispiel aus Nordchile); mit Serien von Strandwällen lässt sich die glazialisostatische Hebungsgeschichte einer Region entschlüsseln (Spitzbergen); die Flandrische Transgression hat alle Küstensysteme der Welt beträchtlich verschoben (Nordseeregion); Deltas sind sensible Geoarchive für den Sedimenthaushalt der letzten 5000 Jahre (Ebro-Delta). Schließlich werden Szenarien des zukünftigen Meeresspiegelanstiegs und seiner Auswirkungen auf die Küstenökosysteme diskutiert. Am Beispiel von Sylt wird gezeigt, wie anhaltende, starke Erosion zu verschiedenen Küstenschutzmaßnahmen führen kann.

1. Einleitung

Küsten sind Grenzräume zwischen Land, Meer und Atmosphäre. Da die Erde ein „Wasserplanet“ ist – 71% ihrer Oberfläche werden vom Weltmeer eingenommen –, gibt es entsprechend viele Küsten mit einer Gesamtlänge von über 1 Mio. km (KELLETTAT 1999, S. 85). Sie sind das am weitesten verbreitete Landschaftselement. Allerdings ist die heutige Küstenkonfiguration nur eine Momentaufnahme. Im Verlauf der Erdgeschichte waren viele Gebiete einmal vom Meer bedeckt. Davon zeugen in Deutschland das marine Devon des Rheinischen Schiefergebirges ebenso wie die Ablagerungen des Kreidemeeres in der Münsterländer Bucht oder die oligozänen Meeressande Norddeutschlands. Andererseits gab es Meerestiefstände, bei

denen große Schelfareale trockenfielen – beispielsweise die Hälfte des heutigen Nordseegebiets vor 18000 Jahren. Die Trans- und Regressionszyklen führten zu einer Verschiebung der Strandlinie und damit zum Wandern des Geo- und Ökosystems Küste. Die schnellsten großflächigen Änderungen erfahren Küsten durch katastrophische Ereignisse (z.B. Orkanfluten, tropische Wirbelstürme, Tsunami, Erdbeben; Fig. 1).

Während das Meer die Forschungsdomäne der Ozeanographen ist, haben sich viele Geographen um die Erforschung der Küsten verdient gemacht. Ein voluminöser Sammelband mit den Ergebnissen der Arbeiten deutscher Küstenforscher in den letzten 10 Jahren ist gerade erschienen (KELLETTAT 1998). Im Bereich der Physischen Geographie liegt der Schwerpunkt auf Fragen der Reaktion von Küsten auf Meeresspiegelver-

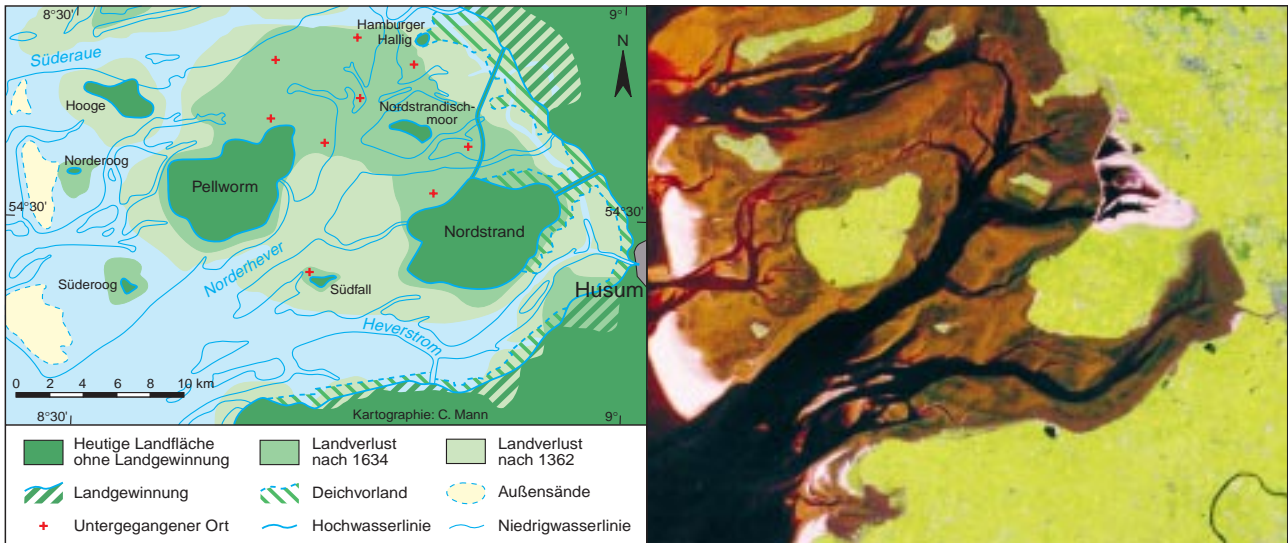


Fig. 1 Landverluste im südlichen Nordfriesischen Wattenmeer (nach MEIER 1996, Abb. 12; Diercke Weltatlas 1996, S. 26, Karte 1; verändert). Durch die Katastrophenfluten von 1362 und 1634 gingen große Teile der Seemarschen im Umfeld der heutigen Inseln Pellworm und Nordstrand verloren – es kam zu dramatischen Küstenveränderungen in kürzester Zeit. Das Satellitenbild (Ausschnitt aus LANDSAT-TM 196022 vom 25. 5. 1989) zeigt Festland, Inseln und Halligen (grün), Wattenmeer (braungrün), Watttrinnen (dunkelbraun) und über das Tidehochwasser aufragende Sandflächen (rosa).

änderungen, auf Datierung und Tektogenese. Kulturgeographische Küstenforschung thematisiert anthropogene Küstenformung, Seeverkehr und Häfen, Küstennutzung durch Fischereiwesen und Fremdenverkehr. Überschneidungen gibt es neuerdings beim Problem des Küstenschutzes (gerade auch angesichts des steigenden Meeresspiegels) und dank der immer bedeutender werdenden ökologischen Herausforderungen.

Aufgrund der konkurrierenden Nutzungsansprüche zwischen Ökologie, Ökonomie, Besiedlungsdruck und Freizeitanspruch unterliegen viele Küsten dieser Erde einem enormen Stress. Mögliche Auswege bieten regio-

nal zu entwickelnde Konzepte für eine ökologisch vertretbare, nachhaltige Nutzung. Daher wird der Ruf nach Strategien für ein integriertes Küstenzonenmanagement immer lauter. Denn Küsten sind nicht nur – naturgeographisch betrachtet – Archive der Erdgeschichte und Sensoren der Neotektonik oder – kulturgeographisch gesehen – Magneten für Besiedlung und Freizeitgestaltung; sie sind auch Schlachtfelder von Interessenkonflikten, Kernräume menschlicher Umweltsünden und Schmutzränder des ökologischen Machtkampfs zwischen Mensch und Natur. Im folgenden werden verschiedene Aspekte der modernen Küstenforschung thematisiert.

Fig. 2 Nutzung der Küstenzonen durch den Menschen

Zone	Nutzung
<i>Küstenferne Zone</i> Schelfe	Fischfang, Ölförderung, mariner Bergbau, Sandgewinnung, Entsorgung von Müll, Abwassereinleitung
Korallenriffe Ästuare	Tourismus, Fischfang, Kalkabbau Bauwerke des Küstenschutzes
<i>Küstennahe Zone</i> Sand- und Kiesstrände	Erholung, Sand- und Kiesabbau, Bauwerke des Küstenschutzes, Strandsiedlungen, Infrastruktur für den Tourismus
Watt- und Marschgebiete Abrasionsplattformen	Aquakulturen, Naturschutzgebiete Ernten von Meeresfrüchten
<i>Trockener Strandbereich</i> Dünen	Erholung, Campingplätze, Golfplätze, Naturreservate, Gebäude, Wassergewinnung, Manövergebiete
Kliffe	Bauwerke des Küstenschutzes, Gebäude auf dem Klifftop
<i>Küstennahes Festland</i> Küstenstädte und Neulandgewinnungsgebiete	Häfen, Marinas, Wohnsiedlungen, Industriegebiete, Agrarland, Naturschutzgebiete, Tourismus

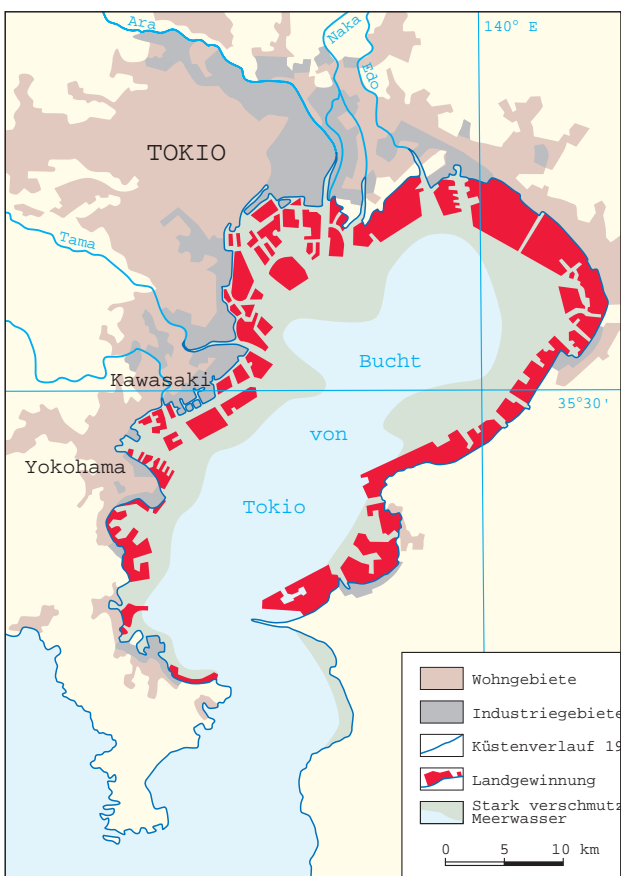
2. Die Bedeutung von Küsten für den Menschen

Küsten sind für den Menschen Lebens-, Wirtschafts- und Erholungsräume (Fig. 2). Dass damit in Zeiten des Bevölkerungswachstums und Massentourismus viele Küstenökosysteme einem starken Stress ausgesetzt sind, soll nun exemplarisch belegt werden.

2.1. Küstenzonen als Lebensraum

Tokio mit seinen 31,8 Mio. Einwohnern (Metropolitane Agglomeration, 1990; BRONGER 1997, Fig. 1) übt einen unglaublichen Druck auf die Meeresbucht aus, um die sich die größte aller Megastädte entwickelt hat (Fig. 3). Weil bei einer Bevölkerungsdichte von 2420 Ew./km² freie Grundstücke kaum noch vorhanden sind, andererseits der Bedarf an Siedlungs- und Gewerbeflächen ständig steigt, kam es nach dem Zweiten Weltkrieg zu massiver Neulandgewinnung – vorwiegend für die ohnehin bereits an vielen Küstenabschnitten angesiedelte Industrie. Dadurch ist eine völlig neue, künstliche Küste entstanden. Durch den massiven anthropogenen Eingriff sind die natürlichen Ökosysteme an Land weitgehend zerstört worden und im Meer aufgrund der

Fig. 3 Künstliche Küsten durch Neulandgewinnung sowie starke Umweltverschmutzung in der Bucht von Tokio (KELLETTAT 1995, Fig. 349)



hohen Umweltverschmutzung zumindest stark beeinträchtigt.

Dass Küstenräume bevorzugte Lebensräume des Menschen sind, gleichzeitig aber eine hohe Vulnerabilität aufweisen, zeigt sich auch exemplarisch sowohl an der US-amerikanischen Atlantikküste (gefährdete Feuchtbiotope wie Watten und Küstensümpfe, starker Besiedlungsdruck, Küstenerosion; Fig. 16) als auch an der Pazifikküste.

