

MEER UND MUSEUM



Die Zukunft des Weltmeeres

Inhalt

Vorwort	H. Benke	S. 3
Geleitwort	G. Hempel	S. 4
Das Jahr 1998 als „Internationales Jahr des Ozeans“ Begrüßungsansprache zur Tagungseröffnung	A. Merkel	S. 5
Die Ozeane im globalen Klimasystem	E. Augstein	S. 9
Die Zukunft des Weltmeeres - Maritime Industrie	P. Ehlers	S. 15
Perspektiven für eine nachhaltige Befischung der Meere	G. Hubold	S. 21
Das Weltmeer als Schadstoffsенke	B. Schneider	S. 25
Die Küstenzone: Goldener Rand des Meeres?	F. Colijn, H. Rosenthal und H. Sterr	S. 31
Welt-Seerecht	R. Wolfrum	S. 37
Das Meer gehört allen - Partnerschaft in der Meeresforschung	G. Hempel	S. 43
Das Schwarze Meer - Vergangenheit und Gegenwart: Die anthropogenen Einflüsse auf die Biodiversität	F. Vasiliu †	S. 48
Die Xarifa-Expedition und 40 Jahre Riff-Forschung: Die Biodiversität der Korallenriffe	W. Klausewitz	S. 59
Haie und Rochen in Gefahr! Fischerei und Umwelteinflüsse als Gefährdungs- potentiale für Arten und Bestände, Bemühungen um Erhaltungsmaßnahmen	M. Stehmann	S. 67
Die „Tage des Meeres 1998“ in Bildern	U. Mascow	S. 73
Das „International Year of the Ocean 1998“ (IYO) im Deutschen Meeresmuseum	D. - H. Stechmann	S. 77
Das Unterwasserlabor „Helgoland“ - ein neues Spitzenexponat im Deutschen Meeresmuseum	R. Reinicke	S. 80
Das Jahr 1998 der Stiftung Deutsches Meeresmuseum	H. Benke	S. 83

Titelfoto:

Das Jahr 1998 wurde von den Vereinten Nationen zum „Internationalen Jahr des Ozeans“ erklärt. Eine Mahnung mit triftigem Grund: Ein gesundes, sauberes Meer, dessen artenreiche Pflanzen- und Tierwelt es vor Schäden und vor Ausrottung zu schützen gilt, gehört auch zu den elementarsten Voraussetzungen der Erhaltung menschlichen Lebens auf der Erde.

MEER UND MUSEUM

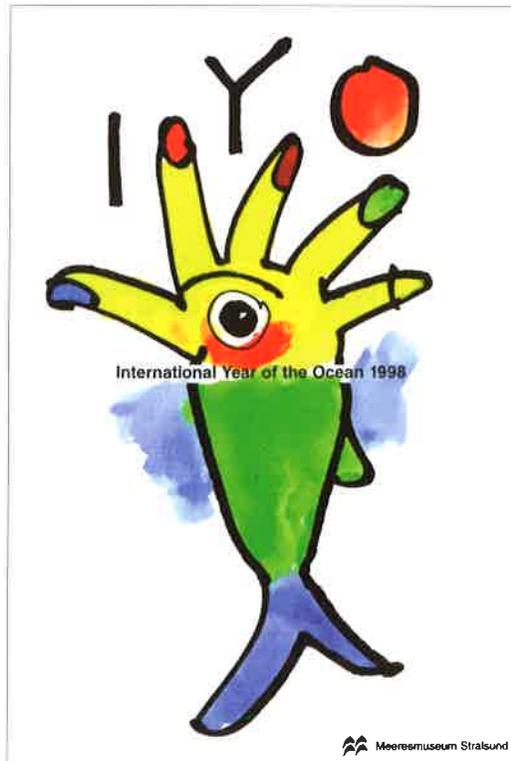
Band 15

Die Zukunft des Weltmeeres



Schriftenreihe des Deutschen Meeresmuseums

1999



Grafik Feliks Büttner, Rostock

Plakat des Deutschen Meeresmuseums zum
„Internationalen Jahr des Ozeans“.

Die Zukunft des Weltmeeres

Das war das Thema der zentralen Vortragsveranstaltung in Deutschland zum
„Internationalen Jahr des Ozeans 1998“.

Sie wurde vom Deutschen Meeresmuseum organisiert und fand vom
16. - 18. April 1998 in Stralsund statt.

Dieser Band enthält alle Vorträge dieser Veranstaltung.

Vorwort

Als die Vereinten Nationen das Jahr 1998 zum „Internationalen Jahr des Ozeans“ (IYO) deklarierten, war es für die Stiftung Deutsches Meeresmuseum selbstverständlich, in diesem Jahr besonders aktiv zu werden. Schließlich waren das Ziel des IYO und die in der Satzung der Stiftung festgelegten Aufgaben sehr ähnlich: Die Öffentlichkeit auf die Bedeutung der Ozeane sowie auf ihre Probleme und Schutzbedürftigkeit hinzuweisen. Vom Museum wurde ein umfangreiches Jahresprogramm mit zahlreichen Veranstaltungen, Aktionen und Publikationen aufgestellt. Der Beitrag von Dr. Dirk-H. Stechmann in diesem Heft gibt ein Resümee darüber.

Alle diese Aktivitäten sollten durch ein stets wiederzuerkennendes Plakat begleitet werden. Der bekannte Rostocker Künstler Feliks Büttner konnte hierfür gewonnen werden. Er gestaltete das auf der gegenüberliegenden Seite dargestellte Plakat und interpretierte es folgendermaßen: „Es stellt einen Fisch dar - der aus dem Wasser ragende Teil ist eine Hand - warnend, schützend aber auch als Sonne zu begreifen. Die Fingerenden in den Farben der fünf Erdteile weisen auf die internationale Verantwortung hin. Das Auge symbolisiert Wachsamkeit. Die gesamte Darstellung soll den Ernst der Lage und des Zustandes der Ozeane aufzeigen, aber Hoffnung vermitteln. Das wird durch eine fröhliche Formulierung und Farbigkeit deutlich.“

Bei einer Beratung im Museumsbeirat zu möglichen Aktivitäten im IYO wurde von dem Ehrenmitglied Herrn Professor Dr. Gotthilf Hempel die Idee zu einem Symposium mit dem Thema „Die Zukunft des Weltmeeres“ geboren. Die Vorträge sollten später in unserer hauseigenen Publikationsreihe „MEER UND MUSEUM“ veröffentlicht werden. Herr Professor Hempel unterstützte uns auch bei der Suche nach geeigneten Vortragsthemen und Referenten. Hierfür gilt ihm unser aufrichtiger Dank. Die Schirmherrschaft für die Veranstaltung übernahm die damalige Bundesumweltministerin, Frau Dr. Angela Merkel, die damit die Bedeutung des Themas deutlich unterstrich. Ihre mahnende Einführungsrede zum Schutz der Weltmeere ist in diesem Heft abgedruckt.

Die umfangreichen Veranstaltungen und Aktivitäten zum IYO sowie die Publikation dieses Bandes waren jedoch erst durch eine Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, möglich. Hierfür sind wir sehr dankbar. Wir hoffen, daß allen Beteiligten eine gehaltvolle Publikation gelungen ist, die einen weiteren Beitrag zur Stärkung des Meeresbewußtseins in der Öffentlichkeit und bei Entscheidungsträgern liefert, mit dem Ziel, die Ozeane, das „gemeinsame Erbe der Menschheit“ zu schützen und zu bewahren.

Dr. Harald Benke
Direktor des Deutschen Meeresmuseums
Stralsund

Geleitwort

Das Jahr 1998 wurde von den Vereinten Nationen zum „Internationalen Jahr des Ozeans“ erklärt. In Deutschland fand das anfangs wenig Widerhall. Aber das Deutsche Meeresmuseum in Stralsund erkannte frühzeitig, daß das „Internationale Jahr des Ozeans“ dem gleichen Zweck dienen sollte wie das Museum selbst: die Bevölkerung hinzuweisen auf das Meer in seiner Bedeutung für das Wohlergehen der Menschheit, seine Reichtümer, seine Schrecken und seine Schutzbedürftigkeit. Auch die völkerverbindende Kraft der Seefahrt und der Meeresforschung sollte deutlich werden. So wie das Museum 1997 das „Jahr des Riffs“ mit einer Ausstellung, Vorträgen und einem schönen Sammelband (MEER UND MUSEUM, 14/1998: „Korallenriffe - bedrohte Wildnis tropischer Meere“) in den Mittelpunkt stellte, entstand für 1998 der Plan für ein Symposium, in dem der Umgang des Menschen mit dem Ozean von verschiedenen Seiten betrachtet werden sollte.

Die im folgenden abgedruckten Vorträge des Symposiums zeigen, daß das Meer heute keine von allen frei zu nutzende Almende mehr ist (Wolfrum), daß Seeverkehr und maritime Industrie weltweit wachsen (Ehlers) und daß wir behutsam mit seinen lebenden Naturschätzen umgehen müssen (Hubold). Die Bedeutung des Meeres als Motor des Klimas wird immer deutlicher (Augstein). Ohne internationale Partnerschaft sind Meeresforschung und Meeresnutzung auf die Dauer nicht möglich (Hempel).

Wir lernen das Meer als große Abfallschüssel kennen (Schneider), in die wir unabsichtlich oder gewollt viel von unseren Schad- und Düngestoffen, Abfällen und Wohlstandsmüll abladen. Wir lesen von den Küstenzonen als dem goldenen, leider ziemlich ramponierten Rand dieser Schüssel (Colijn et al.) und von seiner Nutzung und Pflege. Schließlich werden uns die Korallenriffe als auffälligste Schatzkammer mariner Artenvielfalt vorgestellt (Klausewitz), wir erfahren etwas über die Einflüsse des Menschen auf die Biodiversität des Schwarzen Meeres (Vasiliu), und die Haie als gefährdete Meeresraubtiere werden uns ans Herz gelegt (Stehmann).

Mit diesem Vortragsprogramm wurden die friedlichen Beziehungen des Menschen zum Meer umrissen. Das Meer als Kriegsschauplatz und als Glacis der Landesverteidigung: dieser Aspekt wurde im „Jahr des Ozeans“ bewußt ausgeklammert.

Das Deutsche Meeresmuseum hat mit diesem Symposiumsband seinem Namen und überregionalen Auftrag alle Ehre gemacht.

Professor Dr. Gotthilf Hempel
Direktor des Zentrums für Marine Tropenökologie
Bremen



Präsidium der Vortragsveranstaltung des Deutschen Meeresmuseums „Die Zukunft des Weltmeeres“, vom 16. - 18. April 1998, anlässlich des „International Year of the Ocean“ im Plenarsaal des Stralsunder Rathauses (von l. nach r.: Museumsdirektor Dr. Harald Benke, Oberbürgermeister Harald Lastovka, Bundesumweltministerin Dr. Angela Merkel, Prof. Dr. Ernst-Albert Arndt, Rostock, Prof. Dr. Gotthilf Hempel, Bremen, und Dr. Peter Ehlers, Hamburg).

Das Jahr 1998 als „Internationales Jahr des Ozeans“

Begrüßungsansprache von Frau Dr. Angela Merkel am 17. April 1998 in ihrer Funktion als Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit der Bundesrepublik Deutschland

Einer ursprünglichen Anregung der Internationalen ozeanographischen Kommission - einem Organ der Bildungs-, Wissenschafts- und Kulturorganisation der Vereinten Nationen - folgend, hat die UN-Vollversammlung im Dezember 1994 das Jahr 1998 zum „Internationalen Jahr des Ozeans“ ausgerufen. Mit der Ausrufung eines thematischen Jahres durch die Vereinten Nationen soll weltweit etwas bewegt und in den Blickpunkt gerückt werden: 1997 waren es die Probleme von Korallenriffen, 1998 sind es die Ozeane insgesamt. Die Aufmerksamkeit von Regierungen und Weltöffentlichkeit soll auf die Bedeutung der Ozeane und ihrer Funktion für die Menschheit gelenkt werden. Auch wenn die Meere uns unendlich erscheinen, bedürfen sie unseres Schutzes, und es gilt, alles in unserer Kraft Stehende zu tun, um dieses gemeinsame Erbe der Menschheit unseren Nachfahren gesund zu bewahren.

Unsere Wahrnehmung der Weltmeere

Mit dem Stichwort Meere und Ozeane verbinden viele Menschen zunächst Gedanken an Urlaub, das Rauschen der Brandung, einen salzigen Geschmack auf der Zunge, die Gezeiten an der Nordsee, oder auch eine Tüte zu pulender Krabben.

Mit ein bißchen Glück wüßten wir vielleicht auch zu sagen, daß

- die Weltmeere rund 71% der Erdoberfläche bedecken, rund 96,5% der gesamten Wassermenge der Erde enthalten, und
- der dominante Lebensraum unserer Erde sind, den sie zum „blauen Planeten“ machen.

Funktionen der Weltmeere

Was haben wir nun aber von den Meeren? Welche Funktionen erfüllen sie für unsere Erde?

Weltklima und Wasserkreislauf: Da wären zunächst einmal die Funktionen der Meere im globalen Klimageschehen. Atmosphäre, belebte Umwelt, Boden, Gewässer und Eisregionen, sie alle wirken in einem gekoppelten Klimasystem zusammen. Angetrieben von der Sonne und mit dem Ozean als hauptsächlichem Wasserspender (87,5%) ermöglicht dieses System einen globalen Wasserkreislauf, der unsere Versorgung mit Süßwasser dadurch gewährleistet, daß der Niederschlag aus Verdunstung über den Kontinenten überwiegt. Der verbleibende Überschuß gelangt über die Fließgewässer zurück ins Meer.

Wasser hat die höchste spezifische Wärme, weshalb es sich nur langsam erwärmt, die gespeicherte Wärmeenergie aber auch entsprechend langsam wieder abgibt. Dies läßt die Meere zu einem Wärmespeicher und zu einem ausgleichenden Klimafaktor werden. Änderungen im globalen Wärmehaushalt wirken sich damit auf die atmosphärische und die ozeanische Zirkulation aus. Sie haben Konsequenzen für den globalen Wasserkreislauf sowie das Niederschlagsaufkommen und seine Verteilung über den Kontinenten. Änderungen in der ozeanischen Wärmeverteilung haben aber auch Auswirkungen auf die Verteilung und Nutzung der lebenden Ressourcen der Weltmeere.

Die lebenden Ressourcen: Alle pflanzliche Primärproduktion des Meeres basiert auf der Photosynthese, wobei aus Kohlendioxid und Wasser Zucker und Sauerstoff entstehen. Sie trägt dazu bei, das Treibhausgas Kohlendioxid abzubauen und sorgt dafür, daß das Wasser mit Sauerstoff angereichert wird. Ein Großteil der vom Menschen verursachten Kohlendioxid-Emissionen wird vom Ozean über die sogenannte „biologische Pumpe“ aufgenommen. Kohlendioxid wird aus der Atmosphäre in die obersten Wasserschichten eingetragen, wo es durch Phytoplankton festgelegt wird. Stirbt das Phytoplankton und sinkt in größere Meerestiefen ab, wird auf diese Weise den obersten Wasserschichten Kohlendioxid entzogen. Die pflanzliche Produktion des Meeres wird auf 20 bis 25 Milliarden Tonnen Kohlenstoff pro Jahr geschätzt, was der Primärproduktion an Land vergleichbar ist. Von einer Primärproduktion des Meeres in dieser Höhe ausgehend, wurde auf einen theoretisch möglichen, weltweiten, jährlichen Fischereiertrag von rund 100 Millionen Tonnen geschlossen.

Bedeutung der Meere für den Menschen: Das Meer ist gleichzeitig Lebensraum des Menschen, auch wenn es aufgrund seiner Urgewalten eher feindlich erscheint. Menschliche Siedlungen säumen die Küsten, und das Meer dient - mitunter in gegenseitiger Konkurrenz solcher Nutzungen - als Nahrungs- und Energiequelle, als Verkehrs-, Wirtschafts- und Erholungsraum. Das Meer ist vor Jahrtausenden der Ursprungsort des Erdöls gewesen, das wir uns heute zunutze machen, und es ist ein Speicher von mineralischen Ressourcen. Notfalls machen wir aus Meerwasser

auch Süßwasser. Nicht zuletzt aber benutzen wir das Meer bewußt oder unbewußt, direkt oder indirekt als Abfalldeponie.

Auf dem Weg zu einer „nachhaltigen“ Nutzung der Meere

Die Meere als Erbe der Menschheit werden gegenwärtig sicherlich nicht auf eine Weise genutzt, die man als nachhaltig und ressourcenschonend bezeichnen könnte. In diesem Zusammenhang gilt es zunächst zu erkennen:

Bis weit in dieses Jahrhundert hinein ist man davon ausgegangen, daß das Meer so unendlich groß ist, daß, was immer man hineingeben oder herausholen mag, es das schon überleben wird. Das Meer wird uns und unsere Eingriffe auf die eine oder andere Art auch „überleben“. Die Frage ist nur, welche Konsequenzen für die Menschheit sich dabei auf lange Sicht ergeben.

Pferdediebstahl und Brunnenvergiftung sind seit alters her Vergehen, die drastische Sanktionen nach sich ziehen. Auf die Ozeane übertragen, reden wir hier von einem Konfliktpotential, das mit der Überbeanspruchung der Ressourcen einerseits und mit der Verschmutzung der Ozeane andererseits einhergeht. Die diplomatischen und auch handfesten Verwicklungen des „Heilbuttkrieges“ zwischen der EG und Kanada sind uns noch im Gedächtnis, und die Verschmutzung der Ozeane findet mit unserem eigenen Dazutun tagtäglich an unseren Küsten statt.

Internationale Übereinkommen

Die Geschichte des Meeresumweltschutzes beginnt erst Mitte unseres Jahrhunderts. Auslöser waren die Konfliktpotentiale, die mit der Überbeanspruchung der Ressourcen verbunden waren. Nach dem Zweiten Weltkrieg sind eine Reihe weltweiter Übereinkommen geschlossen worden, deren Ziel es unter anderem ist, Konfliktpotentiale nicht aufkommen zu lassen. Dazu zählen Übereinkommen zum Walfang (1946) und zur Fischerei (1958), diverse Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Öl (1954, 1973) und durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen (1972). Ergänzt wurden diese weltweiten Übereinkommen durch regionale Abkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung des Nordostatlantiks (einschließlich der Nordsee) wie auch der Ostsee.

Nach langen Jahren der Verhandlung wurde 1982 das Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen verabschiedet. In einem umfassenden Ansatz sucht es für die Weltmeere alles zu regeln, was Konfliktpotentiale beinhalten könnte. Gleichzeitig bietet es die Plattform für die Kooperation in allen wesentlichen, die Weltmeere betreffenden Fragen.

Trotz dieser und einer Vielzahl anderer internationaler Übereinkommen, hat die Belastung der Weltmeere zugenommen. Die Philosophie vieler dieser Übereinkommen war nur auf die Verhütung der Verschmutzung der Meeresumwelt ausgerichtet, was vom Ansatz her nicht weit genug geht.

Mit der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung wurden 1992 neue politische Eckwerte vorgegeben. Diese umfaßten im Rahmen der Agenda 21 unter anderem das Ziel einer globalen, ressourcenschonenden, „nachhaltigen“ Entwicklung und daneben den von der 2. Nordseeschutz-Konferenz bereits 1987 vorgedachten und eingeführten Vorsorgeansatz. Beide haben in der Überarbeitung bzw. Erstellung regionaler wie globaler Vereinbarungen und Übereinkommen bereits heute ihren Niederschlag gefunden. Gleichzeitig wurde mit dem Übereinkommen über die Biologische Vielfalt der Bedrohung von Arten und Lebensräumen durch den Menschen Rechnung getragen, was sich im gleichen Jahr auf die Neufassung der regionalen Übereinkommen für den Nordostatlantik und die Ostsee auswirkte.

Unser Wissen und seine Lücken

Wenn es unser Ziel ist, mit unserer Meeresumwelt nachhaltig umzugehen, benötigen wir ausreichende Informationen und die Möglichkeiten und Fähigkeiten, diese auch zu interpretieren. Wir wissen vieles über die Weltmeere, letztlich aber noch nicht genug. Die Mehrzahl unserer Daten dürfte zudem nach wie vor aus den Küstenbereichen stammen und selbst dort einer ungleichen Verteilung unterliegen. So können wir bislang nur etwas über den Qualitätszustand eher kleinräumiger Meeresgebiete, wie der Ostsee und der Nordsee, sagen. Bis zum Jahre 2000 will aber die OSPAR-Kommission mit dem Qualitätszustandsbericht über den Nordostatlantik zumindest einmal eine Aussage über ein Viertel eines Ozeans wagen. Bis zu einer halbwegs verlässlichen Aussage über das Weltmeer insgesamt ist es noch ein großer Schritt, gibt es noch viele Wissenslücken zu füllen und gewonnene Erkenntnisse sinnvoll zu vernetzen. Mit solchen Aufgaben wachsen jedoch auch unsere Anstrengungen. Nach den Erkenntnissen aus dem 2. Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ist ohne Gegenmaßnahmen bis 2100 mit einem Temperaturanstieg von 1 bis 3,5 °C zu rechnen. Damit verbunden ist ein Anstieg des Meeresspiegels von 15 bis 95 cm. Infolgedessen dürften u. a. die biologische Produktivität sowie die Struktur und die Funktionen von Meeresökosystemen beeinträchtigt werden und damit Auswirkungen auf Küstengebiete, Fischerei und Tourismus verbunden sein.

Die Meere als Stoffsenke

Früher oder später enden alle natürlichen und anthropogenen Stoffströme im Meer. Dafür sorgt entweder der Mensch oder der globale Wasserkreislauf. Stoffe gelangen direkt ins Meer als Folgen von Einleitungen vom Land aus, durch Schiffe oder aber durch das Verbrennen oder Einbringen von Abfällen auf See. Der zweitschnellste Eintragungsweg ist der Transport über die Atmosphäre. Was Verkehr und Industrien an beständigen (Schad-) Stoffen in die Atmosphäre entlassen, wird auf dem Festland oder im Meer naß oder trocken deponiert. Manche Stoffe lassen sich selbst in so entfernten Gegenden wie den Polarregionen wiederfinden. Was an beständigen (Schad-) Stoffen aus der Atmosphäre auf unsere Böden oder in die Binnengewässer gelangt, oder was auf die Böden aufgebracht oder in die Binnengewässer eingeleitet wird, gelangt

irgendwann mit dem Grundwasser oder über die Fließgewässer ins Meer. Besonders problematisch sind Stoffe, die hormonähnliche Wirkungen entfalten und bereits in sehr geringen, kaum zu erfassenden Konzentrationen wirksam werden. Sie können, wie das Beispiel der zinnorganischen Verbindungen in Antifouling-Anstrichen zeigt, z. B. ganze Populationen von Muscheln und Schnecken beeinflussen. Werden die (Schad-) Stoffe im Meer in Sedimenten abgelagert, sind sie vorübergehend aus dem Verkehr gezogen. Aber auch aus Sedimenten können (Schad-) Stoffe wieder freigesetzt und somit wieder biologisch verfügbar werden. Wenn wir eines nicht wollen, dann sind es biologisch verfügbare Schadstoffe im Meer, die sich auf einzelne Arten oder die biologische Vielfalt und über die Nahrungskette gar bis hin zum Menschen auswirken können.

Mit der Übereinkunft der 4. Internationalen Nordseeschutz-Konferenz (§ 17 der Esbjerg-Deklaration) haben wir uns ein hohes Ziel gesteckt. Wir wollen innerhalb einer Generation die Einleitung industriell hergestellter, synthetischer, gefährlicher Stoffe weitestgehend unterbinden. Diese Zielsetzung wird im Rahmen der zuständigen Kommissionen derzeit für die Ostsee und den Nordostatlantik übernommen. Vor einigen Jahren bereits wurden sowohl für die Nordsee als auch für die Ostsee Reduzierungsprogramme mit dem Ziel aufgelegt, bezogen auf das Jahr 1985, die Einträge gefährlicher Stoffe und Nährstoffe bis zum Jahre 1995 um 50% zu senken. Für einzelne Stoffe wie Cadmium, Quecksilber, Blei und Dioxine wurde ein Reduktionsziel von 70% vereinbart. In vielen Fällen wurden diese Ziele erreicht, es gibt aber auch Bereiche, wo noch Defizite abzarbeiten sind. Erfreulich ist, daß als Ergebnisse dieser Reduzierungsmaßnahmen sich teilweise bereits niedrigere Konzentrationen in unseren „Hausmeeren“ Nord- und Ostsee nachweisen lassen.

Zum Schutz der Weltmeere wurde 1995 in Washington das Globale Aktionsprogramm zur Verhütung vom Lande ausgehender Meeresverschmutzung mit weltweiten Anforderungen in empfehlender Form verabschiedet. Die Neufassung des Übereinkommens über die Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen und vergleichbare Bestimmungen im Rahmen unserer regionalen Übereinkommen haben zudem die Einbringung und Verbrennung schadstoffhaltiger Industrieabfälle weltweit geächtet. Mit der Verabschiedung solcher Übereinkommen ist es aber nicht getan. Sie müssen durch die Ratifizierung der erforderlichen Anzahl von Staaten völkerrechtlich wirksam und durch aktive Mitarbeit in den geschaffenen Gremien mit Leben erfüllt werden. So geht z. B. auf der Basis der genannten Übereinkommen unser Bemühen weiter, die Entsorgung ganzer Schiffe oder Offshore-Anlagen durch Versenkung im Meer verbieten zu lassen. Hinsichtlich ölhaltiger Einleitungen aus dem Schiffsverkehr konnte ein Durchbruch erzielt werden. Wie die Ostsee unterliegen mit Wirkung von Anfang 1999 auch die „Nordwesteuropäischen Gewässer“, die die Nordsee mit einschließen, einem verschärften Sondergebietsstatus gemäß der Anlage 1 (Öl) des MARPOL-Übereinkom-

mens. Gleichzeitig arbeiten wir derzeit an einer EG-Richtlinie hinsichtlich der Entsorgung von betriebsbedingten Rückständen von Seeschiffen in den Häfen und der damit verbundenen Finanzierungsfragen. Ziel dieser Regelung ist es, einerseits das illegale Einbringen von Schiffsabfällen, insbesondere Öl, auf See zu stoppen und andererseits hinsichtlich der Zuordnung der Entsorgungskosten sicherzustellen, daß es dadurch zu keiner Wettbewerbsverzerrung der Häfen untereinander kommt.

Das Meer als Nahrungsquelle

Das Meer ist für viele Menschen eine der wichtigsten Eiweißquellen. Wie erwähnt, wird das jährliche Entnahmepotential für die Fischerei auf weltweit 100 Millionen Tonnen geschätzt. Seit der Fortführung der Fischereistatistiken nach dem Zweiten Weltkrieg ist der jährliche Fischereiertrag kontinuierlich von 20 Millionen Tonnen Ende der vierziger Jahre auf 110 Millionen Tonnen im Jahre 1995 angestiegen. Heute befinden sich die Weltfischbestände in einem besorgniserregenden Zustand. Neben Überkapazitäten der Fangflotten und der Modernisierung der Schiffe sind die Verbesserung der Navigation sowie bessere Netze, Fangtechniken und Kühlkapazitäten ursächlich.

Kein Landwirt käme auf die Idee, seinen Acker siebenmal im Jahr umzupflügen. Wenn man Seezungen fangen will, scheint das in der südlichen Nordsee aber üblich zu sein. Dynamit- und Gifffischerei in Korallenriffen haben dazu beigetragen, rund 10% dieses speziellen Lebensraumes zu zerstören. Was das Wattenmeer für die Nordsee, sind in wärmeren Regionen die Mangroven, Kinderstuben für den Fischnachwuchs. Weltweit sind aber bereits die Hälfte der Mangroven (d. h. ~120.000 km²) zerstört worden.

Zur dauerhaften Sicherung der Fischereierträge bedarf es somit neben der weiteren Reduzierung der Umweltverschmutzung der

- dauerhaften Verringerung der Fangflotten,
- bestandserhaltenden, vorsorgenden und damit nachhaltigen Bewirtschaftung der Fischbestände bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Ökosysteme, in denen diese Fischbestände leben,
- Festsetzung von Gesamtfangmengen auf der Grundlage wissenschaftlich, gesicherter Erkenntnisse sowie Einhaltung dieser Mengen,
- Verbesserung technischer Erhaltungsmaßnahmen, insbesondere der Steigerung der Selektivität der Netze, um den Fischnachwuchs zu schonen und den unerwünschten Beifang anderer Meerestiere (z. B. Schweinswale) zu vermeiden,
- Einschränkung der Industriefischerei bis hin zu ihrem Verbot, wo sie ökologisch schädlich ist,

- Verschärfung der Kontrollen, um die Einhaltung solcher Regelungen sicherzustellen.

Diese Forderungen sollten wir nicht zuerst auf Fischer in Asien projizieren, sondern Schritt für Schritt in einer „ökologischen“ Reform der gemeinsamen Fischereipolitik der EU mit Vorbildfunktion hier bei uns zur Geltung bringen.

Küstenzonenmanagement

67% der Weltbevölkerung leben im Küstenbereich. An den Küsten von Ost- und Nordsee haben wir einmalige Landschaften und Ökosysteme, die geschützt werden müssen und als Lebens- und Wirtschaftsraum dienen sollen. Auch wenn das wie die Quadratur des Kreises klingt und bei den Betroffenen mitunter zu heftigen Protesten führt, lassen sich die divergierenden Interessen mit etwas gutem Willen doch auf einen Nenner bringen. So hatten wir im vergangenen Oktober die 8. Trilaterale Regierungskonferenz zum Schutz des Wattenmeeres, bei der wir zusammen mit unseren dänischen und niederländischen Nachbarn in der Form des Trilateralen Wattenmeerplans einen ersten Schritt zur Umsetzung einer integrierten Schutz- und Nutzungskonzeption für diese weltweit einmalige Küstenzone gemacht haben. Wir wollen damit den Menschen, ihren Bedürfnissen und ihren Kulturen gerecht werden, aber auch der Natur des Küstenraumes und der anschließenden See mit ihren ureigensten Arten und Lebensräumen bis hin zu den Sommer- und Wintergästen der Vogelwelt aus so weit entlegenen Regionen wie Afrika und Sibirien. Auf der Grundlage dieses Wattenmeerplans gilt es Erfahrungen zu sammeln, um diese Schutz- und Nutzungskonzeption weiter zu entwickeln.

Das Weltmeer spannt einen weiten geographischen Bogen, dem sie mit den folgenden Beiträgen einen ebenso weiten thematischen Bogen widmen. Wir haben festgestellt, daß das Weltmeer riesig, für uns Menschen aber wiederum nicht riesig genug ist. Weder an den Küsten noch im Binnenland können wir dem Meer gegenüber indifferent sein. Wir müssen uns vor ihm schützen, aber wir müssen auch das Meer vor uns schützen. Es gilt, das Meer als Erbe der Menschheit weise und auf umweltgerechte Art zu nutzen. Auch unsere Enkel sollen noch, ohne um ihre Gesundheit fürchten oder Fisch als unerschwinglichen Luxus ansehen zu müssen, Fische aus dem Meer genießen und sich am und im Meer erholen können. Ich freue mich auf die nachfolgenden Vorträge und Diskussionen und wünsche allen einen anregenden Gedankenaustausch.

Die Ozeane im globalen Klimasystem

E. Augstein

Einleitung

Forschungsergebnisse der letzten 50 Jahre belegen zweifelsfrei, daß die Ozeane durch interne physikalische, chemische und biologische Prozesse und durch ständigen Energie-, Impuls- und Stoffaustausch (Abb. 1) mit der Atmosphäre Variationen der Umweltbedingungen in der Umgebung der Erdoberfläche in einem breiten Periodenbereich hervorrufen oder zumindest mit gestalten. Dabei bleiben kurzfristige (Stunden bis Tage) Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre auf die oberflächennahe Wasserschicht (Deckschicht) begrenzt, während längere Ereignisse, wie der El Niño / La Niña-Zyklus (im Bereich von Jahren) in tiefere Schichten (1.000 m) hineinreichen und langperiodische Klimasignale (10 - 100 Jahre) die gesamte Wassersäule bis zum Meeresboden erfassen können.

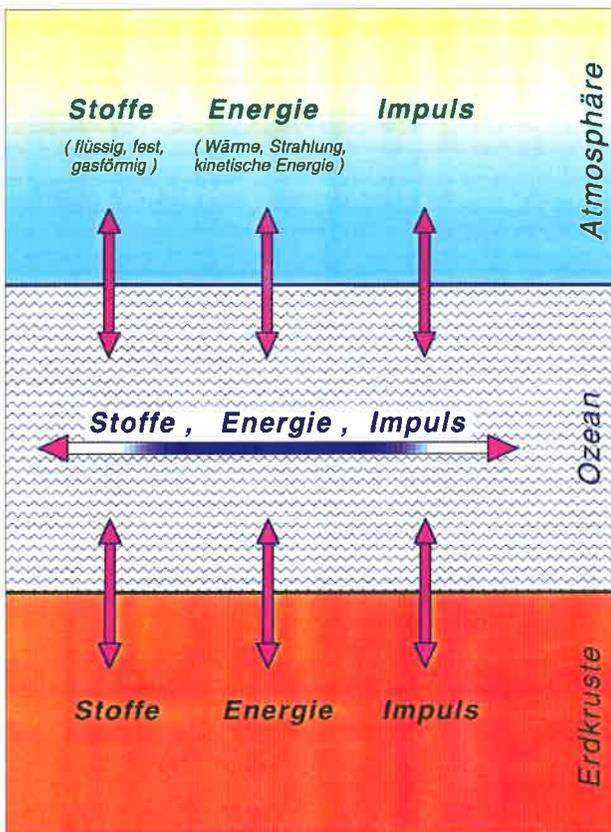


Abb. 1: Schema der Wechselwirkungen des Ozeans mit der Atmosphäre und dem Untergrund.

Die enge unmittelbare thermische Kopplung zwischen der Luft und dem Wasser, die auch das Küstenklima prägt, verdeutlicht der gleichartige zeitliche Verlauf der global gemittelten Wasseroberflächentemperatur und oberflächennahen maritimen Lufttemperatur in niedriger Höhe (Folland et al., 1984) auf der Abb. 2. Während sich Störsignale in der Atmosphäre relativ

schnell (Tage bis Wochen) ausbreiten, reagiert der tiefe Ozean äußerst träge (Jahre bis Jahrhunderte) sowohl auf extern als auch intern angeregte Vorgänge.

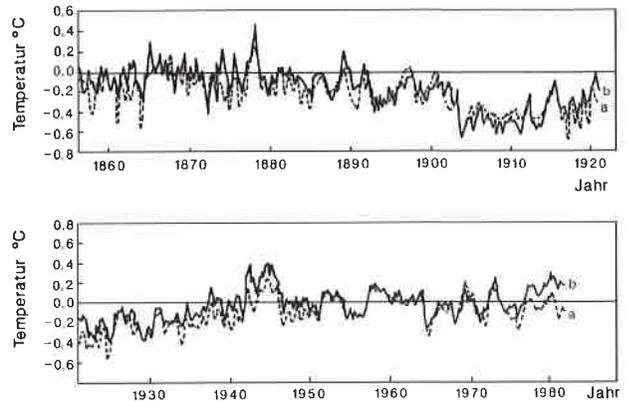
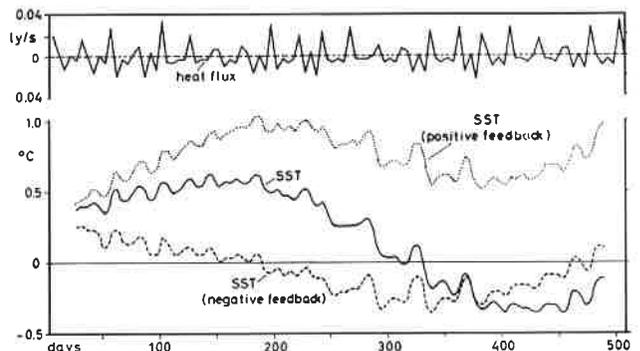


Abb. 2: Zeitreihen der globalen Meeresoberflächentemperatur (gestrichelt) und der oberflächennahen Lufttemperatur (ausgezogen). Nach Folland et al., 1984.

So erzeugt z. B. ein weißes Spektrum atmosphärischer Wärmeflüsse an der Meeresoberfläche, selbst in der noch verhältnismäßig reaktionsschnellen ozeanischen Deckschicht, die in der Abb. 3 gezeigten langperiodischen Temperaturschwankungen (Hasselmann, 1977).

Neben linearen Effekten, die auf der unterschiedlichen Trägheit der physikalischen Hauptkomponenten Luft, Wasser und Landeis beruhen, erschwert vor allem die Nichtlinearität wesentlicher Prozesse innerhalb und der Austauschvorgänge zwischen den beteiligten Me-

Abb. 3: Variationen des vertikalen Wärmeflusses in der oberflächennahen Atmosphäre in $\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (obere Kurve) und die aus dieser Anregung resultierende Schwankung der Meeresoberflächentemperatur (SST) ohne (ausgezogen), mit positiver (punktierter) und mit negativer (gestrichelter) Rückkopplung auf die Atmosphäre. Nach Hasselmann, 1977.



dien die Behandlung des Klimasystems mit Hilfe numerischer Modelle. Dennoch liefern Studien mit relativ einfachen mathematischen Konzepten und anhand grober Analysen von Beobachtungsdaten vielfach aufschlußreiche Einblicke in globale Klimaabläufe

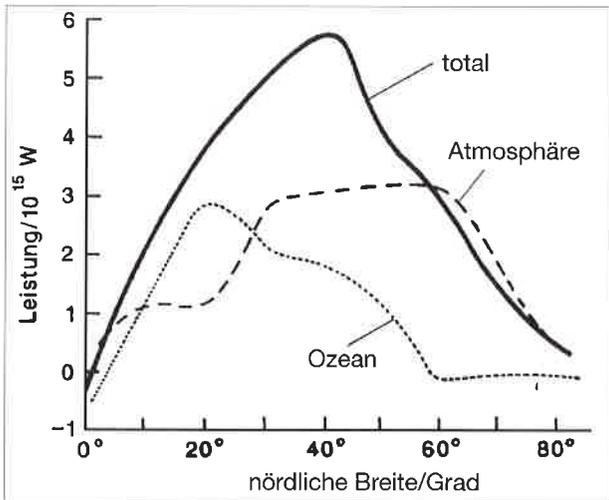


Abb. 4: Der mittlere meridionale Wärmetransport auf der Nordhalbkugel im Ozean (punktiert), in der Atmosphäre (gestrichelt) und insgesamt (ausgezogen). Nach Oort & Van der Haar, 1976.

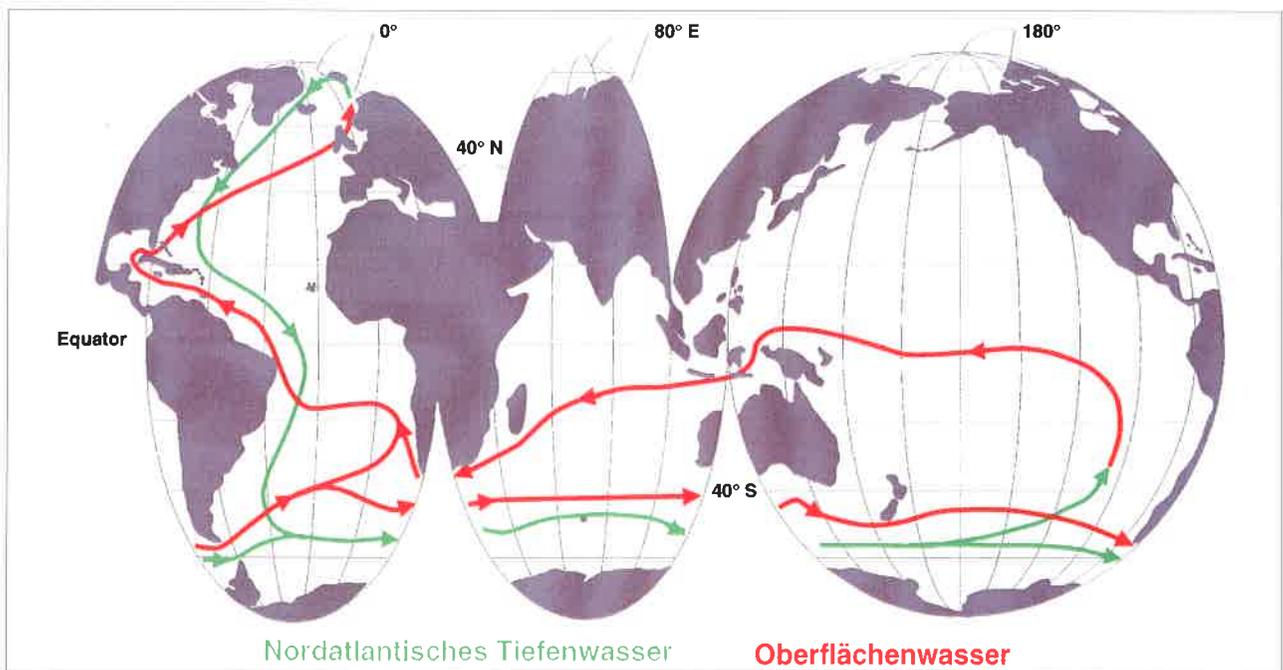
(Ganopolski et al., 1998). Realitätsnahe Diagnosen und insbesondere Prognosen der Klimaentwicklung bedürfen aber detaillierter, hochauflösender gekoppelter Ozean-Atmosphäre-Biosphärenmodelle mit sachgerechter Darstellung der einflußreichen kurzperiodischen und kleinräumigen Prozesse, die nicht explizit behandelt werden können. Deshalb müssen einerseits die Komplexität und räumliche Auflösung der

Rechenmodelle noch merklich erhöht und andererseits zweckgerichtete Meßprogramme durchgeführt werden, um die kleinskaligen Prozesse hinreichend genau formulieren (parameterisieren) und die Güte der Modellresultate zuverlässig abschätzen zu können. Sowohl die Verbesserung der Modelle als auch die detaillierte Beobachtung der natürlichen Vorgänge sind Kernziele der gerade abgeschlossenen aufwendigen Forschungsunternehmungen „Tropical Ocean - Global Atmosphere (TOGA)“ und „World Ocean Circulation Experiment (WOCE)“ sowie der laufenden „Arctic Climate System Study (ACSYS)“, die alle im Rahmen des „World Climate Research Programme (WCRP)“ initiiert wurden. Die heute bereits vorliegenden Ergebnisse dieser Untersuchungen weisen - im Gegensatz zu früheren Annahmen - auf eine hohe Variabilität des Ozeans hin, deren Einzelheiten allerdings noch zu erforschen sind.

Die großräumige Ozeanzirkulation

Der thermohaline Zustand und die Strömungen der Ozeane werden in erster Linie durch den Austausch von Impuls, Energie und Stoffen zwischen dem Wasser und der Luft geprägt. Unter den derzeitigen Gegebenheiten verzeichnen sowohl die Atmosphäre als auch die Ozeane im Jahresmittel in den niederen Breiten einen Wärmeüberschuß und in den höheren und polaren Breiten ein Wärmedefizit. Trotz dieses Ungleichgewichts werden die vorherrschenden regionalen Klimabedingungen durch polwärtige meridionale Wärmetransporte im Mittel aufrechterhalten. An letzteren sind die ozeanische und die atmosphärische Zirkulation etwa gleichrangig beteiligt (Abb. 4). Das ozeanische Bewegungsfeld wird durch die Oberflächenschubspannung des Windes direkt und über horizontale Dichtegradienten indirekt von der Atmos-

Abb. 5: Schema der stark gemittelten ozeanischen Massenumlagerungen durch die Oberflächen- und Tiefenzirkulation.



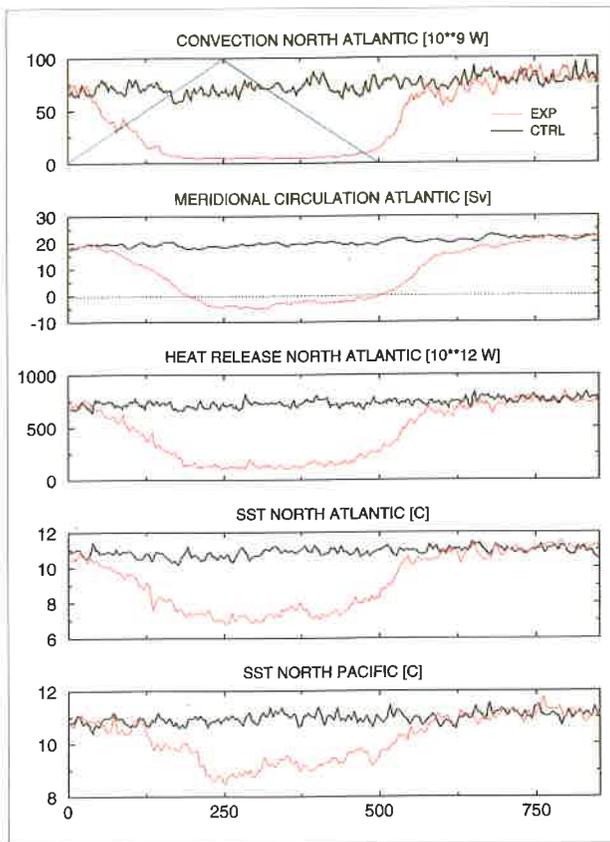
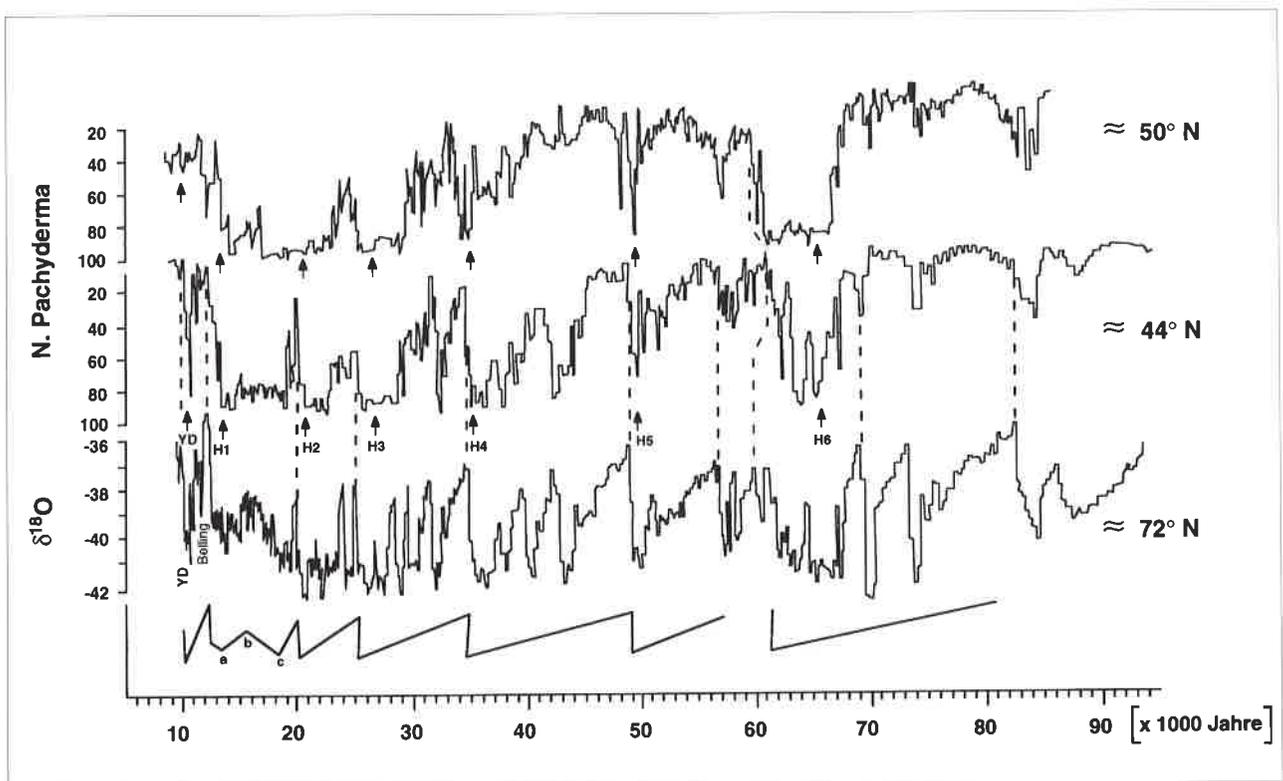


Abb. 6: Numerische Simulation einer aufgeprägten Änderung des Süßwassereintrags (grün) in den Nordatlantik mit einem gekoppelten Ozean-Atmosphärenmodell und die daraus resultierende Konvektion (obere Leiste), meridionale Zirkulation (2. Leiste von oben), Wärmeabgabe im Nordatlantik (mittl. Leiste) und Wasseroberflächentemperaturen im Nordatlantik (2. Leiste von unten) und Nordpazifik (untere Leiste). Schwarze Kurven bei gleichbleibender, rote Kurven bei aufgeprägter Süßwasserzufuhr. Nach Schiller et al., 1997.

phäre angetrieben. Die regionalen Dichteunterschiede in den Ozeanen werden mittels der Oberflächenverdunstung, des Niederschlags, des Süßwassereintrags durch kontinentale Abflüsse, Meereisbildung und -schmelzen sowie infolge der Erwärmung oder Abkühlung der Wassersäule aufgrund des Wärmeaustauschs oder des Strahlungstransfers an der Meeresoberfläche im langzeitlichen Mittel aufrechterhal-

ten. Daraus ergeben sich für die heute herrschende Ozeanzirkulation in den oberen und mittleren Schichten des Weltmeeres (Abb. 5) aller Ozeanbecken auf der Südhemisphäre zonale Transportbänder und im Atlantik zusätzlich eine beide Polarbereiche verbindende meridionale Schleife. Die bodennahe Schicht der großen Meeresbecken füllt das Antarktische Bodenwasser aus, das überwiegend im Weddellmeer gebildet wird. Die Erneuerung des Nordatlantischen Tiefenwassers und damit die Aufrechterhaltung der lateralen Dichteunterschiede sowie der mit ihnen verknüpften Tiefenzirkulation ist auf ein relativ kleines Areal des Nordatlantik begrenzt, dem somit eine hervorgehobene Bedeutung im Klimasystem zukommt. Dieser schon vor Jahrzehnten (Stommel, 1958) erkannte Zusammenhang wurde durch numerische Modellexperimente (u. a. Maier-Reimer & Mikolajewicz,

Abb. 7: Klimaschwankungen zwischen 90.000 und 10.000 Jahren vor heute aus biologischen Ablagerungen in den Meeressedimenten bei 44°N und 50°N und aus $\delta^{18}\text{O}$ im grönländischen Eis bei 72°N. Mit H₁ bis H₆ sind die sog. Heinrich Ereignisse mit schnellen Temperaturanstiegen von 10 - 15 °C markiert. Nach Bond et al., 1993.



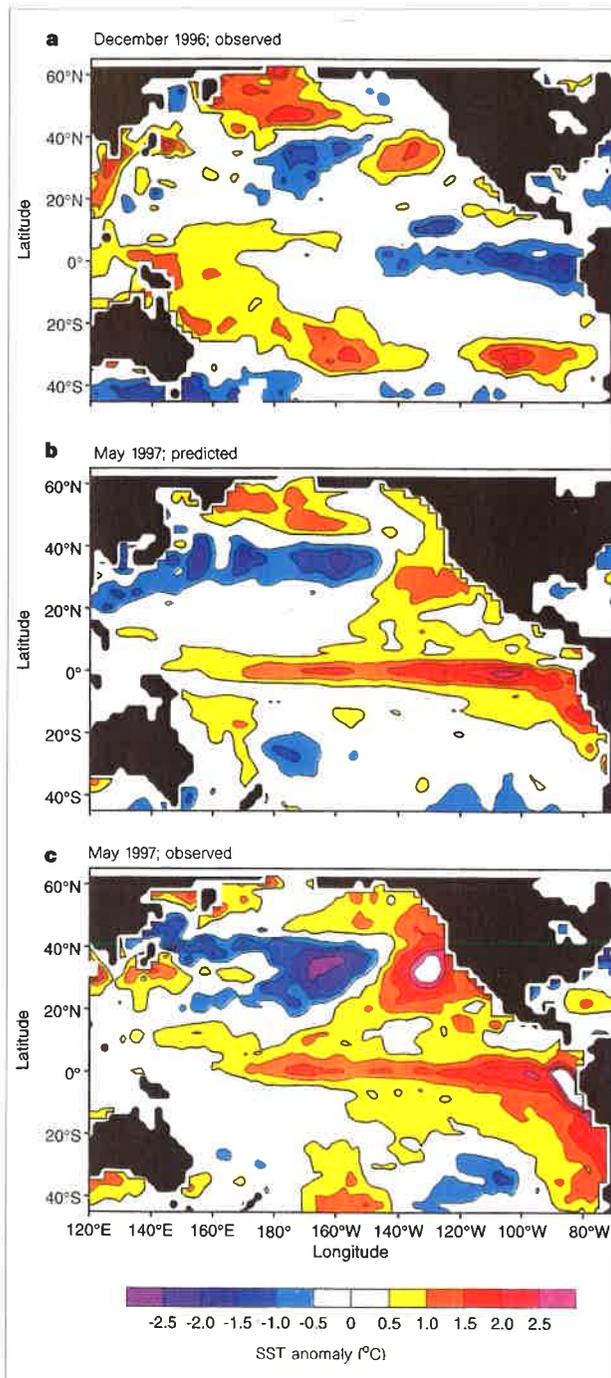


Abb. 8: Anomalien der Meeresoberflächentemperatur im Pazifik vor (oben, beobachtet) und während des El Niño-Ereignisses 1997 aus fünfmonatigen Vorhersagen (Mitte) und Messungen (unten) für den Mai 1997. Nach Stockdale et al., 1998.

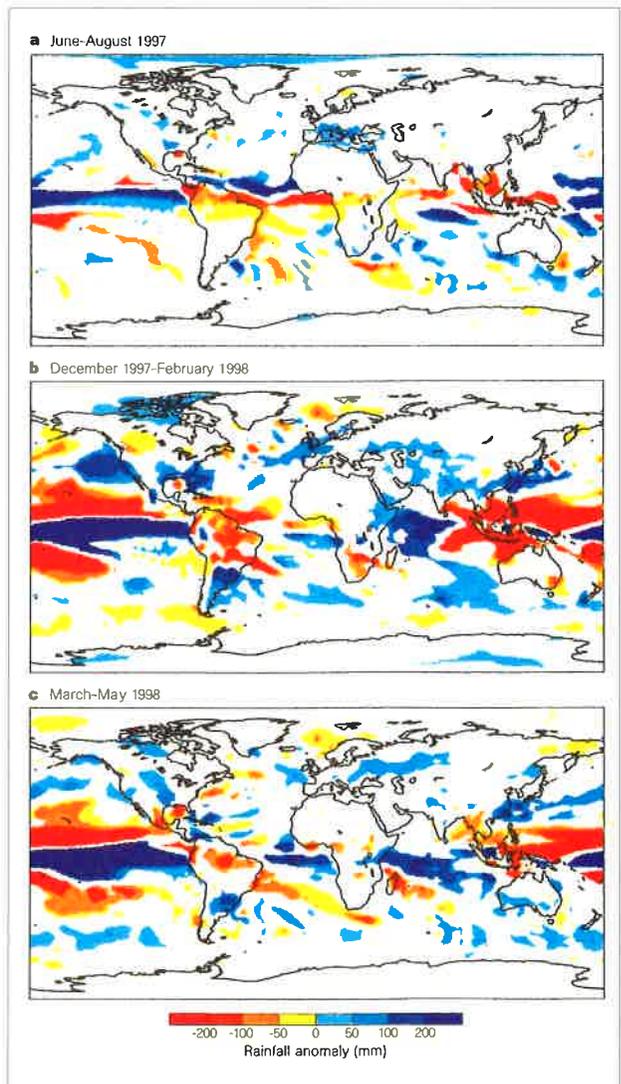
Abb. 9: Dreimonatige Vorhersagen der Niederschlagsanomalien mit statistischer Signifikanz >99% mit fortschreitender (von oben nach unten) Erwärmung der äquatorialen Meeresoberflächentemperatur während des El Niño 1997. Nach Stockdale et al., 1998.

1989; Marotzke, 1990; Rahmstorf, 1994; Schiller et al., 1997) in den letzten Jahren überzeugend bestätigt.

