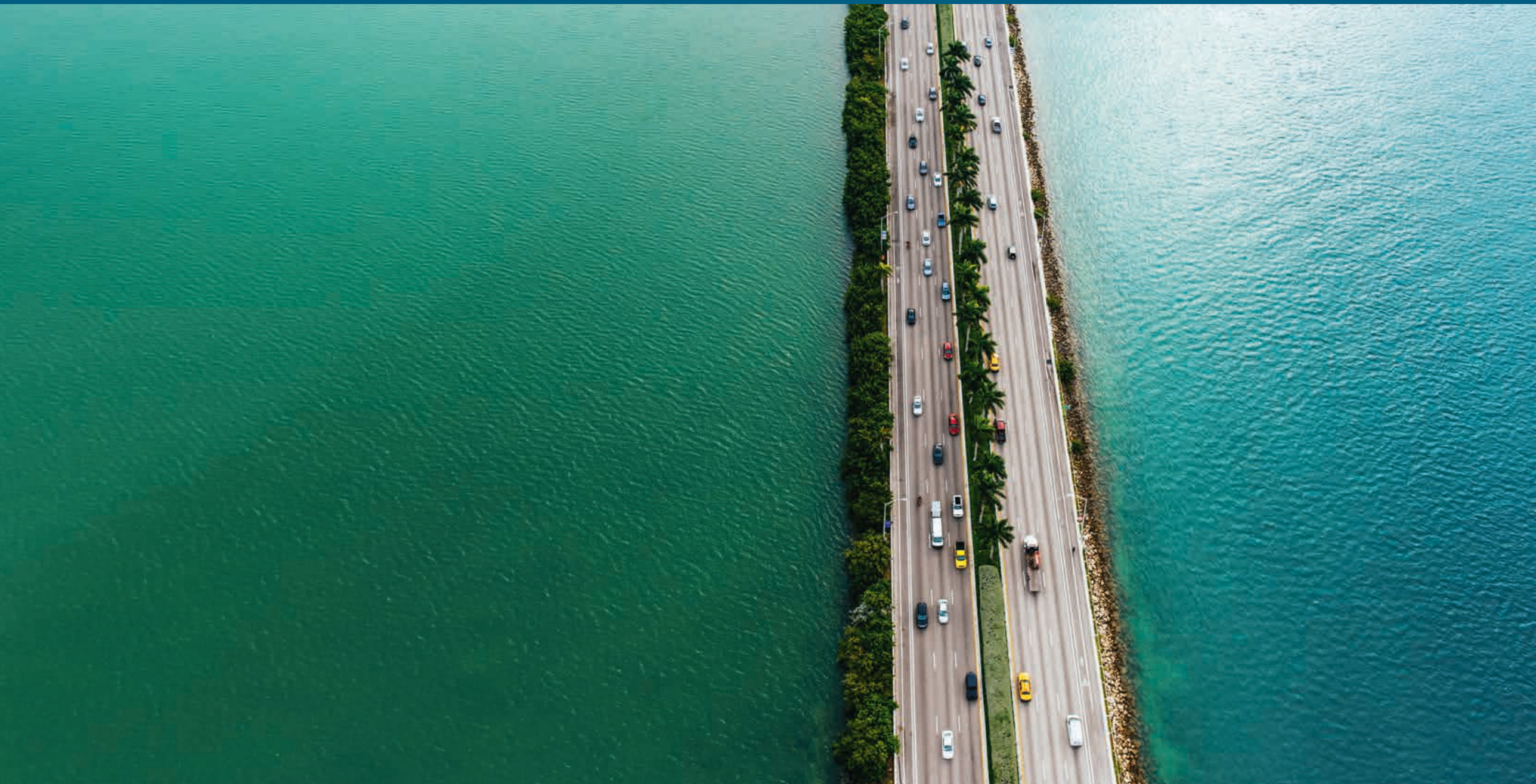
2 Mit den Küsten leben

> Schon seit Jahrtausenden nutzt der Mensch die Küstengebiete der Welt. Sie sind Handelsstraße, Rohstoffquelle und liefern Fisch in großen Mengen. Kein Wunder, dass der Mensch immer schon um die Vormachtstellung am Meer kämpfte. Inzwischen beutet er die Küstenregionen so stark aus, dass sie einige ihrer geschätzten Ökosystemleistungen nicht mehr erbringen können. Zerstört werden Küstengebiete insbesondere durch Baumaßnahmen und Verschmutzungen.



Die Leistung der Küsten

> So vielfältig wie die Küstenlebensräume sind auch die Leistungen, die sie für die Menschen erbringen. Manche dieser Leistungen, wie die Produktion von Fisch, stehen vielerorts zur Verfügung, andere nur in einigen wenigen Gebieten – etwa die Bereitstellung von Bodenschätzen wie Diamanten in den Gewässern vor Namibia. Und schon seit jeher sind Küsten für den Menschen interessante Siedlungs- und Handelsplätze.

Das enge Band zwischen Küsten und Menschen

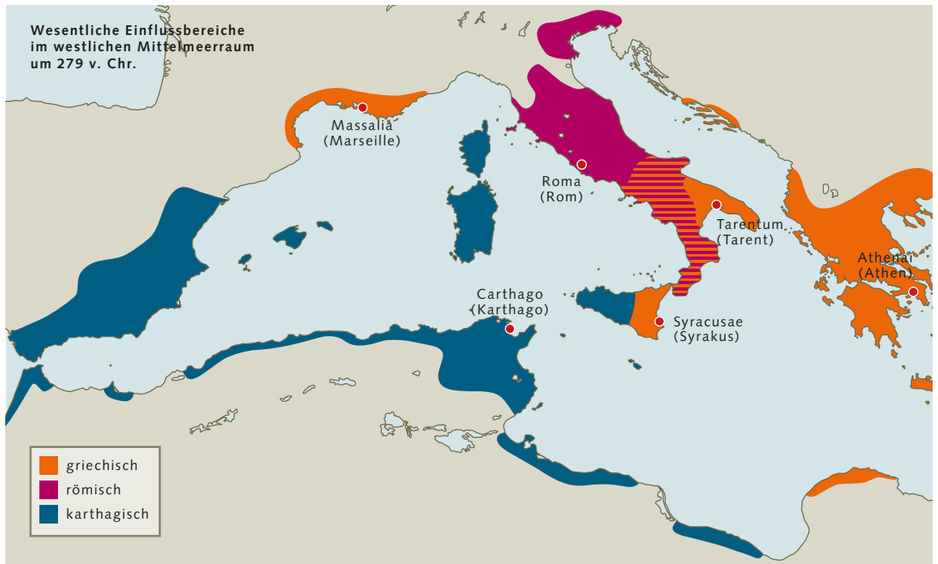
Für die Menschen sind die Küsten seit Jahrtausenden ein bedeutender Lebensraum. Zunächst stellte der Übergang vom Land zum Meer nur eine natürliche Barriere dar. Mit der Zeit aber lernten die Menschen die Vorzüge der Küstenregion zu schätzen. Schon früh lieferten die Küstengewässer Fisch, Algen oder auch Salz. Mit der Entwicklung einfacher Fischerboote wurden die Küstenbewohner zunehmend mobiler. Es waren vor allem die mit dem Meer vertrauten Fischer, die sich weiter hinauswagten und nach und nach die Inseln entlang der heimischen Küste entdeckten.

Frühe Hinweise auf diese Erkundung gibt es zum Beispiel in China. Archäologische Funde im Gebiet der südchinesischen Stadt Guangzhou deuten darauf hin, dass die Menschen dort bereits um 6500 vor Christus Einbäume nutzten, um das weitläufige Delta des Perlflusses, aber auch offene Gewässer in Küstennähe zu befahren. Von den neu entdeckten Gebieten wagten sich die nautisch erfahreneren Menschen immer weiter in noch unerschlossene Meeresregionen vor. Mit der Zeit entdeckten sie andere Kulturen, die über andere Nahrungsmittel oder Werkzeuge verfügten. Güter wurden zwischen den verschiedenen Küstenvölkern getauscht. Daraus entwickelten sich Handelsrouten, die nicht mehr nur die Siedlungen an der Küste miteinander verbanden, sondern über Händler bis weit ins Binnenland reichten.

Gehandelt wurden vor allem Güter und Rohstoffe, die für den Alltag wichtig waren. Auf Zypern zum Beispiel hat man Reste von Messern gefunden, die aus dem glasartigen Vulkangestein Obsidian bestehen und aus der Zeit um 6000 vor Christus stammen. Da das Gestein nicht auf Zypern vorkommt, muss es zu jener Zeit auf dem Seeweg dorthin gelangt sein. Archäologen vermuten, dass es über eine jungsteinzeitliche Siedlung auf der anatolischen Hochebene gekommen ist, die damals mehrere Tausend Einwohner hatte und 150 Kilometer vom Mittelmeer entfernt lag. Heute gehört die Ausgrabungsstätte unter dem Namen Çatalhöyük zum Weltkulturerbe der UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur). Der Obsidian selbst dürfte vom Vulkan Göllü Dağ stammen, der noch einmal 200 Kilometer östlich von Çatalhöyük liegt.

Andere frühe Hinweise auf maritime Handelswege von Küste zu Küste finden sich in Vorderasien. Inschriften aus Mesopotamien, einem Gebiet, das sich über Teile des heutigen Iraks und Syriens erstreckte, deuten darauf hin, dass indische Seefahrer bereits um 2300 vor Christus Kupfer, Holz, Elfenbein und Perlen aus dem hoch entwickelten Industal ins westliche Asien transportierten. Hier entwickelte sich demnach schon früh eine Art Fernhandel über das Meer.

2.1 > In den 1960er-Jahren wurde bei Ausgrabungen am Isthmus von Korinth ein 2600 Jahre alter Schiffskarrenweg freigelegt.



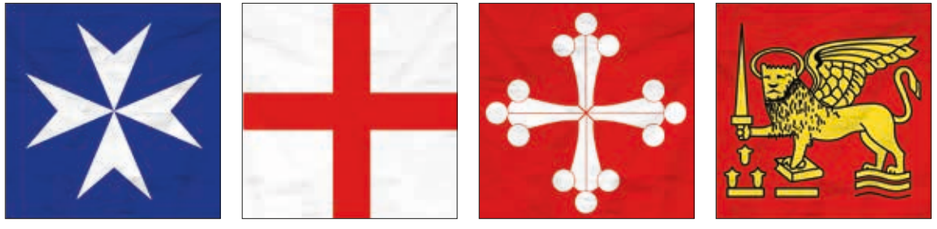
2.2 > Im 3. Jahrhundert vor Christus waren die wichtigsten Mächte im westlichen Mittelmeer Karthago, Rom und Griechenland. In den folgenden Jahrhunderten weitete vor allem Rom seinen Machtbereich aus.

Küsten verbinden

In den folgenden Jahrhunderten gewann der Seehandel in Europa und Asien weiter an Bedeutung. Zunächst entstanden starke regionale Handelszonen – beispielsweise rund um das Ostchinesische und das Südchinesische Meer sowie um das Mittelmeer. Im östlichen Mittelmeer suchten die Händler an den stark frequentierten Schiffsrouten schon früh nach Möglichkeiten, die Wege abzukürzen. So wurde um 600 vor Christus am Isthmus von Korinth der sogenannte Diolkos angelegt – ein gepflasterter Pfad, auf dem Schiffe vom Golf von Korinth zum Saronischen Golf über Land gezogen wurden. Die Abkürzung an der schmalsten Stelle der Landbrücke ermöglichte es, die 400 Kilometer lange Umschiffung der Halbinsel Peloponnes zu vermeiden. Der Schiffskarrenweg war bis in das 1. Jahrhundert nach Christus in Betrieb, bis größere und schnellere Schiffe ihn überflüssig machten.

Vormachtstellung im Mittelmeer

Beim Handel entlang der Küsten ging es aber nicht nur um den reinen Austausch von Waren, sondern oft auch um die wirtschaftliche Vormachtstellung in einer Region. Immer wieder gerieten die Anrainer über strategisch wichtige Handelspunkte oder Rohstoffquellen in Streit, der nicht selten zu kriegerischen Auseinandersetzungen führte. Beispielhaft dafür steht der mehr als 300 Jahre lange Konflikt zwischen den beiden großen aufstrebenden Mächten am Mittelmeer – den Römern und den Karthagern. Im 6. Jahrhundert vor Christus betrieben beide Mächte bereits rege Geschäfte. Karthago beherrschte das Gebiet im Norden des heutigen Tunesiens und trieb vor allem im westlichen Mittelmeer Handel. Rom begann damals, seinen Machtbereich über die Apenninen-Halbinsel hinaus auszuweiten. Um Konkurrenz zu vermeiden, schlossen die beiden Reiche im Laufe der Zeit mehrere Verträge. Der allererste wurde um 500 vor Christus ausgehandelt und definierte klar den jeweiligen Einflussbereich. Die Römer durften an der nordafrikanischen Küste nicht über einen bestimmten Punkt im Norden der Stadt Karthago hinaus nach Westen fahren. Wollten römische Kaufleute im karthagischen Einflussbereich in Nordafrika und auf Sardinien Geschäfte abschließen, so konnte dies nur im Beisein eines karthagischen Beamten geschehen. Im von Karthago beherrschten westlichen Teil Siziliens hingegen wurden



2.3 > Bis heute zieren die Wappen von Amalfi, Genua, Pisa und Venedig die Flagge der italienischen Marine. Die einstigen Stadtstaaten, groß geworden durch die Verknüpfung von Meer, Stadt und Land, hatten ihre Blütezeit im Mittelalter.

die römischen Kaufleute den karthagischen gleichgestellt. Die Karthager wiederum verpflichteten sich, römisch beherrschte Städte in Latium, der Region um die Stadt Rom, nicht anzugreifen.

Da beide Reiche weiter expandierten, folgten 348 und 306 vor Christus weitere Verträge. Sie legten fest, dass sowohl Rom als auch Karthago den erweiterten Einflussbereich der jeweils anderen Macht respektieren sollten. So wurde Karthago unter anderem die Souveränität über Libyen und Sardinien zugesichert.

Vor allem Rom expandierte in den folgenden Jahren und herrschte schließlich über die gesamte Apenninen-Halbinsel. Die alte Rivalität blieb aber weiter bestehen und mündete schließlich in die Punischen Kriege, einer Serie von Kriegen. Daraus ging 146 vor Christus das Römische Reich als Sieger hervor. Die Stadt Karthago wurde vollständig zerstört. Von da an blieb Rom im Mittelmeer für lange Zeit die herrschende Großmacht.

Ab dem 5. Jahrhundert nach Christus zerfiel das Römische Reich. In der Folge gewannen vor allem islamische Volksgruppen am Mittelmeer und im Nahen Osten an Bedeutung. Zu wichtigen Handelsposten wurden zu jener Zeit die syrische Stadt Damaskus, die Vorläufersiedlungen der Stadt Kairo, Isfahan im heutigen Iran und Bagdad, die spätere Hauptstadt Iraks – Binnenstädte, über die ein Großteil des Handels zwischen den Küsten des Mittelmeers und China und Indien abgewickelt wurde. Über mehrere Jahrhunderte kontrollierten Muslime die Handelsrouten entlang der nordafrikanischen Küste, des Mittelmeers und des Roten Meeres, das den Zugang zum Indischen Ozean eröffnete. Nach Ansicht von Historikern ist es deren großes Verdienst, die Handelsrouten Zentral- und Westasiens und des Mittelmeerraums zu einem großen System verbunden zu haben.

Im frühen 9. Jahrhundert wurde das westliche Mittelmeer vor allem von muslimischen Piraten dominiert, die die Küsten plünderten und Sardinien und Sizilien in ihre Gewalt brachten. Diese wurden von den Christen verallgemeinernd als Sarazenen bezeichnet, obwohl sie verschiedenen islamischen Volksgruppen entstammten. Die Stadt Amalfi an der heutigen italienischen Riviera wiederum war wegen ihrer besonderen Lage vor den Angriffen sicher. Am Golf von Salerno auf der Sorrentinischen Halbinsel an einer Steilküste gelegen, war sie bestens geschützt. Den Kaufleuten dort gelang es, mit den Sarazenen ins Geschäft zu kommen – und so einen Zugang zu den wichtigen islamischen Märkten in Nordafrika zu erhalten. Die Sarazenen verfügten zu der Zeit über wichtige Handelskontakte nach Nordafrika. Amalfi konnte sich daher zu einem bedeutenden Handelsplatz entwickeln und eine größere Flotte aufbauen. Die Stadt wurde so mächtig, dass sie schließlich die Sarazenen im Hafen Ostia bei Rom schlagen und deren Einfluss auf den Handel in dieser Region erheblich schwächen konnte. Amalfi wird mit Genua, Pisa und Venedig zu den sogenannten italienischen Seerepubliken gezählt – Stadtstaaten, die durch kluges Handeln und Taktieren zu großen Wirtschaftsmächten aufsteigen konnten und deren Handelsbeziehungen bis nach Byzanz reichten, jenem Reich im östlichen Mittelmeer mit der Hauptstadt Konstantinopel, dem heutigen Istanbul.

Eindrucksvoll ist die Geschichte der Seerepublik Venedig, die sich etwa ab dem 7. Jahrhundert zur wichtigen Wirtschaftsmetropole entwickelte. Im Hinblick auf den Warenaustausch hatte die Stadt große Vorteile. Sie verfügte über ein gut ausgebautes Textilgewerbe, besaß einen Flusshafen mit großer Wassertiefe und kontrollierte über ein funktionierendes Netz von Flüssen auch das Hinterland. Venedigs Entwicklung verlief auch deshalb so dynamisch, weil die Stadt nach außen aggressiv agierte. Venedig unterwarf benachbarte Konkurrenten und kontrollierte Dalmatien, jene Region, die heute zu Kroatien und Montenegro gehört. Diplomatisches Geschick, militärische Brutalität und Boykott von Handelskonkurrenten: Das war die Mischung, mit der Venedig seinen Einflussbereich schließlich bis auf die Krim und nach Zypern ausdehnen konnte. Erst im Laufe des 18. Jahrhunderts verlor die Seerepublik an Bedeutung, weil der Handel im Mittelmeer keine große Rolle mehr spielte. Wirtschaftlich wichtiger war fortan der Überseehandel nach Amerika und Asien, der von anderen Mächten wie England oder den Niederlanden dominiert wurde.

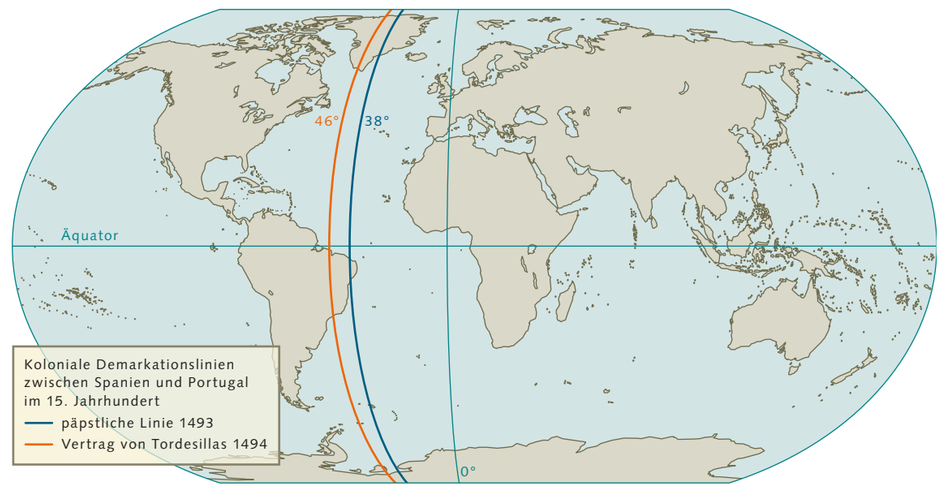
Die Hanse – ein starkes Bündnis für 500 Jahre

Im Ost- und Nordseeraum bildete sich seit der Mitte des 12. Jahrhunderts mit der Hanse ein großes Handelsbündnis heraus, das sich von Brügge im heutigen Belgien bis nach Reval in Estland erstreckte. Handelte es sich zunächst um eine Vereinigung von Kaufleuten, deren wichtigstes Ziel die sichere Fahrt durch die Küstengewässer der Nord- und Ostsee war und die sich zum Schutz vor Piraten zusammenschlossen, gehörten ihr schließlich fast 300 Städte in Nordeuropa an.

Diese lagen nicht alle an der Küste, sondern teils weit im Binnenland – wie beispielsweise Köln. Der Erfolg der Hanse beruht insbesondere darauf, dass man Waren transportierte, die nur in bestimmten Regionen hergestellt wurden und an anderen Orten wiederum sehr gefragt waren. Tuche, Pelze, Wachs, Salz, Trocken- oder Salzfische, Getreide, Holz und Bier machten den größten Teil des Warenvolumens aus. Wobei Textilien lange Zeit das bedeutendste Gut waren. Erst Mitte des 17. Jahrhunderts löste sich die Hanse auf.

Reichtum und Missgunst entlang der Küsten

Wie stark die Handelsschifffahrt von Machtinteressen geprägt war, verdeutlicht der Überseehandel, der sich nach der Entdeckung der Neuen Welt 1492 durch Christoph Kolumbus zu Beginn des 16. Jahrhunderts zwischen den Häfen des neu entdeckten Kontinents und Europa entwickelte. Die mächtigsten Seemächte waren damals Portugal und Spanien. Spanien hatte die Neue Welt in Besitz genommen, Portugal wollte insbesondere die neu erschlossenen Handelswege nach Indien entlang der afrikanischen Küste absichern. Zudem hatten die Portugiesen bereits Anfang des 15. Jahrhunderts Madeira und die Azoren erobert. Papst Alexander VI. verfügte daher 1493, dass die Welt außerhalb Europas zwischen Spanien und Portugal



2.4 > Ende des 15. Jahrhunderts war der Einfluss der beiden Seemächte Portugal und Spanien so groß, dass Papst Alexander VI. die Welt unter diesen aufteilte. Die Gebiete westlich der blauen Linie im Atlantik wurde Spanien zugeschlagen, die Gebiete östlich Portugal. Im Vertrag von Tordesillas wurde die Demarkationslinie korrigiert.

Taktik kleiner Nadelstiche – die Kaperei

Konflikte um die Vormachtstellung auf dem Meer wurden nicht immer in offenen Schlachten ausgetragen. Im Streit zwischen der englischen und der spanischen Krone beispielsweise entschied sich Königin Elisabeth I. Mitte des 16. Jahrhunderts für eine besondere Taktik. Sie wollte den Spaniern durch Kaperei wirtschaftlichen Schaden zufügen. Statt eine Flotte von Kriegsschiffen zu schicken, wurde der Kampf gegen Spanien privatisiert. Mit Erlaubnis des englischen Königshauses wurden erfahrene Kapitäne angeheuert, die als Kaperer Jagd auf die Handelsschiffe der spanischen Krone machen sollten. Das englische Königshaus stellte ihnen dazu Kaperbriefe aus – eine offizielle Erlaubnis zu internationaler Piraterie. Zudem wurde vertraglich geregelt, welchen Anteil an der Beute die Kapitäne behalten durften beziehungsweise am Hof abzuliefern hatten.

Einer der berühmtesten Kaperer seiner Zeit war Francis Drake, der 1577 zu seiner Weltumsegelung aufbrach. Drake sollte nicht nur Handelsschiffe ausrauben. Er bekam zusätzlich den riskanten Auftrag, die Südspitze Amerikas bei Feuerland zu umsegeln und auf der pazifischen Seite die spanischen Kolonien quasi durch die Hintertür anzugreifen. Er hatte Erfolg. Er segelte die Pazifikküste Südamerikas gen Norden und überrumpelte die spanischen Kolonialherren in den pazifischen Städten. Er überfiel sogar Lima, den Hafen des spanischen Vizekönigs. Drake erbeutete Gold, Silber, Edelsteine und teure Gewürze. Man schätzte den damaligen Wert der Beute auf sagenhafte 500 000 Pfund, die heute rund 100 Millionen Euro entsprechen würden. Drake wurde für seine Taten zum Ritter geschlagen, was einem Affront gegenüber dem spanischen Königshaus gleichkam.

Noch mehrere Jahrhunderte lang war die Kaperei Alltag auf den Weltmeeren – insbesondere auf den Routen von Europa nach Asien im Indischen Ozean und im Pazifik. Erst mit der Pariser Seerechtsdeklaration von 1856 wurde das Ausstellen von Kaperbriefen international geächtet.

2.5 > In England ein Held, in Spanien ein Schuft: der Kaperer Sir Francis Drake (1540–1596).

aufgeteilt werden solle. Spanien erhielt als Besitz die bis dahin bekannte westliche Welt und alle westlichen Ländereien, die noch entdeckt werden sollten. Portugal wurde die östliche Welt zugesprochen. Die Grenze zwischen West und Ost sollte in der Mitte des Atlantiks auf Höhe des 38. Längengrads verlaufen. Die Portugiesen aber protestierten und verlangten, die Grenze noch etwa 1000 Kilometer weiter nach Westen zu verschieben – bis etwa zum 46. Grad westlicher Länge. Ihr Protest hatte schließlich Erfolg, und 1494 wurde die Grenze im Vertrag von Tordesillas dementsprechend festgelegt. Heute wird vermutet, dass den Portugiesen damals bereits der Küstenverlauf Südamerikas bekannt war, denn durch die Westverschiebung der Linie fiel ein großer Teil des heutigen Brasiliens den Portugiesen zu. Schon wenige Jahre nach dem Vertrag begann die Ausbeutung Südamerikas. Die eroberten Gebiete wurden zu Kolonien. Große Mengen an Gold und Silber wurden aus der Neuen Welt nach Europa gebracht. Wichtige Häfen für diesen frühen interkontinentalen Frachtverkehr zwischen Europa und Amerika waren Sevilla und Lissabon. Die spanische Flotte war die größte und mächtigste ihrer Zeit.