Das Beispiel *Kalifornien* demonstriert den zunehmenden Konflikt einer Küstenzone, die einerseits Naturrisiken (Erdbeben, Tsunami, Sturmfluten, Erdstößen) ausgesetzt ist und daher eine große Labilität besitzt, andererseits aber den Wunsch der 31,5 Mio. Einwohner (Angabe von 1993) nach Freizeit, Erholung und Siedlungsraum befriedigen soll, von denen 80% innerhalb eines lediglich 50 km breiten Küstenstreifens leben (mit wachsender Tendenz). Die Siedlungsdichte ist im Los Angeles County mit 120000 Einwohnern pro Küstenmeile (entspricht 1,6 km) besonders hoch (GRIGGS 1994). Dazu kommen in jedem Jahr mehrere Millionen Besucher.

Bestimmte Küstenabschnitte Kaliforniens stehen unter großem Druck als Wohn- und Erholungsgebiete. Dabei unterliegen 1500 km der insgesamt 1760 km langen Küste dieses US-Bundesstaates aktiver Abrasion (GRIGGS 1994, S. 1). Trotzdem geht die Besiedlung selbst in Gebieten mit Küstenerosion und Überflutungsgefahr weiter. In den letzten 15 Jahren ist es dort zu Sturmflutschäden von über 150 Mio. US-\$ gekommen. An der zentralkalifornischen Küste bei Santa Cruz wurden in einem Zeitraum von 62 Jahren Kliffrückzugsraten zwischen 10 und 45 cm/Jahr gemessen; besonders hoch sind die Beträge (bis 60 cm/Jahr) an Küstenabschnitten mit wenig konsolidierten Sedimentserien. In Sanddünen der südlichen Bucht von Monterey ist es in den letzten 40 Jahren zu einer Küstenerosion von bis zu 240 cm/Jahr gekommen (weitere Beispiele in GRIGGS 1994). Zukünftige Planungen sollten geologisch-geomorphologische Gutachten über Kliffstabilität, Erosionsraten, Reichweite von Sturmflutwellen und Überflutungsrisiken berücksichtigen.

2.2. Küstenzonen als Wirtschaftsraum

Küsten waren für den wirtschaftenden Menschen schon immer von großer Bedeutung. Der Umschlag von Gütern und Personen ließ an der Grenzlinie Land/Meer Hafenstädte entstehen und mit Zunahme des Verkehrs in ihrer Bedeutung wachsen. Der Wachstumstrend der Küstenstädte ist bis heute ungebrochen. Über Jahrhunderte betrachtet, sind aber auch viele Hafenstädte untergegangen, weil ihre ursprüngliche Funktion durch Verlandung verloren ging. Klassische Beispiele sind Ephesos und Milet in der heutigen Westtürkei (BRÜCKNER 1998); auch Ostia antica, der frühere Hafen Roms an der Mündung des Tibers, gehört dazu.

Von den verschiedenen Aspekten der Küstenzone als Wirtschaftsraum – man könnte an Hafenstandorte, Küstenfischerei, Küstenbergbau u. ä. denken – soll hier der relativ neue Aspekt der marinen Aquakultur als Wirtschaftszweig thematisiert werden.

Das Meer gewinnt als Nahrungsquelle zunehmend an Bedeutung. Dabei ist nicht nur an Hochsee-, sondern auch an Küstenfischerei zu denken. Allerdings sind die Erträge der Weltfischerei mit rund 100 Mio. t/Jahr mittlerweile an eine biologische Grenze gekommen (SAINT-PAUL 1995). Auswege, um die sich auftuende Lücke zwischen Ertrag und Bedarf zu schließen, sind ein besseres Fischereimanagement und eine Verstärkung der Aquakulturproduktion.

Aquakultur ist ein junger, expandierender Wirtschaftszweig. In der Dekade 1984–1994 stieg die weltweite Aquakulturproduktion von 10 auf 25 Mio. t/Jahr, der Warenwert von 13 auf 40 Mrd. US-\$. Noch macht die binnenländische davon den Großteil aus, doch der Anteil der marinen Aquakultur nimmt deutlich zu: von 1990 bis 1995 um 62% (alle Angaben nach FAO 1996, zit. in SCHWACKENBERG & GLÄSSER 1998). Marikultur trägt schon jetzt mit ca. 10% zur Fischproduktion des Mittelmeeres bei (UNEP 1996, S. 4).

In Europa hat Aquakultur vor allem in Norwegen einen hohen Stellenwert. Seit den 70er Jahren ist dort die Lachsproduktion von unter 1000 t auf nahezu 300000 t (1996) gestiegen; in geschützten Küstengebieten erzeugen 800 Fischfarmen 50% aller gezüchteten Atlantiklachs weltweit. Allein die Aquakulturprodukte machen Exporte im Wert von 7 Mrd. NOK aus, das sind 35% des Warenwerts aller Fischexporte des Landes (SCHWACKENBERG & GLÄSSER 1998).

Die marine Aquakultur wird zunehmend zu einer ökonomischen Basis für periphere Räume. Probleme kann die Eutrophierung des Meerwassers durch Fäkalien und überschüssige Futtermittel darstellen. In Küstengewässern mit starkem Selbstreinigungseffekt – etwa durch großen Tidenhub oder aufgrund großer Tiefe (z. B. norwegische Fjorde) – ist diese Gefahr allerdings gering.

2.3. Küstenzonen als Erholungsraum

Aufgrund des Massentourismus unterliegen viele Küsten einem hohen Stress, denn unter den Erholungsgebieten rangieren sie an oberster Stelle. Dies hat einen nachhaltigen, zum Teil irreversiblen Einfluß auf die Küstenökosysteme. Durch permanente Einrichtungen sind natürliche Habitate unwiederbringlich verloren gegangen. Zudem (zer)stören die Freizeitaktivitäten der Touristen Küsten- und Meeressysteme. In Europa gilt das vor allem für die Küsten des Mittelmeeres, aber auch die der Nordsee.

Dank des angenehmen Klimas ist der *Mittelmeerraum* ein Magnet für den Tourismus – besonders während der heißen und trockenen Sommermonate. Die Bilder der „Ölsardinen“ an vielen Mittelmeerstränden

sind bekannt. In jedem Jahr erhöht sich die Zahl der Küstenbewohner vorübergehend um derzeit 150 Mio. Touristen. Im Jahre 2025 sollen es 340 Mio. sein – zusätzlich zu dem weiterhin wachsenden Binnentourismus. Schon jetzt verdoppelt sich in Frankreich und Spanien die Küstenbevölkerung im Sommer. Der enorme Wasserverbrauch führt in manchen Küstengebieten zur Versalzung infolge der Übernutzung der Aquifere für den touristischen Bedarf und für Bewässerungszwecke.

Das gesamte *Wattenmeer der Nordsee* – von Dänemark bis zu den Niederlanden – ist eine der letzten Naturlandschaften Europas. Es wird jährlich von 10 Mio. Zugvögeln besucht und dient vielen Meerestieren als Kinderstube. Ein Großteil dieses ökologisch einzigartigen Gebiets ist in Deutschland zum Nationalpark erklärt worden (Umweltatlas Wattenmeer 1998).

Ab Mitte der 60er Jahre begann die Entwicklung des Massentourismus. An der deutschen Nordseeküste stieg die Zahl der registrierten Gäste von etwa 340000 (1965, nur Sommermonate) auf 1250000 (1995, ganzes Jahr), die Zahl der Übernachtungen von etwa 4,8 Mio. auf über 12 Mio. (KLUG & KLUG 1998, Fig. 3). Die Folge war (und ist) eine enorme Zunahme an touristischer Infrastruktur.

Am Beispiel *St. Peter-Ording* zeigt sich, wie das natürliche Küstenökosystem den Ansprüchen des Massentourismus zum Opfer fiel (KLUG & KLUG 1998, S. 205 ff.): An der Westseite der Halbinsel Eiderstedt gelegen, ist das Gebiet um St. Peter-Ording ein einzigartiges Biotopgefüge aus Sandbänken, Salzmarschen, Dünen, Feuchtbiotopen, Marschen und Watten. 1878 waren Dünen und Watten noch fast unbesiedelt. 1928 wurden in St. Peter über 12000 Gäste gezählt. Bis 1961 wuchsen dann die bebauten Gebiete stetig. Mit dem Einsetzen des Massentourismus beschleunigte sich dieser Prozess. Mittlerweile hat die Siedlung einen Großteil des ursprünglichen Dünenareals eingenommen. Die Aktivitäten der Touristen haben schwerwiegende ökologische und geomorphologische Folgen für die Küstenlandschaft (vgl. KLUG & KLUG 1998): Die Wattflächen dienen als Erholungsräume für Bootsfahrten, Ausflüge, Sportfischerei; küstennah tummeln sich Wattwanderer und Windsurfer. Besonders die Habitate von Vögeln werden dadurch nachhaltig beeinflusst: ein Windsurfer reicht aus, um 89% der Wasservögel aus einem Wassergebiet von 60 ha zu vertreiben. Viele der menschlichen Aktivitäten bedeuten für die Avifauna Stress, was sich negativ auf die Population auswirkt. Bei Salzmarschen zeigt sich die Zerstörung schon an der Zahl der sie durchziehenden Pfade. Dünen werden einerseits durch Versiegelung zur Anlage von Straßen, Parkplätzen und Gebäuden zerstört, andererseits durch Dünenwanderer, die Trampelpfade austreten und damit die Vegetation schädigen. Ohne Vegetation unterliegen die Oberflächen der Deflation.

In manchen Küstenregionen ist die maximale ökologische Tragfähigkeit vieler Küstenökosysteme in Bezug auf Tourismus erreicht, z. T. schon deutlich überschritten. Letzteres gilt an der Nordseeküste besonders für

viele Dünengebiete, Teilbereiche der Salzmarschen und Randgebiete der Wattflächen, an der Ostseeküste für Teile der Küste, der Feuchtbiotope und der Strandwälder. Der Tourismus ist dabei, seine eigene Grundlage – den Erholungswert der Küstenlandschaft – zu zerstören (KLUG & KLUG 1998, S. 218).

3. Weitere Küstenökosysteme unter zunehmendem Stress

3.1. Küstenökosysteme des Mittelmeeres – Stress durch Umweltverschmutzung

Das Mittelmeer ist eine der größten Kloaken der Welt. Die Anrainerstaaten leiten jährlich ca. $1,7 \cdot 10^9$ m³ kommunaler Abwässer (davon rund 3/4 ungeklärt) und ca. $66 \cdot 10^9$ m³ industrieller Abwässer ein; für die Hälfte der Küstenbevölkerung gibt es keine primäre kommunale Kläranlage. Dazu kommen pro Jahr 12 Mio. t organische Schadstoffe, 1,5 Mio. t Öl, 1,1 Mio. t Nitrat, 360 000 t Phosphat, 60 000 t Reinigungsmittel, 21 000 t Zink, 3 800 t Blei, 2 400 t Cadmium, 100 t Quecksilber usw.; dabei ist der atmosphärische Eintrag noch nicht berücksichtigt (UNEP/FAO/WHO 1996).

Die Studie der UN-Umweltorganisation über den Zustand des Mittelmeeres und seiner Küsten thematisiert als hauptsächliche Problembereiche (UNEP 1996, S. 112): Stress durch Tourismus, Abfallbeseitigung, Abwasserreinigung, Wasserversorgung, Luftverschmutzung, Bodenerosion, Verschmutzung der Küstengewässer, Verstädterung und Industrialisierung in Küstengebieten. Abfälle und Teerklumpen auf den Stränden sind offensichtliche Beispiele von Verschmutzung. Lagunen, Buchten und flache Küstengewässer sind besonders bedroht. Das sind im Mittelmeer insbesondere Küsten in der Umgebung von Barcelona (Spanien), Banyuls-sur-Mer (Frankreich), von der Mündung der Rhône bis südlich Neapel, die nördliche Adriaküste Italiens (Fig. 4) – ferner der Golf von Izmir (Türkei), viele Küstenabschnitte der Levante, die Mündung des Nils bei Alexandria sowie die Westküsten von Kreta und Zypern.