Vergangene und rezente Klimaänderungen

Szenarienrechnungen mit einer von den heutigen Werten abweichenden Süßwasserzufuhr in den Nordatlantik (Abb. 6) liefern markante Hinweise auf interne Störmechanismen des Klimasystems und auf die tragende Rolle der Ozeane bei daraus resultierenden natürlichen Klimaveränderungen (Abb. 7), wie sie offenbar in der Vergangenheit wiederholt aufgetreten sind.

Die auf der Abb. 7 reproduzierten, aus Meeressedimenten und Eisbohrkernen abgeleiteten Klimasignale lassen sich nur bedingt durch Einflüsse von außen, wie Schwankungen der solaren Strahlung oder Vulkanausbrüche, erklären. Selbst bei externer Initialisierung der Störungen sind zur Erzeugung der beobachteten großen Amplituden nichtlineare interne Verstärkungsprozesse erforderlich. Unter diesen verdienen - nach dem heutigen Kenntnisstand - die Austauschvorgänge an der Meeresoberfläche, biochemische Abläufe in der Wassersäule und am Meeresboden so-



wie dynamische und energetische Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Skalen des ozeanischen Bewegungsspektrums eine hohe Beachtung. Ein herausragendes Beispiel für eine derartige Wirkungsschleife bildet die El Niño-Southern Oscillation (ENSO), die im Rahmen des TOGA umfassend untersucht wurde (siehe u. a. McPhaden et al., 1998; Delecluse et al., 1998; Latif et al., 1998; Godfrey et al., 1998).

Zonale Fernwirkungen zwischen dem indischen Monsun und den ozeanisch-atmosphärischen Bedingungen über dem tropischen Pazifik wurden schon Anfang der dreißiger Jahre dieses Jahrhunderts entdeckt (Walker & Bliss, 1932) und durch den Southern Oscillation Index (SOI) charakterisiert. Später folgte der Nachweis einer engen Kopplung zwischen der Oberflächentemperatur des äquatorialen Pazifik und der atmosphärischen Zirkulation der niederen Breiten (Bjerknes, 1966). Weitere Studien erhärteten diese Befunde, so daß sich deren detaillierte Erforschung im Rahmen des WCRP als eines der ersten Ziele aufdrängte, das 1985 mit dem TOGA-Vorhaben in Angriff genommen wurde. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse bilden die Grundlage für eine Reihe von Rechnungen mit gekoppelten Ozean-Atmosphäremodellen. Unter diesen ermöglichen einige inzwischen zuverlässige Vorhersagen z. B. der Wasseroberflächentemperatur in den niederen und mittleren Breiten des Pazifik (Abb. 8) und sogar der globalen Niederschlagsverteilung (Abb. 9) für mehrere Monate im voraus (Stockdale et al., 1998). Diese Ergebnisse belegen eindrucksvoll, daß aufgrund der thermischen Kopplung zwischen dem relativ „trägen“ Ozean und der „schnellen“ Atmosphäre mittlere Zustände der Atmosphäre und des Ozeans weit über die deterministisch kontrollierte Zeitskala der Atmosphäre hinaus statistisch signifikant prognostiziert werden können.

Neben den markanten ENSO-Zyklen der niederen Breiten werden neuerdings auch in den mittleren und hohen Breiten im Ozean und in der Atmosphäre längerfristige Schwankungen z. B. der Wassertemperatur bzw. des Luftdruckgradienten beobachtet. So findet man aus Messungen im oberflächennahen Tiefenwasser des Weddellmeeres, der Grönlandsee (Abb. 10) und des subtropischen Nordatlantik (Abb. 11) einen teilweise schon über mehrere Dekaden anhaltenden Temperaturanstieg. Zur Zeit ist völlig offen, wie diese Erwärmungen verursacht werden, ob zwischen den Signalen der verschiedenen geographischen Regionen ein Zusammenhang besteht und welche klimatischen Veränderungen mit ihnen verknüpft sind.

Ebenso existieren nur vage Vorstellungen über die dekadischen Perioden der Nordatlantischen Oszillationen (NAO), die den horizontalen atmosphärischen Druckgradienten zwischen Island (Island-Tief) und dem mittleren Nordatlantik bei ca. 40°N (Azoren-Hoch) widerspiegeln. Darum besteht eines der Hauptziele des gerade beginnenden Vorhabens „Climate Variability and Predictability (CLIVAR)“ in der Erforschung der die NAO steuernden Mechanismen. Es ist u. a. zu klären, ob es sich hierbei um einen rein atmosphärischen Vorgang handelt, der auf den Ozean ohne wesentliche Rückkopplungseffekte einwirkt oder

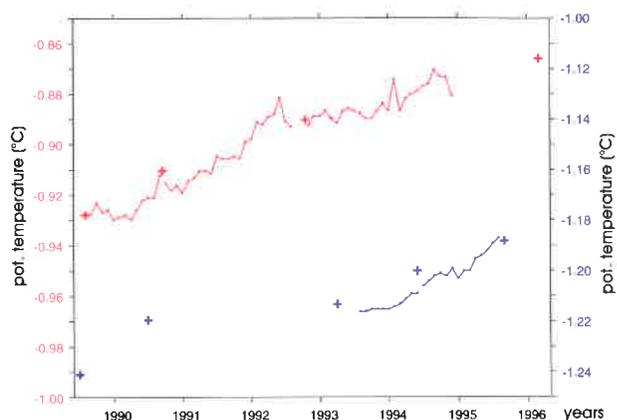
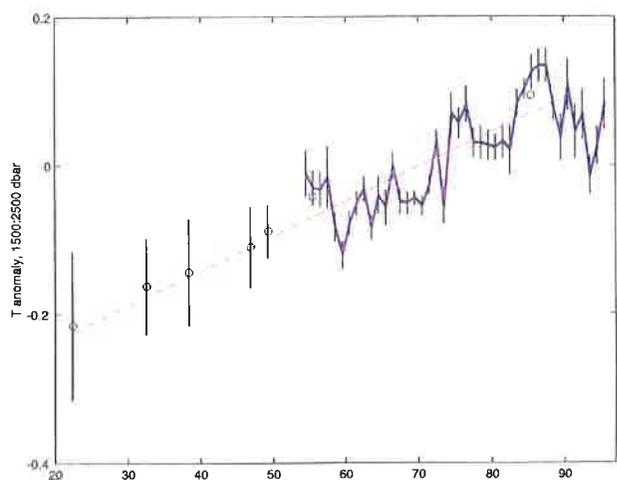


Abb. 10: Die Temperatur des Tiefenwassers des Weddellmeeres (rot) und der Grönlandsee (blau) von 1990 bis 1996.

Abb. 11: Temperaturänderungen im Tiefenwasser (1.500 - 2.000 m) im subtropischen Atlantik nahe Bermuda seit 1920. Nach Joyce & Robbins, 1996.



ob sich insbesondere die dekadischen Variationen der NAO erst aufgrund ausgeprägter Wechselbeziehungen zwischen Ozean und Atmosphäre entwickeln (WMO, 1998).

Klimavorhersagen

Das gesicherte Wissen über die enge Kopplung zwischen dem Ozean und der Atmosphäre in den niederen Breiten und die daraus folgenden längerfristigen Auswirkungen auf das Klima, aber auch Beobachtungen ähnlicher Zusammenhänge in den mittleren und höheren Breiten lassen es als aussichtsreich erscheinen, schon in der nächsten Dekade regionale Vorhersagen statistischer Klimaparameter operationell anzustreben. Aus den bisherigen Versuchen auf diesem Gebiet ist zu schließen, daß sinnvolle Vorhersagen der Klimaentwicklung komplexe Modelle voraussetzen, die alle relevanten Abläufe im Ozean, in der Atmosphäre und in der Biosphäre wirklichkeitsnah berücksichtigen. Vordringlich müssen die biologischen,

kryosphärischen aber auch eine Reihe ozeanischer Prozesse genauer erforscht, passend mathematisch formuliert und in geeigneter Form in die Modelle eingebettet werden. Zur erfolgreichen Durchführung dieser Aufgaben sind noch spezielle Feldstudien, umfangreiche Langzeitbeobachtungen und Modellerweiterungen unerlässlich.

Die dafür notwendigen physikalischen Arbeiten sollen in Projekten des Weltklimaforschungsprogramms und die biogeochemischen Untersuchungen in Vorhaben des Internationalen „Geosphären-Biosphären-Programms (IGBP)“ vorgenommen werden. Von beiden internationalen Rahmenprogrammen werden den Ozeanen innerhalb des Gesamtsystems zentrale Rollen zugeschrieben. Im Vordergrund der ozeanischen Studien steht in den kommenden Jahren das „CLIVAR“, das sich auf ozeanische und atmosphärische Schwankungen in zwei Periodenbereichen, nämlich von Monaten bis zu wenigen Jahren und von Dekaden bis zu Jahrhunderten konzentriert. An diesem internationalen Unternehmen werden sich die deutschen Meeresforschungszentren wieder mit Meßprogrammen und Modellrechnungen maßgeblich beteiligen und dadurch helfen, in naher Zukunft verlässliche Klimavorhersagen auch für die mittleren und höheren Breiten der Erde zu ermöglichen.

Literatur:

- Bjerknes, J. A. (1966): A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus* 18: 820 - 829.
- Bond, G., W. Broecker, S. Johnsen, J. McManus, L. Labeyrie, J. Jouzel & G. Bonani (1993): Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice. *Nature* 365: 143 - 147.
- Delecluse, P., M. K. Davey, Y. Kitamura, S. G. H. Philander, M. Suarez & L. Bengtsson (1998): Coupled general circulation modeling of the tropical Pacific. *J. Geophys. Res.* 103: 14357 - 14374.
- Folland, C. K., D. E. Parker & F. E. Kates (1984): Worldwide marine temperature fluctuations 1856-1981. *Nature* 310: 670 - 673.
- Ganopolski, A., S. Rahmstorf, V. Petoukhov & M. Claussen (1998): Simulation of modern and glacial climates with a coupled global model of intermediate complexity. *Nature* 391: 351 - 356.
- Godfrey, J. S., R. A. Houze Jr., R. H. Johnson, R. Lukas, J.-L. Redelsperger, A. Sumi & R. Weller (1998): Coupled Ocean-Atmosphere Response Experiment (COARE) An interim report. *J. Geophys. Res.* 103: 14395 - 14450.
- Hasselmann, K. (1977): The dynamic coupling between the atmosphere and the ocean. *Rep. Mar. Sci. Affairs* II: 31 - 44.
- Joyce, T. M. & P. Robbins (1996): The long-term hydrographic record at Bermuda. *J. Clim.* 9: 3121 - 3131.
- Latif, M., D. Anderson, T. Barnett, M. Cane, R. Kleeman, A. Leetmaa, J. O'Brien, A. Rosati & E. Schneider (1998): A review of the predictability & prediction of ENSO. *J. Geophys. Res.* 103: 14375 - 14394.
- Maier-Reimer, E. & U. Mikolajewicz (1989): Experiments with an OGCM on the cause of the Younger Dryas, In: A. Ayala-Castanares, W. Wooster & A. Yanez-Arancibia (Eds): *Oceanography*. UNAM Press, Mexico: 87 - 100.
- Marotzke, J. (1990): Instabilities and multiple equilibria of the thermohaline circulation. *Ber. Inst. Meeresk. Univ. Kiel*: 194, 126 S.
- McPhaden, M. J., A. Busalacchi, R. Cheney, J.-R. Donguy, K. S. Gage, D. Halpern, M. Ji, P. Julian, G. Meyers, G. T. Mitchum, P. P. Niiler, J. Picaut, R. W. Reynolds, N. Smith & K. Takeuchi (1998): The Tropical Ocean-Global Atmosphere observing system: A decade of progress. *J. Geophys. Res.* 103: 14169 - 14240.
- Oort, H. A. & T. H. Von der Haar (1976): On the observed annual cycle in the ocean-atmosphere heat balance over the Northern Hemisphere, *J. Phys. Ocean.* 6: 781 - 800.
- Rahmstorf, S. (1994): Rapid climate transition in a coupled ocean-atmosphere model. *Nature* 372: 82 - 85.
- Schiller, A., U. Mikolajewicz & R. Voss (1997): The stability of the North Atlantic thermohaline circulation in a coupled ocean-atmosphere general circulation model. *Clim. Dyn.* 13: 325 - 347.
- Stockdale, T. N., D. L. T. Anderson, J. O. S. Alves & M. A. Balmaseda (1998): Global seasonal rainfall forecasts using a coupled ocean-atmosphere model. *Nature* 392: 370 - 373.
- Stommel, H. (1958): The abyssal circulation. *Deep Sea Res.* 5: 80 - 82.
- Walker, G. T. & E. W. Bliss (1932): *World Weather* V. *Mem. Roy Met. Soc.* 4: 53 - 84.
- World Meteorological Organization (1998): CLIVAR initial implementation plan. WMO/DNo. 869, Geneva, 314 S.



Die Fischerei ist einer der wichtigsten Wirtschaftsfaktoren der maritimen Industrie.

Die Zukunft des Weltmeeres - Maritime Industrie

P. Ehlers

Die Zukunft des Weltmeeres ist auch unsere Zukunft. Die Meere spielen für das Leben auf der Erde eine elementare Rolle: als Klimafaktor, als bestimmendes Element im Wasserkreislauf, als größtes Ökosystem. Zugleich nutzen wir Menschen die Meere in vielfältiger Weise.

Wenn wir über die wirtschaftliche Nutzung sprechen, dann rückt sehr schnell der Aspekt der Bedrohung der Meere durch den Menschen in den Vordergrund. Es geht dann darum, ob und wie durch menschliche Einflüsse das marine Ökosystem beeinträchtigt wird. Besonders augenfällig wird die Problematik bei der gezielten Verwendung der Meere als Müllschlucker, indem sich der Mensch auf diese Weise der Stoffe entledigt, die er nicht mehr benötigt und loswerden will. Auch bei anderen Nutzungen konzentrieren sich die Erörterungen sehr schnell auf mögliche nachteilige Auswirkungen auf die Meeresumwelt. Das ist durchaus berechtigt, darf aber nicht zur Folge haben, daß das Thema auf den Bedrohungsaspekt reduziert wird, im Extremfall bis hin zu der Vorstellung, am besten sollte jegliche Nutzung der Meere unterbleiben. Eine solche Betrachtungsweise wäre lebensfremd. Sie erkennt, daß der Mensch auf die Nutzung der Meere

angewiesen ist. Ich will deshalb hier der Frage nachgehen, wie wir die Meere wirtschaftlich nutzen und welche Bedeutung dies für die Zukunft des Weltmeeres hat.

Begriff

Für die meeresbezogene Nutzung hat sich zumindest im europäischen Bereich der Begriff der maritimen Industrie eingebürgert, eine nicht ganz treffende Übersetzung des englischen Begriffes „maritime industries“, wie ihn der EU-Kommissar Bangemann mit einer entsprechenden europäischen Initiative geprägt hat. Er hat damit die Aufmerksamkeit auf einen Wirtschaftszweig lenken wollen, der in seiner zukunftsgerichteten Bedeutung nicht nur in Deutschland, sondern auch auf europäischer Ebene bisher eher vernachlässigt worden ist.

Welche Bedeutung hat die maritime Industrie und wie wirkt sie sich auf die Zukunft der Weltmeere aus? Und was ist überhaupt konkret unter maritimer Industrie zu verstehen?

Fischerei

Ein sehr wichtiger Bereich, gleichsam die Urzelle der maritimen Industrie, wird im folgenden Beitrag angesprochen: die Fischerei. Aus den Ausführungen von Hubold wird deutlich, daß gerade bei dieser Nutzungsform der Grundsatz der Nachhaltigkeit von elementarer Bedeutung ist. Auf Fisch als wichtigstes eiweißhaltiges Nahrungsmittel sind wir angewiesen. Deshalb müssen wir alles tun, um die Fischbestände langfristig zu sichern. Daß die Fischerei ein wichtiger Wirtschaftsfaktor ist, wird schon durch wenige Zahlen deutlich: Jährlich werden 121 Millionen Tonnen Fisch gefangen. Etwa 12,5 Millionen Fischer sind weltweit tätig, in Europa etwa 300.000 Menschen. Die Weltfischereiflotte hat eine Tonnage von 13,3 Mio BRZ (Brutto-Raumzahl). Dabei spielt die deutsche Flotte mit 73.000 BRZ kaum eine Rolle; wir beschränken uns im wesentlichen auf Import und Fischverarbeitung. Immerhin betrug 1996 der Umsatz der deutschen fischverarbeitenden Industrie 3,6 Milliarden DM.

Betrachtet man die wirtschaftliche Bedeutung der Fischerei, die im Weltmaßstab längst industriell betrieben wird, muß man auch im Auge behalten, daß sie sich immer mehr zu einer Aquakultur für tierische und pflanzliche Produkte aus dem Meer entwickelt. Dazu gehört nicht nur das sich ausweitende Fishfarming, sondern auch die Nutzung von Algen und anderen Meereslebewesen für Nahrungsmittel oder medizinische Wirkstoffe. Japanische Wissenschaftler, die auf diesem Gebiet führend sind, sollen bereits 3.000 pharmazeutisch wirksame Substanzen aus dem Meer gewonnen haben. Das ist erst der Anfang, sollte für uns aber Anlaß sein, möglichst frühzeitig über mögliche Auswirkungen nachzudenken, um zusätzliche Gefährdungen des marinen Ökosystems durch eine sich ausweitende Aquakultur zu vermeiden.

Seeschifffahrt

Eine ähnlich traditionelle Nutzungsform wie die Fischerei ist der Seeverkehr. Die Meere sind seit altersher der wichtigste Verkehrsraum. Sie trennen nicht, sie verbinden die Kontinente. Das Anwachsen der Weltbevölkerung und steigender Wohlstand führen zu weiterem Wachstum der Weltwirtschaft und damit verbunden zu einer Ausweitung des Güteraustausches. Globalisierung, Liberalisierung und Deregulierung tragen das Ihre dazu bei. 1996 erreichte der weltweite Warenhandel einen Wert von 5,27 Billionen US-Dollar. 1997 ist ein Anstieg von 9,5% zu verzeichnen. Zweitgrößte Exportnation ist Deutschland mit einem Anteil von 10% (USA 12%).

Etwa 95% des interkontinentalen Güteraustausches werden als Seetransporte abgewickelt. Der preisgünstige Warenaustausch über See, wie er durch die Containerisierung ermöglicht worden ist, schafft überhaupt erst die Voraussetzungen für eine Globalisierung der Wirtschaft. Der seewärtige Welthandel stieg von 1985 bis 1997 von 3,3 Milliarden Tonnen auf 5,1 Milliarden Tonnen, also um mehr als 50%. Die Welthandelsflotte entwickelte sich im selben Zeitraum von 416,3 Mio BRZ auf 522,2 Mio BRZ, das entspricht einer Steigerung von 25%. Der Seehandel wird weiter

zunehmen. Für die nächsten zehn Jahre wird ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 3,9% der transportierten Tonnage und von 3,2% der Tragfähigkeitstonnage der Welthandelsflotte prognostiziert.

Bezogen auf 1997 kommt Deutschland mit 6,65 Mio BRZ auf einen Anteil an der Welthandelsflotte von etwa 1,3%, gerechnet auf Schiffe unter deutscher Flagge. Der Anteil verdoppelt sich, wenn man statt dessen deutsches Eigentum unabhängig von der Flagge zugrunde legt. Bemerkenswert ist, daß Deutschland über eine der modernsten Flotten und eine der größten Containerschiffsflotten verfügt. Als stark exportorientiertes Land sind wir auch in Zukunft auf eine eigene angemessene und leistungsfähige Handelsflotte angewiesen. Darüber besteht seit Jahrzehnten parteiübergreifend ein schiffahrtspolitischer Grundkonsens. Das erfordert aber auch politische Rahmenbedingungen, die es ermöglichen, Schifffahrt auch in einem Hochlohnland privatwirtschaftlich erfolgreich zu betreiben. Die Bundesregierung hat hierzu ein neues schiffahrtspolitisches Konzept entwickelt, das insbesondere eine Tonnagesteuer, die Teilbefreiung von der Lohnsteuer, eine Flexibilisierung der Schiffsbesetzung und eine Entbürokratisierung der Schiffsicherheitsvorschriften beinhaltet. Die notwendigen gesetzgeberischen Maßnahmen sind durch das Seeschiffahrtsanpassungsgesetz Ende Mai 1998 erfolgt.

Schiffbau

Seeschifffahrt ist undenkbar ohne Schiffbau. Der Weltmarkt wird einerseits geprägt durch eine starke Neubaunachfrage, zum anderen durch den anhaltend harten Kampf um Weltmarktanteile. Die jährlich abgelieferte Tonnage im Weltschiffbau hat sich von 4,96 Mio BRZ im Jahr 1955 auf 24,5 Mio BRZ im Jahre 1997 verfünffacht. Führende Schiffbaunation ist Japan mit 9,75 Mio BRZ fertiggestellter Tonnage im Jahr 1997 (Gesamtanteil 39,8%), vor Südkorea mit 7,9 Mio BRZ (32,2%), in großem Abstand folgt China mit 1,2 Mio BRZ (4,9%), dicht dahinter Deutschland mit 1,1 Mio BRZ (4,5%).

Der von deutschen Werften mit etwa 30.000 Beschäftigten getätigte Umsatz lag 1997 bei 8,3 Milliarden DM. Zum Schiffbau gehören aber nicht nur die Werften, sondern auch die maritime Zulieferindustrie, die ganz entscheidend dazu beiträgt, daß der deutsche Schiffbau insgesamt weiter zu den Marktführern in der Welt gehört. Eine Industrie im übrigen, die nicht nur an der Küste, sondern zur Hälfte im Binnenland beheimatet ist, insbesondere in Baden-Württemberg und Bayern. Der Gesamtumsatz der deutschen Zulieferindustrie wird für 1997 auf 16 Milliarden DM geschätzt, erwirtschaftet von etwa 400 Betrieben mit rd. 70.000 Beschäftigten. Auf eine eigene Schiffbauindustrie sind wir auch weiter angewiesen. Sie ist eine technologische Schlüsselindustrie. Schiffe gehören nicht nur zu den ältesten Transportmitteln der Welt, sondern sind heute High-tech-Transportsysteme und komplexe Anlagen auf See. Nach einer Zeit sehr schmerzhafter struktureller Veränderungen gibt es inzwischen positive Anzeichen, daß der deutsche Schiffbau durch Produktivitätssteigerung, modernste Technologie und Innovationsfreudigkeit nach wie vor

im weltweiten Konkurrenzkampf bestehen kann. Gerade auch in Mecklenburg-Vorpommern sind Werften und Zulieferer ein wichtiger Wirtschaftsbereich, der nach einem sehr schwierigen Anpassungsprozeß mit modernster technischer Ausrüstung und neuestem know-how zusätzliche Marktanteile gewinnen kann. Dabei darf nicht verkannt werden, daß Neubaufträge deutscher Reeder für die Grundauslastung eine wesentliche Rolle spielen. Das stützt die Forderung nach einer eigenen Handelsflotte.

Häfen

Zum Bereich der Seeverkehrswirtschaft gehören die Häfen als dritte Komponente. Als Schnittstelle zwischen dem Land- und Seeverkehr hat die Leistungsfähigkeit der Häfen wesentliche Auswirkungen auf die gesamte Transportkette, insbesondere auf die Verkehrsleistung der Schiffe. Mehr und mehr nehmen die Häfen ergänzende Dienstleistungen insbesondere im Bereich der Distribution und Veredelung wahr. Mit dem weiteren Anwachsen des Welthandels wird auch der Umschlag in den Häfen weiter steigen. Das wird verbunden sein mit dem weiteren Ausbau und der Modernisierung von Hafenanlagen, für die nicht nur in Europa, sondern weltweit erhebliche Investitionen geplant werden.

Wie wichtig in diesem Zusammenhang leistungsfähige und kostengünstige Hinterlandverbindungen, aber vor allem auch gut ausgebaute seewärtige Zufahrten sind, ist uns gerade in Deutschland geläufig, wo unsere Häfen in einem scharfen Wettbewerb zu den Nachbarstaaten stehen. Das wird darin deutlich, daß der Umschlag in den bedeutenden deutschen Seehäfen nur zwei Drittel des Umschlags des Hafens Rotterdam beträgt. 1997 belief sich der Seegüterumschlag auf 216 Millionen Tonnen (Rotterdam 307 Millionen Tonnen). Aber der seewärtige Außenhandel über deutsche Häfen beträgt immerhin mehr als 20% am gesamten deutschen Außenhandel. So wie der Seegüterumschlag weltweit zunimmt, wird auch für die deutschen Häfen ein weiteres Wachstum prognostiziert. Der kürzlich vorgestellte Forschungsbericht über Entwicklungstendenzen der deutschen Seehäfen im Ostseeraum bis 2010 weist gerade auch für die Seehäfen in Mecklenburg-Vorpommern ganz erhebliche Steigerungsraten bis hin zu einer Verdoppelung des Umschlags auf.

Sicherheit im Seeverkehr

Aus allem ergibt sich, daß die Seeverkehrswirtschaft mit den Komponenten Schifffahrt, Schiffbau und Hafenwirtschaft weiter an Bedeutung gewinnen wird. Mehr und mehr wird sich die Schifffahrt auch als wichtige Alternative zum Landverkehr entwickeln. From road to sea wird spätestens dann Realität, wenn unsere Straßen endgültig verstopft sind. Das heißt: der Verkehr auf den Meeren wird zunehmen. Auch wenn Medienberichte zuweilen etwas anderes suggerieren, Schifffahrt ist im Grunde ein besonders umweltfreundlicher Verkehrsträger. Aber das entbindet uns nicht von der Verpflichtung, alles zu tun, um die Sicherheit

weiter zu erhöhen. Dazu gehören der Bau moderner, sicherer Schiffe, Sicherheitsmaßnahmen bei gefährlicher Ladung, die Qualifikation der Besatzung genauso wie ausreichende Verkehrsregelungen und Verkehrssicherungssysteme und eine wirksame Durchsetzung und Kontrolle der bestehenden Normen und Standards. Aufgrund der Internationalität der Schifffahrt läßt sich das alles nur durch internationale Zusammenarbeit erreichen. Nicht zuletzt deshalb ist es wichtig, daß Deutschland eine eigene Handelsflotte hat. Denn an internationalen Sicherheitsstandards kann nur der aktiv mitgestalten, der mit einer eigenen Schifffahrt dabei ist. Die Sicherheit kann aber auch durch neuartige maritime Informations- und Beratungssysteme gefördert werden, die Satellitennavigation und die elektronische Seekarte genauso umfassen wie zuverlässige Vorhersagedienste über Strom, Seegang, Wasserstand und Eisvorkommen. Wichtige Ansätze bietet ein deutsch-schwedisches Projekt zur Erhöhung der Fährschiffssicherheit in der Ostsee. Es hat die Entwicklung eines Baltic Ferry Guidance and Information System zum Gegenstand und wird auf der Fährstrecke von Rostock nach Trelleborg erprobt. Ich sehe in diesem Projekt eine Keimzelle für sehr viel umfassendere künftige Dienste in vielen Regionen der Welt.

Notwendig ist es auch, Meeresverschmutzungen durch die Einleitung schiffsbetriebsbedingter Rückstände - also Öl, Chemikalien, Abwasser und Müll - zu vermeiden. Zwar bestehen weitreichende Verbote. Unerlässlich ist es aber, deren Einhaltung wirksam zu überwachen und ausreichende sowie benutzerfreundliche Entsorgungsmöglichkeiten in den Häfen anzubieten. Für den Ostseebereich sind hierzu im März 1997 von der Helsinki-Kommission zukunftsweisende Beschlüsse gefaßt worden. Im Rahmen einer Gesamtstrategie für Auffanganlagen in den Häfen sind u. a. das sogenannte „no special fee system“, eine Entsorgungspflicht sowie Mindestbeträge für die Ahndung von Umweltverstößen beschlossen worden.

Dem Meeresumweltschutz müssen die Häfen auch im Zusammenhang mit Neu- und Ausbaumaßnahmen Beachtung schenken. Mehr noch als bisher muß bei derartigen Planungen berücksichtigt werden, daß zusätzliche Verkehre auch zusätzliche Gefahren bedeuten können.

Dazu gehört auch, daß leistungsfähige und sichere Wasserstraßen vorgehalten werden. In Deutschland werden für den Wasserbau im Küstenbereich jährlich Investitionen von 500 - 1.000 Mio DM vorgenommen; dabei handelt es sich grobenteils um Neu- und Umbaumaßnahmen in den Häfen. Hinzu kommen jährlich etwa 200 Mio DM für Unterhaltungsbaggerungen in den Seewasserstraßen und für die Bauwerkserhaltung. Dies alles hat für die Küstenregion erhebliche wirtschaftliche Bedeutung.

Freizeitindustrie

Wenn vom Meer als Verkehrsraum die Rede ist, bietet es sich an, auf eine verwandte Nutzungsform einzugehen: die maritime Freizeitindustrie, die das Meer als Erholungsraum nutzt. Dazu zähle ich den Tourismus am und auf dem Meer, aber auch die Sportschifffahrt

und ähnliches. Mehr und mehr entwickelt sich die Freizeitindustrie zu einem wesentlichen Wirtschaftsfaktor. Dabei denke ich nicht nur an unsere Ostseeküste, sondern an ganz andere Regionen dieser Erde. In vielen Ländern, die sich noch in der Entwicklung befinden, wird der Tourismus als Möglichkeit des wirtschaftlichen Aufschwungs genutzt. Dabei muß der Gefahr begegnet werden, daß eine ungeordnete, exzessive Freizeitindustrie zu einer Bedrohung für die Meeresumwelt wird. Daran muß dieser Wirtschaftszweig auch ein eigenes Interesse haben, denn Verschmutzungen, Klimaveränderungen und Überflutungen hätten unmittelbare nachteilige Auswirkungen.

Wasserreservoir

Neben Fischerei und Seeverkehr ist die Nutzung der Meere als Rohstoff- und Energiequelle ein weiterer wichtiger Bereich der maritimen Industrie. Die Rohstoffgewinnung aus dem Meer blickt auf eine lange Geschichte zurück. Seit etwa 4.000 Jahren wird Salz durch Meerwasserverdunstung gewonnen. Heute stammt etwa ein Drittel der weltweiten Kochsalzproduktion aus dem Meer. Ich schließe nicht aus, daß die Salzgewinnung wegen der damit verbundenen Entsalzung des Meerwassers in anderem Zusammenhang künftig noch sehr viel größere Bedeutung erlangen wird. Das Meer spielt im Wasserkreislauf eine entscheidende Rolle. 97% der Wasservorräte der Erde sind im Meerwasser enthalten. Nur 3% sind Süßwasser, davon sind zwei Drittel im Eis der Arktis und Antarktis gebunden. Seit 1950 hat sich der globale Wasserverbrauch verdreifacht, er verdoppelt sich etwa alle 20 Jahre. Knapp 2 Milliarden Menschen haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Zu Beginn des nächsten Jahrtausends werden etwa 25% der Erde von chronischem Wassermangel bedroht sein. Auseinandersetzungen um Wasserreserven werden zunehmen. „Der Krieg der Zukunft geht wahrscheinlich ums Wasser“, so lautete kürzlich eine Schlagzeile in der „Welt“. Verteilungskämpfe ließen sich entschärfen, wenn es gelänge, in größerem Umfang das im Meer gebundene Süßwasser nach Entsalzung zu nutzen. Ansätze hierzu gibt es. So werden z. B. in den ölreichen und finanzstarken Golfstaaten schon in größerem Umfang Meerwasserentsalzungsanlagen eingesetzt. In den Vereinigten Arabischen Emiraten werden täglich 1,3 Mio Kubikmeter Trinkwasser gewonnen, und das für gerade 2,4 Mio Einwohner. Legt man den durchschnittlichen Haushaltswasserverbrauch in Deutschland mit täglich 128 l zugrunde, so würde das für viermal soviel Menschen reichen. Hierher paßt eine Pressemeldung über eine Firma auf Rügen, die ein neues Entsalzungssystem entwickelt hat, das mit Windkraft betrieben wird. Eine Referenzanlage soll auf der griechischen Insel Kalimnos errichtet werden.

Rohstoffe

Neben Salz werden viele andere Rohstoffe aus dem Meer gewonnen. Dazu gehören Sand, Kies und Muschelkalk für Bauzwecke, aber auch Magnesium,

Uran, Gold, Kohle und Schwefel, nur um einige zu nennen. Besondere Bedeutung hat die Offshore-Industrie in den Shelf-Gebieten gewonnen, und hier vor allem die Förderung von Erdöl und Erdgas, die wesentlich zur Deckung des Energiebedarfs beiträgt. Etwa 25% der weltweiten Erdöl- und Erdgasreserven sind dem Offshore-Bereich zuzurechnen. Die Ölvorkommen im Meer werden auf 36,5 Milliarden Tonnen, die Gasreserven auf 21,4 Billionen Tonnen geschätzt. Die Öl- und Gasförderung in der Nordsee z. B. deckt etwa 35% des Bedarfs in der Europäischen Union. Weltweit sind etwa 8.000 Plattformen im Einsatz, davon allein mehr als 4.000 im Golf von Mexiko. Das weltweite Marktpotential der Offshore-Industrie belief sich 1996 auf 90 Milliarden US\$, das ist doppelt so viel wie das des zivilen Weltschiffbaus. Die Offshore-Industrie dringt in immer größere Wassertiefen vor. So ist im Golf von Mexiko eine Förderplattform in 872 m Tiefe installiert. Aber auch diese Tiefe wird bald überboten werden; die Tendenz geht in weit mehr als 1.000 Meter Wassertiefe. Das ist verbunden mit ständig steigenden Anforderungen an die Technologie. Der Bedarf an innovativen Unterwassertechniken wird zunehmen. Zwar gibt es im deutschen Offshore-Bereich keine nennenswerte Förderung, dennoch haben sich zahlreiche deutsche Unternehmen für die Errichtung von Offshore-Bauwerken weltweit als Zulieferer, aber auch als Reparaturbetriebe qualifiziert. Dazu gehören Unterwasser-Werkzeugsysteme wie z. B. Tiefseerammhämmer, Antriebe für Unterwasserfahrzeuge oder Unterwasser-Mehrphasenpumpen.

Eine Nutzung der Meere als Rohstoffquelle wird auch in Zukunft unverzichtbar sein und weiter zunehmen. Umso wichtiger ist, die Nutzung so zu gestalten, daß die Grundsätze der Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit beachtet werden, wie das seit der Konferenz von Rio 1992 immer stärker als Grundlage für zukunftsgerichtetes Handeln gefordert wird. Umweltfreundliche Fördermethoden sind genauso erforderlich wie Schutzmaßnahmen, um Unfälle mit Auswirkungen auf die Meeresumwelt zu vermeiden. Das setzt international ausreichende Mindeststandards voraus, wie sie regional in den Meeresumweltübereinkommen für den Nordostatlantik und die Ostsee enthalten sind. Notwendig ist aber auch die ständige technologische Weiterentwicklung mit dem Ziel größtmöglicher Umweltverträglichkeit. Gerade für die deutsche maritime Industrie ist das alles mit Chancen verbunden, wenn es ihr denn gelingt, das noch vorhandene meeres-technische know how zu erhalten und auch weiterhin in innovative, moderne Technologieentwicklungen umzusetzen. Allerdings: Vor großen Gewinnen stehen erhebliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, die einen langen Atem erfordern. Mit der zuweilen etwas restriktiven deutschen Interpretation des „shareholder value“ ist das nicht zu bewältigen. Hier sind für die Wirtschaft, aber auch für Wissenschaft und Technik längerfristige Investitionen in die Zukunft erforderlich. Das verlangt auch, die Förderung der Meerestechnik als Schwerpunkt zu erhalten.

Daß sich für die maritime Industrie durch den Offshore-Bereich neue Betätigungsfelder eröffnen, machen auch die Probleme um die Entsorgung der „Brent Spar“ deutlich. Umweltfreundliche Beseitigung

und Rückbau von nicht mehr genutzten Offshore-Einrichtungen werden künftig eine immer größere Rolle spielen. Das weltweite Marktpotential für die Entsorgung von Offshore-Anlagen wird auf 50 Milliarden US\$ geschätzt. Gerade die Erfahrungen deutscher Unternehmen auf den Gebieten Entsorgung und Recycling bieten beträchtliche Chancen.

Tiefseebergbau

Umweltprobleme bei der Förderung von Rohstoffen aus dem Meer werden beim Tiefseebergbau besonders deutlich. Es geht dabei vor allem um Manganknollen, die in einer Wassertiefe von mehreren tausend Metern auf dem Meeresboden liegen und deren Vorkommen auf 100 Milliarden bis zu mehreren Billionen Tonnen geschätzt wird. Es geht aber auch um Erzschlammablagerungen und um die sogenannten roten Tone, das sind rohstoffhaltige Sedimente der Tiefsee. Der Tiefseebergbau wird aus Kostengründen gegenwärtig zwar kaum konkret vorangetrieben. Bei zunehmendem Ressourcenverbrauch ist in weiterer Zukunft jedoch mit ganz erheblichen Aktivitäten zu rechnen. Völlig unklar ist bisher jedoch, welche Umweltgefahren mit den vorgesehenen Fördertechniken verbunden sind. Es ist daher dringend erforderlich, den zeitlichen Aufschub des Tiefseebergbaus zu nutzen, um bessere Kenntnisse über die Umweltauswirkungen zu erlangen und Fördertechnologien zu entwickeln, die dem Schutz der Tiefseemwelt Rechnung tragen. Allzu viel Zeit wird man nicht verstreichen lassen dürfen. Nach einer kürzlichen Meldung hat eine australische Bergwerksgesellschaft vor Papua Neuguinea Schürfrechte zur Ausbeutung unterseeischer Schloten erworben. Diese Schloten vulkanischen Ursprungs sind überaus reich an Erzen. Welche Auswirkungen der Abbau der Erze auf die ozeanischen Ökosysteme hat, muß schnellstens geklärt werden.

Energie

Im Ozean werden gewaltige Energiemengen umgesetzt. Schon lange sind die Menschen bemüht, diese Energien zu nutzen, wenngleich der technische Aufwand dem bisher noch enge Grenzen setzt. Seit dem 11. Jahrhundert wird versucht, die Gezeitenenergie zu nutzen, damals zunächst für den Betrieb von Mühlen. Heutiges Vorzeigeobjekt ist das 1967 in St. Malo in Frankreich errichtete Gezeitenkraftwerk, dessen jährliche Energieerzeugung sich auf 540 Mio kW beläuft. Eine andere Nutzungsmöglichkeit sind Windenergieanlagen, insbesondere im küstennahen Offshore-Bereich. Vor der dänischen, schwedischen und niederländischen Küste sind erste Offshore-Windkraftparks entstanden. In Deutschland gibt es vereinzelte Planungen in den Küstenländern. So soll in Mecklenburg-Vorpommern ein Standort für ein Pilotprojekt zur Verfügung gestellt werden. Ob dieses und andere Projekte aber über den bloßen Demonstrationszweck als Referenz für den Export hinaus energiewirtschaftliche Bedeutung erlangen werden, ist bisher offen. Umweltaspekte einerseits und Zweifel an der Wirtschaftlichkeit und der ausreichenden Verfügbarkeit

andererseits führen bisher in Deutschland zu einer skeptischen Einschätzung der Offshore-Windenergie-nutzung.

Auch die winderzeugten Meereswellen beinhalten ein erhebliches Potential an mechanischer Energie, die mit Wellenenergieumwandlern zur lokalen Bedarfsdeckung herangezogen werden könnte. Hierzu sind inzwischen unterschiedliche Techniken entwickelt und in ersten Anlagen erprobt worden, so vor der schottischen Küste, aber auch in Japan und Indien. Gegenwärtig bauen norwegische Experten ein Wellenkraftwerk in Indonesien, bei dem es gelungen sein soll, den Wirkungsgrad der Energieumwandlung erheblich zu erhöhen, so daß konkurrenzfähige Preise möglich sind.

Andere Formen der Nutzung mariner Energien werden gegenwärtig diskutiert und untersucht. So ist der Ozean bezüglich der solaren Strahlungsenergie ein natürlicher Kollektor und gigantischer Speicher. Das könnte über küstennahe oder frei schwimmende Meereswärme-Kraftwerke genutzt werden. Ein erstes wurde experimentell vor Hawaii erprobt. In den Niederlanden schließlich ist in einer Studie ein Konzept zur Energiegewinnung durch Verdunstung entwickelt worden. Dies alles ist erst ein Anfang. Bevor es zu einer Nutzung mariner Energien in großem Umfang kommt, sind weitere technologische Fortschritte erforderlich. Dabei ist es wichtig, daß sich das Augenmerk nicht nur auf die technische Entwicklung richtet, sondern zugleich auch mögliche Auswirkungen auf die Meeresumwelt untersucht werden.

Mülldeponie

Soviel zur Nutzung der Meere durch die maritime Industrie. Sicher würde der eine oder andere Aspekt eine Vertiefung verdienen. Sicherlich fehlt auch die eine oder andere Nutzungsart. Bewußt bin ich auf eine Nutzungsform nicht näher eingegangen, nämlich die gezielte Verwendung der Meere als Mülldeponie. Soweit dies immer noch trotz aller Abwehrmaßnahmen geschieht, handelt es sich um einen Mißbrauch der Meere, der nicht Teil einer zukunftsgerichteten maritimen Industrie ist. Nur auf eines will ich in diesem Zusammenhang noch einmal ausdrücklich hinweisen, weil es offenbar häufig noch nicht ins allgemeine Bewußtsein gedrungen ist: Die Verklappung und Verbrennung von Industrieabfällen auf See ist längst beendet. Das ist nicht zuletzt ein Verdienst Deutschlands, wo diese Beseitigungsform 1989 eingestellt und durch umweltfreundliche Alternativen ersetzt wurde, die international ein Beispiel gegeben haben.

Folgerungen

1. Wir nutzen die Meere in vielfältiger Weise. Wir sind auf diese Nutzung angewiesen. Angesichts der weiter wachsenden Weltbevölkerung und des Strebens nach besseren Lebensbedingungen werden die Meere - und auch ihre Nutzung - für das Leben und Überleben der Menschheit eine immer größere Rolle spielen. Damit wird die maritime Industrie, die sich eines Tages vielleicht zu einer umfassenden Marikultur entwickelt,

an Bedeutung zunehmen. Das gilt auch für ein Land wie Deutschland, das traditionell eher kontinental ausgerichtet ist. Die maritime Industrie in Deutschland stellt einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar, der, gemessen an Umsatz, Arbeitsplätzen und technologischer Bedeutung, den Vergleich mit der Luft- und Raumfahrtindustrie nicht zu scheuen braucht. Gerade bei neuen Technologieentwicklungen eröffnet sich eine Chance für den Wirtschaftsstandort Deutschland im globalen Wettbewerb.

2. Für die wirtschaftliche Nutzung der Meere müssen Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit die entscheidenden Handlungsgrundsätze sein. Es muß alles getan werden, um diese Grundsätze durchzusetzen. Das verlangt eine enge Mitwirkung bei der Erarbeitung internationaler Normen und deren Anwendung. Das bedeutet auch, daß neue Entwicklungen nicht nur das technologisch Machbare, sondern das für die Meere Verantwortbare berücksichtigen müssen. Dazu gehört auch die Anwendung des Vorsorgeprinzips als umweltpolitischer Handlungsmaxime.

3. Unverzichtbare Voraussetzung für eine verantwortungsvolle Nutzung der Meere ist, daß wir möglichst genaue Kenntnisse über die komplexen physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge im Ozean, an den Küsten und am Meeresboden besitzen. Sie sind notwendig als Entscheidungshilfe für vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen, um nicht zu korrigierende Belastungen zu vermeiden, aber auch als Grundlage für vorausschauende wirtschaftliche Planungen. Unsere bisherigen Kenntnisse reichen nicht aus. Ohne dem folgenden Referat über die Meeresforschung vorgreifen zu wollen, lassen sie mich dazu anmerken, daß es mit einzelnen zusätzlichen Forschungsprojekten nicht getan ist. Erforderlich sind daneben auf Dauer angelegte globale Ozeanbeobachtungsprogramme, wie sie in der Meteorologie seit langem üblich sind. Ein entsprechendes Programm unter der Bezeichnung GOOS wird international gegenwärtig entwickelt, kommt aber nicht so recht voran, weil es bisher an klaren Zusagen der Staaten fehlt, sich langfristig zu solchen Programmen zu verpflichten. Auch von Deutschland wird ein Beitrag erwartet. Zusammen mit anderen leistungsfähigen Staaten werden wir uns an Beobachtungsprogrammen im offenen Ozean beteiligen müssen. Denn wer sonst sollte das tun?

Dazu gehört auch, daß wir die Staaten unterstützen, die aus eigener Kraft derartige Programme noch nicht durchführen können. Viele außereuropäische Küstenstaaten benötigen Unterstützung beim Aufbau von maritimen Institutionen, bei der Ausbildung, aber auch beim Technologietransfer. Und wenn wir dabei in Deutschland sehr zurückhaltend sind, übersehen wir, daß damit die Märkte von morgen beeinflußt werden können. Ohnehin kann ein Ozeanbeobachtungsprogramm, wenn es denn international in Gang gebracht ist, einen wesentlichen An Schub für neue Technologien bringen und damit auch unter wirtschaftlichen Aspekten interessant werden. Wer hier mit geeigneten Geräten und Systemen, aber auch mit Dienstleistungen zum richtigen Zeitpunkt auf dem Markt ist, wird große Chancen haben. Auch das ist ein künftiges

Tätigkeitsfeld für die maritime Industrie. Kürzlich habe ich eine britische Firma kennengelernt, die mehr als 80 Wissenschaftler beschäftigt und ozeanographische Dienste in aller Welt erbringt. Warum ist etwas Vergleichbares in Deutschland nicht möglich? Fehlt es an der politischen Unterstützung, um das Leistungspotential der maritimen Industrie auch in der internationalen technischen Zusammenarbeit besser zur Geltung zu bringen?

Fazit

Das alles veranlaßt mich zu dem Fazit: Auch wir in Deutschland müssen uns stärker dem Meer zuwenden. Wir müssen uns intensiver mit seiner Bedeutung, seinen Möglichkeiten und seinen Problemen auseinandersetzen. In der Nutzung der Meere liegt eine Chance auch für unsere Wirtschaft. Gerade deshalb können und müssen wir dazu beitragen, daß maritime Industrie und die Zukunft der Weltmeere nicht als Widerspruch betrachtet, sondern Nutzung und Schutz der Meere miteinander in Einklang gebracht werden.

Literaturhinweise:

- Anon.: Der Wettlauf um die Schätze der Tiefsee hat begonnen. Welt am Sonntag, 11.1.1998.
- Anon.: Positive Entwicklungen der deutschen Ostseehäfen. Verkehrsnachrichten, Januar 1998, S. 1.
- Anon.: Wind treibt das Salz aus dem Meerwasser. Die Welt, 7.2.1998.
- Becker, G.: Hafenaufbau - Entwicklung und Perspektiven weltweit. Schiff & Hafen, 1/98, S. 46.
- Bothour, C.: Mit der Kraft der Wellen Strom erzeugen. Die Welt, 4.2.1998.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 1995. Hannover, 1995.
- Ernst, S.: Weltmarktführer mit Tiefsee-Rammhämmer. Die Welt, 29.12.1997.
- Heitmann, K.: Günstige Aussichten für weiter steigende Umschlagentwicklung. Schiff & Hafen, 1/1998, S. 43.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Die Gestaltung der maritimen Zukunft Europas - ein Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit der maritimen Wirtschaft. (KOM (96) 84 endg.), Brüssel, 1996.
- Laue, U.: Ostseeschifffahrt - Besonderheiten und Entwicklungen. Schiff & Hafen, 3/1998, S. 10.
- Mundt, S. H.: Deutsche Schiffbau- und Offshore-Zulieferindustrie - Offensive für schwierige Märkte, Schiff & Hafen 1/1998, S. 32.
- Schöttelndreyer, W.: Deutsche Schiffbauindustrie - 1997 - ein Jahr des Abwartens. Schiff & Hafen 1/1998.
- Verband Deutscher Reeder: Seeschifffahrt 1997. Hamburg, 1997.
- Verband für Schiffbau und Meerestechnik e.V.: Jahresbericht 1997. Hamburg, 1998.
- Verband für Schiffbau und Meerestechnik e.V. und Gesellschaft für maritime Technik e.V.: Strategiepapier für die maritime Technik in Deutschland. Hamburg, 1998.
- Zentralverband der Deutschen Seehafenbetriebe e.V.: Bericht 1996/97. Hamburg, 1997.

Perspektiven für eine nachhaltige Befischung der Meere

G. Hubold

Stand der Nutzung

Obwohl die Weltfischereistatistik der FAO jedes Jahr neue Rekorde ausweist (1996: 121 Mio t), geht die Phase des kontinuierlichen Wachstums in der Meeresfischerei zu Ende. Die Steigerungen der Vergangenheit wurden durch die Erschließung immer neuer Ressourcen ermöglicht; die traditionellen Bestände wurden dagegen oft übernutzt und werden heute zum Teil unter ihren tatsächlichen Produktionsmöglichkeiten bewirtschaftet.

Für die Zukunft ist es deshalb geboten, stärker den Erhalt bzw. Wiederaufbau der traditionellen lebenden Meeresschätze in Angriff zu nehmen und bei der Erschließung noch vorhandener neuer Ressourcen von vornherein eine Übernutzung zu vermeiden. Um dies zu erreichen, werden umfangreiche wissenschaftliche Arbeiten und zum Teil neue Managementkonzepte erforderlich.

Nach FAO Schätzungen stammen heute 77% des Weltfischereiertrages von nur 200 Beständen (aus über 25.000 Fischarten weltweit). 40% dieser 200 Hauptbestände zeigen noch Entwicklungsmöglichkeiten, 25% werden als voll genutzt auf hohem Niveau eingestuft, 35% zeigen abnehmende Erträge. Das heißt also: Die Meere sind nicht leergefischt, wie es oft verkürzt dargestellt wird, aber sie werden heute auf einem sehr hohen Ertragsniveau genutzt. Dabei ist ein Anteil von 35% überfischten Beständen deutlich zu hoch.

Weiterhin verbirgt sich hinter den Globalzahlen eine Tendenz zur qualitativen Verschlechterung, da die Mehrzahl der 35% problematischer Bestände vor allem wertvolle Speisefische wie z. B. Kabeljau sind. So hat sich die Fischerei in der Nordsee von den ehemaligen Konsumfischarten Kabeljau, Schellfisch, Scholle, Makrele, Hering hin zu einer von den Industriefischen Sandaal, Stintdorsch und Sprott dominierten Nutzung entwickelt. Weltweit wird ein Drittel der Fänge industriell zu Fischmehl und Fischöl verarbeitet, in der Nordsee sogar über 50%.

Eine Verbesserung dieses suboptimalen Nutzungsmusters und ein gezielter Erhalt und Wiederaufbau wertvoller Konsumfischbestände ist deshalb Ziel der Fischereiforschung und wird zunehmend zur Grundlage des Fischereimanagements, wie es z. B. in der EU und in internationalen Fischereikonventionen durchgeführt wird.

Überhöhter Fischereiaufwand

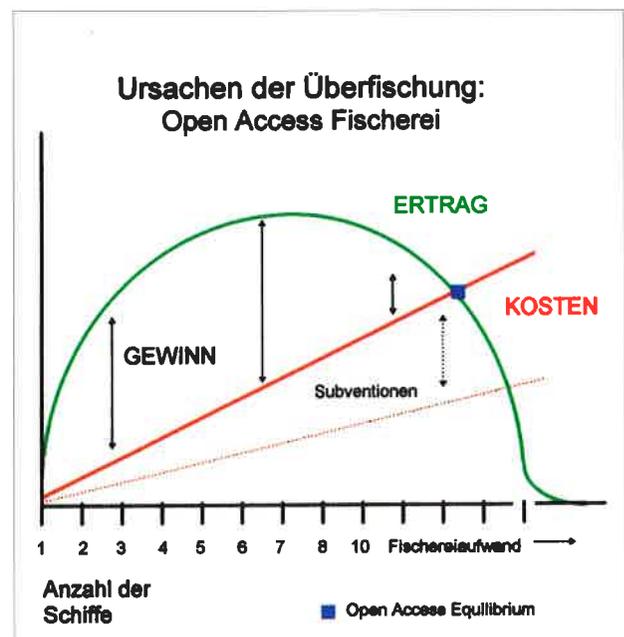
Die Mechanismen der Überfischung sind hinlänglich bekannt. Als Allgemeingut (Allmende) gehören die Fische im Meer grundsätzlich dem, der sie fängt. Nach einem einfachen ökonomischen Modell (s. Temming & Temming, 1991) verhält sich eine neu entstehende, unregelte Fischerei nach einem typischen Muster (Abb. 1): Die neue Ressource zieht Kapital auf sich, die Fischerei wächst beständig an. Der Gesamtertrag

nimmt zunächst zu, erreicht dann ein Maximum und sinkt bei Erschöpfung der biologischen Produktionskraft ab. Die Kosten der zunehmend intensivierten Fischerei steigen dabei etwa linear an, so daß der Gewinn pro Boot anfangs hoch ist, sich dann mit der Zahl der Boote aber laufend verringert. Der maximale Gewinn - bezogen auf die gesamte Flotte - wird bei einem geringeren Aufwand erzielt als der maximale Gesamtertrag. Am Schnittpunkt der Ertragskurve mit der Kostenkurve (dem Open Access Equilibrium) macht die Flotte keinen Gewinn mehr.

Das Open Access Equilibrium wird in der Praxis oft noch überschritten, da die hier gezeigte Kostenkurve auch Zinsen und Eigenerlohn (Opportunitätskosten) enthält. Diese Kosten lassen sich gerade bei kleinen Fischereibetrieben und Familienunternehmen beträchtlich senken, zum Beispiel indem der Eigener auf Teile seines Lohns verzichtet, etwa wenn keine Alternative am Arbeitsmarkt vorhanden ist. Zusätzlicher Einsatz von Helfern aus der Familie usw. läßt Fischereien oft weit jenseits des eigentlichen Kostendeckungspunkts weiter arbeiten.

Gleichzeitig werden kurzzeitig bessere Erträge erzielt, wenn technische Verbesserungen eingeführt werden können oder Subventionen die Kostenkurve senken. Schließlich gerät die Fischerei durch weitere Aufwandssteigerung in einen Bereich der Ertragskurve,

Abb. 1: Modell der Entwicklung einer Fischerei. Mit zunehmender Steigerung des Fischereiaufwands (Anzahl der Schiffe) steigt der Ertrag zunächst stark an. Jenseits des Gleichgewichtspunkts (Open Access Equilibrium) bleibt der Ertrag hinter den Kosten zurück. Subventionen vermögen durch Senkung der Kostengeraden bei insgesamt nur noch geringem Fischereiertrag den Gleichgewichtspunkt weiter hinauszuschieben.



die zum ökonomischen Zusammenbruch führen kann und in seltenen Fällen sogar zum biologischen Kollaps eines Fischbestandes.

Eigentumsrechte

Eine denkbare Alternative zu diesem Szenario wäre eine Gesamtbewirtschaftung eines Fischbestandes im Rahmen von Eigentumsrechten der Einzelfischer oder durch ein großes Unternehmen oder eine Genossenschaft (etwa mit den sogenannten Individuellen Transferierbaren Quoten (ITQ), die als Besitz handelbar sind). Für solche Eigentümlösungen gibt es erste Beispiele. So praktiziert Neuseeland ein ITQ System seit einigen Jahren, das dort allerdings zu relativ hohen Bewirtschaftungskosten für die Fischer geführt hat.

Gegen Eigentumsrechte und ihre freie Handelbarkeit sprechen auch eine Reihe von politischen Zielen, wie der Erhalt traditioneller Strukturen in Küstenregionen oder die Förderung von Arbeitsplätzen besonders in den kleinen Fischereibetrieben. Schließlich bestehen auch biologische Probleme überall dort, wo gemischte Bestände befischt werden, die sich nicht nach Eigentum trennen lassen, so wie es für unsere Gewässer in Nord- und Ostsee typisch ist.

Aber auch unter der optimistischen Annahme, daß alle Kriterien für eine Eigentümbewirtschaftung zu erfüllen wären, wäre das private Eigentum an den Fischen noch kein Garant für nachhaltige Fischerei. Ein Grund hierfür liegt wiederum im ökonomischen Bereich und wurde vom Kieler Ökonom Pöppe 1995 in einem provokanten Papier dargestellt. Unter dem Titel „Ausrottung als optimale Strategie“ zeigt Pöppe anhand einer wenig produktiven marinen Ressource, einem hypothetischen Blauwalbestand, wie rein ökonomische Betrachtungsweisen eine nachhaltige Bewirtschaftung ausschließen können: Pöppe's Modellbestand von 75.000 Blauwalen kann bei nachhaltiger Bewirtschaftung mit einer Entnahme von knapp 3% (2.000 Tiere) zu je 10.000 \$ einen dauerhaften Ertrag von 20 Mio US\$ pro Jahr liefern.