Doch in den folgenden Jahrzehnten begann sich eine weitere Seemacht zu etablieren: England. In den ersten Jahrzehnten des 16. Jahrhunderts gewann das englische Bürgertum, das weniger den Papst, sondern den eigenen König als Oberhaupt seiner Kirche betrachtete, an Einfluss. Zwischen Spanien und dem aufstrebenden Neuling kam es immer wieder zu Konflikten, die sich im Laufe der Zeit aufschaukelten. Mitte des 16. Jahrhunderts entdeckten die Engländer die Gewässer vor Neufundland als reiche Fischgründe, weil dort große Bestände an Kabeljau zu finden waren. Die Spanier aber betrachteten die Fischerei als Wilderei in den ihnen vom Papst zugesprochenen Gewässern der westlichen Hemisphäre. Die Spannungen stiegen, als die Spanier englische Schiffe im Golf von Mexiko angriffen, die für Werftarbeiten in einem Hafen lagen. Zu offenen kriegerischen Auseinandersetzungen kam es damals zwar nicht, doch schickte Königin Elisabeth I. englische Kapitäne auf Kaperfahrt. Lange Zeit blieb der Konflikt daher eher ein Handelskrieg.

Erst 1588 kam es zur großen Seeschlacht zwischen den Mächten. Der spanische König Philipp II. schickte die große spanische Flotte, die Armada, gegen England, um

2.6 > Im Jahr 1607 kämpfte Spanien vor Gibraltar gegen die Niederlande. Dabei verloren die Spanier einen maßgeblichen Teil ihrer Flotte und in der Folge ihre Vormachtstellung zur See.

Elisabeth I. zu stürzen. Die Invasion Englands misslang jedoch. Die Engländer konnten die Armada im Ärmelkanal zurückschlagen. Anders als vielfach überliefert, wurde die spanische Flotte damit aber nicht gänzlich vernichtet. Spanien blieb weiter eine starke Seemacht. Erst ein Überraschungsangriff der Niederlande im Jahr 1607 in der Bucht von Gibraltar war so durchschlagend, dass Spanien einen maßgeblichen Teil seiner Flotte und seine Rolle als stärkste Seemacht verlor.

Historische Verkehrsdrehkreuze

Der Handel zwischen den weit entfernten Küsten machte es erforderlich, auf bestimmten Strecken Häfen einzurichten, in denen sich die Mannschaften mit Nahrung und Frischwasser versorgen konnten. Viele dieser Häfen entwickelten sich zu Verkehrsdrehkreuzen. Ein Beispiel ist Mauritius. Bereits seit dem 10. Jahrhundert war die Insel auf Karten arabischer Seefahrer verzeichnet. Von Portugiesen wurde sie Anfang des 16. Jahrhunderts entdeckt, und zwar als Zwischenstopp für ihre Schiffe auf dem Weg nach Asien und zurück nach Portugal. Die Portugiesen nutzten Mauritius aber nur als Stützpunkt und machten die Insel nicht zur Kolonie. Mitte des 17. Jahrhunderts schließlich siedelten sich hier die Niederländer als Kolonialherren an, nun wurde Zuckerrohr eingeführt und die Produktion von Rum aufgenommen. 1715 dann besetzten Franzosen die Insel. Sie verkauften nicht nur Lebensmittel, Wasser und vor allem Zucker sowie Rum an die Handelsschiffe, die auf ihren langen Reisen Mauritius ansteuerten, sondern nutzten darüber hinaus die strategisch gute Lage, um Schiffe der Engländer zu überfallen, die auf dem Weg zwischen Europa und Asien die Gewässer um Mauritius passierten. Dieser Piraterie machten die Briten 1810 ein Ende, indem sie ihrerseits die Franzosen angriffen und die Insel übernahmen. Genutzt wurde Mauritius fortan vor allem von europäischen Kaufleuten, die einen regen Seehandel zwischen Europa, Südamerika, Indien und Südostasien unterhielten. Umgeschlagen wurden auf Mauritius Textilien und Gewürze aus Indien sowie Porzellan aus China,

aber auch Elfenbein aus Afrika. Erst mit den modernen, motorisierten Schiffen, die große Strecken nonstop zurücklegen konnten, und schließlich mit dem Bau des Sueskanals sank die Bedeutung der Insel. Andere Häfen hingegen konnten ihren Status als wichtiges Drehkreuz über die Jahrhunderte halten. Der niederländische Hafen Rotterdam etwa war bereits zu Beginn des 17. Jahrhunderts ein wichtiger Sitz der Niederländischen Ostindien-Kompanie, die im Gewürzhandel aktiv war. Es wurden und werden noch immer Waren aus aller Welt nach Rotterdam gebracht und dann weiter ins europäische Binnenland transportiert: seinerzeit mit dem Schiff über den Rhein, heute auch per Güterzug und Lastwagen. Gemessen am Warenumschlag steht Rotterdam in der Rangliste der größten Häfen der Welt heute auf Platz 6. Vor allem Container, Erdgas und Erdöl werden hier angelandet.

Küsten entwickeln sich zum Urlaubsziel

Die Küsten weltweit sind nicht nur Handelsplatz, militärische Grenzzone oder Lieferant von Nahrung. Schon früh erkannten die Menschen auch die Bedeutung der Küsten als Ort der Erholung, Gesundheit und als Kraftquelle für die Seele. 414 vor Christus schrieb der griechische Philosoph Euripides: „Das Meer wäscht und säubert von jeglichem Schmutze.“ Er bezog sich dabei vor allem auf das Küstengebiet, in dem sich die Elemente Erde, Wasser und Wind berühren. Die Römer übernahmen die Vorstellung von der Heilkraft des Meeres. Spaziergänge und Festessen am Strand gehörten zum kultivierten Müßiggang des Adels. Für das süße Nichtstun verwendeten die Römer den Begriff „otium“. Sie badeten jedoch nicht im Meer. Vielmehr errichteten sie zahlreiche Thermalbäder an warmen vulkanischen Quellen – etwa auf der italienischen Insel Ischia, wo sie noch heute in Betrieb sind.

Im Mittelalter entfremdeten sich die Menschen wieder vom Meer. Obgleich sich der Handel zwischen den teilweise weit entfernt voneinander liegenden Küsten ausbreitete, galten die Meere allgemein als bedrohlich und von Monstern bevölkert. Die Strände des Mittelmeers galten als abschreckender, von Piraten verseuchter Raum. Erst ab dem 17. Jahrhundert begann die Rückbesinnung auf das Meer als Sehnsuchtsort. Dazu trug unter anderem der englische Gelehrte Robert Burton bei, der 1621 das Buch „The Anatomy of Melancholy“ (Die Anatomie der Melancholie) veröffentlichte – eine Sammlung historischer und philosophischer Betrachtungen aus 2000 Jahren zum Thema Melancholie. Darin lobte er die Sommerfrische an der See und riet Melancholikern, das bewegte Meer zu betrachten.

2.7 > Die Promenade des englischen Seebads Brighton war bereits im Jahr 1907 gut besucht. Bis heute hat die Stadt nichts von ihrer Attraktivität für Touristen eingebüßt.

Die Gentry, der englische Landadel, begann zudem die Bedeutung der körperlichen Ertüchtigung an der frischen Luft zu schätzen. 1626 wurden in der Stadt Scarborough an der englischen Ostküste säurehaltige Mineralquellen entdeckt. Die Bevölkerung sprach dem Wasser heilende Wirkung zu, was die Quellen schnell überregional bekannt machte. Bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts entwickelte sich die Stadt zu einem etablierten Seeheilbad, zunächst in der Regel allerdings nur für Adlige, die sich den Aufenthalt leisten konnten.

Einen Boom löste der englische Arzt Richard Russell mit seinen Studien über die heilende Wirkung von Meerwasser aus. 1747 ließ er sich im südenglischen Seebad Brighton nieder. Er schrieb, dass Menschen mit Erkrankungen des Drüsensystems dank heilender Bäder im kühlen Wasser schneller genesen würden und sich auch Frauen, die an Kraftlosigkeit litten, schnell erholten. Vor allem aus London reisten nun etliche Menschen zur Erholung nach Brighton, das sich zu einem der beliebtesten Seebäder im Land entwickelte – nicht mehr nur für Adlige, sondern auch für wohlhabende Bürgerliche.

1793 wurde schließlich mit Heiligendamm an der deutschen Ostseeküste das erste deutsche Seebad gegründet. In den folgenden Jahrzehnten entwickelten sich viele weitere Küstenorte in Europa zu Seebädern.

Eine gänzlich andere Art von Küstentourismus forcierte der Hamburger Reeder Albert Ballin in den 1890er-Jahren: die Kreuzfahrt, bei der Passagiere gleich mehrere Reiseziele an den Küsten besuchten. Ballin betrieb seit längerer Zeit Passagierschiffe auf der Route zwischen Nordamerika und Europa. Auch viele Auswanderer reisten mit Ballins Schiffen. Da die Schiffe in der Winterzeit aber nicht stark genug genutzt wurden, kam Ballin auf die Idee, Vergnügungsreisen in wärmere Regionen anzubieten, um die Schiffe besser auszulasten. So stach am 22. Januar 1891 in Cuxhaven das Passagierschiff „Augusta Victoria“ zur weltweit ersten Kreuzfahrt in See. 57 Tage, 22 Stunden und 3 Minuten war das Schiff unterwegs und lief Gegenden an, die damals für die meisten Menschen in Nordeuropa noch sehr exotisch klangen: Ägypten, die Insel Malta oder die Hafenstadt Lissabon.

2.8 > Der Hamburger Reeder Albert Ballin gilt als Erfinder der Kreuzfahrt. Um seine Passagierschiffe im Winter besser auszulasten, bot er ab 1891 Schiffsreisen zu Städten rund um das Mittelmeer an.

Was Küsten zu leisten vermögen

Der Lebensraum Küste erfüllt aus Sicht des Menschen allerdings noch viele weitere Funktionen, er erbringt sogenannte Ökosystemleistungen, die sich wie folgt einteilen lassen:

- unterstützende Ökosystemleistungen, die als unabdingbare Basis für die übrigen Dienstleistungen angesehen werden können und beispielsweise die Primärproduktion oder Nährstoffkreisläufe umfassen;
- regulierende Ökosystemleistungen, die Vorteile und Nutzen beinhalten, die der Mensch aus der regulierenden Wirkung der Küstengewässer und ihrer Ökosysteme bezieht;

- bereitstellende Ökosystemleistungen, zu denen einerseits Produkte und Güter für die Versorgung des Menschen gehören, andererseits Räume, die das Meer zur Verfügung stellt;
- kulturelle Ökosystemleistungen, die vielfältige Leistungen und Nutzen beinhalten, die dem immateriellen Wohlbefinden des Menschen dienen.

Das Konzept der Ökosystemleistungen bietet sich an, um die Vielzahl von Leistungen, die beispielsweise in Küstenregionen erbracht werden und aus denen der Mensch materiellen wie immateriellen Nutzen zieht, systematisch zu ordnen und zu analysieren. Allerdings bleiben gesellschaftliche Fragen wie etwa die Verteilungsgerechtigkeit oder eine Betrachtung, welche Bevölkerungsgruppen von diesen Leistungen profitieren, bei derartigen Analysen in vielen Fällen offen. Insofern wird etwa eine einseitige, rein ökonomische Beurteilung von Ökosystemleistungen ohne Einbeziehung von soziokulturellen oder ethischen Zusammenhängen kritisch gesehen.

Bei der Betrachtung von Lebensräumen nur hinsichtlich ihrer Leistungen wird häufig nicht berücksichtigt, dass jeder Lebensraum, auch ohne dass er genutzt wird, einen Wert haben kann. Umweltethiker sprechen vom sogenannten Nicht-Nutzungswert. Zu diesem zählt zum einen der Existenzwert, den Menschen Lebewesen wie Korallen oder Lebensräumen wie Mangrovenwäldern beimessen, ohne davon ausgehen zu können, die Lebensräume selbst einmal zu nutzen oder zu erleben. Der Existenzwert ergibt sich aus der bloßen Freude darüber, dass die Lebewesen oder Lebensräume überhaupt existieren.

Zum Nicht-Nutzungswert zählt zum anderen der Vermächtniswert, der darauf beruht, dass Menschen den Wunsch verspüren, Naturgüter so unversehrt wie möglich an die nachfolgenden Generationen weiterzugeben. Die Bemessung der Nicht-Nutzungswerte, die zu den kulturellen Ökosystemleistungen zählen, ist nicht einfach. Für die Bewertung muss beispielsweise auch das Wissen der einheimischen Bevölkerung oder anderer Interessengruppen eingeholt werden – etwa das Wissen darüber, ob ein Lebensraum für die Bevölkerung eine besondere religiöse oder spirituelle Bedeutung hat. Erst wenn man dieses Wissen berücksichtigt, lässt sich der Wert des Lebensraums ermessen.

UNTERSTÜTZENDE ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN – DIE GRUNDLAGE DER NAHRUNGSNETZE

Klein, aber produktiv

Die Basis allen Lebens im Meer und zugleich die bedeutendste Ökosystemleistung ist die Primärproduktion: der Aufbau von Biomasse durch Pflanzen und Mikroorganismen. Diese gewinnen ihre Energie meist durch **Photosynthese** oder durch bestimmte chemische Verbindungen und stellen energiereiche Substanzen wie zum Beispiel Glukose (Zucker) her. Zu den wichtigsten Primärproduzenten im Ozean zählen die mikroskopisch kleinen Vertreter des marinen Phytoplanktons wie die Diatomeen (Kieselalgen), die Coccolithophoriden (Kalkflagellaten) oder auch die Cyanobakterien (früher Blaualgen genannt). Da das Phytoplankton auf Sonnenlicht angewiesen ist, kommt es ausschließlich in den oberflächennahen Wasserschichten der Weltmeere vor. Wie die Pflanzen an Land benötigt es zusätzlich zum Sonnenlicht Nährstoffe wie Phosphor- und Stickstoffverbindungen. Diese gelangen vor allem durch die Flüsse ins Meer. Da in den Küstengewässern sowohl ausreichend Sonnenlicht als auch Nährstoffe vorhanden sind, zählen diese zu den besonders produktiven Regionen der Meere. Diese Produktivität führt auch zu besonderem Fischreichtum. Denn vom Phytoplankton ernähren sich Kleinstkrebse und Fisch- und Muschellarven, die wiederum Nahrung für Fische sind.

Jedoch nicht immer stammen die Nährstoffe aus den Flüssen. Zum Beispiel in sogenannten Auftriebsgebieten steigt nährstoffreiches, kaltes Wasser aus der Tiefe des Ozeans auf. Das ist unter anderem an den Küsten von Chile, Kalifornien, Mauretanien und Namibia der Fall. Die Primärproduktion ist hier entsprechend hoch. Wie schon die produktiven Küstengewässer sind auch die Auftriebsgebiete besonders fischreich.

Wie stark die Primärproduktion in den Küstengewässern ist, hängt aber nicht nur von der Menge an Nährstoffen ab, die Strömungen und Flüsse herantragen, sondern auch von der Intensität, mit der die Wassermassen durchmischt werden. Durch diese Durchmischung kann die Nährstoffkonzentration in verschiedenen Küstenabschnitten oder Wassertiefen stark variieren. Im Golf von Bengalen, wo Ganges und Brahmaputra ein großes Fluss-

2.9 > Produktive Preziosen: Kieselalgen gehören zu den wichtigsten Primärproduzenten. Erst bei starker Vergrößerung wird die Schönheit ihrer Schalen sichtbar. Mikroskopische Präparate wie dieses waren vor etwa 100 Jahren vor allem unter Diplomaten ein beliebtes Mitbringsel.

delta bilden und viele Nährstoffe aus dem Himalaja-Hochland herantransportieren, verändert sich die Primärproduktion beispielsweise in Abhängigkeit vom Monsun. Weil dort im Sommer, wenn die feuchten Monsunwinde wehen, sehr viel Niederschlag fällt, wird das Wasser entlang der Küste stark verdünnt. Damit sinkt auch die Konzentration an Nährstoffen.

Zu den besonders produktiven Küstenregionen der Welt zählt auch das Südchinesische Meer, weil hier westlich von Hongkong der Perlfluss mündet. Er wird aus mehreren Flüssen gespeist und bildet das größte Flusssystem in Südchina. Sein Einzugsgebiet ist rund 452 000 Quadratkilometer groß, was in etwa der Fläche von Schweden entspricht. Entsprechend gewaltig sind die Nährstoffmengen, die sich ins Südchinesische Meer ergießen.

Seegraswiesen
Seegraswiesen sind spezielle Lebensräume, die auf Sandböden in flachem Wasser und im Wattenmeer vorkommen. Anders als Algen, die sich meist mit Haftorganen auf Steinen festsetzen, schlägt das Seegras Wurzeln, mit denen es in sandigen Meeresgebieten eine feste Struktur bildet. Zahlreiche Organismen finden hier Halt, etwa kleinere Algen oder Schnecken, was Seegraswiesen oftmals zu besonders artenreichen Lebensräumen macht. Darüber hinaus ist Seegras für viele Meerestiere und Wasservögel eine wichtige Nahrungsquelle.

REGULIERENDE ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN – SCHUTZ VOR SCHADSTOFFEN UND STÜRMEN

Klärwerk Küste

Küstengewässer spielen eine wichtige Funktion bei der Reinigung von Abwässern und Schadstoffen, die über die Flüsse, aus der Kanalisation oder über die Atmosphäre ins Meer eingetragen werden. Sie haben somit eine regulierende Funktion und sind unter anderem für den Abbau von Nährstoffen von Bedeutung – insbesondere von Stickstoffverbindungen. Pflanzen benötigen Nährstoffe, vor allem Stickstoff und Phosphat, für ihr Wachstum. Um die Produktivität von Ackerflächen zu erhöhen und höhere Erträge erwirtschaften zu können, werden diese als Dünger auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht, entweder in Form von Gülle und Fäkalien oder auch als Kunstdünger.

In Regionen, in denen intensiv Landwirtschaft betrieben wird, gelangen sehr viele Nährstoffe in den Boden, die dort meist nicht vollständig von den angebauten Kulturpflanzen aufgenommen werden. Mit dem Regen werden diese überschüssigen Nährstoffe dann in das Grundwasser und die Bäche und Flüsse gespült, über die sie bis ins Meer gelangen. Die Phosphor- und Stickstoffverbindungen regen auch das Wachstum der Algen an. Bei einem Überangebot an Nährstoffen entwickeln sich die Algen aber so stark, dass es zu ausgeprägten Algenblüten kommt. Je mehr Algen vorhanden sind, desto intensiver ist dann in tieferen Wasserschichten der Abbau durch Mikroorganismen, die Sauerstoff zehren. Dieses Phänomen wird als Überdüngung beziehungsweise Eutrophierung bezeichnet. Im Extremfall entstehen sauerstofffreie Zonen, in denen Fische, Krebse oder Muscheln nicht mehr überleben können.

Mit der Intensivierung der Landwirtschaft hat die Zahl der sauerstoffarmen beziehungsweise -freien Zonen in den Küstengewässern seit den 1960er-Jahren vor allem auf der Nordhalbkugel massiv zugenommen. Weltweit gibt es etwa 400 Küstengebiete, in denen regelmäßig ein Sauerstoffmangel auftritt, insgesamt auf einer Fläche von 245 000 Quadratkilometern, was in etwa der Fläche Rumäniens entspricht. Besonders betroffen sind die Küstengewässer in Europa, an der US-amerikanischen Ostküste, im Golf von Mexiko und zunehmend auch in China. Da vor allem große Mengen an Stickstoff ins Wasser gelangen, ist gerade dessen Abbau von zentraler Bedeutung. Stickstoff liegt in Dünger, Gülle und Exkrementen meist als Ammonium-Ion (NH_4^+) vor. Kommt Sauerstoff hinzu, wandelt sich das Ammonium in Nitrat. In Gewässern wird das Nitrat dann von Mikroorganismen (denitrifizierenden Bakterien) über die sogenannte Denitrifikation zu reinem Stickstoff (N_2) abgebaut, der von den Algen nicht mehr als Pflanzennährstoff genutzt werden kann. Die Küstengewässer fungieren dank der Denitrifikation bis zu einem gewissen Grade als Kläranlage des Meeres.

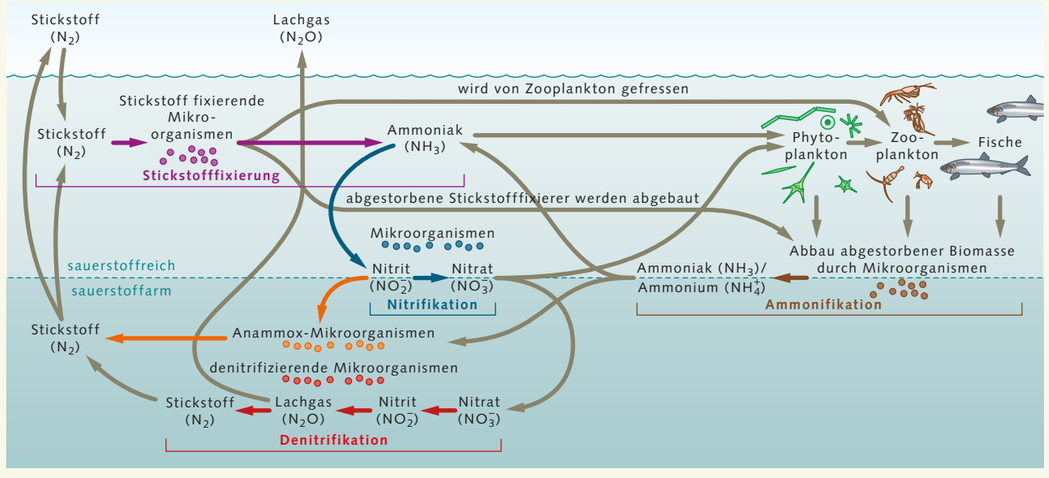
Gelangen aber zu viele Nährstoffe ins Meer, können diese nicht mehr vollständig abgebaut werden, sodass es zur Überdüngung kommt.

In den Küstengewässern tragen auch die verschiedenen Pflanzengemeinschaften erheblich zum Abbau der Nährstoffe bei. Dazu gehören insbesondere die Mangroven und die Seegraswiesen, die wie die Pflanzen an Land über ihre Wurzeln große Mengen an Nährstoffen aufnehmen. Verstärkt wird der Nährstoffabbau ferner durch die zahlreichen im Meeresboden lebenden Organismen wie zum Beispiel Muscheln und Würmer. Abermillionen von ihnen leben in Böden vergraben, und ihre mehrere Zentimeter tiefen Gänge lassen die Sedimente vielerorts durchlöchert wie Schwämme erscheinen. Im Vergleich zu dem ansonsten festen und dichten Sediment, wo das Wasser

Die Wandlung eines wichtigen Nährstoffs – der Stickstoffzyklus

Stickstoff ist ein bedeutender Pflanzennährstoff, der in der Umwelt durch biologische Prozesse auf verschiedenen Wegen in einem natürlichen Kreislauf mehrfach umgewandelt wird. Im Wesentlichen wird reiner Stickstoff aus der Atmosphäre von Mikroorganismen in Stickstoffverbindungen umgewandelt, die von großen Algen, dem Phytoplankton und den Landpflanzen verwertet werden können. Der Kreislauf schließt sich damit, dass die biologisch erzeugten Stickstoffverbindungen wieder in reinen Stickstoff umgewandelt werden.

Die Atmosphäre unserer Erde besteht zu 78 Prozent aus elementarem (also reinem) Stickstoff (N_2), doch können Pflanzen diesen nicht direkt verwerten. Verschiedene Mikroorganismen sind aber dazu in der Lage, wie im Meer die Cyanobakterien (ehemals als Blaualgen bezeichnet), die zum Phytoplankton gehören, und an Land die Knöllchenbakterien, die in Gesellschaft mit Hülsenfrüchtlern wie etwa Bohnen vorkommen. Sie nehmen den reinen Stickstoff auf und wandeln ihn in Ammoniak (NH_3) beziehungsweise Ammonium-Ionen (NH_4^+) um. Dieser Prozess wird als Stickstofffixierung bezeichnet. Das Ammoniak beziehungsweise Ammonium wird dann von anderen Gruppen von Mikroorganismen, insbesondere dem Bakterium *Nitrosomonas*, in mehreren Schritten in Nitrit-Ionen (NO_2^-) und schließlich Nitrat-Ionen (NO_3^-) umgewandelt. Diese Umwandlung wird als Nitrifikation bezeichnet. Diese Ionen können die großen Algen, das Phytoplankton und die Landpflanzen dann direkt verwerten. So bauen sie daraus unter anderem Aminosäuren auf. Sterben sie, wird die tote Biomasse von einer Vielzahl anderer Mikroorganismen abgebaut. Auch die in großen Algen, im Phytoplankton und in den Landpflanzen enthaltenen Stickstoffverbindungen werden von Mikroorganismen vor allem über die sogenannte Ammonifikation abgebaut. Dabei werden die Stickstoffverbindungen in der abgestorbenen Biomasse, wie zum Beispiel die Aminosäuren, von einer großen Zahl verschiedener Mikroorganismen wieder in Ammoniak und Ammonium umgewandelt. Dieses Ammoniak und Ammonium steht den Mikroorganismen, insbesondere *Nitrosomonas*, dann wieder für die Nitrifikation zur Verfügung. Der Stickstoffkreislauf schließt sich mit einem Abbauprozess, der letztlich auch für die Reinhaltung von Gewässern besonders wichtig ist – der Denitrifikation. Im Wasser enthaltene Nitrat-Ionen (NO_3^-) werden dabei von Mikroorganismen (denitrifizierenden Bakterien) direkt in elementaren Stickstoff (N_2) und Stickoxide (NO und N_2O) umgewandelt. Diese können vom größten Teil des Phytoplanktons und den Landpflanzen nicht mehr als Nährstoffe genutzt werden.



2.10 > Stickstoff ist das häufigste Element in der Erdatmosphäre und ein wichtiger Pflanzennährstoff. Stickstoff wird in der Natur in einer Art Kreislauf durch Bakterien und Pflanzen immer wieder chemisch umgewandelt.