Die *Küstenbevölkerung* der Mittelmeeraanrainer betrug 1985 etwa 133 Millionen. Dabei war die Bevölkerungsdichte der angrenzenden Länder in den Küstenzonen durchschnittlich dreimal höher als im übrigen Land. Dieser Trend ist ungebrochen: Die Zahl (133 Mio.) wird sich den Prognosen zufolge bis 2025 verdoppeln (UNEP 1996, S. 29). In der Umgebung der wichtigen Hafenstädte ist der Grad der Urbanisierung besonders hoch. Als Ergebnis der starken Nachfrage nach Wohnungen und Ferienhäusern sind heute rund 70% des Küstenstreifens zwischen Barcelona und Neapel besiedelt (UNEP 1996, S. 2). Auf die Probleme durch den *Massentourismus* wurde bereits oben (Kap. 2.3) hingewiesen.

Der Eintrag von Pestiziden, Herbiziden und Düngemitteln aus der *Landwirtschaft* – entweder durch direkten Oberflächenabfluß oder indirekt durch Flüsse –

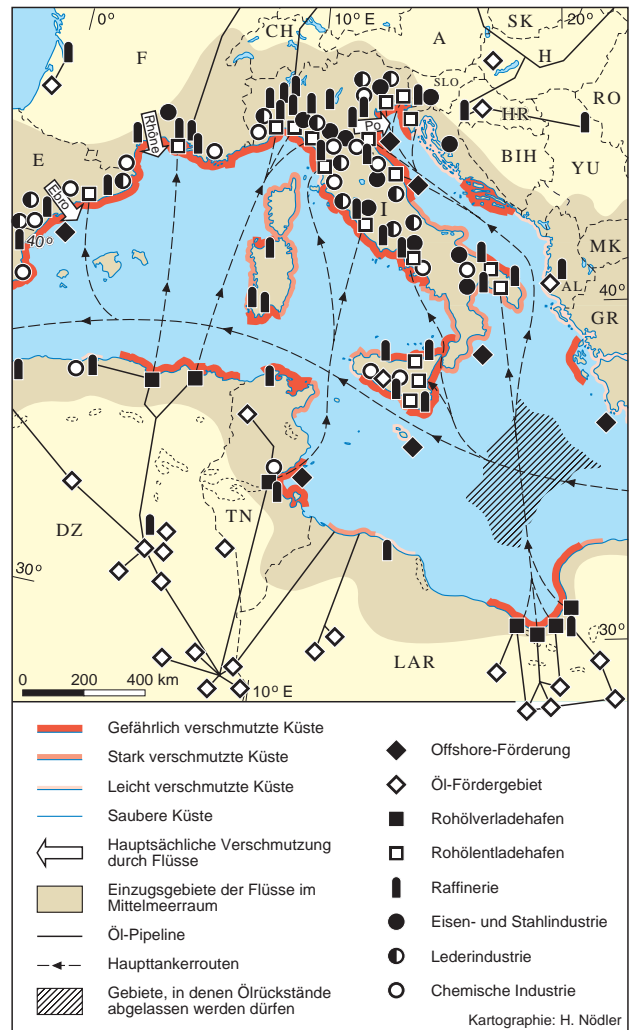


Fig. 4 Die Verschmutzung des zentralen Mittelmeeres und seiner Küsten (nach Klug 1986, Abb. 2; geringfügig verändert)

wirkt sich negativ auf die küstennahen Ökosysteme aus und kann zur Eutrophierung der Küstengewässer führen. Mögliche Folgen sind Algenblüte („red tides“) und Quallenplagen. Die *Industrie* ist hauptsächlich um die großen Hafenstädte angesiedelt. Sie ist ein Hauptverursacher der Verschmutzung. Italien, Frankreich und Spanien erzeugen zusammen 87% der Industrieproduktion der Mittelmeeraanrainer (UNEP 1996, S. 2). Das Kühlwasser von Kraftwerken beeinträchtigt die biologischen Systeme in der Nähe der Emissionszentren.

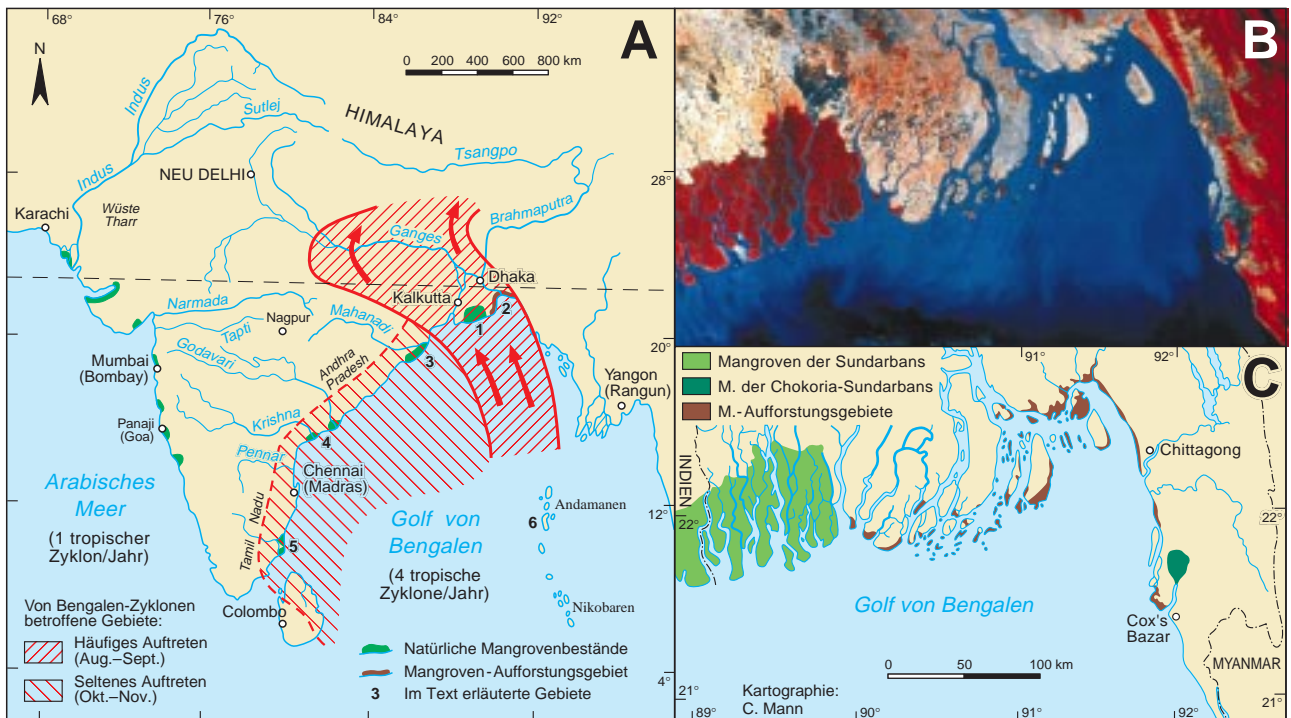
Die wachsende Umweltverschmutzung und der damit einhergehende Verlust an Biodiversität hat zur Einrichtung von *Schutzzonen* geführt, um bedrohte Arten zu erhalten. 1996 waren 123 „Specially Protected Areas“ unter dem SPA-Protokoll des Umweltprogramms der Vereinten Nationen ausgewiesen, 47 davon mit einem marinen Anteil. Darunter sind laut UNEP (1996, S. 7): Sanddünen (gefährdet durch Erosion und Tourismus), Strandseen, Salzmarschen und Feuchtbiotope (gefährdet durch Entwässerung und Deponierung) sowie der Bereich des trockenen Strandes (gefährdet durch Abfallentsorgung).

3.2. Mangrovenküsten als gefährdete Ökosysteme – Stress durch Übernutzung

Die Biodiversität von Mangrovenökosystemen ist beeindruckend. In den Gezeitenwäldern zwischen Indien und Nordaustralien leben 193 Pflanzen-, 397 Fisch-, 259 Krebs- und 256 Muschelarten (RAO 1987, zit. in UTHOFF 1998, S. 352). Mit der Zerstörung des Areals und der Nutzungsänderung geht diese Vielfalt verloren. Die Übernutzung der Mangrovenwälder bis hin zur ihrer irreversiblen Zerstörung ist in Südostasien noch dramatischer als die Vernichtung der dortigen tropischen Regenwälder. Doch während es für Letzteres eine wachsende Aufmerksamkeit in der Weltöffentlichkeit gibt, vollzieht sich die Zerstörung der Mangrovenökosysteme weitgehend unbemerkt.

Traditionell lieferten die Gezeitenwälder den von Subsistenzwirtschaft lebenden Menschen Nahrungsmittel und Luxusgüter (Fische, Krebstiere, Früchte, Eier, Gemüse, Honig, Zucker, Alkohol, Essig, Gewürze), Bau- und Brennholz, Flechtmaterial, Viehfutter, Dünger und Arzneien. Viele dieser Nutzungen sind mittlerweile der Entnahme und Herstellung von vermarktungsfähigen Gütern gewichen. Nun werden vor allem Bau- und Brennholz, Holzkohle, Webfasern, Speisefische, Krebstiere und Muscheln nachgefragt. Die selektive und z. T. übermäßige Nutzung führt zur Degradation der Bestände. Die Artenvielfalt geht auf Kosten von profitorientierten Wäldern – hauptsächlich *Rhizophora*-Monokulturen – verloren. Dies hat die Funktion der Mangrove als Küstenschutz und auch als Laich- und Brutstätte stark eingeschränkt (UTHOFF 1998).

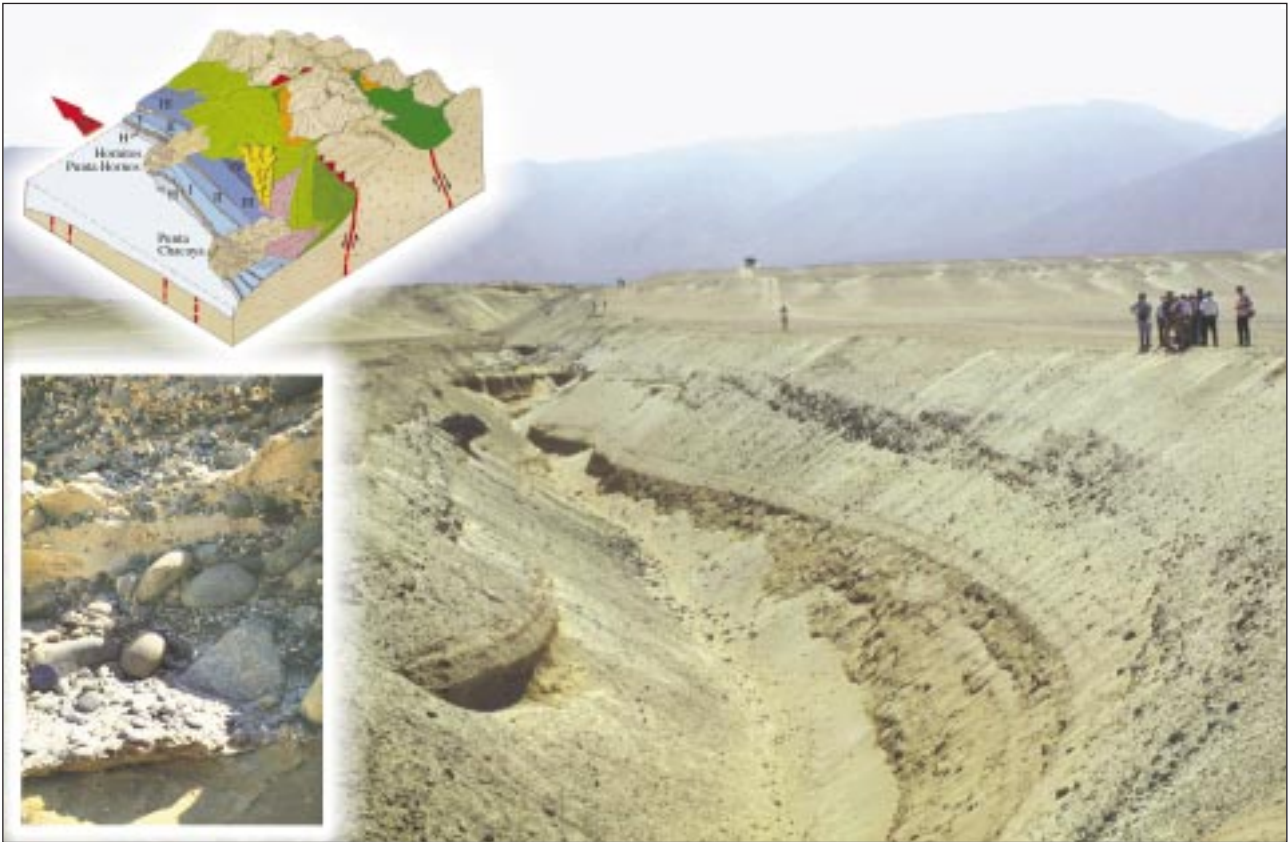
Fig. 5 Die Bedeutung der Mangroven als Küstenschutz vor tropischen Wirbelstürmen (aus BLASCO et al. 1994, Fig. 1, und CHAUDHURY 1989, zit. in BLASCO et al. 1994, Fig. 3)



Durchschnittlich vier Bengalen-Zyklone treffen jährlich die Küsten Bangladeschs und Indiens (A). Besonders häufig sind sie im August–September; ihre Hauptzugbahnen sind dann der eng schraffierte Bereich; die selteneren Zyklone im Oktober–November beeinträchtigen überwiegend die Ostküste Indiens (weit schraffierter Bereich). Vor allem im Mündungsgebiet von Ganges und Brahmaputra sind die Schäden hoch: Das Gebiet liegt sehr tief, so dass die Sturmfluten weit landeinwärts dringen können; der Rückstau in den Flüssen lässt das Land außerdem „von hinten“ ertrinken.