Bei sofortiger Liquidation aller Wale hingegen könnte der Gesamterlös von 750 Mio \$ auf dem normalen Kapitalmarkt zu nur 5% Zinsen einen Dauerertrag von 37,5 Mio \$ pro Jahr liefern. Obwohl dieses Beispiel nicht in die Realität zu übertragen ist, zeigt es doch das Grundproblem auf. Auch wenn Fische viel produktiver als Wale sind, kann ein schlecht bewirtschafteter Restbestand, der sich weit jenseits seines Produktivitätsoptimums befindet, durch totale Abfischung eventuell mehr Gewinn erbringen als durch jahrelangen vorsichtigen Wiederaufbau.

Öffentliche Verantwortung

Aus den oben gezeigten Erwägungen folgt zwingend die öffentliche Verantwortung für die Regelung des Zugangs zu den lebenden Meeresschätzen und die Bewirtschaftung der Ressourcen nach den politischen Zielen des Allgemeinwohls. (Die Ziele müssen nicht immer am Ertrags- oder Gewinnmaximum orientiert sein; auch eine Vielzahl von erwerbstätigen Fischern,

oder der Erhalt eines natürlichen Ökosystems können sinnvolle Ziele des Fischereimanagements sein).

Tatsächlich werden heute die weitaus meisten Fischereien weltweit öffentlich streng reglementiert und kontrolliert. Aber auch öffentlich kontrollierte, geregelte Fischereien können scheitern, wie vor einigen Jahren in Kanada unter dramatischen Umständen geschehen.

Auch in kontrollierten Fischereien ist eine Begrenzung des Fischereiaufwandes vor dem Open Access Equilibrium oder gar am Optimumpunkt schwierig, weil ein notwendiger Flottenabbau nur langsam und sozialverträglich durchgeführt werden kann und viele der Reduzierungsmaßnahmen (Stillelegungen, Abwracken) durch Verbesserungen der technischen Ausrüstung wettgemacht oder sogar überkompensiert werden können. So hat seit Einführung der Gemeinsamen Europäischen Fischereipolitik (GFP) 1983 der tatsächliche Fischereiaufwand in der Baumkurrenfischerei der Nordsee stark zugenommen, obwohl die Zahl der Fahrzeuge aufgrund von Flottenabbauprogrammen gesunken ist.

Kenntnis der biologischen Grundlagen

Einschneidende gesetzliche Maßnahmen werden zusätzlich dadurch erschwert, daß eine genaue Kenntnis der Produktionsbedingungen und des möglichen maximalen Dauerertrags für viele Fischereien aufgrund der ungenügenden Kenntnis der biologischen Grundlagen nicht besteht. Das beste Management steht und fällt mit der Qualität der Eingangsdaten, die für die Bewirtschaftungsmodelle benötigt werden; unglücklicherweise ändern sich diese Parameter laufend oder mindestens jährlich mit dem jeweils neuen Nachwuchsaufkommen der Fischbestände und müssen deshalb laufend aufwendig ermittelt werden.

Datenquellen sind die Anlandestatistiken der kommerziellen Fischereien und fischereiu unabhängige wissenschaftliche Surveys. Beide Quellen haben sich zumindest in Europa in den letzten Jahren nicht verbessert, sondern - durch Personalabbau und Einsparungen - verschlechtert. Erste Auswirkungen wurden im Management bereits sichtbar: So mußte 1996 eine aufgrund ungenügender Daten beschlossene Gesamtfangmenge für Hering in der Nordsee kurzfristig halbiert werden; die wirtschaftlichen Auswirkungen auf die Fischereibetriebe, die sich auf ihre Quote eingestellt hatten, waren erheblich.

Bewirtschaftung der Fischbestände

Das heutige Fischereimanagement orientiert sich im wesentlichen am dauerhaft möglichen Maximalertrag, englisch dem „Maximum Sustainable Yield“ (MSY Modell). Dieser Begriff beinhaltet zwar die Dauerhaftigkeit (bzw. Nachhaltigkeit) der Befischung, aber die Erfahrung zeigt, daß eine nachhaltige und maximale Nutzung oft nicht durchzuhalten ist.

Die Werkzeuge im vorhandenen Management zielen einerseits auf die Steuerung des Fischereiaufwands durch Festsetzung von Maschenweiten, Einsatz von Sortiergittern, Errichtung von Schutzzonen, Kapa-

zitätsbegrenzung, Stilllegen, Stillliegen von Fischereifahrzeugen etc. und andererseits auf die Begrenzung der Produktion durch die Festsetzung von zulässigen Gesamtfangmengen (Total Allowable Catch, TAC) und Quoten, Mindestgrößen, sowie Beifang- und Diskardregulierungen.

Das MSY Modell ist grundsätzlich durchaus geeignet für eine Allmendefischerei, wenn die Rahmenbedingungen wie ausreichend genaue Daten, laufende Anpassung und strikte Kontrolle der Einhaltung stimmen. Unter diesen Bedingungen sind Erfolge möglich: Die Bewirtschaftung des nordostatlantischen Kabeljaus führte in den letzten Jahren zu deutlich steigenden Fängen; der Nordseehering, 1996 mit unter 500.000 t Biomasse noch in einer kritischen Lage, wurde 1997 wieder auf eine Elternbestandsbiomasse von 748.000 t aufgebaut. Schon im Jahr 1998 soll er die erwünschte biologische Mindestgröße (MBAL) von 800.000 t erreichen, und 1999 wird der Nordseehering mit einem erwarteten Elternbestand von 1,3 Mio t den hohen Anforderungen eines nach dem neuen Vorsorgeansatz bewirtschafteten Bestandes genügen.

Viele andere, negative Beispiele haben jedoch dazu geführt, daß Politik und Management, gedrängt von einer zunehmend kritischen Öffentlichkeit, nunmehr vom MSY Modell abrücken und nach neuen wissenschaftlichen Ansätzen suchen, die eine sichere und dauerhafte Bewirtschaftung von Fischbeständen ermöglichen.

Neue Ansätze

Das Zauberwort des neuen Fischereimanagements heißt Vorsorgeansatz (VA). Der VA ist im politischen Bereich bereits fester verankert, als es vielen bewußt ist. So fordert der FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries (1995) den Vorsorgeansatz für alle Fischereien; aber auch im Maastricht Vertrag von 1992 ist der VA bereits enthalten. Vorsorge ist zentrales Thema der Interministeriellen (IMM) Abschlusserklärung von Bergen (1997), in der die Anwendung des Vorsorgeansatzes bei der Bewirtschaftung lebender Meeresressourcen fest vorgesehen ist. In der Gemeinsamen Fischereipolitik der EU sollen erste Bestände ab 1999 nach dem VA bewirtschaftet werden. Eine wichtige Neuerung des Vorsorgemanagements ist die sofortige Durchführung vorgegebener, verbindlich vereinbarter Schutzmaßnahmen (Verringerung bis Schließung der Fischerei) bei Erreichen von definierten Bestandszuständen. Die Grenzwerte sind durch Vorsorgereferenzpunkte (Zielreferenzpunkte, Grenzüberschreitungspunkte) gekennzeichnet. Die Referenzpunkte sind nach bester wissenschaftlicher Kenntnis zu definieren, dabei führt eine schlechte Datenlage grundsätzlich zu restriktiveren Referenzpunkten, d. h. zu einer verringerten Fangmenge.

Für die Umsetzung dieses Konzepts wird es notwendig sein, sich auf Managementziele und Vorsorgeziele zu einigen und die beste wissenschaftliche Kenntnis bereitzustellen, um diese Ziele möglichst nah am MSY Niveau zu etablieren. Dies erfordert in vielen Fällen verstärkten Forschungsaufwand, wenn man nicht

große Teile der fischereilichen Nutzung im Vorsorgemanagement preisgeben will.

Einige Nachteile des VA liegen auf der Hand: In der Praxis werden verminderte Fänge zumindest für eine Übergangszeit in Kauf zu nehmen sein. Aber auch in der Theorie ist der Vorsorgeansatz noch nicht die ultima ratio. So ist eine ökosystemare Betrachtung nicht enthalten, und auch die Umwelteinwirkungen finden nur indirekte Berücksichtigung. Daher ist abzusehen, daß einerseits die Einführung bei den betroffenen Fischern auf erhebliche Widerstände stoßen wird, andererseits die Konzepte aus Sicht des Umweltschutzes als noch nicht weit genug gehend abgelehnt werden könnten.

Die Entwicklung wird deshalb noch andere Richtungen nehmen, wie ein neues Konzept aus den USA zeigt (Cross et al., 1997, ICES CM).

Essential Fish habitats

Im Magnuson-Stevens Fischereigesetz von 1996 wird der Begriff Unverzichtbarer Lebensraum (Essential Fish Habitat) geprägt (Abb. 2). Das Konzept schützt den Lebensraum aller Lebensstadien genutzter Fischbestände, fügt also dem Vorsorgeansatz noch einen entwicklungsbiologischen und einen geographischen Aspekt hinzu. Der nach dem EFH Konzept definierte Unverzichtbare Lebensraum liegt zwischen dem minimalen Kritischen Lebensraum (critical habitat) für eine lebensfähige Population und dem gesamten Verbreitungsgebiet (geographic range).

Genauere Kenntnis der Arten und ihrer Lebensansprüche und zwar in allen Phasen der Entwicklung ist nötig, um diese Gebiete zu definieren; entsprechend dem Vorsorgeansatz soll bei geringer Kenntnis ein größerer Bereich, also bis hin zum gesamten Verbreitungsgebiet unter Schutz gestellt werden, während bei guter Kenntnis der biologischen Grundlagen ein minimaler Kritischer Lebensraum ausreichend sein kann.

Auch aus diesem Modell folgt die Notwendigkeit für eine sichere Kenntnis aller betroffenen Arten und ökologischen Zusammenhänge, wenn man die bestehende Nutzungsintensität wenigstens annähernd beibehalten möchte.

MSC

Neben den Entwicklungen im staatlichen Bereich sind in den letzten Jahren immer stärker nichtstaatliche Initiativen der Umweltgruppen und der Privatindustrie zu verzeichnen, die sich für den Erhalt der Ressourcen und alternative Bewirtschaftungsmodelle stark machen. Nach dem seit einigen Jahren etablierten zertifizierten Tropenholz werden in Zukunft auch privat zertifizierte Fische aus bestandserhaltender Bewirtschaftung auf den Markt gelangen. Eine Initiative von WWF und Unilever hat 1996 den Marine Stewardship Council (MSC) ins Leben gerufen, der sich für eine nach umweltgerechten Prinzipien arbeitende Fischerei einsetzt und entsprechende Zertifizierungen und Gütesiegel vergeben will. Bereits ab Ende 1998 sollen die

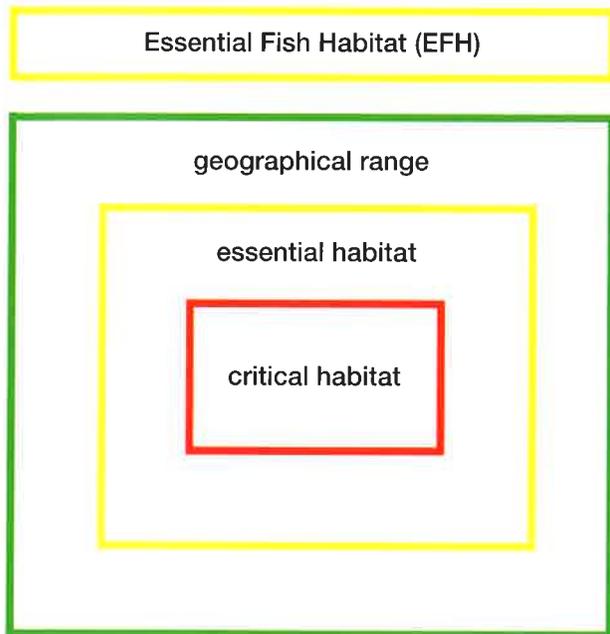


Abb. 2: Schema des Konzeptes zum Essentiellen Fischlebensraum. Abgestufte Schutzmaßnahmen zum Bestandserhalt werden auf unterschiedlichen räumlichen Skalen wirksam. Je weniger über einen Fischbestand bekannt ist, desto größer muß die Schutzzone gefaßt werden; bei völliger Unkenntnis ist das gesamte Verbreitungsgebiet (grün) einer Fischart zu schützen, bei guter Kenntnis nur der „kritische Lebensraum“ (rot).

ersten Produkte mit entsprechender Beurteilung auf dem deutschen Markt sein.

Der MSC verfolgt in seiner Beurteilung der Nachhaltigkeit einer Fischerei drei Prinzipien:

- Die Nutzung darf nicht zu Überfischung führen, wenn Überfischung oder Erschöpfung eintritt, muß ein Wiederaufbau durchgeführt werden.
- Die Fischerei muß die Struktur, Produktivität, Funktion und Diversität des Ökosystems erhalten, einschließlich der Habitate, abhängigen und mitlebenden Arten.
- Die Fischerei muß einem effektiven Managementsystem unterliegen.

Diese Grundprinzipien sind in einer Vielzahl von spezifischen Kriterien detailliert.

Die anspruchsvollen Prinzipien und Kriterien für eine Zertifizierung unter MSC können nur unter optimalen Bewirtschaftungsbedingungen erfüllt werden. Die Initiative kann deshalb öffentliches Fischereimanagement keineswegs ersetzen, sondern muß im Gegenteil auf die Einführung sinnvoller staatlicher und internationaler gesetzlicher Regelungen drängen und auf deren Einhaltung hinwirken. Hierzu gehört auch die Einforderung der Erfüllung der staatlichen Verantwortung für eine ausreichende Forschung, Verwaltung und Kontrolle als Grundlage für eine dauerhafte Nutzung einer Ressource.

Ausblick

Nachhaltige Bewirtschaftung und Vorsorgeansatz sind also zweifellos auf dem Vormarsch. Für die Meereswissenschaft stellt sich dabei die Frage, ob die absehbaren größeren Anforderungen überhaupt zu leisten sein werden, oder ob die ehrgeizigen Ansätze eines nachhaltigen Umgangs mit den natürlichen Ressourcen an der Realität einer abbröckelnden Wissenschaftsstruktur scheitern werden.

Ich denke, von wissenschaftlicher Seite sollten wir darauf vorbereitet sein, die Herausforderung neuer Aufgabenfelder für neue Bewirtschaftungsmodelle anzunehmen und gegebenenfalls Prioritäten neu zu setzen. Es müssen schnell Kapazitäten bereitgestellt werden, wenn erste Referenzpunkte und Vorsorgekriterien bald in die Bewirtschaftung eingefügt werden sollen. Eine Neuorientierung der Aufgaben der Forschung im Ressortbereich der Fischereiminister hat in vielen europäischen Ländern bereits in den letzten Jahren stattgefunden, allerdings nicht immer mit einem auf diese neuen Anforderungen ausgerichteten Ziel: so sieht beispielsweise in Deutschland die Planung des BML bis zum Jahr 2005 einen Abbau der entsprechenden Forschungskapazitäten um knapp 30% vor, und auch die Bundesländer und BMBF reduzieren ihre marine biologische Forschungskapazität, wie am Beispiel der Biologischen Anstalt Helgoland gut zu beobachten ist.

Andere EU Länder wie die Niederlande oder das Vereinigte Königreich Großbritannien gehen den Weg der Privatisierung, um die öffentlichen Haushalte von den teuren Verpflichtungen der Ressourcenforschung zu entlasten. Weder in der auf kurzfristige Projekte angelegten privatisierten Forschung noch mit den reduzierten Reststrukturen der Fischereiforschung wird jedoch zukünftig die sichere Datenbasis zu schaffen sein, auf der ein sinnvolles Ressourcenmanagement nach dem Vorsorgeansatz möglich sein wird. Der derzeit stattfindende Abbau der Forschung erschwert oder verhindert eine sinnvolle Umsetzung des Vorsorgeansatzes: Mit den geringeren Kenntnissen wird dann eine nur geringe Ausnutzung der Ressourcen möglich sein.

Fischerei, Verarbeitungsindustrie und Verbraucher sollten sich deshalb gerade im Jahr des Ozeans ihrer Verantwortung für die nachhaltige Bewirtschaftung der Meere bewußt werden und gemeinsam darauf hinwirken, daß im politischen Bereich für die Schaffung und Erhaltung der notwendigen Strukturen gesorgt wird, damit wir das überaus wertvolle, natürliche Lebensmittel „wilder Fisch“ auch in Zukunft noch selbstverständlich und ausreichend zur Verfügung haben.

Literatur:

- Cross, J. N., D. W. Brown & J. M. Kurland (1997): Essential Fish Habitat: A new Fisheries management Tool. ICES CM 1997/V: 10.
- Pöppe, C. (1995): Ausrottung als optimale Strategie? Spektrum der Wissenschaft; Feb. 1995: 92 - 97.
- Temming, A. & B. Temming (1991): Aufwandssteigerung und ökonomische Überfischung der Krabbenfischerei in der Nordsee. Arbeiten des Deutschen Fischerei Verbandes, Heft 52: 95 - 136.

Das Weltmeer als Schadstoffsенke

B. Schneider

Vorbemerkung

Ich habe den hier in seinen wesentlichen Teilen schriftlich niedergelegten Vortrag seinerzeit mit der Bemerkung eingeleitet, daß ich nur mit einem gewissen Unbehagen über wissenschaftliche Befunde zu Fragen der Meeresverschmutzung berichte. Der Grund hierfür liegt darin, daß wissenschaftliche Erkenntnisse über den Zustand unserer Umwelt politische Relevanz besitzen und folglich immer dann in Frage gestellt werden, wenn sie sich nicht mit einem wie auch immer gearteten umweltpolitischen Weltbild zur Deckung bringen lassen. Bedauerlicherweise ist immer wieder zu beobachten, daß umweltpolitische Positionierungen sich auf unreflektierte Glaubenssätze stützen, die sich von der Realität losgelöst haben und ein zähes Eigenleben führen. Dieses führt zwangsläufig zu Konflikten mit der Wissenschaft, die dem Schutz der Umwelt nur einen Dienst erweisen kann, wenn sie sich ihre Glaubwürdigkeit erhält und ohne Zielvorgaben das Ausmaß, die Entwicklung und mögliche Folgen menschlicher Eingriffe in das Naturgeschehen aufzeigt. Hierzu soll im folgenden ein Beitrag geliefert werden.

Einleitung

Die Schadstoffbelastung der Meere erfordert eine differenzierte Betrachtung, die unterschiedliche Raumskalen unterscheidet. Es ist sinnvoll, die Meeresverschmutzung auf lokaler, regionaler und globaler Ebene zu diskutieren. Lokale Verschmutzungen, die durch die direkte Einleitung von Schadstoffen im Umfeld größerer Küstenstädte oder im unmittelbaren Mündungsbereich stark belasteter Flüsse verursacht werden, sind nicht Gegenstand der folgenden Ausführungen. Untersuchungen in diesen Problemzonen fallen häufig in die Zuständigkeit nationaler oder kommunaler Überwachungsinstitutionen, deren Informationspolitik in vielen Ländern eher restriktiv ist, so daß ein Einblick in diese unter Umständen folgenschwersten Verschmutzungserscheinungen nur schwer zugänglich ist.

Die Meeresforschung hingegen ist in der Regel regional oder global ausgerichtet, wobei die Kennzeichnung „regional“ die Rand- und Nebenmeere anspricht und der Begriff „global“ sich auf die ozeanische Forschung bezieht. Auch wenn die betreffenden Forschungsinstitutionen, wie etwa das Institut für Ostseeforschung in Warnemünde, sich mit der Verschmutzungsproblematik befassen, verstehen sie sich im allgemeinen nicht als Einrichtung zur Überwachung der Meeresumwelt, sondern integrieren die betreffenden Untersuchungen in grundlegende Arbeiten zum Verständnis der Stoffkreisläufe im Meer. Unter diesem Blickwinkel soll die Verschmutzungsproblematik im folgenden dargestellt werden.

Unter einem Schadstoff versteht man eine Substanz, die in der Lage ist, in biologische Stoffwechsellor-

gänge einzugreifen und dadurch das Potential besitzt, einzelne Spezies oder auch ganze Ökosysteme zu schädigen. Ob eine solche schädigende Wirkung eintritt, ist in erster Linie eine Frage der Konzentration. Aber auch unterhalb der Toxizitätsgrenze kann durch die Wechselwirkung zwischen verschiedenen Schadstoffen ein toxischer Effekt nicht ausgeschlossen werden.

Es ist sinnvoll zwischen zwei Schadstoffklassen zu unterscheiden: den Schwermetallen und den organischen Verbindungen. Während Schwermetalle durch Erosion von Erdkrustenmaterial auch auf natürlichem Wege in das Meer gelangen, erfolgt die Belastung der Meere durch toxische organische Verbindungen nahezu ausschließlich durch menschliche Aktivitäten. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal liegt darin, daß die Zahl der Schwermetalle sowie ihrer im Meerwasser existierenden chemischen Verbindungen gering ist im Vergleich zu der nur schwer überschaubaren Vielfalt anthropogener organischer Verbindungen, von denen vermutlich viele noch gar nicht identifiziert werden konnten. Weiterhin ist die chemische Analyse der häufig schon im extremen Spurenbereich toxisch wirkenden organischen Schadstoffe erheblich aufwendiger als für die Schwermetalle im Meer. Hieraus folgt, daß unser Wissen über die Schwermetallbelastung umfassender ist als über die Verunreinigung mit organischen Schadstoffen. Dadurch werden in den folgenden Ausführungen die Schwermetalle zwangsläufig in den Vordergrund gerückt, woraus aber keine Wichtung der ökologischen Bedeutung abzuleiten ist.

Wie gelangen Schadstoffe ins Meer?

Über die Atmosphäre:

Schwermetallemissionen sind vorwiegend auf Hochtemperaturprozesse zurückzuführen. So erfolgt die Freisetzung von Cadmium, Quecksilber, Kupfer und Zink überwiegend durch die Verbrennung fossiler Energieträger sowie bei der Produktion dieser Metalle. Das Blei wird trotz des in den letzten Jahren drastisch eingeschränkten Verbrauchs von verbleitem Benzin immer noch zu rund 80% durch den Kraftfahrzeugverkehr emittiert, sofern man die Emissionen im gesamten Europa betrachtet.

Die größte Gruppe der organischen Schadstoffe stellen die verschiedenartigen Pestizide dar, die naturgemäß durch den Einsatz in der Landwirtschaft in die Atmosphäre gelangen. Beachtung finden im marinen Bereich ebenfalls die polyaromatischen Kohlenwasserstoffe, die durch die unvollständige Verbrennung von Kohle und Erdölprodukten entstehen. Großes Interesse ist in den vergangenen Jahren auch den polychlorierten Biphenylen (PCBs) zuteil geworden, die als Isolationsmittel in elektrischen Anlagen Verwendung finden und durch unsachgemäße Handhabung und Entsorgung in die Umwelt gelangen.

Um die Verteilung und den Transport dieser Schadstoffe in der Atmosphäre durch Modellrechnungen zu simulieren, sind verschiedene Versuche unternommen worden, Emissionsinventare zu erstellen. Das Umweltbundesamt hat in einer gemeinsamen Studie mit dem niederländischen TNO die Emissionen nahezu aller nach unserem gegenwärtigen Kenntnisstand für den marinen Bereich relevanten Schadstoffe ermittelt (Berdowski et al., 1997). Die betreffenden Daten sind in einem Gitternetz von 50 km² x 50 km² für ganz Europa erhoben worden und beziehen sich auf das Jahr 1990. Ein Vergleich mit ähnlichen Untersuchungen aus dem Jahr 1980 zeigt, daß die Schwermetallemissionen während der betreffenden Zeitspanne im Mittel auf etwa die Hälfte zurückgegangen sind (Abb. 1). Da für die organischen Schadstoffe kein Datenmaterial für das Jahr 1980 vorliegt, läßt sich lediglich vermuten, daß gesetzgeberische Maßnahmen zur Einschränkung der Verwendung von verschiedenen Pestiziden und der PCBs Wirkung gezeigt und zu einer Verringerung der Emissionen geführt haben. Ähnliche Entwicklungen dürften sich auch auf dem nordamerikanischen Kontinent vollzogen haben, eine globale Abschätzung jedoch, die insbesondere die aufstrebenden Industrienationen Asiens und die fortschreitende Industrialisierung in verschiedenen Regionen der Südhalbkugel zu berücksichtigen hätte, ist aufgrund fehlender Daten nicht möglich.

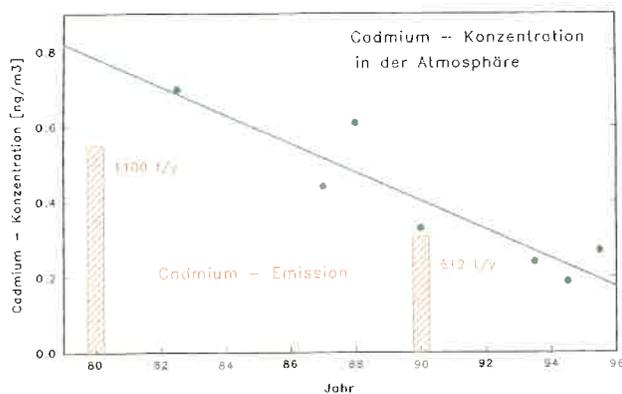


Abb. 1: Cadmiumemission in Europa in den Jahren 1980 und 1990 sowie die Entwicklung der atmosphärischen Cadmiumkonzentrationen im Bereich der südwestlichen Ostsee (teilweise aus: Lakaschus, 1997).

Die emittierten Schadstoffe liegen in der Atmosphäre in unterschiedlichen physikalischen Zustandsformen vor. Während fast alle Schwermetalle durch Adsorption an Rußteilchen in der Partikelphase auftreten, zeichnen sich die meisten organischen Schadstoffe sowie das Quecksilber durch eine mehr oder weniger starke Flüchtigkeit aus, so daß sie vollständig oder teilweise als Gas vorkommen. Die physikalische Erscheinungsform und die chemischen Eigenschaften der Schadstoffe bestimmen die mittlere Aufenthaltszeit in der Atmosphäre. Diese reicht von wenigen Tagen bis zu vielen Monaten, ist in der Regel aber hinreichend, um die Schadstoffe weiträumig in der Atmosphäre zu verteilen, so daß auch in den entlegendsten Meeresgebieten atmosphärische Schadstoffeinträge beobachtet werden.

Die Deposition von partikulären atmosphärischen Schadstoffen in das Meer erfolgt zu etwa 70% durch Niederschlag, indem bei der Wolkenbildung und beim Ausregnen der Wolke Luftstaubteilchen durch die Niederschlagströpfchen aufgenommen und direkt dem Meer zugeführt werden. Die trockene Deposition, bei der durch verschiedene mikrophysikalische Prozesse Luftstaubteilchen an der Meeresoberfläche abgelagert werden, trägt mit rund 30% zur gesamten Deposition bei.

Für den Eintrag gasförmiger Schadstoffe durch Niederschlag oder direkten Gasaustausch an der Meeresoberfläche spielt neben den Konzentrationen in der Atmosphäre die Wasserlöslichkeit der betreffenden Verbindung eine gewichtige Rolle. Das Wasser kann ein Gas nur solange aufnehmen, bis ein stoffspezifischer Sättigungszustand erreicht ist. Da dieser Sättigungswert nun aber mit steigender Temperatur geringer wird, ist es durchaus denkbar, daß die während der Wintermonate aufgenommenen gasförmigen Schadstoffe im Zuge der sommerlichen Erwärmung zu einer Übersättigung des Oberflächenwassers führen. Die Folge ist, daß der betreffende Schadstoff in die Atmosphäre zurückgeführt wird, hier wieder am großräumigen Transport teilnimmt und unter Umständen in kälteren Meeresregionen durch Gasaustausch vom Wasser wieder aufgenommen wird. Mit diesem unter dem Begriff „global distillation“ bekannt gewordenen Vorgang erklärt man sich die auffallend hohen Konzentrationen einiger organischer Schadstoffe in Schweinswalen aus polaren Breiten des Nordatlantiks (Bruhn, 1997).

Die Bedeutung des atmosphärischen Transports und der Deposition über See für die Stoffkreisläufe und Stoffbilanzen im Meer ist erst vor etwas mehr als 20 Jahren in das Bewußtsein der chemischen Ozeanographen gerückt. Seitdem wurden mehrere internationale Großprojekte, aber auch regionale Studien durchgeführt, um die Stoffflüsse an der Grenzfläche Meer/Atmosphäre zu quantifizieren. Im Jahr 1988 wurde von der WMO (World Meteorological Organisation) eine Gruppe von Experten damit beauftragt, den Wissensstand über die atmosphärischen Einträge von Schadstoffen und Nährsalzen in das Weltmeer zusammenzutragen und zu einem Gesamtbild zusammenzufügen. Als ein Beispiel für das Ergebnis dieser Bemühungen ist in Abb. 2 die globale Verteilung der Bleideposition wiedergegeben (GESAMP, 1989). Die Eintragsraten bewegen sich zwischen 10 µg/m² yr und 1.000 µg/m² yr, wobei die Nordhemisphäre sich insbesondere in küstennahen Regionen durch deutlich höhere Werte von der Südhemisphäre abhebt. Die Depositionsrate über der Ostsee betrug zum damaligen Zeitpunkt 2.400 µg/m² yr und paßt sich damit in das Gesamtbild ein. Ähnliche Verteilungsmuster, die sich durch die globale Verteilung der Emissionen sowie durch großräumige Luftmassenbewegungen erklären lassen, wurden auch für andere Schwermetalle ermittelt. Für die Deposition organischer Schadstoffe lagen zum damaligen Zeitpunkt nur außerordentlich wenige Messungen vor, so daß die daraus abgeleiteten Depositionsraten und deren Verteilungsmuster aus heutiger Sicht unrealistisch erscheinen.

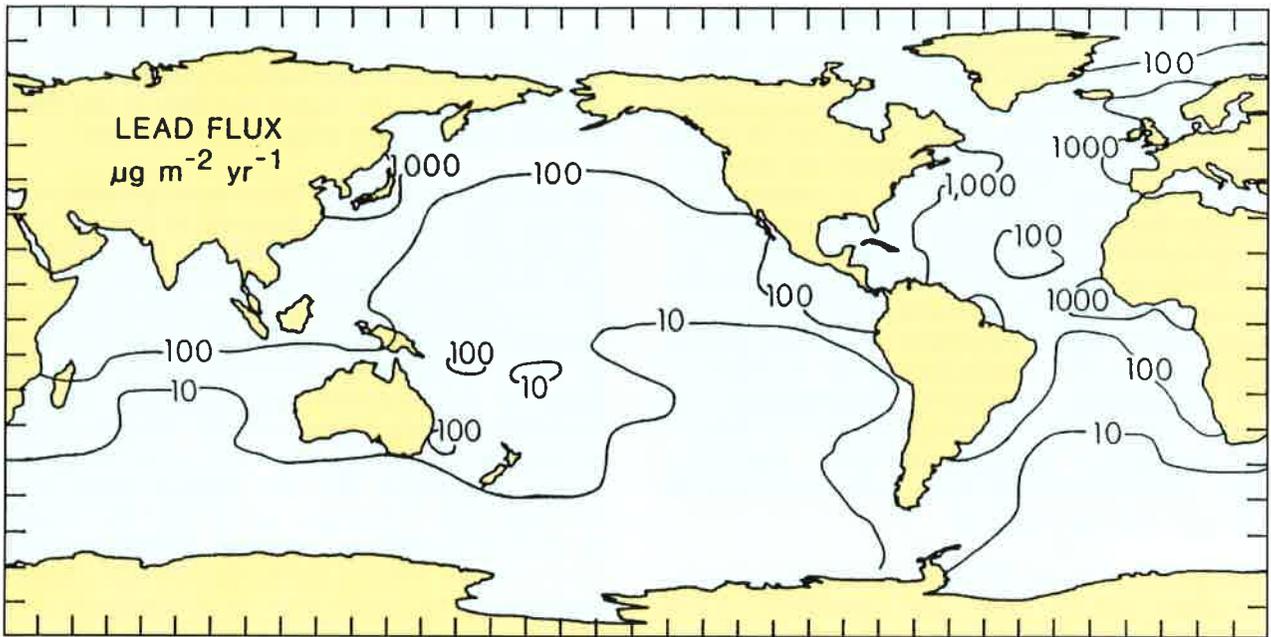
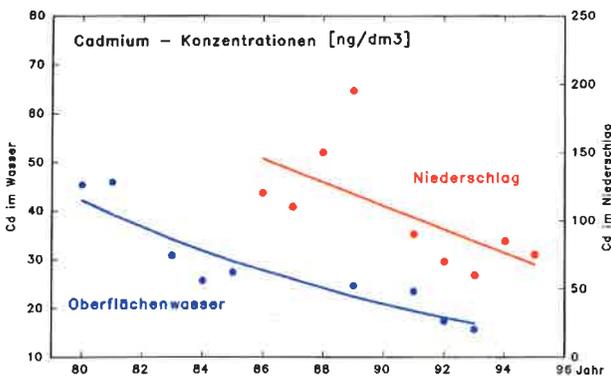


Abb. 2: Atmosphärische Deposition von Blei in das Weltmeer (GESAMP, 1989).

Neben den sich entwickelnden umfangreichen Forschungsanstrengungen wurden zu Beginn der achtziger Jahre auf regionaler Ebene auch Monitoring-Programme zur Ermittlung der atmosphärischen Schadstoffeinträge eingeleitet. So organisierte die Helsinki Kommission zur Überwachung der Meeresumwelt der Ostsee (HELCOM) ein Überwachungsprogramm, das die Bestimmung der Deposition von Blei, Cadmium, Kupfer und Zink vorsah. Inzwischen wird an einigen Meßstationen auch der Quecksilbereintrag gemessen. Die Aufnahme der organischen Schadstoffe konnte jedoch trotz der allgemein anerkannten Notwendigkeit bislang nicht realisiert werden, da die hierfür erforderlichen speziellen Probennahmetechniken einerseits noch nicht ausgereift sind und andererseits erhebliche zusätzliche finanzielle Ressourcen erfordern. Die längsten, bis in das Jahr 1986 zurückreichenden Meßreihen zu den Schwermetallkonzentrationen im

Abb. 3: Trends der Cadmiumkonzentrationen im Niederschlag an der schwedischen Ostseeküste sowie im Oberflächenwasser der zentralen Ostsee.



Niederschlag, die ein Maß für die Deposition darstellen, wurden an zwei schwedischen Küstenstationen gewonnen (HELCOM, 1991; HELCOM, 1997). Abb. 3 zeigt die mittleren Konzentrationen des Cadmium im Niederschlag für die einzelnen Jahre, die trotz einer erheblichen Streuung einen statistisch signifikanten rückläufigen Trend ausweisen. Dieser befindet sich qualitativ in Übereinstimmung mit den zwischen 1980 und 1990 reduzierten Emissionen, sowie mit der dem gleichzeitig zu beobachtenden Rückgang der atmosphärischen Cadmium-Konzentrationen über der südwestlichen Ostsee (Abb. 1). Für das Zink läßt sich eine ähnliche Entwicklung feststellen, während sich die Bleikonzentrationen im Niederschlag ab 1987 auf einem relativ gleichmäßigen und niedrigen Niveau bewegen, nachdem im Jahr zuvor noch etwa doppelt so hohe Werte gemessen wurden.

Neben meßtechnischen Methoden werden seit einigen Jahren zunehmend Modelle eingesetzt, um die Schadstoffdeposition über See zu ermitteln. Es wurden Trajektorien-Transportmodelle entwickelt, mit denen auf der Grundlage von meteorologischen Daten und Europa-weiten Emissionsinventaren die Einträge in Nord- und Ostsee berechnet werden können. Bislang wurden derartige Modellsimulationen, deren Güte ganz entscheidend von der Qualität der Emissionsdaten abhängt, im wesentlichen für die Elemente Blei, Cadmium und Quecksilber durchgeführt. Die Übereinstimmung zwischen den Modellresultaten und den meßtechnisch erhaltenen Eintragsabschätzungen hat sich mit der fortschreitenden Entwicklung der Meß- und Modellieretechniken zunehmend verbessert und kann für die genannten Schwermetalle mit etwa 30% beziffert werden.

Über die Flüsse:

Der Schadstoffzufuhr durch die Flüsse ist sicher lange Zeit deshalb die größte Aufmerksamkeit zuteil geworden, weil Flußwasser häufig schon vom Augenschein her verschmutzt erscheint. Die Schadstofffracht im Flußwasser stammt einerseits aus industriellen und

kommunalen Abwässern, andererseits ist Flußwasser aber auch ohne diese Einleitungen bereits vorbelastet, da es sich letztlich aus dem über den Kontinenten niedergegangenen, mit Schadstoffen angereicherten Niederschlag speist. Immer wieder ist von hohen Schadstoffkonzentrationen in Flüssen mit gravierenden ökologischen Folgen bis hin zu massenhaftem Fischsterben berichtet worden. Die Bedeutung dieser Schadstofffrachten für das offene Meer relativiert sich aber dadurch, daß durch Vermischung mit dem Meerwasser sehr zügig eine drastische Verdünnung erfolgt. Zudem werden erhebliche Anteile der Schadstofffracht bereits im Mündungsgebiet als Sediment am Meeresboden abgelagert. Abschätzungen besagen, daß im Mittel nur etwa 50% des im Flußwasser mitgeführten Cadmiums das offene Meer erreichen, während beim Blei dieser Anteil mit weniger als 1% noch weit darunter liegt.

Eine globale Gegenüberstellung der Beiträge der Atmosphäre und der Flüsse zur Schadstoffbelastung der Ozeane, die aufgrund einer doch sehr lückenhaften Datenbasis mit einigen Unsicherheiten behaftet ist, führt zu dem Ergebnis, daß die Schwermetalle weitgehend durch die atmosphärische Deposition dem Meer zugeführt werden. Beim Blei beträgt der Anteil nahezu 100%, während es für das Cadmium immerhin noch 70% sind. Bezüglich der organischen Schadstoffe erlaubt unser gegenwärtiger Wissensstand lediglich die Vermutung, daß auch hier der atmosphärische Eintrag eine dominierende Rolle spielt. Umfangreicher sind unsere Informationen über die Schadstoffzufuhr durch Flüsse für Meeresgebiete, die einer stärkeren Überwachung unterliegen. Für die Ostsee werden entsprechende Daten im Abstand von einigen Jahren regelmäßig durch die HELCOM erarbeitet und publiziert (z. B. HELCOM, 1993). Allerdings muß auch hier kritisch angemerkt werden, daß organische Schadstoffe bislang gar nicht Berücksichtigung gefunden haben und daß auch die Methoden zur Bestimmung der Schwermetallfrachten teilweise noch fragwürdig sind und dadurch die Qualität der Daten geringer ist als die für die atmosphärische Deposition. Der Vergleich zwischen den Einträgen über die Flüsse und denen über die Atmosphäre fällt wie schon bei den Ozeanen zugunsten der Atmosphäre aus. So werden die Elemente Blei und Cadmium, für die die zuverlässigsten Informationen vorliegen, zu etwa 70% über die Atmosphäre der Ostsee zugeführt.

Verbleib der Schadstoffe im Meer

In das Meer eingetragene Schadstoffe werden nur bedingt im Wasser akkumuliert. Dieses kann anhand einer einfachen Rechnung am Beispiel der Ostsee demonstriert werden. Ausgehend von den geschilderten Messungen kann man davon ausgehen, daß die Bleieinträge in die Ostsee während der vergangenen zehn Jahre mindestens mit der gegenwärtigen Rate von etwa 1.000 t pro Jahr anzusetzen sind. Wäre diese Bleimenge in der Ostsee akkumuliert worden, so müßten bei einem Wasservolumen von 20.000 km³ Konzentrationen von mindestens 1.000 ng/dm³ zu beobachten sein. Tatsächlich gemessen werden jedoch lediglich

10 ng/dm³. Da abgeschätzt werden kann, daß der Wasseraustausch mit der Nordsee bei weitem nicht hinreicht, um eine solche Konzentrationsabnahme zu erklären, kann nur der Export des Bleis in das Sediment der Akkumulation entgegengewirkt haben.

Die Sedimentation von im Meerwasser gelösten Substanzen wird durch deren Bindung an biogene oder mineralische Teilchen, die aufgrund ihrer Schwere zum Meeresboden absinken, bewirkt. Da die Schadstoffbelastung dieser Teilchen mit steigender Konzentration der gelösten Schadstoffe im Wasser zunimmt, wird mit fortgesetztem Schadstoffeintrag auch der Export in das Sediment eine Steigerung erfahren. Schließlich wird ein Zustand erreicht, bei dem die Sedimentation soweit angewachsen ist, daß der Eintrag gerade kompensiert wird. Die Konzentrationen können nicht weiter zunehmen, es ist damit ein stationärer Zustand erreicht. Auf welchem Konzentrationsniveau sich ein solches selbst-regulierendes System stabilisiert, ist einerseits natürlich abhängig von dem Schadstoffeintrag, andererseits aber auch von dem Charakter der Partikelbindung des betrachteten Stoffes. Cadmium wird zum Beispiel vorwiegend an Planktonteilchen adsorbiert oder von diesen inkorporiert. Der größte Teil des Planktons gelangt jedoch nicht in das Sediment sondern wird zuvor durch Mikroorganismen zersetzt. Hierbei wird auch das Cadmium wieder freigesetzt, so daß im Ergebnis eine schwache Partikelbindung resultiert und die Cadmiumkonzentrationen auf einem relativ hohen Niveau einen stationären Zustand erreichen. Da dieses Verhalten dem der Nährsalze ähnelt, werden Schwermetalle und andere Schadstoffe, die diesem Mechanismus folgen, als „Nährsalz-ähnlich“ bezeichnet. Im Gegensatz dazu wird das Blei durch mineralische Teilchen adsorbiert, die nicht der mikrobiologischen Zersetzung ausgesetzt sind und folglich das Blei sehr effektiv in das Sediment überführen. Hierdurch erklärt sich die Tatsache, daß das Blei trotz 20-fach höherer Einträge geringere Konzentrationen als das Cadmium im Ostseewasser aufweist.

Die Unterschiede in der Partikelbindung wirken sich weiterhin auf die mittleren Aufenthaltszeiten der betreffenden Schadstoffe im Wasser aus. Während das Blei und ähnlich reagierende Substanzen lediglich wenige Monate im Ostseewasser verbleiben, beträgt die betreffende Zeit für die Nährsalz-ähnlichen Stoffe einige Jahre (Schneider, 1995). Da die Aufenthaltszeiten eng gekoppelt sind an die Reaktionszeit des Meeres auf veränderte Eintragsbedingungen, sind sie von Bedeutung für die Effektivität von eventuellen Sanierungsmaßnahmen. Bei einer Reduzierung der Einträge von Schwermetallen in die Ostsee könnte im Falle des Bleis bereits nach wenigen Monaten ein entsprechender Konzentrationsrückgang erwartet werden, während die gewünschten Effekte beim Cadmium erst nach mehreren Jahren zu beobachten wären.

Die Ausbildung eines stationären Zustands impliziert, daß die Geschichte der Schadstoffeinträge in den Tiefenprofilen von ungestörten Sedimenten abgebildet wird. Im Arkonabecken wurden von Leipe et al. (1995) die Gehalte an Blei, Zink und Kupfer in einzelnen Sedimentschichten, deren Alter bestimmt werden konn-

te, ermittelt (Abb. 4). Es zeigt sich, daß bis zum Beginn dieses Jahrhunderts die Schwermetallgehalte und, gemäß dem Konzept vom stationären Zustand, damit auch die Schwermetalleinträge ein nahezu konstantes natürliches Hintergrundniveau aufweisen. Der sich anschließende Anstieg der Schwermetallgehalte läßt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit anthropogenen Einflüssen zuschreiben. Allerdings ist es schwierig, aus derartigen Profilen die Geschichte der Schwermetallbelastung der Ostsee quantitativ zu rekonstruieren, da laterale und vertikale Sedimentumlagerungen sowie sich verändernde Sedimentationsraten ebenfalls die Muster der vertikalen Schwermetallverteilung im Sediment beeinflussen.

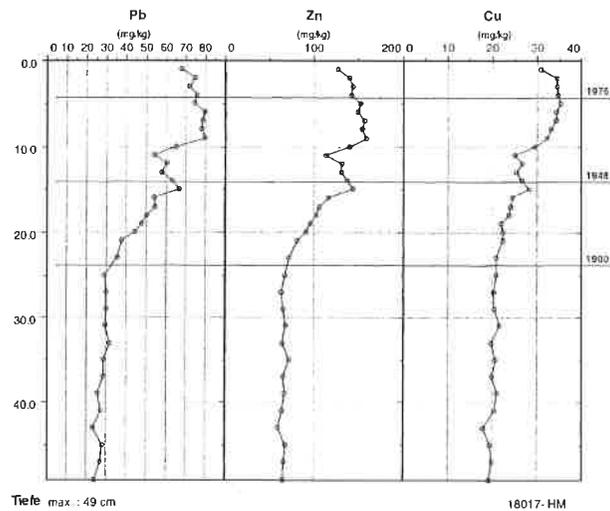


Abb. 4: Ablagerung von Blei, Zink und Kupfer im Sediment des Arkonabekens (Leipe et al., 1995).

Wenngleich in das Meer eingetragene Schadstoffe letztlich im Sediment fixiert und den biogeochemischen Kreisläufen entzogen werden, können sie dennoch am Meeresboden lebende Organismen gefährden. Mit Schadstoffen angereicherte Partikel oder durch chemische Umsetzungen an der Sedimentoberfläche partiell wieder freigesetzte Schadstoffe stellen insbesondere in flachen Rand- und Nebenmeeren, zum Beispiel in Nord- und Ostsee, ein Gefährdungspotential dar, da diese Regionen, die sich durch eine intensive benthische Besiedlung auszeichnen, in besonderem Maße Schadstoffeinträgen ausgesetzt sind.

Schadstoffe im Meer - Wohin geht der Trend?

Für die Beschreibung der Schadstoffbelastung der Ozeane steht ein nur sehr dürftiges Datenmaterial zur Verfügung, da keine Überwachungsprogramme existieren, die den Ozean in seiner Gesamtheit betrachten. Man ist daher auf die Ergebnisse von einzelnen, nicht miteinander koordinierten Forschungsvorhaben angewiesen, die in der Regel nicht langfristig angelegt sind. Bezüglich der Schwermetallkonzentrationen steht einer Bewertung zudem die Schwierigkeit im Wege, den anthropogenen Beitrag vor einem natürlichen Hintergrund, der regional zudem noch unter-

schiedlich sein kann, zu erkennen. Allerdings ist es meßtechnisch möglich, für die atmosphärischen Einträge eine Unterscheidung zwischen dem natürlichen und dem anthropogenen Anteil zu treffen. Derartige Messungen belegen, daß auch die abgelegensten ozeanischen Regionen anthropogenen Belastungen ausgesetzt sind.

Die hier betrachteten organischen Schadstoffe, die ausschließlich anthropogener Herkunft sind, werden ebenfalls durch die Atmosphäre global verteilt und lassen sich noch fernab ihrer Quellen entweder im Meerwasser oder angereichert in marinen Organismen finden. Für die weiträumige Verteilung spielt der eingangs erläuterte Mechanismus der „global distillation“ eine bedeutende Rolle, durch den gasförmige Schadstoffe aufgrund ihrer größeren Löslichkeit in kaltem Wasser sich in polaren Regionen angereichert haben.

Ob die auf der Nordhemisphäre eingeleiteten Emissionsminderungsmaßnahmen sich bereits in einem Rückgang der Schadstoffkonzentrationen im Ozean äußern oder ob dennoch eine weitere Akkumulation erfolgt, läßt sich anhand der verfügbaren Daten nicht beurteilen. Eine Ausnahme bildet in diesem Zusammenhang lediglich das Blei, für das Helmers (1991) nachweisen konnte, daß sich die Konzentrationen im Oberflächenwasser des Atlantiks während der Zeitspanne von 1981 bis 1989 deutlich verringert haben. Daß es sich hierbei in der Tat um die Auswirkungen von reduzierten Bleiemissionen handelt, wird dadurch belegt, daß im Nordatlantik, der anthropogenen Einflüssen am stärksten ausgesetzt ist, der Konzentrationsrückgang mit etwa 50% am stärksten ausgeprägt war.

Etwas reichhaltiger ist das Datenmaterial für den Bereich der Nord- und Ostsee, deren Schadstoffsituation Gegenstand von internationalen Monitoring-Programmen ist. Allerdings beschränkten sich die betreffenden Meßprogramme bislang weitgehend auf Untersuchung von Fischen oder Muscheln, deren Schadstoffgehalte von vielen Faktoren abhängen und nicht notwendigerweise ein Abbild der Wasserqualität darstellen. Lediglich im Institut für Meereskunde Warnemünde und dem später daraus hervorgegangenen Institut für Ostseeforschung wurde bereits 1980 damit begonnen, die Elemente Cadmium, Blei, Kupfer und Zink im Wasser der Ostsee zu bestimmen. Die statistische Auswertung dieser Daten belegt, daß die Konzentrationen des Cadmiums und des Kupfers seit Aufnahme der Messungen im Mittel um etwas mehr als 5% pro Jahr gesunken sind (HELCOM, 1997). Der rückläufige Trend der Cadmium-Konzentration ist dabei konsistent mit den Emissionsminderungen sowie den verringerten Konzentrationen in der Atmosphäre und im Niederschlag (Abb. 1 und 3). Durch methodische Unzulänglichkeiten bei der Messung des Bleis und des Zinks insbesondere zu Beginn der Meßreihe kann für diese Elemente keine Trendaussage gemacht werden.

Die Messungen der Schwermetallgehalte in Fischen, die in mehreren Ostseeanrainerstaaten als Beitrag

zum HELCOM-Überwachungsprogramm durchgeführt wurden, reichen ebenfalls bis in die frühen achtziger Jahre zurück. Es wurden im wesentlichen das Muskelgewebe des Herings und die Dorschleber untersucht. Aus der statistischen Analyse der Daten läßt sich für die einzelnen Metalle jedoch kein eindeutiger Trend ableiten. Auch der im Wasser nachgewiesene Rückgang der Cadmiumkonzentrationen fand keine Entsprechung in den untersuchten Fischorganen, im Gegenteil, es wurden in verschiedenen Regionen der Ostsee im Heringsmuskel sogar steigende Cadmiumgehalte beobachtet (HELCOM, 1997). Vermutlich ist diese Inkonsistenz darauf zurückzuführen, daß physiologische Einflußgrößen, die nur schwer erfaßbar sind, stärker auf die Schwermetallaufnahme gewirkt haben als die doch relativ bescheidenen Konzentrationsänderungen im Wasser.

Bezüglich der organischen Schadstoffe im Wasser der Ostsee kann lediglich auf eine Langzeitmeßreihe für das Lindan verwiesen werden (Dannenberger & Lerz, 1995). Auch hier ist ein deutlich abnehmender Trend zu beobachten, der seine Ursache sicher darin findet, daß der Einsatz dieses Pestizids in den vergangenen Jahren gesetzlich stark eingeschränkt wurde. Eine weitaus größere Palette von organischen Schadstoffen wurde in den bereits genannten Fischorganen untersucht. Hierbei zeigt sich, daß im Heringsmuskel die Gehalte verschiedener Pestizide, wie zum Beispiel des DDT, aber auch der PCBs, in den vergangenen 15 Jahren drastisch, zum Teil um einen Faktor 10 zurückgegangen sind. Auch hier dürften sich gesetzgeberische Regulierungen zur Verwendung dieser Substanzen niedergeschlagen haben. Es soll aber nicht verschwiegen werden, daß die im Heringsmuskel so überzeugend nachgewiesenen Trends sich nicht in den Gehalten der Dorschleber wiederfinden. Die Gründe hierfür sind, wie schon bei der Schwermetallproblematik angesprochen, in den komplexen physiologisch gesteuerten Mechanismen der Aufnahme, des Abbaus und der Ausscheidung von organischen Schadstoffen zu suchen.

Schließlich muß die Frage diskutiert werden, welche ökologischen Auswirkungen die derzeit beobachteten Schadstoffkonzentrationen auf das Ökosystem ausüben. Immer wieder werden beunruhigende Ereignisse, wie etwa vor einigen Jahren das Seehundsterben an der Nordseeküste, das Auftreten von Fischkrankheiten in Aquakulturanlagen oder verminderte Reproduktionserfolge von Dorschen in der Ostsee in einen Zusammenhang mit der Meeresverschmutzung gebracht. Dabei ist man aufgrund des komplexen Geschehens jedoch weitgehend auf Vermutungen angewiesen, die sich weder beweisen noch widerlegen lassen. Von einer Arbeitsgruppe der OSPARCOM, dem für die Nordsee zuständigen Pendant zur HELCOM, ist der Versuch unternommen, Grenzwerte für die Konzentrationen verschiedener Schadstoffe abzuschätzen, oberhalb derer eine Gefährdung des marinen Ökosystems nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Schwierigkeiten, die mit der Ermittlung derartiger sogenannter „ecotoxicological assessment criteria“ verbunden sind, äußern sich bereits darin, daß die Gefährdungsgrenze nicht in Form eines Wertes sondern als Bereich, der eine Zehnerpotenz umfaßt, angegeben wird. Fragwürdig werden diese Grenzbereiche auch dann, wenn sie, wie im Fall des Cadmiums, in die Schwankungsbreite natürlich auftretender Konzentrationen fallen. Legt man dennoch diese Konzentrationsbereiche als Bewertungskriterium zugrunde, so zeigt sich, daß sowohl im ozeanischen Milieu als auch in der Ostsee bei einigen Schadstoffen die untere Bereichsgrenze zwar gelegentlich überschritten wird, die obere Grenze aber nicht erreicht wird. Vereinfacht ausgedrückt bedeutet dieses, daß von einigen der hier angesprochenen Substanzen noch keine schädigende Wirkung ausgeht, während man es für andere derzeit noch nicht zu beurteilen vermag.

Unser Wissen über die Wirkungen von Schadstoffen auf das marine Ökosystem ist also noch außerordentlich lückenhaft, so daß daraus keine umweltpolitischen Orientierungen abgeleitet werden können, außer der Empfehlung, nach dem Vorsorgeprinzip zu verfahren und, wenn immer möglich, eine Belastung des Meeres mit Schadstoffen zu vermeiden.

Literatur:

- Berdowski, J. J. M., J. Baas, J. P. J. Bloos, A. J. H. Visschedijk & P. Y. J. Zandveld (1997): Europäisches atmosphärisches Emissionsinventar 1990 für Schwermetalle und persistente organische Verbindungen. Umweltbundesamt UFOPLAN 104.02672/03.
- Bruhn, R. (1997): Chlorierte Schadstoffe in Schweinswalen: Verteilung, Akkumulation und Metabolismus in Abhängigkeit von der Struktur. Berichte aus dem Institut für Meereskunde an der Universität Kiel, Nr. 291.
- Dannenberger, D. & A. Lerz (1995): The distribution of selected chlorinated microcontaminants in Baltic waters, 1992 to 1994. Dt. hydrogr. Z. 47: 301 - 312.
- GESAMP (1989): The atmospheric input of trace species to the world ocean. Reports and Studies GESAMP: 38.
- HELCOM (1991): Airborne pollution load to the Baltic Sea 1986 - 1990. Balt. Sea Environ. Proc. No. 39.
- HELCOM (1993): Second Baltic Sea pollution load compilation. Balt. Sea Environ. Proc. No. 45.
- HELCOM (1996): Third Periodic Assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea. Balt. Sea Environ. Proc. No. 64B.
- HELCOM, (1997): Airborne pollution load to the Baltic Sea 1991 - 1995. Balt. Sea Environ. Proc. No. 69.
- Helmers, E., L. Mart & O. Schrems (1991): Lead in Atlantic surface waters as a tracer for atmospheric input. Fresenius J. Anal. Chem. 340: 580 - 584.
- Lakaschus, S. (1997): Konzentrationen und Deposition atmosphärischer Spurenmetalle an der Küstenstation Arkona. Meereswiss. Ber. No. 26, Warnemünde.
- Leipe, T., T. Neumann & K.-C. Emeis (1995): Schwermetallverteilung in holozänen Ostseesedimenten - Untersuchungen im Einflußbereich der Oder. Geowissenschaften 13: 470 - 478.
- Schneider, B. (1995): Bilanzen und Kreisläufe von Spurenmetallen in der Ostsee. Geowissenschaften 13: 464 - 469.