2.11 > Das Mündungsgebiet des Flusses Salak auf der Insel Borneo wird von Mangroven dominiert. Sie schützen die Küste vor Orkanen und Sturmfluten.

nur durch die Poren zwischen den Sedimentkörnern eindringt, vergrößert sich durch die vielen Gänge die Fläche, an der die Mikroorganismen Denitrifikation betreiben können. Die Klärwerksfunktion der Küstengewässer wird dadurch deutlich gesteigert.

Eine regulierende Funktion haben die Küstengewässer auch beim Abbau und bei der Neutralisierung von Schadstoffen wie zum Beispiel langlebigen chemischen Verbindungen und Schwermetallen, die über die Flüsse und die Atmosphäre ins Küstenmeer eingetragen werden. Zum einen werden Schadstoffe verdünnt, zum anderen werden sie durch die Aktivität der Bodenbewohner ins Sediment eingelagert, etwa indem sie mit der Nahrung aus dem Wasser gefiltert und mit dem Kot ins Sediment abgegeben werden. Die Schadstoffe werden somit zwar nicht aus der Umwelt entfernt, doch die Einbindung ins Sediment verhindert, dass andere Meeresorganismen die Schadstoffe aufnehmen. So wird letztlich auch verhindert, dass die Schadstoffe über die Nahrungskette vom Menschen aufgenommen werden.

Die Gewalt des Meeres dämpfen

Küstenlebensräume wie Dünen, Korallenriffe und Mangroven übernehmen für den Menschen eine wichtige Schutzfunktion, denn sie sind in der Lage, Wind und Brandung zu dämpfen – in diesem Sinne regulieren sie die physikalischen Kräfte des Meeres. So wird Abidjan, die Stadt in Elfenbeinküste, genauso durch vorgelagerte Dünen geschützt wie die niederländische Stadt Amsterdam, die nigerianische Stadt Lagos oder die südafrikanische Stadt Durban.

Besonders deutlich wurde in den vergangenen Jahren auch die Bedeutung der Mangrovenwälder für den Küstenschutz. Tropische Stürme können Brandungswellen mit einer Höhe von bis zu 7 Metern erzeugen. Wie eine Studie englischer Forscher belegt, bieten Mangroven einen erstklassigen Schutz gegen solche Sturmfluten und Orkane. Anhand von Modellrechnungen konnten sie zeigen, dass bereits ein Mangrovenstreifen von 1 Kilometer Tiefe die Windenergie um 75 Prozent und die Wellenhöhe um bis zu einem halben Meter verringern kann. Bedenkt man, dass natürliche Mangrovenwälder viele Quadratkilometer groß sein können, so bedeutet dies eine erhebliche Schutzwirkung – wie etwa an der Südküste Floridas, wo sie eine Ausdehnung von rund 2000 Quadratkilometern haben. Über viele Jahre wurden Mangrovenwälder an zahlreichen tropischen Küsten allerdings in großem Stil zerstört. In Indonesien beispielsweise wurden sie entfernt, um Platz für Aquakulturanlagen zu schaffen. In Kolumbien wiederum, wo knapp 20 Prozent aller Mangrovenbestände zerstört sind, fielen sie der Holzgewinnung zum Opfer. Studien zeigen, dass die Schäden, die der Tsunami 2004 im Indischen Ozean vor allem an der Küste Indonesiens angerichtet hat, viel geringer ausgefallen wären, wenn man die Mangroven dort nicht über Jahre abgeholzt hätte.

BEREITSTELLENDE ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN – FISCH, DIAMANTEN UND NOCH VIEL MEHR

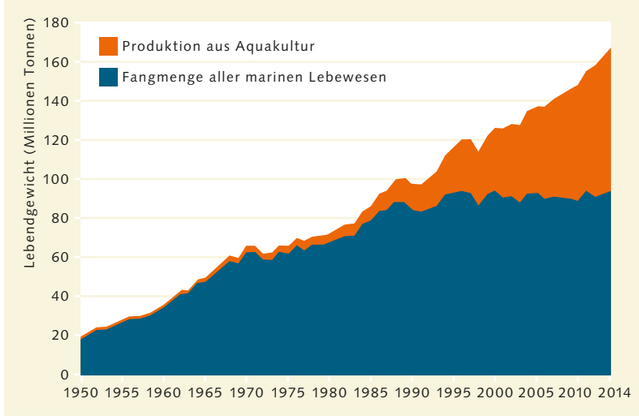
Eiweiß für eine wachsende Weltbevölkerung

Seit jeher versorgen sich die Menschen mit Fisch und Meeresfrüchten aus dem Meer. Über Jahrtausende wurde Meeresfisch nur in Küstennähe verzehrt, weil es keine Möglichkeit gab, den Fisch über weite Strecken ins Binnenland zu transportieren. Mit der Zeit entwickelten sich aber Verfahren, um Fisch haltbar zu machen. Zunächst wurde er mit Salz konserviert, später in Konserven verpackt und dadurch über große Distanzen transportierbar. Allerdings erst mit der Erfindung der Tiefkühltechnik und der damit verbundenen Möglichkeit, Lebensmittel beinahe unbegrenzt haltbar zu machen, entwickelte sich Fisch auch fernab der Küsten zu einem Grundnahrungsmittel. Heute wird Fisch weltweit in großen Mengen verzehrt und spielt für die Eiweißversorgung des Menschen eine tragende Rolle. Das gilt in besonderem Maße für westafrikanische Staaten wie den Senegal oder auch die kleinen Inselstaaten im Südpazifik, wo Fisch eines der wichtigsten Grundnahrungsmittel ist.

Mit dem Wachstum der Weltbevölkerung ist der Konsum von Fisch und Meeresfrüchten seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts enorm gestiegen. Lag der Pro-Kopf-Verbrauch in den 1960er-Jahren noch bei 9,9 Kilogramm, so überstieg er 2014 nach Angaben der Welternährungsorganisation (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) erstmals die Marke von 20 Kilogramm. Das entspricht einer Verdoppelung des Verbrauchs an Fisch und Meeresfrüchten in nur einem halben Jahrhundert. Nach Angaben der Vereinten Nationen wird die Weltbevölkerung bis zum Jahr 2050 von heute etwa 7 Milliarden auf etwa 9,5 Milliarden Menschen anwachsen. Mehr als 2 Milliarden Menschen zusätzlich werden dann mit Nahrung und insbesondere auch Eiweiß versorgt werden müssen. Einen guten Teil wird dazu Fisch beitragen, doch liegt auf der Hand, dass die zusätzliche Eiweißmenge nicht aus wild gefangenem Fisch bereitgestellt werden kann, wenn die Fischbestände künftig nicht mehr überfischt werden sollen.

Wie groß der Anteil der Küstengewässer beim Fang von Wildfisch und Meeresfrüchten ist, lässt sich nur schwer beziffern. Weil die FAO in ihren globalen Statistiken nicht zwischen Küsten- und übrigen Gewässern unterscheidet, gibt es nur grobe Schätzungen, die von etwa 90 Prozent ausgehen. In Europa unterscheiden Fischereiexperten beispielsweise zwischen der Küstenfischerei, der Kleinen Hochseefischerei und der Großen Hochseefischerei, wobei nach Größe und Motorisierung der Fahrzeuge differenziert wird. Zur Küstenfischerei zählt jene Fischerei, die mit Booten, die zwischen 18 und 24 Meter lang sind, und mit Motoren von maximal 300 PS ausgeführt wird. Sie überschneidet sich mit der Kleinen

Aquakultur
Unter dem Begriff „Aquakultur“ werden mehrere Zuchtformen zusammengefasst. Im klassischen Sinne bezieht sich die Aquakultur auf Zucht im Süßwasser, beispielsweise von Karpfen. Zur Aquakultur zählt aber auch die sogenannte Marikultur, die Zucht im Meer. Inzwischen gibt es auch Mischformen, bei denen Meerestiere an Land in speziellen Salzwasserbecken gezüchtet werden.



2.12 > Die produzierte Menge an Fisch und Meeresfrüchten ist heute um ein Vielfaches größer als noch 1950. Spielte die Aquakultur anfangs kaum eine Rolle, so liefert sie inzwischen bereits fast die Hälfte der weltweiten Produktion.

Hochseefischerei, bei der Boote mit einer Länge von 18 bis 32 Metern und maximal 600 PS eingesetzt werden. Bei der Großen Hochseefischerei kommen noch einmal deutlich größere Fahrzeuge bis hin zu industriellen Fangschiffen zum Einsatz, auf denen der Fisch gleich zubereitet und tiefgefroren wird.

Nach einer anderen Definition kann als Küstenfischerei diejenige bezeichnet werden, die im Bereich der Schelfe stattfindet. Damit wird der küstennahe flache Teil des Meeresbodens bezeichnet. Der Schelf fällt sanft bis zu einer durchschnittlichen Tiefe von 130 Metern ab und endet am Kontinentalabhang, der mehr oder weniger steil in die Tiefe übergeht. Nach dieser Definition wäre die Fischerei in vielen flachen Nebenmeeren wie dem Ostchinesischen Meer oder der Nordsee gänzlich als Küstenfischerei zu betrachten, obwohl das Küstenmeer eines Staates, rein rechtlich betrachtet, mit der 12-Seemeilen-Zone endet.

Fisch für die Ernährung der Welt

Um die Versorgung mit Fisch in der Zukunft sicherzustellen, kann die Aquakultur – die Zucht von Fisch und anderen Organismen in speziellen Anlagen – eine wichtige Rolle spielen. Bereits in den vergangenen Jahren ist sie deutlich gewachsen, während sich die Menge der wild gefangenen Fische und Meeresfrüchte kaum verändert hat. Insgesamt wurden im Jahr 2014 weltweit 167,2 Millionen Tonnen Fisch und Meeresfrüchte verbraucht. 93,4 Millionen Tonnen stammten aus Wildfang, 73,8 Millionen Tonnen aus Aquakultur, von denen wiederum 26,7 Millionen Tonnen aus dem Meer stammen, ausschließlich aus den Küstengewässern. Die weitaus größere Menge allerdings, 47,1 Millionen Tonnen, stammt mittlerweile aus Gewässern an Land. Mit 60 Prozent hat China den größten Anteil an der weltweiten Aquakulturproduktion.

Will sie ein Hoffnungsträger für die Zukunft sein, muss Aquakultur allerdings nachhaltig betrieben werden. Denn in den vergangenen Jahrzehnten wurden große Fehler gemacht. Für Shrimpsanlagen etwa wurden in den 1990er-Jahren an den Küsten Indonesiens Hunderte Kilometer Mangrovenwälder gerodet. An ihrer Stelle wurden Aquakulturen als Monokulturen angelegt. Vielerorts werden bis heute Shrimps oder auch Fische in Massentierhaltung und auf maximalen Ertrag gezüchtet. Sie sind dadurch krankheitsanfälliger als ihre wild lebenden Artgenossen, weshalb Antibiotika und andere Medikamente vorbeugend eingesetzt werden – mit unabsehbaren Folgen für die Meeresumwelt und auch die Endverbraucher. Problematisch ist auch, dass der Kot der Zuchttiere regional zu einer Überdüngung des Meeres führt, wodurch sich die Wasserqualität deutlich verschlechtert.

Inzwischen hat teilweise ein Umdenken hin zu einer umweltschonenden Aquakultur eingesetzt. Als eine vielversprechende Alternative werden gemischte Aquakulturen angesehen, in denen verschiedene Organismen gemeinsam gehalten werden und in denen die Ausscheidungen einer Art den anderen Organismen als Nahrung dienen. Integrierte Multitrophische Aquakultur (Integrated Multi-Trophic Aquaculture, IMTA) werden solche Anlagen genannt. Darin lassen sich beispielsweise Fische, Algen, Muscheln und Seegurken gemeinsam züchten. Die Fische werden gefüttert, die Seegurken ernähren sich vom überschüssigen Futter und dem Kot der Fische, die Algen wiederum von anorganischen Substanzen, die die Fische ausscheiden. Die Muscheln schließlich filtrieren Partikel aus dem Wasser und halten so die Zuchtanlage sauber. Das Futter wird somit optimal ausgenutzt. Zudem lassen sich mehrere Produkte in einer Anlage ernten.

2.13 > China trägt 60 Prozent zur weltweiten Aquakulturproduktion bei. Entsprechend findet man in vielen chinesischen Küstenregionen Aquakulturanlagen wie diese im Hafen von Tolo nahe bei Hongkong.

Die Förderung von Erdgas und Erdöl

Eine aus wirtschaftlicher Sicht bedeutende bereitstellende Dienstleistung sind die Erdgas- und Erdöllagerstätten im Meer. Obwohl heute noch beide Rohstoffe vor allem an Land gefördert werden, ist der Anteil aus dem Meer (Offshore-Gas und -Öl) beachtlich. So trägt Offshore-Öl mit etwa 40 Prozent und Offshore-Gas zu etwa 30 Prozent zur jeweiligen globalen Förderung bei, doch ist nicht immer eindeutig abgrenzbar, ob sich die Förderanlagen noch der Küste oder schon dem Meer zuordnen lassen. Sicher ist, dass die Offshore-Förderung zunächst unmittelbar an der Küste begann und dann immer weiter ins Meer hinausgewandert ist. Gründe dafür sind die zunehmende Ausbeutung der küstennahen Lagerstätten, aber auch der technische Fortschritt, mit dem es möglich wurde, Gas und Öl aus immer größeren Tiefen zu fördern.

Die Förderung von Erdöl im Meer begann schon früh. Bereits 1896 wurden im Summerland-Feld bei Santa Barbara in Kalifornien erste Ölfördertürme im Meer errichtet. 1937 wurde zum ersten Mal 2 Kilometer vor der US-amerikanischen Golfküste von einer Plattform aus nach Öl gebohrt. In den 1970er-Jahren ist die relativ flache Nordsee mit einer durchschnittlichen Wassertiefe von 90 Metern als Erdgas- und Erdölrevier erschlossen worden. Die erste Förderplattform wurde 1971 im Ekofisk-Ölfeld auf dem norwegischen Kontinentalschelf installiert. Das Ekofisk-Feld liegt 270 Kilometer von der norwegischen Küste entfernt – mitten in der Nordsee und damit weit von der Küste entfernt. Genau wie bei der Fischerei ist unklar, inwieweit man dieses Meeresgebiet noch der Küste zuordnen kann.

In Ghana beispielsweise, wo der Schelf mit einer Ausdehnung von 60 Kilometern relativ schmal ist und schon in geringer Entfernung von der Küste steil in die Tiefsee abfällt, liegt das große Jubilee-Ölfeld deutlich näher am Land. Da es sich am steilen Rand des Kontinentalschelfs befindet, liegt es bereits in rund 1100 Meter Wassertiefe. Ähnlich ist die Situation in dem erst im Jahr 2008 entdeckten Iara-Ölfeld vor der brasilianischen Küste. Es liegt etwa 230 Kilometer vor Rio de Janeiro am Fuß des Kontinentalabhangs in einer Tiefe von etwa 2200 Metern.

Absolut küstennah, sozusagen in Sichtweite vom Land, wird heute kaum mehr nach Öl gebohrt. Bis auf wenige Ausnahmen liegen die meisten Erdgas- und Erdölfelder heute in Wassertiefen von mehreren Hundert Metern. Zu den Ausnahmen gehören kleinere und ältere Erdgas- oder Ölförderanlagen an der niederländischen und der deutschen Nordseeküste, die nur wenige Kilometer vor der Küste stehen.

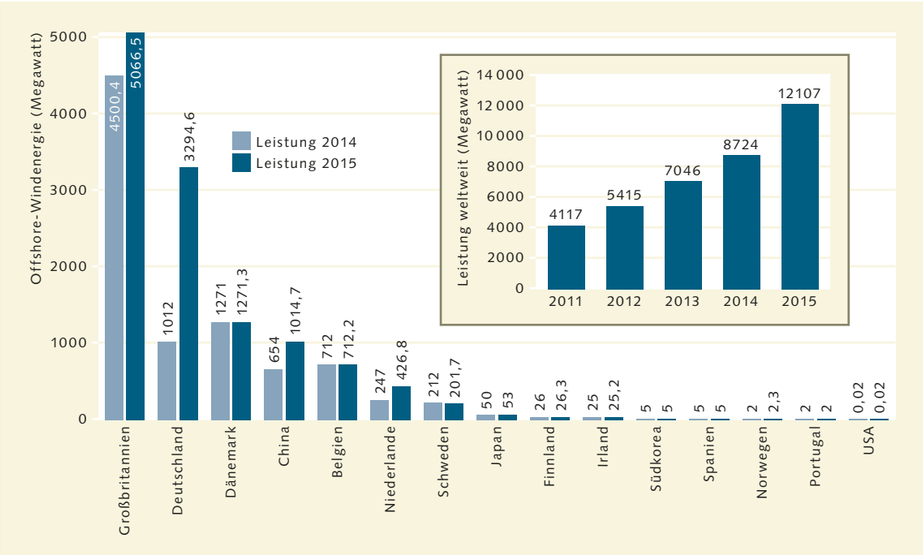
Energie ernten, die im Meer steckt

Die Küstengewässer sind in den vergangenen Jahren verstärkt auch für die Erzeugung von Strom aus Windenergie interessant geworden. Die Zahl der Offshore-Windräder hat sich in den vergangenen Jahren deutlich erhöht, und die weltweit installierte Leistung hat sich allein zwischen 2011 und 2015 verdreifacht. Der Wind über dem Meer weht stetiger und stärker als im Landesinneren, und die Stromausbeute auf hoher See ist deutlich höher als auf dem Festland, wo zudem die verfügbaren Flächen deutlich kleiner sind, weil dort Mindestabstände zu Häusern oder Naturschutzgebieten eingehalten werden müssen. Windräder lassen sich heute mithilfe von Spezialschiffen und Verwendung neuer Techniken weitaus billiger, schneller und in größerer Zahl auf dem Meer installieren als noch vor wenigen Jahren.

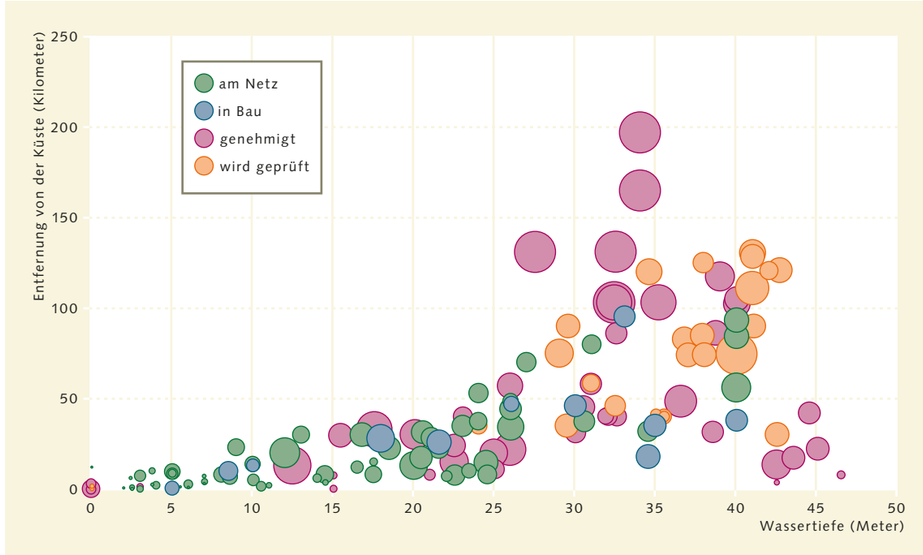
Hersteller von Windenergieanlagen fertigen die Rotorblätter inzwischen sogar direkt an der Küste in der Nähe großer Offshore-Windparks, um den teuren und aufwendigen Transport mit Speziallastwagen zu umgehen. Dadurch sind vor allem in Großbritannien neue Arbeitsplätze in strukturschwachen Küstengebieten entstanden. Wegen des höheren Aufwands beim Bau der Fundamente oder auch der kostspieligen Einsätze von Spezialschiffen ist die Errichtung von Offshore-Anlagen heute aber noch immer teurer als von Windenergieanlagen an Land. So liegen die Kosten für 1 Kilowattstunde Offshore-Strom, die sogenannten Stromgestehungskosten, heute je nach Standort zwischen 12,8 und 14,2 Cent. Bei Anlagen an Land liegen die Stromgestehungskosten hingegen zwischen 5,3 und 9,6 Cent.

Weltweit waren Ende 2015 Offshore-Windräder mit einer **Nennleistung** von gut 12 000 Megawatt in Betrieb, was in etwa der Leistung von 24 Atomreaktoren entspricht. Davon entfielen gut 5000 Megawatt allein auf die Küstenregionen von Großbritannien. In der Rangliste der

Stromgestehungskosten
Um festzustellen, welche Kosten eine bestimmte Technologie zur Erzeugung von Strom verursacht, werden in der Regel die Stromgestehungskosten berechnet. In die Stromgestehungskosten fließen alle Investitions- und Betriebskosten und die Kosten der Finanzierung der technischen Anlage ein. Diese werden durch die Stromerträge geteilt, die die Anlage im Laufe ihrer Lebenszeit erzielt. Entsprechend werden Stromgestehungskosten üblicherweise in Euro pro Megawattstunde oder Cent pro Kilowattstunde angegeben.



2.14 > Großbritannien ist beim Ausbau der Offshore-Windenergie führend. In Deutschland gingen im Jahr 2015 mehrere große Windparks ans Netz, wodurch das Land jetzt im weltweiten Vergleich vor Dänemark auf Platz 2 liegt.



2.15 > Weltweit wurden die meisten Offshore-Windparks bisher in einer Entfernung von bis zu 40 Kilometern vor der Küste und bei Wassertiefen von bis zu 20 Metern errichtet. Inzwischen ist die Offshore-Technik so ausgereift, dass Anlagen auch in deutlich größerer Entfernung geplant und gebaut werden. Im Extremfall liegen die Planungsgebiete 120 Kilometer von der Küste entfernt.

Nationen, die bereits Offshore-Windanlagen installiert haben, folgen Deutschland, Dänemark und China.

Wie auch bei der Förderung von Erdgas und Erdöl werden Offshore-Windräder heute nicht mehr unmittelbar an der Küste, sondern weiter auf See installiert. Wurde der erste Offshore-Windpark der Welt mit seinen elf Windrädern 1991 nur 2 Kilometer vor der dänischen Insel Lolland in 2 bis 4 Meter tiefem Wasser in Betrieb genommen, errichtet man heute Offshore-Windparks durchschnittlich in Wassertiefen von 27,1 Metern und einer Entfernung von durchschnittlich 43,3 Kilometern zur Küste. Vor allem in Deutschland und den Niederlanden achtet man auf einen großen Abstand, weil das Wattenmeer entlang der Küste ein wichtiges Rastgebiet für Zugvögel ist und in größerer Entfernung zum Land höhere Windgeschwindigkeiten herrschen. Deutsche Anlagen sind im Mittel 52,6 Kilometer vom Festland entfernt; in Großbritannien durchschnittlich 9,4 Kilometer. Der größte Windpark der Welt ist mit einer Fläche von 100 Quadratkilometern und 175 Windrädern der Windpark London Array in der äußeren Themsemündung an der Ostküste Englands.

Die Windenergie ist nicht die einzige erneuerbare Energieform, die man in Küstengewässern nutzen kann. Hinzu kommen:

- die Wellenenergie,
- die Gezeitenenergie,
- die Strömungsenergie,
- die durch Salzgehaltsunterschiede gewonnene Energie (Osmose-Kraftwerk),
- die aus Temperaturunterschieden in verschiedenen Meerestiefen gewonnene Energie.

Im Vergleich zur Windenergie spielen diese Energieformen bis heute aber eine eher untergeordnete Rolle. In den vergangenen Jahren wurden zwar Kraftwerke in Betrieb genommen, mit denen Wellenenergie geerntet wird. Wirtschaftlich sind diese Anlagen aber bisher nicht. In der Regel handelt es sich um Forschungs- und Entwicklungsvorhaben.

In den Kinderschuhen steckt auch die Technologie zur Erzeugung von Energie aus Salzgehaltsunterschieden. 2009 ging als weltweit erste Anlage ein kleines Kraftwerk in Norwegen in Betrieb, das seinen Strom ins öffentliche Netz einspeist. Vom Entwicklungsstand her gilt es aber als Prototyp. Im Prototypenstatus befindet sich auch die Technologie zur Gewinnung von Energie aus den Temperaturunterschieden in verschiedenen Meerestiefen. Im Jahr 2015 wurde eine Pilotanlage an der Küste von Hawaii mit einer Leistung von 105 Kilowatt in Betrieb genommen, die 120 Haushalte mit Strom versorgt.

Im Vergleich dazu ist die Gewinnung von Energie durch Gezeiten- und Strömungskraftwerke technisch ausgereift. Ein Beispiel ist das La-Rance-Gezeitenkraftwerk in der Nähe der französischen Stadt Saint-Malo, das schon seit 1966 in Betrieb ist. Insgesamt gibt es weltweit aber nur wenige größere Anlagen, weil der Bau sehr aufwendig ist. Denn um Gezeiten und Strömungen nutzen zu können, müssen Dämme und Sperrwerke mit großen Turbinen errichtet werden.

Wertvolle Mineralien

Eine weitere Ressource, die die Küsten liefern, sind die mineralischen Rohstoffe, zu denen vor allem Sand und Kies zählen. Sie werden für die Betonherstellung, als Füllsand auf Baustellen oder zum Aufspülen neuer Hafen- und Wirtschaftsflächen an der Küste genutzt. Bekannte Beispiele sind die Aufspülungen für die Erweiterung des Flughafens von Hongkong, für die Insellandschaften The Palm vor Dubai oder für die neuen Containerterminals in Rotterdam, dem größten europäischen Hafen. Sand und Kies werden entweder mithilfe von Saugbaggern vom Meeresboden entnommen oder an Land gewonnen – insbesondere durch den Abbau von Dünen. Wie viel genau, lässt sich nur schwer schätzen, weil die Daten nicht zentral erfasst werden, doch gilt der Sand- und Kiesabbau und der Export beider Ressourcen als lukratives Geschäft.