Die Mangrovenwälder der Sundarbans [Nr. 1 in (A), vgl. auch das Satellitenbild (B)] umfassen etwa 4 050 km² in Bangladesch und 2 000 km² in Indien. Sie waren für Bangladesch lange Zeit der wirksamste Schutz vor den Sturmfluten, die durch die Bengalen-Zyklone ausgelöst wurden und mit verheerenden Überschwemmungen und starker Küstenerosion einhergingen. Ihre Abholzung ließ das Ausmaß der Schäden um ein Vielfaches ansteigen. Jetzt kommt es in einigen Distrikten bereits wieder zu Aufforstungsmaßnahmen. Diese Areale im Mündungsgebiet von Ganges und Brahmaputra sind in (C) kartiert. Gleiches gilt übrigens inzwischen für neun von 22 Küstenprovinzen Thailands (Angaben für 1992 in UTHOFF 1998).

Die wichtigsten Mangrovenbestände Südasiens sind in (A) eingetragen. In unserem Zusammenhang interessieren die Sundarbans (Nr. 1, 6 050 km²) und das Aufforstungsgebiet (Nr. 2, 1 500 km²) sowie Areale in den Bundesstaaten Orissa (Nr. 3, 50 km²), Andhra Pradesh (Nr. 4, 100 km²), Tamil Nadu (Nr. 5, 15 km²) und auf den Andamanen und Nikobaren (Nr. 6, 780 km²). Quelle: BLASCO et al. (1994, Tab. 1)



Das Großfoto zeigt einen Teil der Terrassentreppe von Hornitos. Die Personen stehen auf der ersten pleistozänen Meeresterrasse (I). Im Hintergrund ist die sie bergwärts begrenzende Terrassenkante erkennbar, dahinter ein Teil der Küstenkordillere. Dank der extremen Aridität dieses Gebietes (Teil der Atacama) lassen sich die Terrassen nach Topographie und Geologie gut studieren. Im Anschnitt des Wadis erkennt man den geologischen Bau: Unter den terrestrischen Deckschichten liegen die marinen Sedimente. Ihr Kontakt zum Anstehenden offenbart eine zweistufige Abrasionsplattform mit zwei verschiedenen Sedimentkörpern (vgl. die Ausbisse der Transgressionskonglomerate). Beide Stufen wurden während relativer Meeresspiegelhochstände geschaffen – nach ORTLIEB et al. (1996, Fig. 3) in den Sauerstoffisotopenstufen 5c und 5e. Auf dem Detailfoto erkennt man im unteren Teil die Transgressionsdiskordanz zwischen Anstehendem und Terrassensedimenten. Darüber liegen große Transgressionsgerölle. Sie sind durch eine Kalkkruste zementiert (Durchmesser des Objektivdeckels: 5 cm). Das Blockdiagramm der Buchten von Hornitos und Chacaya veranschaulicht neben den holozänen Strandablagerungen (H) die pleistozänen Meeresterrassen I–IV, die – gemäß den Datierungen von ORTLIEB et al. (1996) – den Sauerstoffisotopenstufen 5, 7, 9 und möglicherweise 11 zugeordnet werden. Außerdem erkennt man die aus dem Gebirge kommenden Schwemmfächer sowie die während des späten Mittelpleistozäns und im Spätpleistozän aktiven Hauptverwerfungen.

Fig. 6 Die Meeresterrassentreppe bei Hornitos unmittelbar nördlich der Mejillones-Halbinsel, etwa 100 km nördlich von Antofagasta/ Nordchile (Blockbild aus ORTLIEB et al. 1996, Fig. 4; Fotos: BRÜCKNER)

Die Zerstörung der Mangrovenbestände ist auch eine Folge der Umwandlung ihres Areals in andere Formen der Landnutzung wie Salzgärten, Ackerland oder für Infrastrukturmaßnahmen (Schiffshäfen, Flughäfen, Straßen). Die Gezeitenwälder müssen in zunehmendem Maße Wohn- und Industriegebieten, Touristensiedlungen und Freizeiteinrichtungen weichen. Ihr Gebiet dient darüber hinaus der Entnahme von Rohmaterial, der Schaffung von Schlackenhalde und der Anlage von Zuchtbecken für Speisefische, Garnelen und Krebse. Zu diesem Zweck werden Dämme und Deiche gebaut, die den Gezeitenstrom unterbinden und damit das sensible Ökosystem dieser Küstenwälder irreversibel schädigen. In allen Ländern Südostasiens ist der größte Verlust an Mangrovegebieten in den letzten Jahren

auf die Ausbreitung der Aquakultur für Garnelen zurückzuführen (UTHOFF 1998).

Zur Untermauerung einige Zahlen (zusammengestellt in UTHOFF 1998, Tab. 4): Im Zeitraum 1968–1990 verloren die Philippinen 3155 km² Mangrovenfläche; das sind 70,4% des Bestandes oder 143 km² pro Jahr. In Thailand wurde das Mangrovegebiet von 1961 bis 1991 um 1934 km² reduziert; das entspricht einer Verminderung des Bestandes um 53% in 30 Jahren oder um jährlich 65 km². Wenn diese Zerstörungsrate anhält, werden die Restbestände in wenigen Dekaden verloren sein. Schutz und nachhaltige Nutzung der verbliebenen Restflächen in Süd- und Südostasien sind daher – und aus Gründen des Küstenschutzes (Fig. 5) – unverzichtbare Forderungen.

4. Küsten als Geosysteme und Geoarchive

4.1. Meeresterrassen als Zeugen für Glazialeustasie und Neotektonik

Aufgrund des Auf- und Abbaus der Eiskalotten im Quartär hat sich der Meeresspiegel – und damit die Küste – stark verändert. Man geht heute davon aus, dass selbst in den wärmsten Phasen der Interglaziale der Brunhes-Epoche (seit 780000 Jahren) der Meeresspiegel glazialeustatisch nie über seinem heutigen Niveau lag. Eine Ausnahme bildet der Höhepunkt der letzten Warmzeit, also Sauerstoffisotopenstufe 5e, als er vermutlich +6 m (Fehlerrange: ± 5 m) erreichte. Zum Regressionsmaximum der letzten Kaltzeit vor etwa 18000 Jahren lag er ca. 125 m unter seinem heutigen Niveau (Näheres u. a. in BRÜCKNER & RADTKE 1990).

An Hebungsküsten kann es aufgrund der Interferenz von Tektonik und Glazialeustasie zur Ausbildung einer Meeresterrassentreppe kommen. Schöne Beispiele dafür sind aus Süditalien (BRÜCKNER 1980) und Südamerika (RADTKE 1989) beschrieben worden. Neuerdings haben ORTLIEB et al. (1996) derartige Terrassensequenzen in Nordchile untersucht (Fig. 6). Dort ist der Grund für die Hebungstektonik die Subduktion der Nazcaplatte unter die Südamerikanische Platte.

Aufgrund ihrer geomorphologischen, sedimentologischen und chronostratigraphischen Studien konnten ORTLIEB et al. (1996) die Meeresterrassen den Sauerstoffisotopenstufen 5c, 5e (letztes Interglazial um 105 bzw. 125 ka), 7 (vielleicht zwei Episoden; vorletztes Interglazial mit Höhepunkt um 200–220 ka) und Stufe 9 (Serie von Strandwällen; vorvorletztes Interglazial mit Höhepunkt um 330 ka) zuordnen. Die Chronostratigraphie basiert auf der Datierung der in den Terrassenkörpern enthaltenen Muscheln mit Uran-Serien ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$, TIMS) und Aminosäurerazemisierung. Aus der heutigen Höhenlage der einzelnen Terrassenstufen lässt sich für die nordchilenische Küstenebene eine hohe durchschnittliche Hebungsrates von 240 mm/Jahrtausend in den letzten 330000 Jahren ermitteln (ORTLIEB et al. 1996).

4.2. Strandwallsequenzen als Zeugen für Glazialisostasie

Im letzten Glazial waren weite Teile Nordeuropas (vor allem Fennoskandiens) und Kanadas mit bis zu 3300 m mächtigen Eiskappen bedeckt. Diese Auflast drückte die Lithosphäre in die zähplastische Asthenosphäre. Die spätglaziale und vor allem holozäne Erwärmung führte zum Abschmelzen der Eismassen und dadurch zur glazialisostatischen Hebung der ehemals vereisten Gebiete. Wo die Hebung größer war als der weltweite Meeresspiegelanstieg der sog. Flandrischen Transgression kam es zur Regression des Meeres, wodurch sich die Küste ständig verlagerte. Die höchsten marinen Zeugen liegen heute in Schweden 294 m ü. d. M.

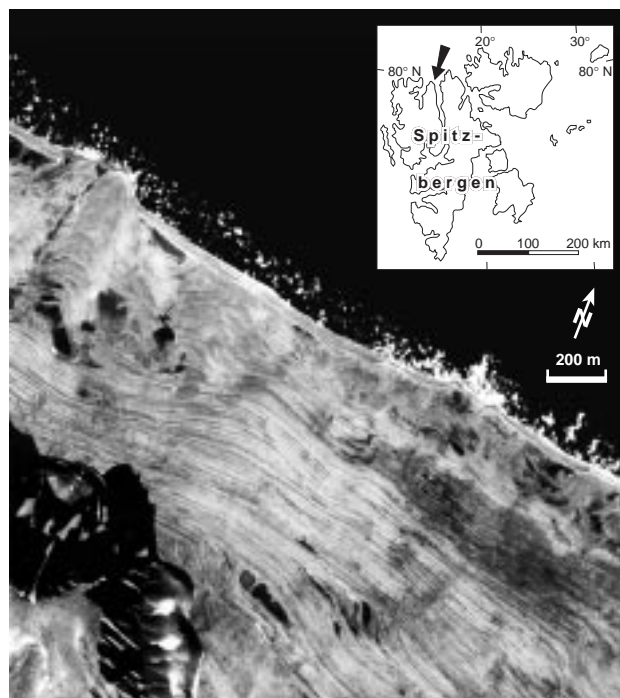


Fig. 7 Strandwälle in der Umgebung von Gråhuku (Nordspitze des Andréelands, Spitzbergen) zwischen Woodfjord und Wijdefjord als Folge der glazialisostatischen Hebung im Spätglazial und Frühholozän

In Spitzbergen führte die glazialisostatische Ausgleichsbewegung zur Bildung von über 100 Strandwällen (Fig. 7). Jeder von ihnen zeichnet eine ehemalige Küstenlinie nach. In den meisten Fällen hat sich ein Sturmniveau erhalten, das beim nachfolgenden Sturm aufgrund der inzwischen erfolgten Hebung nicht wieder erreicht wurde. In der Umrahmung des Woodfjords (Nordspitzbergen) wurde die untere Strandwallsequenz auf 11535 bis 8775 Jahre vor heute datiert (BRÜCKNER & HALFAR 1994, BRÜCKNER 1996; konventionelle, unkorrigierte ^{14}C -Alter). Da die Strandwälle in 40–42 m über dem heutigen Meeresspiegel ca. 11000 Jahre alt sind und damals der Weltmeeresspiegel mehrere Dekameter (mindestens 30 m, vielleicht sogar 65 m; vgl. CHAPPELL & POLACH 1991) unter seinem heutigen Niveau lag, errechnet sich daraus für den äußeren Woodfjord eine absolute Hebung von mindestens 70 m, gegebenenfalls sogar bis 105 m. Mittlerweile ist der glazialisostatische Ausgleich abgeklungen; die postglaziale Transgression hat schon an vielen Stellen ein aktives Kliff ausgebildet.