Die Küstenzone: Goldener Rand des Meeres?

F. Colijn, H. Rosenthal und H. Sterr

Einführung

Weltweit sind die Küstenzonen einem wachsenden Bevölkerungsdruck ausgesetzt, der dazu führt, daß die natürlichen Ressourcen bis an die Grenzen ausgenutzt werden. Dadurch wird auch der Erhalt der biologischen Diversität gefährdet. Wertvolle Küstenökosysteme werden verändert und verschiedenen Verwendungszwecken geopfert. In diesem Beitrag werden zuerst die geologisch und deswegen auch biologisch unterschiedlichen Küstensysteme in groben Zügen vorgestellt. Danach werden die weltweiten Bedrohungen der Küstenhabitats aufgelistet und ihre Auswirkungen erörtert. Abschließend werden einige Lösungswege, die im Rahmen eines integrierten Küstenzonenmanagements eingesetzt werden können, diskutiert und ein Ausblick auf die Weiterentwicklung gegeben.

Die Küstenzonen lassen sich in zweifacher Hinsicht definieren: im geographischen Sinne und im Sinne der Ressourcennutzung und des Managements. Geographisch stellen sie den Übergang zwischen Land und Meer dar. Sie repräsentieren Lebensräume, die aufgrund von Wellen, Wind, Strömungen und Tidenhub ständigen Veränderungen ausgesetzt sind. Seeseitig begrenzt z. B. bis zum Kontinentalhang, gelten landseitig unterschiedliche Kriterien in der Abgrenzung, z. B. Tideneinfluß oder Salzgehalt und Eintrag durch die Flüsse. Im Sinne des Managements ist die Küstenzone kein eng begrenzter Raum, sondern eine planerische Einheit, deren Größe vom konzeptionellen Ansatz, d. h. von den Managementzielen und -aufgaben begrenzt wird (z. B. dem gesamten landseitigen Wasser-Einzugsgebiet, wenn es um die Nährstoffbelastung der Küstengewässer geht, oder dem unmittelbaren Hinterland und die ufernahen Bereiche, wenn es um regionale Hafengebiete, um die Schifffahrt, die Aquakultur und Fischerei sowie den Küstenschutz geht).

Die Übergangszone zwischen Land und Meer kann deshalb regional ganz unterschiedlich breit betrachtet werden: z. B. könnte man in den Niederlanden fast

die Hälfte des Landes zur Küstenzone rechnen, während an der norwegischen Fjordküste meist nur ein ganz schmaler Streifen an der Uferzone dem direkten Küstenbereich zuzurechnen ist.

Die weltweiten Küstenformen im Überblick

Weltweit ist der Tidenhub einer der wichtigsten Faktoren in der biologischen Zonierung der Küste. Die Höhenunterschiede schwanken zwischen nur einigen Dezimetern im Mittelmeer bis zu 16 Metern in der Bay of Fundy in Kanada. Im Nordseeraum variiert der Tidenhub zwischen weniger als einem Meter bis zu vier Metern an der niederländischen Deltaküste.

Neben der Auswirkung des Tidenhubs und den dazu gehörenden Tidenströmungen bestimmt der geologische Aufbau wesentlich die Küstenformen. Der Unterschied wird am besten anhand zweier extremer Beispiele deutlich: Felsenküste und Sedimentküste. Felsenküsten werden oft durch steile Hänge und durch eine intensive Auswirkung der Wellenenergie auf den Felsen gekennzeichnet. Ihre sessile Fauna und Flora wird durch die intensive Wellenenergie begrenzt. Auf Grund der hohen Energieeinträge können nur bestimmte, fest verankerte Tiere und Pflanzen hier ein Habitat finden. Die Abb. 1 a und 1 b zeigen die den Passatwinden zugewandte Küste der Insel Curaçao in der Karibik und Abb. 2 a eine Küste in den gemäßigten Breiten des Pazifik (Vancouver Island). Die Haftungsorgane der Pflanzen, die notwendig sind, um diesen Wellen zu widerstehen, sind deutlich sichtbar (*Postelsia palmaeformis*) (Abb. 2 b).

Sedimentküsten finden wir direkt vor unserer Haustür. Abb. 3 gibt einen Überblick über die weltweite Verbreitung von wattenmeerähnlichen Gebieten. Das internationale Wattenmeer entlang der niederländischen, deutschen und dänischen Küste bildet ein ausgezeichnetes Beispiel für erosions- und sedimentationsdominierte Gebiete, die nahe beieinanderliegen. Dabei tritt ein deutlicher Gradient in der Korn-

Abb. 1 a, b: Felsküste der Insel Curaçao in der Karibik mit und ohne Welle.





Abb. 2 a, b: Pazifikküste bei Vancouver Island mit Algen (*Postelsia palmaeformis*). Die Haftungsorgane dieser Alge sind deutlich sichtbar (unten).



Abb. 4 a, b: Sandflächen (oben) und Schlickflächen (unten) im Wattenmeer.

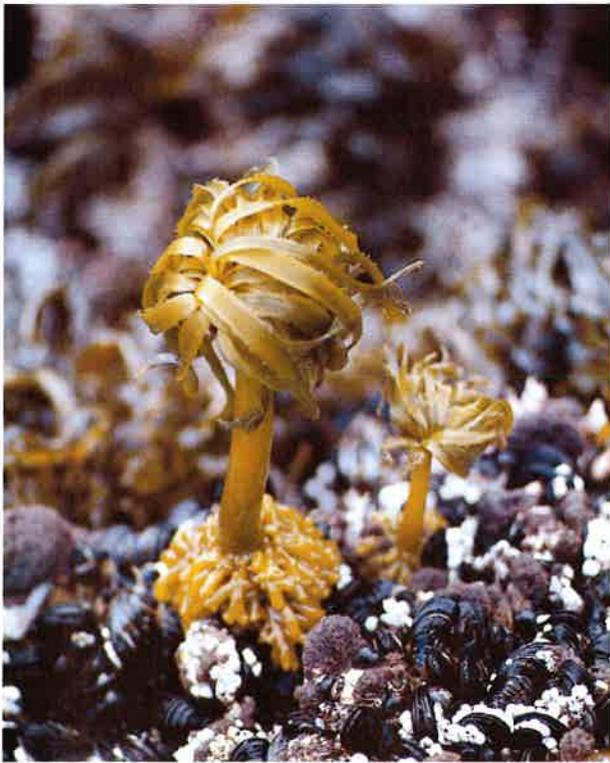
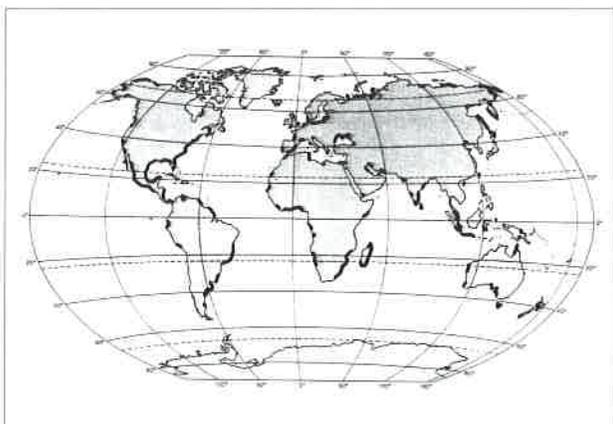


Abb. 3: Verteilung der Sedimentküsten auf der Welt.



größenverteilung des Wattenmeersedimentes auf: Meereseitig dominieren grobkörnige, sandige Sedimente, an ruhigen, deichnahen Stellen finden sich meistens Schlickablagerungen (hoher Anteil an Partikeln $< 63 \mu\text{m}$). Die Abb. 4 a und 4 b zeigen sowohl Sandflächen als auch Schlickwatt. Selbstverständlich werden diese Tidengebiete je nach geographischer Lage und Exposition von unterschiedlichen Lebensgemeinschaften geprägt, die aber weltweit große Ähnlichkeit zeigen: an der amerikanischen Ostküste z. B. werden die Wattflächen von Arten bewohnt, die z. T. mit den hiesigen identisch sind. Landseitig finden wir unter natürlichen Bedingungen Salzwiesen, die oft zur Beweidung genutzt werden und eine wesentliche Rolle im Küstenschutz spielen. In den Tropen werden solche Lebensräume durch Mangrovenwälder dominiert, die in zunehmender Weise durch menschliche Nutzungsformen verändert und in ihrer Integrität bedroht sind.

In den eulitoral und sublitoral Gebieten gibt es bei geeigneter Sedimentzusammensetzung noch eine artenreiche und wirtschaftlich wichtige Lebensgemeinschaft, die von Seegräsern dominiert wird (Abb. 5). Diese höheren Pflanzen bilden ausgedehnte und dichte Unterwasserwiesen, die vielen Krebstieren und Fischarten Schutz bieten. Sie sind oft die Kinderstube vieler Nutzfischbestände. Seegrasvegetation ist weltweit verbreitet von den Tropen bis in polare Gebiete, jedoch sind dort andere Arten als in den tropischen Gewässern vertreten. Abb. 6 zeigt die Verbreitung von Seegräsern weltweit.



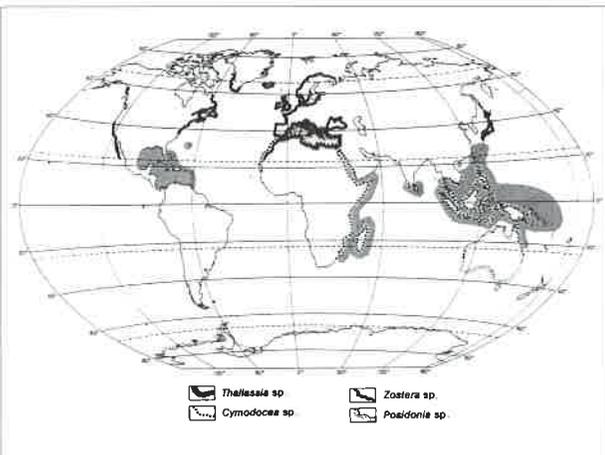
Abb. 5: Seegraswiesen (*Zostera marina*) in Frankreich.

Eine weitere Küstenform, die nur zwischen den Wendekreisen gefunden wird, sind die sehr artenreichen Korallenriffe. Ihre Verbreitungsgrenze wird wesentlich von der Wassertemperatur im Winter bestimmt. In Abb. 7 ist die weltweite Korallenriff-Verbreitung dargestellt, zusammen mit den Winterisothermen.

Küstengebiete bieten eine Vielzahl natürlicher Ressourcen mit hohem ökonomischen Wertpotential. Zahlreiche Küstengebiete sind sehr produktiv und stützen auch langfristig eine intensive Fischerei und Aquakultur. Sie erhalten ihre Nährstoffzufuhr entweder über den Eintrag der Flüsse oder über Auftriebsphänomene, wobei nährstoffreiches Tiefenwasser an die Oberfläche transportiert wird und hier mit Hilfe des Sonnenlichts über die Photosynthese ein vielschichtiges Nahrungsnetz versorgt.

Jahresertragsmengen von über 20.000 US \$ pro Hektar wurden kürzlich für Flußmündungsgebiete geschätzt (Costanza et al., 1997). Damit gehören diese Mündungsgebiete zusammen mit den Seegraswiesen zu den wertvollsten Regionen im marinen Bereich. Diese hohe Wertschöpfung geht zurück auf die vielfältigen Funktionen, die solche Gebiete u. a. für die Muschelkultur, als Aufzuchtgebiet für zahlreiche Fischarten, als Nährstoffreserve und „Kläranlage“ für einge-

Abb. 6: Verteilung der Seegräser an den Küsten der Welt.



leitete organische Stoffe sowie als Transportweg für Menschen und Güter spielen. Diese Nutzungsansprüche führen häufig zu starken Belastungen der Küstengebiete durch den Menschen.

Bedrohungen der Küstenzone durch den Menschen

Zahlreiche mögliche und aktuelle natürliche und anthropogene Einflüsse bedrohen weltweit die Integrität und Funktionen der Küstengebiete (Abb. 8). Im Rahmen dieses Beitrages können nur einige angesprochen werden. Die Tabelle verdeutlicht die wichtigsten Nutzungsformen durch den Menschen und die Funktionen der Küstengebiete.

Tabelle: Funktionen, Bedrohungen und Nutzungen der Küstenzonen.

1. Bevölkerungszuwachs, Verschiebung der Bevölkerungsdichte zugunsten von Küstengebieten;
2. Industrielle Aktivitäten im Küstenbereich, Landgewinnung (u. a. zum Bau von neuen Flughäfen, Dumping von Baggergut und Abfällen);
3. Transport-Aktivitäten (u. a. mit Gefahrgütern), Einschleppung neuer Organismen durch Ballastwasser und Aquakultur;
4. Touristische Nutzung, Bau fremdenverkehrswirtschaftlicher Infrastruktur, (z. B. Verkehrsanbindung, Yachthäfen, Hotelkomplexe);
5. Nutzung natürlicher Ressourcen in Küstengewässern:
 - a. Krabbenfischerei, Plattfischfang,
 - b. Fisch-Aquakultur,
 - c. Muschel- und Austernkultur,
 - d. Makroalgen- und Seegras-Ernte,
 - e. Öl- und Gasförderung,
 - f. Sand- und Kiesentnahme,
 - g. Salzgewinnung;
6. Küstengebiete als Naturschutzgebiete: Wattenmeer, Korallenriffe, Mangrovenwälder, Bedeutung als Habitat für viele Pflanzen und Tiere;
7. Nutzung von Energie: Wind-, Wasser-, Wärmeenergie; Raumbedarf;
8. Meeresspiegelanstieg, Erosion, usw.

Abb. 7: Verbreitung der Korallenriffe weltweit.

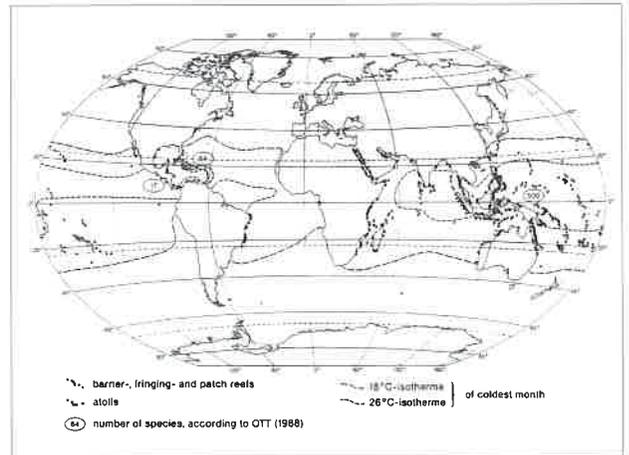




Abb. 8: Unterschiedliche Nutzungsformen der Küste:

a) Aquakultureinrichtung in Norwegen (oben links),

b) Sturmflutsperrre in den Nieuwe Waterweg vor Rotterdam, Niederlande (Mitte links),

c) Ölplattform vor dem Hafen von Bombay, Indien (unten links),

d) New York, Manhattan: extremes Beispiel für die Besiedlung von Küstengebieten (oben rechts),

e) Algengewinnung in Frankreich, Küste der Bretagne (unten rechts).



In vielen Küstengebieten der Welt ist nicht nur die Bevölkerungsdichte sehr hoch, sie steigt auch weiterhin durch eine deutliche Zuwachsrate. Hinzu kommt eine hohe Zuwanderung aus dem Hinterland, die den Populationsdruck auf die Küsten und auf ihre Ressourcen noch erheblich verstärkt. Dies wird durch zunehmende Wirtschaftsansiedlungen betont, die nicht nur natürliche Ressourcen der Küstenzone bis an die Grenze ihrer Produktivität nutzen, sondern diese auch erheblich beeinträchtigen. Hinzu kommt, daß die vielfältigen Nutzungsansprüche sich zum Teil gegenseitig negativ beeinflussen, da sie häufig nicht hinreichend bekannt und deshalb in den Auflagen nicht reflektiert sind. Dies gilt generell für urbane und industrielle Neuansiedlungen ebenso wie für die Entwicklung des Tourismus, die Schifffahrt, die Fischerei und Aquakulturentwicklung.

Die Bedrohung der Küstenhabitate, ihrer Ressourcen und deren nachhaltige Nutzung kann also viele Formen annehmen. Sie reicht von Einflüssen der Abwässer aus urbanen und industriellen Aktivitäten auf die Produktivität der Gewässer, über den Entzug von Habitaten durch Eindeichung ästuarer Gewässer und Tidenflächen, über die Einleitung von Abwässern von Land aus, bis hin zum Ablassen von Ballastwasser aus Schiffen (damit verbunden die Einschleppung exotischer Arten, die die Biodiversität erheblich verändern können) und Unfällen beim Transport gefährlicher Güter (z. B. Ölunfälle). Die zunehmende Raumnutzung durch die stark steigenden Verkehrs- und Güterströme wird in ihrer Bedeutung für die vielseitige Belastung der Küstenregionen unterschätzt. Sie umfaßt nicht nur den Hafenaufbau, sondern auch die Einrichtung neuer Flughäfen in Meeresnähe, die weitere Infrastrukturbauten (Autobahn und Eisenbahnan schlüsse) erfordern und ganze Wirtschaftszweige nachholen und oftmals Landgewinnungsprojekte initiieren, um diesen Raumbedarf abzudecken (z. B. Hafen von Rotterdam).

Durch die weltweite, überproportionale Zunahme des Tourismus in den Küstenregionen erfolgt eine Form der Raumnutzung, die nicht nur die Skyline der Küsten erheblich verändert (Hotelbauten, Apartment-Hochhäuser), sondern auch durch die erforderlichen Infrastrukturmaßnahmen neue Belastungen für die ufernahen Habitate bedeutet (z. B. Neubau von Bootshäfen, Strandnutzung in Nähe von Brutplätzen der Vögel). Durch diese Aktivitäten, die dem Festlandbürger durchaus die Schönheit der Küsten und ihrer Natur vermitteln sollen, entstehen vielfältige Umweltbelastungen, die die natürlichen Ressourcen beeinträchtigen. Diese wirken sich letztendlich auch auf die Fischerei aus, die ihrerseits durch Überfischung und räumlich konkurrierende Nutzungen wie z. B. Krabbenfischerei und Muschelzucht oder durch hohe Beifänge nicht nutzbarer Arten die Bestände verändert und belastet. Der Transfer von nichteinheimischen Arten kann zum Risiko für die Ökosysteme und für die Fischerei und Aquakultur werden, wenn die internationalen Regelungen über Sicherheitsauflagen nicht eingehalten werden (z. B. Einschleppung von Krankheiten). Obwohl mit dem Ballastwasser der Schiffe erhebliche Mengen und eine große Artenviel-

falt interkontinental verfrachtet werden, ist diese Tatsache erst in neuerer Zeit aufgrund neuer Schiffstypen und Schifffahrtstrategien (Containerschiffe) zu einem Problem geworden, das durchaus als „ökologisches Roulette“ bezeichnet werden kann. Die Verschleppung von Fremdarten mit dem Ballastwasser überfordert nicht nur die Biodiversität in unseren Gewässern, sondern beeinträchtigt bzw. schädigt auch die Fischerei, Aquakultur und den Tourismus, z. B. durch die Übertragung von Mikroalgen aus anderen Regionen der Welt, die toxische Algenblüten auslösen können.

Aber nicht nur die anthropogenen, d. h. vom Menschen selbst hervorgerufenen Umweltveränderungen und Wechselwirkungen bergen Risiken für die Küstenregionen.

Die rasch wachsende Küstenbevölkerung sieht sich auch einem zunehmenden Risiko durch Naturgefahren ausgesetzt. Durch einen vom Treibhauseffekt erzeugten globalen Meeresspiegelanstieg, der voraussichtlich im 21. Jahrhundert doppelt bis dreimal so stark sein wird wie bisher, erhöht sich die Überflutungsgefährdung für tiefliegende Küstenabschnitte weltweit in drastischem Maße. Als Folge dieses Meeresspiegelanstiegs werden fast überall Sturmflutwasserstände häufiger und immer höher auftreten und Siedlungen und menschliche Existenzgrundlagen zerstören bzw. schädigen.

Allein entlang der deutschen Nordsee- und Ostseeküste machen die in den Küstenniederungen gelegenen Einrichtungen, die im Extremfall überflutet werden könnten, einen Kapitalwert von mehr als 400 Mrd. DM aus. In vielen Regionen muß darüberhinaus mit zusätzlichen Risiken bzw. Schäden gerechnet werden, etwa durch häufiger auftretende Starkwinde (Orkane, Hurricanes, Taifune usw.), Vordringen von Salzwasser, Rückstau von Grundwasser oder Landverluste durch Erosion. Während in Deutschland, den Niederlanden und anderen westlichen Ländern diesen Gefahren durch Deichbau und Küstenschutz adäquat begegnet werden kann, wengleich auch unter hohem Kostenaufwand, sind zahlreiche Küsten- und Inselstaaten selbst nicht in der Lage, Schutzmaßnahmen im erforderlichen Umfang durchzuführen bzw. zu finanzieren.

Die Nutzung der natürlichen Ressourcen des Meeres, neben der schon erwähnten Fischerei, kann gravierende Folgen haben: Öl- und Gasförderung kann zu großen Eingriffen im Naturhaushalt und zu Katastrophen führen, Nutzung natürlicher Ressourcen findet nicht immer nachhaltig statt, so daß Seegrassfelder und Makroalgenvegetationen langsam verschwinden. Diese sind oft die „Kinderstuben“ vieler lokaler Kleinfischbestände. Viele Nutzungsformen zeigen überdurchschnittliche Wachstumsraten: sie belasten und verändern Küstenhabitate. Dies hat unmittelbaren Einfluß auf die Lebensgemeinschaften und wirkt sich auf Artenzusammensetzung und Populationsstruktur aus. Mit derartigen Beeinflussungen werden auch die Konflikte zwischen den Nutzungsansprüchen immer stärker. Dem kontrollierten Umgang mit diesen Konflikten und ihrer Vermeidung ist der folgende Abschnitt gewidmet.

Problemlösungen durch integriertes Küstenzonenmanagement

Als der am besten geeignete Mechanismus, die spezifischen Probleme der Küstengebiete zu meistern und gleichzeitig die dort verfügbaren Entwicklungschancen zu nutzen, wird das integrierte Küstenmanagement bezeichnet. Dessen wichtigste Aufgabe ist es, die Nutzung der meist knappen Ressourcen unter den verschiedenen Interessensgruppen so zu regeln, daß Konflikte möglichst vermieden werden und die ökologische und ökonomische Tragfähigkeit einer Küstenregion auch langfristig erhalten bleibt.

Eine ökologische und ökonomische Abwägung zwischen den Ansprüchen einzelner Interessengruppen entlang der Küste sollte frühzeitig, möglichst in der Planungsphase neuer Entwicklungen, erfolgen. Bisher ist die Mehrzahl der Probleme erst im Nachhinein erkannt worden und erfordert nun einen langwierigen Prozeß der Auseinandersetzung des Interessensausgleichs. In früheren Zeiten (z. B. Anfang des Jahrhunderts) gab es derartige Probleme kaum oder nur in abgeschwächter Form, da einzelne Küstenabschnitte gering besiedelt waren und von wenigen Ressourcennutzern beansprucht wurden. Die Nutzung war oft nachhaltig und beschränkte sich auf die lokale Küstenfischerei oder extensive Muschelzucht. Die Zunahmen der Intensität unterschiedlicher Nutzungsarten verursacht auch eine stärkere Überschneidung der Nutzungsansprüche an die natürlichen Ressourcen, wobei anfangs die Konkurrenz um Raum eines der häufigsten Konfliktfelder darstellt. Infolge der gegenseitigen Beeinflussung der unterschiedlichen Aktivitäten ergeben sich größere Konsequenzen für eine nachhaltige Nutzung dieser Ressourcen. Dies wird oft verkannt und führt häufig zu einem späteren Zeitpunkt zu existenzbedrohenden Bedingungen, die während der Planungsphase nicht berücksichtigt wurden.

Um auch langfristig bestehende Nutzungskonflikte lösen und neue vermeiden zu können, ist ein Umdenken erforderlich, wodurch sich neue Bewertungskriterien und Umsetzungskonzepte ergeben. Vor allem müssen im Planungsprozeß alle Betroffenen eines Gebietes frühzeitig mit einbezogen werden, um eine maximale Transparenz herzustellen, die es erlaubt, mögliche Problemfelder rechtzeitig zu identifizieren und in einen Lösungsansatz aufzunehmen. In der Vergangenheit wurden Probleme erst aufgegriffen, nachdem eine Entwicklung nachweislich zu einem Schaden für die Umwelt oder andere Ressourcennutzer führte. Gerade die Ansprüche, die andere, benachbarte Nutzer an die Qualität der Umwelt und an den Erhalt bestimmter natürlicher Ressourcen stellen, sind erst bedacht worden, nachdem nachweislicher Schaden für eine Nutzergruppe entstanden ist. Eine derartige, pro-aktive Planungsweise geht über das bisherige Planfeststellungsverfahren hinaus und bezieht nicht nur einschlägige Behörden ein, sondern auch alle Anlieger und deren Ressourcenansprüche. Oftmals fehlt es hier noch an den unterstützenden Expertensystemen, die auf wissenschaftlicher Grundlage Ent-

scheidungshilfen bieten und diese nicht überwiegend der subjektiven Einschätzung überlassen, die meist nur auf einer Kosten-Nutzenanalyse basiert.

Hierbei muß es nicht immer um komplexe Interaktionen gehen. Oft werden der gegenseitige Nutzen oder Schaden ermittelt und Strategien zur Vermeidung entwickelt, wenn man stufenweise vorgeht. Ein einfaches konkretes Beispiel des Co-Managements bietet die Sandbaggerung in einem Priel, um diesen für die lokale Schifffahrt befahrbar zu halten, wobei dieser Sand gleichzeitig für eine Vorspülung zum Küstenschutz oder für die Verbesserung eines touristisch genutzten Badestrandes eingesetzt wird. Andere Beispiele betreffen die Verwertung von Abfällen, die aus einer Nutzungsart der Meeresressourcen (z. B. Krabbenfischerei) anfallen und als neue Ressource für die Herstellung wertvoller Wirkstoffe eingesetzt oder als Futtermittelzusatz in der Aquakultur verwendet werden.

Solche einfachen Beispiele lassen sich leicht zu komplexeren Szenarien erweitern, in denen das Konfliktpotential vielgestaltiger ist. Aber auch hierfür bieten sich durch gute Kommunikation und Mediation Lösungsmöglichkeiten, wenn ökologische, soziologische, kulturelle und sozio-ökonomische Kriterien in einem integrierten Ansatz zur Entscheidungshilfe herangezogen werden. Die Bedeutung der Kommunikation spiegelt sich auch in der Definition des Integrierten Küstenzonen-Management (Haq et al., 1997): „Ein dynamischer Prozeß, im Laufe dessen eine abgestimmte Strategie für die Bewirtschaftung der natürlichen, sozialen, kulturellen und institutionellen Ressourcen entwickelt und etabliert wird, mit dem Ziel der Bewahrung und der nachhaltigen vielfältigen Nutzung der Küstenzone“.

Trotzdem sind wir global, aber auch in Deutschland, von einer abgestimmten Strategie und effektiven Praxis des integrierten Küstenmanagements derzeit noch weit entfernt, was nicht zuletzt eine Folge der Aufsplitterung der politisch-behördlichen Zuständigkeiten ist - man denke nur an die immer wiederkehrenden Streitigkeiten um Fischfanggebiete. Will man die Küstenmeere und angrenzenden Festlandgebiete auch im nächsten Jahrtausend als „goldenen Rand des Meeres“ erhalten, nutzen und genießen, dann müssen umgehend internationale und nationale Anstrengungen zur Verbesserung und Abstimmung von Küstenmanagement-Konzepten unternommen werden.

Literatur:

- Costanza, R. et al. (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253- 260.
- Haq, B. U., S. M. Haq, G. Kullenberg & J. H. Stel (eds.) (1997): *Coastal Zone Management Imperative for Maritime Developing Countries*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Kelletat, D. H. (1995): *Atlas of Coastal Geomorphology and Zonality*. A CERF Book, Special Issue No. 13, Lawrence, USA.

Welt-Seerecht

R. Wolfrum

Nahezu drei Viertel der Erdoberfläche sind von Meerwasser bedeckt, wobei dieses Gebiet weder wirtschaftlich hinreichend genutzt noch auch nur unter diesem Gesichtspunkt vollständig erforscht ist. Ohne in die Einzelheiten zu gehen, kann man aber sagen, daß die Weltmeere ein großes noch zu entwickelndes Wirtschaftspotential haben und für die zukünftige Weltwirtschaft von großer Bedeutung sein werden. Gleichzeitig kommt aber einer Verwaltung der Meere mit Rücksicht auf deren weltklimatologische Bedeutung und deren Bedeutung für die Nutzung durch zukünftige Generationen ein wichtiger Stellenwert zu. Diese kann nur durch die Staatengemeinschaft erfolgen. Nur diese ist in der Lage, ein Gemeinschaftsinteresse - verstanden als Gegensatz zum nationalen Einzelinteresse - zu formulieren und durchzusetzen. Erste Schritte in die Richtung auf eine gemeinsame Verwaltung der Meere finden sich in dem UN-Seerechtsübereinkommen von 1982. Die dabei verfolgten Ansätze sind aber durchaus unterschiedlicher Natur, und nicht immer werden sie dem Interesse der Weltgemeinschaft völlig gerecht.



Die Deutsche Seewarte, eingeweiht 1881, zerstört 1945, war das maritime Zentralinstitut des Deutschen Reiches.

Die Entwicklung des modernen Seerechts

Das UN-Seerechtsübereinkommen ist das Ergebnis der 3. UN-Seerechtskonferenz, an der alle damals existierenden Staaten beteiligt waren. Ein wesentlicher Teil der Regelungen entspricht dem traditionellen Seerecht, wie es vor allem in den Konventionen über die Hohe See von 1958 und über das Küstenmeer und die Ausschlußzone von 1958 fixiert war. Andere Teile, das gilt vor allem für die ausschließliche Wirtschaftszone, reflektieren die Praxis bestimmter Staatengruppen, die sich auf der 3. UN-Seerechtskonferenz durchzusetzen vermochten. Weitere Teile, dies gilt u. a. für die Regelungen über die Nutzung des Tiefseebodens und den marinen Umweltschutz, wurden durch die Konferenz neu entwickelt.

Das alte Seerecht war geprägt durch das Prinzip der Freiheit der See. Dieses Prinzip eröffnete allen Staaten die Möglichkeit, die hohe See zu nutzen; die einzige Schranke waren die Rechte anderer Staaten. Das heißt nicht, daß es keine für die hohe See geltende Rechtsordnung gab. Im Gegenteil, es gab durchaus eine Vielzahl rechtlicher Regelungen; diese wurden und werden jedoch lediglich durch die einzelnen Staaten gegenüber ihren Staatsangehörigen bzw. Schiffen unter ihrer Flagge durchgesetzt. An einer übergeordneten, überstaatlichen Instanz fehlte es dagegen. Zudem hatte das Prinzip von der Freiheit der See zur Konsequenz, daß keine Nutzungskoordination oder Nutzungsverteilung stattfand. Die Fischressourcen nutzte z. B. derjenige, der dazu technisch in der Lage war. Dies begünstigte die industriell entwickelten Staaten. Ein Anreiz zur schonenden bzw. arterhaltenden Nutzung bestand nicht. Fernfischfangflotten, die Bestände erschöpft hatten, verlegten einfach ihre Fanggebiete.

Die seerechtliche Diskussion, die in der 3. UN-Seerechtskonferenz kulminierte, entsprang dementsprechend auch dem Wunsch, eine adäquatere Nutzungsordnung zu finden. Dies galt vor allem für die durch technische Entwicklungen greifbar gewordenen Ressourcen des Tiefseebodens. Hinsichtlich der Verteilung der Meeresnutzung hielt dabei die Mehrheit der Staaten nur eine international orientierte Bewirtschaftung des Meeresbodens für angemessen, forderte aber andererseits die Verstärkung küstenstaatlicher Rechte für den Küstennahbereich. Hierin liegt an sich ein dogmatischer Widerspruch.

Die Nutzung der See

Die gemessen an ihrer Bedeutung für die Weltwirtschaft ökonomisch wichtigste Nutzungsform der See ist derzeit die Handelsschifffahrt. Über 75% des Welt Handels werden durch Seeschiffe transportiert; in der EG ziehen die Häfen über 90% des Handels mit Drittstaaten und annähernd 30% des Binnenhandels auf sich. Trotz zunehmender Bedeutung des Luftfrachtgeschäfts wird sich sicher auch in Zukunft an diesem Übergewicht des Seefrachtgeschäfts nichts Wesentliches ändern.

Das Seerechtsübereinkommen hält die Freiheit der Handelsschifffahrt grundsätzlich aufrecht. Sie wird allerdings einer Reihe von direkten und mittelbaren Einschränkungen unterworfen. Erstere ergeben sich aus dem Wunsch nach einer erhöhten Verkehrssicherheit auf See, letztere aus einer Verstärkung des marinen Umweltschutzes bzw. der Ausweitung küstenstaatlicher Meereszonen.

Die nach der Schifffahrt wirtschaftlich bedeutendste Nutzungsform der See ist der Fischfang. Er hat bis Anfang der neunziger Jahre einen geradezu explosiven Aufschwung genommen. 1994 berichtete die FAO den Fang von 80 Mio t/Jahr; dies stellt einen vierhun-

dertprozentigen Zuwachs gegenüber den frühen fünfziger Jahren dar; derzeit liegen die Zahlen bei ca. 120 Mio t/Jahr. Die wesentlichen Anteile des Weltfischfangs stammen aus dem küstennahen Bereich, der die größte Planktondichte aufweist. Mit zunehmender Wassertiefe und steigender Entfernung von der Küste nimmt die Planktonkonzentration merklich ab. Durch die Ausweitung der Küstenmeere von 3 auf 12 sm, die Errichtung von Archipelgewässern und vor allem die Schaffung von ausschließlichen Wirtschaftszonen von 200 sm sind die küstennahen Meeresbereiche nationalisiert worden. Das heißt im Ergebnis, daß derzeit der größte Teil des Weltfischfangs, bis zu 95%, von den Küstenstaaten beherrscht wird. Etwas anderes gilt für den Fang von Thunfischen, Haien, Walen etc. Die Fischbestände sind durch Überfischung, die Nutzung neuer Techniken - überlange Treibnetze - und die Verschmutzung der See von Land bedroht. Die sonstige Nutzung des Meeres ist von vergleichsweise wirtschaftlich geringerer Bedeutung. Allerdings ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, daß die Ausdehnung der unter nationaler Kontrolle stehenden Meereszonen für die Meeresforschung Probleme aufwirft. Trotz Kooperationsabkommen sind die Küstenstaaten nicht immer bereit, in ihren Seegebieten Forschungsarbeiten zuzulassen (z. B. Indien).

Wenden wir uns damit dem Meeresboden zu. Die primäre Bedeutung des Kontinentalrandes liegt in dort bereits genutzten oder vermuteten Kohlenwasserstoffvorkommen. 57% des Festlandsockels und des Kontinentalabfalls bis zu einer Mindestdiefe von 330 m bestehen aus Sedimentgestein von solcher Mächtigkeit, daß Kohlenwasserstofflager anzunehmen sind. 1969 stammten bereits 15% der Weltrohölproduktion aus Offshorebereichen, 1973 war diese Zahl auf 18% angestiegen; sie hat inzwischen die 20%-Marke überschritten. Die Kontrolle auch über diese Ressource liegt nach dem UN-Seerechtsübereinkommen fast ausschließlich bei den Küstenstaaten. Entscheidend ist insoweit die räumliche Ausdehnung der nationaler Kontrolle unterstehenden Festlandsockelbereiche. Sie haben, soweit dies die geographischen Gegebenheiten zulassen, eine Ausdehnung von 200 sm; maximal ist eine Ausdehnung bis 350 sm möglich. Derartig ausgedehnte Festlandsockelgebiete nehmen Brasilien und Kanada in Anspruch. Im Vergleich dazu sind die deutschen Festlandsockelgebiete minimal; beide deutsche Staaten gehörten daher auf der 3. UN-Seerechtskonferenz der Gruppe von Binnenstaaten und geographisch benachteiligten Staaten an.

Neben den Kohlenwasserstoffvorkommen in den Offshoregebieten sind vor allem die Erzlagerstätten in den Sedimenten der landnahen Unterwassergebiete von wirtschaftlicher Bedeutung. Unter ihnen sind die sogenannten Mineralseifenstätten, die Zinn-, Platin-, Titanminerale, Gold und seltene Erden enthalten, besonders wichtig. Wirtschaftlich dagegen zur Zeit noch nicht von Bedeutung sind Phosphatvorkommen in Knollenform und als Lagerstätten in und auf den Sedimenten in küstennahen Flachwassergebieten, da sie mit den wirtschaftlich besser zugänglichen terrestrischen Vorkommen nicht zu konkurrieren vermö-

gen. Da alle diese Vorkommen ausschließlich im küstennahen Bereich gefunden werden, unterliegen sie ebenfalls der küstenstaatlichen Kontrolle.

Die besondere Bedeutung des Tiefseebodens liegt in den auf seiner Oberfläche lagernden Manganknollen, die das britische Forschungsschiff „Challenger“ (1872) erstmalig feststellte. Sie bedecken etwa 25% des Tiefseebodens und sind nach derzeitigen Erkenntnissen am stärksten im Pazifik, aber ebenfalls, wenn auch weniger intensiv, im Indischen Ozean und im Atlantik in Wassertiefen ab 3.500 m vertreten. Die Manganknollen des Tiefseebodens, deren Größe schwankt, enthalten im Durchschnitt ca. 24% Mangan, 1,6% Nickel, 1,4% Kupfer und 0,21% Kobalt sowie 0,3% andere Metalle. Ein Abbau lohnt sich nach den derzeitigen Angaben der Industrie, wenn der Metallgehalt von Nickel, Kobalt und Kupfer 2% übersteigt und die Mindestbelegungsdichte 10 kg pro m² beträgt. Insgesamt geht die verständlicherweise nur sehr grobe Schätzung dahin, daß das Gesamtvolumen der Manganknollen 6 x 10¹¹ Tonnen beträgt. Über die wirtschaftliche Bedeutung dieser Vorkommen besteht keine völlige Einigkeit. Mit Rücksicht auf die hohen Investitionskosten, die der Meeresbergbau erfordert, ist es nicht ganz sicher, ob die Nutzung der Manganknollen in absehbarer Zeit zu einer Senkung oder auch nur Stabilisierung der Rohstoffpreise führen kann. Eine von dem Generalsekretär der Vereinten Nationen für die 3. Seerechtskonferenz seinerzeit erstellte Studie kam zu dem Ergebnis, daß, bei einer jährlichen Fördermenge von vier Millionen Tonnen trockener Manganknollen im Jahre 1985 und bei einer Gewinnungsrate von Mangan, Nickel, Kupfer und Kobalt von 95% sowie einer Gewinnungsrate bei den übrigen Spurenmetallen von 80%, 920.000 Tonnen Mangan, 220.000 Tonnen Nickel, 200.000 Tonnen Kupfer und 30.000 Tonnen Kobalt gewonnen werden würden. Das würde bei Mangan ca. 13%, bei Nickel 18%, bei Kupfer 1,3% und bei Kobalt 50% des für 1985 hochgerechneten Weltbedarfs entsprochen haben. Zu anderen Ergebnissen kam eine Studie der Wirtschaftsvereinigung Bergbau. Sie schätzte, daß 1990 10,5%, im Jahre 2000 12,1% des Weltmanganbedarfs, 1990 7,8%, im Jahre 2000 8,4% des Weltnickelbedarfs, 1990 0,7%, im Jahre 2000 ebenfalls 0,7% des Weltkupferbedarfs und 1990 25%, im Jahre 2000 30,8% des Weltkobaltbedarfs aus dem Tiefseebergbau gedeckt werden könnten. Die erstgenannte Studie hat einen besonderen Einfluß auf die Verhandlungen der 3. Seerechtskonferenz ausgeübt, sie führte zu den völlig übersteigerten Erwartungen der Entwicklungsländer bzw. entsprechenden Befürchtungen der Produzenten von konkurrierenden terrestrischen Ressourcen.

Es würde den Rahmen dieses Vortrages sprengen, wenn ich im einzelnen die Regelungen des Seerechtsübereinkommens in bezug auf alle marinen Nutzungsformen vorstellen wollte. Ich will mich statt dessen auf drei Komplexe beschränken und in diesen zeigen, inwieweit sich das Seerechtsregime hin auf eine internationale Verwaltung des Meeres entwickelt hat. Bei diesen drei Gebieten handelt es sich um den Tiefseeboden, die Fragen des marinen Umweltschutzes und schließlich um diejenigen der Fischerei.

Das Tiefseebodenregime

Der Motor für die Entwicklung eines Rechtsregimes zur Nutzung des Tiefseebodens ist die Entwicklung des sogenannten Common Heritage-Prinzips. Es steht im Gegensatz zu der bis dahin geltenden Nutzungsliberalität unter dem Prinzip der Freiheit der Meere und setzt an dessen Stelle das Postulat der Gemeinschaftsbindung und der Nutzungsverteilung. Dieses Konzept läßt sich in eine Reihe von Teilaspekten zerlegen. Von Anfang an war man sich zwischen den Vertretern auf der 3. UN-Seerechtskonferenz einig, daß unter dem Common Heritage-Konzept eine einseitige Okkupation des Meeresbodens durch Staaten ausgeschlossen sein würde. Ebenso ausgeschlossen ist eine privatrechtliche Aneignung des Gebietes oder seiner Ressourcen durch Staaten oder Privatpersonen. Staaten ist es verwehrt, Souveränitätsrechte über den Meeresboden zu beanspruchen oder sie dort auszuüben. Es ist Staaten und Privatpersonen darüber hinaus untersagt, Rechte bezüglich des Meeresbodens oder der dort lagernden Ressourcen geltend zu machen, soweit dies nicht durch das neue Nutzungsregime gedeckt ist. Schließlich untersagt die entsprechende Vorschrift des Seerechtsübereinkommens die Anerkennung widerrechtlich in Anspruch genommener Rechte. Damit ist weitgehend sichergestellt, daß der Tiefseeboden einen internationalen Status nicht verliert.

Ergänzt wird das Aneignungs- und Okkupationsverbot schließlich durch die Zuordnung der Ressourcen an die Menschheit. Durch diese Verknüpfung mit dem Okkupations- und Aneignungsverbot wird betont, daß das Common Heritage-Prinzip sowohl eine positive als auch eine negative Aussage enthält. Es wird nicht nur eine mögliche staatliche Zuordnung des Meeresbodens ausgeschlossen, sondern es wird darüber hinaus die Verantwortung der Menschheit bezüglich des Meeresbodens begründet, so daß jeder Versuch einer Aneignung oder Okkupation als Eingriff in die Rechte der Menschheit erscheint. Dementsprechend erwerben Bergbau Betreibende Eigentum an den Mineralien nur im Rahmen eines Genehmigungsvertrages derivativ von der Meeresbodenbehörde, denn nur diese ist befugt, über diese zu verfügen.

Nach Art. 141 des Seerechtsübereinkommens steht der Meeresboden der friedlichen Nutzung aller Staaten offen. Dieser Grundsatz hat in Art. 153 des Übereinkommens seine nähere Ausgestaltung gefunden. Danach wird der Meeresbergbau durch die Behörde organisiert, durchgeführt und kontrolliert, wobei diese im Namen der Menschheit als Ganzes handelt und ihrerseits an die einschlägigen Vorschriften von Teil XI des Seerechtsübereinkommens gebunden ist. Die Aussage hat weitreichende Konsequenzen. Das heißt, die Meeresbodenbehörde hat sich an dem Interesse aller Menschen, auch derjenigen, deren Staaten dem Seerechtsübereinkommen nicht beigetreten sind, auszurichten. Da die Nutzung des Meeresbodens im Interesse der Menschheit zu erfolgen hat, ergibt sich hieraus die Entwicklung einer Meeresbodensolidargemeinschaft, in der die wirtschaftliche Nutzung des Tiefseebodens in den Dienst aller ihrer Mitglieder, vor

allem aber der wirtschaftlich schwächeren unter ihnen, gestellt wird.

Ausführende des Tiefseebergbaus sind einerseits das Enterprise, das behördeneigene Unternehmen, sowie andererseits und in Verbindung mit der Behörde Vertragsstaaten, Staatsunternehmen und natürliche oder juristische Personen.

Das in Art. 140 des Seerechtsübereinkommens verankerte Gebot der Gemeinnützigkeit enthält seine besondere Ausprägung durch den Zusatz, daß diese Gemeinnützigkeit unabhängig von der geographischen Lokation der Staaten und davon, ob es sich um Küstenstaaten oder Binnenstaaten handelt, erfolgen muß. Daneben erfolgt eine Begünstigung der Entwicklungsländer. Schließlich ist es gemäß Art. 140 des Seerechtsübereinkommens Aufgabe der Meeresbodenbehörde, für eine gerechte Verteilung der Gewinne aus dem Meeresboden zu sorgen. Besonders zu berücksichtigen bei der Gewinnverteilung sind die Entwicklungsländer und -völker. Daneben haben die Entwicklungsländer, wie auch die Meeresbodenbehörde, Anspruch auf den Transfer von Technologie.

Ausfluß des Gedankens, daß die Nutzung des Meeresbodens dem Wohle der gesamten Menschheit zu dienen habe, ist des weiteren die Forderung nach einem Schutz der marinen Umwelt gegen Schäden, die sich aus den Meeresbodenaktivitäten ergeben können. Nach dem Seerechtsübereinkommen sollen die notwendigen Maßnahmen ergriffen werden, um sicherzustellen, daß von Meeresbodenaktivitäten keine Gefährdungen für die marine Umwelt ausgehen. Was unter einer Gefährdung der marinen Umwelt zu verstehen ist, wird näher konkretisiert. Zu verhindern ist die Verunreinigung und Verseuchung oder sonstige Gefährdung der Umwelt einschließlich der Küsten. In gleicher Weise geschützt ist das natürliche Gleichgewicht der marinen Umwelt. Als besonders gefahrbringende Aktivitäten werden Bohrungen, Baggern, Ausschachtungen und ähnliches genannt. Das im Entwurf vorliegende Tiefseebergbauregime sieht Umweltschutzregelungen vor, die den Vergleich auch mit scharfen nationalen Umweltregelungen gegenüber dem Bergbau nicht zu scheuen brauchen.

Die Zueignung des Meeresbodens an die Menschheit manifestiert sich schließlich auch in den Funktionen und der Organisation der bereits angesprochenen Internationalen Meeresbodenbehörde. Eine Untersuchung der einzelnen Organe läßt deutlich werden, daß hier versucht wird, wirklich alle Mitglieder der Staatengemeinschaft in den Willensbildungsprozeß einzubeziehen und ihre Belange zum Tragen zu bringen. Charakteristisch an der Meeresbodenbehörde ist die herausragende Stellung ihres Plenarorgans, der Versammlung, deren Vorrangstellung in dem Übereinkommen ausdrücklich festgeschrieben wird und sich vor allem in einer Richtlinienkompetenz manifestiert. Diese Entwicklung ist konsequent, denn soll die Errichtung eines Meeresbodenregimes wirklich dazu führen, daß alle Staaten Einfluß auf die Verwaltung des Meeresbodens gewinnen, so ist dafür Sorge zu tragen, daß wenigstens die Grundzüge der Politik von dem Plenarorgan der Meeresbodenbehörde formuliert werden.

Mariner Umweltschutz

Die Regelungen für den marinen Umweltschutz mögen auf den ersten Blick enttäuschend erscheinen, denn sie enthalten weniger materiellrechtliche Umweltschutzregelungen als Kompetenzzuweisungen, d. h. sie regeln, bei wem die Regelungskompetenzen liegen und wer für die Durchsetzung des Umweltschutzes zuständig bzw. dazu verpflichtet ist.

Grundlage für die Regelungen des marinen Umweltschutzes gegen eine Verschmutzung der See durch Schiffe ist Art. 211 des Übereinkommens. Dieser Komplex ist am intensivsten geregelt, obwohl die Hauptverschmutzung der See von Land und durch die Atmosphäre erfolgt. Nach den für die Schifffahrt geltenden Regeln schaffen die Staaten internationale Normen und Maßstäbe zur Verhütung, Verringerung und Kontrolle der Verschmutzung der See durch Schiffe, wobei sie sich der dafür zuständigen internationalen Organisationen oder genereller diplomatischer Konferenzen bedienen. Hier liegt also der Bezug zu einem internationalen Gesetzgeber. Von wesentlicher Bedeutung ist, daß das Seerechtsübereinkommen darauf verzichtet, die nationalen Gesetzgeber der Flaggenstaaten an diese auf internationaler Ebene entwickelten Regeln in strikter Weise zu binden. Es begnügt sich vielmehr mit der Formulierung, daß die nationalen Gesetze mindestens den gleichen Effekt haben sollen wie die allgemein anerkannten internationalen Regeln und Maßstäbe. Mit dieser Klausel wendet sich das Übereinkommen im Prinzip gegen all diejenigen Staatsvorschläge, die eine enge Bindung der nationalen Gesetzgeber an internationale Regeln und Maßstäbe und damit eine Vereinheitlichung des die Schifffahrt betreffenden Umweltschutzes vorsahen. Gefolgt wurde vielmehr der Vorstellung derjenigen Staaten, die den marinen Umweltschutz stärker unter dem Gesichtspunkt der nationalen Interessenwahrung behandelten, wobei allerdings im Gegensatz zu diesen Vorschlägen lediglich der Flaggenstaat begünstigt wird.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß im Gegensatz zum Meeresbergbau der Umweltschutz auf hoher See - zumindest soweit er die Schifffahrt betrifft - eher nationalisiert als internationalisiert wird.

Im Gegensatz zu der sehr schwachen Bindung der Flaggenstaaten an internationale Maßnahmen und Regeln werden die Küstenstaaten weitergehenden Bindungen unterworfen. Die Küstenstaaten können für ihre Wirtschaftszonen Gesetze für den Schutz der marinen Umwelt gegenüber der Schifffahrt, soweit dadurch die Konstruktion, Ausrüstung und Bemannung der Schiffe betroffen wird, nur erlassen und durchsetzen, wenn diese Gesetze den international entwickelten Regeln und Maßstäben entsprechen. Damit soll verhindert werden, daß die Küstenstaaten eigene Regelungen entwickeln, die letztlich die Freiheit der Schifffahrt aufheben. Die hieraus resultierende Bindung für den Küstenstaat liegt im Interesse der internationalen Schifffahrt, nicht so sehr im Interesse des marinen Umweltschutzes.

Von den angesprochenen Regelungskompetenzen zu unterscheiden sind nach dem Konzept des Seerechtsübereinkommens die entsprechenden Durchsetzungsbefugnisse.

Nach dem Seerechtsübereinkommen obliegt dem Flaggenstaat die generelle Pflicht, durch den Erlaß entsprechender Gesetze sicherzustellen, daß die Schiffe seiner Flagge die anzuwendenden internationalen Normen und seine nationalen Gesetze hinsichtlich des marinen Umweltschutzes beachten. Dabei haben die Flaggenstaaten vor allem sicherzustellen, daß keine Schiffe in See gehen, die nicht den insbesondere im Hinblick auf Bauweise, Konstruktion, Ausrüstung und Bemannung erlassenen Sicherheitsanforderungen entsprechen. Die Kontrolle seitens der Flaggenstaaten erfolgt im wesentlichen durch eine Inspektion der Schiffe, die unter ihrer Flagge fahren. Daneben tritt aber - und hierin liegt eine wesentliche Innovation des Seerechtsübereinkommens - eine hafentaatliche Kontrolle. Die Hafenstaaten können Kontrollmaßnahmen gegenüber Schiffen in ihren Häfen durchführen. Europarechtliche Regelungen stellen sicher, daß in allen europäischen Häfen ein bestimmter Prozentsatz der Schiffe überprüft wird. Die Hafenstaaten können auch hinsichtlich von Verstößen tätig werden, die im Bereich der hohen See stattgefunden haben, selbst wenn durch diese Verstöße beim Hafenstaat keine Schäden zu befürchten waren. Dabei setzen die Hafenstaaten die international anerkannten Regeln und Maßstäbe durch. Irrelevant ist, ob sich der betreffende Küstenstaat diesen Regeln konkret unterworfen hat. Im Grunde genommen setzen die Hafenstaaten damit nicht ihr Recht durch, sondern das der internationalen Gemeinschaft. Sie werden also als Erfüllungsgehilfen der internationalen Staatengemeinschaft tätig. Sie erhalten praktisch Polizeibefugnisse und haben bei der Ausführung ihrer Untersuchungsrechte nicht einmal den Flaggenstaaten zu weichen. Demgegenüber haben internationale Organisationen keine oder zumindest keine wesentlichen Kontrollkompetenzen.

Das Seerechtsübereinkommen beschäftigt sich ebenfalls mit der Verklappung, d. h. der Abfallbeseitigung auf See. Die Staaten werden aufgefordert, nationale Gesetze und Rechtsverordnungen zur Verhütung, Verringerung und Kontrolle der Verschmutzung der See durch Abfallbeseitigung zu erlassen. Vergleichbare Verpflichtungen bestehen gegenüber der Verschmutzung von Land aus. Das materielle Recht enthalten regionale Abkommen. Für die Ostsee ist insoweit das Abkommen zum Schutze der Ostsee von Bedeutung. Es hat nach gängiger Einschätzung bislang positive Konsequenzen gehabt. Dennoch ist dieser Komplex deutlich ausbaubedürftig.

Fischerei

Das Seerechtsübereinkommen weist den Küstenstaaten weitgehend unbegrenzte Verfügungsbefugnisse hinsichtlich der Regelung und Nutzung der lebenden Ressourcen in der ausschließlichen Wirtschaftszone zu. Damit haben sich die Vorstellungen derjenigen Staaten, die, wie seinerzeit Malta, den Aufbau einer mit weitreichenden Befugnissen für die Verwaltung der Fischbestände ausgestatteten internationalen Organisation erstrebten, nicht durchzusetzen vermocht. Letztlich überwog der Trend zu einer Nationalisierung der Fischbestände, und zwar sowohl hinsichtlich der

Nutzung und Verteilung als auch hinsichtlich des Schutzes und der Verwaltung dieser Bestände. Diese Entwicklung darf allerdings nicht unter dem Gesichtspunkt eines Schutzes einzelstaatlicher Interessen gesehen werden. Die 3. UN-Seerechtskonferenz ging davon aus, daß die Zuweisung von property rights an die Küstenstaaten diese dazu anhalten würde, für eine Bewahrung der Fischbestände zu sorgen. Die UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung hat belegt, daß dies nicht der Fall ist.

Nach Art. 116 des Seerechtsübereinkommens können alle Staaten für ihre Staatsangehörigen das Recht in Anspruch nehmen, Fischfang auf hoher See zu betreiben. Sie sind dabei an vertragliche Verpflichtungen, einschließlich derjenigen, die in dieser Konvention niedergelegt sind, gebunden. Außerdem sind die in den Vorschriften über die Wirtschaftszone niedergelegten Rechte, Pflichten und Interessen der Küstenstaaten zu beachten. Der Verweis bezieht sich auf die küstenstaatlichen Sonderrechte hinsichtlich weiterschwimmender Fische, mariner Säugetiere, anadromer und katadromer Fischarten.

Diese Vorschriften können bestenfalls als rudimentär bezeichnet werden. Eine Regelung des Fischbestandsschutzes auf hoher See im eigentlichen Sinne erfolgt nicht. Die Erhaltung der Fischbestände auf hoher See liegt vielmehr in den Händen der dort fischenden Staaten, die entweder einseitig mit Wirkung für ihre Staatsangehörigen oder in Zusammenarbeit mit anderen Staaten den Fischbestandsschutz entwickeln sollen.

Auffallend ist, wie zurückhaltend das Seerechtsübereinkommen von Fischereiorganisationen spricht. Sie werden nicht als zwingend vorgeschrieben. Inzwischen hat sich an dieser Stelle aber ein Umdenken angekündigt. Dies gilt für grenzüberschreitende und weiterschwimmende Fischarten, für die 1995 ein weiteres Abkommen geschlossen worden ist. Im Endeffekt wird den auf dieser Basis gegründeten Fischereiorganisationen eine Regelungskompetenz zugestanden, und zwar auch gegenüber Nichtvertragsstaaten. Die entsprechenden Durchsetzungskompetenzen liegen bei den einzelnen Staaten dieses Regimes, einschließlich der Küstenstaaten. Es ist dies ein deutlicher Ansatz für eine internationale Verwaltung für internationale Fischbestände.