Der auf einer Insel gelegene Stadtstaat Singapur zum Beispiel verbraucht permanent große Mengen von Sand, um das Stadtgebiet durch Aufspülungen zu erweitern. Durch solche Maßnahmen hat sich die Fläche der ehemaligen britischen Kolonie seit den 1950er-Jahren bereits um gut 20 Prozent vergrößert. Singapur lässt den Sand zum Teil aus großer Entfernung per Schiff anliefern. Auch viele andere Länder importieren Sand. Besonders gefragt ist Sand aus Australien, weil Körner dort sehr hart, widerstandsfähig und eckig sind. Zum einen eignet sich dieser Sand gut für die Betonherstellung, weil die Körner beim Abbinden des Betons gut aneinanderhaften. Zum anderen wird der Sand gern in der Industrie als Strahlmittel verwendet, mit dem Werkstoffe geschliffen oder geglättet werden. Australien exportiert nach Angaben der Austra-

2.16 > Vor allem an der Westküste Afrikas wie hier in der Westsahara oder auch in Marokko wird Sand in Küstennähe im großen Stil abgebaut. Dieser wird weltweit exportiert und unter anderem als Bausand verwendet.

lischen Statistikbehörde (Australian Bureau of Statistics, ABS) monatlich Sand, Kies und Steine im Wert von 5,5 bis 8,5 Millionen Euro. Er wird sowohl an der Küste als auch im Binnenland abgebaut.

Natürlicher Goldwäschereffekt

Eine eher ungewöhnliche mineralische Ressource sind die Mineralseifen. Dabei handelt es sich um flache Lagerstätten von Metall- oder Phosphorverbindungen, die sich an den Küsten in der Nähe von Flussmündungen bilden. Sie entstehen durch eine Art natürlichen Goldwäschereffekt: Flüsse transportieren aus dem Hinterland leichte und schwere Partikel mit sich. Im Bereich der Flussmündung lagern sich diese im seichten Wasser vor der Küste ab. Ist die Meeresbrandung stark genug, werden die leichten Partikel weggetragen, während die schwereren tiefer im Boden versinken. So entstehen im Laufe von Jahrtausenden mehrere Meter dicke Pakete, die im Tagebau abgetragen werden können. Mineralseifen können Metalle wie Eisen, Gold, Platin, Zinn oder auch **Seltenerdmetalle** enthalten. Abgebaut werden heute meist nur die besonders wertvollen Mineralseifen, die Gold, Platin oder Diamanten enthalten. Letztere findet man an der Küste von Namibia. Hier befindet sich ein nur wenige Kilometer breiter Streifen, in dem das Meer mit bis zu 150 Meter Tiefe relativ flach ist. Seit man Ende der 1950er-Jahre feststellte, dass in diesem Bereich des Meeres große Mengen an Diamanten vorkommen, wird hier intensiv Offshore-Bergbau betrieben. Zunächst wurden die Sedimente nur von Tauchern mit großen Saugrohren abgeerntet. Aktuell wird der Abbau mit Spezialschiffen in einer Wassertiefe von 90 bis 150 Metern im industriellen Stil betrieben. Das Areal wurde in mehrere Konzessionsgebiete eingeteilt, in denen verschiedene Firmenkonsortien tätig sind. Heute werden etwa zwei Drittel aller namibischen Diamanten im Meer gewonnen.

Dass der Meeresboden vor Namibia überhaupt so reich an Diamanten ist, liegt am Oranje. Der Grenzfluss zwischen Namibia und Südafrika transportierte die Edelsteine aus ihrer Herkunftsregion, den südafrikanischen Vulkangebieten, bis ins Meer hinaus. Meeresströmungen verfrachteten das Sediment mit den Diamanten dann im Laufe der Zeit in Richtung Norden vor die namibische Küste, wo sie sich durch den Goldwäschereffekt im Boden konzentrierten.

Derzeit wird diskutiert, ob hier künftig auch Mineralseifen gewonnen werden sollen, die Phosphatverbindungen enthalten. Diese sollen als Dünger verkauft werden. Weil der Meeresspiegel seit der letzten Eiszeit um rund 130 Meter gestiegen ist, liegen diese Phosphatvorkommen heute tief unter der Wasserlinie.

Rohstoffe aus heißen Quellen

Zu den wertvollen Mineralien, die künftig aus dem Meer gewonnen werden sollen, gehören auch die Massivsulfide. Man findet sie an heißen Quellen am Meeresgrund, die an aktiven Vulkanen im Meer und an Plattengrenzen liegen, an denen sich zwei Kontinentalplatten voneinander entfernen.

Massivsulfide entstehen, wenn kaltes Meerwasser durch Spalten bis zu mehrere Kilometer tief in den Meeresboden eindringt. An Magmakammern in der Tiefe heizt sich das Wasser auf Temperaturen von mehr als 400 Grad Celsius auf und löst neben den Sulfiden, das sind Schwefelverbindungen, metallhaltige Mineralien aus dem Gestein. Durch die Erwärmung steigt das mineralisierte Wasser dann sehr schnell auf und schießt zurück ins Meer. Sobald es sich mit dem kalten Meerwasser vermischt, bilden die Mineralien einen Niederschlag, der sich an der Quelle in Form von massiven Erzvorkommen ablagert.

Für gewöhnlich liegen die vulkanisch aktiven Stellen mitten in den Ozeanen und weit weg vom Land. Eine Ausnahme ist die Bismarcksee vor Neuguinea. Hier befindet sich eine solche Plattengrenze in nur 30 Kilometer Entfernung von der Küste. Die leicht per Schiff erreichbaren Lagerstätten im sogenannten Solwara-1-Feld enthalten Kupfer, Zink, Blei, Gold und Silber sowie zahlreiche wichtige Spurenmetalle wie Indium, Germanium, Tellur oder Selen. Doch trotz der Küstennähe beträgt die Wassertiefe etwa 1600 Meter, weil der Meeresboden an dieser Stelle steil abfällt. Das kanadische Bergbauunternehmen Nautilus Minerals plant schon seit Längerem den Abbau der wertvollen Erzvorkommen und hat bereits schwere Unterwasserabbaugeräte bauen lassen. Zudem befindet sich ein Produktionsschiff im Rohbau. Bislang wurde der Beginn der Bergbauaktivitäten aber immer wieder verschoben,

The Palm – künstliche Inseln verändern eine ganze Küste

Ein ganz eigenes Beispiel für die Erschließung neuer Flächen entlang der Küsten ist das Bauprojekt The Palm Islands an der Küste vor Dubai in den Vereinigten Arabischen Emiraten. Dabei handelt es sich um Gruppen künstlich aufgespülter Inseln, die, aus großer Höhe betrachtet, jeweils die Form einer Palme mit Stamm und Palmwedeln haben. In der Regel werden an Küsten neue Flächen für die Erweiterung bestehender Häfen, für Industrieanlagen oder für neuen Wohnraum in Wassernähe gewonnen. Dubai geht aber deutlich über das Maß einer gewöhnlichen Erweiterung hinaus. Mit The Palm sollen komplett neue Inselwelten für ein besonders betuchtes Publikum geschaffen werden.

Eine Inselgruppe, The Palm Jumeirah, wurde bereits fertiggestellt und mit Hotels und Villen bebaut. Insgesamt haben die Inseln dort eine Fläche von 560 Hektar, was etwa 780 Fußballfeldern entspricht. Die Bebauung der nächsten Inselgruppe, The Palm Jebel Ali, wurde bislang nicht realisiert, weil das Bauunternehmen während der Wirtschaftskrise 2009 in finanzielle Schwierigkeiten geraten ist. Wann die Bebauung abgeschlossen sein wird, ist noch offen. Der für The Palm Jumeirah und The Palm Jebel Ali benötigte Sand wurde seit 2001 aus dem Persischen Golf mit sogenannten Hopperbaggern gewonnen. Dabei handelt es sich um Spezialschiffe, die Sand vom Grund eines Gewässers saugen und in großen Schiffsladeräumen, den Hoppertanks, lagern. Über Rohre lässt sich der Sand dann wieder außenbords pumpen. Auf diese Weise wurden die Inseln künstlich aufgespült.

2.17 > Luxus, auf Sand gebaut: The Palm Jumeirah vor Dubai.

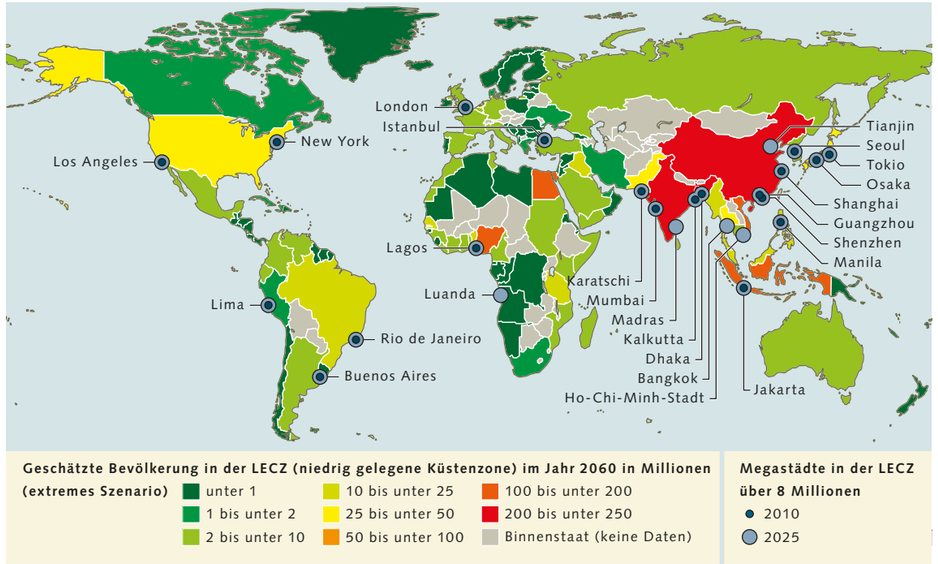
weil die Finanzierung des Projekts nicht ausreichend gesichert war oder keine Handelseinigkeit zwischen Nautilus Minerals und den Behörden von Papua-Neuguinea erzielt werden konnte. Wann der Abbau von Massivsulfiden beginnen wird, ist daher weiter offen.

Flächen für wachsende Küstenmetropolen

Auch die Bereitstellung von Flächen für bestimmte Nutzungen kann im weiteren Sinne als Ökosystemleistung der Küstengewässer verstanden werden. Dazu zählen militärisch genutzte Gebiete oder Flächen für Pipelines, für Wohnanlagen, Hafen- und Industrieanlagen, Hotels oder auch Windparks. Da die Bevölkerung in den Küstengebieten wächst, wird auch die Flächennutzung an den Küsten zunehmen, wie neue Hochrechnungen eines deutsch-englischen Forscherteams zeigen. Auf Grundlage von verschiedenen Szenarien zum globalen Bevölkerungswachstum haben die Wissenschaftler abgeschätzt, wie groß die Küstenbevölkerung in den Jahren 2030 beziehungsweise 2060 sein wird. Dabei wurde jener Küstenstreifen betrachtet, der maximal 10 Meter über dem Meeresspiegel liegt, die sogenannte Low Elevation Coastal Zone (LECZ, niedrig gelegene Küstenzone). Diese ist durch den Meeresspiegelanstieg besonders gefährdet und deshalb von großem Interesse. Im extremsten Szenario, das die Forscher zugrunde legen, wird die Weltbevölkerung bis zum Jahr 2060 auf 11,3 Milliarden Menschen angewachsen sein. Demnach werden bis zu 12 Prozent der Weltbevölkerung in der LECZ leben: rund 1,4 Milliarden Menschen. Zum Vergleich: Im Jahr 2000 lebten dort etwa 625 Millionen Menschen. Die Megastädte in Küstennähe werden nach dieser Studie entsprechend wachsen.

Nach dieser Untersuchung wird die Bevölkerung am stärksten an den Küsten von Bangladesch, China, Indien, Indonesien und Nigeria zunehmen. Auch wird erwartet, dass sich zum Beispiel die angolanische Hauptstadt Luanda, die indische Stadt Madras und die chinesische Stadt Tianjin zu Megacitys mit weit mehr als 8 Millionen Einwohnern entwickeln werden.

Einen erhöhten Flächenverbrauch an den Küsten wird es nicht nur aufgrund des zukünftigen Bevölkerungswachstums geben. Neuer Flächenbedarf besteht



2.18 > Mit dem Wachstum der Weltbevölkerung werden niedrig liegende Küstengebiete vor allem in Afrika und Asien künftig immer dichter besiedelt.

schon heute für den wachsenden Überseehandel – insbesondere für den Ausbau von Containerhäfen wie beispielsweise in Rotterdam. Im Jahr 2008 begann man dort damit, ein Gebiet von rund 2000 Hektar aufzuspülen, auf dem sich heute das Containerterminal Maasvlakte 2 befindet. Es ist von einem 12 Kilometer langen Schutzdeich umgeben und reicht wie eine Nase in die Nordsee und damit ins tiefe Wasser hinaus. Anders als in vielen flacheren Bereichen des Hafens können dort auch die derzeit größten Containerschiffe mit einem Fassungsvermögen von 19 000 Containern und einem Tiefgang von bis zu 20 Metern anlegen.

Auch der massive Ausbau der Offshore-Windkraft in Großbritannien und Deutschland führt dazu, dass sich der Charakter der ursprünglichen Meeresflächen verändert. Normalerweise besteht der Meeresboden der Nordsee an den Baustellen aus sandigen Sedimenten. Feste Strukturen wie etwa Felsen gibt es kaum. Mit den Hunderten von Windrädern aber werden jetzt solche festen Strukturen, sogenannte Hartsubstrate, zunehmend geschaffen. Hier können sich vermehrt Arten ansiedeln, die festen Untergrund benötigen – beispielsweise Seeanemonen, verschiedene Schneckenarten oder Kalkröhrenwürmer. Wie sich die Artzusammensetzung in der Nordsee dadurch ändert, das ist aktueller Gegenstand der Forschung.

Da in den Windparkarealen aus Sicherheitsgründen der Schiffsverkehr und auch der Betrieb von Fischereifahrzeugen verboten sind, tragen diese Gebiete möglicherweise auch dazu bei, dass sich Lebensgemeinschaften am Meeresboden erholen, die durch jahrelange Fischerei beeinträchtigt worden sind.

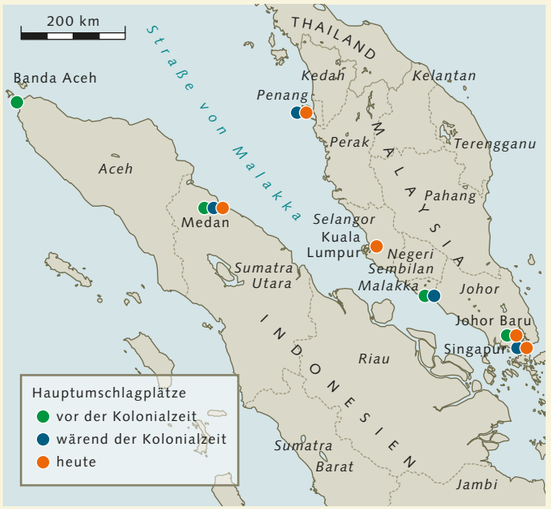
Die Highways des Welthandels

Eine bereitstellende Ökosystemleistung der Küstengewässer, die ganz selbstverständlich erscheint, sind die Transportwege, die sie bieten. An Land muss Infrastruktur in Form von Kanälen, Schienen oder Straßen erst für viel Geld errichtet werden. Die Küstengewässer hingegen stellen Wasserstraßen grundsätzlich fast völlig kostenlos bereit. Heutzutage werden etwa 90 Prozent aller Waren weltweit per Schiff transportiert. Nach aktuellen Angaben der Konferenz der Vereinten Nationen für Handel und Entwicklung (United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD) sind das pro Jahr insgesamt

Die Straße von Malakka – eine historische Metropolregion des Seeverkehrs

Hafenstädte entlang der Küsten sind seit Jahrhunderten nicht nur Umschlagplätze für Waren, sondern auch Orte, an denen sich Menschen fremder Kulturen austauschen. Wie der Seetransport im Laufe der Geschichte die Entwicklung einer Küstenregion beeinflusst hat, lässt sich an der wechselhaften Geschichte der Straße von Malakka und des Stadtstaats Singapur veranschaulichen. Die Straße von Malakka ist die kürzeste Seeverbindung zwischen dem Fernen Osten und dem Indischen Ozean. Schon seit Jahrhunderten verkehren hier Schiffe, und früh entwickelten sich Handelsstationen, die zugleich Zentren von Bildung, Wissenschaft und Kunst waren. Hier trafen sich Menschen mit unterschiedlichen Religionen aus vielen Regionen der Erde – hinduistische Mönche, christliche Priester, muslimische Gelehrte. Es gab einen regen Austausch über Navigationstechniken und die Kunst des Schiffbaus.

Ein wichtiges Handels- und Wissenszentrum war vom 7. bis ins 13. Jahrhundert die buddhistische Seefahrer- und Handelsmacht Srivijaya, zu der Teile der Insel Sumatra und der Malaiischen Halbinsel sowie der westliche Teil der Insel Java gehörten. Srivijaya beherrschte zu dieser Zeit den Handelsverkehr durch die Straße von Malakka. In Kriegen zerfiel der Staat ab Ende des 13. Jahrhunderts. Im 15. Jahrhundert stieg zunächst Malakka, später zu Beginn des 16. Jahrhunderts Aceh im Norden Sumatras und Johor, das im heutigen Malaysia liegt, zu wichtigen Machtzentren auf. Während Aceh vor allem ein wichtiges muslimisches Handelszentrum war, gewann Johor an Bedeutung, weil im Hinterland Zinnminen lagen und wertvoller Pfeffer angebaut wurde. Die Hafenstadt Malakka wurde vor allem als Hauptumschlagplatz auf der Route zwischen Indien und China von muslimischen Händlern genutzt. 1511 wurde sie durch die Portugiesen erobert, nicht zuletzt, um die von Muslimen dominierte Seefahrt in der Region zu schwächen. Doch trotz der Eroberung blieben die muslimischen Händler in der Region einflussreich. Denn letztlich gaben sie dem weiter muslimisch dominierten Aceh Auftrieb. Die Hafenstadt Malakka hingegen entwickelte sich fortan vor allem für die europäischen Seefahrer zu einem wichtigen Zentrum. Durch Blockaden und Überfälle versuchten verschiedene europäische Nationen, Malakka unter ihren jeweiligen Herrschaftsbereich zu bringen. So blockierten die Niederländer 1640 zunächst den Hafen von Malakka, um die Stadt von den Warenströmen abzuschneiden und den Einfluss der Portugiesen zu schwächen. 1641 nahmen sie die Stadt schließlich ein und bauten von dort ihren Machtbereich aus. In den folgenden Jahren unterwarfen sie weitere Hafenstädte in der Region – unter anderem auch Aceh, womit der Einfluss der muslimischen Händler zeitweise geschwächt wurde.



2.19 > Im Laufe der Jahrhunderte gab es mehrere verschiedene Hauptumschlagplätze an der Straße von Malakka. Spielt die Stadt, der die Meerenge ihren Namen verdankt, heute kaum noch eine Rolle, war sie vor und während der Kolonialzeit ein bedeutendes Machtzentrum.

2.20 > Heute werden Güter aus Südostasien und China über den Sueskanal nach Europa geliefert. Mit dem verstärkten Abschmelzen der Eismassen in der Arktis könnte künftig während der Sommermonate die kürzere Route über die Nordostpassage interessant werden.

Zum neuen großen Konkurrenten wurden jetzt die britischen Händler. Sie etablierten sich 1786 in Penang an der Nordwestküste der Malaiischen Halbinsel und gründeten den Hafen George Town, der zu einem Hauptumschlagplatz der Britischen Ostindien-Kompanie ausgebaut wurde. Um Konflikte zu vermeiden, einigten sich beide Mächte 1824 darauf, die südostasiatische Region untereinander aufzuteilen. Die Niederlande traten alle Eigentumsrechte nördlich der Straße von Malakka an Großbritannien ab und erhielten dafür im Gegenzug unter anderem britische Gebiete südlich der Straße von Malakka.

Großbritannien entwickelte sich an der Straße von Malakka zur bestimmenden Macht. Seine wichtigsten Handelsstationen waren Malakka, Penang (George Town) und Singapur. Anders als Malakka war Singapur – am südlichen Zipfel der Straße von Malakka gelegen – Anfang des 19. Jahrhunderts noch eine wirtschaftlich eher unbedeutende Insel, die vorwiegend von malaiischen Fischerfamilien bewohnt wurde. Denn erst wenige Jahre vor dem Britisch-Niederländischen Vertrag von 1824 hatte die Britische Ostindien-Kompanie dort 1819 eine erste Niederlassung gegründet. Der massive Ausbau zu einem großen Handelshafen begann schließlich 1867, als Singapur zur britischen Kronkolonie erklärt wurde.

Heute ist Singapur der wichtigste Standort an der Straße von Malakka. Gemessen am Containerumschlag ist Singapur der zweitgrößte Hafen der Welt. Zudem hat Singapur seit den 1980er-Jahren stark in die Forschung investiert, um sich als moderner Hightech- und Wissenschaftsstandort zu etablieren. Gab es 1987 erst ein einziges Forschungsinstitut, so sind es heute mehr als 20. Mit dem Biopolis-Programm hat der Stadtstaat zwischen 2003 und 2006 gar einen ganzen Campus für biotechnologische Forschung aufgebaut.

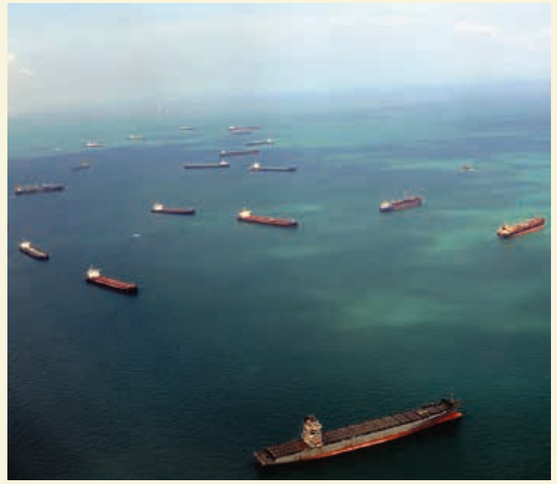
Weitere wichtige Gebiete an der Straße von Malakka sind heute der Ballungsraum Medan auf Sumatra und die Sonderwirtschaftszone im malaiischen Bundesstaat Penang am nördlichen Ende der Straße. Malakka selbst ist heute ein eher unbedeutender Hafen, nicht zuletzt weil die Küstengewässer für moderne Überseeschiffe zu flach sind.

Inzwischen zeichnet sich jedoch ab, dass sich die Situation des Seehandels in der Region künftig erneut ändern könnte. Denn mit dem Klimawandel und dem starken Abschmelzen des Meereises in der Arktis dürfte in den kommenden Jahrzehnten während der Sommermonate die Wasserstraße nördlich von Sibirien frei werden: die Nordostpassage. Für den Frachtverkehr zwischen Europa und Ostasien wäre diese Strecke kürzer und schneller als die Route über den Sueskanal und die Straße von Malakka.

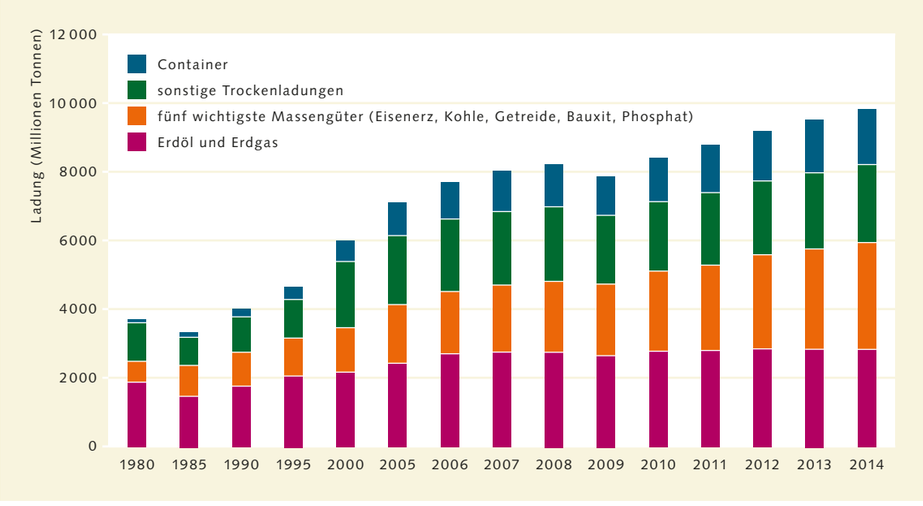
In China nehmen die Planungen für eine künftige Nordroute bereits Formen an. Die 250 000-Einwohner-Stadt Hunchun, die im Nordosten an der Grenze zu Russland und Nordkorea liegt, wird in China bereits als zukünftiger Hub gehandelt. Nach Vorstellung der Chinesen könnte die Stadt, die am Fluß Tumen liegt, so bedeutend wie Singapur werden und China von Nordosten her mit Waren versorgen. Im Juli 2016 schickte die große chinesische Reederei Cosco vom ostchinesischen Hafen Tianjin über die Nordroute fünf Handelsschiffe mit Komponenten für Windenergieanlagen nach Europa. August und Anfang September 2016 erreichten die Schiffe ihre Zielhäfen in Belgien, Deutschland und England. Noch dienen diese Fahrten dazu, die Machbarkeit einer regelmäßigen Schiffsverbindung weiter zu testen. Doch plant Cosco schon jetzt, künftig weit mehr Schiffe über den Norden zu schicken.

Ein Hinweis darauf, dass sich die Nordostpassage in naher Zukunft als Seeweg etablieren könnte, ist auch, dass sich ein großer chinesischer Rohstoffkonzern mit 12,5 Prozent an dem Bergbaukonzern Greenland Minerals and Energy im September 2016 beteiligt hat, der in Grönland unter anderem Seltenerdmetalle, Uran und Zink abbaut. Fachleute gehen davon aus, dass die Rohstoffe künftig verstärkt über die Nordostpassage nach China transportiert werden.