4.3. Weltweite Verlagerung der Küstensysteme durch die Flandrische Transgression

Die Flandrische Transgression hatte ihren maximalen Meeresspiegelanstieg zwischen 15 und 6 ka mit durchschnittlich über 10 mm/Jahr. Dadurch verschoben sich in geologisch kurzer Zeit die Küsten dieser Erde – und damit ihre Geo- und Ökosysteme – enorm. Große Teile

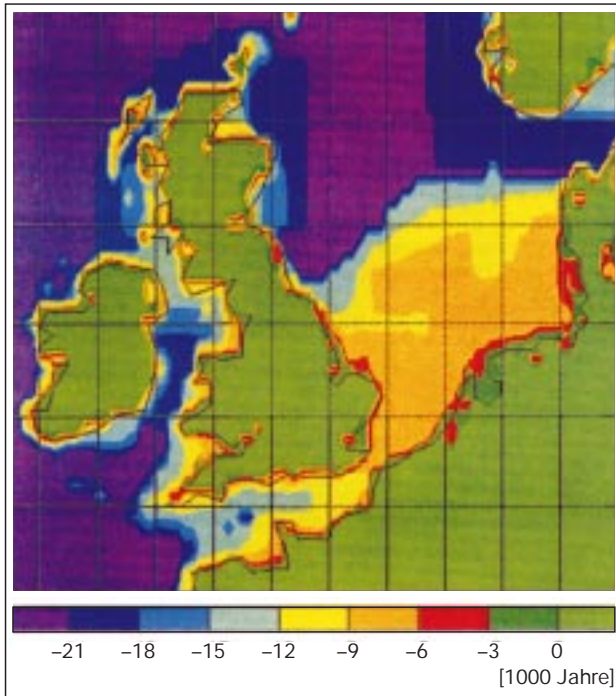


Fig. 8 Die Auswirkung der Flandrischen Transgression in Nordwesteuropa. Das Modell zeigt, in welchen Zeitabschnitten die Landbrücke zwischen Großbritannien und dem europäischen Festland geflutet wurde (nach einem Modell von PELTIER 1994, zit. nach PIRAZZOLI 1996, Fig. 56).

des Landes ertranken an den Kontinenträndern. In vielen Gebieten stellten sich ähnliche Verhältnisse ein, wie sie schon im letzten Interglazial geherrscht hatten: Die ehemalige Landbrücke der Aläuten wandelte sich wieder zur Inselkette, Australien und Neuguinea wurden erneut getrennt, Samos wurde wieder zur Insel usw. Besonders große Transgressionsbeträge gab es im Bereich flacher Schelfe. Im Nordseegebiet verschob sich allein zwischen 8600 und 7100 Jahren vor heute die Strandlinie um rund 250 km, das entspricht fast 170 m pro Jahr (STREIF 1989, zit. in JELGERSMA & TOOLEY 1995, S. 133; vgl. auch Fig. 8). Die Auswirkungen der Flandrischen Transgression sind wahrscheinlich der Hinter-

Fig. 9 Durchschnittliche jährliche Suspensionsfracht in ausgewählten Deltagebieten (aus KELLETAT 1995, Tab. 1)

Deltagebiet	Suspensionsfracht [10 ⁶ t/Jahr]
Ganges-Brahmaputra (Indien)	1500–1800
Huang He (China)	630–1850
Amazonas (Brasilien)	1000
Mekong (Vietnam)	1000
Mississippi (USA)	750
Nil (Ägypten)	120 ¹
Donau (Rumänien)	83
Po (Italien)	18

¹ vor dem Bau des Assuan-Hochdamms

grund für die Atlantislegende. Neuerdings machen PITMAN & RYAN (1998) auf das katastrophische Einströmen von Mittelmeerwasser in das Becken des Schwarzen Meeres aufmerksam, als im Zuge dieser Transgression vor 7600 Jahren im Bosphorus die Schwelle zwischen beiden Meeren überflutet wurde. (Dass sie dieses Ereignis mit der Sintfluterzählung in Verbindung bringen, ist allerdings eine abenteuerliche Hypothese.)

Jedenfalls war vor ca. 6000–5000 Jahren etwa das heutige Meeresspiegelniveau erreicht. Zahlreiche interessante Beispiele für die Ursachen und Auswirkungen der Meeresspiegelschwankungen in den letzten 20000 Jahren finden sich in PIRAZZOLI (1996).

4.4. Deltagebiete – Geoarchive unter wachsendem Stress aufgrund mangelnder Sedimentversorgung

In den Mündungsgebieten der großen Flüsse kam es nach dem (relativen) holozänen Transgressionsmaximum vor 5000–6000 Jahren durch den Aufbau von Deltas wieder zur meerwärtigen Verschiebung der Strandlinie. Sie waren schon seit der Antike wegen des fruchtbaren Ackerlandes, der guten Möglichkeiten zum Fischfang und als Siedlungsgebiet von fundamentaler Bedeutung für die menschlichen Gesellschaften (vgl. auch BRÜCKNER 1998). Die bedeutendsten Deltas des Mittelmeeres sind diejenigen von Nil (22000 km²), Po (770 km²), Rhône (720 km²) und Ebro (320 km²). Wengleich ihre jeweilige Sedimentfracht im Vergleich zu den großen Deltas dieser Erde verschwindend gering ist (Fig. 9), so sind sie doch auch alle in historischer Zeit beträchtlich vorgestoßen. Der menschliche Eingriff in das Ökosystem des Hinterlandes durch Rodung zur Gewinnung von Ackerland und Holz (als Brennholz, zum Haus- und Schiffsbau, zum Gerben etc.) ist wahrscheinlich der Hauptgrund für das enorme Anwachsen der landwärtigen Erosions- und meerwärtigen Akkumulationsraten in historischer Zeit (BRÜCKNER 1998).

Die Entwicklung eines Deltas kann unter verschiedenen Gesichtspunkten untersucht werden (vgl. dazu das Beispiel des Ebrodeltas, Fig. 10). Generell gilt, dass die meisten Deltas des Mittelmeeres seit einigen Dekaden unterversorgt sind, da der Bau von Staudämmen und die starke Wasserentnahme im Einzugsgebiet der Flüsse deren Sedimentfracht doch drastisch gemindert haben.

5. Szenarien für den zukünftigen Meeresspiegelanstieg

5.1. Rückblick auf die letzten 100 Jahre

Wenn alles Eis abschmelzen würde, käme es zu einem weltweiten Meeresspiegelanstieg von etwas über 70 m: Die Antarktis würde 65 m beitragen, Grönland 7 m, die restliche Eisfelder und Gebirgsgletscher 0,35 m (nach

Das Ebrodelta:
Zum Sedimenthaushalt eines Küstenökosystems

Das Ebrodelta ist ein schaufelförmiges Delta oder Flügeldelta. Es umfasst heute ein Areal von 320 km² mit einer 50 km langen Außenküste. Aufgrund der ursprünglich hohen Sedimentfracht des Ebro konnte es sich im Holozän rund 28 km in das Mittelmeer hinein ausdehnen.

Langfristige, großflächig wirkende Entwicklung: Der zwischen 1749 und 1957 festgestellte deutliche Wachstumstrend ist seit 1989 praktisch zum Stillstand gekommen, denn Anfang der 60er Jahre wurden bedeutende Staudammprojekte im Flusseinzugsgebiet durchgeführt. Im Zeitraum 1957–1989 erfolgte eine beachtliche Neugestaltung der Küste (JIMÉNEZ et al. 1997, S. 172 ff.): ein Strandrückzug um 1700 m am Kap Tortosa (ehemalige Ebromündung) und gleichzeitig ein Wachsen an den Spitzen des nördlichen Strandhakens um 1000 m und des südlichen um 900 m. Dabei war das Verhältnis aller Prozesse, die als Quellen und Senken fungierten, im Gleichgewicht, die Nettobilanz praktisch Null.

Mittelfristige Entwicklung: Der betrachtete Zeitraum reicht in diesem Fall von 1988 bis 1992. Die Küste kann in Abschnitte mit Sedimentdefizit (Erosion) bzw. mit Sedimentüberschuss (Akkumulation) unterteilt werden. Beispielsweise kommt es im ersten Abschnitt südlich vom Kap Tortosa zum Sedimenteintrag von 137 000 m³/Jahr bei gleichzeitigem Austrag von 153 000 m³/Jahr, somit also zu einer Erosion um 16 000 m³/Jahr. Die Volumenänderungen sind Auswirkungen des Küstenlängstransports (A).

Episodische Entwicklung: Kurzfristige, aber morphologisch höchst wirksame Ereignisse können plötzliche, katastrophale Erosion bewirken. Im Oktober 1990 führte eine Sturmflut zum Durchbruch des Strandwalls Trabucador, der den südlichen Haken mit dem Hauptdelta verbindet. Eine Bresche von 800 m öffnete sich, es kam zu einem Verlust von 70 000 m³ Material in nur 3–4 Tagen. Davon wurden etwa 60 000 m³ Sediment im inneren Teil der Bucht als flache Sandbank abgelagert. Normalerweise werden in einem gesamten Jahr von der Trabucador Bar nur 16 000 m³ westwärts in die Bucht verfrachtet (JIMÉNEZ et al. 1997, S. 182). Der Zahlenvergleich unterstreicht nachdrücklich die geomorphologische Wirksamkeit kurzzeitiger katastrophischer Ereignisse.

STANLEY (1997) stellt für die äußere Deltaebene eine durchschnittliche Senkungsrate von 4–5 mm/Jahr fest. Sedimentisostasie und Kompaktion sind dafür wohl die Ursachen. Die schwerwiegendste Folge ist das Eindringen von Meerwasser (B). Dazu kommt der Anstieg des Meeresspiegels, der für das Ebrodelta auf 1,6–5,3 mm/Jahr geschätzt wird, woraus sich ein derzeitiger jährlicher Sedimentverlust von 4,5–8,9 m³ pro Meter Küstenlinie errechnet (JIMÉNEZ et al. 1997, S. 178).