Immerhin enthält das Seerechtsübereinkommen eine grundsätzliche Zielsetzung, die mit dem Fischbestandsschutz auf hoher See verwirklicht werden soll. Danach sollen die Staaten bei der Bestimmung der erlaubten Fangmengen, und wenn sie andere Fischbestandsschutzmaßnahmen ergreifen, darauf achten, daß die betroffenen Fischbestände in einer Größenordnung erhalten bleiben, die einen größtmöglichen, auf Dauer gesicherten Fang erlaubt („maximum sustainable yield“). Trotz der Verwendung des Begriffs „maximum“ folgt Art. 119 des Seerechtsübereinkommens doch dem Konzept des „optimum sustainable yield“, da bei der Festsetzung der ständig möglichen Fangmenge neben den biologischen Gesichtspunkten auch ökologische und wirtschaftliche Faktoren berücksichtigt werden sollen, ebenso wie die Interdependenz der Fischbestände. In Betracht gezogen werden sollen schließlich auch die Bedürfnisse der Entwicklungsländer. Dabei haben sich die Staaten

auf die ihnen zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zu stützen. Die Formulierung dieser Passage stellt gegenüber dem bisherigen Recht ohne Zweifel einen Fortschritt dar. Es ist damit nicht mehr möglich, der Einführung von Schutzmaßnahmen für Fischbestände mit dem Hinweis zu widersprechen, daß keine ausreichenden wissenschaftlichen Kenntnisse für eine Notwendigkeit des Schutzes bestünden. Die Möglichkeit dieses Einwandes hat die Arbeit der Fischereiorganisationen in der Vergangenheit sehr erschwert, vor allem diejenige der Internationalen Walfangkommission.

Weniger zufriedenstellend ist jedoch die Ausformulierung der einzelnen Faktoren, die bei Erlaß der in Art. 119 des Seerechtsübereinkommens genannten Maßnahmen zu berücksichtigen sind. Auffallend ist in erster Linie, daß gegenüber dem Genfer Recht der Hinweis weggefallen ist, daß jeder Fischbestandsschutz der dauernden Versorgung der Weltbevölkerung zu dienen hat. Dieser Wegfall des Gemeinnützigkeitspostulats ist bezeichnend für das auf eine Nationalisierung der Fischbestände ausgerichtete Regime des Seerechtsübereinkommens.

Die Frage der Verteilung der Fischressourcen auf hoher See wird im Grunde genommen nicht angesprochen; es bleibt bei dem traditionellen Grundsatz der Fischereifreiheit mit der Konsequenz, daß die Verteilung im Wege des Wettbewerbs der Beteiligten erfolgt. Dieses Konzept hat sich bereits in der Vergangenheit als unbefriedigend erwiesen. Mit Rücksicht darauf, daß jetzt durch die Einführung der Wirtschaftszonen noch ein geringerer Teil der Weltfischereiresourcen von diesem Konzept erfaßt wird, wäre die Einrichtung von Verteilungsmechanismen dringend erforderlich gewesen.

Nach dem Konzept des Seerechtsübereinkommens obliegt den Küstenstaaten der Schutz wie auch die Nutzung der Fischbestände in den Wirtschaftszonen fast einschränkungslos. Die Bindungen, denen die Küstenstaaten mit Rücksicht auf das Gemeinschaftsinteresse an der Erhaltung und der bestmöglichen Nutzung der Fischereibestände unterworfen sind, sind eher marginal. Ihre Fischereipolitik muß darauf gerichtet sein, Fischbestände im Sinne des bestmöglichen Ertrages zu erhalten und gegebenenfalls aufzubauen, wobei sie mit Fischereiorganisationen zusammenarbeiten und internationale Maßstäbe berücksichtigen können. Eine entsprechende Bindung besteht nicht. Die Küstenstaaten bestimmen selbständig die Fangmenge, die sie auszubeuten vermögen. An dem Überschuß müssen sie andere Staaten beteiligen, wobei allerdings die Konditionen von den Küstenstaaten frei festgesetzt werden. Insofern hat das Wirtschaftszonenkonzept zu einer fast unbeschränkten Nationalisierung der Fischbestände im küstennahen Bereich und damit des größten Teils der Weltfischbestände überhaupt geführt.

Neben den bisher angesprochenen Regelungen gibt es Sondervorschriften für bestimmte Fischarten bzw. marine Säugetiere. Damit wird den biologischen Besonderheiten dieser Arten Rechnung getragen. Es handelt sich hierbei um Bestimmungen zu den weiterschwimmenden Fischarten („highly migratory species“), den anadromen und katadromen Fischarten („anadromous species“, „catadromous species“) so-

wie den Meeressäugetieren („marine mammals“). Unglücklicherweise sind die entsprechenden Artikel in den Teilen des Seerechtsabkommens über die Wirtschaftszone eingeordnet, so daß der falsche Eindruck entsteht, als folgten sie dem Zonenkonzept. In Wirklichkeit wird durch sie das Zonenkonzept überlagert. Die Regelung für die weitschwimmenden Fischarten findet sich in Art. 64 des Seerechtsübereinkommens. Danach werden diese Fischarten unter Mitwirkung des betreffenden Küstenstaates durch die beteiligten Staaten unmittelbar oder unter Einschaltung von Fischereiorganisationen verwaltet. Zu den sogenannten weitschwimmenden Fischarten gehören vor allem Thunfische, Schwertfische und Haie; Delphine und andere Wale haben den gleichen Status. Die näheren Einzelheiten finden sich in der, allerdings noch nicht in Kraft getretenen, Konvention von 1995 über weitschwimmende und grenzüberschreitende Fischarten. Dadurch, daß der Bestandsschutz für die weitschwimmenden Fischarten in die Hände der beteiligten Staaten gelegt wird, scheidet die Möglichkeit für einseitige, durch den Küstenstaat diktierte Bestandsschutzmaßnahmen aus. Auf der anderen Seite regelt das Seerechtsübereinkommen nicht, bei wem die Durchsetzung der Bestandsschutzmaßnahmen hinsichtlich der weitschwimmenden Fischarten in der Wirtschaftszone liegt. Insoweit ist auf die Regelung zur Wirtschaftszone zurückzugreifen. Entsprechende Durchsetzungskompetenzen liegen beim Küstenstaat. Während die weitschwimmenden Fischarten teilweise von der küstenstaatlichen Jurisdiktion in der Wirtschaftszone ausgenommen werden und insoweit zumindest in der Theorie, wenn auch nicht in der Praxis, Ansätze für eine Internationalisierung zu erkennen sind, unterfallen anadrome und katadrome Fischarten der Verwaltung ihres Ursprungsstaates bzw. Heimatstaates, auch wenn sie dessen Gewässer verlassen. Zu den anadromen Fischarten gehört im wesentlichen der Lachs und zu den katadromen Fischarten der Aal. Durch das Seerechtsübereinkommen wird das primäre Interesse und die Verantwortlichkeit der Ursprungsstaaten für die anadromen Fischarten anerkannt, die aus ihren Flüssen stammen. Der Ursprungsstaat hat das primäre Recht der Nutzung, da anadrome Fischarten grundsätzlich nur innerhalb der Grenzen der Wirtschaftszone gefangen werden dürfen. Insofern liegt auch die Verantwortlichkeit für die Erhaltung der Bestände bei diesem Staat. Er regelt den Schutz für den Bereich seiner Wirtschaftszone und Küstengewässer wie auch, falls der Fang auf hoher See gestattet ist, für diesen Bereich selbständig. Dieses System scheint sich inzwischen eingespielt zu haben.

Das Gegenstück zu den anadromen Fischarten stellen die katadromen dar. Hier hat der Heimatstaat die entsprechenden Rechte.

Schließlich sei noch kurz auf den Schutz der Meeressäugetiere eingegangen. Soweit sich diese im Bereich der ausschließlichen Wirtschaftszone aufhalten, liegt ihr Schutz und ihre Verwaltung bei den betreffenden Staaten. Im übrigen werden insoweit auch weiterhin entsprechende Kommissionen, insbesondere die Internationale Walfangkommission, tätig.

Ausblick

Konzeptionell ist die Schaffung des rechtlichen Ordnungsrahmens für die Nutzung der See abgeschlossen. Das Seerechtsübereinkommen sieht aber für viele Bereiche eine progressive Weiterentwicklung der Normen vor. Dies geschieht für den Bereich der Schifffahrt, weniger für andere Bereiche. Vor allem die Regelungen für den Schutz der marinen Umwelt gegen eine Verschmutzung der See von Land sind deutlich ausbaufähig. Die Praxis der existierenden internationalen Organisationen belegt, daß die Entwicklung einer gemeinschaftlichen Verwaltung der Weltmeere - verstanden als die der Staatengemeinschaft verantwortliche staatliche Verwaltung - noch nicht abgeschlossen ist.



Internationaler Seegerichtshof - gegründet 1996, ein Garant für die Wahrung des Rechts auf See. Das neu errichtete Gebäude wird dem Gericht 1999/2000 übergeben.

Entscheidende Schritte sind aber eingeleitet. Ein wesentlicher institutioneller Schritt ist die Errichtung des Internationalen Seegerichtshofs. Seine Aufgabe ist es nicht nur, zwischenstaatliche Streitigkeiten zu lösen. Seine Aufgabe ist auch, den internationalen marinen Umweltschutz durchzusetzen. Seinen besonderen Ausdruck findet dieser Ansatz in der Errichtung von Kammern für den Umweltschutz und die Fischerei. Daß der Gerichtshof die ihm übertragenen Aufgaben effektiv erfüllt, liegt an dem politischen Willen der Staaten. Daß dieser sich entwickelt, liegt auch an Ihnen - nämlich Ihrer aufklärenden und bewußtseinsbildenden Arbeit in den hier versammelten Instituten und Museen, die sich maritimen Fragestellungen widmen.

Literaturhinweise:

- Wolfrum, R. (1984): Die Internationalisierung staatsfreier Räume. Springer Verlag, Heidelberg.
- Kusuma-Atmadja, M., T. A. Mensah & B. H. Oxman. (eds) (1997): Sustainable Development and Preservation of the Oceans: The Challenges of UNCLOS and Agenda 21.
- Symes, D. (ed.) (1998): Property Rights and Regulatory Systems in Fisheries.

Das Meer gehört allen - Partnerschaft in der Meeresforschung

G. Hempel

Die Deutschen und das Meer

Politisch gesehen sind die Deutschen Meeresmuffel. Erst haben sie sich auf ihre Äcker gesetzt und dann auf die Kohleflöze. Ihre Städte legten sie meist nicht ans Meer, sondern an die Kreuzungspunkte von Handelsstraßen und an Flußfurten. Nur die Wikinger und später die europäische Union der Hanse ließen einige Küstenstädte blühen. In der deutschen Außenpolitik spielte das Meer eine relativ bescheidene Rolle. Bismarck war kontinental gesonnen und wollte sich nicht mit England anlegen. Wilhelm II. hatte zwar ein Faible für stolze Schiffe, der Erste Weltkrieg vernichtete aber bald die deutsche Flotte und die deutschen Kolonialpläne, nicht aber die deutsche Meeresforschung, die im letzten Quartal des 19. Jahrhunderts einen großen Aufschwung erfahren hatte und zwischen den Kriegen erfolgreich weiterarbeitete.

Bonn und Ostberlin haben nach dem Zweiten Weltkrieg den Schiffbau und die Fernfischerei subventioniert und die Meeresforschung stärker ausgebaut als es der Länge der deutschen Küste entsprach. Bei den internationalen Seerechtsverhandlungen haben sich die beiden deutschen Regierungen aber nicht hervorgetan, trotz starker Bemühungen ihrer Meeresforscher. Die Meeresforschung ist auf der Erde sehr ungleich verteilt und unterliegt starken Restriktionen, sobald sie sich den Wirtschaftszonen fremder Staaten nähert.

Meeresforschung unter dem neuen Seerecht

Wir haben von Herrn Wolfrum gehört, wie das alte Postulat von der Freiheit der Meere und damit auch der Meeresforschung in den vergangenen drei Jahrzehnten zugunsten einer maritimen Kleinstaaterei aufgegeben wurde. Die Schelfmeere als die wissenschaftlich und wirtschaftlich interessantesten Teile des Weltmeeres wurden unter die Jurisdiktion und oftmals willkürliche Bürokratie der Küstenstaaten gestellt. In Indonesien sind die marine Wirtschaftszone und die Territorialgewässer zweieinhalbmal so groß wie das feste Land, genau wie der Globus selbst. Deutschland ist dagegen mit seinen kurzen Küsten an engen Meeren bei den Seerechtsverhandlungen fast leer ausgegangen, wir haben nur etwa ein Sechstel unserer Landfläche als marine Wirtschaftszone hinzugewonnen.

Was bedeutet das für die Meeresforschung? Bis in die siebziger Jahre waren die reichen Industriestaaten fast die ausschließlichen Träger der meist kostenaufwendigen und an hohes technisches und wissenschaftliches Know-how gebundenen Meeresforschung. Ihre Schiffe bewegten sich ungehindert überall im Weltmeer, mit Ausnahme der 3 bis 12 sm breiten Zone der Territorialgewässer.

Fußend auf unseren unbedachten Äußerungen über die unmittelbare Nützlichkeit der Meeresforschung entstanden in den Entwicklungsländern übertriebene Erwartungen, die uns bei den Seerechtsverhandlungen der siebziger und frühen achtziger Jahre sehr zu schaffen machten. Bei den wissenschaftlich nicht ausreichend gerüsteten Küstenstaaten machte das böse Wort vom Forschungskolonialismus, Datenraub und Ausbeutung der Arbeitskraft einheimischer Wissenschaftler durch auswärtige Experten die Runde. Die europäische und amerikanische Fischindustrie haben von Daten profitiert, die ihre Experten gemeinsam mit peruanischen und chilenischen Wissenschaftlern im Auftriebsgebiet des Humboldt-Stromes gesammelt haben. In den Publikationen wurde diese Mitarbeit mitunter nur als Fußnote erwähnt. Namibia und Angola bemühen sich heute, aus Kaliningrad die von sowjetischen Forschungsschiffen in den Wirtschaftszonen dieser Länder gesammelten Meßwerte zu erhalten, ein Teil davon wurde ihnen jetzt für 200.000 US\$ angeboten. So lag es für die Küstenstaaten nahe, lieber das eigene Seegebiet unerforscht zu halten, als andere hineingucken zu lassen. Dies Mißtrauen ist heute meist unberechtigt, es wird aber gelegentlich durch Unachtsamkeit und Nachlässigkeit von Meeresforschern genährt, die sich nicht strikt und pünktlich an die vereinbarten Regeln der Datenablieferung halten.

Insgesamt ist die Meeresforschung, die globale Probleme behandeln und verschiedene Meeresgebiete und Ökosysteme vergleichend untersuchen muß, der Verlierer der internationalen Seerechtskonvention. Diese weist dem Küstenstaat das Recht zu „to authorize and regulate marine research activities in the various coastal zones“. Was heißt das in praxi? In den Territorialgewässern (12 sm) darf kein Fremder forschen, es sei denn auf ausdrückliche Einladung. In der Wirtschaftszone (200 sm oder mehr) soll der Küstenstaat dagegen fremder Forschung zustimmen. De facto gibt es aber in den meisten Küstenstaaten recht große Hindernisse durch die Trägheit und Komplexität der Bürokratie sowie durch die Tendenz der Beamten, im Zweifelsfall vorsichtshalber lieber „nein“ als „ja“ zu sagen. Weiterhin hat sich der Brauch eingebürgert, Forschungsgenehmigungen mit Auflagen zu belasten: An Bord muß Platz gemacht werden für Marineoffiziere als Beobachter, Proben müssen doppelt genommen werden, um auch das Gastland zu bedienen und lange Berichte müssen schnell abgeliefert werden.

Die Genehmigungspraxis der Forschungsanträge ist für die deutsche Meeresforschung wenig befriedigend, denn die Planungsunsicherheit und der große Aufwand sind sehr belastend. Es gab immer wieder Ablehnungen durch Küstenstaaten und viele Fälle, in denen die Genehmigungen sehr lange, manchmal zu lange auf sich warten ließen, trotz rechtzeitiger Antragstellung mindestens sechs Monate im voraus. Für

Expeditionen in der Dritten Welt hat es sich bewährt, im Vorfeld der Antragstellung die betreffenden Länder zu bereisen, das Vorhaben vorzustellen und Kooperationsvereinbarungen mit einheimischen Wissenschaftlern und Instituten zu treffen, um vor Ort Fürsprecher zu haben. Es bleibt aber eine große Planungsunsicherheit.

Alles dies hat manche Meeresforscher in Deutschland so verschreckt, daß sie mit ihrer Forschung in andere Tätigkeitsbereiche ausgewichen sind:

Viele beschränken sich auf unsere eigenen kleinen Wirtschaftszonen in der Deutschen Bucht und entlang der Ostseeküste, oder bemühen sich um lokale Partner zur intensiven Untersuchung der Nordsee und Ostsee. Andere widmen sich verstärkt den numerischen Modellierungen und der Satelliten-Fernerkundung. Hier liegen die größten Fortschritte der modernen Meeresforschung. Wieder andere weichen auf die freie Hohe See aus, insbesondere ins Südpolarmeer.

Auf jedem der drei Felder hat die deutsche Meeresforschung Wichtiges geleistet. Aber das reicht nicht: Nord- und Ostsee sind nicht das Weltmeer, auch wenn man hier viel Grundsätzliches über das Meer erfahren kann. Die Fernerkundung liefert uns zweidimensionale Bilder der oberen Schichten des Ozeans und der Struktur und Topographie seiner Oberfläche. Diese Aufnahmen bedürfen der Kalibrierung und Interpretation anhand von Schiffsmessungen in allen Teilen des Ozeans. Die virtuellen Ozeane der Modellierer müssen an der Wirklichkeit gemessen werden.

Wir können nicht auf die Erforschung weiter und wichtiger Meereszonen verzichten, wenn es darum geht, das Weltmeer als Klimamaschine und als Schatzkammer zu verstehen.

TEMA für die Dritte Welt

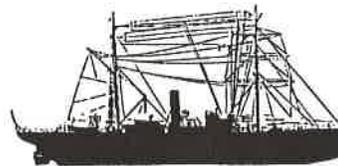
Nicht Rückzug, sondern Öffnung muß daher unsere Antwort auf die Exklusivität des Seerechts sein. Sie muß überwunden werden, indem wir die zu verzeichnende Exklusivität der europäisch-amerikanischen Meeresforschung aufgeben und die Küstenstaaten der Dritten Welt voll einbeziehen.

Letztlich müssen alle Küstenstaaten in die Lage versetzt werden, selbst Meeresforschung und Meeresüberwachung zu betreiben und ihre eigenen Gewässer zu erforschen und zu überwachen. Sie sollen letztlich auch einen eigenen Beitrag zu den globalen Forschungs- und Überwachungsprogrammen leisten. Nur wenn sie in die internationale Gemeinschaft der Meeresforscher eintreten, werden sie ihr Mißtrauen gegen die Meeresforscher der Industrieländer verlieren.

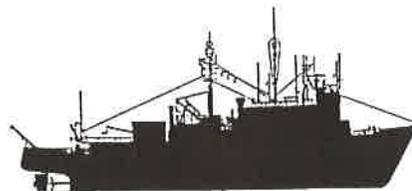
Bemühungen darum sind älter als das neue Seerecht. Vor dreißig Jahren haben wir in der Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) der UNESCO den Ausdruck TEMA (Training, Education and Mutual Assistance) geprägt.

Damals waren nach dem Abzug der Kolonialmächte die jungen Staaten nicht in der Lage, ihre Fischbestände zu erschließen und zu überwachen, die durch fremde und einheimische Fischer immer stärker genutzt wurden. Nach mineralischen Ressourcen, besonders Erdöl und Metallen, sollte gesucht werden, Sturmfluten vorhergesagt und Wasserstraßen gesichert werden. Eigene Meeresforschung wurde auch eine Frage nationalen Prestiges und militärischer Sicherheit.

Gleichzeitig ging Ende der fünfziger Jahre die achtzigjährige Periode der großen Einzelschiff-Expeditionen zu Ende, an der Deutschland mit den Reisen der „Gazelle“ (1874-76), „National“ (1889), „Valdivia“ (1898-99), „Gauss“ (1901-03) und vor allem der Südatlantik-Expedition der „Meteor“ (1925-27) (Abb. 1) wesentlichen Anteil gehabt hatte. Stattdessen entstand bei den führenden Meeresforschern in USA und Europa der Wunsch nach großräumigen, von vielen Schiffen getragenen Untersuchungen der tropischen und subtropischen Ozeane. Die Internationale Indische Ozean Expedition, gefolgt von ähnlichen Untersuchungen im äquatorialen Atlantik und Pazifik, sollten aber nicht ausschließlich von europäischen und amerikanischen Forschungsschiffen und Wissenschaftlern durchgeführt werden. Die Anrainerstaaten waren zu beteiligen.



Forschungsschiff „METEOR“, 1924 - 1946



Forschungsschiff „METEOR“, 1964 - 1985



Forschungsschiff „METEOR“, 1986

Abb. 1: In den vergangenen 80 Jahren haben drei deutsche Forschungsschiffe mit Namen „Meteor“ im Atlantischen und Indischen Ozean gearbeitet. Die Schattenrisse sind maßstabsgleich (Zeichnung DHI).

Der Aufbau mariner Forschungskapazität in Entwicklungsländern erfolgte somit im beiderseitigen Interesse und mit erheblichem finanziellen Aufwand seitens der Welternährungsorganisation FAO und der UNESCO/IOC, viel mehr aber noch in bilateralen Unternehmen seitens der Industrieländer. Allerdings war in manchen Küstenstaaten, deren Bildungssystem noch sehr unterentwickelt war und die mit großen ökonomischen Problemen zu kämpfen hatten, der Versuch, Meeresforschung aufzubauen, ein voreiliger Luxus.

Wie hat sich TEMA innerhalb der 30 Jahre entwickelt? Zuerst ging es um den Aufbau von Instituten für die Fischereiforschung; Studenten aus Entwicklungsländern kamen nach Europa und USA, um dort ihr Studium zu absolvieren. Das dauerte oft viele Jahre, manche fanden nicht den Weg zurück in die Heimat, andere bildeten aber dort den Kern der jungen Institute, deren Rückgrat zuerst ausländische Berater waren. Inzwischen sind diese Berater größtenteils durch einheimische Kräfte und durch Kurzzeitexperten für spezielle Aufgaben ersetzt worden.

In einigen Ländern hat Meeresforschung heute feste Wurzeln. Die im Ausland geschulten Wissenschaftler sind dort in der Lage, den Nachwuchs an heimischen Hochschulen mindestens bis zum ersten Hochschulexamen auszubilden. In anderen Gebieten haben Kriege und Armut die junge Meeresforschung verdorren lassen; die Abwanderung von Wissenschaftlern in wohlhabendere Länder und lukrativere Berufe tut ein Übriges. Gegen diese Versuchungen sind Frauen resistenter, deswegen ist in den Ländern Lateinamerikas und stellenweise in Afrika die Meeresforschung jetzt weiblich dominiert.

Partner statt Paten

Die wichtigste positive Veränderung ist das Wachsen echter Nord-Süd-Partnerschaften zwischen Instituten in Europa und Nordamerika mit solchen in Südamerika, Südostasien und Afrika. Vor 20 Jahren bestimmten noch die fremden Förderorganisationen, was für den Aufbau der Meeresforschung in einem Land gut sei, heute werden Gemeinschaftsprojekte der Forschung und Ausbildung partnerschaftlich geplant und unsere tropischen Partner wissen meist sehr genau, was sie brauchen und was nicht.

In Deutschland werden diese Bemühungen um Partnerschaft in der Meeresforschung vor allem vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) finanziert. In Bremen wurde mit starker Bundesunterstützung das Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT) eingerichtet. Es erfüllt drei Aufgaben:

- Aus- und Weiterbildung für deutsche und ausländische Studenten und Wissenschaftler. Diesem Ausbildungsauftrag ist ein Vorlesungsprogramm an der Bremer Universität zur aquatischen Tropenökologie und Fischereibiologie gewidmet und eine Serie von Spezialkursen, die sich an Wissenschaftler aus allen Tropenländern wenden.

- Nationale Kommunikation und Pflege von Kontakten zu ausländischen und internationalen Förderorganisationen und Forschungsinstitutionen.
- Unsere wichtigste Arbeit ist aber die Koordination und Durchführung von Gemeinschaftsunternehmen, die Forschung und Ausbildung miteinander verbinden. Dazu vier Beispiele:



Abb. 2: Ägyptische, israelische und deutsche Wissenschaftler bei der Bearbeitung von Planktonproben auf dem israelischen Forschungsschiff „University I“.

Abb. 3: Das gecharterte russische Forschungsschiff „Petr Kottsov“ diente im April 1997 der Kooperation deutscher Institute mit Partnern aus Angola, Namibia und Südafrika.



Das Red Sea Program (RSP) wird von Ägyptern, Deutschen, Israelis, Jordaniern und Palästinensern gemeinsam durchgeführt. Zentralthema ist die Ökologie des Golfs von Aqaba. Beteiligt sind mehrere deutsche Universitäten und Max-Planck-Institute. Ausbildung vor Ort (Abb. 2) und Forschungsaufenthalte von arabischen Studenten an deutschen oder israelischen Universitäten spielen eine große Rolle. Neben den wissenschaftlichen Zielen, die von der Molekularbiologie bis zur Paläoklimatologie, von Neurotoxinen bis zur Ökologie von Korallenstöcken reichen, dient das RSP auch dem Frieden. Unter der RSP-Flagge konnte ein israelisches Forschungsschiff mit deutschen und palästinensischen Wissenschaftlern an Bord in ägyptischen Gewässern arbeiten. Während einer Zeit ge-

gegenseitigen Terrors führten wir 1996 und 1997 in Eilat Kurse für Studenten aus allen Teilen der Region durch. Über das RSP wurde ausführlich in „Meer und Museum“, Band 14/1998, berichtet.

Auf dem gleichen Prinzip regionaler Kooperation, diesmal zwischen Südafrika, Namibia und Angola, basierte 1997 eine Expedition zur Angola Front. Das ZMT charterte dazu mit Bundesmitteln ein russisches Forschungsschiff (Abb. 3). Unsere Expedition ermöglichte Training on the Job für zehn Nachwuchswissenschaftler aus den drei Ländern. Der Expedition war ein Fortbildungskurs in Swakopmund vorausgegangen, und zur Auswertung reisen die Teilnehmer nach Warnemünde, denn das wissenschaftliche Programm wurde im wesentlichen vom dortigen Institut für Ostseeforschung getragen. Seine Wissenschaftler hatten schon in den siebziger Jahren mit FS „Alexander von Humboldt“ in den angolanisch-namibischen Gewässern gearbeitet. An die damaligen Forschungen knüpft das neue Projekt an, in dem hochaktuelle Fragen, die auch mit dem El Niño Phänomen zusammenhängen, behandelt werden. Für 1999 planen wir mit dem IOW eine neue Expedition in diese Region.

Die Projekte im Nahen Osten und Südwestafrika verbinden Wissenschaftler und Studenten einer Region, in der jeweils ein Land - Israel bzw. Südafrika - ein hohes wissenschaftliches und technisches Potential besitzt, während die Nachbarn dringend Hilfe brauchen, um das starke Gefälle langsam aber stetig auszugleichen.

Für die deutsch-brasilianischen JOPS (Joint Oceanographic Project) - Expeditionen 1990/91 und 1994/95 stellten wir ein gut ausgerüstetes mittelgroßes Forschungsschiff „Victor Hensen“ (Abb. 4) des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung für jeweils fünf Monate zur Verfügung und forderten brasilianische und deutsche Wissenschaftler aus verschiedenen Instituten auf, gemeinsam Vorschläge für eine Reihe von Untersuchungen zu formulieren.

Schon für JOPS I erhielten wir mehr Forschungsvorschläge als in dem vorgegebenen Zeitraum hätten durchgeführt werden können. Die besten wurden also zu einem Gesamtprogramm mit acht Fahrtabschnitten

Abb. 4: FS „Victor Hensen“ beim Einsatz vor Brasilien.



zusammengestellt, an dem sich insgesamt 78 Wissenschaftler beteiligten. JOPS I war ein so großer Erfolg, daß die Brasilianer um eine Wiederholung bitten und für JOPS II 300.000,- US\$ beisteuerten (Abb. 5).

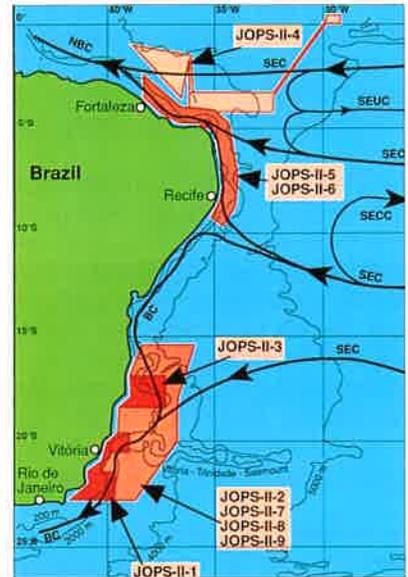


Abb. 5: Die Arbeitsgebiete der deutsch-brasilianischen „Victor Hensen-Expedition JOPS II“ 1994/95.

Im deutsch-brasilianischen Forschungs- und Ausbildungsprogramm MADAM (Mangrove Dynamics and Management) wird ein Mangrovegebiet südöstlich der Mündung des Amazonas bearbeitet. In kleinen Gruppen untersuchen brasilianische und deutsche Meeresbotaniker, Meeresbiochemiker, Fischereibiologen und Sozioökonomien Funktion und Dynamik von Mangroven sowie Fragen der Abhängigkeit der Küstenbevölkerung von dem von ihr genutzten Mangrovensystem. Während deutsche Diplomanden und Doktoranden in Belém und Bragança von brasilianischen Professoren lokal betreut und technisch unterstützt werden, kommen brasilianische Studenten zu Studienaufenthalten nach Bremen. Damit wird einerseits die Forschungs- und Ausbildungskapazität an den brasilianischen Universitäten und beteiligten Instituten gestärkt, und andererseits lernen deutsche Nachwuchswissenschaftler gemeinsam mit ihren ausländischen Kollegen wissenschaftliche Probleme der Tropen zu erarbeiten (Abb. 6).

Ein generelles Problem in Projekten dieser Art bildet die Publikation der Ergebnisse. Es ist leicht, gemeinsam viele Daten zu sammeln, aber es ist schwer, die wissenschaftlichen Partner zur Auswertung und zum Niederschreiben der Ergebnisse zusammenzubringen und die Kunst des Publizierens gemeinsam zu üben. Hierfür haben wir extra Workshops veranstaltet und der Deutsche Akademische Austauschdienst hat längere Aufenthalte brasilianischer Wissenschaftler in Bremen finanziert.

Außerhalb des Aktionsbereiches des Bremer ZMT liegt die partnerschaftliche Hilfe für die Meeresforscher in den Nachfolgestaaten der Sowjetunion. In

der Sowjetunion wurde die Meeres- und Fischereiforschung mit sehr hohem Aufwand an Menschen und Schiffen in einer Vielzahl von Instituten betrieben, zwischen denen eine Arbeitsteilung bestand. Mit der Auflösung der Sowjetunion entfiel die Zentralsteuerung und die einzelnen Staaten wollen nun jeweils eine komplette Meeresforschung aufbauen und daneben auch die Fischereiforschung aufrechterhalten. Für die kleinen baltischen Staaten wären wahrscheinlich arbeitsteilige Gemeinschaftslösungen die richtige, z. Zt. aber politisch nicht machbare Antwort. Besonders das Institut für Ostseeforschung hat sich in den vergangenen sieben Jahren sehr bemüht, die verarmten Institute durch Geräte und Bücherspenden materiell zu unterstützen und ihnen durch Gemeinschaftsprojekte und Reisestipendien für Nachwuchswissenschaftler den Zugang zur internationalen Meeresforschung offen zu halten.

Leitlinien für Partnerschaftsprojekte

Im Laufe der Zeit haben wir für die Auswahl der Projekte und deren Durchführung eine Reihe von Kriterien und Leitlinien entwickelt, die sich in wenigen Stichworten zusammenfassen lassen:

Die Projekte müssen wissenschaftlich bedeutungsvoll und entwicklungspolitisch relevant für das Gastland sein, und sie sollen dem Aufbau seiner wissenschaftlichen Kapazität dienen. Nützlich ist die Verbindung mit regionalen und globalen Forschungsprogrammen. Bei der Planung soll die Initiative vom Gastland ausgehen, die Steuerung des Projektes muß bilateral erfolgen. Die Kompetenz und die Vorarbeiten der einheimischen Wissenschaftler müssen voll genutzt werden. Wichtig ist der Datenaustausch sowie der Aufbau einer vollständigen Datenbank vor Ort. Das Projekt muß einerseits fest in die Wissenschaftsstrukturen des jeweiligen Gastlandes und in den Lehrbetrieb örtlicher Universitäten eingebettet sein und andererseits den einheimischen Wissenschaftlern den Zugang zur internationalen Science Community eröffnen. Dazu dienen regionale Symposia und die gemeinsame Veröffentlichung der Ergebnisse in renommierten Zeitschriften. Auch deutscherseits sollen an den Projek-

Abb. 6: Deutsch-brasilianische Studentenexkursion zu den Reusenfishern Ilha Canela, Pará, Brasilien.



ten nach Möglichkeit jeweils mehrere Institute teilnehmen.

Zusammenfassende Schlußbemerkungen

Meeresforschung ist so global wie das Weltmeer und die Lufthülle, die unser Klima bestimmen. Aber die Freiheit der Meeresforschung ist stark eingeschränkt. Nach geltendem Seerecht verfügt jeder Küstenstaat über einen weit in den offenen Ozean ragenden Meeresabschnitt, den der Staat erforschen und überwachen soll. Vielen Staaten fehlt es dazu an geschultem wissenschaftlichen und technischen Personal sowie an wohl ausgestatteten Forschungsschiffen und -instituten.

Wir müssen also in den Aufbau von Meeresforschungskapazität in der Dritten Welt investieren. Je knapper die öffentlichen Mittel bei uns werden, um so häufiger fragen aber Politiker, Administratoren und Wissenschaftler, ob es nicht bessere Verwendungsmöglichkeiten für Haushaltsmittel und Schiffskapazität gäbe. Die Antwort darauf sollte lauten:

- Deutschland hat die Seerechtskonvention und die Agenda 21 der Rio-Konferenz unterzeichnet und sich damit zur nachhaltigen Entwicklung und weisen Nutzung des Weltmeeres verpflichtet. Das setzt aber Meeresforschung und -überwachung in allen Teilen der Erde voraus.
- Die Beantwortung der Fragen nach den globalen und regionalen Klimaveränderungen und die Entwicklung von Langfrist-Wettervorhersagen können nicht von den Forschungsinstituten weniger Industriestaaten bewältigt werden, sondern hängen ab von der Beteiligung möglichst vieler Ozeanographen in allen Teilen der Welt.
- Unsere Meeresforscher brauchen ein gewisses Maß an Forschungsfreiheit in fremden Gewässern. Die dazu erforderlichen Genehmigungen erhalten sie am ehesten von aufgeklärten Partnern.
- Unsere Industrie sucht nach expandierenden Märkten für neue Geräte zur Erforschung, Überwachung und Reinigung der Meere. Nur auf Empfehlung ihrer eigenen Wissenschaftler und Ingenieure werden die Entwicklungsländer solche Ausrüstungen bei uns kaufen. Auch dies ist ein Argument für die Erhöhung der Attraktivität des Studienstandorts Deutschland.

Helfende Partnerschaft in der Meeresforschung ist kein Akt der Wohltätigkeit seitens unserer Institute und Geldgeber, sondern dient dem verständnisvollen Umgang mit dem Meer, der darüberlagernden Atmosphäre und den angrenzenden Küstengebieten. Unter allen Formen der wissenschaftlichen Entwicklungshilfe sind partnerschaftliche, kombinierte Forschungs- und Ausbildungsprojekte am zukunftsträchtigsten und für die beteiligten deutschen Wissenschaftler am attraktivsten, auch wenn sie Geduld, Rücksichtnahme und Einfühlungsvermögen erfordern.

Das Schwarze Meer - Vergangenheit und Gegenwart *

Die anthropogenen Einflüsse auf die Biodiversität

F. Vasiliu †

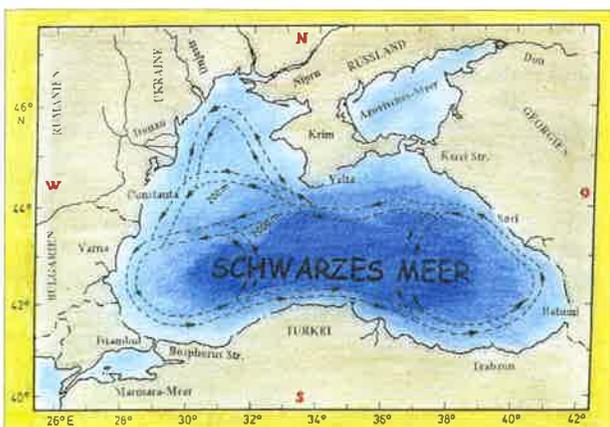
Woher stammt der Name „Schwarzes Meer“?

Der Name dieses Meeres wurde im Laufe der Zeit des öfteren verändert. Die Küstenbewohner, deren Hauptbeschäftigungen Viehzucht und Ackerbau waren, fühlten sich durch das Meer bedroht und empfanden es als erschreckend, daher kam der Name „Ahsaena“. Die alten Griechen gerieten während ihrer Seereisen wiederholt in heftige Stürme und erlebten tragische Schiffbrüche. Von ihnen stammt der Name „Pontos Axeinos“, was in freier Übersetzung ungefähr „ungastfreundlich“ bedeutet. Später besiedelten dieselben Seefahrer, aber auch Handelsreisende, die Küsten dieses Meeres, gründeten Kolonien und Festungen und trieben einen blühenden Handel mit der einheimischen Bevölkerung. Zu Beginn des 7. Jahrhunderts v. u. Z. wurde das Schwarze Meer, laut verschiedener geschichtlicher Quellen, als Pontos Euxinos - das „gastfreundliche Meer“ bezeichnet. Im Verlaufe der großen Völkerwanderungen am Ende der Antike wurden die griechischen Handelsniederlassungen und Zeugen der Zivilisation größtenteils zerstört und der Name „Pontos Euxinos“ geriet in Vergessenheit. Die Türken bezeichneten dieses Meer nun als Schwarzes Meer, um es vom Mittelmeer, welches sie Weißes Meer nannten, zu unterscheiden.

Die Entstehung des Schwarzen Meeres

Hydrographisch betrachtet gehört das Schwarze Meer zum Mittelmeer, mit welchem es durch das Marmarameer sowie die Bosporus-Meerenge in Verbindung steht (Abb. 1). Doch die Entstehungsgeschichte dieser beiden Meere ist ganz verschieden: Während das Mittelmeer ein Überbleibsel des urzeitlichen Tethysmeeres darstellt, ist das Schwarze Meer ein Rest des Sarmatischen Meeres, eines Meeresbeckens, welches vor 5 - 7 Millionen Jahren einen großen geo-

Abb. 1: Das Schwarze Meer - ein Binnenmeer; allgemeine Übersicht; schematische Darstellung der wichtigsten Strömungen.



graphischen Raum einnahm, ungefähr vom heutigen Standort der Stadt Wien bis zum Aralsee in Mittelasien. Dabei waren unter anderem große Teile von Österreich, Ungarn, Rumänien, der Ukraine sowie der südliche Teil von Rußland überflutet.

Lediglich die Gipfel der Karpaten, des Kaukasus sowie der Gebirge der Dobrudscha ragten aus den Fluten dieses unermeßlichen Meeres als Inseln heraus. Die folgenden tektonischen Ereignisse führten zur Teilung des Sarmatischen Meeres in das Aralbecken sowie in das Kaspische und das Pontische Becken. Später, durch den Einsturz der Landenge, welche Kleinasien mit der Balkanhalbinsel verband, entstand die Verbindung des Pontischen Beckens mit dem Mittelmeer durch das Marmarameer und die Bosporus-Meerenge. Nachdem diese Verbindung geschaffen war, verwandelte sich der alte „Pontische See“ im Verlaufe der Jahrtausende zu einem Meeresbecken, dem heutigen Schwarzen Meer. Neben der Gesamtheit der hydrologischen Gegebenheiten entwickelte sich die gegenwärtige Flora und Fauna. Nach heutiger Kenntnis beträgt das Alter des hydrologischen Gleichgewichtes des Schwarzen Meeres sowie der morphologischen Struktur seiner Küste und seines Meeresbodens ungefähr 9.500 Jahre (Müller, 1995).

Kurze hydrologische und chemische Charakteristik

Das Schwarze Meer gehört aufgrund seiner geographischen Lage zu den Binnenmeeren Europas. Als Binnenmeere werden u. a. auch das Asowsche Meer und die Ostsee eingestuft. Bei dem Vergleich von Ostsee und Schwarzem Meer lassen sich einige Ähnlichkeiten feststellen, auch die Flächenmaße sind ungefähr gleich (Zenkevici, 1963).

Das Schwarze Meer besitzt Verbindungen mit den angrenzenden Meeresbecken, dem Asowschen und dem Marmarameer durch die Kertscher-Meerenge mit einer Länge von etwa 45 km, einer Breite von 3,7 bis 42 km und mit Tiefen bis zu 18 m, und die Bosporus-Meerenge, welche 31 km lang, 0,7 bis 3,5 km breit und 27,5 bis 120 m tief ist. Übrigens stellt die Bos-

Tabelle 1: Hydrologische Bilanz des Schwarzen Meeres (Gomoiu, 1976)

Quelle	Eintrag		Austrag	
	km ³	%	km ³	%
Flüsse	336	53,16	-	-
Bosporus-Straße	123	19,46	260	41,14
Kertscher-Straße	53	8,39	32	5,06
Niederschläge	120	18,99	-	-
Verdunstung	-	-	340	53,80
Insgesamt	632	100,00	632	100,00

* Da der Referent nicht rechtzeitig anreisen konnte, wurde sein aus dem Rumänischen übersetzter Vortrag schriftlich zur Veröffentlichung eingereicht.

porus-Meerenge die indirekte Verbindung des Schwarzen Meeres mit dem Mittelmeer her (Abb. 1). Die relative Konstanz des Vorkommens der im Schwarzen Meer anzutreffenden Lebewesen sowie die chemischen und physikalischen Besonderheiten sind durch das Vorhandensein der Bosphorus-Schwelle bedingt, da diese im Endeffekt das Eindringen des Meerwassers aus dem Mittelmeer verhindert, den gegenseitigen Wasseraustausch vermindert und die Wanderungen von Flora und Fauna begrenzt. Hydrologisch betrachtet ist das Schwarze Meer ein Sammelbecken, welches die Gewässer eines hydrographischen Areals von ca. 1.874.904 km² aufnimmt (Zaitsev & Mamaev, 1997). Der Wassereintrag der Flüsse beträgt im Mittel 336 km³/Jahr. Mit einem Zufluß von etwa 200 km³/Jahr ist die Donau der größte Wasserlieferant (Tabelle 1).

Das Brackwasser des Schwarzen Meeres hat im Mündungsgebiet des Donaudeltas einen Salzgehalt von nur 5‰, die maximale Salinität wurde in einer Tiefe von 2.000 m gemessen und betrug 22,38‰ (Zenkevici, 1963). Es muß aber hervorgehoben werden, daß bei Einstrom aus dem Mittelmeer östlich des Bosphorus Werte von etwa 34 ‰ ermittelt wurden. Das Wasser des heutigen Schwarzmeerbeckens besteht aus einem Gemisch, welches aus drei verschiedenen Quellen mit ganz verschiedenen Eigenschaften stammt:

1. Süßwasser aus den Flüssen sowie durch Niederschläge;
2. Brackwasser als Überbleibsel des alten Pontischen Sees und
3. Meerwasser aus dem Mittelmeer, welches bei dem Einsturz der Bosphorus-Schwelle eindrang und auch heute noch in geringen Mengen nachfließt (siehe Tabelle 1).

Die so verschiedene Herkunft des Wassers dieses Meeres und demzufolge auch der jeweils unterschiedliche Salzgehalt sowie weitere Faktoren führen zu einer horizontalen Schichtung der Wassermassen, einem Hauptcharakteristikum des Schwarzen Meeres (Abb. 2). Man kann daher von der Existenz von zwei übereinander gelegenen „Meeren“ sprechen. Diese Behauptung kann durch die horizontalen Temperaturunterschiede (Sprungschicht), den Sauerstoffgehalt und insbesondere durch das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff (H₂S) in Tiefen ab 180 - 200 m stichhaltig belegt werden (Abb. 2). Diese Schichtungen sind hauptsächlich auf das fast gänzliche Fehlen von waagerechten Strömungen ab Tiefen unter 200 m zurückzuführen.

Die Folgen sind äußerst vielfältig. Vor allem verläuft der allgemeine Kreislauf von organischen und mineralischen Substanzen im Schwarzen Meer anders als sonst in den meisten Meeren. So fallen z. B. die organischen Stoffe der verschiedenen Verwesungsstadien in die Tiefe, ohne jemals im chemischen oder im biochemischen Kreislauf wieder aufzutauchen. In diesem Falle wäre eine negative Bilanz der organischen Stoffe zu verzeichnen, was aber durch den ständigen und massiven Eintrag der Kontinentalgewässer verhindert wird, welche hiermit eine eutrophierende Rolle spielen.

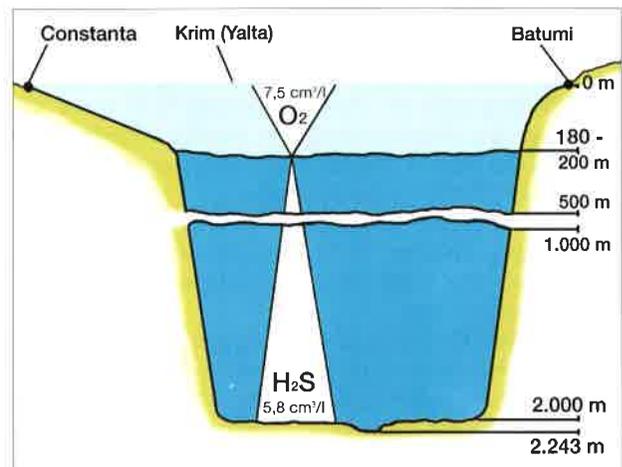
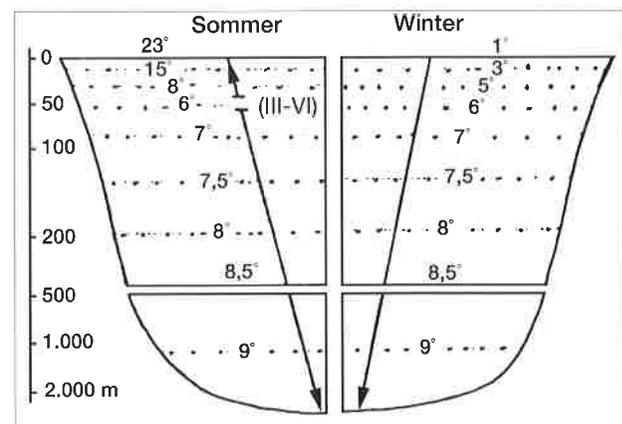


Abb. 2: Schematische vertikale Darstellung der Konzentrationen von Sauerstoff (O₂) und Schwefelwasserstoff (H₂S); die separate Anwesenheit dieser beiden Komponenten ist ein Kennzeichen der zwei übereinanderliegenden „Meere“: Oberflächenmeer - eine biotische Zone; das Tiefenmeer - eine abiotische Zone (abgesehen von der Anwesenheit einiger anaerober Bakterien, welche Schwefelwasserstoff bilden).

Abb. 3: Vertikale Temperaturunterschiede des Meerwassers im Laufe der Jahreszeiten.



Die große Menge von H₂S in Tiefen von über 200 m ist eine der bemerkenswertesten Besonderheiten des Schwarzen Meeres. Von der gesamten Wassermenge des Meeresbeckens, ca. 537.000 km³, gehören 87% durch einen H₂S-Gehalt bis zu 5,8 cm³/l einer abiotischen Umwelt an (Zenkevici, 1963). Die horizontale Schichtung des Wassers und die große Menge von H₂S brachten dem Schwarzen Meer seitens der Hydrobiologen den Beinamen „Unicum hydrobiologicum“ ein.

Die allgemeinen horizontalen Strömungen hängen zum größten Teil sowohl von der Küstenmorphologie als auch von der Wasserzufuhr durch die Bosphorus-Straße, den Kontinentalsockelgewässern sowie verschiedenen lokalen Faktoren ab. Schematisch können diese Oberflächenströmungen folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- zwei zyklonale Strömungen, im östlichen sowie im westlichen Teil des Meeres, deren Bewegung entgegen der Uhrzeigerichtung verlaufen sowie

- eine allgemeine zyklonale Strömung, welche die beiden vorerst genannten in derselben Richtung umkreist (Abb. 1) und welche der wenig zerklüfteten Küste angepaßt ist (diese Strömung ist in erster Linie auf die Wasserzufuhr der Kontinentalgewässer durch die Flüsse Dnjestr, Nipru, Bug und insbesondere der Donau zurückzuführen).
- Unterhalb dieser Strömungen gibt es andere, die in entgegengesetzter Richtung der vorhergenannten verlaufen und welche kälteres und salzigeres Wasser transportieren.
- Die lokalen Strömungen können ganz anders als die allgemeine Strömung verlaufen und sind von der Wassermenge der Zuflüsse, der Salinität, der Temperatur und der Windrichtung abhängig.

Bezüglich der Wassertemperatur des Schwarzen Meeres sind folgende Fakten erwähnenswert: Die Tiefstwerte entsprechen nicht der größten Wassertiefe, sondern wurden in einer Tiefe von 50 - 100 m mit 6 - 7 °C gemessen. Von dieser Tiefe weiter abwärts steigt die Temperatur wieder leicht an, bis sie einen Wert von 9 °C am Meeresboden erreicht. Während der Sommermonate folgen die Wassertemperaturen im wesentlichen der Lufttemperatur. Die thermischen Schwankungen in den oberen Wasserschichten, bis zu einer Tiefe von 10 m, sind relativ gering. Größere Schwankungen, im Sommer wie auch im Herbst, wurden in Tiefen zwischen 10 und 30 m gemessen. In den strengen und langen Wintermonaten kühlt das Meer oberflächlich unter 1 °C ab; bei Temperaturen von -1,3 °C kommt es in Küstennähe zu Eisbildungen (Abb. 3). Die Küste sowie das Unterwasserrelief sind durch eine große morphologische, lithologische und biogeographische Diversität gekennzeichnet, welche unmittelbar das Vorhandensein der verschiedensten pflanzlichen und tierischen Assoziationen mitbestimmen.

Das Schwarze Meer hat wenige Halbinseln, Inseln und Buchten. Dies hat Einfluß auf die Hydrodynamik und damit auf die Transparenz und Turbulenz des Meeres, welche wiederum die senkrechte Verteilung der Meeresorganismen und insbesondere des Phyto-benthos beeinflussen. So sind z. B. *Zostera*-Bestände im Küstengebiet der Krimhalbinsel bis in die Tiefen von 12 - 15 m, dagegen an der rumänischen Küste nur 2 - 3 m tief anzutreffen. Diese Gegebenheiten, sowie noch viele andere Faktoren, führen zu ganz verschiedenen bioproduktiven Arealen (Bacescu et al., 1971). Zu den artenärmsten Gebieten zählt der zentrale Teil (davon besonders der westliche) des Schwarzen Meeres. Ganz anders sieht es im nord-westlichen Areal des Schwarzen Meeres aus, einer Zone mit einer großen Bioproduktivität (Zaitsev, 1979). Doch leider ist dieses Areal, besonders in den letzten Jahrzehnten, einer massiven Umweltverschmutzung, insbesondere einer überhöhten Nährstoffzufuhr, ausgesetzt, was letztlich zur Eutrophierung des Meeres führt.

Hier wurden nur einige der morphologischen, hydrologischen und chemischen Besonderheiten hervorgehoben, die im Schwarzen Meer eine ganz charakteristische Biodiversität sowohl im Pelagial als auch im benthalen Bereich mit verursachen.

Die Küstenbevölkerung und einige ihrer Einflüsse auf das Schwarze Meer

Um die Veränderungen, welche innerhalb der meisten Ökosysteme im küstennahen Bereich, also in geringer Wassertiefe, stattfinden, besser verstehen zu können, zunächst einige Bemerkungen über die Anwohner des 4.340 km langen Küstenstreifens (Zaitsev & Mamaev, 1997).

An der Küste des Schwarzen Meeres leben ungefähr 16 Millionen Einwohner, zu welchen während der Sommermonate noch etwa 4 Millionen Touristen kommen.

Die Ukraine, mit einer Küstenlänge von 1.628 km, hat im Küstengebiet mit etwa 6,8 Millionen die meisten Einwohner. Die Mehrzahl von ihnen lebt in Hafenstädten und in hochintensiven Industriegebieten: Odessa 1,12 Millionen Einwohner, Nikolaev 500.000 Einwohner usw.

Die Türkei hat eine Schwarzmeerküste von ca. 1.400 km Länge mit etwa 6,7 Millionen Einwohnern. Die wichtigsten Städte sind Koeli (1,4 Millionen), Samsun (1,2 Millionen) und Sakarya mit 815.000 Einwohnern. Rußland hat heute eine Küste von nur 475 km Länge. Die Einwohnerzahl beträgt ungefähr 1,2 Millionen; die bedeutendsten Städte sind Novorosisk und Soci mit 250.000 bzw. 142.000 Einwohnern.

Georgien hat eine Küstenlänge von ca. 310 km mit etwa 650.000 Einwohnern, die in einigen Kleinstädten wie Batumi (137.000) und Poti (51.000) leben.

Die Küste Bulgariens besitzt eine Länge von 300 km mit einer Bevölkerung von 714.000 Einwohnern, die hauptsächlich in den Städten Varna (313.000) und

Tabelle 2: Zusammenfassung der Einwirkung aller anthropogenen Faktoren an der Schwarzmeerküste auf die verschiedenen Umweltkomponenten.

anthropogene Einwirkungsbereiche	Ökologische Umweltbedingungen										
	Küstenmorphologie	Dynamik und Strömungsrichtung	Natur und Morphologie des Bodens	organische Schadstoffe	anorganische Schadstoffe	Sauerstoffkonzentration	Transparenz und Suspensionen	Flora und Fauna			
Urbanisierung	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tourismus, Kurbetrieb usw.										x	x
Hafenbau	x	x	x	x						x	x
Industrieplattformen										x	x
Küstenschutz	xx	x	x							x	x
Industrie und Hafenbetrieb										x	x
Küstensandausbeutung	x									x	x
Bohrinseln, Öl- und Gasleitungen										x	x
Bau von Schifffahrtskanälen											x
Landwirtschaft										x	x
Schifffahrt										x	x
Aquakultur										x	x

Burgas (210.000) konzentriert ist. Während der Sommermonate verdoppelt sich durch Touristen die Anzahl der dann dort lebenden Menschen.

Rumänien hat mit 225 km die kürzeste Küste. Die Bevölkerungszahl hier beträgt nur 573.000 Einwohner, welche hauptsächlich in der Hafenstadt Constanta, ca. 450.000, beheimatet sind.

Die menschlichen Aktivitäten in den vorher genannten Ortschaften haben, weil Abprodukte ins Meer gelangen, eine ganze Reihe von Umweltverschmutzungen zur Folge (Tab. 2). Nehmen wir nur die rumänische Küste: hier gelangen z. B. schätzungsweise folgende Schadstoffe/Jahr ins Schwarze Meer (Petran, 1997): 1.000.000 m³ Abwässer; 1.718 t anorganische Stickstoffe (66 t Nitrit, 500 t Nitrat und 1.152 t Ammonium); 31.750 t Suspensionen.