Welche Auswirkungen die Entwicklung dieser nördlichen Seeroute in den nächsten Jahrzehnten auf den Handel in Singapur haben wird, ist derzeit noch nicht abzusehen. In jedem Falle bemüht sich Singapur, sich mit Maßnahmen wie der Forschungsförderung breiter aufzustellen, um künftig vom Handel nicht zu stark abhängig zu sein.



2.21 > Starker Verkehr in der Straße von Malakka, der Hauptschlagader des weltumspannenden Seeverkehrs. Beinahe ein Viertel der internationalen Seehandelsströme wird durch diese ungefähr 800 Kilometer lange und an der schmalsten Stelle 50 Kilometer breite Meerenge abgewickelt.

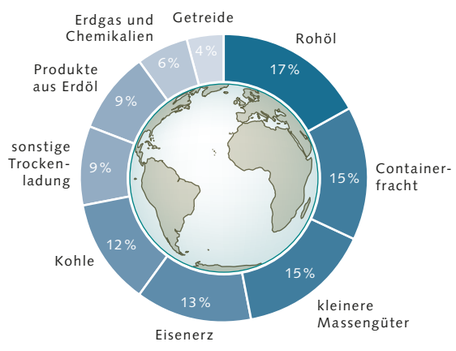


2.22 > Schiffe sind das wichtigste Transportmittel. Sie tragen jährlich knapp 10 Milliarden Tonnen Güter um die Welt.

knapp 10 Milliarden Tonnen an Gütern. Den größten Anteil haben Rohöl, Waren in Containern und sogenannte „Minor Bulk"-Ladungen (kleinere Massengüter) wie Stahl, Zement oder Zucker.

Am bedeutendsten sind heute die Schiffsverbindungen zwischen Südostasien und Europa sowie zwischen Südostasien und Amerika. Insbesondere die Containerfrachter verkehren heute nach einem regelmäßigen Fahrplan zwischen den Kontinenten. Die Schiffe legen ohne Fahrtunterbrechung zum Teil sehr lange Strecken zurück und löschen die Ladung meist in großen zentralen Häfen, den Hubs, von wo aus sie weiter verteilt werden. Ein Teil der Container wird über die Hinterlandanbindung per Lastwagen oder Eisenbahn ins Landesinnere transportiert. Ein anderer Teil der Container wird von kleineren Schiffen, sogenannten Feederschiffen, zu kleineren Häfen gebracht.

Von den Containerterminals im Hamburger Hafen werden etwa 40 Prozent der Container mit dem Lastwagen weiter befördert. 30 Prozent werden auf Feederschiffe umgeladen und 30 Prozent von Eisenbahnwaggons ins Binnenland transportiert. Bemerkenswert ist, dass auch der Transport ins Binnenland in vielen Fällen in der Hand der Terminalbetreiber an der Küste liegt, der Einfluss der



2.23 > Die wichtigsten Güter, die per Schiff transportiert werden, sind Rohöl, Waren in Containern und kleinere Massengüter wie Stahl, Zement oder Zucker.

Küstenstandorte also bis weit ins Hinterland reicht. Die Verbindung von der Hafenstadt Hamburg zum Beispiel reicht bis nach Ost- und Südosteuropa. So unterhält ein großer Hamburger Terminalbetreiber sogar eine Eisenbahngesellschaft, die die Container zu eigenen Terminals zum Beispiel in der Slowakei transportiert, um die Märkte dort und in benachbarten Ländern mit Waren zu versorgen.

KULTURELLE ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN – KÜSTEN SPENDEN ERHOLUNG UND STIFTEN IDENTITÄT

Der Wert der Schönheit der Küsten

Die Küsten der Welt spielen auch in ästhetischer und kultureller Hinsicht eine besondere Rolle. Zudem haben sie für viele Menschen auch einen religiösen und spirituellen Wert.

Die Bedeutung dieser Ökosystemleistung zeigt sich zum Beispiel in der Tradition der Bewohner der Inseln in der Torres Strait, der rund 185 Kilometer breiten und relativ flachen Meerenge zwischen Australien und der Insel Neuguinea. Hier liegen etwa 270 Inseln, die von ausgedehnten Korallenriffen umgeben sind, welche zum Teil im Rhythmus der Gezeiten trockenfallen. Das Land geht somit nicht abrupt, sondern über viele Quadratkilometer relativ sanft ins offene Meer über. In der Sprache der dort lebenden Ureinwohner gibt es deshalb keine unterschiedlichen Begriffe für „Land" und „Meer". Sie bezeichnen ihre Umwelt in englischer Übersetzung als „sea country", Meerland, oder auch „saltwater country", Salzwasserland. Inseln, Korallenriffe und offenes Meer bilden in ihrer traditionellen Vorstellung eine Art Kontinuum ohne scharfe Grenzen. Für sie ist der Lebensraum Küste in seiner Gesamtheit identitätsstiftend.

In den vergangenen Jahrhunderten ist das Meer darüber hinaus immer mehr zum Sehnsuchtsort der Menschen geworden und zum Ziel von Küstentouristen. Reiseveranstalter locken mit Bildern von Palmenstränden und blauem Wasser. Zwar gibt es keine vollständigen Daten über den Küstentourismus weltweit, doch ist dessen große ökonomische Bedeutung nach Ansicht des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (United Nations Environment Programme, UNEP) unbestritten. Demnach basiert der Küstentourismus auf einer einzigartigen Kombination von Faktoren, die sich durch das Aufeinandertreffen von Land und Meer ergeben. Dazu zählen die häufig herrschende intensive Sonnenstrahlung, das Wasser, das Erholung spendet und zahlreiche Möglichkeiten für sportliche Aktivitäten bietet, Panoramablicke oder auch eine große biologische Artenvielfalt an Vögeln, Fischen oder Korallen.

Nach Angaben der Weltorganisation für Tourismus (World Tourism Organization, UNWTO) ist die weltweite Wertschöpfung des Tourismus mit einem Anteil von 7 Prozent an den weltweiten Exporten von Gütern und

2.24 > Die von einem Korallenriff eingefasste Wyer Island liegt in der Meerenge zwischen Australien und der Insel Neuguinea, der Torres Strait. Dieses Meeresgebiet wird von den Ureinwohnern als „Salzwasserland" bezeichnet. Mit diesem Begriff ist sowohl die Landfläche der Inseln als auch das Meer mit seinen Korallenriffen gemeint.

2.25 > Der Ort Positano an der italienischen Amalfiküste steht beispielhaft für die Anziehungskraft, die Küsten auf den Menschen haben können. Sie sind ästhetische Gebiete, die kulturell und spirituell bereichern und Erholung bieten.

Internationale touristische Ankünfte					
Rang		2014 (Millionen)	2015 (Millionen)	Änderung '14/'13 (Prozent)	Änderung '15/'14 (Prozent)
1	Frankreich	83,7	84,5	0,1	0,9
2	Vereinigte Staaten von Amerika	75,0	77,5	7,2	3,3
3	Spanien	64,9	68,2	7,0	5,0
4	China	55,6	56,9	–0,1	2,3
5	Italien	48,6	50,7	1,8	4,4
6	Türkei	39,8	39,5	5,3	–0,8
7	Deutschland	33,0	35,0	4,6	6,0
8	Vereinigtes Königreich	32,6	34,4	5,0	5,6
9	Mexiko	29,3	32,1	21,5	9,4
10	Russland	29,8	31,3	5,3	5,0

2.26 > Wie wichtig die Küstenregionen für den Tourismus sind, zeigt die Liste der zehn beliebtesten Reiseländer. Darunter sind allein vier Nationen mit gut entwickelter Tourismusindustrie am Mittelmeer.

Dienstleistungen immens groß. Allein 2015 wurden mit ihm Einkünfte in Höhe von 1,26 Billionen US-Dollar erzielt. Zählte man 1950 nur 25 Millionen international reisende Touristen, so waren es 2015 weltweit knapp 1,2 Milliarden.

Gemessen an der Zahl einreisender Touristen, liegen in der Weltrangliste der beliebtesten Urlaubsländer jene Nationen vorn, die einen stark entwickelten Küstentourismus haben. So gehören zu den Top-Ten-Reisedestinationen allein vier Mittelmeeranrainer, angeführt von Frankreich mit 84,5 Millionen ausländischen Besuchern, wobei zu berücksichtigen ist, dass zu den französischen Urlaubsdestinationen auch Ziele im Binnenland wie Paris oder die Schlösser der Loire zählen. Die USA folgen auf Platz 2 mit 77,5 Millionen Besuchern. Spanien liegt auf Platz 3 mit 68,2 und China auf Platz 4 mit 56,9 Millionen Urlaubern aus dem Ausland. Betrachtet man allein die Auslandsreisen innerhalb von Europa, erreicht Spanien sogar Platz 1: So haben gut 20 Prozent aller Auslandsreisen, die Europäer innerhalb von Europa unternehmen, Spanien als Ziel.

Die starke Entwicklung des Küstentourismus hat aber auch ihre Schattenseiten. Vielerorts sind Naturgebiete durch den Bau von Hotelanlagen verloren gegangen, Küstengewässer durch Abwässer und Abfälle aus den touristischen Zentren verschmutzt oder Korallenriffe durch starke touristische Nutzung stark beeinträchtigt worden. Ursprüngliche und unberührte Küstenlandschaften sind immer seltener anzutreffen. Ein Umstand, den viele kritisieren. Schließlich ist die Einzigartigkeit, Schönheit und besondere Ästhetik der Küsten eine Ökosystemleistung für sich.

Noch viel mehr des Guten

In ihrer Gesamtheit bieten die Küstengebiete noch eine Vielzahl weiterer Ökosystemleistungen, wobei nicht immer scharf zwischen Küstengewässern und dem offenen Meer unterschieden werden kann. So nimmt das Meer große Mengen an Kohlendioxid auf, wirkt damit klimaregulierend und hat insgesamt eine große Bedeutung für das globale Klimasystem. Auch wenn nicht klar zu beziffern ist, welchen Anteil daran allein die Küstengewässer haben, zeigt sich, dass sie in besonderem Maße bedroht sind, da sie den negativen Einflüssen des Menschen weitaus stärker ausgesetzt sind als entfernter liegende Meeresregionen.

Küsten unter Druck

> Die größte Gefahr für die Küsten besteht heute in der Übernutzung durch den Menschen. Küstengebiete werden immer enger bebaut, Gewässer durch Schadstoffe oder übermäßige Nährstoffeinträge verschmutzt. Aufgrund von anhaltendem Bevölkerungswachstum und Migration wird der Druck auf die Küsten wohl auch in Zukunft nicht abnehmen.

Übernutzung schädigt Lebensräume

Die Attraktivität der Küsten liegt nicht zuletzt in der großen Zahl an Ökosystemleistungen begründet, die sie erbringen. Diese Zugkraft hat dazu geführt, dass viele Küstenregionen in den vergangenen Jahrzehnten immer stärker besiedelt und über ihre Belastungsgrenzen hinaus beansprucht wurden – sei es durch übermäßige Fischerei oder die Entsorgung von Abwässern. Durch eine nicht nachhaltige Nutzung schadet sich der Mensch letztlich aber selbst, da die Küsten bestimmte Ökosystemleistungen dann nicht mehr erbringen können.

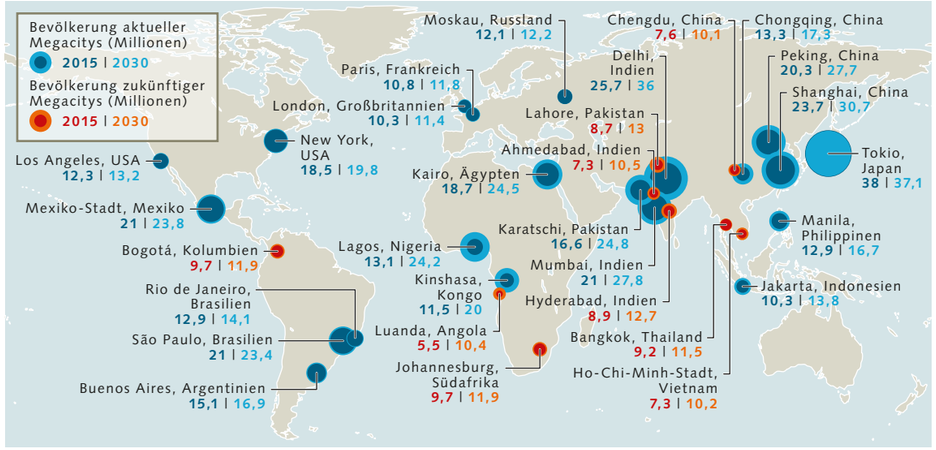
Ein Beispiel ist die Entwicklung des Massentourismus vielerorts. Küstenregionen wollen Urlauber mit attraktiven Landschaften und sauberem Wasser an ihre Strände locken, doch wird durch den Bau von Hotels das ursprüngliche Landschaftsbild gravierend zerstört. Immense Abwassermengen aus den Hotelanlagen verschmutzen die Gewässer. Die Übernutzung beeinträchtigt also den Erholungswert einer Landschaft und damit deren kulturelle Ökosystemleistung.

2.27 > Wie hier im mexikanischen Cancún haben viele Küstenregionen durch den Massentourismus ihre ursprüngliche Gestalt verloren. Eine solche Form der Übernutzung kann den Erholungswert dieser Gebiete einschränken.

Schwer fassbare Bedrohungen

Formen der Übernutzung zu identifizieren und zu messen ist nicht immer einfach. Mensch und Umwelt sind eng miteinander in sozioökologischen Systemen verwoben, und die Küstenregionen erstrecken sich über weite Bereiche zwischen Land und Meer und sind räumlich nur schwer fassbar. Auch kann es sein, dass Ursache und Wirkung zeitlich weit auseinanderliegen.

Ein Beispiel ist der industrielle Einsatz von polychlorierten Biphenylen (PCB), von Chlorverbindungen, die bis Ende des vergangenen Jahrhunderts in Transformatoren, in Hydraulikflüssigkeiten sowie als Weichmacher in Dichtungsmassen und Kunststoffen verwendet wurden. Aufgrund der vielfältigen Einsatzgebiete gelangten relevante Mengen in die Umwelt. Erst Anfang der 1970er-Jahre erkannte man, dass die Substanzen giftig sind und krebsauslösende Wirkung haben. Zudem stellte man fest, dass sie bei Meeressäugern wie etwa Seehunden zu krankhaften Veränderungen der Gebärmutter führen, was zur Folge hatte, dass die Zahl erfolgreicher Seehundgeburten in der Nord- und Ostsee insbesondere seit den 1970er-Jahren stark abnahm. Im Jahr 2001 schließlich wurde der Einsatz von PCB durch das sogenannte Stockholmer Übereinkommen, eine internationale Vereinbarung zum Schutz vor besonders gefährlichen Chemikalien, verboten. Zwischen der eigentlichen Ursache, dem Auftreten des Umweltproblems, dem Erkennen und dem konsequenten Verbot der Substanzen lagen also mehrere Jahrzehnte.



2.28 > Viele der künftigen Megacitys mit mehr als 10 Millionen Einwohnern liegen in Asien und Afrika.

Megacitys dehnen sich immer weiter aus

Besonders komplex und teils schwer erkennbar sind die Verflechtungen innerhalb sozioökologischer Systeme dort, wo viele Menschen leben beziehungsweise der Druck mannigfaltig ist. Das betrifft heute insbesondere die küstennahen Megacitys mit mehr als 10 Millionen Einwohnern. Solche Regionen sind durch eine hohe Bevölkerungs- und Bebauungsdichte charakterisiert. Viele Menschen müssen mit Frischwasser, Nahrungsmitteln und Strom versorgt werden, was hohe Anforderungen an Infrastruktur, Logistik und Abfallentsorgung stellt. Weil permanent Menschen aus armen, ländlichen Regionen im Binnenland in die Küstenmetropolen ziehen, um dort Arbeit oder eine Ausbildung zu finden, werden diese Gebiete auch in Zukunft weiter wachsen – vor allem in Afrika, Südamerika und Südostasien.

Eines der größten Probleme, das diese kontinuierliche Verstädterung mit sich gebracht hat, sind immer häufigere Überschwemmungen ganzer Stadtgebiete, die in Küstenstädten sowohl durch starke Regenfälle als auch durch Stürme mit hohen Wasserständen des Meeres ausgelöst werden können. Neben dem immensen wirtschaftlichen Schaden, den Überschwemmungen anrichten, stellen sie eine ganz konkrete Gefahr für Leib und Leben dar. Interessanterweise sind bislang weniger der globale Klimawandel und der Meeresspiegelanstieg dafür verantwortlich, sondern vielmehr städtebauliche Fehlplanungen. Folgende Ursachen konnten identifiziert werden:

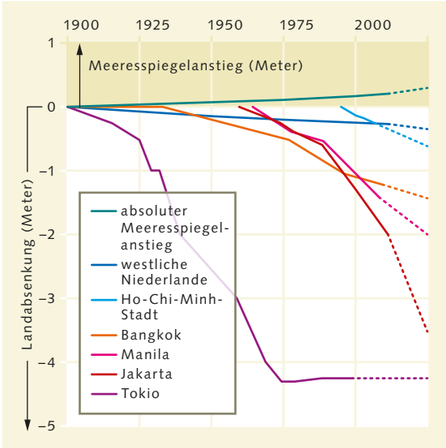
- Absinken aufgrund dichter Bebauung: Durch den Bau von Hochhäusern und anderen großen Gebäuden hat sich die Last auf den Boden deutlich erhöht. Das hohe Gewicht führt dazu, dass die eng bebauten Areale langsam absinken.
- Absinken aufgrund der Entnahme von Grundwasser: Weil Teiche, Seen und Flüsse an der Erdoberfläche in vielen Küstenmetropolen durch ungeklärte Abwässer und Unrat stark verschmutzt sind, können sie nicht für die Trinkwassergewinnung genutzt werden. Trinkwasser für viele Millionen Einwohner muss daher aus dem Grundwasser in der tiefer gelegenen Gesteinsschicht, dem Aquifer, gewonnen werden. Da das Grundwasser normalerweise wie ein natürliches Widerlager gegen die aufliegende Last der Gebäude wirkt, verstärkt sich das Absinken der dicht bebauten Gebiete, wenn es in großen Mengen abgepumpt wird. Auch Baumaßnahmen selbst führen zu einem Sinken des Grundwasserspiegels. So werden für große Gebäude tiefe Baugruben ausgehoben und eindringendes Wasser wird abgepumpt, was dazu führt, dass sich der Boden in den Baugruben setzt und der Porenraum, der vorher von Grundwasser gefüllt war, schrumpft. Die Landoberfläche senkt sich.

Aquifer

Als „Aquifer“ werden im Untergrund liegende Gesteinskörper mit Hohlräumen bezeichnet, in denen Grundwasser fließt. Der Begriff war zunächst im Englischen gebräuchlich, wird inzwischen aber auch in Deutschland regelmäßig verwendet. Er löst damit langsam den traditionellen Fachausdruck „Grundwasserleiter“ ab.

- Bebauung tief liegender Fluss- und Marschgebiete: Viele der aus ärmeren, ländlichen Regionen zugezogenen Menschen siedeln an der wachsenden Peripherie der Städte in sogenannten informellen Siedlungen. Diese liegen oftmals in tief liegenden Gebieten, die für eine Bebauung nicht geeignet sind. Häufig handelt es sich dabei um die Uferbereiche von Flüssen, aber auch um Marschen und Wiesen, die besonders durch Überflutungen gefährdet sind.
- Schlechte Kanalisierung: In vielen Städten wurden natürliche Wasserläufe oder Überschwemmungsgebiete wie etwa Flussauen bebaut. Dadurch sind vielerorts natürliche Abflüsse für Regenwasser verschwunden. Zudem wurden durch die Bebauung Flächen versiegelt, sodass Regenwasser kaum noch versickern kann, sondern schwallartig abfließt.
- Natürliches Absinken: In manchen Küstenregionen sinkt das Land auf natürliche Weise langsam ab. Das kann mehrere Ursachen haben. So kann die Landmasse in manchen Gebieten durch die Bewegung einer Kontinentalplatte allmählich absinken. In anderen Küstengebieten, insbesondere in Flussdeltas, sinkt der Boden, weil sich Sedimentschichten mit der Zeit verdichten und unter ihrem eigenen Gewicht absacken.

Neben dem generell deutlich erhöhten Risiko einer Überschwemmung resultieren aus dem Absinken des Landes aber auch ganz konkrete städtebauliche Probleme und Schäden. Dazu zählen Risse in Straßen und Gebäuden, gebrochene Gas- und Wasserleitungen und Leckagen in der Kanalisation.



2.30 > In Tokio konnte die Landabsenkung ab Mitte der 1970er-Jahre gestoppt werden, in anderen Städten nicht.

2.29 > Viele Metropolen der Welt sinken heute vor allem wegen der Entnahme von Grundwasser und der starken Bebauung. Dieses Absinken wird sich auch in Zukunft in vielen Städten fortsetzen.

Landabsenkung in sinkenden Städten

	Durchschnittliche kumulierte Absenkung von 1900 bis 2013 (Millimeter)	Durchschnittliche jährliche Absenkung (Millimeter)	Maximale jährliche Absenkung (Millimeter)	Geschätzte zusätzliche Absenkung bis 2025 (Millimeter)
Bangkok	1250	20–30	120	190
Ho-Chi-Minh-Stadt	300	bis zu 80	80	200
Jakarta	2000	75–100	179	1800
Manila	1500	bis zu 45	45	400
New Orleans	1130	6	26	> 200
Tokio	4250	ungefähr 0	239	0
westliche Niederlande	275	2–10	> 17	70

2.31 > Im November 2011 steht ein ganzes Gewerbegebiet in der Provinz Ayutthaya, nördlich der thailändischen Hauptstadt Bangkok, unter Wasser. Auch ein dort ansässiger japanischer Automobilhersteller ist von der Flutkatastrophe betroffen.

2.32 > Jakarta ist die derzeit am schnellsten versinkende Metropole weltweit. Da die Stadt in großem Stil Grundwasser für die Trinkwassergewinnung abpumpt, sackt das moderne Stadtzentrum stark ab.

Eine Metropole versinkt

Ein extremes Beispiel für eine absinkende Stadt ist Jakarta, die Hauptstadt Indonesiens, die derzeit am schnellsten versinkende Metropole weltweit. Sie ist insbesondere seit den 1980er-Jahren stark gewachsen, sowohl im Hinblick auf die Bevölkerung als auch auf den Bau von Straßen und Häusern – vor allem Hochhäusern. Im Jahr 2015 hatte Jakarta bereits gut 10 Millionen Einwohner. Für das Jahr 2030 sind 13,8 Millionen Einwohner prognostiziert.

Jakarta liegt in einer sehr flachen Region mit teils torfhaltigen Böden. Vor allem der dicht bebaute Nordteil mit seinen vielen Hochhäusern und dem Wirtschaftszentrum sinkt in dem weichen Untergrund ab – derzeit um bis zu 10 Zentimeter jährlich. Zu diesem Effekt trägt auch die Entnahme von Grundwasser für die Trinkwassergewinnung bei, und es wird befürchtet, dass sich das Absinken noch verstärkt. Wenn nicht gegengesteuert und die Entnahme reduziert wird, könnten Teile Jakartas bis zum Jahr 2025 um weitere 180 Zentimeter abgesunken sein.

Immer häufiger kommt es zu Überschwemmungen, die sowohl bei starken Regenfällen als auch bei hohen Wasserständen im Meer die Hauptstraßen und das Wirtschaftszentrum der Stadt gut einen halben Meter unter Wasser setzen. Natürliche Wassereinzugs- und Überschwemmungsgebiete sind in der Vergangenheit immer weiter überbaut worden, sodass Regenwasser kaum mehr versickern kann. Alarmierend ist, dass heute mehr und mehr Menschen von den Überschwemmungen betroffen sind. Die, die neu hinzuziehen, siedeln überwiegend in der Nähe des wirtschaftlich attraktiven Stadtnordens. Das erhöht ihre Chance, Arbeit zu finden, beziehungsweise reduziert die Fahrtzeit zu den Arbeitsstellen.

Auch die finanziellen Folgen einer Überschwemmung sind gravierend, wie zum Beispiel im Jahr 2007, als nach heftigen Regenfällen gut ein Drittel der Stadtfläche von Jakarta unter Wasser stand. Rund 300 000 Menschen verloren ihre Häuser. Die Schäden an Infrastruktur und Gebäuden beliefen sich auf umgerechnet etwa 860 Millionen US-Dollar.

Von den Überschwemmungen ist nicht allein das Stadtgebiet betroffen, sondern indirekt auch die Umgebung. So ist die Stadt Jakarta Teil eines urbanen Großraums, zu dem zusätzlich die angrenzenden Städte Bogor, Depok, Tangerang und Bekasi gehören. Dieses Gebiet ist eine der weltgrößten Agglomerationen, was auch in der heute gebräuchlichen Bezeichnung deutlich wird: „Jabodetabek“, ein Akronym. Jedes Jahr ziehen rund 250 000 Menschen in diesen Ballungsraum, sodass dort im Jahr 2020 rund 35 Millionen Menschen leben werden.

Überschwemmungen in Jakarta führen jedes Mal auch zu Verkehrszusammenbrüchen in den angrenzenden Gebieten. Und noch ein weiterer Umstand betrifft die ganze Region: Wenn in den überschwemmten Bereichen wegen des stehenden schmutzigen Wassers Krankheiten oder Epidemien ausbrechen, können sich diese in kurzer Zeit in ganz Jabodetabek ausbreiten.