Fig. 10 Das Ebrodelta im Satellitenbild und sein Sedimenthaushalt. A: mittelfristiger Sedimenthaushalt mit den Nettoraten des Küstenlängstransports (JIMÉNEZ & SANCHEZ-ARCILLA 1993, zit. nach JIMÉNEZ et al. 1997, Fig. 9). B: Küstenabschnitte mit Erosion, Sedimentverlagerung und Akkumulation, Areale mit Senkung sowie Bereiche mit Meerwasserintrusion (MARIÑO 1992, zit. in STANLEY 1997, Fig. 6; verändert)

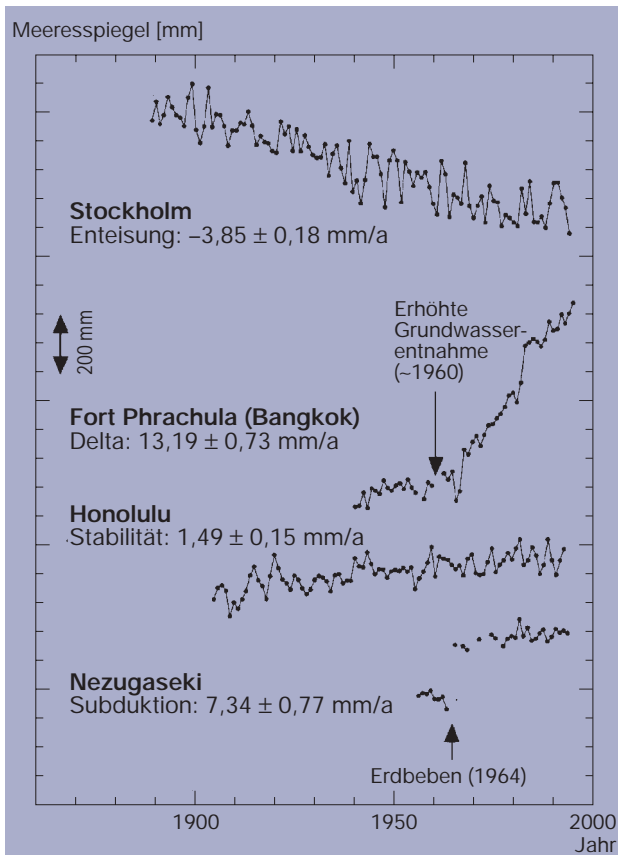


Fig. 11 Pegelmessungen von vier ausgewählten Stationen (IPCC 1996 b, Fig. 9–4). Stockholm zeigt einen Abfall des Meeresspiegels aufgrund des anhaltenden glazialisostatischen Ausgleichs nach der Enteisung Fennoskandiens. In Fort Phrachula (Bangkok) steigt der Meeresspiegel wegen der Sedimentkompaktion im Delta und seit 1960 zusätzlich durch vermehrte Grundwasserentnahme. Die Pegelstation Nezugaseki (Japan) sank durch das Erdbeben von 1964 um 15 cm. Am repräsentativsten für eine weltweite Betrachtung ist vielleicht der Pegel von Honolulu (Hawaii) mit einem durchschnittlichen Anstieg von etwa 15 cm seit 1900.

WARRICK & OERLEMANS 1990, zit. in JELGERSMA & TOOLEY 1995, S. 135). Doch davon sind wir glücklicherweise weit entfernt. Horrorszenarien von einer apokalypti-

Fig. 12 Prognosen für den weltweiten Meeresspiegelanstieg bis zum Jahr 2100 (aus IPCC 1996 a, Tab. 7.8)

Komponenten, die zum Meeresspiegelanstieg beitragen	Anstieg [cm]	
	Szenario A ¹	Szenario B ²
Ausdehnung der Wassersäule aufgrund der Erwärmung	28	15
Gebirgsgletscher und Eisfelder	16	12
Grönland	6	7
Antarktis	-1	-7
Summe des Meeresspiegelanstiegs (Bestschätzung)	49	27
Spanne zwischen Minimal- und Maximalwert	20–86	

¹ von IPCC IS92a mit einer angenommenen globalen Erwärmung um 2,5 °C für die Bestschätzung bzw. 1,5 °C für den minimalen und 4,5 °C für den maximalen Wert

² Neuberechnung des Szenarios von IPCC IS92a mit einer angenommenen globalen Erwärmung um 2,2 °C und einer anderen Modellierung der thermohalinen Zirkulation

schen Sintflut – mit einem zur Hälfte im Meer versinkenden Kölner Dom – sind als unverantwortliche Panikmache einzuschätzen. Um seriöse Prognosen für die Zukunft abgeben zu können, muss man zunächst in die jüngere Vergangenheit blicken. Dazu bieten sich die Aufzeichnungen von Pegelstationen über die letzten 100 Jahre an.

In den Meeresspiegelschwankungen, registriert von Pegelstationen, summieren sich immer globale und lokale Effekte: Neben eustatischen und gegebenenfalls isostatischen Bewegungen kommen z.B. auch Kompaktion und Lokaltektone hinzu (Fig. 11). In Thessaloniki, Port Said und Venedig war der säkulare (100 Jahre umfassende) Anstieg des Meeresspiegels hoch (4,0 bis 7,3 mm/Jahr), in Alexandria dagegen gab es eine lokale Regression (-0,7 mm/Jahr; EMERY & AUBREY 1991). Vielleicht ist der Pegel von Honolulu auf Oahu (Hawaii) noch am besten geeignet, da dieses über 10 km hohe, der Pazifischen Ozeanplatte aufsitzende Vulkangebirge relativ stabil ist (jedenfalls über den geologisch gesehen kurzen Zeitraum von 100 Jahren): Dort betrug der Anstieg $1,49 \pm 0,15$ mm/Jahr, also rund 15 cm seit 1900 (Fig. 11; IPCC 1996 b, S. 297). Der weltweite säkulare Meeresspiegelanstieg wird mit durchschnittlich 10 bis 20 cm (JELGERSMA & TOOLEY 1995), neuerdings mit 10 bis 25 cm angegeben (STERR 1998). Wie wird es zukünftig weitergehen?

5.2. Prognosen bis 2100

Aufgrund der zunehmenden globalen Erwärmung gehen alle Prognosen für die nähere Zukunft von einem weiteren Anstieg des Meeresspiegels aus. Die meisten Szenarien prognostizieren diesen Verlauf bis zum Jahr 2100. Allerdings wurden die noch Mitte der 80er Jahre existierenden Höchstschätzungen bis maximal 3,45 m längst korrigiert. Heute wird nach den Bestschätzungen von 49 cm, neuerdings sogar nur noch von 27 cm bis zum Jahr 2100 ausgegangen (Fig. 12).

Es ist bemerkenswert, dass in beiden Szenarien über die Hälfte des Meeresspiegelanstiegs auf die Ausdehnung der Wassersäule aufgrund von Erwärmung zurückgeführt wird. Danach folgt der Beitrag kleiner Eisfelder und Gebirgsgletscher; derjenige von Grönland ist relativ gering. Die Antarktis steuert dem entgegen: Dort wird es zu mehr Niederschlägen und damit zum weiteren Aufbau der Eiskalotte kommen. Die Szenarien A und B unterscheiden sich in dem Betrag der angenommenen globalen Erwärmung (2,5 bzw. 2,2 °C) sowie in der Modellierung der thermohalinen Zirkulation (Näheres in IPCC 1996 a, S. 382 ff.).

Land (Jahr der Studie)	Betroffene Bevölkerung		Verlust an Kapitalwerten		Landverlust		Verlust an Feuchtbiotopen [Tsd. km ²]	Kosten ¹ für zusätzlichen Küstenschutz	
	[Mio.]	Anteil ² [%]	[Mrd. US-\$]	Anteil ³ [%]	[Tsd. km ²]	Anteil ⁴ [%]		[Mrd. US-\$]	Anteil ³ [%]
Bangladesch (1995)	71	60	–	–	25	17,5	5,8	>1	>0,06
Ägypten (1992)	4,7	9	59	204	5,8	1	–	13,1	0,45
Marshallinseln (1992) ⁵	0,02	100	0,16	324	0,009	80	–	>0,36	>7,04
Niederlande (1991)	10	67	186	69	2,17	5,9	0,642	12,3	0,05
Polen (1992)	0,24	1	22	24	1,7	0,5	0,036	1,4	0,02
Tonga (1992) ⁵	0,03	47	–	–	0,007	2,9	–	–	–
USA (1991)	–	–	–	–	31,6 ⁶	0,3	17	>156	>0,03
Venezuela (1995)	0,056 ⁷	<1	0,33 ⁷	1	5,7	0,6	5,6	>1,6	>0,03

¹ für Maßnahmen außerhalb von Gebieten mit geringer Bevölkerungsdichte, Wertstellung für das Jahr 1990
² an der Gesamtbevölkerung
³ am jährlichen Bruttosozialprodukt
⁴ an der Gesamtfläche

⁵ Minimalschätzung, unvollständige Daten für das gesamte Land
⁶ Bestschätzung: 20000 km² Festland gehen verloren, aber ca. 5400 km² werden zu Küstenfeuchtbiotopen umgewandelt
⁷ Minimalschätzung
 – keine Angaben

Fig. 13 Fallbeispiele für die Auswirkungen eines Meeresspiegelanstiegs um 1 m in verschiedenen Ländern für den Fall, dass keine Gegenmaßnahmen getroffen werden (aus IPCC 1996b, Tab. 9–3)

5.3. Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs auf die Küstenökosysteme

Der prognostizierte Meeresspiegelanstieg wird vor allem tief liegende Küstenzonen treffen: Atolle, tektonische Senkungsgebiete, Watten, Marschen, Deltas und andere Areale mit Kompaktion junger Sedimentstapel. Er führt zur Vergrößerung des Tidenhubs, zu erhöhter Stranderosion, zur Vertiefung der Gezeitenrinnen. Ästuarie werden sich weiten und in ihrer Salinität zunehmen. Küstennahe Süßwassertaquifere sind durch das Vordringen von Salzwasser bedroht. Der Sedimenthaushalt vieler Sandküsten wird sich ändern (KELLETTAT 1990, S. 652; IPCC 1996b, Kap. 9). Die Auswirkungen auf den Mittelmeerraum – und speziell auf seine Küsten – wird anhand von Fallstudien in JEFTIĆ et al. (1992, 1996) eingehend diskutiert.

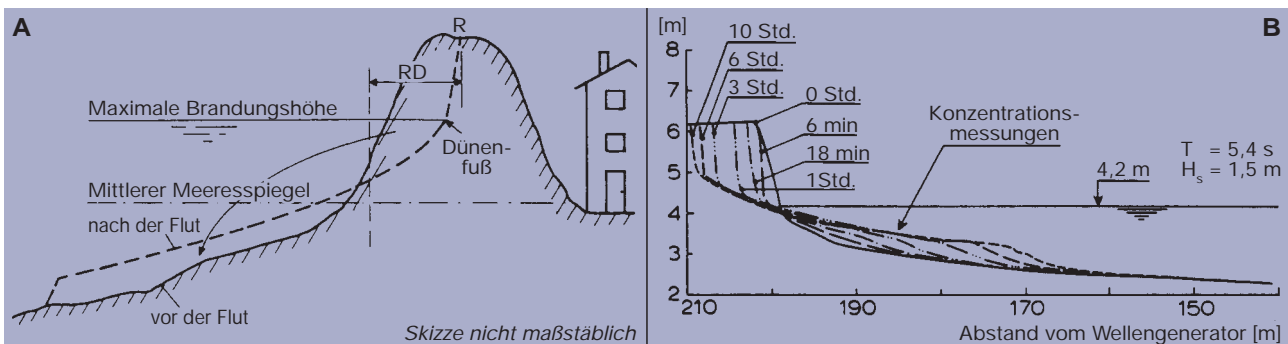
Besonders die sensiblen Wattökosysteme und Küstensümpfe – wichtige Stätten der Primärproduktion, Kinderstube und Brutgebiet vieler Vögel, Amphibien, Fische, Crustaceen usw. – sind von Zerstörung bedroht. Käme es zu einer Meeresspiegelenerhöhung um

mehr als 1 m, würden sich im Nordseebereich die Wattflächen halbieren. Ein Großteil der Marschen und Küstensümpfe der USA ist in Gefahr, zumal die landwärtige Verschiebung des Systems durch Deichbau und andere Infrastruktur unmöglich ist. Schon jetzt gehen in Louisiana/USA jährlich über 100 km² der Küstenfeuchtbiotope verloren (TITUS 1988, KELLETTAT 1990).

Figur 13 zeigt die Auswirkungen eines Meeresspiegelanstiegs um 1 m. Besonders relevant ist er aus anthropozentrischer Sicht in Küstentiefländern mit dichter Besiedlung (z. B. Bangkok, Jakarta). Vorhandene Deiche müssten verstärkt und erhöht werden. Katastrophal würde er sich für Atolle in der Südsee auswirken. Korallenriffe können zwar mit einem steigenden Meeresspiegel Schritt halten, doch wachsen sie bekanntlich nur bis zur Niedrigwasserlinie, weshalb einige Staaten der Südsee stark gefährdet sind. Deltas könnten den Trend mit hoher Sedimentfracht überkompensieren, doch sind viele heute bezüglich ihres Sedimenthaushalts unterversorgt (s. Kap. 4.4.).