Die Biodiversität des Schwarzen Meeres

Im Schwarzen Meer sind bisher 1.208 Arten von Meereresorganismen nachgewiesen worden (Zaitsev & Mamaev, 1997):

Organismen	Artenzahl
Pilze	175
benthale Makroalgen	304
benthale Mikroalgen	388
Dinophyceae	175
Diatomeae	174
andere phytoplanktonische Algen	396
Blütenpflanzen	7
Foraminifera	94
Radiolaria	1
andere Sarcodina	40
Tintinoidea	27
andere Infusoria	200
Spongia	28
Hydrozoa	26
Scyphozoa	3
Anthozoa	4
Ctenophora	2
Turbellaria	103
Nemertini	33
Nematoda	142
Rotatoria	102
Gastrotricha	23
Kinorhyncha	10
Sipunculida	1
Polychaeta	192
Oligochaeta	39
Bryozoa	18
Kamptozoa	2
Phoronidea	1
Loricata	3
Bivalvia	88
Scaphopoda	1
Gastropoda	113
Acarina	43
Insecta	11
Tardigrada	5
Cirripedia	5
Tanaidaceae	6
Brachiopoda	17

Pantopoda	8
Calanoida	17
Cyclopodia	19
Harpacticoida	204
Ostracoda	111
Decapoda	37
Mysidaceae	19
Cumaceae	24
Isopoda	29
Amphipoda	103
Chaetognata	1
Echinodermata	14
Ascidiae	8
Acrania	1
Pisces	168
Mammalia	4

Bereich des Pelagials

Seit über 30 Jahren kann im Schwarzen Meer, insbesondere in seinem nordwestlichen Schelf, ein komplexer Eutrophierungsprozeß beobachtet werden. Er muß als Folge des Zusammenwirkens aller anthropogenen Einflüsse auf die Meeresumwelt gewertet werden, sowohl im Pelagial als auch im Benthos. In beiden marinen Bereichen wirken sich die Folgen der menschlichen Aktivitäten, selbst solche in größerer Entfernung vom Meer, sehr schnell oder auch langsamer, reversibel oder irreversibel, auf die hier lebenden Gemeinschaften von Organismen aus. (Tab. 2). Zu den ersten Organismen, welche auf die Beeinflussung verschiedener biogener Elemente oder auf chemische Substanzen reagieren, gehören das Phyto- und das Zooplankton. Die einzelligen Algen „erblühen“ (Abb. 4), es findet eine Massenentwicklung von über 1 Mill./l statt. Dieses Phänomen kann seit vielen Jahren beobachtet (Bodeanu, 1989) und folgendermaßen charakterisiert werden (Skola & Bodeanu, 1978):

- Es wird nur von einer geringen Artenanzahl hervorgerufen, manchmal bildet eine einzige Art 90% der Algenmasse;
- die Art oder auch die dominierenden Arten gehören zu den Diatomeen;
- die Dichte der Zellen wird auf 1 - 1,5 Mill./l geschätzt und
- allgemein findet dieses Phänomen mit Unterbrechungen und auf einem kleinen Areal statt.

Abb. 4: „Erblihen“ einzelliger Algen, beobachtet im Sommer 1985.



Nach solchen Vorgängen wurden verschiedene negative Auswirkungen auf die Fischbestände festgestellt. So wurde in den Jahren 1956 und 1959 durch die Massenentwicklung der Diatomeen *Rhizosolenia calcar avis* bzw. *Nitzschia delicatissima* (Boddeanu, 1987 - 1988; 1989) der Laich der Sprotte (*Sprattus sprattus phalericus*) und der Sardelle (*Engraulis encrasicolus ponticus*) in Mitleidenschaft gezogen.

Als Beginn der saprobiellen Verschlechterungen des Wassers des Schwarzen Meeres wird der Anfang der 60er Jahre angesehen, angefangen mit oligo-mesotrophen, den mesotrophen (1969 - 1970) bis hin zu den eutrophen Gewässern. Im Jahr 1980 z. B. gelangten mit den Abwässern von Donau, Dnjestr, Nipru und Bug folgende Mengen Nährstoffe ins Meer: 55.000 t Phosphate, 340.000 t Nitrate und 10.700.000 t organische Stoffe. Diese Daten sind kennzeichnend, wenn wir sie mit denjenigen aus dem Jahr 1950 vergleichen: 14.000 t Phosphate, 155.000 t Nitrate und 2.350.000 t organische Stoffe (Zaitsev & Mamaev, 1997).

Ab 1970 erreichte die „Wasserblüte“ allerdings eine andere Dimension:

- Die Anzahl der Arten, welche sich massenhaft vermehren können, stieg sprunghaft bis auf 24 Mikroalgenarten an;
- die Peridineen werden zu den vorherrschenden Elementen, d. h. die Algen mit mixotropher Ernährung nehmen teilweise den Platz heterotropher Algen ein;
- die Zelldichte erreicht sehr große Werte (z. B. bei der Peridinee *Exuviaella cordata* $463 \cdot 10^6$ Zellen/l) und
- es erfolgt eine Vermehrung der Brackwasser- und Süßwasserarten (z. B. *Skeletonema subsalsum*, *Microcystis pulverea* und sogar die Blau-Grün-Alge *Ankistrodesmus* sp.) (Skolka & Bodenau, 1978).

Die Phytoplankton-Biomassen widerspiegeln ohne Zweifel den Eutrophierungsprozeß, deren Werte von 670 mg/m^3 im Jahre 1950 auf 30.000 mg/m^3 Meerwasser im Jahre 1980 anstiegen (Zaitsev & Mamaev, 1997). Um zur Auslösung der „Wasserblüte“ zu gelangen, bedarf es neben einem nutritiven Überschuß noch des Vorhandenseins verschiedener „Anomalien“ abiotischer Faktoren, welche zusammenwirkend verschiedene Algenarten beeinflussen, diese sind:

- Verringerung des Salzgehaltes auf 3 - 6‰ innerhalb von 2 - 3 Tagen (*Exuviaella cordata*, *Skeletonema costatum*, *Gonyaulax polygramma*),
- schneller Temperaturanstieg um 4 - 5 °C sowohl für Kaltwasserarten (*Skeletonema costatum*), als auch für Warmwasserarten (*Exuviaella cordata*) und
- langanhaltende Meeresstille (*Exuviaella cordata*).

Allgemein löst die „Wasserblüte“ besonders in den Sommermonaten ein massives Sterben von Organismen sowohl im Pelagial als auch im Benthos aus. Dieses wird durch „Hypoxia“ (Sauerstoffmangel) bzw. durch „Anoxia“ (Sauerstoffabwesenheit) auf großen Wasserflächen erklärt (Abb. 4).

Die anthropogenen Einwirkungen sind beim Zooplankton ganz anders zu bewerten als bei den bisher besprochenen Algengruppen. Sicher wirkt der Überschuß verschiedener Substanzen und chemischer

Elemente teilweise direkt ein, doch vorherrschend ist die indirekte Beeinflussung über das Phytoplankton. Diese Beeinflussungen sowie deren Auswirkungen haben Struktur und Qualitätsveränderungen des Zooplanktons, genau wie im Falle des Phytoplanktons, zur Folge. Als Auswirkung, wurde einerseits eine Artenverminderung, doch gleichzeitig auch eine übermäßige Vermehrung der Individuenzahl bei anderen Arten, für welche die neuen Umweltbedingungen günstige fördernde Voraussetzungen darstellten, beobachtet. In Abhängigkeit von den neuen Umweltfaktoren kann die Zusammensetzung der Planktonzönose in zwei unterschiedliche Gruppen erfolgen. Die Vertreter der ersten Gruppen sind Arten, welche sich besser den neuen Umweltbedingungen anpassen und sich von Jahr zu Jahr stärker vermehren. Es handelt sich um *Acartia clausi*, *Pleopis polyphemoides* und insbesondere um *Noctiluca miliaris* (Syn. *N. scintillans*), Ohrenqualle (*Aurelia aurita*), Blumenkohlqualle (*Rhizostoma pulmo*) und von den Ctenophora die neuerdings aklimatisierte Rippenqualle (*Mnemiopsis leidyi*). Die Vertreter der zweiten Gruppe jedoch, wie *Penilia avirostris*, *Pleopis polyphemoides* und *Mesopodopsis slabberi* oder zahlreiche benthale Organismen, die Zooplankton (z. B. Larven) erzeugen, sind in ihren Beständen entweder stark geschrumpft oder ganz verschwunden (Porumb, 1982).

Die Arten, die sich wechselnden Umweltbedingungen anpassen können, gab es auch in der Vergangenheit. Es fehlte ihnen jedoch ein übermäßiges Nahrungsangebot an einzelligen Algen, so wie im Falle des Peridineums *Exuviaella cordata*. Die Entwicklung der Biomasse der *Noctiluca miliaris* seit 1961 ist in dieser Richtung aufschlußreich: Noch von 1961 - 1969 wurde eine mittlere mehrjährige Biomasse von 163 mg/m^3 verzeichnet, in den Jahren von 1975 - 1980 wurde diese schon mit 2.356 mg/m^3 Wasser berechnet. Das Maximum wurde im Zeitraum von 1980 - 1982 mit 10.687 mg/m^3 Wasser verzeichnet. Bei länger andauernder Windstille von einigen Tagen kann die durch *Noctiluca miliaris* hervorgebrachte Biomasse von 100 kg/m^3 Meerwasser erreichen, dieses aber in der 0 - 5 cm tiefen Neoston-Zone. Als Folge davon erhält diese Zone eine rot-braune Farbe und fühlt sich gelatinös an. Diese Erscheinung, auch auf Arealen von $30.000 - 35.000 \text{ km}^2$, wird in der Fachliteratur oft beschrieben (Petran, 1997; Zaitsev & Mamaev, 1997).

Zu der Kategorie von Meeresorganismen, die sich stark vermehren, gehören auch Scyphozoa wie die Ohren- und die Blumenkohlqualle (Abb. 5). Die Ohrenqualle ist schon seit vielen Jahren als eine Kaltwasserart bekannt. Das Vorkommen dieser Art während der Sommermonate im seichten Küstenstreifen ist durch das unter dem Namen „upwelling“ benannte Phänomen bedingt (kaltes, nährstoffangereichertes Wasser strömt vor der Küste aus der Tiefe des Meeres an die Oberfläche). Für die Struktur und das Funktionieren des pelagialen Ökosystems besitzt diese Art keine Bedeutung (Gomoiu, 1982). Im Zeitraum von 1949 - 1962 betrug die durch Ohrenqualen in den Tiefenbereichen zwischen 0 - 80 m des gesamten Schwarzen Meeres erzeugte Biomasse 670.000 t . Seit 1975 werden Ohrenqualen während jeder biologischen Saison gesichtet. Im Laufe der Sommermonate

und auch im Herbst liefern sie, im Vergleich zu anderen Komponenten des Zooplanktons, einen besonders großen Anteil von Biomasse. Sie wurde 1978 für den Bereich von 0 - 10 m Tiefe auf 47.000 t geschätzt. Für das gesamte Meeresbecken wurde die bisher höchste Biomasse der Ohrenquallen im Jahre 1980 ermittelt. Nach diesem Jahr wird ein sinkender Trend beobachtet (Gomoiu, 1982). Zur Zeit ist die Ohrenqualle auf dem Kontinentalschelf im Nordwestteil des Schwarzen Meeres ständig anzutreffen. Erwähnenswert ist, daß der Verzehr von Plankton seitens der Ohrenqualle drei- bis sechsmal größer als ihre eigene Produktion ist und daß bei ihrer maximalen Entwicklung dieser Verzehr 62% des Zooplanktons ausmacht. Diese Qualle ist offenbar ein wichtiger Faktor und Nahrungskonkurrent der Fische im pelagialen Ökosystem.

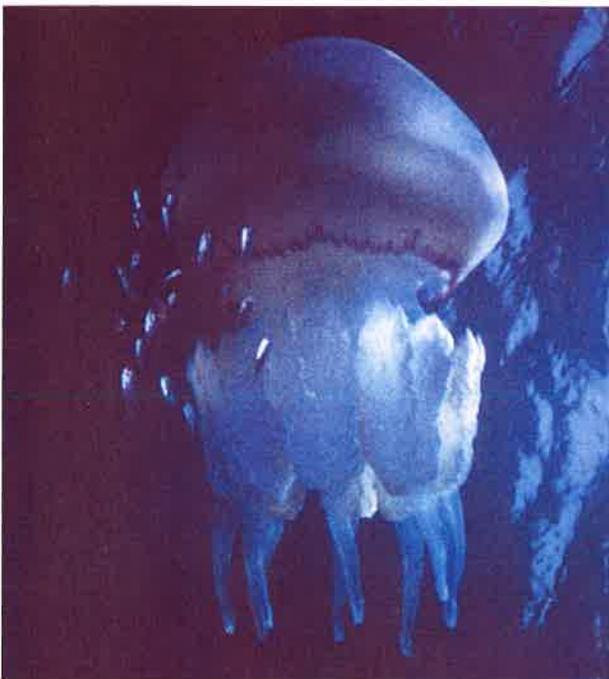


Abb. 5: Blumenkohlqualle (*Rhizostoma pulmo*), die größte Komponente des Zooplanktons im Schwarzen Meer.

Ähnlich sind die Feststellungen und Schlußfolgerungen, die durch das Vorkommen einer anderen Medusenart im Schwarzen Meer gezogen werden können. Es handelt sich um die Blumenkohlqualle *Rhizostoma pulmo*, welche sich ungefähr von 1966 bis 1975 sehr stark vermehrte. Bedenkt man ihre Größe (der Durchmesser des „Schirmes“ erreicht 35 bis 40 cm) (Abb. 5), kann man die oft beobachtete Individuendichte von 3 - 4 Exemplaren/m³ Wasser als Massenvermehrung einstufen. Bei Massenvermehrung und heftigen Stürmen werden unzählige Blumenkohlquallen ans Ufer gespült, wo sie bis 1,5 m hohe gelatinöse Haufen bilden können (Zaitsev & Mamaev, 1997).

Die mengenmäßige Zunahme des Vorkommens der Arten *Rhizostoma pulmo*, *Aurelia aurita* und *Mnemiopsis leidyi* im Pelagial des Schwarzen Meeres sowie deren Konsequenz auf einige planktonfressende Fischarten ist offensichtlich (Zaitsev & Mamaev,

1997). Über eine der bedeutendsten Komponenten des Zooplanktons der letzten Jahre, *Mnemiopsis leidyi*, wird später ausführlicher berichtet.

Bereich des Benthals

Im Unterschied zum Plankton, welches direkt vom Meerwasser sowie von der Qualität dieses Wassers und von allem, was sich in diesem Lebensraum abspielt, abhängt, sind die Bodenbewohner zum größten Teil von den Festsubstraten abhängig. Es besteht aber zusätzlich eine Abhängigkeit mit dem planktonisch-pelagialen Ökosystem und dadurch indirekt mit der Kette von Folgeerscheinungen der Eutrophierung sowie anderer menschlicher Auswirkungen auf das Plankton (Tab. 2).

Die Makrovegetation des Schwarzen Meeres wird von drei Pflanzengruppen bestimmt:

1. Perennierende (mehrjährige) Braunalgen der Gattung *Cystoseira* (*C. barbata* und *C. crinita*), welche auf Hartböden in Wassertiefen zwischen 0,5 - 15 m siedeln. Diese beiden bilden an der Schwarzmeerküste einen Algengürtel (Abb. 6) mit einer Biomasse von ca. 2 Mill. t. Für die Biozönose *Mytilus-Cystoseira* spielen diese mehrjährigen Algen eine ganz spezielle Rolle, ähnlich derjenigen anderer europäischer Meere (Nordsee, Ostsee, Mittelmeer), doch sind hier andere Braunalgenarten vertreten: *Fucus*, *Laminaria*, *Sargassum* usw. Alle diese bilden einen Untergrund, welcher als Zufluchts-, Ernährungs- und Vermehrungsort von sehr vielen tierischen und pflanzlichen Organismen benutzt wird. Allein im begrenzten Lebensraum von *Cystoseira* an der rumänischen Küste wurden 124 Arten von Invertebrata und die Gesamtheit aller hier vorkommenden Makrophyten identifiziert (Tiganus, 1983; Vasiliu, 1994).

Die rumänische Küste ist das Areal des Schwarzen Meeres, welches relativ am stärksten anthropogenen Tätigkeiten ausgesetzt ist (Abwässer, intensiver Hafenbetrieb, Hafenausbau, Küstenbefestigungen, Kanalbau usw.), was katastrophale Umweltfolgen hat. Bis zum Jahre 1970 konnten auf einer 20 km² großen Wasseruntergrundfläche ungefähr 6.000 t von *Cysto-*

Abb. 6: Ansicht des Algengürtels der Braunalge *Cystoseira barbata*, welche zusammen mit anderen einjährigen Algen eine Biomasse von bis zu 21 kg/m² abgibt.



Tabelle 3: Anzahl der Großalgenarten, welche im Laufe der Zeit an der rumänischen Küste nachgewiesen wurden (nach: Bavaru et al., 1992; Kaluhhina & Gutnik, 1975; Skolka, 1969; Vasiliu, 1966).

	Celan-Bavaru 1935 - 1980	Kaluhhina 1975	Skolka 1969	Vasiliu 1970 - 1975 1975 - 1995
Stamm				
Chlorophyta	34	35	23	28
Phaeophyta	20	24	13	11
Rhodophyta	34	51	36	35
Insgesamt	88	110	72	74

seira geschätzt werden. Zur Zeit kann man nicht mehr über einen Algengürtel sprechen, und auch die Biomasse an Algen ist sehr stark geschrumpft. Es gibt nur noch kleine Algeninseln, deren Biomasse etwa 80 t nicht überschreitet (Vasiliu, 1996). Sogar eine der ehemals am häufigsten anzutreffenden Algenarten, *Cystoseira crinita*, ist verschwunden, ebenfalls sehr viele assoziierte Braunalgen, wie *Sphacelaria cirrhosa*, *Stilophora rhizodes*, *Cladostephus verticillatus* usw. sowie von den Rotalgen alle *Laurencia*-Arten, *Dasya baillouviana*, *Chondria tenuissima* usw. Von den 119 an der rumänischen Küste ehemals bekannten Algenarten sind jetzt nur noch 55 vertreten (Tab. 3). Ihr Platz wurde von Saison- oder einjährigen Algenarten eingenommen. Unter entsprechenden Bedingungen (Überfluß an Nährstoffen, hohe Wassertemperaturen und besonders bei Meeresstille) können auch diese, wie einzellige Algen, „erblühen“. In diesen Fällen werden große Algenmengen, in der Regel nach heftigen Stürmen, an den Strand gespült (Abb. 7).

2. Im Jahre 1950, als das „Zernov Feld“ mit *Phyllophora* „infiziert“ wurde, die größte Rotalgen-Ballung der Weltmeere, umfaßte es ein Areal von 11.000 km². Auf dieser Bodenfläche, gelegen zwischen 20 - 55 m Tiefe, wurde eine *Phyllophora*-Biomasse (*Ph. nervosa*, *Ph. bodiaei*, *Ph. membranifolia* und *Ph. pseudoceranoides*) von 7.000.000 - 10.000.000 t berechnet. Nach 30 Jahren (1980) betrug die Meeresbodenfläche dieses Feldes bloß 3.000 km² mit nur 1.400.000 t Bio-

Abb. 7: Angespülte Algenmengen während einer „Wasserblüte“.



masse. Seit 1990 hat das Feld sogar nur noch eine Fläche von 500 km² und lediglich 300.000 - 500.000 t Biomasse (Zaitsev, 1979; Zaitsev & Mamaev, 1997). In Fachkreisen ist man einstimmig der Meinung, daß die oben angeführte Entwicklung Folge der Eutrophierung des Meeres, aber auch der unrationellen Algenausbeute zur Agargewinnung ist. Die biologische Komplexität dieser großen Anhäufungen ist unter anderem auf die Vielfalt von 138 Arten wirbelloser Tiere (42% Crustacea, 15% Nematoda, 13% Polychaeta, 9% Mollusca, Echinodermata, Spongia usw.) und 67 Fischarten zurückzuführen, was zu der sehr komplexen *Phyllophora*-Biozönose führte (Bacescu, 1971 und 1982). Viele der faunistischen Komponenten der *Phyllophora*-Biozönose bekamen im Laufe der Zeit eine Schutzfarbe, ähnlich der dort vorkommenden Algen. Dies veranlaßte die Biologen zur Einführung des Begriffes „*Phyllophora*-Fauna“. Der allmähliche Rückgang der *Phyllophora*-Biomasse sowie das Schrumpfen des Verbreitungsareales der *Phyllophora*-Arten, bedeutet eine Verminderung dieser Sauerstoffquelle für Tiefen zwischen 20 - 55 m. Die von diesen Algen im Schwarzen Meer erzeugte Sauerstoffmenge beträgt schätzungsweise etwa 2 · 10⁶ m³/Tag.

3. Von den Blütenpflanzen wurden die hier wachsenden Seegräser, *Zostera marina* und *Zostera noltii* (Syn. *Z. nana*), ebenfalls Opfer dieser gravierenden Veränderungen. Die erste Art ist aus dem südlichen Küstenbereich Rumäniens verschwunden, ebenso aus den Lagunen und dem Hafenbecken, während die zweite Art äußerst selten wurde.

Makrozoobenthos

Die strukturellen Veränderungen, welche beim Plankton des Schwarzen Meeres wie auch bei den mehr- und einjährigen Algen-Lebensgemeinschaften festgestellt wurden, beeinflussten sowohl primär als auch sekundär die Gemeinschaften des Zoobenthos. Mit dem bereits erwähnten totalen oder teilweisen Verschwinden der Algengürtel *Cystoseira* oder des Schrumpfens der *Zostera*-Wiesen und der damit verbundenen starken Reduzierung des Sauerstoffgehaltes verschwand auch der Lebensraum für sehr viele festsetzende oder frei bewegliche Formen und verschlechterten sich die Lebensbedingungen. Demzufolge verschwanden über 50% der hier vorkommenden typischen Tierarten: *Palaemon elegans*, *Macropipus hol-satus*, *Rissoa splendida*, *Syngnathus typhle argentatus*, viele Blenniidae-Arten usw. Solche radikalen Veränderungen fanden in diesem Ausmaß auch in anderen Biozönosen statt.

Vor vielen Jahren konnte man noch über die „*Corbula*-Biozönose“ im Nordwestareal des Schwarzen Meeres sprechen. Hier war das faunistische Spektrum äußerst weit gefächert: über 100 wirbellose Arten hatten hier ihr zu Hause (Bacescu, 1982; Gomoiu, 1978). Trotz ihrer geringen Größe erreichte hier *Corbula mediterranea* (Syn. *Lentidium mediterraneum*) eine Biomasse von über 1 kg/km². Durch die große Biodiversität und hohe Produktivität dieser Biozönose entstand hier ein ideales Areal für viele hochwertige Fischarten (*Acipenser sturio*, *Psetta maeotica*, einige Gobiidae-Arten usw.). In der ersten Phase der Biozönoseveränderung, als Folge der Eutrophierung, wurde

die dominierende Form *Corbula mediterranea* stark reduziert. So entstand eine freie ökologische „Nische“ für das Eindringen der Sandklaffmuschel (*Arenomya arenaria*), einer Molluskenart mit großer und harter Schale, in das Schwarze Meer (Abb. 8). Diese Muschelart wurde dominierend auf dem gesamten Kontinentalschelf dieses Meeres. Nur auf dem rumänischen Kontinentalschelf, in Tiefen bis 30 m und auf einer Bodenfläche von 1.765 km², schwankte die Biomasse der Sandklaffmuscheln in den Jahren 1976 - 1981 zwischen 580.000 - 860.000 t (Petranu, 1997). Die allgemeine Eutrophierung erhöht diese *Arenomya*-Vorkommen außerdem beträchtlich, so daß nach jedem langandauernden Sturm hunderte von Tonnen dieser Muschel an den Strand gespült werden (Abb. 9).



Abb. 8: *Corbula mediterranea* (Syn. *Lentidium mediterraneum*) - links oben; die zertrümmerten Schalen dieser Muschelart bildeten den feinen Sand an den Stränden im Norden von Constanza; *Moerella tenuis* (Syn. *Angulus exiguus*) - links unten, eine andere Komponente der „Corbula“ Biozönose, mit einer ähnlichen Rolle im Haushalt des Ökosystems sowie als Komponente des feinen Sandstrandes. Diese Arten wurden fast gänzlich von *Arenomya arenaria* (rechts) verdrängt, welche aus den nordeuropäischen Meeren sowie aus dem Atlantischen Ozean kam.

Eine andere für das Schwarze Meer charakteristische Biozönose ist die der Schlickgrund-Miesmuscheln, welche denselben Einflüssen ausgesetzt war. Bis in die 70er Jahre wurde die Biomasse von *Mytilus* (Miesmuschel) auf 200 t/km² geschätzt. Diese Menge verringerte sich von Jahr zu Jahr, sie war zwischen 1982 - 1983 nicht größer als 45 t/km² (Gomiou, 1984). Um die Bedeutung der Miesmuscheln in der Biozönose (außerhalb ihrer Rolle in der Nahrungskette) bei dem Erhalt der Wasserqualität auf dem Kontinentalschelf zu verdeutlichen, sei auf die Tatsache verwiesen, daß die auf 1 km² lebenden Miesmuscheln pro Tag ca. 15 bis 20 Millionen Liter Meerwasser filtern und das Areal der mit *Mytilus* besiedelten Fläche zu Beginn der 60er Jahre noch etwa 10.000 km² betrug. Dem Eutrophierungsprozeß besser anpassungsfähig erwies sich die vor kurzem akklimatisierte Muschel *Cunarca cornea*. Diese Muschel hat die Fähigkeit, den aufgenommenen Sauerstoff (0,5 ml/l) für die Dauer von 5 - 7 Tagen zu behalten, was eine beachtliche Leistung darstellt.

Die Hypoxia und ihre Folgen wurden vorrangig für den Nordwestteil des Schwarzen Meeres beschrieben (Abb. 10). Die ausgelösten biologischen und chemischen Prozesse dehnten sich auf große Areale mit Bodenflächen von 30.000 - 40.000 km² aus (Zaitsev, 1979). Bei langandauerndem Sauerstoffmangel oder sogar Fehlen dieses lebenswichtigen Elementes kommt es zu Massensterben einiger benthalen Organismen (Mollusca, Crustacea, Spongia usw.) und auch von Fischarten. In der Zeitspanne von 1973 - 1990 wurde die Menge an toten Organismen in dem oben genannten Areal auf 60.000.000 t geschätzt, mit einer mittleren Dichte von 100 - 200 t/km². Auch andere Beispiele können das bisher Gesagte bestätigen. So wurde von August - September 1973 während einer russischen Forschungsexpedition zwi-



Abb 9: *Arenomya arenaria* an die Strände im Norden von Constanza gespült. Dieses Bild belegt drei Aspekte: z. Z. ist diese Muschel am häufigsten auf sandig-schlammigem Meeresgrund vertreten; das „Erblihen“ der Algen erstickte die großen Anhäufungen von *Arenomya*, so daß diese während der heftigen Stürme mit Leichtigkeit an den Strand gespült wurden; die granulometrische Struktur verändert sich grundsätzlich - die feinsandigen Strände wurden von großen Massen Muschelbruch überlagert.

Abb 10: Die zwangsläufige Folge der „Wasserblüte“: eine kompakte tote Bank von *Mytilus galloprovincialis*.



schen dem Mündungsgebiet der Donau und des Dnjestr ein Gebiet von 3.500 km² in Tiefen zwischen 8 bis 25 m untersucht. Dabei wurden 500.000 t tote Invertebrata und Bodenfische geschätzt. Einige Jahre später, am 14. und 15. Mai 1991, wurden ungefähr im selben geographischen Gebiet auf einer Strecke von 1 km etwa 100.000 junge (30 - 40 mm) tote Steinbutte (*Psetta maotica*) und 50.000 tote Grundeln (Gobiidae) gefunden.

Ichthyofauna

Bis 1970 wurden im Schwarzen Meer 26 Fischarten industriell befischt, meist pelagische Fische, doch auch einige Bodenfischarten. Die besten Fanggründe befanden sich auf dem Kontinentalschelf der Ukraine, Rußlands, Rumäniens und Bulgariens. Bulgarien befindet sich direkt auf dem Kontinentalschelf und damit am Zusammenfluß der Wanderwege der pelagischen Fischfauna, ein Umstand, der dort eine intensive Fischerei favorisierte.

Tabelle 4: Fangmenge der rumänischen Meeresfischerei in Tonnen von 1986 - 1994 (nach Petranu, 1997).

	Passivfang	Aktivfang	Insgesamt
1986	8.684	7.147	15.853
1987	7.462	6.554	14.016
1988	7.936	6.026	13.962
1989	5.169	8.667	13.836
1990	3.342	2.909	6.251
1991	1.017	201	1.218
1992	2.490	1.245	3.735
1993	2.486	1.421	3.907
1994	1.600	1.398	2.998

Neben gemeinen Unterarten des Schwarzen Meeres - Sprotte (*Sprattus sprattus phalericus*), Hausen (*Huso huso ponticus*), Maifisch (*Alosa pontica pontica*), Sardelle (*Engraulis encrasicolus ponticus*) und Mittelmeer-Stöcker (*Trachurus mediterraneus ponticus*) - wurden noch Wanderfischarten des Mittelmeeres, wie Gemeine Makrele (*Scomber scomber*), Pelamide (*Sarda sarda*), Schwertfisch (*Xiphias gladius*) und Thunfisch (*Thunnus thynnus*) gefangen. Von den zuerst genannten Arten sind z. Z. nur noch sehr wenige anzutreffen. Industrieller Fang auf Dornhai (*Squalus acanthias*) und Hornhecht (*Belone belone*) lohnt sich nicht.

In derselben Lage befinden sich andere Gebiete, wie z. B. auch die rumänische Küste. Die bis jetzt beschriebenen Veränderungen des Ökosystems des Schwarzen Meeres finden ihren Niederschlag auch in der taxonomischen Zusammensetzung der industriellen Fischfänge. Bis in die 60er Jahre wurden ungefähr 20 Arten industriell verwertet. Zu Beginn der 80er Jahre waren es nur noch fünf Arten: Sprotte, Maifisch, Sardelle, Stöcker und Wittling (*Odontogadus merlangus euxinus*). Der Rückgang der rumänischen Küstenfischereierträge ist aus Tabelle 4 ersichtlich. Einer der wirtschaftlich wertvollsten Bodenfische des

Schwarzen Meeres ist der Steinbutt (*Psetta maotica*). Der Rückgang der Bestände dieser Fischart wurde schon seit den 60er Jahren festgestellt. Dies kann sowohl auf die intensive und unvernünftig hohe Befischung als auch auf die Zerstörung des benthalen Ökosystems zurückgeführt werden. An der bulgarischen Küste wurden in den 60er Jahren im Mittel 334 Tonnen gefischt, während im Jahre 1980 die Ausbeute nur noch 12 t betrug (Zaitsev & Mamaev, 1997). Dieselbe Situation besteht auch an der rumänischen Küste, während die Ukraine das Fischen von *Psetta* gänzlich verboten hat.

Als Ausgleich zum Rückgang der Bestände einiger Bodenfische des Schwarzen Meeres ist ein stetiges Ansteigen bei pelagischen Fischarten zu verzeichnen, wie Kleiner Ährenfisch (*Atherina boyeryi*, syn. *A. mochon pontica*) und Mittelmeer-Nacktsandaal (*Gymnammodytes cicereus*). Beide Arten haben ihren Lebensraum in relativ seichten Küstengewässern von 2 bis 3 m Tiefe.

Meeressäuger

Von den Meeressäugern gibt es im Schwarzen Meer vier Arten: die Mönchsrobbe (*Monachus monachus*) aus der Familie der Phocidae und von den Zahnwalen den Schweinswal (*Phocaena phocaena relicta*), den Gemeinen Schwarzmeer-Delphin (*Delphinus delphis ponticus*) und den Großen Schwarzmeer-Tümmler (*Tursiops truncatus ponticus*). Die Mönchsrobbe bewohnt schwer zugängliche, felsige Küstenstreifen, welche in der Vergangenheit hier dominierten, wie z. B. Kap Kaliakra an der bulgarischen Küste. Vor vielen Jahren existierte hier noch eine Kolonie von 128 Exemplaren. Einwirkungen des Menschen haben im Laufe der Zeit diesen Bestand stark verringert. 1945 gab es nur noch etwa 20 Exemplare, 20 Jahre später hatten noch 2 Exemplare überlebt. Interessant sind auch Berichte über die Existenz von Mönchsrobben-Kolonien an der ukrainischen und türkischen Küste. Unter den jetzigen ökologischen Bedingungen entlang der Schwarzmeerküste sind die Robbenbestände in dieser Region gefährdet.

Die drei Zahnwalarten, die im Schwarzen Meer leben, unterscheiden sich morphologisch von den Vertretern dieser Arten, die im Mittelmeer zu Hause sind. Vor und nach dem Zweiten Weltkrieg betrieben alle Anrainerstaaten des Schwarzen Meeres intensiv industriellen Walfang. In der Mitte der 60er Jahre schrumpften die Zahnwalbestände auf schätzungsweise 300.000 Exemplare. Diese Ziffer alarmierte die Fachleute, und deshalb wurde 1966 zwischen der UdSSR, Rumänien und Bulgarien ein Vertrag geschlossen, der den Abschluß der Delphinartigen und Schweinswale verbietet. Jahre später unterzeichnete auch die Türkei diesen Vertrag. Zur Zeit wird die Gesamtzahl dieser Walarten im Schwarzen Meer auf etwa 454.400 Exemplare geschätzt. Davon sind 59% *Delphinus delphis*, 32% *Tursiops truncatus* und nur 9% *Phocaena phocaena* (Zaitsev & Mamaev, 1997). Der jetzt geringe Anteil der Schweinswale ist nicht überraschend, da diese Zahnwalart in seichten küstennahen Gewässern und sogar in Hafenbecken lebt, wo die anthropogenen Einwirkungen besonders stark sind.

Einwanderung neuer Organismen

Das Schwarze Meer ist ohne Zweifel ein ökologisch recht vielgestaltiger Lebensraum. Eine Vielgestaltigkeit, die beim Vergleich des Nordwestteils dieses Meeres als Mündungsgebiet der meisten Flüsse, des Zentralbeckens, der Lagunen, der Küstengebiete mit einer Länge von etwa 4.340 km sowie des „Prebosphorischen Raumes“ deutlich wird. Es ist selbstverständlich möglich, daß alle diese Meeresregionen versehentlichen, beabsichtigten oder natürlichen Einwanderungen ausgesetzt sind.

Einwanderung von Arten

Zu den ersten fremden Organismen, welche in diesen Lebensraum gelangten und sich perfekt akklimatisierten, gehören zwei Seepockenarten (*Balanus improvisus* und *B. eburneus*). Es wird angenommen, daß beide Arten im Laufe des 19. Jahrhunderts ins Schwarze Meer gelangten. Die erste breitet sich am stärksten aus und bildet den Hauptanteil der Meeresablagerungen. Vor Jahrzehnten tauchten auch zwei Hydromedusenarten erstmals auf, 1925 die *Blackfordia virginica* und zehn Jahre später die *Bougainvillia megas*. Obwohl beide aus dem Atlantik stammen, erwiesen sie sich als äußerst anpassungsfähig an die neuen Lebensbedingungen in Gewässern mit geringem Salzgehalt, wie er im Asowschen Meer anzutreffen ist. Im Jahre 1929 wurde in einem Brackwassersee in der Nähe von Poti und etwas später im Golf von Gelendzhik, neben Novorossisk, der Borstenwurm *Mercierella enigmatica* festgestellt. Die Heimat dieses Borstenwurms liegt offenbar im Brackwasser der Küste Indiens. Heute ist er sehr häufig auch in den Küstengewässern des Schwarzen Meeres anzutreffen. Auch zwei neue Krebsarten besiedeln jetzt die sandigen, schlammig-sandigen oder sogar felsigen Meeresböden im Nordwestteil des Schwarzen Meeres und den „prebosphorischen Raum“. Es handelt sich um *Rhithropanopeus harrisi tridentata*, zum ersten Mal 1937 im Mündungsraum des Bug beobachtet, und um *Callinectes sapidus* - eine Blaukrabbe, die 1986 an der bulgarischen Küste auftauchte. Auch diese Arten verbreiteten sich über das ganze Schwarze Meer, doch ohne in Massen aufzutreten.

Die wohl am zahlreichsten in das Schwarze Meer eingewanderten Arten gehören zu den Muscheln und Schnecken. Die erste im Schwarzmeer-Raum festgestellte fremde Schneckenart war *Rapana thomasiana* (Abb. 11), welche im Jahre 1946 am Strand der Bucht von Novorossisk gefunden wurde. Russische Wissenschaftler bringen das Auftauchen dieser äußerst räuberischen Schnecke mit dem Verschwinden der berühmten Austerbank von Guda (Kaukasien) in Verbindung. Heute ist ihre Zahl rückgängig, was wohl ebenfalls auf die Eutrophierung des Schwarzen Meeres zurückzuführen ist. Im Jahre 1966 wurden am Strande der Bucht von Odessa die ersten Schalen der Gemeinen Sandklaffmuschel (*Arenomya arenaria*) entdeckt (Abb. 8 und 9). Bereits nach sehr kurzer Zeit wurden Sandklaffmuscheln auch an den rumänischen Stränden häufig angetroffen. Es wird angenommen, daß sie, wie auch andere Organismen, durch die Schifffahrt ins Schwarze Meer eingeschleppt wurden. Die Anwesenheit dieser neu angesiedelten Tierarten

beeinflußt unumstritten das litorale Ökosystem: es entstehen neue granulometrische Strukturen der Strände als Biofilter, Nahrung für eine ganze Anzahl von Boden- und Freiwasserfischarten usw. Es ist sehr schwierig, wenn nicht geradezu unmöglich, die Beeinflussungen des litoralen Ökosystems durch das Eindringen dieser Mollusken zu analysieren. Eine der zuletzt aufgetauchten Muscheln ist *Cunearca cornea* (Abb. 11). Sie wurde zum ersten Mal im Jahre 1982 in der Bucht von Varna beobachtet. Da diese Art den Wissenschaftlern des Schwarzmeer-Raumes nicht bekannt war, wurde sie fälschlicherweise im Laufe der Jahre als *Anadara* sp. oder *Scapharca inaequalvis* beschrieben. Zur Zeit ist diese Art sehr stark im gesamten Schwarzmeer-Becken vertreten, so daß sich sogar kompakte Populationen auf sandigem oder schlammig-sandigem Boden bilden konnten. Da diese Art sehr harte Schalen hat, kommt sie als Futter anderer Benthos-Lebewesen wohl kaum in Frage, eventuell im Jugendstadium als Larve. Doch spielt diese Art eine bedeutende Rolle als Biofilter.



Abb 11: Zwei der im Schwarzen Meer angesiedelten Mollusken, *Rhapana thomasiana* (links), deren Anwesenheit zum Verschwinden von zahlreichen Auster- und Miesmuschelbänken führte; *Cunearca cornea* (rechts), eine dickschalige Muschel, aus dem Pazifischen Ozean stammend. Die Einwanderung in die europäischen Meere begann in der Adria.

Eine relative Neuerscheinung ist auch die Nacktschnecke *Doridella obscura*. Im Jahre 1980 wurde sie erstmals als sehr selten im Nordwestteil des Schwarzen Meeres beschrieben, aber auch an der Küste der Krimhalbinsel kam sie vor. Das Erscheinen von Exemplaren der Rippenqualle *Mnemiopsis leidyi* beeinflusste radikal die Qualität als auch die Quantität des Planktons des Schwarzen Meeres mit großen Folgen für die pelagische Fischfauna. Schon im ersten Erscheinungsjahr 1980 wurde eine massive Vermehrung dieser Art verzeichnet, und es konnte eine Biomasse von ca. 1.000.000 t im Gesamtgebiet des Meeres berechnet werden. Ihre starke Vermehrung in Verbindung mit ihrer Nahrungsaufnahme (Fischeier, Planktonlarven) führte zu einem regelrechten industriellen Fischfangkollaps bei Sardellen aller Anrainerstaaten (Zaitsev & Mamaev, 1997).

Desmareestia viridis ist eine einjährige Braunalge, die im Atlantischen Ozean und auch in der Nordsee verbreitet ist. Für die Algenkundler war es eine Besonderheit, als diese Art 1990 in der Bucht von Odessa festgestellt wurde. Während der heftigen Stürme in den Jahren 1994 - 1995 wurden beträchtliche Massen dieser Algen an den Strand gespült, was die Anpassung, Vermehrung und Ausbreitung dieser eingeschleppten Alge belegt. Bis heute wurde ihr Vorkommen in anderen Gebieten des Schwarzen Meeres noch nicht gemeldet.

Gezielte Ansiedlung neuer Lebewesen

Auf diesen Aspekt wird nicht näher eingegangen, aber es sollen zumindest die Hauptgruppen und davon einige Arten der Meeresorganismen erwähnt werden, die sich gut akklimatisiert haben: Mollusca (*Crassostrea gigas*), Crustacea (*Pandallus kessleri* und *Penaeus japonicus*) und Pisces, die größte Gruppe (*Gambusia affinis*, *Lepomis gibbosus*, *Plecoglossus altivelis*, *Roccus saxatilis*, *Salmo gairdneri*, *Oryzias latipes*, *Onchorhynchus keta*, *Mugil soiyu*, *Dicentrarchus labrax* und *Lateolabrax japonicus*).

Seit über 30 Jahren wird im Schwarzen Meer und insbesondere in dessen Nordwestteil eine zunehmende Eutrophierung beobachtet. Dieser Prozeß ist eine Folge des menschlichen Einwirkens auf die Meeresumwelt, und alle diese Einwirkungen sowie die dadurch hervorgerufenen Störungen haben ihre Auswirkungen auf das Pelagial und auch auf das Benthos. Diese beiden Bereiche des Meereslebens werden durch alle anthropogenen Aktivitäten in diesem Lebensraum reversibel oder irreversibel beeinflusst. Das Schwarze Meer ist ein fast geschlossenes Binnenmeer mit einem großen Anteil von Festlandzuleitungen, welche von einem Einzugsgebiet von ca. 1.800.000 km² hier ihr Sammelbecken haben. Wegen dieser Besonderheiten ist es einem ständigen Druck auf das seit Jahrtausenden bestehende natürliche Gleichgewicht ausgesetzt.

Abschließend sind die wichtigsten Auswirkungen anthropogener Einflüsse auf Strukturen und Funktionen der Lebensgemeinschaften zusammengestellt:

- Eine fortschreitende quantitative und qualitative Verarmung von Flora und Fauna;
- die Verringerung der Biofiltrationsleistung, vormalig ein besonderes Kennzeichen des Schwarzen Meeres;
- die stetige Verminderung des verwertbaren pflanzlichen und tierischen Potentials;
- die explosionsartige Vermehrung und Ausbreitung einiger weniger Arten mit großer ökologischer Plastizität, aber mit geringem trophischen Wert;
- die chronische Massensterblichkeit der Lebewesen mit besonderen Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt, also Hypoxia und sogar Anoxia fördernd;
- die Einwanderung und Massenvermehrung neuer Organismen im Schwarzen Meer, insbesondere von Muscheln und Schnecken.

Literatur:

- Bavaru, A., A. Bologa & H. Skolka (1992): A checklist of the benthic marine algae (except the diatoms) along the Romanian shore of the Black Sea. *Oebalia* 17, 2: 535 - 551.
- Bacescu, M., G. Müller & M. Gomoiu (1971): Cercetări de ecologie bentală în Marea Meagră. IV. Ed. Academiei R. S. R.: 357 S.
- Bacescu, M. (1982): Evolutia ecosistemelor Mării Negre; situația actuală, perspective. *Pontus Euxinus* II: 274 - 280.
- Bodenanu, N. (1989): Algal blooms and development of the main phytoplanktonic species at the Romanian Black Sea littoral under eutrophication conditions. *Cercetări Marine* 22: 107 - 125.
- Gomoiu, M. (1976): Ghid pentru cunosasterea florei si faunei marine de la litoralul românesc al Mării Negre. Institutul Român de Cercetări Marine - Agigea: 180 S.
- Gomoiu, M. (1982): Asupra unei verigi terminale din pelagialul Mării Negre. *Pontus Euxinus* II: 288 - 290.
- Gomoiu, M. (1984): Sur le stock de moules (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) du plateau continental roumain de la mer Noire. *Cercetări Marine* 17: 143 - 165.
- Kaluhhina-Gutnik, A. A. (1975): Fitobentos Cernogo Moria. Naukova Dumka - Kiev: 246 S.
- Müller, G. (1995): Determinatorul ilustrat al florei si faunei Romaniei - mediul marin. Ed. Bucura Mond. 384 S.
- Petranu, A. (1997): Black Sea biological diversity - Romania. United Nations Publications. New York: 314 S.
- Porumb, F. (1982): Modificări în structura zooplanctonului marin din apele române si litorale cu adâncimi mici, în perioada 1972 - 1980. *Pontus Euxinus* II: 309 - 311.
- Skolka, H. (1969): A propos de la répartition des algues macrophytes le long de la côte roumaine de la mer Noire. *Rev. Roum. Biol., Sèrie Botanique* 14, 6: 363 - 368.
- Skolka, H. & N. Bodeanu (1978): Fitoplanctonul de la litoralul românesc si eutrofizarea Mării Negre. *Protectia ecosistemelor*. Comisia R. S. R. pentru UNESCO: 162 - 167.
- Tiganus, V. (1983): Données comparative sur la faune associée aux différentes aspects d'algues macrophytes. *Cercetări Marine* 19: 129 - 145.
- Vasilii, F. (1994): Eutrofizarea apelor Mării Negre si protectia mediului 10: 310 - 321.
- Vasilii, F. (1996): Recent changes and effects of eutrofication in the Black Sea. *Marine Benthic Vegetation in Europa*. Springer Verlag, Hamburg. 435 - 448.
- Vasilii, F. (1996): Unele consideratii ecologice asupra listei de specii macrofite marine prezente la litoralul românesc al Mării Negre. *Naturalia - Studii si cercetări* 2 - 3: 433 - 445.
- Zaitsev, Y. (1979): Problèmes biologiques de la partie nord-ouest de la mer Noire. *Cercetari Marine* 12: 7 - 32.
- Zaitsev, Y. & V. Mamaev (1997): Biological diversity in the Black Sea - A study of change and decline. United Nations Publications. New York: 208 S.
- Zenkevici, L. A. (1963): *Biologia Morei SSSR*. Akademia Nauk SSSR: 739 S.

Die Xarifa-Expedition und 40 Jahre Riff-Forschung: Die Biodiversität der Korallenriffe

W. Klausewitz

Im Oktober 1957 startete der Wiener Zoologe und Unterwasserforscher Hans Hass die Xarifa-Expedition ins Rote Meer und in den Indischen Ozean zur Erforschung der Korallenriffe und deren Fauna. Für seine Unternehmungen hatte er eine ehemalige Rennyacht, die während des Krieges als Kohlenfrachter diente, in ein schnittiges Segelschiff umbauen lassen, das er „Xarifa“ taufte (Abb. 1). Diese knapp 44 m lange Yacht erwies sich wegen ihres schlanken Rumpfes, ihrer Wendigkeit und relativ leichten Manövrierbarkeit als ein besonders für Fahrten zwischen Korallenriffen sehr geeignetes Forschungsschiff.

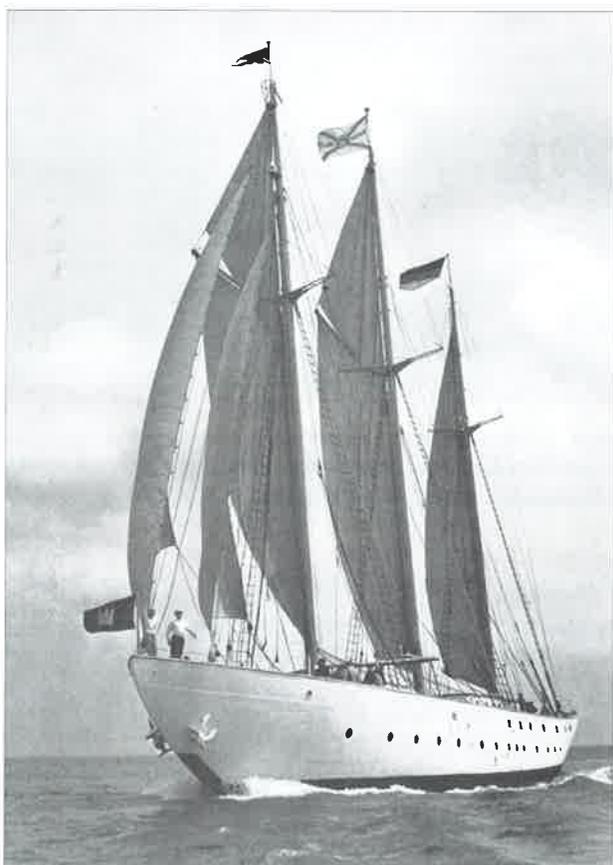


Abb. 1: Die Yacht „Xarifa“ als Forschungsschiff. Mit frdl. Genehmigung von Prof. Dr. Hans Hass.

Bereits in den Jahren 1953/54 wurde die erste Xarifa-Expedition über den Atlantik in den Ost-Pazifik bis zu den Galapagos-Inseln durchgeführt. Das wesentlichste Ergebnis dieser Fahrt war das allgemeine Bekanntwerden der im vergangenen Jahrhundert von Charles Darwin entdeckten biologischen Bedeutung des Galapagos-Archipels als Evolutionszentrum für vielerlei Landtiere. Besonders durch die Aktivitäten von Ireneus Eibl-Eibesfeldt wurde die Öffentlichkeit sensibilisiert und zu wesentlichen Schutzmaßnahmen für dieses Inselgebiet aktiviert.

Hans Hass hatte mich als Leiter der Ichthyologie des Forschungsinstituts und Naturmuseums Senckenberg in Frankfurt am Main zur Teilnahme an der Expedition eingeladen. Diese Sammel- und Forschungsreise wurde zu einem Schlüsselereignis, das einen wesentlichen Teil meines beruflichen Arbeitsbereichs prägte. Hinzu kam das Betreten historischer Pfade. Denn der Geograph und Zoologe Eduard Rüppell hatte sich während seiner beiden Expeditionen 1822-27 und 1830-33 in Nordost-Afrika und Arabien im Bereich des Roten Meeres auch als Meereszoologe betätigt und für das Frankfurter Senckenberg-Museum umfangreiche Sammlungen an marinen Wirbeltieren und Wirbellosen zusammengetragen. Vor 170 Jahren veröffentlichte er sein erstes großes Werk über die Fische und über neue wirbellose Tiere des Roten Meeres (Rüppell, 1828). Somit studierte Rüppell die Biodiversität des Meeres im Sinne der damaligen zeitbezogenen 1. Bestandsaufnahme der Faunenreiche (Schäfer, 1964). Durch Rüppells Sammeltätigkeit und wissenschaftliche Auswertung wurde das Senckenberg innerhalb weniger Jahre zu einem der bedeutendsten Museen und betreibt auch heute als Forschungsinstitut und Naturmuseum die Meeresforschung als ein wesentliches wissenschaftliches Arbeitsgebiet (Schäfer, 1963).

Die Xarifa-Expedition von 1957/58 (Hass, 1961) hatte zunächst drei wissenschaftliche Stationen im Roten Meer, besonders im Bereich der Farsan-Inseln vor der Küste Saudi-Arabiens. Im Golf von Aden überraschte bei der Insel Abd-el-Kuri ein gewisser Faunenwechsel. Hauptziel der Expedition waren die Malediven im Zentrum des Indischen Ozeans mit dem südlich des Äquators gelegenen Addu-Atoll (Abb. 2). Zu jener Zeit war dieser aus etwa 20.000 Inseln bestehende Archipel ein wissenschaftlich und touristisch völlig unberührtes Gebiet. Vier Monate lang führten die an der Xarifa-Expedition teilnehmenden Wissenschaftler hier ihre Untersuchungen durch.

Einleitende Studien galten dem Aufbau der Korallenriffe, der Saumriffe im Roten Meer und insbesondere der Atollriffe im Indischen Ozean (Abb. 3) mit deren physiographischen Riffzonen, den sehr unterschiedlichen ökologischen Bedingungen und den jeweiligen Biozönosen. Dabei divergieren die einer starken Brandung ausgesetzten seeseitigen Außenriffe im Korallenwachstum und in der Faunenbesiedlung sehr deutlich von den vielfach durch Stillwasser gekennzeichneten Innenriffen. Grundlage für diese Untersuchungen stellte eine Bestandsaufnahme der vorherrschenden Tiergruppen dar.

Die den reich strukturierten Lebensraum bildenden Steinkorallen sammelte und untersuchte Georg Scheer (Hessisches Landesmuseum Darmstadt) als Systematiker. Durch die Bearbeitungsergebnisse dieser und einer Reihe weiterer Forschungsreisen wurde er im Laufe der Jahre zu einem bekannten Korallenspezialisten.

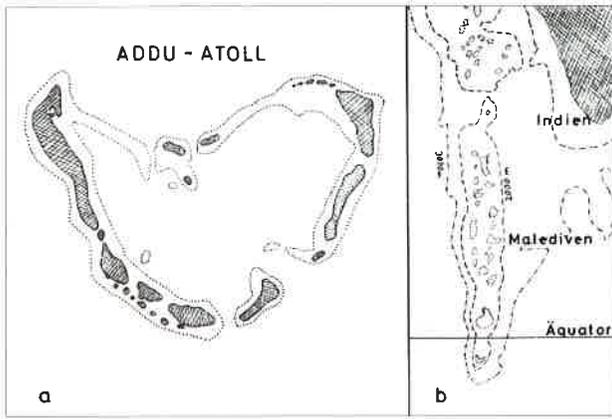


Abb. 2: Karte der Malediven mit dem südlich des Äquators gelegenen Addu-Atoll (vergrößert), Zeichn. Verf.

Sebastian Gerlach (Universität Kiel) untersuchte vergleichend einerseits die Mikrofauna der Korallenstöcke mit derjenigen des Phytals und des Sandlückensystems; andererseits stellte er die wichtigsten Vertreter der auf und an Korallenstöcken lebenden Makrofauna als Schema (Abb. 4) zusammen und erfaßte somit den Komplex Korallenriff als Biozönose mit seinem stark vernetzten Beziehungssystem, reduziert auf einen Korallenstock als Biotop (Gerlach, 1959). Das war schon vor 40 Jahren Biodiversitätsforschung, subsumiert auf ein begrenztes, aber hochstrukturiertes riffbezogenes Ökosystem. Für die Artenkenntnis der Fischfauna war der Autor als Ichthyologe zuständig, zumal der Artenbestand der Fische als der zweiten dominanten Tiergruppe des Korallenriffs für den zentralen Indischen Ozean nur wenig bekannt war.

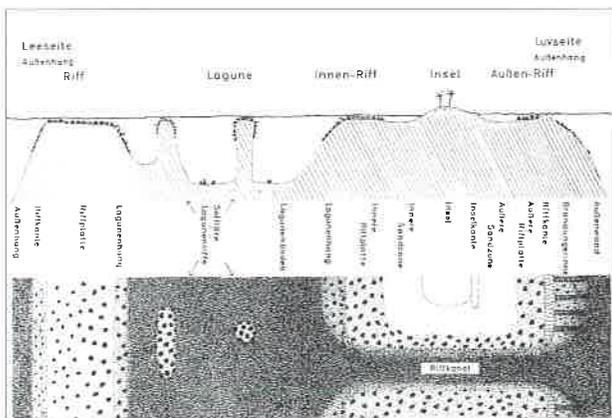
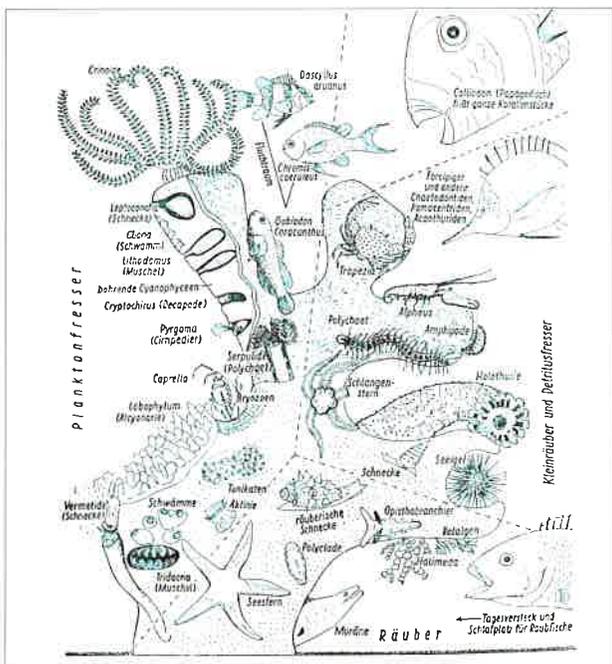


Abb. 3: Schematische Darstellung eines Querschnitts durch ein Atollriff mit dessen physiographischen Riffzonen und einer Insel. Oben im Querschnitt, darunter derselbe Abschnitt in der Aufsicht. Zeichn. Verf.