Ein riesiger Vogel zum Schutz Jakartas

Um die Stadt Jakarta in Zukunft vor größeren Fluten zu bewahren, planen die indonesischen Behörden derzeit, Inseln aufzuspülen, die wie ein Schutzwall die etwa 35 Kilometer breite Bucht von Jakarta abriegeln und mit Wohn-, Büro- und Hotelkomplexen bebaut werden sollen. Allein die größte Insel ist 10 Kilometer lang und soll die Form eines Garudas bekommen, des Wappenvogels Indonesiens, der seine Schwingen weit ausbreitet. Doch regt sich in der Bevölkerung Widerstand. Abwässer könnten sich in der künstlichen Lagunenwelt sammeln, weil diese kaum mehr ins offene Meer abfließen können, Krankheiten könnten sich ausbreiten, so die Befürchtungen. Die Kleinfischer sind besorgt, dass sie ihre Lebensgrundlage verlieren, weil sie zukünftig viele Kilometer weiter hinausfahren müssen, um Fischgründe zu erreichen. Das wiederum sei nicht möglich, argumentieren die Fischer, da sie nur über einfache Boote verfügten, die häufig in einem schlechten Zustand und nicht für längere Ausfahrten geeignet seien.

2.33 > Zum Schutz vor Überschwemmungen soll vor Jakarta eine künstliche Inselwelt aufgespült werden. Die größte Insel soll 10 Kilometer lang sein und die Form des indonesischen Wappenvogels erhalten. Doch das Projekt ist umstritten. Es wird befürchtet, dass sich Abwässer in der künstlichen Lagune sammeln könnten und Fischer ihre Lebensgrundlage verlieren.

Erhebliches Konfliktpotential bergen auch Baumaßnahmen an Land, die im Zuge der Aufspülungen geplant sind. Denn auch am Ufer sollen neue Büro-, Geschäfts- und Wohnviertel entstehen. Inzwischen werden die Bewohner, die in diesem Gebiet bislang in einfachen Hütten und Häusern gelebt haben, umgesiedelt. Zwar erhalten sie in anderen Vierteln Jakartas günstigen Wohnraum in Hochhäusern, doch wie will man sie für den drohenden Kultur- und Identitätsverlust entschädigen? Wenn die Fischer ins Landesinnere umgesiedelt werden, in die Nähe von Industrieanlagen und Fabriken, können sie kaum noch ihrem angestammten Beruf nachgehen. Aus Fischern werden Fabrikarbeiter.

Doppelt bedroht – durch Regen und Sturmflut

Ein anderes Beispiel für eine sinkende, von Überschwemmungen geplagte Küstenmetropole ist die philippinische Hauptstadt Manila. Sie ist gleichermaßen durch starke Regenfälle und sturmbedingte hohe Wasserstände des Meeres bedroht. Zwischen 1900 und 2013 sind Teile Manilas um 1,5 Meter abgesunken. Bis zum Jahr 2025 rechnet man mit einem weiteren Absinken um etwa 40 Zentimeter. Das ist beängstigend, weil Manila in einem Gebiet liegt, das oft von Taifunen, großen Wirbelstürmen, heimgesucht wird. Sie bringen große Mengen an Regen mit sich und wühlen das Meer so stark auf, dass große Brandungswellen entstehen. Ein Wirbelsturm katastrophalen Ausmaßes war 2009 der Taifun Ketsana. Durch den Regen und die Sturmflut stand das Wasser in manchen Vierteln Manilas 2 Meter hoch.

Dass von Überschwemmungen zunehmend auch Küstenmetropolen betroffen sind, die nicht nennenswert absinken, zeigt das Beispiel Mumbai. Eine Überschwem-

mung von großem Ausmaß traf die indische Megacity am 26. Juli 2005. Innerhalb von 24 Stunden fielen beinahe 950 Millimeter Regen. Das entspricht in etwa der Gesamtmenge, die in Mumbai normalerweise während des ganzen Monats Juli fällt. Allein in der Stunde von 15.30 bis 16.30 Uhr waren es 190 Millimeter. Da zur selben Zeit die Flut im Meer einen relativ hohen Wasserstand erreichte, konnte das Regenwasser kaum abfließen und staute sich in den Zuflüssen und insbesondere im Fluss Mithi, der durch die Stadt fließt. Waren bei bisherigen Überschwemmungen meist nur die Siedlungen am Stadtrand betroffen, so traf es diesmal auch die Innenstadt. Innerhalb kürzester Zeit stieg das Wasser dort um mehr als 1 Meter an. Straßen, Läden, Bürogebäude wurden überschwemmt, und der Verkehr kam völlig zum Erliegen. Am Ende waren 22 Prozent der Fläche Mumbais überflutet. Die traurige Bilanz der Überschwemmung an diesem Tag: über 400 Tote und rund 100 000 stark beschädigte Wohn- und Geschäftsgebäude. 30 000 Kraftfahrzeuge waren schrottreif.

Die Analyse der Ereignisse machte deutlich, dass die Überschwemmung in Mumbai deswegen ein solches Ausmaß erreichen konnte, weil große Flächen der natürlichen Überschwemmungsflächen entlang der Flüsse nach und nach versiegelt worden waren, teils durch den Bau informeller Siedlungen, teils durch offizielle Projekte wie den Ausbau des Flughafens. Auch waren viele Wasserläufe mit Abfällen und Bauschutt verstopft, sodass der Abfluss des Regenwassers behindert wurde. Andernorts waren Regenwasserkanäle schlecht gewartet, die Ufer abgerutscht und Betonwände eingestürzt.

Hausgemachte Probleme auch in den USA

Im weltweiten Vergleich von Küstenmetropolen wird deutlich, dass heute vor allem Megacitys in Schwellenländern von Überschwemmungen betroffen sind. Experten führen das darauf zurück, dass bei der Planung von Bauten erforderliche Standards nicht immer berücksichtigt werden – insbesondere im Hinblick auf eine vorausschauende Bebauungsplanung, Katastrophenvorsorge und funktionierende Infrastruktur, zu der unter anderem Flutrinnen, eine funktionierende Kanalisation, Deiche und Schutzwände zählen. Andererseits haben durchaus auch Großstädte in den Industrienationen mit dem Absinken zu kämpfen. Das zeigt sich zum Beispiel im Großraum New Orleans, in dem etwa 1 Million Menschen leben. New Orleans liegt im US-Bundesstaat Louisiana direkt im Mississippidelta. Die Stadt ist zwischen 1900 und 2013 bereits um gut 1 Meter abgesunken und sackt jedes Jahr um weitere 6 bis 26 Millimeter ab.

Gründe dafür gibt es gleich mehrere. Wie in anderen betroffenen Küstenmetropolen auch trägt die Entnahme von Grundwasser zum Absinken bei. In welchem Maß, ist allerdings sehr schwer abzuschätzen, denn aufgrund der besonderen Bodenbeschaffenheit in New Orleans tritt noch ein weiteres Phänomen zutage. Sinkt nämlich das Grundwasser ab, gelangt Luftsauerstoff in tiefere Schichten, wodurch dort ansässige Bodenbakterien aktiv werden. Diese bauen das im Boden enthaltene organische Material ab. Da der Boden große Mengen an organischem Material enthält, das im Laufe der Jahrhunderte durch den Mississippi ins Delta getragen wurde, werden durch die Bakterien entsprechend große Mengen abgebaut. Dieser Verlust an organischer Substanz trägt erheblich zum Absinken bei.

Zusätzlich hat in der Region um New Orleans die Förderung von Erdöl und Erdgas und das damit einhergehende Leeren der Lagerstätten den Boden absacken lassen. Nicht zu unterschätzen ist auch der Verlust von Sediment, das früher durch den Mississippi ins Delta transportiert wurde. Weil der Mississippi durch zahlreiche Staustufen gebremst wird, trägt er heute deutlich weniger Sediment ins Meer. Die im Delta lagernden alten Sedimentpakete sind so schwer, dass das Delta auf natürliche Weise langsam absinkt. Wurde dieses Absinken früher durch frisches Sediment aus dem Mississippi ausgeglichen, so reicht die heute deutlich verringerte Sedimentfracht bei Weitem nicht mehr aus, dieses Absinken zu kompensieren.

Diese Probleme waren seit Jahrzehnten bekannt, ebenso wie die Tatsache, dass New Orleans schon bei mäßig starken Stürmen für Überschwemmungen anfällig ist. Zuletzt hatten Experten 2003 in einer Fachzeitschrift vor den Folgen schwerer Hurrikans gewarnt, die am Golf von Mexiko in den Sommermonaten häufig die Küste bedrohen. Die bestehenden Hochwasserschutzanlagen seien zu niedrig, andere schlecht konstruiert, gewartet oder gebaut, hieß es darin. Tatsächlich hatten die Behörden ein Hurrikan-Schutzsystem geplant, das allerdings aus Geldmangel nicht gebaut worden ist. Nach Ansicht von Experten hätte aber selbst dieses Schutzsystem versagt, weil es nach veralteten und zu niedrigen Bemessungskriterien errichtet worden wäre.

Damit war New Orleans relativ schlecht geschützt, als der besonders starke Hurrikan Katrina Ende August 2005 auf die Stadt traf. Er ließ das Wasser an der Küste um 7 Meter ansteigen. In der Folge brachen die Deiche an etwa 50 Stellen. Die Stadt, die in einer Senke liegt, lief voll. Erst danach hat man reagiert und den Bau eines modernen und leistungsfähigen Hochwasserschutzsystems beschlossen, das Hurricane and Storm Damage Risk Reduction System (HSDRRS, System zur Verringerung des Hurrikan- und Sturmschadenrisikos). Dieses wurde im Jahr 2011 fertiggestellt. Dazu gehören höhere und widerstandsfähigere Deiche und Hochwasserschutzwände sowie Sperren und Notfallpumpen an den Enden der Ablaufkanäle, die New Orleans entwässern. Mit diesen Maßnahmen konnte das Risiko großer Überschwemmungen deutlich reduziert werden.

Des Weiteren haben die US-Behörden 2012 einen Masterplan zum Schutz des Deltas verabschiedet, mit dem nicht nur die Stadt New Orleans, sondern die ganze Deltaregion künftig vor Hurrikans und insbesondere Überflutungen geschützt werden soll. Durch ein ganzes Bündel von Maßnahmen, etwa durch Baggerarbeiten oder das Umpumpen von Sediment, soll das Delta im Laufe der nächsten 50 Jahre wieder wachsen. Gut 700 Quadratkilometer Delta sollen so neu geschaffen werden. Hinzu sollen 500 Quadratkilometer an Salzwassermarschen kommen, die bei Stürmen und Hurrikans die Gewalt der Brandung dämpfen sollen.

Das Versinken stoppen

Dass sich das Absinken einer Stadt durch entsprechende Maßnahmen stoppen lässt, zeigen die Beispiele Tokio und Shanghai. Nachdem Teile der japanischen Stadt seit 1900 um rund 4 Meter abgesunken waren, entschied man bereits Ende der 1960er-Jahre, die Entnahme von Grundwasser stark einzuschränken. Daraufhin füllten sich die Grundwasser führenden Bodenschichten langsam wieder auf, sodass das Absinken bereits gegen Mitte der 1970er-Jahre gestoppt werden konnte.

Vor ähnlichen Problemen stand die chinesische Metropole Shanghai. Dort wurde nicht nur die Entnahme von Grundwasser stark reglementiert, sondern darüber hinaus eine Pumpentechnologie eingesetzt, mit der die Grundwasserspeicher schneller wieder mit Wasser aufgefüllt werden konnten.

2.34 > Hurrikan Katrina traf Ende August 2005 den Südosten der USA. Spuren der Verwüstung waren auch Monate danach noch zu sehen.

2.35 > In den vergangenen 40 Jahren hat sich das Perlflussdelta in China von einer landwirtschaftlichen zu einer hoch industriellen und bevölkerungsreichen Region entwickelt. Der linke Teil der Fotomontage ist eine Satellitenaufnahme aus dem Jahr 1979, der rechte stammt aus dem Jahr 2003. Rote Bereiche umfassen die Vegetation, graue die Bebauung. Blau erkennbar sind Wasserverläufe.

Der größte Ballungsraum der Erde

Die Bebauung und Besiedlung der Küstengebiete ist die wohl augenfälligste Veränderung dieser Lebensräume. In vielen Fällen wurden und werden durch Baumaßnahmen artenreiche Feuchtbiotope wie Wattflächen und Salzwiesen, Marschen und Torfböden entwässert und unwiederbringlich zerstört. Ein extremes Beispiel für diese Verstädterung in küstennahen Feuchtgebieten ist das Perlflussdelta in der Mitte der Küstenprovinz Guangdong im Süden Chinas. Hier liegt ein riesiger Ballungsraum, der aus elf Städten gebildet wird, zu denen auch Hongkong und Macau gehören. Die gesamte Region ist mit einer Fläche von knapp 40 000 Quadratkilometern fast so groß wie die Niederlande.

Die Region umfasst mehrere Sonderwirtschaftszonen und hat seit den 1970er-Jahren einen rasanten wirtschaftlichen Aufstieg erfahren. Damals noch durch kleinere Dörfer und ausgedehnte Feuchtgebiete geprägt, nahm der zunehmend urbane Raum im Delta im Jahr 2000 durch das Zusammenwachsen der Städte bereits 3500 Quadratkilometer ein, was in etwa der vierfachen Fläche Berlins entspricht. Heute beträgt die trockengelegte Fläche sogar circa 4500 Quadratkilometer, und die Bevölkerungsdichte ist enorm. So leben im Perflussdelta derzeit mehr als 60 Millionen Menschen – etwa 3,5-mal mehr als in den für europäische Verhältnisse dicht besiedelten Niederlanden. Damit hat es sich innerhalb weniger Jahrzehnte zum bevölkerungsreichsten Ballungsraum der Erde entwickelt. Experten gehen davon aus, dass das Wachstum in dieser Region weiter anhält und das Perlflussdelta bis 2030 Heimat von etwa 100 Millionen Menschen sein wird.

Mit der Trockenlegung und Bebauung der Feuchtgebiete ist auch der Lebensraum vieler Amphibien und Vögel verschwunden. Ferner hat die Verschmutzung der Gewässer dazu geführt, dass heute rund 90 Fischarten in dem Gebiet bedroht sind. Außerdem führen viele Flussarme in der Region vor allem während der trockenen Monate weniger Wasser, da für die Gewinnung von Trinkwasser und für die Stromerzeugung viele Staudämme und Kraftwerke errichtet wurden. Insgesamt gelangt so deutlich weniger Süßwasser ins Delta, und Meerwasser kann bei hohen Wasserständen wie etwa Springtiden oder Sturmfluten tiefer in das Delta eindringen. Pflanzen und

2.36 > Der Chinesische Stör *Acipenser sinensis* gilt als akut vom Aussterben bedroht.

Tiere, die nicht an Brackwasser beziehungsweise höhere Salzgehalte angepasst sind, ziehen sich aus den betroffenen Bereichen zurück. Der Lebensraum verändert sich massiv.

Der Bau von Dämmen hat auch dazu geführt, dass die Wanderrouten mancher Fischarten zwischen Meer und Laichgebieten flussaufwärts unterbrochen worden sind, und er hat – nach Meinung der Experten – maßgeblich zum Zusammenbruch der Bestände des bedrohten Chinesischen Störs *Acipenser sinensis* beigetragen.

Die Gewinnung von Sand und Steinen für Baumaßnahmen stellen einen weiteren extremen Eingriff in die Natur dar. Mit Baggern und Spezialschiffen wird das Baumaterial aus den Flussbetten geholt. Dadurch verändern sich die dortigen Strömungsverhältnisse, was wiederum zu Veränderungen in der Zusammensetzung der Arten führt. Auch verlieren viele Wasserorganismen durch die Baggerarbeiten ihre Brut- und Laichplätze.

Große Geschäfte, auf Sand gebaut

Sand und Mineralien werden nicht nur in China gewonnen, sondern in vielen Regionen der Erde. Nach Schätzungen des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (United Nations Environment Programme, UNEP) werden jährlich weltweit zwischen 47 und 59 Milliarden Tonnen Mineralien abgebaut, wovon Sand, Kies und Schotter zwischen 68 und 85 Prozent ausmachen. Da die Zahlen nicht einheitlich erfasst werden, können die Mengen nur relativ grob geschätzt werden. Allein für die Zementindustrie werden zwischen 25 und 30 Milliarden Tonnen Sand benötigt. Dieser gigantische Bedarf geht aber vielerorts mit bedeutenden Eingriffen in die Landschaft einher. Daher wird der Abbau in vielen Regionen auch sehr kritisch gesehen. In Südafrika etwa wird Dünensand für die Bauindustrie gewonnen. Kritiker fürchten, dass die Küsten

Verbau einer Lebensader

Nicht nur im Perflussdelta werden durch Baumaßnahmen großflächig Flüsse und Feuchtgebiete zerstört. Bedroht ist auch der Mekong in Südostasien, ein bedeutendes Flusssystem und eine Lebensader für Millionen von Menschen. Der Mekong ist mit einer Länge von 4350 Kilometern einer der längsten Flüsse der Welt. Er durchfließt China, Myanmar, Laos, Thailand, Kambodscha und Vietnam und mündet in einem großen Delta ins Südchinesische Meer. Der Mekong ist enorm artenreich. Er ist Heimat von etwa 1500 verschiedenen Arten. Wie groß diese Zahl ist, zeigt der Vergleich mit dem Mississippi, in dem nur knapp 250 Arten vorkommen. Etwa 120 Arten im Mekong werden befischt. Da der Fluss auf seinem Weg aus dem tibetischen Hochland große Mengen an Mineral- und Nährstoffen mit sich trägt, ist er sehr produktiv und liefert Fisch in großen Mengen. Vor allem im tiefer gelegenen Mekongbecken in Laos, Thailand und Kambodscha und im Mekongdelta in Vietnam gibt es eine ausgeprägte Fischerei, die jährlich rund 2,6 Millionen Tonnen Fisch liefert. Ihr Marktwert wird auf 2 bis 3 Milliarden US-Dollar geschätzt.

Der Fisch ist aber nicht nur Handelsgut, sondern für die etwa 60 Millionen Menschen im Mekongbecken und -delta vor allem eine wichtige Eiweißquelle. Je nach Region trägt der Fisch zwischen 49 und 82 Prozent zur Versorgung der Bevölkerung mit tierischem Eiweiß bei. Durch mehrere Staudammprojekte aber ist der Fischreichtum des Mekongs bedroht. So bauen und planen Laos, Thailand, Kambodscha und Vietnam neue Staudämme für die Stromgewinnung. Besonders ehrgeizige Ziele hat sich Laos gesetzt, das in den kommenden Jahren mehrere Staudämme in Betrieb nehmen und sich als „Batterie Südostasiens" etablieren will – als wichtiger Stromexporteur. Durch den Bau werden die Wanderwege vieler Fischarten zwischen dem Meer und den flussaufwärts gelegenen Laichgebieten unterbrochen – insbesondere auch von kommerziell wichtigen Arten. Insofern haben die Entscheidungen, die weit im Binnenland getroffen werden, Konsequenzen, die bis zu den Küstengebieten reichen.

Die Staudammprojekte sind gigantisch. Als Erstes soll in Laos im Jahr 2019 der Xayaburi-Staudamm in Betrieb gehen, ein Bauwerk von 50 Meter Höhe und 800 Meter Breite, das den Fluss zu einem etwa 50 Quadratkilometer großen See aufstauen wird – was in etwa der Fläche der italienischen Insel Ischia entspricht. Zwar ist vorgesehen, Fischtreppen in den Staudamm zu bauen, um den Fischen Wanderungen zu ermöglichen, Umweltschützer aber mahnen, dass nur wenige Fischarten diese künstlichen Steighilfen nutzen können. Insgesamt, so wird befürchtet, könnte der Fischreichtum des Mekongs erheblich abnehmen. Viele Menschen würden damit eine sehr lebenswichtige Einkommens- oder Eiweißquelle verlieren.

2.37 > Vor dem Verwaltungsgericht in Bangkok wird gegen den Bau des Xayaburi-Staudamms in Laos protestiert.

dadurch weniger gut geschützt sind, weil Dünen ein natürliches Bollwerk gegen die Meeresbrandung darstellen. In Indien protestieren Fischer gegen den Sandabbau an Stränden. Sie kritisieren, dass durch die aufgewirbelten Schwebstoffe Fische vertrieben werden. Für die Kleinfischer könnte das den Verlust ihrer Arbeit bedeuten.

Auch in Indonesien und Kambodscha hat die Entnahme großer Sandmengen – vor allem für den Export nach Singapur – zu starken Zerstörungen der Küste geführt, sodass die Regierung von Indonesien die Ausfuhr von Sand 2008 ganz verboten und die Regierung von Kambodscha 2009 den Export offiziell deutlich eingeschränkt hat. In Kambodscha geht der Sandabbau trotzdem im großen Stil weiter. Kambodschanische Naturschutzverbände weisen darauf hin, dass Sand zum Teil von mafiösen Gruppen gehandelt wird. Eine Kontrolle durch kambodschanische Behörden finde nicht statt, so die Kritik. Inwieweit die Regierung unter der Hand Lizenzen für diesen Abbau vergeben hat oder Korruption von Beamten im Spiel ist, bleibt offen. Der Sand wird unter anderem in einem Küstenschutzgebiet in der Region Koh Kong westlich der Hauptstadt Phnom Penh mit Saugbaggern abgebaut. Dadurch werden Mangroven und Seegraswiesen zerstört – wichtige Lebensräume für die Dugongs, eine Seekuhart.

Der südostasiatische Stadtstaat Singapur wiederum ist ein Extrembeispiel für Sandimport. Singapur ist eine Insel und benötigt permanent Sand für die Erweiterung des Stadtgebiets. Zwischen 1995 und 2014 wurden rund 500 Millionen Tonnen Sand importiert – zu einem großen Teil aus den Ländern Indonesien und Kambodscha. Seit den dort erlassenen Exportbeschränkungen sei Sand illegal nach Singapur eingeführt worden, sagen die kambodschanischen Naturschutzverbände.

Übernutzte Fischreviere

Besonders deutlich wird die Übernutzung der Küsten bei der Fischerei. Den Meeren wird nicht nur zu viel Fisch entnommen, sondern es werden auch Meereslebensräume zerstört wie beispielsweise Korallenriffe. Der Mensch entnimmt dem Meer mehr Fisch als nachwachsen kann, sodass die **Bestände** mit der Zeit abnehmen. Zwar lässt sich nicht exakt beziffern, wie stark Küstengebiete überfischt sind, da die Welternährungsorganisation (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) nicht im Detail zwischen Küstenfischerei und Fischerei auf hoher See unterscheidet. Doch da die Küstengewässer weltweit die produktivsten Meeresregionen sind, liefern sie zweifellos die größte Menge an Fisch und werden nach Einschätzung von Fischereiexperten auch am intensivsten befischt. Nach aktuellen Angaben der FAO sind weltweit gut 30 Prozent aller kommerziell genutzten Bestände überfischt. Angesichts der 38 Millionen Fischer weltweit ist dieser Umstand mehr als bedenklich, da viele ihre Arbeit oder Nahrungsquellen verlieren könnten. Insbesondere die Kleinfischerei, von der etwa 20 Millionen Fischer allein in Entwicklungsländern leben, wo sie einen wesentlichen Beitrag zur Ernährung und zum Lebensunterhalt der Küstenbevölkerung leistet, ist gefährdet. In den Tropen wird die Kleinfischerei vor allem in Korallenriffen betrieben. Man schätzt die Zahl der Korallenrifffischer auf etwa 6 Millionen, wovon allein auf Indonesien 1,7 Millionen, auf Indien rund 950 000 und auf die Philippinen rund 910 000 Fischer entfallen. Etwa die Hälfte der 6 Millionen Fischer taucht vor allem nach Seegurken. Diese wurstförmigen Stachelhäuter sind mit den Seesternen verwandt und werden insbesondere nach Hongkong exportiert, wo die getrockneten Tiere als Arznei geschätzt und gehandelt werden.

In vielen Gebieten wird die Korallenrifffischerei heute nicht nachhaltig betrieben. Zum einen werden die Bestände überfischt, zum anderen die Riffe auf verschiedene Art geschädigt. Das ist tragisch, weil die Menschen sich damit langfristig ihre Lebensgrundlage zerstören.

Geschätzte Zahl der Rifffischer in Korallenriffgebieten weltweit

Region	Zahl der Rifffischer (Millionen)	Anteil der Rifffischer an der ländlichen Küstenbevölkerung (Prozent)
Südostasien	3,35	5
Indischer Ozean	1,50	13
Ostpazifik/Atlantik	0,50	18
Westpazifik	0,45	68
Mittlerer Osten	0,34	24
Gesamt	6,14	

2.38 > Besonders viele Rifffischer gibt es in Südostasien, vor allem in Indonesien. Den größten Anteil an der ländlichen Küstenbevölkerung stellen sie hingegen auf den Inseln im Westpazifik, da es dort kaum alternative Arbeitsmöglichkeiten gibt.

Lebensraum Seegraswiese

Seegraswiesen sind charakteristische pflanzliche Lebensgemeinschaften auf Sandböden in küstennahen Gewässern und in Wattenmeeren. Seegrasgewächse wachsen länglich und krautartig und ähneln damit den Gräsern an Land, sind mit diesen aber nicht näher verwandt. Seegraswiesen sind bedeutende Lebensräume, weil in ihnen Jungfische Schutz vor Feinden und Nahrung finden. Verschiedene Fischarten legen ihre Eier direkt an Seegraspflanzen ab, weshalb Seegraswiesen auch als Kinderstube der Fische bezeichnet werden. Darüber hinaus sind Seegräser als Nahrung für Zugvögel von Bedeutung – beispielsweise für die Ringelgänse während ihres Herbstzuges durch das westeuropäische Wattenmeer.

Rifffischerei am Limit – der Spermonde-Archipel

Wie die Fischerei nach und nach zur Zerstörung küstennaher Ökosysteme beiträgt, lässt sich exemplarisch am Spermonde-Archipel zeigen, der unmittelbar vor der großen indonesischen Insel Sulawesi liegt. Er besteht aus etwa 70 Koralleninseln und war schon den europäischen Seefahrern während der Kolonialzeit als besonders artenreiches und produktives Meeresgebiet bekannt. Hier leben unter anderem Krebse, große Zackenbarsche, zahlreiche kleinere Rifffischarten, Tintenfische und viele Arten von Korallen. Chinesische Händler kauften in der Region bereits im 17. Jahrhundert Seegurken auf. Diese wurstförmigen Tiere sind mit den Seesternen verwandt. Bis heute sind sie in China und Hongkong als medizinisches Präparat gefragt.