Als weitere Folge der globalen Erwärmung wird möglicherweise die Anzahl, mit Sicherheit aber die

Fig. 14 Stranderosion bei Sturmflut. A: Situation in den Niederlanden, B: Simulation im Wellenkanal (aus VAN DE GRAAFF 1994, Fig. 2 und Fig. 3a). Das von der Düne bzw. Kliff abradierete Material wird im Vorstrandbereich akkumuliert. RD = Rückzugsbetrag, T = Wellenfrequenz, H_s = signifikante Wellenhöhe im tiefen Wasser.



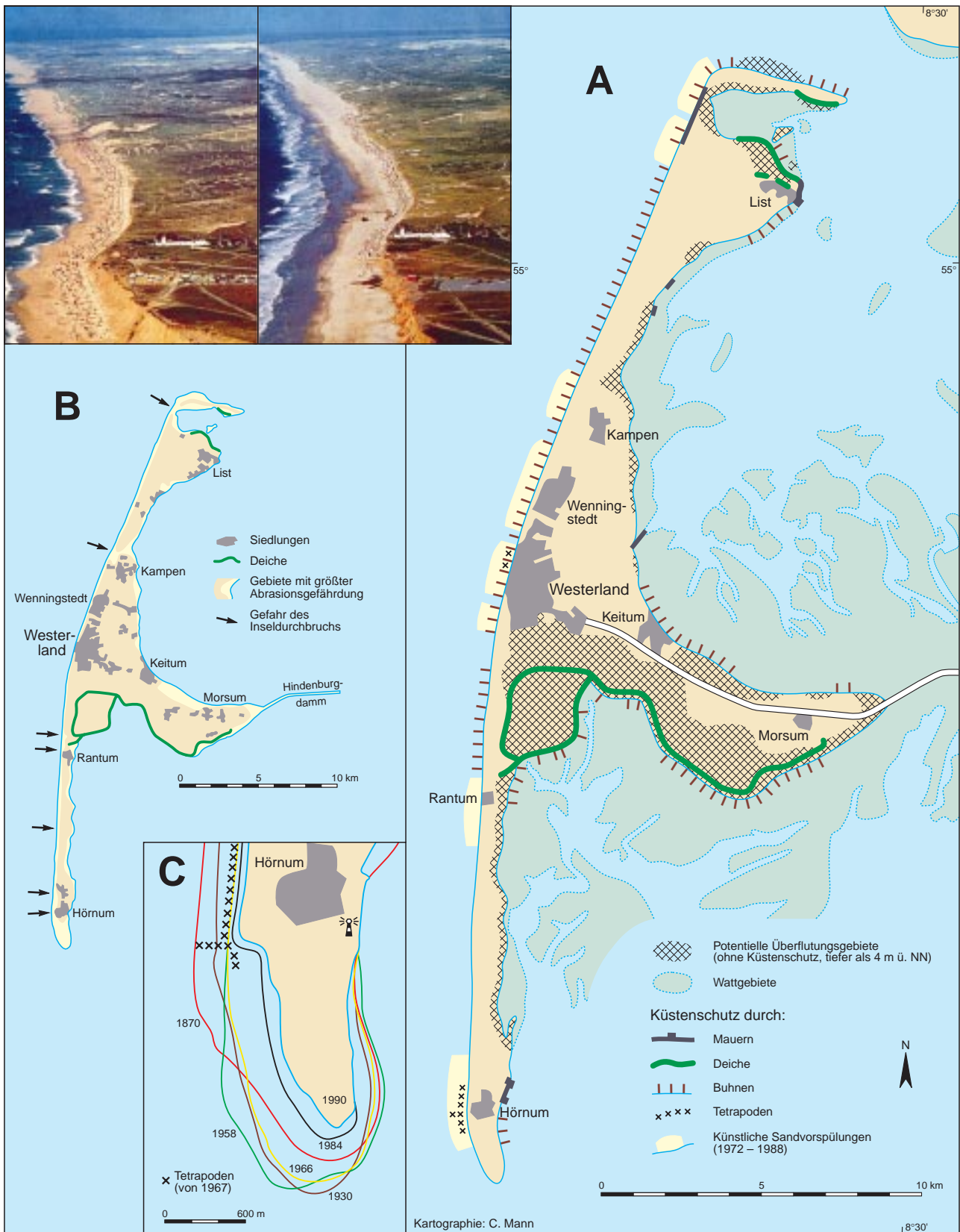
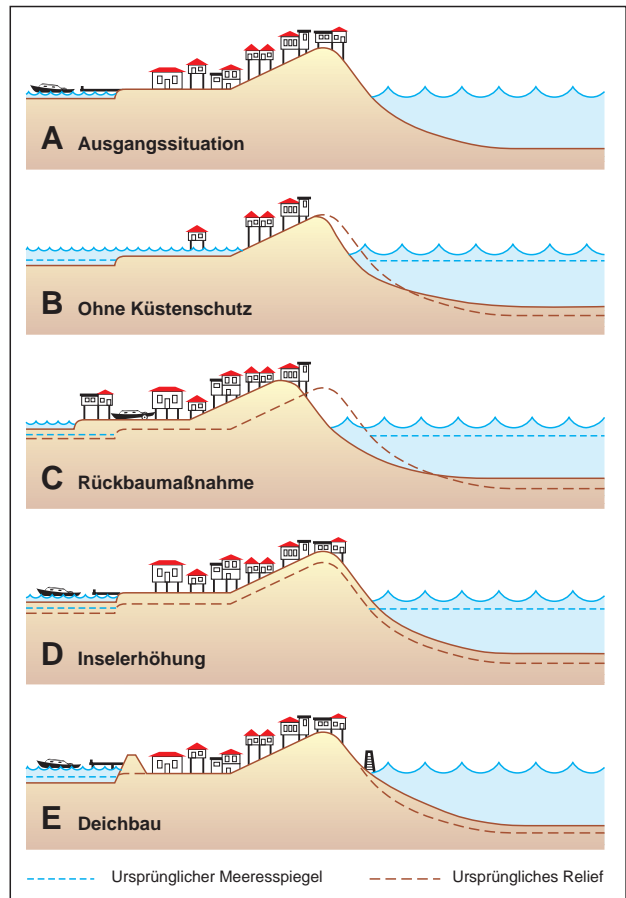


Fig. 15 Küstenerosion und Küstenschutz auf Sylt. A: Küstenschutzmaßnahmen (KELLETTAT 1989, Fig. 16). B: Gefährdete Gebiete bei einem Meeresspiegelanstieg um 1 m (KELLETTAT 1990, Abb. 3). C: Veränderungen an der Südspitze bei Hörnum zwischen 1870 und 1990 (KELLETTAT 1995, Fig. 204). Schrägluftbilder: Kliffrückgang zwischen 1970 (links) und 1990 (rechts). Weitere Erläuterungen siehe Kasten S. 19.

Fig. 16 Küstenerosion durch steigenden Meeresspiegel und mögliche Alternativen für den Küstenschutz (nach Titus 1990, Fig. 4). Das Beispiel zeigt die dicht besiedelten Barriereinseln der US-amerikanischen Atlantikküste (A = Ausgangssituation). Ohne Schutzmaßnahmen wird der steigende Meeresspiegel auf der meerwärtigen Seite zu starker Küstenerosion führen und binnenwärts zur Überflutung der tief liegenden Gebiete (B). Mögliche küstenbautechnische Maßnahmen sind: Aufgabe der Wasserfront, dafür Ausbau des Rückraums (C), eine Inselerhöhung (D) oder die Anlage von Küstenschutzbauwerken (E). Wofür man sich entscheidet, ist eine Frage der Finanzen und – vor allem – der Politik. In den Abbildungen B bis E ist die Ausgangssituation (vgl. Abb. A) gestrichelt gezeichnet.

durchschnittliche Dauer von Sturmfluten zunehmen. Das bisherige Gleichgewichtsprofil vieler Küsten gerät dann zunehmend unter Stress, weil sich die Rahmenbedingungen seiner Bildung gravierend ändern. Das wird sich besonders an Sandküsten – und das sind immerhin 20% aller Küsten weltweit – auswirken. Etwa 70% davon unterlagen bereits in den letzten 100 Jahren der Erosion; nur 20–30% erwiesen sich als stabil, weniger als 10% verzeichneten Zuwachs (BIRD 1993, zit. in IPCC 1996b, S. 300).

Figur 14 (A) zeigt einige Vorgänge bei Dünenerosion aufgrund von schweren Sturmfluten – eine Situation, wie sie schon heute in den Niederlanden herrscht: Der von der Düne erodierte Sand wird im Vorstrandbereich akkumuliert, ein neues Gleichgewichtsprofil stellt sich ein, die hinter dem Dünenwall liegenden Häuser sind bedroht. Die Dauer der Einwirkung der Sturmflutwellen spielt ebenfalls eine große Rolle, wie Figur 14 (B) belegt: Gemäß der Simulation im Wellenkanal ist nach dem Beginn des Experiments der Erosionsbetrag besonders groß; danach nimmt er zwar volumenmäßig ab, wirkt aber immer weiter, bis ein neues Gleichgewichtsprofil erreicht ist (VAN DE GRAAFF 1994). Die jeweiligen Abrasionsbeträge sind natürlich vom anstehenden Gestein sowie von Wellenhöhe und -frequenz abhängig. Insgesamt wird eine Verlängerung der durchschnittlichen



Sturmflutdauer eine zunehmende Stranderosion zur Folge haben. Aufwendige Küstenschutzmaßnahmen werden – zumindest in besiedelten Gebieten – notwendig (vgl. auch Fig. 15). Mögliche Alternativen für den Schutz einer dichtbesiedelten Küste zeigt zusammenfassend Figur 16. Der beste Küstenschutz wäre allerdings eine weitgehende Bremsung des Meeresspiegelanstiegs durch geeignete ökologische Präventivmaßnahmen.

Küstenschutz auf Sylt – Stress durch Erosion

Da die winderzeugten Sturmfluten der Nordsee häufig aus dem westlichen Windsektor kommen, ist Sylt mit seiner langen, westexponierten Küste stark von Erosion betroffen. Der Vergleich der Schrägluftbilder in Figur 15 (links oben) zeigt eindrücklich den Rückzug des Kliffs zwischen 1970 und 1990. Es ist offensichtlich, dass ohne anthropogenen Eingriff ein Großteil der Insel bereits erodiert, mit Sicherheit aber ostwärts gewandert wäre.

Bei einem Meeresspiegelanstieg um 1 m (B) käme es in vielen Bereichen zu Überflutungen, an mehreren Stellen müsste mit einem Inseldurchbruch gerechnet werden (KELLETAT 1990). In A sind die ergriffenen Küstenschutzmaßnahmen dargestellt. Die meisten Küstenabschnitte sind bereits künstlich: Durch Strandmauern, Dünenbefestigungen, Deiche, Buhnen, Tetrapoden und Sandvorspülungen versucht der Mensch, die steigende Abrasionsgefahr zu bannen (KELLETAT 1989). Das ist nicht nur kostenintensiv, sondern kann auch durchaus negative Effekte auslösen, wie das Beispiel der Südspitze bei Hörnum zeigt (KELLETAT 1995): Die Tetrapoden haben zwar seit 1967 den nördlichen Bereich wirksam geschützt, doch im Südteil ist es zu umso stärkerer Erosion gekommen. Sandvorspülung ist teuer und problematisch: Entnimmt man aus Kostengründen den Sand zu nahe am heutigen Ufer, wird die submarine Erosion verstärkt.

Bei einer Bilanzierung des Sedimenthaushalts der Westküste von Sylt konnte nirgends ein Anwachsen beobachtet werden. Im Zeitraum 1870–1951 lagen die durchschnittlichen Erosionsverluste zwischen 0,4 und 1,9 m/Jahr mit einem Maximalwert von 4 m/Jahr im Nordteil; im Zeitraum 1951–1984 stiegen die Durchschnittswerte auf 0,9 bis 2,1 m/Jahr (Amt für Land- und Wasserwirtschaft 1985, zit. in BESCH 1987, Abb. 5). Durch massiven Küstenschutz blieb der Zentralteil vor Westerland lagestabil. Da die Abrasion im Nord- und Südteil besonders hoch ist, nimmt die ehemals lang gestreckte Küste von Sylt immer mehr eine Bogenform an.