Abb. 5: Die von Ernst Haeckel gezeichnete Rekonstruktion eines angeblich farbenfreudigen Riffs im nördlichen Roten Meer. (Aus E. Haeckel: „Arabische Korallen“).

Abb. 4: Das von S. Gerlach entwickelte Biozönose-Schema eines Korallenstocks. (Nach Gerlach, 1959).



Hinzu kam die Lebendbeobachtung der Fische. Denn nach der Devise des ehemaligen Senckenberg-Direktors Robert Mertens sollte ein Museumszoologe ein jegliches Tier hinsichtlich seiner Verhaltensbiologie möglichst eingehend in der freien Natur oder zumindest in Gefangenschaft beobachten, bevor es für die Sammlung konserviert wird. Mein besonderes Interesse galt der biologischen Bedeutung der vielfach auffälligen Farbkleider der im und am Riff lebenden Fische (Klausowitz, 1958). Eine Imitation der bunten Korallen, wie es sich Ernst Haeckel im vorigen Jahrhundert aufgrund seiner Riffstudien am nördlichen Roten Meer vorgestellt hatte (Abb 5), konnte es nicht sein, da die Mehrzahl der Korallen grünlich oder gräulich ist und allenfalls eine schwache Tönung aufweist. Außerdem ist die optische Wirkung des Farbkleids der Fische im natürlichen Lebensraum stark gedämpft infolge der unterschiedlichen Absorption der Spektralfarben des Sonnenlichts im Wasser. Hinzu kommt der „Kaleidoskop-Effekt“ (Abb. 6) des ständigen Licht- und Schattenspiels, das durch die Bewegung der welligen Wasseroberfläche über die Riffe gleitet und immer nur für Sekundenbruchteile über die Riffe aufleuchtet und sofort wieder dunkel werden läßt. Aufgrund der mehrmonatigen Beobachtungen im natürlichen Lebensraum kam ich zu der Auffassung,

daß bei den Fischen das durch Färbung und/oder kontrastierende Streifung auffällige Farbkleid in erster Linie als Artmerkmal eine soziale bzw. kommunikative Funktion hat. Das gilt u. a. für die im Bereich der Riffe vorkommenden Arten, die in langdauernder Monogamie leben (Abb. 7), wobei das auffällige Farbkleid die Funktion eines dauernden kommunikativen Reizes hat. Aber auch bei Arten, die in kleineren Trupps oder Schwärmen leben, hat das plakative oder durch irgendein besonderes artspezifisches Farbmerkmal gekennzeichnete Farbkleid eine verbindende Funktion zum Zusammenhalt der Gemeinschaft. Außerdem sind solitär lebende Arten mit meist relativ großem Individualabstand zu nennen, deren Farbkleid aus der Ferne oft eine somatolytische Wirkung haben kann, das aber beim Aufsuchen eines Geschlechtspartners als ein artspezifisches optisches Signal eine hohe Be-

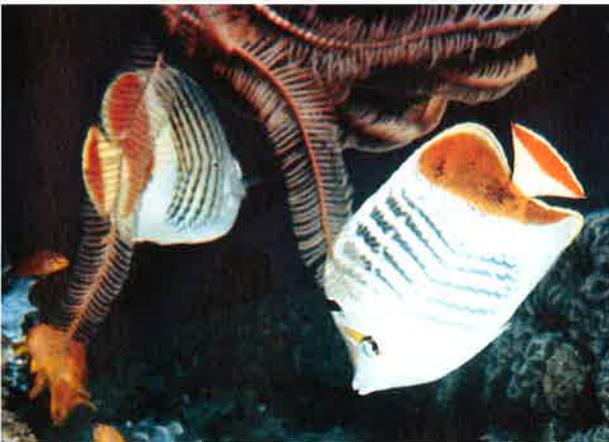


Abb. 8 a, b: Der vorwiegend solitär lebende Leoparden-Drückerfisch, *Balistoides conspicillum*, fällt in der Nähe besonders durch die großen weißen Flecken auf, wobei physiologischer Farbwechsel den optischen Effekt noch intensivieren kann. Hingegen hat das Farbkleid in der Entfernung eine somatolytische Wirkung, weshalb der Fisch trotz seiner Größe ziemlich schwer erkennbar ist (unten).



Abb. 6: Der durch die Wellenbewegung der Wasseroberfläche bedingte ständige Licht- und Schattenwechsel bewirkt auf dem Riff einen Kaleidoskop-Effekt. Links ein Weißbrust-Doktorfisch, *Acanthurus leucosternon*, dessen Färbung durch die Beleuchtungswirkung uneinheitlich wird.

Abb. 7: Monogames Paar des Rotfleckfalterfisches, *Chaetodon paucifasciatus*, aus dem Roten Meer.



deutung hat (Abb. 8 a, b). Somit stellt die von K. Lorenz (1962) vertretene Ansicht, daß die auffällenden Farbkleider der Korallenfische ausschließlich als Ausdruck einer mit dem Territorialverhalten verbundenen intraspezifischen Aggressivität zu deuten seien, eine zu einseitige Betrachtungsweise dar.



Irenäus Eibl-Eibesfeldt beteiligte sich am Anlegen der Fichsammlung, hat ein Verbreitungsschema der Fischarten und ihrer Sozietäten im Bereich eines Riffquerschnitts von der oberflächennahen Riffplatte bis in tiefere Abschnitte des Riffhangs zusammengestellt und führte ethologische Studien durch. So untersuch-

te er u. a. die Ethologie der Putzerfische und ihrer „Kunden“, wobei er auch das Verhalten der unechten oder parasitären Putzerfische entdeckte. Außerdem veröffentlichte er einen populären Expeditionsbericht (Eibl-Eibesfeldt, 1959, 1964).

Während dieser Expedition gab es eine ganze Reihe weiterer verhaltensbiologischer Neuentdeckungen. Hans Hass, der unter Wasser sehr scharfäugig war,



Abb. 9: Symbiose-Meergrundel, *Cryptocentrus lutheri*, mit Knallgarnelle, *Alpheus djiboutensis*, vor der gemeinsamen Höhle. Der Fisch fängt das Futter, während der Krebs ständig eingeschwemmten Sand aus der Höhle transportiert.

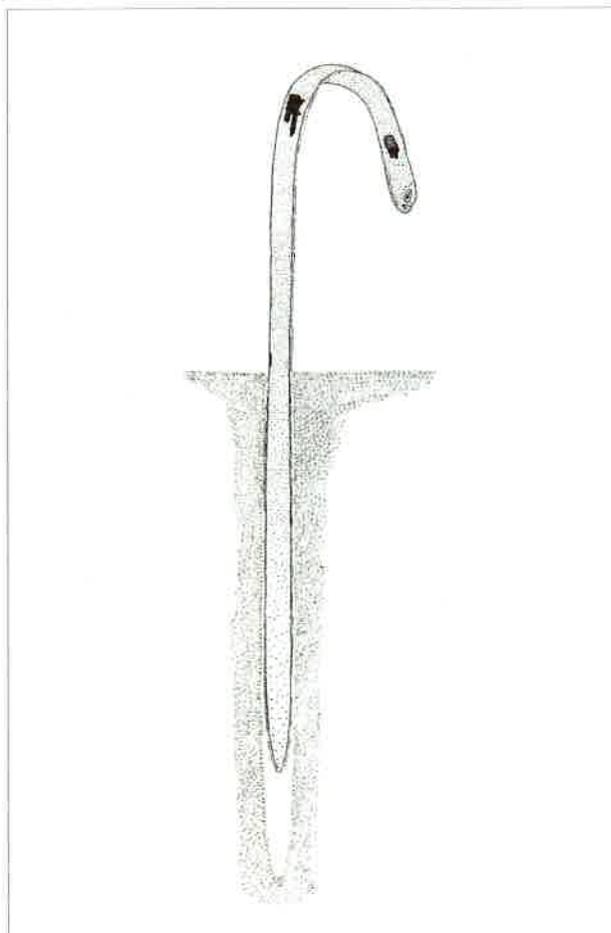


Abb. 10 a: Malediven-Röhrenaal, *Heteroconger (Xarifania) hassi*, am natürlichen Standort. b: Graphische Darstellung eines Malediven-Röhrenaals, der mit dem Hinterkörper in seiner Sandröhre steckt. Zeichn. Verf. (unten).

stellte im Roten Meer die Symbiose zwischen bestimmten Meergrundeln (Fam. Gobiidae) und Knallgarnelen (*Alpheus*) fest (Abb. 9). Fisch und Krebs leben gemeinsam in einer Höhle im flachen Korallensand, der Krebs, mit dem Fisch mit Hilfe seiner langen Antennen stets in direktem Berührungskontakt bleibend, schaufelt ständig den eingeschwemmten Sand aus der Höhle, während der Gobiide auf Futter lauert, an dem der Krebs teilhat (Luther, 1958). Heute arbeiten amerikanische und israelische Zoologen an diesem Thema; wer die Entdecker waren, ist längst vergessen.

Eine weitere Neuentdeckung, die Hass machte, waren die Röhrenaale (Fam. Heterocongridae bzw. Unterfam. Heterocongrinae). Auch deren Verhaltensbiologie war bis dahin für die Wissenschaft völlig unbekannt. Diese mit den Meeraalen nahe verwandten Fische leben in großen Kolonien und stecken wie Röhrenwürmer in röhrenförmigen Höhlen, die im feinen Korallensand senkrecht in die Tiefe ragen (Abb. 10 a, b). In der wissenschaftlichen Auswertung arbeiteten der Ichthyologe und der Verhaltensforscher zusammen (Klausewitz & Eibl-Eibesfeldt, 1959), die neue Art erhielt den Namen *Xarifania hassi* (wird heute zur Gattung *Heteroconger* gestellt).

Im übrigen produzierte Hass 26 Fernsehfilme, um das ganze Unternehmen finanzieren zu können, auch die Kosten für die meisten der teilnehmenden Wissenschaftler. Denn mit Ausnahme von zwei finanzierten Arbeitsplätzen und der Reisekosten hatte er die volle finanzielle Verantwortung übernommen.



So erhebt sich die Frage, warum ein solches Vorhaben, das doch von einiger wissenschaftlicher Bedeutung war, nicht staatlich bezuschußt wurde. Zum einen ist Hass Österreicher, die „Xarifa“ war das einzige Hochseeschiff, das eine österreichische Flagge führte. Österreich konnte wohl nicht ein so kostspieliges Unternehmen finanzieren, zumal die meisten teilnehmenden Wissenschaftler Deutsche waren. In der Bundesrepublik scheiterte ein von der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Aussicht gestellter finanzieller Zuschuß durch gutachterliche Schwierigkeiten. Daß die Bundesregierung die Expedition nicht finanzierte, lag an einer fehlenden Anbindung an eine bundeseigene Institution wie z. B. an eine Bundesforschungsanstalt. Ein Bundesforschungsministerium gab es damals noch nicht. Allerdings wurden wir Wissenschaftler der Xarifa-Expedition nach unserer Rückkehr für die fachliche Auswertung und die Veröffentlichungen in reichem Maße von der DFG gefördert.

Im Zusammenhang mit der taxonomischen Bearbeitung des gesammelten Materials in den jeweiligen Heimatinstitutionen wurde eine Grundsatzfrage über die Grenzen der biologischen Wissenschaften aktuell. Denn zur damaligen Zeit, besonders in den sechziger Jahren, erlebte die Biologie einen gewaltigen Aufschwung durch die Bereiche der Mikrobiologie, Physiologie und Molekularbiologie. Deren stark gewordene Fraktion wollte die Systematik und Taxonomie sowie deren Nachbardisziplinen nicht mehr als echte Wissenschaft anerkennen und degradierte sie zur „Freizeitbeschäftigung für Oberlehrer“. Denn angeblich wurden alle wesentlichen Bestandsuntersuchungen schon im vergangenen Jahrhundert von namhaften Systematikern durchgeführt, so daß praktisch alle Arten schon bekannt seien. Außerdem seien alle marinen Tiere vom Pazifik über den Indischen Ozean bis zum Roten Meer durch die geographischen Verbindungen und einen ständigen Gen-Austausch (gene flow) miteinander identisch. Demgegenüber erbrachten vergleichend-taxonomische Untersuchungen deutliche zoogeographische Unterschiede zwischen den Faunen des Roten Meeres, des Indischen Ozeans, des Indo-Australischen Archipels und des Pazifik. Inzwischen haben sich Systematik und Taxonomie als wesentliche wissenschaftliche Grundlagen für viele aktuelle biologische Forschungsbereiche erwiesen, nicht nur für die Zoogeographie, Stammesgeschichte und Evolutionsforschung, sondern insbesondere auch für die Ökologie mit ihren angewandten Bereichen bis hin zur Fischereibiologie, und nicht zuletzt für die aktuelle Erforschung der Biodiversität. Als Konsequenz dieser Erkenntnis werden die Museumssammlungen nun wieder als Dokumentationszentren für die taxonomischen Arbeitsgebiete und somit als Forschungszentren anerkannt.

Welche Folgen hatte nun die Xarifa-Expedition? Durch die Fernsehsendungen und Buchpublikation von Hans Hass (1961) wurde der Tauchsport sehr bald zu einem Volkssport von großer touristischer Bedeutung. Die Konsequenzen dieser Entwicklung sind ambivalent. Einerseits erhält mancher tauchende Laie Kenntnisse über die Fauna der Korallenriffe und anderer Meeresküsten und erlangt ein recht gutes

Wissen über biologische Zusammenhänge dieser Lebensräume. Einzelne Personen haben ein so großes fachliches Wissen und technische Erfahrungen gesammelt, daß sie nicht nur dem Tauchsport positive Impulse geben, sondern auch die Arbeiten von Meereswissenschaftlern unterstützen können. Hierbei sei Ludwig Sillner erwähnt, nach dem die von ihm entdeckten Röhrenaale des Roten Meeres als *Gorgasia sillneri* benannt wurden. Da er nicht nur ein sehr guter Unterwasser-Fotograf, sondern auch ein Polyglott war, der fließend Arabisch sprach, begleitetete er während der Meteor-Expedition 1964 die Riffgruppe zu den Farsan-Inseln. Ferner veröffentlichte Helmut Debelius eine Reihe populärwissenschaftlicher Bücher über Fische und Wirbellose verschiedener Meeresgebiete u. a. über das Rote Meer (Debelius, 1998). Andererseits hat die Entwicklung der Tauchtouristik auch zahlreiche negative Folgen. So wurden durch die Unterwasserjagd mit Hilfe immer effizienter werdender Harpunen bald ganze Regionen leergeschossen. Daher hat Hass, ursprünglich selbst ein Unterwasser-Nimrod, 1971 eine internationale Organisation zum Schutz der großen Fische und auch zur Ächtung der Unterwasserjagd gegründet. Eine weitere negative Folge dieses tauchenden Massenvergnügens ist die starke Belastung der empfindlichen Korallen und ganzer Riffzonen durch mechanische Störfaktoren und Abwässer bis hin zur Zerstörung großer Riffe für den Bau von Straßen sowie von Bungalows und Hotels zur Unterbringung der Touristen.



Abb 11: Das Zeltlager der im Rahmen der Meteor-Expedition 1964 auf der Insel Sarso (Farsan-Inseln) stationierten Wissenschaftlergruppe, die in Fortsetzung der Xarifa-Expedition Vorkommen, Biologie und Zoogeographie riffbewohnender Tiere des Roten Meeres untersuchte. Geißt waren die bundesdeutsche und die saudi-arabische Flagge.

Die wissenschaftlichen Folgen der Xarifa-Expedition fanden in einer Reihe von Fachpublikationen der teilnehmenden Zoologen ihren Niederschlag. Darüber hinaus ergab sich 1964 durch die Meteor-Expedition sozusagen eine Fortsetzung der Xarifa-Expedition ins Rote Meer. Denn unter der Leitung von Sebastian Gerlach ließ sich ein Teil der ehemaligen Xarifa-Wissenschaftler vor der saudi-arabischen Küste an den Farsan-Inseln absetzen, um die 1957 dort begonnenen Untersuchungen fortzuführen und manche zuvor nur angeschnittene Frage zu klären (Abb. 11).

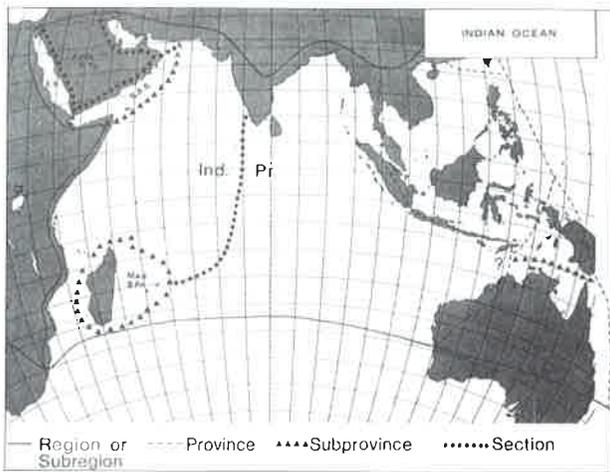


Abb. 12: Zoogeographie des Indischen Ozeans und des Roten Meeres mit der Untergliederung im westlichen und nordwestlichen Indischen Ozean. (Aus Klausewitz, 1978).

So wurde zunächst die schon von Clark & Gohar (1953) geäußerte Vermutung bestätigt, daß sich das Rote Meer hinsichtlich der Evertebraten und der Fischfauna durch eine relativ hohe Prozentzahl an Endemismen auszeichnet. So sind bei manchen Fischfamilien, z. B. den Chaetodontidae, 50% der Arten, bei den Zwergbarschen und Dreiflossenschleimfischen (Fam. Pseudochromidae u. Tripterygiidae) jeweils sogar 90% endemisch. Somit hat sich das Rote Meer als ein Evolutionszentrum erwiesen. Allerdings kommen viele dieser Endemismen auch im Golf von Aden und gelegentlich ebenso im Persischen Golf vor. So bilden diese drei arabischen Nebenmeere eine vom Indischen Ozean deutlich unterscheidbare eigene zoogeographische Einheit (Abb. 12). Diese dreigeteilte Arabische Subprovinz ist der nordwestlichste Abschnitt der Indischen Provinz (Klausewitz, 1978).

Weitgehend ungeklärt ist allerdings die Frage, wann sich diese neuen Formen im Roten Meer entwickelt haben. Stammen sie schon aus der frühen Besiedlung, als sich im späten Pliozän vor mehreren Millionen Jahren der Rotmeergraben allmählich nach Süden hin zum Indischen Ozean öffnete? Oder sind sie erst nach der letzten Eiszeit vor etwa 10.000 Jahren entstanden? Denn insbesondere die Geophysiker vertreten die Ansicht, daß sich während der Hochglazialia das Rote Meer nicht nur deutlich abkühlte, sondern auch durch das eustatische Absinken des Meeresspiegels vom Indischen Ozean abgeschnitten war und durch die daraus resultierende Hypersalinität unbewohnbar wurde, so daß die gesamte Fauna abstarb. Demnach soll die Neubesiedlung des Roten Meeres erst postglazial vom Indischen Ozean her erfolgt sein. Zur Begründung, daß die endemische Fauna des Roten Meeres nicht erst nach der letzten Eiszeit entstanden sein kann, dienen zwei Indizien: Erstens ist der Grad der meist artlichen Differenzierung so signifikant, daß für die Entwicklungsprozesse wahrscheinlich ein längerer Zeitraum als etwa 10.000 Jahre benötigt wurde. Viele der eigenständigen Arten dürften die Eiszeiten, zumindest die beiden letzten Hochglazialia, irgendwie überlebt haben. Als zweites Indiz

dient die Tatsache, daß viele Endemismen nicht nur im Roten Meer, sondern auch im angrenzenden Golf von Aden vorkommen, jedoch nicht im eigentlichen Indischen Ozean. Falls das Rote Meer während der Hochglazialia tatsächlich ein totes Meer war (was noch längst nicht gesichert ist), so bildete der Golf von Aden eine Refugialzone, in die sich zumindest ein Teil der Rotmeerfauna nach Süden ausweichend zurückziehen konnte und von wo aus im jeweiligen Postglazial eine Wiederbesiedlung erfolgte (Klausewitz, 1989).

Ab 1963 hat der Meereszoologe Hans Mergner (Ruhr-Universität Bochum) im Roten Meer detaillierte ökologische Riffanalysen durchgeführt, beginnend mit Studien über den Hydroidenbewuchs, anschließend mit Untersuchungen über den Gesamtkomplex Korallenriff als „one of the most complicated and densely populated ecosystems on earth“ (Mergner, 1967, 1985). Zusammen mit Helmut Schuhmacher (Universität Essen) wurden die physiographischen Zonen der Korallenriffe, deren ökologische Bedingungen und auch deren Entwicklung durch Langzeituntersuchungen ermittelt. Dazu gehören der Einfluß abiotischer Faktoren auf die Gemeinschaftsstrukturen der Riffe, die Faktoren der interspezifischen Konkurrenz und auch die mögliche Einwirkung von Umweltgiften. Selbstredend wurde dabei die Wirkung der unterschiedlichen hydrodynamischen Kräfte zwischen Außen- und Innenriffen berücksichtigt. Da deutliche ökologische und faunistische Unterschiede zwischen dem nördlichen

Abb. 13: Verölter Strand an der saudi-arabischen Küste des Arabischen Golfes.



und südlichen Roten Meer bestehen, erfolgten vergleichende Untersuchungen in zwei geographisch weit voneinander getrennten Riffregionen, nämlich im Riffareal bei Aqaba im Golf von Aqaba (wo insgesamt der größte Teil der Arbeiten durchgeführt wurde) und im Sanganeb-Atoll vor der sudanesischen Küste (Mergner & Schuhmacher, 1974, 1985; Schuhmacher & Mergner, 1985). Diese Riffanalysen sind klassische Beispiele für eine Biodiversitätsforschung.

Zur Erforschung der Korallenriffe des Golfes von Aqaba wurde 1968 bei Eilat das von Heinz Steinitz, dem führenden Meereszoologen Israels, konzipierte und zu einem erheblichen Teil mit deutschen finanziellen Mitteln errichtete, ursprünglich zur Hebrew University gehörende „Heinz Steinitz Laboratory“ eröffnet (heute wird es als „Interuniversity Institute for Marine Sciences“ bezeichnet). Noch vor der offiziellen Eröffnung war ich im April 1968 dort als erster ausländischer Gastforscher tätig. Für mehrere Jahre dem International Advisory Board dieser Institution angehörend, benutzte ich sie auch weiterhin als Stützpunkt für ichthyologische Untersuchungen. Hinzu kam eine intensive Zusammenarbeit mit Lev Fishelson und Menachem Goren von der Tel Aviv-Universität.

Das vom Bundesforschungsministerium finanzierte Gemeinschaftsprojekt von Ägyptern, Israelis, Palästinensern, Jordanern und Deutschen im Golf von Aqaba befaßt sich derzeit u. a. mit der Ökologie und Geschichte der Korallenriffe vor Eilat und Aqaba und entlang der Sinai-Küste. Unter der Federführung des Zentrums für Marine Tropenökologie in Bremen wird seit 1995 eine internationale Zusammenarbeit von Wissenschaftlern und Meeresinstituten der Anliegerstaaten entwickelt, wobei das Interuniversity Institute for Marine Sciences in Eilat als zentraler Standort des Programms fungiert. Außer verschiedenen Forschungsprojekten geht es auch um die Aus- und Fortbildung von Jungakademikern dieser Länder. Insgesamt sind etwa 60 deutsche, israelische und arabische Wissenschaftler an dem Programm beteiligt (Hempel, 1998).

Riffbezogene Untersuchungen im Bereich des Roten Meeres und des Arabischen Golfes führt Friedhelm Krupp durch, seit 1987 Leiter der Ichthyologie des Forschungsinstituts Senckenberg. Zunächst befaßte er sich, zusammen mit deutschen Kollegen und jordanischen Wissenschaftlern von der Marine Science Station in Aqaba, mit ichthyologischen Untersuchungen (vgl. Schuhmacher, Krupp & Randall, 1989; Krupp, 1989; Krupp & Paulus, 1991) und schuf die fachlichen Voraussetzungen für eine Erfassung der Ichthyofauna des Golfes von Aqaba (Khalaf & Disi, 1997). Da F. Krupp sich auf die Ichthyofauna des Vorderen Orients spezialisiert hatte und Arabisch spricht, betraute ihn nach Beendigung des Golf-Kriegs die Europäische Kommission mit der Leitung und Koordination eines multidisziplinären Projekts zur Untersuchung und ökologischen Regeneration der Folgen jener Ök Katastrophe, die 1991 durch die Einleitung von etwa 1 Million Tonnen Rohöl in den Persischen oder Arabischen Golf eingetreten war und über 700 km Länge die saudi-arabische Küste stark verölet hatte (Abb.13).



Abb. 14: Karte des Persischen Golfes mit dem Schutzgebiet an der saudi-arabischen Küste (Jubail Marine Wildlife Sanctuary). (Aus Abuzinada & Krupp, 1994).

An diesem vom Forschungsinstitut Senckenberg betreuten und mit 10,4 Millionen DM dotierten Projekt waren etwa 80 europäische und arabische Wissenschaftler sowie technische Mitarbeiter beteiligt. Die ökologischen Zustands- und Bestandsermittlungen (Abuzinada & Krupp, 1994) zeigten, daß zwar das auf dem Sandstrand und in der flachen Sandzone abgelagerte Öl fast die gesamte dortige Fauna und Flora vernichtet hatte, jedoch die davor liegenden faunenreichen Korallenriffe und Seegraswiesen nur wenig belastet waren, zumal man keine umweltschädigenden Detergentien eingesetzt hatte. So erfolgte dort eine unerwartet rasche Regeneration dieser Faunen- und Florenbestände, während das am Ufer abgelagerte Öl durch die ständigen Wellen- und Sandbewe-



Abb. 15: Übersichtskarte der Arabischen Halbinsel mit den umgebenden Meeren.

gungen allmählich „untergepflegt“ wurde, so daß auch dieser Biotop sich langsam erholen konnte. Weitere Aufgaben waren die Schaffung einer ersten dauernden Schutzzone im Sinne eines Naturschutzgebietes an der westlichen Golfküste (Abb. 14), die Einrichtung einer meeresbiologischen Feldstation und der Bau eines Besucherzentrums zur Entwicklung eines umfangreichen Erziehungsprogramms für die bis dahin ökologisch ungeschulte Bevölkerung. Die Ergeb-

nisse der wissenschaftlichen Arbeiten fanden ihren Niederschlag in mehr als 130 Fachpublikationen (vgl. Krupp, Abuzinada & Nader, 1996). Dieses 1996 abgeschlossene Projekt wird in abgewandelter Form fortgesetzt durch die Schaffung eines integrierten Systems mariner Naturschutzgebiete entlang der vielfältig gefährdeten westlichen Golfküste.

Im Jahr 1996 beauftragten die Global Environment Facility der Vereinten Nationen und die Weltbank in Zusammenarbeit mit der Regionalen Organisation für den Umweltschutz des Roten Meeres und Golfes von Aden (PERSGA) F. Krupp mit der Leitung eines strategischen Aktionsprogramms (SAP) über die Biodiversität des Roten Meeres und des Golfes von Aden (Abb. 15). Das breite Aufgabenspektrum dieses Projekts besteht außer der Erforschung der biologischen Artenvielfalt der Korallenriffe und der übrigen ökologischen Lebensräume beider Meeresgebiete auch aus angewandten Themen zur Erhaltung der Biodiversität, zur Entwicklung vielfältiger Schutzmaßnahmen, zur Verhinderung der Überfischung, zum Aufbau eines regionalen Netzwerks von Naturschutzgebieten und zur Organisation von Bildungsprogrammen für die betroffenen und weitgehend uninformierten Bevölkerungsteile. Im Sommer 1998 lief das Projekt an, die wissenschaftlichen Untersuchungen wurden zunächst im Golf von Aden im Bereich der Insel Socotra begonnen. Es ist zu hoffen, daß dieses Mammutprojekt realisiert werden kann, um die zunehmende Gefährdung der Korallenriffe und der anderen marinen Lebensräume des Roten Meeres und des Golfes von Aden mit ihrer jeweiligen Biodiversität prophylaktisch zu bannen. Zudem kann es eine Vorbildfunktion für den Schutz anderer gefährdeter tropischer Meeresgebiete erhalten.

So hat sich die seit der Xarifa-Expedition nunmehr 40 Jahre währende Erforschung der Korallenriffe des Roten Meeres durch verschiedene Institutionen und zahlreiche Meeresbiologen zu einem vielfältigen, multidisziplinären Komplex entwickelt, der über die biologische Thematik der Biodiversität hinaus auch präservatorische Funktionen enthält und neuerdings sogar sozialanthropologische Aspekte umfaßt.

Literatur:

- Abuzinada, A. H. & F. Krupp (Eds.) (1994): The Status of Coastal and Marine Habitats two Years after the Gulf War Oil Spill. Courier Forschungsinst. Senckenberg, 166: 1-80.
- Clark, E. & H. A. F. Gohar (1953): The Fishes of the Red Sea: Order Plectognathi. Publ. Marine Biol. Stat. Al Ghardaqa (Red Sea), 8: 1-80.
- Debelius, H. (1998): Rotes Meer. Riff-Führer. 320 S., Jahr-Verl., Hamburg.
- Eibl-Eibesfeldt, I. (1959): Der Fisch *Aspidontus taeniatus* als Nachahmer des Putzers *Labroides dimidiatus*. Z. Tierpsychol., 16: 19-25.
- Eibl-Eibesfeldt, I. (1964): Im Reich der tausend Atolle. 211 S., Piper, München.
- Gerlach, S. (1959): Über das tropische Korallenriff als Lebensraum. Verhandl. Dtsch. Zoolog. Ges., Münster/Westf.: 356-363.
- Hass, H. (1961): Expedition ins Unbekannte. Ein Bericht über die Expedition des Forschungsschiffes Xarifa zu den Malediven und Nikobaren und über eine Serie von 26 Fernsehfilmen. 167 S., Ullstein, Berlin usw.
- Haackel, E. (1875): Arabische Korallen. Berlin, 48 S.
- Hempel, G. (1998): Rotes-Meer-Programm: Frieden für die Riffe - Riffe für den Frieden. In: Korallenriffe - bedrohte Wildnis tropischer Meere. Meer und Museum, 14: 69-74.
- Khalaf, M. A. & A. M. Disi (1997): Fishes of the Gulf of Aqaba. 252 S., Marine Science Station, Aqaba.
- Klausewitz, W. (1958): Biologische Bedeutung der Färbung der Korallenfische. Verhandl. Dtsch. Zool. Ges., Frankfurt a. M. 1958: 329-333.
- Klausewitz, W. (1978): Zoogeography of the littoral fishes of the Indian Ocean, based on the distribution of the Chaetodontidae and Pomacanthidae. Senckenbergiana biol., 59 (1/2): 25-39.
- Klausewitz, W. (1989): Evolutionary History and Zoogeography of the Red Sea Ichthyofauna. Fauna of Saudi Arabia 10: 310-337.
- Klausewitz, W. & I. Eibl-Eibesfeldt (1959): Neue Röhrenaale von den Malediven und Nikobaren. Senckenbergiana biol., 40 (3/4): 135-153.
- Krupp, F. (1989): Beobachtungen an Fahnenbarschen im Roten Meer. Natur u. Museum, 119 (8): 262-266.
- Krupp, F., A. H. Abuzinada & I. A. Nader (Eds.) (1996): A Marine Wildlife Sanctuary for the Arabian Gulf. Environmental Research and Conservation Following the 1991 Gulf War Oil Spill. Brüssel (Europ. Comm.), Riyad u. Frankfurt a. M., 511 S.
- Krupp, F. & T. Paulus (1991): First record of the coral-reef fish *Pseudoanthias fasciatus* (Kamohara, 1954) from the Red Sea. Fauna of Saudi Arabia, 12: 388-392.
- Lorenz, K. (1962): The function of color in coral reef fishes. Proceed. Roy. Inst. Gr. Britain: 282-296.
- Luther, W. (1958): Symbiose von Fischen (Gobiidae) mit einem Krebs (*Alpheus djiboutensis*) im Roten Meer. Z. Tierpsychol., 15: 175-177.
- Mergner, H. (1967): Über den Hydroidenbewuchs einiger Korallenriffe des Roten Meeres. 1. Die ökologischen Gegebenheiten der untersuchten Riffgebiete und ihre Auswirkungen auf Verteilung und Besiedlungsdichte des Hydroidenbewuchses. Z. Morph. Ökol. Tiere, 60: 35-104.
- Mergner, H. (1985): The ecological research on coral reefs of the Red Sea. In: Angel, M. V.: Marine Science of the North-West Indian Ocean and adjacent waters. Proceed. Mahabis John Murray Internat. Sympos., Egypt 3-6 Sept. 1983: 855-884.
- Mergner, H. & H. Schuhmacher (1974): Morphologie, Ökologie und Zonierung von Korallenriffen bei Aqaba (Golf von Aqaba, Rotes Meer). Helgol. Meeresuntersuch., 26: 238-358.
- Mergner, H. & H. Schuhmacher (1985): Quantitative Analyse von Korallengemeinschaften des Sanganeb-Atolls (mittleres Rotes Meer). I. Die Besiedlungsstruktur hydrodynamisch unterschiedlich exponierter Außen- und Innenriffe. Helgol. Meeresuntersuch., 39: 375-417.
- Rüppell, E. (1828): Fische des rothen Meeres. 144. S. Neue wirbellose Thiere des rothen Meeres. 50 S., Atlas zu der Reise im nördlichen Afrika von Eduard Rüppell. Brömer, Frankfurt a. M.
- Schäfer, W. (1963): „Senckenberg“ in der Meeresforschung. Aufsätze u. Reden d. Senckenberg. Naturforsch. Ges., 12: 1-43.
- Schäfer, W. (1964): Naturwissenschaftliche Museen als Forschungsstätten. Aufsätze u. Reden d. Senckenberg. Naturforsch. Ges., 14: 1-28.
- Schuhmacher, H., F. Krupp & J. E. Randall (1989): *Pseudoanthias heemstrai*, a new species of Anthiine fish from the Gulf of Aqaba, Red Sea. Fauna of Saudi Arabia, 10: 338-346.
- Schuhmacher, H. & H. Mergner (1985): Quantitative Analyse von Korallengemeinschaften des Sanganeb-Atolls (mittleres Rotes Meer). II. Vergleich mit einem Riffareal bei Aqaba (nördliches Rotes Meer) am Nordrande des indopazifischen Riffgürtels. Helgol. Meeresuntersuch., 39: 419-440.

Haie und Rochen in Gefahr!

Fischerei und Umwelteinflüsse als Gefährdungspotentiale für Arten und Bestände, Bemühungen um Erhaltungsmaßnahmen

M. Stehmann

Einführung

Knorpelfische oder Chondrichthyes - Haie, Rochen und Chimären - mit ihren etwa 1.000 lebenden Arten machen nur eine kleine Minderheit von knapp 4% unter insgesamt ca. 26.000 bekannten Fischarten in den Ozeanen und Binnengewässern aus. Sieht man einmal von Medienwirbeln um gelegentliche Haiangriffe auf Menschen und der Betrachtung der ästhetisch ansprechenden Haie und Rochen in Unterwasserfilmen des Fernsehens ab, was macht diese Fische plötzlich so bedeutend, daß die Welternährungsorganisation FAO in Rom während einwöchiger internationaler Konsultationen Ende Oktober 1998 sie als ein Hauptthema auf die Tagesordnung setzte? Ein „Internationaler Aktionsplan für die Erhaltung und Bewirtschaftung von Knorpelfischen“ wurde beraten, nachdem im April in Japan und im Juli in Rom bereits zwei Vorbereitungstreffen den Hauptkonsultationen vorausgegangen waren. Nicht erst durch das „Internationale Jahr des Ozeans 1998“ der UNO sind damit die langjährigen Problemthemen „Ausbeutung der Meere“ und „Überfischung“ sofort vor Augen, aber Fischerei auf Haie und Rochen oder gar deren Gefährdung durch Überfischung haben die wenigsten damit in Zusammenhang gebracht. Was ist also so scheinbar unbemerkt geschehen, daß plötzlich Anlaß zu Besorgnis auch diese Fische geben, deren „Nutzen“ für uns Menschen wir uns kaum konkret vorstellen können?

Mit Fug und Recht darf man Knorpelfische „lebende Fossilien“ nennen, die dem legendären Quastenflosserfisch im Indopazifik keineswegs nachstehen. Sie zählen mit gut 400 Millionen Jahren ihrer nachgewiesenen Existenz zu den erdgeschichtlich ältesten Wirbeltieren mit einem Kieferapparat und haben sich von der Wurzel der Wirbeltierentwicklung bis heute in erstaunlicher Arten- und Formenvielfalt erfolgreich behauptet. Damit dokumentieren sie eines der erfolgreichsten biologischen Konzepte in der Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere, unter denen keine andere Gruppe eine so lange anhaltende Erfolgsgeschichte aufweisen kann.

Die Wissenschaft kennt bislang knapp 400 lebende Hai-, gut 470 Rochen- und etwa 35 Chimärenarten (Nelson, 1994). Diese Zahlen ändern sich noch, weil z. B. selten gewordene Tiefwasserforschung immer wieder unbekannte Arten im Dunkelreich unterhalb der Lichtgrenze entdeckt. Unter den Haien sind ca. 30% der Arten eierlegend und 70% lebendgebärend, bei nahezu 50:50% ist das Verhältnis bei den Rochenarten, und alle etwa 35 Chimärenarten sind eierlegend.

Knorpelfische haben alle Lebensräume im Meer erobert, von der Arktis bis zur Antarktis, von tropischen Flachmeeren und Korallenriffen bis in mehr als 4.000 Meter Tiefe und sich sogar dem Leben in reinem Süßwasser angepaßt.

Abb. 1: Durch Schleppnetzfänge getötete und verworfene Adlerrochen (*Myliobatis* sp.) am Meeresgrund.



Abb. 2: Im Stellnetz verendeter Riffhai (*Carcharhinus* sp.)

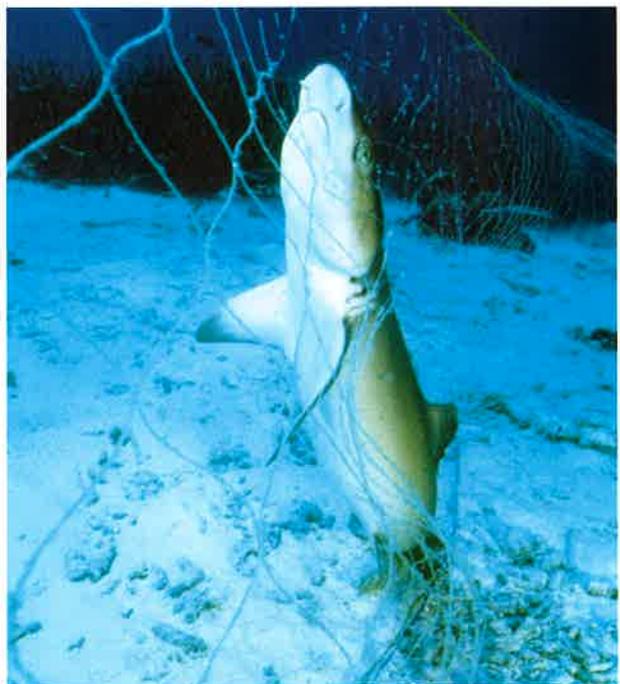




Abb. 3: Ein im Treibnetz verendeter Meerengel-Hai (*Squatina* sp.).



Abb. 4: Im Treibnetz verfangener Großer Teufelsrochen (*Manta birostris*).

Fischereilicher Hintergrund

Man hat lange Zeit besonders Haie studiert, um sich bestmöglich vor ihnen schützen zu können. Erst vor wenigen Jahren verkehrten sich die Vorzeichen angesichts der Realität, daß heute die Haie vor dem Menschen geschützt werden müssen, sollen nicht etliche ihrer Arten wie viele Tiere für immer ausgelöscht werden. Wie ist es weitgehend unbemerkt zu dieser Krise gekommen?

Die Nutzfischbestände werden seit gut 100 Jahren im Nordostatlantik und immerhin seit Jahrzehnten auch in vielen anderen Fischereiregionen der Welt sorgfältig erforscht. Riesige Datenmengen tragen Fischereiforschung und -statistik ständig zusammen, um einen rentablen Dauerertrag der Fischerei zu erhalten. Internationale Fischereiregulierungen steuern mit zahlreichen Maßnahmen die Fänge, die akribisch nach Arten und Fanggebieten statistisch erfaßt werden.

Bis heute werden auch dabei Knorpelfische als „andere Fische“ behandelt, das heißt eher nebensächlich oder gar nicht (Kühnhold, 1995). Von wenigen Ausnahmen jüngerer Zeit abgesehen, gilt freie Jagd auf Haie und Rochen gerade in den tropisch-subtropischen Küstengewässern, wo sie am häufigsten und leichtesten gefangen werden. Angesichts weltweiter Ausplünderung der Fischbestände geradezu eine Einladung, Fangrückgänge traditioneller Kochenfischarten durch gezielte Befischung der Knorpelfische zu kompensieren. Zumal diese „anderen Fische“, insbesondere die Haie, eine viel breitere Produktpalette ermöglichen als die Knochenfische, die nur für Nahrungsmittel und Fischmehl dienen. Die Masse der Hai- und Rochenarten lebt in warmen Küstenmeeren, ist leicht zugänglich und mit einfachsten Mitteln zu

fangen. Also eine Chance gerade für die handwerkliche Fischerei in Entwicklungsländern. Aber auch die Flotten der großen Fischereinationen dezimieren in großem Umfang die Hai- und Rochenbestände vor eigenen und fremden Küsten und schlachten heute den hohen Beifanganteil an Haien und selbst Rochen der Grundschieppnetz-, der Leinen-, Ringwaden- und Treibnetzfisherei auf andere Zielarten wie z. B. Thune und Schwertfische (Abb. 1 - 4). Als unerwünschter Beifang wurden früher Haie ins Meer zurückgeworfen und hatten durch ihre Lebensfähigkeit eine hohe Überlebensrate. Verstümmelt durch abgeschnittene Flossen für die asiatischen Hochpreismärkte überlebt aber kein Hai (Abb. 5).

Ab. 5: „Putzen ohne Nutzen“ betitelt der Autor diese Aufnahme eines toten Riffhais, den er mit abgeschnittenen Flossen am Grund fand in Gesellschaft eines verstörten Putzerlippfischs.



Knorpelfischfang und Fischereistatistik

Nur 15 Hai-, neun Rochen- und eine Chimärenart spezifiziert die Weltfischereistatistik 1996 der FAO, und in regionalen Statistiken, wie z. B. des Internationalen Rates für Meeresforschung (ICES) für den Nordostatlantik, sieht es nicht besser aus. Nur fünf Haiarten sind seit 1994 bei der FAO spezifiziert hinzugekommen. Die Masse des weltweit von fast 272.000 t im Jahre 1950 auf 758.793 t im Jahre 1996 rapide gestiegenen Fangs von Knorpelfischen wird nur in groben Sammelkategorien registriert; allein knapp die Hälfte des Gesamtfangs 1996 nur pauschal als „Haie und Rochen“. Der Welt größte Fischereination, die Volksrepublik China, zugleich größter Markt für Haiflossen, fängt angeblich überhaupt keine Knorpelfische. Die im Gegensatz zu Knochenfischen völlig unspezifizierte Fangstatistik für Knorpelfische verdeutlicht Abb. 6.

Fangbeschränkungen für Haie gibt es im Nordostatlantik nur für Riesen- und Heringshai. Seit 1993 haben die USA für alle Haie, außer dem Dornhai, vor ihrer Ostküste und im Golf von Mexiko Fangbeschränkungen erlassen. Einzelne Arten wurden seit 1991 vor

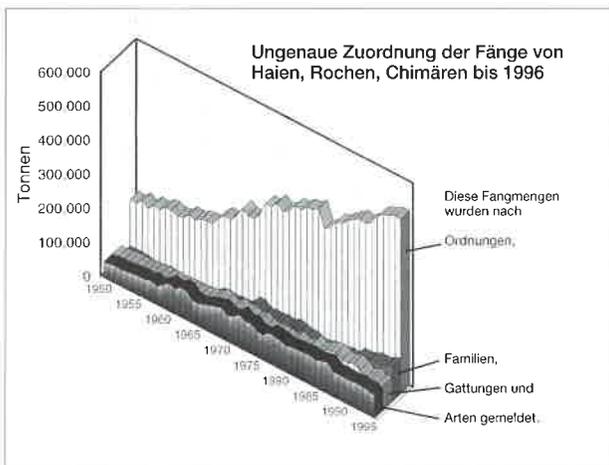


Abb. 6: Spezifizierung der Ländermeldungen für Knorpelfischfänge nach taxonomischen Kategorien in der FAO-Weltfischereistatistik.

Südafrika begrenzt. Seit 1993 gelten auf den Malediven Fangbeschränkung für Haie und Fangverbot für den Walhai. Jüngst haben die Küstenstaaten Australiens den Weißhai und Sandhai geschützt, und Australien überwach wie Neuseeland die Haibestände. Die Philippinen erließen 1998 ein totales Fang- und Handelsverbot für Walhai und Mantarochen. Und erstmals 1998 setzte der EU-Fischereirat eine Höchstfangmenge von 6.060 t für Echte Rochen (Fam. Rajidae) in der Nordsee fest. Für die Hauptfanggebiete, besonders die offenen Ozeane, tut sich noch nichts.

Im Lichte der biologischen Eigenheiten der Knorpelfische - vor allem ihr langsames Wachstum, ihre späte Geschlechtsreife und extrem niedrige Nachwuchsrates - sind die kurzfristigen Folgen des Raubbaus unschwer vorherzusehen. Allein Indonesien fing 1996 an

Haie und Rochen gut 100.000 t, Indien gut 71.000 t, Pakistan gut 51.000 t, und südamerikanische Länder holen zügig auf. Sri Lanka meldete 1996 allein für den Seidenhai (*Carcharhinus falciformis*) 21.000 t.

Echte Rochen werden traditionell in europäischen Gewässern vor allem von Frankreich gefischt. Die fast 69.000 t Weltfang 1991 entsprachen mehr als 17 Millionen Tieren jährlich, von denen die Masse aus europäischen Gewässern stammte. Auf gut 48.000 t war 1996 der Weltfang bereits zurückgegangen (FAO, 1998). Grob geschätzt, bei hoher Dunkelziffer, werden heute jährlich allein mehr als 100 Millionen Haie in irgendeiner Form verarbeitet. Diesen Aderlaß gerade an großen, fortpflanzungsfähigen Tieren können sie durch Nachwuchs nicht mehr ausgleichen. Über die Fangzahlen an Rochen sagen die Statistiken noch weniger greifbar etwas aus. Abb. 7 zeigt die Rangliste der 20 führenden Fangnationen für Knorpelfische, in der die Volksrepublik China mangels Zahlen fehlt. Bis 1995 lagen die fünf führenden Fangnationen, die allein für etwa die Hälfte der Weltfänge an Knorpelfischen stehen, ausschließlich im indopazifischen Raum; seit 1996 sind sie auf den Indopazifik sowie Nord- und Mittelamerika verteilt.

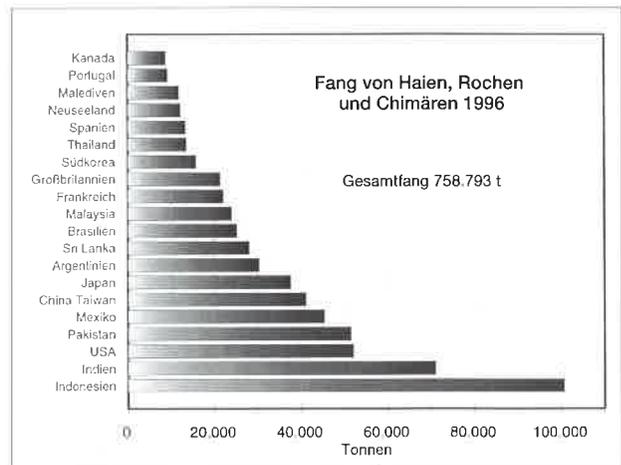


Abb. 7: Anteile der 20 führenden Nationen am gemeldeten Weltfangertrag 1996 von Knorpelfischen nach der FAO-Fischereistatistik.

Die Knorpelfisch-Produktpalette

Die Entwicklung des Knorpelfischfangs zu heutiger Größenordnung verlief anders als beim historischen Walfang. Dessen Produkte sind heute kaum noch gefragt, mit Ausnahme des Fleisches als exotische, teure Delikatesse. Die massive Ausbeutung der Knorpelfische begann gleich auf industriellem Niveau erst vor 20 - 30 Jahren, und der Bedarf ist steigend. Die Produktpalette aus Haie und Rochen ist breit, und das Fleisch für menschliche Ernährung macht dabei den kleinsten Anteil aus (Stehmann, 1995). Und weshalb müssen heute nach unserem Lebensmittelrecht zwar alle Produkte aus Knochenfischen artspezifisch zum Verkauf deklariert werden, nicht jedoch die aus Knorpelfischen, die entweder meist nur als „Haisteaks“ oder unter Phantasienamen wie „Schillerlocken“,



Ab. 8: Beispiele handelsüblicher Haiknorpelpräparate auf dem US-Markt.

„Seeaal“, „Seestör“, „Karbonadenfisch“, „Kalbsfisch“ im Handel angeboten werden?

Squalen-Öl aus Lebern gerade der Tiefenhaie, die von kommerzieller Befischung somit auch nicht mehr verschont bleiben, verwenden die Pharma- und Kosmetikindustrie in großem Umfang. Mit Hai-Lebertran im Zweiten Weltkrieg fing es einmal an. Heute ist weltweit industrielle Verwertung daraus geworden.

Collagen heißt das Zauberwort für zahllose Schönheitscremes, und der beste Rohstoff stammt aus den Knorpelskeletten von Haien und Rochen. Pillen und Pulver aus Haiknorpel florieren als vorgebliche Mittel gegen Krebs und als stärkende „biologische Zusatznahrung“ in allen Industrieländern (Abb. 8) und sind auch in Deutschland auf dem Markt. Für den Rohstoff verarbeitete jahrelang allein ein einziger Betrieb in Costa Rica täglich 200 Haie (Hax, 1996). Inzwischen sind die dortigen Haibestände wie die der mittelamerikanischen Nachbarländer zusammengebrochen, und die Knorpelproduktion mußte nahezu eingestellt werden.

Die Werbung belegte cholesterinarmes Haiffleisch mit vorbeugender Wirkung gegen Gefäßkrankheiten und Arthrose, und der Absatz für Haisteaks boomte in den Industrienationen. Nicht nur an den Küsten Mexikos und mittelamerikanischer Länder finden sich die Skelettfriedhöfe von Hai- und Rochenresten als Ergebnis der Aussicht auf „das schnelle Geld“ (Abb. 9 - 10).

Abb. 9: „Friedhof“ geschlachteter Haie und Rochen an einem mittelamerikanischen Strand.



Exotisches Leder aus Haihaut kommt zunehmend in Mode für teure Schmuckstiefel, Damenhandtaschen und Geldbörsen .

Der traditionellen asiatischen Haiflossensuppe wurde zusätzlich potenzfördernde Wirkung angedichtet, und seitdem sind Haiflossen das ganz große Geschäft geworden. Schon 1991 meldete Hongkong Importe von 5.200 t getrockneter Haiflossen, die etwa 10 Millionen verstümmelter Haie entsprechen. Der Kilopreis für Flossen reicht in Asien bis 400 DM, und 1994 kaufte allein Hongkong für etwa 220 Millionen DM Flossen ein (Stehmann, 1996). Da lohnt Haifang auch in kleinen Mengen! Asiatische Traditionen in Medizin und Wunderglaube machen wie dortiger Bedarf an Nahrung aus dem Meer diese Länder zu Hauptabnehmern.

Haigebisse und -zähne zählen zu beliebten Souvenirs für Touristen (Abb. 11) und Trophäen für Hochseangler. Das Gebiß eines Weißen Hais wird heute zwischen 5.000 und 10.000 US\$ gehandelt. Gebisse von Haien, bunte Schneckenhäuser und Korallen aus Tropengewässern gehören auch zum Standardangebot solcher Läden an unseren Nord- und Ostseeküsten wie überall in der Welt. Und wieviele Touristen kaufen gedankenlos solche Naturandenken, damit sie zu Hause exotische Staubfänger werden!

Alles Übrige von Haien und Rochen nimmt die Tierfutterindustrie für Haustiernahrung und Fischmehlproduktion in beliebiger Menge ab.

Für den zunehmenden Tauchtourismus sind Haie und die riesigen Mantarochen die besonderen Renner, solange genügend von ihnen vorhanden sind. Als reine Naturbeobachtung in kontrolliertem Umfang ein schönes Erlebnis, sogar im Interesse der Fische. Als Sensation inszenierte Haifütterungen durch kommerzielle Tauchbasen sind aber reines Geschäft und ein gefährliches Spiel mit dem Feuer für die Tauchtouristen. Haie werden durch Anfüttern über Wochen konditioniert, um verlässlich wie Zirkustiere vorgeführt werden zu können. Das Ergebnis ist gewiß nicht das propagierte „Naturerlebnis“, sondern reiner Nervenkitzel. Und solche verhaltensgestörten Raubfische werden zudem in ihrem Revier zum Risiko für alle.

Abb. 10: Abfall verarbeiteter Haie an einem Strand.





Abb. 11: Haigebisse und -schmuckzähne in einem Souvenirgeschäft in Phuket, Thailand.

Umwelt und Lebensraum

Die überwiegende Mehrheit der Knochenfischarten setzt für ihre Fortpflanzung Masse und z. T. Brutpflege gegen natürlichen Nachwuchsverlust. Die meisten Arten wachsen und reifen schnell nach Metamorphose aus einem Larvenstadium und produzieren beim Laichakt Tausende bis Millionen Eier, aus denen nach kurzer Entwicklungszeit Larven oder Junge schlüpfen. Knorpelfische haben über Jahrtausende eine gänzlich andere, unter natürlichen Umständen höchst erfolgreiche Fortpflanzungsstrategie entwickelt. Nur wenige, meist große Embryonen werden produziert, die ohne Larvenstadium und Metamorphose als voll entwickelte, allein lebensfähige Jungtiere aus abgelegten Eikapseln schlüpfen oder vom Muttertier geboren werden nach Monaten bis sogar Jahren ihrer Embryonalentwicklung. Grundsätzlich gibt es allerdings bei Knorpelfischen nicht die riesigen, nach Tausenden bis Millionen Exemplaren zählenden Laicherschwärme uns vertrauter Nutzfischarten unter den Knochenfischen. Gefährdet sind die Jungtiere hauptsächlich nur durch größere Vertreter ihrer eigenen oder verwandter Arten im gleichen Gebiet. Menschliche Einflüsse von Umweltfaktoren bis zur Fischerei verkehren heute die erfolgreiche Strategie der Knorpelfische zur Arterhaltung rapide ins Gegenteil und machen sie gerade gegenüber Fischereidruck höchst verwundbar.

Etwa die Hälfte der Haiarten und ca. zwei Drittel der Rochenarten leben im flachen Randbereich der Kontinente im sogenannten Schelfmeer vor allem subtropischer und tropischer Breiten. Dem Risiko ihrer Jungtiere, Kannibalismus durch größere Artgenossen zum Opfer zu fallen, beugen evolutionär entwickelte Verhaltensmuster auch für halbwüchsige und geschlechtsreife Tiere vor. Erwachsene beider Geschlechter halten sich außerhalb der Paarungszeit durchweg in getrennten Weibchen- und Männchenschulen im tieferen Wasser des äußeren Schelfs auf, halbwüchsige Tiere sind in gemischten Beständen über den mittleren Schelf verteilt. Weibchen lebendgebärender Arten suchen nur zur Geburt ihrer Jungen das flache Küstenwasser mit bevorzugt Mangrovenbewuchs auf, wo sie während des Geburtsakts selbst ungefährdet sind und ihre frisch geworfenen Jungen sofort Deckung und Nahrung im Mangrovendickicht finden. Ähnlich wie das Wattenmeer der Nordsee für viele unserer Knochenfischarten sind solche „Kinderstuben“

lebenswichtig für die wenigen jeweils geworfenen Jungtiere wie -rochen der Flachwasserarten, damit ihre natürliche Überlebensrate von ca. 50% nicht artgefährdend reduziert wird.