Die Korallenriffe des Archipels schienen lange Zeit als unerschöpflich. Der Fischreichtum galt für die Bewohner als Geschenk Gottes, dessen Nachschub nie versiegen würde. Seit den 1960er-Jahren aber gelten einige Bestände hier als überfischt. Um die Ursachen zu erforschen, wurden mehrere wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt, bei denen auch die Inselbewohner selbst interviewt wurden. Da die Inseln kaum fruchtbare Böden besitzen und Landwirtschaft somit nicht in größerem Stil möglich ist, zeigte sich, dass 80 Prozent der Haushalte ihr Auskommen direkt oder indirekt mit dem Fang von Fischen und anderen Meeresorganismen erzielen beziehungsweise erzielen müssen. In Abhängigkeit von der Nachfrage, der zur Verfügung stehenden Ausrüstung und der Ergiebigkeit der jeweiligen Bestände standen daher immer wieder verschiedene Meeresorganismen unter besonderem Druck. Lohnte sich der Fang der einen Art nicht mehr, etwa weil sie niemand kaufen wollte, oder die Bestände vor Ort schrumpften, so gingen die Fischer einfach dazu über, eine andere Art zu befischen.

Wurden in der Vergangenheit eher klassische Fischereiwerkzeuge wie Langleinen oder Reusen verwendet, so gingen die Fischer seit den 1980er-Jahren zusätzlich mit spezieller Ausrüstung auf Jagd – zum Beispiel mit Tauchgeräten nach den in China so beliebten Seegurken. Die Atemluft wird von einem Kompressor an Bord eines Bootes über lange Gummischläuche zu den Tauchern gepumpt. Dank der Versorgung mit Frischluft können die Taucher länger unter Wasser bleiben und weit mehr Exemplare als früher sammeln. Das führte beispielsweise dazu, dass Seegurken der Art *Holothuria nobilis* aus vielen Riffen im Archipel komplett verschwunden sind.

Einige Fischereimethoden, die heute eingesetzt werden, sind aber nicht nur nicht nachhaltig, sondern illegal. Bereits seit dem Zweiten Weltkrieg wird im Spermonde-Archipel Dynamitfischerei betrieben, um Speisefisch für den Verzehr vor Ort zu fangen. Durch die Explosionen verenden allerdings auch zahlreiche andere Tiere, die nicht gegessen werden. Man schätzt, dass je nach Insel 10 bis 40 Prozent des lokal konsumierten Speisefischs aus der Dynamitfischerei stammt. Seit den 1960er-Jahren wird zudem die Zyanidfischerei praktiziert. Bei dieser Methode wird giftiges Natriumcyanid ins Wasser gegeben, um die Fische zu betäuben. Sie können dann einfach eingesammelt und als Lebendfisch exportiert werden: kleinere für den Aquaristikmarkt und große für die Gastronomie. Für diese Lebendfische erhalten die Fischer viel mehr Geld als für Speisefische, die auf lokalen Märkten verkauft werden.

Zu den Fischen, die hier mit Zyanid gefangen werden, zählen die Zackenbarsche. Nach dem Fang werden sie mehrere Tage in Becken gehalten, damit sie das Gift vor dem Verkauf wieder ausscheiden. Dennoch sterben viele Tiere, bevor sie überhaupt in den Empfängerländern ankommen – sei es wegen der schlechten Transportbedingungen, sei es durch die Nachwirkungen des Giftes.

Ein Hauptproblem der Zyanidfischerei besteht auch darin, dass das im Wasser treibende Zyanid überdies viele andere Lebewesen vergiftet. Es tötet sowohl die winzigen Algen, die mit den Korallen in Symbiose leben, als auch viele Jungfische, die in den Riffen aufwachsen. Wann oder ob sich ein einmal vergiftetes Riff erholt, ist fraglich.

Um die Gründe für eine nicht nachhaltige Fischerei besser zu verstehen, muss man den Blick auch auf grundlegende Zusammenhänge im sozialen System richten. Soziologisch betrachtet gibt es im Spermonde-Archipel ein System aus Paten und Klienten (Fischer) – eine Art Zweiklassengesellschaft. Die Paten sind das Bindeglied zwischen den lokalen Klienten und den externen Händlern und Aufkäufern. Sie haben die nötigen Informationen über die Produkte, die auf den Märkten gerade nachgefragt sind. Zudem liefern die Paten die für die verschiedenen Fischereien benötigte Ausstattung und vergeben Kredite an Fischer und deren Familien. Sie verfügen über gute Kontakte zu zivilen und militärischen Stellen, die eigentlich den Schutz der Korallenriffe überwachen sollen, und wenden auch beträchtliche Schmiergeldzahlungen an, damit Aufsichtsbeamte illegale und von der zuständigen Behörde verbotene Fänge nicht sanktionieren.

Um die einmal aufgenommenen Kredite abzubezahlen, verkaufen die Fischer ihren Fang meist direkt an die Paten. Sie erhalten dafür einen Betrag, der zwar deutlich unter dem Verkaufspreis der Paten liegt, doch haben sie ein relativ sicheres Auskommen und ihre Familien können auf diese Weise auch in wirtschaftlich angespannten Perioden auf ein relativ stabiles soziales Sicherheitsnetz zurückgreifen.

So vorteilhaft das Paten-Klienten-System den Beteiligten erscheint, birgt es doch langfristige Gefahren für die Korallenökosysteme und damit für die einzige Einkommensquelle der wachsenden Bevölkerung. Da auf den Märkten die Fischereierzeugnisse aller diesem System angeschlossenen Fischer verkauft werden, gibt es immer genug Fisch, um den Bedarf zu decken. Verringern sich die Erträge in dem Fanggebiet eines Fischers, tritt dieser Verlust am Markt kaum zutage. Wenn einige Riffgebiete überfischt sind, kompensieren die Fänge in anderen Gebieten den Ausfall. Die Information über die Überfischung in dem betreffenden Gebiet erreicht daher selten die Paten. Ökologische Warnsignale werden so leicht übersehen, ein Bewusstsein über die Notwendigkeit einer nachhaltigen Fischerei kann sich daher erst gar nicht entwickeln. Sollten in Zukunft auch noch die Folgen der Klimaerwärmung hinzukommen, wird den Riffen noch weniger Zeit bleiben, sich von den lokalen Übernutzungen zu erholen.

2.39 > Der Spermonde-Archipel liegt inmitten des Inselstaats Indonesien, unmittelbar vor der Südwestspitze von Sulawesi. Der Archipel besteht aus etwa 70 Koralleninseln.

2.40 > Weil sie in Asien vielerorts als Delikatesse gilt und hochpreisig gehandelt wird, wurde die Seegurkenart *Holothuria scabra* im Spermonde-Archipel besonders stark befischt. Sie ist dort kaum noch zu finden.

2.41 > Bei der Zyanidfischerei wird Gift ins Wasser gegeben, das die Fische bewegungsunfähig macht. Einmal eingesammelt, kann der Fisch später lebend verkauft werden.

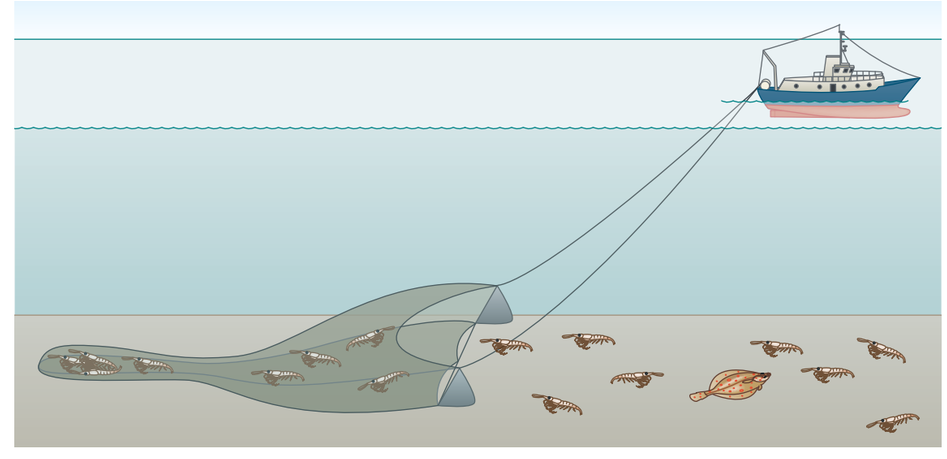
Stärkere Motoren, stärkere Zerstörung

Wie stark die intensive Fischerei küstennahe Meeresgebiete beeinflusst, lässt sich auch am Beispiel der belgischen, deutschen und niederländischen Nordseeküste verdeutlichen. Dort hat die Fischerei im Laufe des vergangenen Jahrhunderts die Lebensräume am Meeresboden sehr stark verändert. Plattfische wie die Kliesche, Scholle und Seezunge, die zur Tarnung flach vergraben im weichen Meeresboden liegen, werden hier mit beutelartigen Grundschleppnetzen, die an einem schweren Metallgestänge über den Meeresboden geschleift werden, gefangen. Diese mit zusätzlichen Ketten ausgestatteten sogenannten Baumkurren dringen während des Schleppens mehrere Zentimeter tief in den weichen Meeresboden ein und durchpflügen diesen gewissermaßen.

Im 19. und frühen 20. Jahrhundert wurde der Plattfischfang vielerorts noch mit kleinen Ruder- oder Segelbooten und entsprechend kleinen Baumkurren betrieben. Mit der Einführung größerer motorbetriebener Kutter kamen in der Nordsee aber immer mächtigere Baumkurren zum Einsatz. Wegen ihres hohen Gewichts und der Ketten durchpflügen sie den Meeresboden und zerquetschen viele zumeist größere Bodenlebewesen. Untersuchungen in Belgien, Deutschland und den Niederlanden zeigen, dass aus diesem Grund seit Mitte des letzten Jahrhunderts die Zahl großer, langlebiger oder empfindlicher Bodenlebewesen deutlich abgenommen hat. Zu letzteren zählen beispielsweise winzig kleine Moostierchen. Diese Organismen leben in filigranen Kolonien am Meeresboden, deren Gestalt zum Teil der von Korallen ähnelt.

Beeinträchtigt werden auch die Bestände der Islandmuschel. Diese Muschelart lebt nur wenige Zentimeter tief im Meeresboden vergraben, sodass ihre Schalen leicht durch die Baumkurren zertrümmert werden. Normalerweise werden Islandmuscheln mehr als 10 Zentimeter groß und bis zu 120 Jahre alt. Wegen der starken Baumkurrenfischerei aber wurden sie in den küstennahen Gebieten der Nordsee dezimiert, da die Bestände angesichts mehrerer Fänge mit Baumkurren pro Jahr und Gebiet kaum eine Chance haben, sich wieder zu regenerieren.

2.42 > Die englische Hafenstadt North Shields im Jahr 1904. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde der Fischfang in der Nordsee meist noch mit Segelbooten betrieben.



2.43 > Baumkurren sind Grundschleppnetze, die an einem schweren Metallgestänge über den Meeresboden geschleift werden. Viele auf und im Boden lebende Tiere werden dadurch getötet.

Heute werden die stark befischten Gebiete von schnell nachwachsenden Borstenwürmern und kleinen Muscheln dominiert wie der nur 1 bis 2 Zentimeter großen Tellmuschel. Zudem hat die Zahl von Seesternen und Einsiedlerkrebsen zugenommen. Beide ernähren sich auch von den Resten der von den Baumkurren getöteten Organismen. Da Einsiedlerkrebse in dickwandigen Schneckenhäusern leben, sind sie vor den Baumkurren geschützt. Die Seesterne überleben, weil sie relativ robust sind. Werden ihnen durch die Baumkurren Arme abgetrennt, können sie neue bilden und überleben.

Das Ende eines Muschelparadieses

Wie die Fischerei einen geradezu paradiesischen Lebensraum zerstören kann, konnten Meeresbiologen anhand einzigartiger historischer Datensätze für die Doggerbank dokumentieren, ein vergleichsweise flaches Gebiet in der Nordsee. Die Doggerbank wird erst seit Mitte des vorigen Jahrhunderts durch die Fischerei genutzt, vor allen Dingen zum Fang von Sandaalen, die zu Fischmehl verarbeitet werden. Dank einer ausführlichen Studie britischer Forscher aus den 1920er-Jahren ist der damalige unberührte Zustand dieser Region bekannt. Damals fanden die Forscher am Meeresboden der Doggerbank ausgedehnte Muschelbänke vor, in denen eine Vielzahl von großen Muschelarten lebte: die dickschalige Gedrungene Trogmuschel oder die bis zu 6 Zentimeter lange Bunte Trogmuschel. Auch die Glänzende Mondschnecke, die sich als Räuber von den beiden Muschelarten ernährt, kam häufig vor. Auf den Muschelbänken siedelten in großer Zahl Moostierchen und bunt schimmernde Seeanemonen. Hinzu kamen verschiedene Krebs- und Fischarten, die in diesem Lebensraum auf Jagd gingen. Durch die intensive Sandaalfischerei sind die Muschelbänke verschwunden, stattdessen herrschen monotone sandige Gebiete vor. Vergleichende Untersuchungen aus den vergangenen Jahren zeigen, dass beide Trogmuschelarten heute höchstens noch als Jungtiere vorkommen. Diese entwickeln sich aus Larven, die mit der Strömung aus anderen Gebieten der Nordsee zur Doggerbank getragen werden. Ausgewachsene Individuen findet man so gut wie gar nicht mehr. Stattdessen werden die Lebensgemeinschaften heute von kleinen unempfindlichen Arten dominiert, kleinen Flohkrebsen, der kleinen Tellmuschel oder von Schlangensternen, einer besonderen Form von Seesternen mit langen dünnen Armen.

Funktionseinheit Lebensgemeinschaft

Inwieweit solche Veränderungen als intolerabel oder als vertretbar zu betrachten sind, ist eine Frage der Perspektive. Einerseits kann man den Verlust ursprünglicher Lebensgemeinschaften durchaus bedauern. Andererseits,

sagen Ökologen, sei es in erster Linie wichtig, dass ein Lebensraum in seiner Gesamtheit weiter funktioniert. Experten sprechen in diesem Zusammenhang von Biodiversity and Ecosystem Functioning (BEF) – dem Funktionieren eines Lebensraums samt seinem sich möglicherweise verändernden Arteninventar. Ein Beispiel für eine solche Funktion ist die Reinigungsleistung, die Muscheln erbringen, indem sie das Meerwasser einsaugen und filtern. Diese Reinigungsleistung können sowohl kleine als auch große Muscheln erbringen. Für die Doggerbank bedeutet das, dass heute viele kleine Tellmuscheln die Reinigungsleistung der deutlich größeren Trogmuscheln von damals übernehmen. Die Funktion „Reinigung“ bleibt erhalten, obwohl sich der Lebensraum stark verändert hat.

Wie die aktuellen Untersuchungen auf der Doggerbank zeigen, werden die Lebensgemeinschaften dort inzwischen aber nicht mehr nur durch die Fischerei, sondern auch durch den Klimawandel verändert. Arten aus südlichen Breiten wandern langsam in kühlere nördliche Meeresgebiete wie die Nordsee ein. Inwieweit so eine Einwanderung das BEF des Gebiets beeinflusst, bleibt abzuwarten.

Nährstoffe bringen das Ökosystem aus dem Gleichgewicht

Lebensräume verlieren ihre Funktion, wenn durch Veränderungen Belastungsgrenzen überschritten werden. Eine starke Belastung stellt heute in vielen Gebieten die Eutrophierung dar – die Überdüngung der Gewässer mit Nährstoffen. Diese stammen aus Abwässern, die mit Fäkalien belastetet sind, oder gelangen in Form von Pflanzendüngern von Feldern über die Flüsse ins Meer. Da sich beim Überangebot an Nährstoffen Algen stark entwickeln, kommt es zu Algenblüten. Je mehr Algen vorhanden sind, desto mehr sterben später ab und desto intensiver ist der Abbau durch Mikroorganismen, die Sauerstoff zehren, mithin der Sauerstoffverbrauch. Dadurch können in den Küstengewässern sauerstoffarme oder gar -freie Zonen entstehen, in denen Fische, Krebse oder Muscheln nicht mehr leben können.

Solche Zonen treten seit einigen Jahrzehnten an vielen Stellen weltweit auf – an der Westküste Indiens, in der Chesapeake Bay an der Ostküste der USA oder im Golf von Bohai an der Ostküste Chinas. Oftmals bilden sich die sauerstofffreien Zonen in größerer Wassertiefe, weil dort Wind und Wellen das Wasser nicht durchmischen und mit Sauerstoff aus der Atmosphäre anreichern können. An der deutschen Ostseeküste findet man diese Zonen seit einigen Jahren im Sommer aber auch in nur wenigen Meter Wassertiefe in Küstennähe. Woran das liegt, ist noch nicht geklärt. Die Sauerstoffarmut in den flachen Küstenbereichen aber ist besonders problematisch, weil auch Lebewesen im Meeresboden absterben, die durch ihre Aktivität normalerweise zum Abbau von Nährstoffen im Meer beitragen und damit der Eutrophierung entgegenwirken. Dazu gehören Muscheln und Würmer, die im Boden vergraben in Gängen leben und frisches Wasser einstrudeln. Durch die vielen Gänge vergrößert sich die Fläche, an der Mikroorganismen im Boden die Stickstoffverbindungen abbauen. Sterben die Würmer und Muscheln nun aber ab, versagt auch diese Filterfunktion. Dadurch ergibt sich für die sauerstoffarmen Gebiete an der Küste eine negative Rückkopplung: Die Sauerstoffarmut führt zum Absterben der Bodenorganismen, wodurch die Reinigungsleistung des Bodens beeinträchtigt wird und sich die Wasserqualität weiter verschlechtert.

2.44 > Muschelgrab in der finnischen Ostsee: Nachdem der Sauerstoffgehalt des Wassers unter einen kritischen Wert gesunken war, haben sich Sandklaffmuscheln aus dem Boden gegraben, um an frisches Wasser zu gelangen. Wegen der niedrigen Sauerstoffwerte aber sind die Tiere trotzdem verendet.

Nährstofffrachten aus der Aquakultur

Während es in den meisten Ländern vor allem Nährstoffe aus der Landwirtschaft sind, die in die Küstengewässer gelangen, trägt in vielen Regionen zusätzlich eine intensive Aquakultur zur Überdüngung bei. Dies ist vor allem in den Küstengebieten Chinas der Fall, wo sich eine Aquakulturanlage an die andere reiht – beispielsweise auf der Insel Hainan, einer Sonderwirtschaftszone, die im tropischen Süden Chinas liegt und das Ziel vieler inländischer Touristen ist.

Hainan ist mit einer Fläche von rund 34 000 Quadratkilometern größer als Sizilien und die größte Insel der Volksrepublik. Natürlicherweise befindet sich an der Küste ein breiter Mangrovengürtel, an den sich zum Meer hin flache sandige Bereiche mit Seegraswiesen anschließen. Davor liegen ausgedehnte Korallenriffe. Diese natürliche Zonierung von Mangroven, Seegras und Korallen wurde in den vergangenen Jahren durch den Ausbau der Aquakultur teils massiv verändert. Dadurch, dass die Mangroven gerodet wurden, ging nicht nur ein ganzer artenreicher Lebensraum verloren, auch die Nährstoffe aus den Aquakulturanlagen, vor allem Kot und Futterreste, können jetzt direkt ins Meer fließen. Wo normalerweise Mangroven sehr viele Nährstoffe über ihre Wurzeln aufnehmen, strömt die Nährstofffracht jetzt unmittelbar in die Areale der Seegraswiesen.

Bekannt ist, dass sich bei starker Nährstoffzufuhr kleine Algen vermehren, die das Seegras überwuchern und absterben lassen. Zudem führt der durch Eutrophierung verursachte Sauerstoffmangel dazu, dass nicht nur in der Wassersäule, sondern auch im Meeresboden der Sauerstoffgehalt sinkt. Unter diesen Bedingungen bilden sich dann im Sediment giftige Schwefelverbindungen, die das Seegras zugrunde gehen lassen können. Welches Ausmaß das Sterben der Seegraswiesen im Raum Hainan bereits erreicht hat oder künftig erreichen könnte, wird aktuell untersucht.

Eine offene Frage ist auch, wie viel von der Nährstofffracht die Seegraswiesen überhaupt aufnehmen können. Denn diese Aufnahmekapazität ist für die Korallenriffe überlebenswichtig, weil die Seegraswiesen wie ein Puffer zwischen ihnen und dem Land wirken. Korallen könnten durch ein Zuviel an Nährstoffen und vor allem durch ein daraus resultierendes Übermaß an Algenwachstum geschädigt werden und absterben. Da die Korallenriffe von Hainan, ähnlich wie im Spermonde-Archipel, ohnehin von Überfischung, Zynanid- und Dynamitfischerei betroffen sind, sind sie dadurch zusätzlich gefährdet.

Küstengewässer als Klärbecken

Die Küstengewässer werden nicht nur durch ein Zuviel an Nährstoffen belastet, sondern auch durch ungeklärte Abwässer und Schadstoffe aus der Industrie. Während die Klärtechnik in den Industrieländern heute meist hoch entwickelt ist und einen großen Teil der Verschmutzungen aus dem Abwasser entfernt, ehe es in die Flüsse oder ins Meer gelangt, gibt es in den Entwicklungsländern viele Regionen, in denen die Abwasserreinigung unzureichend ist.

So werden in Afrika nach Angaben der Weltbank nur etwa 10 Prozent der Abwässer in Klärwerken aufbereitet. Für die ghanaische Hauptstadt Accra zeigen Studien, dass durch ungeklärte Abwässer vor allem Flüsse und Gewässer, aus denen die Bevölkerung ihr Trinkwasser bezieht,

mit Bakterien und Viren belastet sind. Häufige Durchfallerkrankungen sind die Folge. Etwa ein Viertel aller Sterbefälle von Kindern unter fünf Jahren im Großraum Accra wird darauf zurückgeführt. Zudem gibt es immer wieder Fälle von Cholera.

Zur Bedrohung durch Krankheitserreger kommt in vielen Regionen eine Belastung durch Schadstoffe hinzu, die über die Flüsse oder über Abwasserleitungen direkt ins Meer gelangen. Dazu zählen Schwermetalle, beispielsweise aus Minen oder aus der Metallproduktion, und zahlreiche Verbindungen aus der chemischen Industrie. Mehrere Umweltkatastrophen haben deutlich gemacht, wie gefährlich diese Substanzen sein können. Das zeigt das Beispiel von Minamata, einer Hafenstadt im Westen Japans. In den 1950er-Jahren wurden quecksilberhaltige Abwässer aus einer Fabrik vor Ort ins Meer geleitet. Zunächst nahmen Algen das Gift auf. Die Algen wiederum wurden von Fischen gefressen, die bei den einheimischen Menschen als Speisefische besonders geschätzt waren. Die Quecksilberkonzentration in den Fischen war so hoch, dass mehr als 10 000 Menschen eine Quecksilbervergiftung erlitten. Tausende Menschen starben daran. Diese Art der Quecksilbervergiftung wird heute als Minamata-Krankheit bezeichnet.

Weit mehr als ein Dreckiges Dutzend

Nach Angaben der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) werden weltweit etwa 100 000 unterschiedliche chemische Substanzen produziert, allein in Europa circa 10 000 in einer Größenordnung von jeweils mehr als 10 Tonnen pro Jahr. Schätzungsweise bis zu 3 Prozent der weltweiten Produktion sind problematisch. Zu diesen umweltrelevanten Schadstoffen zählen beispielsweise Verbindungen mit Blei, Quecksilber und anderen Schwermetallen, die im Bergbau, in industriellen Herstellungsprozessen oder bei der Verbrennung von Heizöl anfallen.

Besonders kritisch sind auch die persistenten, organischen Schadstoffe, die sogenannten POPs (persistent organic pollutants). Sie sind dadurch definiert, dass sie folgende problematische Eigenschaften haben: Sie sind langlebig (persistent), giftig, reichern sich in Organismen an und können sich außerdem über die Luft und über weite Strecken verbreiten. Da POPs in der Natur kaum abgebaut werden, können sie über viele Jahre aus der Umwelt in die Nahrungskette gelangen.

Zwölf besonders gefährliche Verbindungen dieser Art, die als Dreckiges Dutzend (englisch: Dirty Dozen) bezeichnet werden, waren die ersten, die nach dem Stockholmer Übereinkommen weltweit verboten wurden. Zu ihnen zählen auch die polychlorierten Biphenyle (PCB). Insgesamt sind heute nach dem Übereinkommen 24 Substanzen verboten.

Den Teufel mit dem Beelzebub austreiben?

Um die Menschen und die Umwelt künftig besser vor der Verschmutzung durch chemische Stoffe zu schützen, trat in der Europäischen Union (EU) 2007 die Chemikalienverordnung REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals; Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe) in Kraft, nach der Industrieunternehmen chemische Substanzen, die sie produzieren oder einsetzen möchten, registrieren lassen und deren Unbedenklichkeit nachweisen müssen. Substanzen, die bereits seit Längerem auf dem Markt sind, dürfen Firmen hingegen ohne weitere Nachweise für neue Einsatzgebiete verwenden.

Stoffe, die heute wegen ihrer Giftigkeit verboten werden, können somit durch etablierte Substanzen ersetzt werden, die ähnliche Eigenschaften aufweisen. Doch auch die Ersatzstoffe können problematisch sein. Das zeigt das Beispiel der polybromierten Diphenylether (PBDE), Verbindungen, die lange als Flammschutzmittel verwendet wurden und das Element Brom enthalten. Experten hatten festgestellt, dass PBDE langlebig sind und Krebs auslösen können. Daher wurden sie vor einiger Zeit verboten. Als Alternative für die Industrie griff man dann auf die etablierte Substanz Dechloran Plus zurück, die ursprünglich in den 1970er-Jahren als Insektenvernichtungsmittel verwendet, dann aber in der EU für den Einsatz im Freien verboten worden war. Dechloran Plus ist ebenfalls langlebig, bindet sich im Wasser an Schwebstoffe und lagert sich mit diesen vor allem in den Sedimenten der Küstengewässer ab. Forscher konnten nachweisen, dass Aale in europäischen Küstengewässern mit Dechloran Plus belastet sind.