Literatur

- BESCH, H.-W. (1987): Sylt. Naturräumliche Gliederung und Umwandlung durch Meer und Mensch. *Berliner Geographische Studien*, **25**: 35–52.
- BLASCO, F., JANODET, E., & M. F. BELLAN (1994): Natural hazards and mangroves in the Bay of Bengal. *Journal of Coastal Research*, Special Issue **12**: 277–288.
- BRIAND, F., & A. MALDONADO [Eds.] (1997): Transformations and evolution of the Mediterranean coastline. Monaco. = CIESM Science Series, **3** [Bulletin de l'Institut océanographique, numéro spécial 18. Musée océanographique, Monaco].
- BRONGER, D. (1997): Wachstum der Megastädte im 20. Jahrhundert. *Peterm. Geogr. Mitt.*, **141** (3): 221–224.
- BRÜCKNER, H. (1980): Marine Terrassen in Süditalien. Eine quartärmorphologische Studie über das Küstentiefland von Metapont. *Düsseldorfer Geographische Schriften*, **14**.
- BRÜCKNER, H. (1996): Studies of beach deposits in northern Spitsbergen. *Heidelberger Geographische Arbeiten*, **104**: 375–389 [Festschrift für Dietrich Barsch].
- BRÜCKNER, H. (1998): Coastal research and geoarchaeology in the Mediterranean region. In: KELLETAT, D. H. [Ed.]: *German geographical coastal research – The last decade*. Institute for Scientific Co-operation, Tübingen and Committee of the Federal Republic of Germany for the Int. Geographical Union. Tübingen, 235–258.
- BRÜCKNER, H., & R. A. HALFAR (1994): Evolution and age of shorelines along Woodfiord, northern Spitsbergen. *Zeitschrift f. Geomorphologie*, N. F., Suppl.-Bd. **97**: 75–91.
- BRÜCKNER, H., & U. RADTKE (1990): Küstenlinien – Indikatoren für Neotektonik und Eustasie. *Geographische Rundschau*, **42** (12): 654–661.
- CHAPPELL, J., & H. POLACH (1991): Post-glacial sea-level rise from a coral record at Huon Peninsula. *Nature*, **349**: 147–149.
- Diercke Weltatlas (1996). Braunschweig.
- EMERY, K. O., & D. G. AUBREY (1991): Sea levels, land levels, and tide gauges. New York, Berlin, Heidelberg [u. a.].
- GRAAFF, J. VAN DE (1994): Coastal and dune erosion under extreme conditions. *Journal of Coastal Research*, Special Issue **12**: 253–262.
- GRIGGS, G. B. (1994): California's coastal hazards. *Journal of Coastal Research*, Special Issue **12**: 1–15.
- IPCC (1996a): Climate change 1995 – The science of climate change. In: HOUGHTON, J. T., MEIRA FILHO, L. G., CALLANDER, B. A., HARRIS, N., KATTENBERG, A., & K. MASKELL [Eds.]: *Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge.
- IPCC (1996b): Climate change 1995 – Impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific-technical analyses. In: WATSON, R. T., ZINYOWERA, M. C., & R. H. MOSS [Eds.]: *Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge.
- JEFTIĆ, L., MILLIMAN, J. D., & G. SESTINI [Eds.] (1992): Climatic change and the Mediterranean: Environmental and societal impacts of climatic change and sea-level rise in the Mediterranean region. Volume 1. London, New York, Melbourne, Auckland.
- JEFTIĆ, L., KEČKEŠ, S., & J. C. PERNETTA [Eds.] (1996): Climatic change and the Mediterranean: Environmental and societal impacts of climate change and sea-level rise in the Mediterranean region. Volume 2. London, New York, Sydney, Auckland.
- JELGERSMA, S., & M. J. TOOLEY (1995): Sea-level changes during the recent geological past. *Journal of Coastal Research*, Special Issue **17**: 123–139.
- JIMÉNEZ, J. A., SANCHEZ-ARCILLA, A., & A. MALDONADO (1997): Long to short term coastal changes and sediment transport in the Ebro delta; a multi-scale approach. In: BRIAND, F., & A. MALDONADO [Eds.]: *Transformations and evolution of the Mediterranean coastline*. Monaco, 169–185. = CIESM Science Series, **3** [Bulletin de l'Institut océanographique, numéro spécial 18. Musée océanographique, Monaco].
- KELLETAT, D. H. (1989): Main aspects of the coastal evolution of Sylt (FRG). In: BIRD, E. C. F., & D. H. KELLETAT [Eds.]: *Zonality of coastal geomorphology and ecology*. Essen, 25–53. = Programme, abstracts and field guide of the pre-conference symposium, 2nd. Int. Conf. on Geomorphology.
- KELLETAT, D. H. (1990): Meeresspiegelanstieg und Küstengefährdung. *Geographische Rundschau*, **42** (12): 648–652.
- KELLETAT, D. H. (1995): Atlas of coastal geomorphology and zonality. *Journal of Coastal Research*, Special Issue **13**.
- KELLETAT, D. H. [Ed.] (1998): *German geographical coastal research – The last decade*. Institute for Scientific Co-operation, Tübingen and Committee of the Federal Republic of Germany for the Int. Geographical Union. Tübingen.
- KELLETAT, D. H. (1999): *Physische Geographie der Meere und Küsten*. Stuttgart.
- KLUG, H. (1986): Meeres- und Küstenverschmutzung. Ursachen, Ausmaß, Konsequenzen. *Geographische Rundschau*, **38**: 646–652.
- KLUG, H., & A. KLUG (1998): The impact of tourism on the natural ecosystems of the German coasts. In: KELLETAT, D. H. [Ed.]: *German geographical coastal research – The last decade*. Institute for Scientific Co-operation, Tübingen and Committee of the Federal Republic of Germany for the Int. Geographical Union. Tübingen, 201–220.
- MEIER, D. (1996): Beispiele früher Siedlungslandschaften und deren Umwelt in den Seemarschen des Nordseeküstengebietes. *Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft*, **18**: 85–103.
- ORTLIEB, L., ZAZO, C., GOY, J. L., HILLAIRE-MARCEL, C., GHALEB, B., & L. COURNOYER (1996): Coastal deformation and sea-level changes in the northern Chile subduction area (23 °S) during the last 330 ky. *Quaternary Science Reviews*, **15**: 819–831.
- PIRAZZOLI, P. A. (1996): *Sea-level changes. The last 20,000 years*. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- PITMAN, W. C., & W. B. F. RYAN (1998): Noah's flood. The new scientific discoveries about the event that changed history. New York.
- RADTKE, U. (1989): Marine Terrassen und Korallenriffe – das Problem der quartären Meeresspiegelschwankungen erläutert an Fallstudien aus Chile, Argentinien und Barbados. *Düsseldorfer Geographische Schriften*, **27**.
- SAINT-PAUL, U. (1995): Das Meer als Nahrungsquelle. *Geographische Rundschau*, **47** (2): 120–126.
- SCHWACKENBERG, J., & E. GLÄSSER (1998): Marine aquaculture in northern Europe – Structures and perspectives of a growing coastal industry. In: KELLETAT, D. H. [Ed.]: *German geographical coastal research – The last decade*. Institute for Scientific Co-operation, Tübingen and Committee of the Federal Republic of Germany for the Int. Geographical Union. Tübingen, 319–340.
- STANLEY, D. J. (1997): Mediterranean deltas: subsidence as a major control of relative sea-level rise. In: BRIAND, F., & A. MALDONADO [Eds.]: *Transformations and evolution of the Mediterranean coastline*. Monaco, 35–62. = CIESM Science Series, **3** [Bulletin de l'Institut océanographique, numéro spécial 18. Musée océanographique, Monaco].

STERR, H. (1998): Auswirkung auf den Meeresspiegel. In: LOZAN, J. L., GRASSL, H., & P. HUPFER [Hrsg.] (1998): Warnsignal Klima. Hamburg, 201–207. = Wissenschaftliche Fakten.

TITUS, J. G. (1988): Greenhouse effect, sea level rise and coastal wetland. U. S. Environmental Protection Agency. Washington.

TITUS, J. G. (1990): Greenhouse effect, sea level rise, and barrier islands: Case study of Long Beach Island, New Jersey. Coastal Management, **18**: 65–90.

Umweltatlas Wattenmeer (1998): Band I, Nordfriesisches und Dithmarscher Wattenmeer. Stuttgart.

UNEP (1996): The state of the marine and coastal environment in the Mediterranean Region. MAP Technical Reports Series, **100**. Athen.

UNEP/FAO/WHO (1996): Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by zinc, copper and their compounds. MAP Technical Reports Series, **105**. Athen.

UTHOFF, D. (1998): From traditional use to total destruction – Forms and extent of economic utilization in the southeast Asian mangroves. In: KELLETAT, D. H. [Ed.]: German geographical coastal research – The last decade. Institute for Scientific Co-operation, Tübingen and Committee of the Federal Republic of Germany for the Int. Geographical Union. Tübingen, 341–379.

Manuskriptannahme: 26. Mai 1999

Prof. Dr. HELMUT BRÜCKNER, Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Geographie, D-35032 Marburg/Lahn E-Mail: h.brueckner@mail.uni-marburg.de

Anzeige

NEU Perthes Länderprofile

Praktikabel. Kompetent. Unverzichtbar!

Mit farbigen Vorsatzkarten, landeskundlichem Anhang „Fakten/Zahlen/Übersichten“ und farbigem Bildteil. Geoökologische Gesichtspunkte werden berücksichtigt. Praktikable Nachschlagewerke!

Hamburg

Die Länderkunde von Hamburg ist besonders auf den Wandel in den letzten Jahrzehnten ausgerichtet. Der Hafen, immer noch bedeutend, aber in seinen Strukturen im Umbruch, wurde Teil einer sich dynamisch entwickelnden Dienstleistungsmetropole. Der wachsende Bürosektor führte zu sichtbaren Veränderungen in der Innenstadt; eine erhebliche soziale Segregation in den Wohnstadtteilen lässt sich vorwiegend über die Statistik nachweisen. Auch der Umweltproblematik ist ein eigenes Kapitel gewidmet.

Völlig neu erarbeitet
2. Auflage, ca. 320 Seiten, 60 Tabellen, 60 Abb.
3-623-00697-1 DM 48,--

Südafrika
mit Lesotho und Swasiland

Perlen der Natur, Reichtum und Hochindustrialisierung, tiefe Armut und die menschenverachtende Apartheid prägten über lange Jahrzehnte unser Bild des Landes im südlichen Afrika. Wie sieht es nach der „Perestroika“ aus? Geht das Land den Weg zur multikulturellen Gesellschaft? Sind seine Bergbau- und Energieresourcen wirklich grenzenlos? Wie geht man mit der Umwelt um? Welche neuen Perspektiven gibt es in der wirtschaftlichen Entwicklung? Diesen und anderen Fragen geht der Autor des Buches nach, natürlich vor allem in ihren Auswirkungen im geographischen Raum!

ca. 300 Seiten, 50 Tab., 50 Abbildungen/Karten
3-623-00694-7 DM 45,--

Die Kleinen Golfstaaten

Mit der Geschwindigkeit „Schneller arabischer Gazellen“ haben die kleinen Staaten am Golf auf Grundlage ihres Erdölreichtums und der daraus resultierenden enormen Finanzkraft ein beachtliches Entwicklungsniveau erreicht. Die damit verbundenen wirtschaftlichen, räumlichen, ökologischen und nicht zuletzt auch durch weltpolitische Krisenanfälligkeit bedingten Probleme sind Gegenstand dieses völlig neubearbeiteten Länderprofils.

304 Seiten, 52 Tabellen, 62 Abbildungen
3-623-00695-5 DM 48,--



Klett



KLETT-PERTHES