2.45 > Jahrzehntelang wurden quecksilberhaltige Abwässer In die Bucht vor dem japanischen Fischerort Minamata geleitet. Über die Nahrungskette gelangte das Gift bis in menschliche Körper.

Das Beispiel zeigt die Schwäche der herkömmlichen Praxis, bei der verbotene Stoffe durch etablierte Substanzen ersetzt werden können, die ebenfalls problematisch sind. Als Konsequenz wird derzeit diskutiert, ob Dechloran Plus nicht auch nach dem Stockholmer Übereinkommen international verboten werden sollte. Dänemark hat eine entsprechende Initiative gestartet.

In der Regel gehen einem Verbot umweltgefährdender Chemikalien Diskussionen voraus, die sich über viele Jahre hinziehen. So sperren sich oftmals jene Länder gegen ein Verbot, in denen die entsprechenden Substanzen produziert oder verarbeitet werden. Allerdings gibt es im Rahmen des Stockholmer Übereinkommens eine Regelung, nach der besonders gefährliche POPs auch schon innerhalb kürzerer Zeit verboten werden können, wenn sie sich extrem stark in Lebewesen anreichern und extrem persistent sind. Diese Stoffe werden als very P/very B (very persistent/very bioaccumulative; sehr persistent/sehr bioakkumulierend) bezeichnet.

Ein Beispiel für solche Substanzen ist die chemische Verbindung PFOS (Perfluoroctansulfonat). Sie wurde vor allem in der Textilindustrie verwendet, beispielsweise in der Herstellung atmungsaktiver Membranen für Outdoorjacken. Aber auch in der Papierindustrie wird sie zur Produktion von schmutz-, fett- und wasserabweisenden Papieren wie Fast-Food-Verpackungen benutzt. Darüber hinaus kam sie bei der Imprägnierung von Möbeln, Teppichen und Bekleidung zum Einsatz. Wegen seiner Langlebigkeit hat sich PFOS stark in der Natur angereichert. Es lässt sich in Wasser, Boden, Luft und Lebewesen auf der ganzen Welt nachweisen. In vergleichsweise hohen Konzentrationen kommt es in den Endgliedern der Nahrungskette vor, beispielsweise in Fischen, Robben, Seevögeln oder Eisbären und natürlich auch im Menschen.

Nachdem Ende des vergangenen Jahrhunderts deutlich wurde, dass PFOS zu den „very P/very B“-Verbindungen zählt, wurde die Substanz verboten. Auch die chemisch eng verwandte Verbindung PFOA (Perfluoroctansäure) wurde vom Markt genommen. Zwischen dem Nachweis der potenziellen Gefährlichkeit, den verschiedene Forschergruppen erbracht hatten, und dem Verbot lagen nur fünf Jahre. Für andere POPs, die nicht zu den „very P/very B“-Verbindungen zählen, kann dieser Prozess bis zu 20 Jahre dauern.

Verlagerung von Problemen

PFOS und PFOA lagern sich vor allem im Blut und in der Leber ab. Sie wurden deshalb nach ihrem Verbot durch chemisch nahe verwandte Verbindungen aus der Gruppe der Perfluorcarbone (PFCs) ersetzt, Fluor-Kohlenstoffverbindungen, zu denen auch PFOS und PFOA zählen. In der Industrie werden jetzt PFCs verwendet, die sich weniger in Blut und Leber ablagern und damit weniger bioakkumulierend sind. Das aber bringt ein neues Problem mit sich: Diese PFCs lösen sich recht gut im Wasser. Studien zeigen, dass die Konzentration dieser wasserlöslichen PFCs inzwischen vor allem in den Flüssen und Küstengewässern in China stark zugenommen hat. Mit der Einführung der neuen PFCs hat sich das Umweltproblem also verlagert, von der Anreichung in den Lebewesen hin zu einer stärkeren Konzentration im Wasser.

Unabhängig von der Art der Schadstoffe kann man für viele problematische Substanzen feststellen, dass deren Konzentrationen in den Flüssen und Küstengewässern Europas und der USA in den vergangenen Jahren abgenommen haben. Das ist einerseits auf eine bessere Klärtechnik und Aufbereitung industrieller Abwässer zurückzuführen, andererseits darauf, dass die Produktion und Verarbeitung vieler Chemikalien aus den westlichen Industrienationen in Länder wie China und Indien ausgelagert worden ist. Insofern überrascht es nicht, dass sich dort die Situation verschlechtert hat – und das, obwohl dabei durchaus teils moderne Klärtechnik zum Einsatz kommt.

Doch selbst moderne Technik kann nicht alle Schadstoffe restlos aus den Abwässern entfernen. Da besonders große Mengen an Chemikalien produziert werden, gelangen in China in der Summe dennoch relevante Schadstoffmengen in die Umwelt, so auch PFCs. Viele Küstengebiete, in die Flüsse einmünden, sind mit PFCs belastet, etwa das Delta des Flusses Jangtse im Osten Chinas. Dort werden die PFCs produziert und von mehreren Textilfirmen verarbeitet. Auch andere Flüsse an der chinesischen Ostküste sind stark belastet. So ist etwa die PFC-Konzentration im Delta des Xiaoqing-Flusses heute etwa 2000-mal höher als in der Elbmündung, was insbesondere auf die Verlagerung der Produktion nach China zurückgeführt wird. Welche Umweltauswirkungen die hohen Konzentrationen im Wasser haben und wie gravierend diese Anreicherung ist, ist noch nicht genau untersucht.

Der Tagebau vergiftet ganze Regionen

Zur Verschmutzung von Flüssen und Küstengewässern tragen in erheblichem Maße auch große Minen bei. Meist werden dort wirtschaftlich interessante chemische Elemente gewonnen, etwa Eisen, Kupfer oder auch Gold. Da diese Elemente nicht in reiner Form, sondern gebunden an andere chemische Elemente vorliegen, müssen sie abgetrennt und konzentriert werden. Die Reste der Produktion werden in trockener Form auf Abraumhalden oder mit teils giftigen Abwässern und Schlämmen in Becken oder Sickergruben deponiert. Immer wieder kommt es vor, dass diese Becken und Gruben leckschlagen und die Substanzen in die Umwelt gelangen.

Mitunter werden die Abwässer auch direkt in Flüsse abgegeben wie in Papua-Neuguinea, wo die Ok-Tedi-Mine seit den 1980er-Jahren direkt in die Flüsse Ok Tedi und Fly entwässert, die zusammen mit ihren Nebenflüssen eines der größten tropischen Flusssysteme weltweit bilden. Zeitweise wurden aus der im Binnenland gelegenen Mine so große Mengen an Schlamm in die Flüsse geleitet, dass dieser sich an den Ufern abgelagert hat. Dadurch wurde nicht nur das Flusswasser, sondern auch die Umgebung belastet, vor allem mit Kupferrückständen. Man geht davon aus, dass der Rückgang der Fischpopulationen im Fluss auf diese Belastungen zurückzuführen ist.

Eine ähnliche Umweltbelastung ist auch in der südwestindischen Küstenregion um die Gemeinde Panmana im Bundesstaat Kerala zu beobachten. Dort werden seit 1922 schwermetallhaltige Mineralseifen abgebaut, mineralienreiche Sedimente, die sich über Jahrmillionen abgelagert haben. Anfangs baute man die Mineralseifen ab, um Metalle zu gewinnen. Seit den 1980er-Jahren ist vor allem die Substanz Ilmenit von Interesse, eine Verbindung aus Eisen, Titan und Sauerstoff. Aus ihr wird das weiße Pigment Titandioxid gewonnen, ein verbreiteter Weißmacher, der Wandanstrichen, Autolacken oder auch Zahncremes beigemischt wird. Das Ilmenit wird seit 1984 direkt vor Ort in einer Fabrik verarbeitet. Die dabei anfallenden Schwermetalle werden heute nicht mehr genutzt.

Schlammfluten verschmutzen die Küste – der Fall Rio Doce

Selbst weit im Hinterland gelegene Minen können Küstengebiete verschmutzen. Das zeigt der Fall des Eisenerztagebaus nahe der brasilianischen Stadt Mariana, die etwa 250 Kilometer nördlich von Rio de Janeiro liegt. Am 5. November 2015 brachen dort die Dämme eines Absetzbeckens für Erzschlamm, der bei der Produktion im Tagebau anfällt. Daraufhin ergoss sich eine riesige Schlammlawine in den Rio Doce, einen Fluss, der in den Atlantik mündet. Insgesamt stürzten nach Angaben des UN-Menschenrechtsrats (United Nations Human Rights Council, UNHCR) rund 50 Millionen Tonnen Eisenerzschlamm ins Tal, was in etwa dem Rauminhalt von 20 000 Wettkampfschwimmbecken entspricht. Die Schlammlawine verschüttete das 5 Kilometer von der Mine entfernte Dorf Bento Rodrigues und große Landflächen. Schließlich ergoss sich die rote Masse 600 Kilometer flussabwärts in den Atlantik. 16 Menschen kamen bei der Katastrophe ums Leben.

Da der Schlamm Schwermetalle und andere giftige Substanzen in hohen Konzentrationen enthielt, sind die betroffenen Gebiete um Bento Rodrigues bis heute unbewohnbar und eine Landwirtschaft nicht möglich. Unklar ist derzeit noch, wie sich die Schadstofffracht auf das betroffene Mündungsgebiet im Atlantik auswirkt. Man fürchtet, dass sich große Mengen der Schadstoffe am Meeresboden abgelagert haben. Sofern Meerestiere diese mit ihrer Nahrung aufnehmen, könnte auch die Fischerei betroffen sein, weil Fische und Meeresfrüchte dann nicht mehr verkauft werden können.

2.46 > Umweltkatastrophe im brasilianischen Bundesstaat Espírito Santo: Giftiger Eisenerzschlamm aus dem Rio Doce ergießt sich ins offene Meer.

Sie werden zusammen mit anderen chemischen Elementen mit dem Abwasser in Speicherbecken geleitet, die aber seit mehr als einem Jahrzehnt undicht sind. In dieser Zeit hat das versickernde Abwasser nach und nach die Brunnen und Böden in einem 16 Quadratkilometer großen Gebiet um die Fabrik verseucht. Die Konzentration an Schwermetallen übersteigt hier internationale Grenzwerte um ein Vielfaches. Die Vergiftung von Boden und Wasser führt nicht nur dazu, dass an vielen Stellen die Pflanzen absterben, sondern mehr und mehr Menschen in der Region Ekzeme aufweisen und an Krebs erkranken. Viele Bewohner haben ihre Heimat deshalb verlassen.

Das Rätsel um den Müll im Meer

Besonders viel Beachtung haben Forscher und Medien in den vergangenen Jahren der Verschmutzung der Meere durch Plastikmüll geschenkt. Das liegt nicht zuletzt daran, dass diese Bedrohung oftmals direkt sichtbar ist und der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung leicht nachvollziehbar ist. Diskutiert wird aktuell, welche Gefahr von den Plastikteilen ausgeht und wie viel Müll eigentlich im Meer treibt. Mehrere Gruppen von Plastikmüll werden dabei unterschieden:

- Makroplastik mit einer Größe von mindestens 25 Millimetern,
- Mesoplastik mit einer Größe von 5 bis 25 Millimetern,
- großes Mikroplastik mit einer Größe von 1 bis 5 Millimetern,
- kleines Mikroplastik mit einer Größe von wenigen Mikrometern bis 1 Millimeter.

Je nach Größe und Art der Abfälle wirken sich diese unterschiedlich auf Lebewesen aus. Makroplastik kann für Meereslebewesen zu einer tödlichen Falle werden. In alten Fischernetzen etwa können sich Meeresschildkröten verheddern und ersticken. Derzeit wird diskutiert, ob das Makro- und Mesoplastik im Meer nicht mehr nur einzelne Individuen tötet, sondern möglicherweise ganze Populationen von Meerestieren gefährden könnte. Eine aktuelle Studie zeigt, dass schon heute 90 Prozent aller Seevögel Plastikteile verschlucken. Je nach Fressverhalten sind verschiedene Seevogelarten unterschiedlich stark gefährdet.

Untersucht wird seit einiger Zeit auch, wie sich Mikroplastik auf Meeresorganismen auswirkt. In einem Laborexperiment hat man Muscheln Mikropartikelkonzentrationen ausgesetzt, die sehr hoch waren. Die Partikel gelangten aus dem Verdauungstrakt bis ins Gewebe, wo sie Entzündungsreaktionen auslösten. Bemängelt wird an diesen Untersuchungen, dass die verwendeten Partikelkonzentrationen extrem hoch waren – deutlich höher als die Konzentration in den Meeren. Zum Vergleich wurden ähnliche Experimente durchgeführt, die Muscheln dabei aber in Wasser gehalten, das deutlich geringere Partikelkonzentrationen aufwies – Konzentrationen, die denen in der Nordsee entsprachen. Bei diesen Experimenten konnten keine Schäden festgestellt werden.

2.47 > In der Gemeinde Panmana im indischen Bundesstaat Kerala sind die Böden vielerorts durch Schwermetalle verseucht. Pflanzen wachsen hier kaum noch.

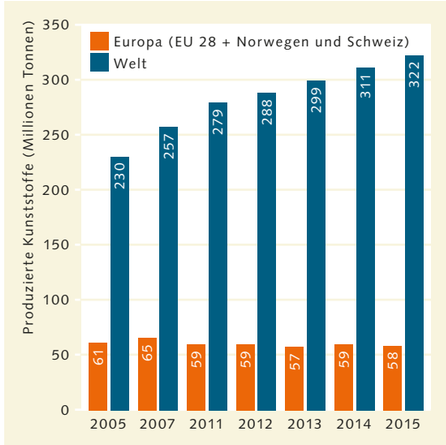
Unmessbare Müllmassen

Grundsätzlich gilt, dass sich die Menge des Mülls, der sich in den Meeren befindet, nicht genau messen und bestimmen lässt. Dennoch haben US-amerikanische Forscher 2015 im Rahmen einer Studie versucht, dies zu überschlagen. Dafür haben sie die Produktionsseite beleuchtet und ausgerechnet, dass bei einer jährlichen weltweiten Kunststoffproduktion von rund 300 Millionen Tonnen etwa 275 Millionen Tonnen Abfall anfallen – gut 90 Prozent. Für ihre Studie hatten die Forscher analysiert, wie gut die Infrastruktur für die Müllbeseitigung und das Recycling in verschiedenen Ländern entwickelt sind – und daraus abgeleitet, dass ungefähr 4,8 bis 12,7 Millionen Tonnen ins Meer gelangten. Inzwischen wurden diese Zahlen oft zitiert, doch wurde an der Studie kritisiert, dass man von den Produktionsdaten und Informationen zur Müllverwertung nicht darauf schließen kann, wie viel Müll letztlich ins Meer gelangt. Denn Müll kann auf ganz verschiedene Arten seinen Weg ins Meer finden: über Flüsse, durch direkte Entsorgung ins Meer, oder er wird von Müllkippen an Land ins Wasser geweht. Es ist nicht möglich, all diese Wege quantitativ zu erfassen. Auch ist es unmöglich zu ermitteln, wie viel Müll bis heute bereits in die Meere gelangt ist. Vor allem, weil ein großer Teil des Plastikabfalls in tiefere Meeresschichten gesunken ist und dort nicht mehr entdeckt werden kann.

Überzogene Schätzungen?

Mikroplastik gelangt aus vielen verschiedenen Quellen in die Meeresumwelt: aus dem Zerfall großer Plastikteile im Meer, die durch das Salzwasser und die UV-Strahlung der Sonne langsam zerbröseln, aus Schiffsanstrichen, aus dem Abrieb von Plastikgegenständen oder Autoreifen, aber auch aus Peelings, in denen die Partikel als Putzkörnchen dienen. Dass die Bestimmung der Gesamtmenge so schwierig ist, liegt vor allem daran, dass die verschiedenen Forschergruppen das Mikroplastik bislang mit unterschiedlichen Methoden und Geräten erfasst und untersucht haben. Manche rechneten die Partikelkonzentration im Wasser auf Kubikmeter hoch, andere auf Quadratkilometer. Manche gaben die absolute Zahl gemessener Partikel an, andere das Gewicht in Milligramm pro Kilogramm. So gibt es heute kaum eine Vergleichbarkeit der Zahlen.

Um dies künftig zu erreichen, werden aktuell in einem EU-Projekt erstmals einheitliche Messstandards für Mikroplastik entwickelt. Dabei geht es nicht nur um das Zählen von Partikeln im Wasser, sondern vor allem um ihre richtige Bestimmung. Lange hat man versucht, unter dem Mikroskop die genaue Zahl der Partikel zu erfassen.



2.48 > Seit Jahren wächst die Menge der weltweit produzierten Kunststoffe. Es ist anzunehmen, dass dadurch auch die Menge der Plastikabfälle zunimmt, die in die Meere gelangt. Verlässliche Zahlen gibt es aber nicht.

Mit dieser optischen Methode wurde die Menge um bis zu 70 Prozent überschätzt, weil sehr häufig auch Quarzsand als Plastik interpretiert worden ist. Mit neuen Messgeräten, die mit Infrarotlicht arbeiten und Kunststoffe genau bestimmen können, will man derartige Fehler in der Zukunft vermeiden.

Erholung auf Kosten der Küstenlebensräume – der Tourismus

Während heute noch weitgehend unklar ist, welche Bedrohung der Plastikabfall für die Lebensräume der Küsten darstellt, sind die negativen Folgen des Tourismus seit Jahren bekannt. Besonders in den touristisch stark frequentierten Feriengebieten hat der Bau von Hotels und Straßen die Küstenlandschaft zum Teil massiv verändert. Feuchtgebiete wurden trockengelegt und bebaut, Strände intensiv genutzt. Stark betroffen sind davon jene Organismen, die direkt auf den Küstenstreifen angewiesen sind, also den unmittelbaren Übergangsbereich zwischen Wasser und Land. So sind viele Vogelarten für ihre Brut oder Rast auf Feuchtgebiete entlang der Küste angewiesen, etwa Lagunen oder Flussmündungen. Auch Robben nutzen die Küstenstreifen für die Jagd oder als Ruhezone. Meeresschildkröten wiederum benötigen unberührte Strände, um im Sand ihre Eier zu vergraben. Solche Plätze sind heute in manchen Gebieten aber sehr rar geworden.

2.49 > Intensiver Tourismus kann Korallenriffe stark beschädigen – beispielweise wenn Urlauber Meeresorganismen ritzen.

Gab es zu Beginn des 19. Jahrhunderts in vielen Regionen des Mittelmeers noch große Bestände an Suppenschildkröten, Unechten Karettschildkröten und Lederschildkröten, so sind sie heute wegen der Transformation natürlicher, sandiger Küstengebiete in touristische Resorts fast restlos verschwunden. Suppenschildkröten sind im Mittelmeer nur noch vor Zypern, die Unechte Karettschildkröte in wenigen Gebieten in Griechenland und der Türkei und Lederschildkröten nur noch in Ausnahmefällen vor Syrien und Israel anzutreffen.

Die Wandlung natürlicher Küstensäume in touristische Gebiete mit teils städtischem Charakter wirkt sich auf die Küstenumwelt noch auf andere Weise aus. So sind an vielen Stellen Wände und Hafenanlagen aus Beton entstanden, die dem Schutz der Küste dienen oder als Promenaden und Marinas genutzt werden. Damit hat sich der Lebensraum für viele Wasserorganismen völlig verändert. Höhlen und Verstecke sind ebenso verloren gegangen wie Nahrungsgründe. Selbst dort, wo das Ufer aus Felsen besteht, verändert die Verbauung mit Betonstrukturen die Artengemeinschaften. Betonoberflächen haben eine andere chemische Zusammensetzung als Natursteine. Viele Meeresorganismen, die auf festen Untergründen siedeln, meiden daher Betonstrukturen, sodass diese insgesamt meist deutlich artenärmer sind.

Hoher Druck auf die Korallenriffe

Nicht nur die Verbauung, auch die intensive Nutzung durch Touristen führt zur langsamen Zerstörung von Küstenlebensräumen. Zu diesen stark frequentierten Lebensräumen gehören auch die Korallenriffe. Für das Great Barrier Reef an der Ostküste Australiens wurde genauer untersucht, welche Folgen die intensive Nutzung durch Tauchtouristen hat. Verschiedene Arten der Zerstörung konnten festgestellt werden:

- In Bereichen, in denen Boote ablegen, werden Korallen durch Urlauber zerstört, die zwischen Land und Boot hin und her waten. In stark frequentierten Bereichen werden die Korallen komplett zerstört.
- Durch vertäute Pontons, schwimmende Restaurants und dergleichen werden Bereiche der Riffe permanent verschattet. In diesen Bereichen sterben Korallen ab.
- Zu Wasser gelassene Anker von Ausflugs- und Tauchbooten können Korallen zerstören.
- Durch das Anfüttern von Fischen zum Zweck der Beobachtung können sich in den Riffen Krankheiten aufgrund von falschem oder verdorbenem Futter ausbreiten. Zudem können große räuberische Fische angelockt werden, die gewöhnlich nicht in eben diesen Riffen vorkommen. Das kann dazu führen, dass manche Arten dezimiert werden.
- Insbesondere ungeübte Taucher berühren bei ihren Tauchgängen die Riffe und brechen vor allem fein verästelte Korallen ab.

Während die australischen Forscher betonen, dass sich all diese Schäden durch ein optimiertes Management vor Ort vermeiden lassen, gehen andere Experten davon aus, dass Tauchtourismus in Korallenriffen grundsätzlich Schäden verursacht, ganz gleich, wie gut die Touristen informiert oder geführt werden. Betont wird auch, dass leichte Schädigungen durch Tauchtouristen zusammen mit anderen Stressfaktoren, wie etwa einer Erwärmung des Wassers im Zuge des Klimawandels, zu noch größeren Schäden führen können.

Conclusio

Immense Leistung, immenser Druck

Der Mensch ist mit dem Lebensraum Küste seit Jahrtausenden eng verbunden und nutzt ihn sowohl als Nahrungslieferant als auch als Handelsraum. Archäologische Funde deuten darauf hin, dass Menschen die Küstengewässer bereits 6000 Jahre vor Christus mit einfachen Booten befuhren, etwa im Südchinesischen Meer oder im östlichen Mittelmeer. Küsten waren stets auch Schauplatz zahlreicher Konflikte um politische und wirtschaftliche Vormachtstellungen in einer bestimmten Region.

Heute erbringen die Küsten der Welt zahlreiche Leistungen, die man als Ökosystemleistungen bezeichnet. Dazu zählen die sogenannten bereitstellenden Dienstleistungen – Güter, die das Meer zur Verfügung stellt wie Fisch oder fossile Ressourcen. Von zentraler Bedeutung sind die unterstützenden Ökosystemleistungen, zu denen die Primärproduktion gehört – der Aufbau von Biomasse durch Algen mithilfe der Photosynthese. Die Primärproduktion ist die Voraussetzung für das Leben im Meer. Des Weiteren existieren kulturelle Ökosystemleistungen, die die spirituelle Bedeutung der Küsten, aber auch den Tourismus umfassen. Im Hinblick auf die Umweltverschmutzung durch den Menschen kommt den regulierenden Ökosystemleistungen eine besondere Bedeutung zu. Zu diesen zählen vor allem die Klärwerksfunktionen der Küstengewässer, da diese wesentlich zum Abbau von Nährstoffen beitragen, die von intensiv genutzten Äckern und aus ungeklärten Abwässern ins Meer gelangen.

In vielen Fällen übernutzt der Mensch heute die Küstengewässer. Dadurch können sie ihre Ökosystemleistungen nicht mehr erbringen. Gelangen zu viele Nährstoffe aus der Landwirtschaft oder der Aquakultur ins Meer, können diese nicht mehr abgebaut werden. Die Gewässer werden überdüngt, sodass sich sauerstofffreie Zonen ausbreiten können. Auch Schadstoffe, die aus industriellen Prozessen in die Küstengewässer gelangen, stellen eine Bedrohung dar. Dazu zählen schwermetallhaltige Verbindungen oder langlebige chemische Substanzen, die sich in der Nahrungskette anreichern und Krankheiten wie Krebs auslösen können. Ein Beispiel sind die polyfluorierten Verbindungen, die seit Jahren für alltägliche Produkte wie Outdoorbekleidung oder Pfannenbeschichtungen verwendet werden.

Eine andere Art der Verschmutzung ist der Plastikabfall, der auf vielen verschiedenen Wegen ins Meer gelangt. Meerestiere oder Seevögel verschlucken die Plastikteile und sterben daran. Darüber hinaus zerfällt das Plastik in mikroskopisch kleine Plastikbruchstücke. Dieses Mikroplastik lässt sich weltweit in den Meeren nachweisen. Inwieweit es die Tiere aufnehmen und wie gefährlich es ist, wird derzeit wissenschaftlich untersucht.

Zu den größten Problemen in den Küstengewässern zählt aktuell die Überfischung. Da diese Gewässer besonders produktiv sind, wird hier zu intensiv Fisch gefangen. Darüber hinaus werden durch die Fischerei vielerorts Lebensräume am Meeresboden zerstört, beispielsweise Korallenriffe.

Besonders stark werden Küsten heute durch die Zersiedelung der Landschaft und durch wachsende Megacitys in Küstennähe verändert, wodurch bedeutende Lebensräume wie Auen, Feuchtgebiete oder Mangroven verloren gegangen sind. Auch werden durch den Abbau von Sand für Bauprojekte Küstengebiete weiträumig zerstört. Für den Menschen ergibt sich eine besondere Bedrohung dadurch, dass viele der in den vergangenen Jahrzehnten stark gewachsenen Küstenmetropolen langsam versinken. Das liegt insbesondere an der Entnahme von Grundwasser zur Trinkwassergewinnung, das normalerweise wie ein Widerlager der schweren Bebauung entgegenwirkt. Durch das Versinken kommt es immer häufiger zu Überflutungen. Der durch den Klimawandel steigende Meeresspiegel könnte diese Situation in der Zukunft noch verschärfen.