In welchem rapidem Maße weltweit mit vielfältig negativen Folgen die Mangrovengürtel vernichtet werden und damit ihre Funktionen als Küstenschutz und „biologische Brutstätten“, ist ein offenes Geheimnis. Ob zur Holzgewinnung für zunehmende menschliche Küstenbesiedlung, durch Bebauung mit Hafen-, Industrie- und touristischen Freizeitanlagen, die zudem für umfangreiche Schadstoffeinträge in Küstengewässern sorgen, - die Ursachen sind zahlreich und menschengemacht. Es bedarf keiner zusätzlichen Spezifizierung, wie gefährdet die wenigen, ans Süßwasserleben angepaßten Hai- und Rochenarten vor allem in Flüssen des östlichen Südamerikas, Westafrikas und Südostasiens sind. Lebensraumschutz ist also für die vielen Flachwasserarten der Knorpelfische ein ebenso gewichtiger Punkt wie ihr Schutz vor Überfischung.

Erhaltungsbemühungen

Natur und Umwelt haben einflußreiche internationale Interessenvertretungen. Viele seltene und gefährdete Tiere von Elefanten bis zu Walen verfügen über eine Lobby, deren Bemühungen je nach Sympathiewert der Tiere Verständnis und Unterstützung finden. Die rücksichtslose Ausbeutung von Haien und Rochen hat sich eher in aller Stille vollzogen, und Lobbys für diese teils ungeliebten bis verhaßten Fische hatten seit ihrer Gründung vor 10 - 15 Jahren in den USA und Japan einen schweren Stand gegen Vorurteile. Mitten in erste Erfolge von Informations- und Aufklärungsarbeit der amerikanischen Elasmobranchier-Gesellschaft (AES) platzte der Horrorspielfilm „Der Weiße Hai“ und machte jahrelange Bemühungen zunichte. Man mußte fast von vorne anfangen, aber ein Ergebnis war 1993 als Bundesgesetz der USA die erste massive Fangbeschränkung für Haie vor der US-Ostküste und im Golf von Mexiko, in dem während der 80er Jahre viele Haibestände zugrunde gefischt worden waren. Weitere Elasmobranchier-Gesellschaften in Brasilien und Europa folgten, und langsam dringen Dimension und Dringlichkeit des Themas ins öffentliche Bewußtsein. Eine Studie der Welternährungsorganisation FAO (Bonfil, 1994) über die Weltfischerei auf Haie und Rochen und eine dreijährige TRAFFIC-Studie über den Welthandel mit Knorpelfischprodukten durch die Internationale Naturschutzunion (IUCN) und den Worldwide Fund for Nature (WWF) (Rose, 1996) machten deutlich: dringender Handlungsbedarf ist nicht nur angezeigt, sondern längst überfällig. Mehrere Haiarten standen 1996 erstmals auf der „Roten Liste gefährdeter Tierarten“ der IUCN, und der Vollkonferenz des Washingtoner Artenschutzabkommens (CITES) 1997 sollten erstmals Anträge vorgelegt werden, den Welthandel mit einigen gefährdeten Haiarten und allen Sägerochen zu überwachen bzw. zu verbieten. Auch den Weißen Hai, den Heringshai und einige Riffhaiarten sollten solche Anträge betreffen. Die internationalen Fischereilobbys verhinderten allerdings erneut mit Erfolg schon jede Diskussion und gar Beschlußfassung dieser Anträge.

Auch die „Deutsche Elasmobranchier-Gesellschaft e.V.“ (D. E. G.), mit Sitz am Zoologischen Institut und Zoologischen Museum der Universität Hamburg, stärkt seit Herbst 1995 die Front der Fürsprecher der Knorpelfische und sucht weitere Unterstützung. Ihre Informationsschrift ELASMOSKOP bringt regelmäßig aktuelle Neuigkeiten eines breiten Themenspektrums. Mancher wird trotzdem fragen, was uns dieses Thema in Deutschland denn angehe? Zwar rechnen wir nicht unter die maßgeblichen Fischereinationen für diese Fische, aber Deutschland trägt - meist ohne Wissen der Konsumenten - als eines der führenden Verbraucher- und Touristenländer zum Verbrauch von Knorpelfischen erheblich bei. Als eines der aktiven Länder für Umwelt- und Naturschutz ist Deutschland also auch zum Thema Haie und Rochen sehr wohl gefordert.

Ein aktuelles Beispiel zur Verdeutlichung: viele Verbraucher und regelmäßige Buffet- und Brunchgänger wissen vielleicht nicht einmal, daß sie als „Seeaal“ und geräucherte „Schillerlocken“ Haifischfleisch des Gemeinen Dornhais (*Squalus acanthias*) verzehren. Diese Zubereitungsarten unter „Tarnnamen“ haben lange Tradition gerade in Deutschland, und der Verbrauch ist erheblich und steigend seit vielen Jahren. Nachdem die Dornhaibestände der Nordsee lange überfischt waren, wurde die Rohware seit mehreren Jahren sogar einfuhrsteuerbegünstigt vorwiegend aus amerikanischen und kanadischen Gewässern im Nordwestatlantik und selbst Nordostpazifik in großer Menge importiert. Den dortigen Fischern war's nur recht, schwammen doch riesige Bestände an Dornhai, der in Nordamerika keinen Markt hat, als eher unnützlich und die übrige Fischerei störend vor den Küsten. Nach wenigen Jahren einseitiger Zielfischerei, 1996 allein durch die USA über 27.000 t im Nordwestatlantik, ist heute der dortige Dornhaibestand zusammengebrochen, 1998 amtlich als überfischt erklärt und mit einjähriger Übergangsfrist ein totales Fangverbot gefordert worden. Die Gründe sind einfach, doch zu spät berücksichtigt worden: Weibchen des Dornhais werden größer als die Männchen, und größere Tiere beider Geschlechter halten sich in getrennten Schwärmen, so daß die Fischerei zu 95% einseitig die größeren Weibchen abfischte. Eine Mindestlänge von 80 cm war der Fischerei vorgegeben, doch werden die Weibchen im Alter ab neun Jahren und ab gut 70 cm Gesamtlänge erstmals überhaupt geschlechtsreif. Als Folge wurde die Masse der Weibchen abgefischt, bevor sie sich auch nur ein erstes Mal fortpflanzen konnten. Dornhaiweibchen gebären nach 22 - 24 Monaten Trächtigkeit im Schnitt nur 6 - 8 Junge, können also im günstigsten Falle nur alle zwei Jahre für Nachwuchs sorgen.

Zählt man diese Faktoren biologischer Besonderheiten zusammen, wird schnell klar, daß Hai- und Rochenbestände gezielter Befischung nur wenige Jahre standhalten können, denn langsames Wachstum, sehr späte Geschlechtsreife und extrem niedrige Nachwuchszahlen sind allen ihren Arten gemeinsam. Aus gleichen Gründen dauert die Erholung überfischter Bestände auch unvergleichlich länger als bei Knochenfischarten. Im Nordwestatlantik ist das Fangverbot für die Dauer von zehn Jahren zunächst empfohlen worden.

Ausblick

Es ist „fünf Minuten vor zwölf“ für viele der „Herrscher der Meere“. Aber was geschähe wirklich, würden Haie als auch dem Menschen gefährliche Raubfische und vordergründige Konkurrenten der Fischerei fast oder ganz ausgerottet?

Weit mehr noch als auf dem Lande stehen Nahrungsnetze und Ökosysteme im Meer in einem fein ausgependelten, sehr empfindlichen Gleichgewicht. Büßten Haie als Topräuber, Regulatoren und Gesundheitspolizei solcher Systeme ihre führende Rolle ein, bräche das Gleichgewicht zusammen, schwache und kranke Tiere würden nicht mehr ausgemerzt und ihre weniger überlebensfähigen Erbanlagen sogar durch Fortpflanzung noch weitergeben. Ein entscheidender Faktor natürlicher Selektion würde wegfallen. Eine Kettenreaktion zum Einpendeln eines neuen Gleichgewichts würde ausgelöst. Bisherige Beutefische der Haie würden sich kurzfristig vermehren, bis begrenzte Nahrung ihre vorübergehend größeren Bestände kollabieren ließe. Entsprechendes geschähe weiter abwärts in der Pyramide der Organismen. Als erste bekäme die Fischerei die Folgen zu spüren. Das Stichwort „Biodiversität“, d. h. Erhalt der natürlichen Artenvielfalt und damit genetischen Vielfalt, hat heute berechtigt an Bedeutung gewonnen. Die Pharmaforschung nutzt dieses Naturpotential schon intensiv, und Haie z. B. entwickeln aus natürlicher Immunität kaum Tumore („Krebs“).

Unser Wissen um diese Zusammenhänge und Konsequenzen ist leider noch viel zu begrenzt, um genaue Vorhersagen machen zu können. Andererseits ist das Risiko aber zu unabsehbar für die Ozeane als Lebensmotor und eine der Hauptnahrungsquellen unseres Planeten, daß wir es einfach darauf ankommen lassen könnten. „Vorbeugende Maßnahmen“ sind heute ein berechtigtes Stichwort geworden, um mangelndes Wissen und unzureichende Datenlage nicht länger als Argumente zu Gunsten unregulierter Befischung von Arten und Beständen mißbrauchen zu können.

Danksagung

Ich danke meinem Kollegen Dr. W. W. Kühnhold, der aus der FAO FISHSTAT-Datenbank Zahlen für die Grafiken 6 und 7 selektierte und H. Debelius, der alle übrigen Abbildungen, außer 11, aus seinem IKAN-Unterwasserarchiv zur Verfügung stellte.

Literatur:

- Bonfil, R. (1994): Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Fisheries Technical Paper 341:viii +119 S.
- FAO (1998): Fishery statistics, Capture production, 1996. FAO yearbook, 82: viii + 678 S.
- Hax, D. (1996): Haiknorpel aus Costa Rica. ELASMOSKOP 2/96: 36-37.
- Kühnhold, W. W. (1995): Der verheimlichte Fang von Haien. Inf. Fischwirtsch. Ausl., 45, 6: 189-194.
- Nelson, J. S. (1994): Fishes of the World. John Wiley & Sons, Inc., xvii+600 S. (3. Aufl.)
- Rose, D. A. (1996): An Overview of World Trade in Sharks. TRAFFIC International, 106 S. (Bd. I), 943 S. (Bd. II).
- Stehmann, M. (1995): Gefährdung von Haien und Rochen. Inf. Fischwirtsch. Ausl., 45, 6: 195-197.
- Stehmann, M. (1996): HAI-Season für Haiflossen in Singapur. ELASMOSKOP 2/96: 25.

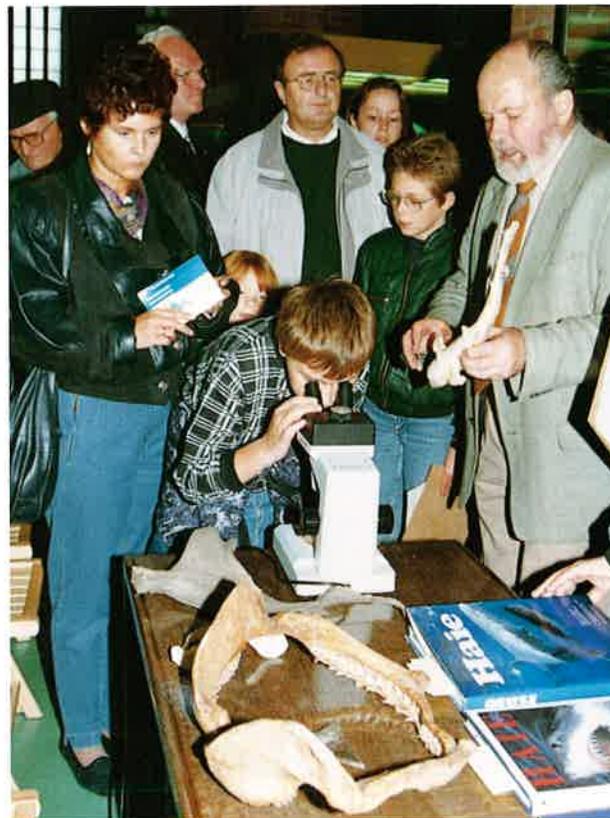
Die „Tage des Meeres 1998“ in Bildern

U. Mascow

Wer in den letzten Jahren das Deutsche Meeresmuseum in den Herbstferien besuchte, erlebte es als ein besonders „lebendiges“ Haus. Hier konnte man im wahrsten Sinne des Wortes begreifen durch Begreifen, mit Wissenschaftlern „fach“simpeln oder auch einfach nur mal Spaß an einem Quiz, einer Bastelei oder ähnlicher Betätigung haben. Grund dafür waren die „Tage des Meeres“, die seit 1995 jedes Jahr eine Woche lang (Montag bis Freitag) fester Bestandteil im Veranstaltungsprogramm des Meeresmuseums sind und sich seither wachsender Beliebtheit erfreuen. Das belegen eindrucksvoll die steigenden Besucherzahlen. Kamen 1995 nur 5.446 Besucher während der „Tage des Meeres“ ins Museum, so waren es 1997 schon 8.034. Der bisherige Rekord wurde 1998 mit 10.471 Besuchern erreicht. Man kann also mit Fug und Recht behaupten, daß die Tage des Meeres 1998 die erfolgreichsten waren. Doch nicht allein die hohe Besucherzahl rechtfertigt diese Aussage, sondern auch die gesamte Atmosphäre im Museum vom 19. bis 23. Oktober vermittelte diesen Eindruck.

1998 waren diese Tage thematisch eingebunden in das Veranstaltungsprogramm des Deutschen Meeresmuseums zum „Internationalen Jahr des Ozeans“ (IYO) und standen unter dem Motto: Wissenswertes und Unterhaltsames rund um das Meer. Ziel der Initiatoren des von der UN-Vollversammlung per Resolution ausgerufenen IYO war es nämlich, nicht nur das Bewußtsein für den Schutz unserer Meeresumwelt zu schärfen und Regierungen zur Wahrnehmung von mehr Verantwortung zu bewegen, sondern auch, Kenntnisse über die Weltmeere und ihre Lebewelt für jedermann zu verbreiten.

Bereits im Frühjahr 1998 wurde das DMM mit dem Symposium „Die Zukunft des Weltmeeres“ diesem Anliegen vor allem für ein Fachpublikum, wie Wissenschaftler, Lehrer und Studenten, gerecht. Die „Tage des Meeres“ hatten dagegen eher einen unterhaltsamen, aber dennoch lehrreichen Charakter, eben mehr geeignet für die breite Öffentlichkeit, wozu in nicht geringem Umfang - namentlich in den Ferien - ja besonders Kinder gehören. Die nachfolgenden Fotos mögen ein wenig von dem Fluidum dieser Woche im Herbst '98 wiedergeben.



Doch es ging an diesem Tag nicht nur um morphologische Besonderheiten der Haie, sondern auch um die Schutzbedürftigkeit dieser Tiere, die immer noch gnadenloser Verfolgung ausgesetzt sind. So ist es jedesmal auch das Ziel bei einem solchen Thema, mit den Vorurteilen über Haie aufzuräumen, also zu vermitteln, daß sie keineswegs blutrünstige Bestien sind, sondern Raubtiere des Meeres, die in ihren Lebensräumen unverzichtbare ökologische Funktionen haben.

Das war auch wichtigstes Anliegen der Abendveranstaltung „Haie - die etwas anderen Fische“, gestaltet von Dr. Michael George (Mitglied der Deutschen Elasmobranchier-Gesellschaft).

Der erste Tag stand unter dem Motto: „Haie, faszinierend und furchterregend - warum?“

Diplom-Biologe Horst Schröder, u. a. Kustos für Fische am DMM, zeigt hier den Besuchern das Besondere der Haie, was sie von anderen Fischen unterscheidet (rechts oben). So konnte man z. B. unterm Mikroskop erkennen, daß die Haihaut nicht von Schuppen bedeckt ist, wie man sie von Knochenfischen kennt, sondern lauter kleine Zähne trägt, die als Placoidschuppen bezeichnet werden.

Beeindruckt zeigt sich das kleine Mädchen von der Größe dieses Haigebisses mit seinen, in mehreren Reihen stehenden spitzen Zähnen (rechts unten).





Unter Anleitung von Museumspädagogin Birgit Kadach versuchten sich Kinder im Modellieren verschiedener Hai-Arten (links oben). Doch auch ein Quiz über Haie, das Abgießen eines fossilen Haizahnes oder das Herausfinden der typischen Haigestalt unter den Modellen anderer Fische und Wale durch Ertasten in einer Black Box gehörten zu weiteren Aktivitäten, die vor allem, aber nicht nur, von Kindern gern angenommen wurden.



„SOS - ein Meer in Not? Ein Tag rund um die Ostsee, ihre Gefährdung und ihren Schutz“ - diese Veranstaltungen am Dienstag organisierte Dipl.-Biologin Ines Podszuck. Neben Mitarbeitern von Institutionen (Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Institut für Ökologie Hiddensee, Geographisches Institut der Universität Greifswald, Internationale Naturschutzakademie Insel Vilm, NP Vorpommersche Boddenlandschaft und NP Jasmund/Rügen), waren auch Vertreter von Umweltorganisationen (WWF, NABU und BUND) mit Informations- und Aktionsständen im Meeresmuseum präsent. Kinder wie Erwachsene konnten sich hier nicht nur fachkompetent über die Besonderheiten der Ostsee oder deren aktuellen „Gesundheitszustand“ informieren, sondern auch selbst aktiv werden: Wasseruntersuchungen vornehmen, Bodentiere aus dem Bodden im Mikroskop beobachten oder in spielerischer Form Wissen über die Ostsee überprüfen und erwerben (links Mitte).



Eine tolle Stimmung herrschte am Nachmittag, als von einer Stralsunder Laienspielgruppe im vollbesetzten Chor der Katharinenhalle das Kindermusical „Ein Alien in der Ostsee“ aufgeführt wurde, bei dem auch die kleinen Zuschauer mit einbezogen waren (links unten).

Ein zehn Meter langer, aufgeblasener „Blauwal“ im Außengelände des Museums ließ schon von weitem erahnen, worum es am dritten Tag ging, nämlich um „Riesen der Meere“, also um die Wale (rechts oben).

Die Ankündigung, daß das Finnwalskelett, sonst hoch oben im Chor der Katharinenhalle hängend, auf Augenhöhe herabgelassen wird, hat viele Besucher angelockt. Berühren war jetzt ausdrücklich erlaubt - ein Erlebnis, das man nicht alle Tage hat. Der zuständige Dipl. Biologe Klaus Harder stand natürlich für alle Fragen über Wale zur Verfügung (rechts Mitte).



„Was ist vom Wal?“ hieß es bei diesem, von Museumspädagogin Ute Mascow betreuten Quiz. Unter 15 Körperteilen verschiedener Meerestiere waren jene herauszufinden, die von einem Wal stammen (rechts unten links). Wer Lust hatte, konnte sich aber auch einen Wal-Anstecker basteln oder eine ganz individuelle Wal-Grußkarte in spezieller Filigrantechnik fertigen. Ein Höhepunkt des Tages war der Abendvortrag des Walexperten von Greenpeace, Dr. Ralph Sonntag. Unter dem Thema „Regenbogenkämpfer im Einsatz für Wale“ berichtete er beeindruckend über die Faszination „Wal“ sowie das tragische Schicksal dieser Meeressäuger, aber auch über teils selbst erlebte, spektakuläre Aktionen von Greenpeace-Mitarbeitern zum Schutz der Wale.



„Unter Wasser“ - Ein Tag rund um das Tauchen und Forschen im Meer. Diese Thematik stand am Donnerstag im Mittelpunkt.

Am Gelingen dieses Tages waren maßgeblich die Forschungstauchergruppe der Universität Rostock und zwei Mitarbeiter vom Landesamt für Bodendenkmalpflege beteiligt. Während die Forschungstaucher Ihren Ausbildungsbetrieb sehr anschaulich vorstellten, hatten die Bodendenkmalpfleger neben Arbeitsgeräten und Informationsmaterial zum Anschauen noch eine besondere Kiste im Gepäck. Diese wurde mit Sand gefüllt und einige archäologisch „wertvolle“ Fundstücke darin versteckt. Die Besucher, vorwiegend natürlich Kinder, konnten selbst ausprobieren, wie das vorsichtige Freilegen (hier mit Hilfe eines Industriestaubsaugers) solcher Objekte funktioniert (oben). Auch die Kartierung anhand eines Rasternetzes wurde dabei geübt.

Was braucht man zum Tauchen und wie macht man das richtig? Am Informationsstand der „Taucherbasis Dänholm“ wurde man hierzu fachmännisch beraten - und nicht nur das! Beispielsweise wie es sich mit einem Schnorchel unter Wasser atmet oder wie eine Preßluftflasche funktioniert und die Luft daraus „schmeckt“ konnte man an Ort und Stelle überprüfen.

Fast authentisch wurde das Taucherlebnis vor allem dadurch, daß sich in dem Becken Original-Meerwasser befand und lebende Krabben über den Boden huschten. Sprudelsteine sorgten dafür, daß nur unter Wasser klare Sicht herrschte. Wem es dann noch gelang, zwischen den Krabben eine Austernschale aufzuspüren und mit hoch zu bringen, durfte diese als Lohn für seinen Mut behalten (unten).



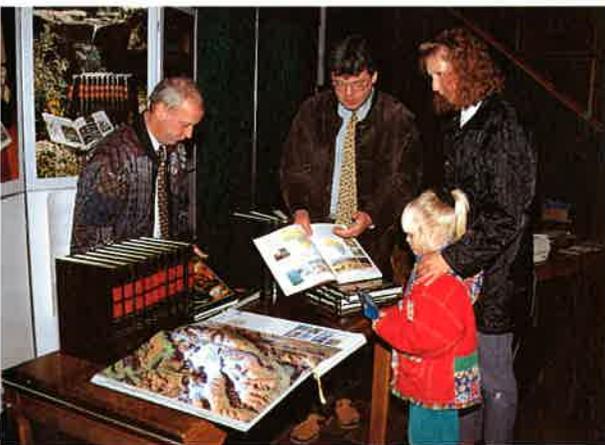


Am letzten Tag ging es um „Fische, die keine sind“, genauer gesagt um Tinten„fische“.

Besonders groß war der Andrang in der Präparationswerkstatt, denn an diesem Tag wurde dort zweimal das Sezieren eines Kalmars demonstriert, kommentiert vom Stellvertretenden Direktor Dr. Dirk Stechmann. Da die Sektion unter einem Stereomikroskop erfolgte, an das eine Videokamera und ein Farbdrucker angeschlossen waren, konnte man sich auch gleich ein gutes Bild vom „Innenleben“ oder einzelnen Organen des Kalmars ausdrucken lassen (links oben). Mit Spannung erwarteten Groß und Klein die pikare Geschichte vom „Kampf der Tiefseegiganten“. Der Wissenschaftsjournalist Frank J. Jochem aus Hamburg, eigens für die Tage des Meeres nach Stralsund gekommen, gab seine Story vom schaurig-schönen Kampf zwischen einem Riesenkalmar und einem Pottwal zum besten. Er selbst war angeblich vor Neufundland in 500 Meter Tiefe Augenzeuge dieses dramatischen Geschehens. Doch am Ende kam der berühmte „Haken“: Es war zu schön, um wahr zu sein, denn noch immer ist es nicht gelungen, ein solches Duell, wie es sich wahrscheinlich täglich im Meer abspielt, zu beobachten, zu filmen oder zu fotografieren - es war halt nur eine Story. Aber schön war's doch!



Und sogar kulinarisch ging es an diesem Freitag zu (links Mitte oben). Denn unter dem Motto „Tintenfische - das ist mehr als Kalamaris“, konnten frisch zubereitete Kalamariringe verkostet werden. Doch wo hat ein lebender Kalmar diese Ringe? Nicht nur das, sondern noch viel mehr Wissenswertes über Kalmare und deren vielarmige Verwandtschaft war vom zuständigen Wissenschaftler, Dr. Götz B. Reinicke, zu erfahren.



Aktionstage leben von Aktionen, d. h. es sollte bei solchen Gelegenheiten möglichst viel zu sehen, zu bestaunen oder zu entdecken geben. So war es auch für die „Tage des Meeres“ eine Bereicherung, daß der Bertelsmann-Verlag u. a. mit einem Informationsstand vertreten war, an der die Besucher per Fax Antworten auf interessante naturwissenschaftliche Fragen abrufen konnten (links Mitte unten).

Täglich gab es eine „Bücherecke“; jeweils auf das Tagesthema abgestimmt, war es möglich, Anregungen für populärwissenschaftliche und auch wissenschaftliche Fachliteratur zu bekommen oder auch einfach nur in den ausgelegten Büchern zu blättern.



Auch die Stralsunder Ortsgruppe der Umweltorganisation Greenpeace ließ es sich nicht nehmen, zum jeweiligen Thema einen Informationsstand zu gestalten und zu betreuen (links unten).

Am Ende der Woche waren sich alle Beteiligten einig: Die „Tage des Meeres 1998“ waren rundum eine gelungene Sache. Es werden große Anstrengungen nötig sein, auch in den folgenden Jahren wieder ein solches Ergebnis zu erreichen oder gar noch zu überbieten.



„Unter Wasser“ - Ein Tag rund um das Tauchen und Forschen im Meer. Diese Thematik stand am Donnerstag im Mittelpunkt.

Am Gelingen dieses Tages waren maßgeblich die Forschungstauchergruppe der Universität Rostock und zwei Mitarbeiter vom Landesamt für Bodendenkmalpflege beteiligt. Während die Forschungstaucher ihren Ausbildungsbetrieb sehr anschaulich vorstellten, hatten die Bodendenkmalpfleger neben Arbeitsgeräten und Informationsmaterial zum Anschauen noch eine besondere Kiste im Gepäck. Diese wurde mit Sand gefüllt und einige archäologisch „wertvolle“ Fundstücke darin versteckt. Die Besucher, vorwiegend natürlich Kinder, konnten selbst ausprobieren, wie das vorsichtige Freilegen (hier mit Hilfe eines Industriestaubsaugers) solcher Objekte funktioniert (oben). Auch die Kartierung anhand eines Rasternetzes wurde dabei geübt.

Was braucht man zum Tauchen und wie macht man das richtig? Am Informationsstand der „Taucherbasis Dänholm“ wurde man hierzu fachmännisch beraten - und nicht nur das! Beispielsweise wie es sich mit einem Schnorchel unter Wasser atmet oder wie eine Preßluftflasche funktioniert und die Luft daraus „schmeckt“ konnte man an Ort und Stelle überprüfen.

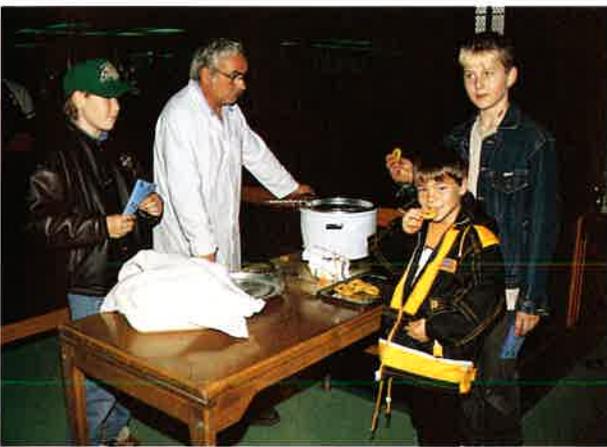
Fast authentisch wurde das Taucherlebnis vor allem dadurch, daß sich in dem Becken Original-Meerwasser befand und lebende Krabben über den Boden huschten. Sprudelsteine sorgten dafür, daß nur unter Wasser klare Sicht herrschte. Wem es dann noch gelang, zwischen den Krabben eine Austernschale aufzuspüren und mit hoch zu bringen, durfte diese als Lohn für seinen Mut behalten (unten).





Am letzten Tag ging es um „Fische, die keine sind“, genauer gesagt um Tinten„fische“.

Besonders groß war der Andrang in der Präparationswerkstatt, denn an diesem Tag wurde dort zweimal das Sezieren eines Kalmars demonstriert, kommentiert vom Stellvertretenden Direktor Dr. Dirk Stechmann. Da die Sektion unter einem Stereomikroskop erfolgte, an das eine Videokamera und ein Farbdrucker angeschlossen waren, konnte man sich auch gleich ein gutes Bild vom „Innenleben“ oder einzelnen Organen des Kalmars ausdrucken lassen (links oben). Mit Spannung erwarteten Groß und Klein die pikante Geschichte vom „Kampf der Tiefseegiganten“. Der Wissenschaftsjournalist Frank J. Jochem aus Hamburg, eigens für die Tage des Meeres nach Stralsund gekommen, gab seine Story vom schaurig-schönen Kampf zwischen einem Riesenkalmar und einem Pottwal zum besten. Er selbst war angeblich vor Neufundland in 500 Meter Tiefe Augenzeuge dieses dramatischen Geschehens. Doch am Ende kam der berühmte „Haken“: Es war zu schön, um wahr zu sein, denn noch immer ist es nicht gelungen, ein solches Duell, wie es sich wahrscheinlich täglich im Meer abspielt, zu beobachten, zu filmen oder zu fotografieren - es war halt nur eine Story. Aber schön war's doch!



Und sogar kulinarisch ging es an diesem Freitag zu (links Mitte oben). Denn unter dem Motto „Tintenfische - das ist mehr als Kalamaris“, konnten frisch zubereitete Kalamarisringe verkostet werden. Doch wo hat ein lebender Kalmar diese Ringe? Nicht nur das, sondern noch viel mehr Wissenswertes über Kalmare und deren vielarmige Verwandtschaft war vom zuständigen Wissenschaftler, Dr. Götz B. Reinicke, zu erfahren.



Aktionstage leben von Aktionen, d. h. es sollte bei solchen Gelegenheiten möglichst viel zu sehen, zu bestaunen oder zu entdecken geben. So war es auch für die „Tage des Meeres“ eine Bereicherung, daß der Bertelsmann-Verlag u. a. mit einem Informationsstand vertreten war, an der die Besucher per Fax Antworten auf interessante naturwissenschaftliche Fragen abrufen konnten (links Mitte unten).

Täglich gab es eine „Bücherecke“; jeweils auf das Tagesthema abgestimmt, war es möglich, Anregungen für populärwissenschaftliche und auch wissenschaftliche Fachliteratur zu bekommen oder auch einfach nur in den ausgelegten Büchern zu blättern.



Auch die Stralsunder Ortsgruppe der Umweltorganisation Greenpeace ließ es sich nicht nehmen, zum jeweiligen Thema einen Informationsstand zu gestalten und zu betreuen (links unten).

Am Ende der Woche waren sich alle Beteiligten einig: Die „Tage des Meeres 1998“ waren rundum eine gelungene Sache. Es werden große Anstrengungen nötig sein, auch in den folgenden Jahren wieder ein solches Ergebnis zu erreichen oder gar noch zu überbieten.

Das „International Year of the Ocean 1998“ (IYO) im Deutschen Meeresmuseum

D.-H. Stechmann

Das IYO 98

Im Dezember 1994, vier Jahre nach der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro, beschloß die Vollversammlung der UN, das Jahr 1998 zum „Internationalen Jahr des Ozeans (IYO 98)“ auszurufen. Die sogenannte Rio-Konferenz 1990 hatte vorrangig die globalen Umweltprobleme der Kontinente der Erde behandelt. Nach dieser international bislang bedeutendsten Umwelt-Konferenz wurden vor allem die Begriffe „Agenda 21“, „Biologische Vielfalt“ und „Nachhaltige Entwicklung“ in eine breite Öffentlichkeit getragen.

Der Schutz des Weltmeeres, des größten Ökosystems der Erde, wurde auf der Rio-Konferenz allerdings nur marginal behandelt (vgl. Künitzer, 1996). Die Rio-Konferenz konnte deshalb der globalen Bedeutung des Weltmeeres, vor allem bezüglich der Bewertung der anthropogen bedingten Veränderungen des Klimas, der Bewirtschaftung von Küstenzonen und der Nutzung geologischer sowie lebender Meeresressourcen nicht hinreichend gerecht werden.

Der Beschluß der UN, 1998 als „Internationales Jahr des Ozeans“ auszurufen, war also mehr als gerechtfertigt. Das IYO 98 hat allerdings einen wesentlich geringeren politischen Rang als die Rio-Konferenz, da keine verbindlichen Aktionsprogramme erarbeitet und beschlossen werden sollten. Das IYO 98 ist vielmehr als eine dezentral organisierte, internationale Kampagne zur Umweltbildung anzusehen.

Die deutschen Beiträge zum IYO 98 wurden vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) in Hamburg seit Juli 1997 zusammengestellt und begleitet (Kohnke, 1997). Besonders beachtete Großereignisse waren der deutsche Beitrag zur Expo 98 in Lissabon, eine Reihe von themenbezogenen Ausstellungen und Konferenzen (Bonn, Bremen, Hamburg, Rostock) und die Veranstaltungen des Deutschen Meeresmuseums (DMM) in Stralsund (Ehlers, 1999).

Das DMM als größte deutsche, rein meereskundlich ausgerichtete Bildungseinrichtung organisierte zum IYO 98 ein ganzjähriges Veranstaltungsprogramm, welches als Projekt von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert wurde. Ziel dieses Berichtes ist es, einen Überblick über die Aktivitäten des DMM zum IYO 98 und über die dabei erzielten Ergebnisse zu geben.

Das Projekt „Die Zukunft des Weltmeeres“

Nach einer Beiratssitzung des DMM machte uns das Ehrenmitglied des Beirates, Prof. Dr. Gotthilf Hempel, den Vorschlag, das 4. Podiumsgespräch des DMM (alljährliche Vortragsveranstaltung über wissenschaftlich aktuelle Themen) auf die Rolle des Weltmeeres für die Zukunft der Menschheit zu beziehen. Beiratsmitglied Gerd Wegner (Bundesforschungsanstalt für Fi-

scherei, Hamburg) stellte ebenfalls sofort Kontakte zu Prof. Dr. Kohnke (BSH) her, und nach ersten Absprachen begann das DMM, ein möglichst umfassendes und alle Besuchergruppen erreichendes Jahresprogramm zu erarbeiten.

Fast alle von Herrn Professor Hempel anvisierten Referenten sagten ihre Teilnahme an einer Konferenz unter dem Motto „Die Zukunft des Weltmeeres“ vom 16. - 18. April 1998 in Stralsund zu. Ende Oktober 1997 stand fest, daß eine Realisierung der Veranstaltung möglich war. Es fehlten - wie so oft - lediglich die Mittel für die Übernahme der Reisekosten von ausgewählten Gästen und Referenten sowie für eine angemessene Öffentlichkeitsarbeit, um einer Veranstaltung von inhaltlich so besonderem Rang in einer Nicht-Universitätsstadt das erwünschte Publikum zuzuführen.

Daher stellte das DMM am 5. 12. 1997 einen Projektantrag an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück. Ziel des Projektes war es, das erfolgreiche DMM als ein Forum zur Kommunikation zwischen Wissenschaftlern und Multiplikatoren über die vorpommersche Region und die Hauptbesucher aus den neuen Bundesländern hinaus bekannt zu machen und seine Bildungsziele zu fördern. Die Schirmherrschaft über die Veranstaltungen übernahm am 19. 3. 1998 die damalige Bundesumweltministerin, Frau Dr. Angela Merkel. Das Projekt wurde am 23. 3. 1998 bewilligt und dann umgesetzt.

Die Kommunikationsstrategie des Projektes umfaßte eine Reihe von Veranstaltungen, die sich speziell dem IYO 98 widmeten. Die Komponenten waren folgende:

- Attraktive Sonderausstellungen werben für heimischen und überseeischen Meeresnaturschutz;
- Spezialführungen an jedem Sonntag;
- im Winterhalbjahr widmen sich die monatlichen Familiensonntage den Themen des IYO 98;
- im April findet eine große Vortragsveranstaltung zum Thema „Die Zukunft des Weltmeeres“ statt, zu der führende Wissenschaftler aus den Fachgebieten Meereskunde, Meeresbiologie, Wirtschaft und Internationales Recht eine globale Zustandsübersicht geben;
- als Gäste werden Mitarbeiter aller deutschen Facheinrichtungen zur Meereskunde und zum maritimen Natur- und Umweltschutz eingeladen, ebenso Teilnehmer aus mehreren osteuropäischen Ländern;
- im Oktober (Herbstferien) finden die „Tage des Meeres“ statt, wobei als Zielgruppe besonders Kinder und Jugendliche erreicht werden sollen;
- die Veranstaltungen werden mit einem umfangreichen Werbepaket (Plakatwerbung, Faltblattwerbung, Deutsche Bahn, Medien, Internet) angekündigt und begleitet;
- aktuelle Informationen werden auf einer neu eingerichteten Homepage unter <http://www.meeresmuseum.de> angeboten;

- die Referate der Vortragsveranstaltung werden 1999 in Band 15 unserer Schriftenreihe „MEER UND MUSEUM“ veröffentlicht;
- die Erfolgskontrolle erfolgt durch Besucherstatistiken und Besucherbefragungen in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Stralsund.

Ergebnisse und Bilanz

Am Anfang stand das Logo. Der bekannte Plakatkünstler Feliks Büttner aus Rostock, der schon seit über 20 Jahren besondere Plakate für das Meeresmuseum entworfen hat, setzte wieder ein beachtliches Signal. Dieses Symbol (Seite 2) verwendeten wir auf mehreren großen Transparenten sowie auf Fahnen in Stralsund. 2.000 Plakate wurden gedruckt und in drei Zyklen entlang der vorpommerschen Küste geklebt (Fischland-Darß-Zingst, Rügen, Usedom, Rostock, Stralsund, Greifswald). 30.000 Veranstaltungsprogramme zierte das Motiv, ebenso 400.000 Eintrittskarten des Museums. Auch auf der Homepage wurde es mehrfach verwendet; von April - Dezember 1998 wurden insgesamt 10.934 Benutzer dieses Informationsangebotes automatisch registriert.

Zu der Tagung „Die Zukunft des Weltmeeres“ hatte das Museum 400 Personen eingeladen. Zu den Vorträgen im Löwen'schen Saal des historischen Rathauses der Hansestadt Stralsund waren 174 Teilnehmer erschienen (folgende Abbildung).



Das in dieser Zeit im Stralsunder Hafen liegende Forschungsschiff „Alexander von Humboldt“ des Institutes für Ostseeforschung Warnemünde, welches seine Route zu einer Expedition von Rostock-Warnemünde in das Arkona-Becken der Ostsee für einen Tag unterbrochen hatte und zum „open ship“ einlud, konnte mit etwa 600 Personen den höchsten Besucherstrom seit mehr als 20 Jahren registrieren.

Die parallel zu der Vortragsveranstaltung durchgeführten Programme im Museum selbst waren ebenfalls überdurchschnittlich gut besucht. Besonders erwähnenswert ist, daß der Vortragsraum am Abend des 17. 4. total überfüllt war, als Prof. Dr. Hans Fricke, Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie Seewiesen, zwei bemerkenswerte Filme über seine Quastenflosser- und Aalforschungen vorführte.

Am 18. 4. fand mit 30 Teilnehmern der Tagung eine Busexkursion zu den wertvollsten Schutzgebieten der Insel Rügen statt, wobei der Besuch der Stubnitz mit ihren Kreidefelsen den Höhepunkt bildete.

Im Museum wurden vom 16. - 18. 4. 15 Führungen mit 1.095 Teilnehmern, 22 Vorträge mit 1.784 Teilnehmern sowie 21 museumspädagogische Veranstaltungen mit 1.069 Teilnehmern durchgeführt. Insgesamt hatte das Museum im Monat April 30.142 zahlende Besucher.

Sehr erfreulich war auch die Resonanz auf die zweite Großveranstaltung im Rahmen des IYO 98, die „Tage des Meeres“ vom 19. - 23. 10. 1998, über welche die Leiterin der Sektion Museumspädagogik des DMM, Frau Ute Maschow, gesondert berichtet. Gegenüber den Vorjahren konnte die Besucherzahl während der „Tage des Meeres“ weiter gesteigert werden, wie folgende Tabelle zeigt.

Jahr	Besucher
1995	5.446
1996	4.589
1997	8.034
1998	10.471

Abschließend wird ein Überblick über die noch nicht gesondert erwähnten Programmteile und über einige Ergebnisse der Besucherbefragung im August 1998 gegeben.

Der dauerhaft eingerichtete Besucherbereich des Museums umfaßt derzeit ca. 6.500 m² und beinhaltet etwa 125 Großvitrinen, Dioramen und Großexponate sowie 45 marine Aquarien. Zum IYO 98 wurde dieses Dauerangebot durch folgende Sonderausstellungen ergänzt:

- Das lebende Riff: Zum 70. Geburtstag von Prof. Dr. D. Kühlmann;
- Schweinswale in Not - schützt die heimischen Wale;
- An der Mündung der Elbe: Das Natureum Niederelbe;
- Korallengärten - bedrohte Naturschönheit;
- Präsentation über das IYO 98 im DMM als Sonderausstellung im Naturmuseet Malmö von Mai - August 1998.

Unter dem Motto IYO 98 fanden folgende museumspädagogische Familiensonntage und Ferienveranstaltungen statt:

- 2. - 11. 2.: Winterferienspaß;
- 22. 2.: Familiensonntag: 1998 - Internationales Jahr des Ozeans;
- 29. 3.: Familiensonntag: Der Hering;
- 26. 4.: Familiensonntag: Quastenflosser - ein lebendes Fossil;
- 13. 7. - 14. 8.: Ferienveranstaltungen;
- 19. 10. - 23. 10.: Tage des Meeres zum IYO 98;
- 8. 11.: Familiensonntag: Störe;
- 6. 12.: Familiensonntag: Abschluß des IYO.

Die Sonntagsführungen, veranstaltet von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des DMM sowie auch von kompetenten Kollegen aus dem Verein der Freunde

und Förderer des Meeresmuseums Stralsund e.V. (VFFM), widmeten sich folgenden Themen:

- 26. 2.: Biologischer Pflanzenschutz auf Inseln in der Südsee;
- 8. 3.: Leben und Werk von Prof. H. Burmeister;
- 17. 3.: Die Ostsee-Inseln Öland und Gotland;
- 22. 3.: Silbermöwen;
- 5. 4.: Meeresschildkröten;
- 19. 4.: Einblicke in die Tierpräparation;
- 3. 5.: Wale - schwerer als 30 Elefanten, ein Programm für Kinder;
- 6. 5.: Übergabe des restaurierten 17-m-Kutters „Adolf Reichwein“;
- 10.5.: Die Ostsee - das Meer vor der Haustür;
- 17. 5.: Muscheln und Schnecken der Meere;
- 24. 5.: Die Vogelwelt unserer Ostseeküste;
- 14. 6.: Korallen - Blumentiere in Gefahr;
- 28. 6.: Naturschutz an der Ostseeküste;
- 13. 9.: Aus der Präparationswerkstatt des DMM;
- 20. 9.: Sepias, Kraken und Kalmare;
- 27. 9.: Robben an der Nord- und Ostseeküste;
- 4. 10.: Wegweiser auf Wasserstraßen;
- 11. 10.: Warum stranden Wale?
- 25. 10.: El Niño - was ist das?
- 1. 11.: Dem Weltmeer auf den Grund geschaut;
- 15. 11.: Pinguine in der Antarktis und Lummern auf dem Vogelfelsen Helgoland;
- 19. 11.: Was wäre wenn - Gefahr und Bekämpfung von Ölhavarien in der Ostsee;
- 22. 11.: Wie ein Museumstier entsteht;
- 29. 11.: Die Nordsee und das Wattenmeer;
- 13. 12.: Internationaler Ostseeschutz.

Was die Gesamtzahl der Besucher des DMM betrifft, wurde 1998 ein Höchststand seit der Wiedervereinigung mit insgesamt 629.401 Besuchern erreicht, also ein Anstieg gegenüber dem Vorjahr von fast 100.000 Gästen (entsprechend 18,8%). Damit lag 1998 der Besucherzuwachs im DMM deutlich über dem touristischen Landestrend. Nach Angaben des Statistischen Landesamtes (Ostsee-Zeitung 1999) wurde der größte Zuwachs bei Übernachtungen mit 17,4% in der Region Rügen und Hiddensee erzielt, dem Zentrum der nahen Besucherquellen für das Museum. Demgegenüber lag der Zuwachs in Vorpommern bei 15,9% und entlang der mecklenburgischen Küste bei 12%.

Unsere Besucherbefragungen dienen der Überprüfung der Wirkungen unserer Angebote auf die Besucher, zum Erkennen von Stärken und Schwächen des Museums und zur Formulierung von Arbeitszielen für die weitere Entwicklung des Hauses. Die Befragungen erfolgten durch persönliche, ca. 1/2 - 1 Stunde dauernde Erörterung der Fragen, wobei auch die Möglichkeit gesucht wurde, die Aussagen differenziert auszuführen und im Protokoll zu erfassen.

In der Hauptsaison (Monat August) führten Studierende der Fachhochschule Stralsund, Fachbereich Wirtschaft, an ausgewählten Besuchergruppen Befragungen durch (Auerbach et al., 1997). Befragt wurden in den Jahren 1997 und 1998 jeweils mindestens 250 Kleingruppen (Familien mit Kindern), so daß sich ein Stichprobenumfang von $n > 500 < 1000$ ergibt. Größere Exaktheit wurde nicht angestrebt, da auch

die verbale Beteiligung dem Alter der Befragten entsprechend unterschiedlich war.

Demographische Hauptgruppen sind Besucher zwischen 25 - 39 Jahren (1997: 35%; 1998: 40,6%) und zwischen 15 - 24 Jahren (1997: 26%; 1998: 24,4%). Der größte Teil der Besucher kam aus anderen Bundesländern (1997: 69%; 1998: 91%) und nicht aus Mecklenburg-Vorpommern. Die wichtigsten Quellgebiete liegen in den neuen Bundesländern (vor allem Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen), Gäste aus diesen Ländern machten in beiden Jahren jeweils über 40% der Besucher in der Befragungsperiode aus.

Die Wirkung der neu eingeführten Kommunikationskonzepte (umfangreiches Jahresprogramm, Transparent- und Plakatwerbung, Internet) ließ sich nicht direkt quantifizieren, da 1998 lediglich 3,5% der Befragten primär durch diese Maßnahmen auf das Museum aufmerksam geworden sind. Der Anteil der Erstbesucher lag 1998 aber wesentlich höher (60,1%) als 1997 (48,8%). In beiden Jahren wurde das Museum vorwiegend wegen positiver Erfahrungen bei einem früheren Besuch aufgesucht (1997: 27%; 1998: 36,6%). Ebenso bedeutend war die positive Mund-zu-Mund-Propaganda durch Bekannte/Verwandte/Freunde (1997: 37,8%; 1998: 36,6%).

Vor allem bezüglich der Erreichung neuer Besucherkreise scheint der Einsatz neuer Angebote aber dennoch von besonderer Bedeutung zu sein, wie folgender Vergleich zwischen Erst- und Wiederholungsbesuchern 1998 verdeutlicht. Auf die Frage: „Wie sind Sie auf das Meeresmuseum aufmerksam geworden?“ (bitte nur ein Kreuz) wurde wie folgt geantwortet:

Antwort	Erstbesucher (%)	Wiederholungsbesucher (%)
durch Bekannte	49,5	14,8
Zeitung	1,7	0
Stralsund-Prospekte	20,2	3,7
Stralsund-Information	2,5	0
Radio, Fernsehen	3,4	1,2
Aufsteller, Wegweiser	3,4	0
Reiseführer (Bücher)	3,4	0
Museumsprospekte	5,9	0
Hörsagen	10,0	80,3

Literatur:

- Auerbach, H., S. Rattmann, I. Hinz, A. Grueter & D. Glasow (1997): Attraktivitätsuntersuchung und Strategieempfehlungen für das Deutsche Museum für Meereskunde und Fischerei, Stralsund. Präsentation der Ergebnisse einer Besucherbefragung vom 13.11.1997, 40 Seiten (unveröffentlicht).
- Ehlers, P. (1999): Das Internationale Jahr des Ozeans - Ein Beitrag zur Stärkung des maritimen Bewußtseins. - Pressemitteilung des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie vom 15.01.1999, 8 Seiten.
- Kohnke, D. (1997): 1998 - Internationales Jahr des Ozeans (IYO 98). DGM-Mitteilungen 4/1997: 31-32.
- Künitzer, A. (1996): Agenda 21, Kapitel 17 „Schutz der Ozeane“ - Umsetzung durch die Bundesregierung. DGM-Mitteilungen 4/1996: 9-15.
- Ostsee-Zeitung (23.2.1999): Rügen und Hiddensee mit größtem Tourismus-Zuwachs.



Abb. 1: Der von einem Schlepper gezogene Seeponton mit dem Unterwasserlabor „Helgoland“ bei der Einfahrt in den Stralsund vor Stralsund (4. November 1998).

Das Unterwasserlabor „Helgoland“ - ein neues Spitzenexponat im Deutschen Meeresmuseum

R. Reinicke

Im Herbst 1998 erhielt das Deutsche Meeresmuseum das bisher schergewichtigste Exponat für seine Ausstellungen: das legendäre deutsche Unterwasserlabor „Helgoland“. Mit der Übernahme des UWL als Geschenk des GKSS Forschungszentrums Geesthacht durch das Meeresmuseum hat dieses 14 Meter lange, sieben Meter breite, ebenso hohe und 86 Tonnen schwere ausgediente Tauchgerät auf dem Gelände der neuen Außenstelle des DMM, dem NAUTINE-UM Dänholm, einen würdigen Platz gefunden. Ein imposantes Zeugnis deutscher meerestechnischer Ingenieurkunst ist damit zum Museumsobjekt geworden und soll auf Dauer bewahrt werden.

Entwickelt und gefertigt wurde das UWL „Helgoland“ 1968 von der Dräger Werke AG in Lübeck. Auftraggeber für diesen Bau war die Biologische Anstalt Helgoland (BAH), an die das Gerät damals nach nur sechsmonatiger Bauzeit bei ca. 1 Mio DM Baukosten übergeben werden konnte.

Die Hintergründe für den Bau dieses Unterwasserlabors sind im Zusammenhang mit dem Boom des Marktes für Unterwasserlabors in den sechziger Jahren zu sehen. Weltweit waren damals bereits über 60 derartige Geräte im Einsatz, jedoch fast ausnahmslos

in wärmeren Klimazonen. Das UWL „Helgoland“ war das erste für den Kaltwasserbereich konzipierte Labor, welches in den folgenden Jahren den Meeresbiologen, Ozeanographen und Meerestechnikern als Aufenthaltsort und Forschungslabor unter Wasser in den Gewässern von Nord- und Ostsee sowie vor der Ostküste der USA diente.

Der Mensch kann sich unter Wasser auch mit entsprechender Ausrüstung nur relativ kurz aufhalten. Insbesondere bei längeren Tauchgängen in größere Wassertiefen müssen lange Dekompressionszeiten eingehalten werden, um beim Auftauchen gesundheitliche Schäden zu vermeiden. Das Unterwasserlabor ermöglicht dagegen den mehrwöchigen Aufenthalt unter Wasser. Die Wissenschaftler und Techniker leben und arbeiten in dem Labor und kehren nach ihren Tauchgängen stets wieder in das Unterwasserlabor zurück. Erst am Ende ihres Aufenthaltes können sie in dem Labor selbst dekomprimiert werden und anschließend gefahrlos auftauchen.

Das UWL „Helgoland“ war in den sechziger Jahren von seiner Konzeption her einmalig. Zu dem Gesamtsystem gehörte u. a. eine unbemannt arbeitende 13 Meter hohe Versorgungsboje, welche mit einer „Na-

belschnur“ mit dem UWL verbunden war. Dieseldiesgeneratoren versorgten das UWL mit Strom, Kompressoren sorgten für die nötige Luftzufuhr, und auch die Kommunikation mit den Tauchern und den Wissenschaftlern wurde über diese Verbindung abgewickelt. Auf dem Meeresboden, in der Nähe des abgesenkten Unterwasserlabors, befanden sich Rettungskammern, die im Notfall der vierköpfigen Besatzung Schutz boten oder sie sicher an die Oberfläche hätten bringen können. Transferkammern, die von einem Versorgungsschiff aus abgesenkt wurden, trugen ebenfalls zum sicheren Austausch der Mannschaft und der Wissenschaftler bei.

Unterteilt war das UWL in drei druckdicht voneinander zu verschließende Abteilungen: dem Naßraum, von dem aus die Taucher ihre Unterwassereinsätze starteten und in dem die Wissenschaftler Untersuchungen an denen von ihnen gesammelten Proben und anderen Materialien durchführen konnten, dem Hauptraum mit Küche, Sanitär und Schaltwarte und dem Aufenthaltsbereich, der auch zugleich Dekompressionskammer war. Geräte und Verpflegung erhielten die Mannschaft vom Versorgungsschiff aus über eine spezielle Transporteinrichtung, die den Einsatz von Tauchern für diesen Zweck überflüssig machte.

Anfang der siebziger Jahre wurde das UWL „Helgoland“ vom GKSS-Forschungszentrum übernommen, und in zunehmendem Maße wurden neben anderen wissenschaftlichen Arbeiten technische Unterwasserarbeiten durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt begannen die intensiven Erdöl- und Erdgasförderungen in der Nordsee, und es bestand weltweit ein Bedarf an qualifizierten Unterwasserarbeitstechniken für den Bau und Betrieb derartiger Anlagen. Da sich das UWL aber schließlich als ein nicht weiter zu beschreitender Entwicklungsweg erwies, wurde es 1982 stillgelegt. Seit dieser Zeit stand das UWL „Helgoland“ auf dem Gelände der GKSS. Nachdem das Gerät bereits vorher anderen Institutionen angeboten worden war, erhielt das Deutsche Meeresmuseum im April 1998 vom GKSS Forschungszentrum die Offerte für eine kostenlose Übernahme. Problematisch allerdings war der Transport, an dessen Logistik und Finanzierung die anderen Interessenten gescheitert waren.

Nach umfangreichen Bemühungen um eine optimale Abwicklung des Transportes und um die Absicherung der Finanzierung erhielt das DMM ein vergleichsweise kostengünstiges Angebot der Schwerlast-Transportfirma Atollo Maximum (Schwerin/Hamburg), das UWL en block nach Stralsund zu bringen. Gleichzeitig signalisierten die Sparkasse Stralsund und die Ostdeutsche Sparkassenstiftung in Mecklenburg-Vorpommern ihre Bereitschaft, gemeinsam dem Ersuchen des Meeresmuseums um Sponsoring des UWL-Transportes zu entsprechen.

In einer aufwendigen Aktion wurde das überdimensionale Objekt am 16. Oktober 1998 zunächst per Tieflader auf der Straße zum Hafen Geesthacht transportiert und dort auf einen Seeponton verladen. Daran schloß sich ein mehrtägiger Seetransport mittels Schleppverband über die Elbe, durch den Nordostseekanal und entlang der Ostseeküste bis nach Stral-

sund an, der sich durch fortwährendes Schlechtwetter fast dramatisch gestaltete. Am 4. November 1998 konnte das UWL schließlich auf seinen vorgesehenen Platz im NAUTINEUM Dänholm gestellt werden.

Als Spitzenexponat dieser ab 1. Juni 1999 für den Besucherverkehr geöffneten neuen Außenstelle des Museums wird es künftig nicht nur einer sorgfältigen Restauration unterzogen, sondern auch den Besuchern zugänglich sein. Gleichzeitig erfolgt die Einrichtung eines Archives, in dem alle Dokumente zum UWL „Helgoland“ gesammelt werden. Für die optimale Präsentation und Dokumentation erhält das DMM die fachliche Hilfe zahlreicher Akteure, die an Konstruktion, Bau und Einsatz dieses Großgerätes beteiligt waren. Etwa 25 ehemalige „UWL-Pioniere“ - vom Chefkonstrukteur bis zum Einsatzleiter - trafen sich auf Einladung des Deutschen Meeresmuseums am 4./5. März 1999 zum einem Kolloquium in Stralsund. Mit ihrer Hilfe sollen nun alle Aktivitäten optimiert werden.

Mit dem NAUTINEUM Dänholm - Außenstelle für Fischerei, Meeresforschung, Hydrographie und Seewasserstraßen - und dem dort als Spitzenexponat



Abb. 2: Verladung des 86 Tonnen schweren UWL im GKSS Forschungszentrum Geesthacht auf einen Tieflader.

ausgestellten UWL „Helgoland“ besitzt das Deutsche Meeresmuseum nunmehr eine weitere, äußerst publikumswirksame Attraktion, die in den nächsten Jahren weiter ausgebaut werden soll.



Abb. 4: Nach dem Seetransport wird das UWL „Helgoland“ am späten Abend des 4. November 1998 per Kran auf seinen neuen Standort im NAUTINEUM Dänholm gesetzt.



Abb. 4: Das UWL an seinem neuen Standort im NAUTINEUM Dänholm (Dezember 1998).

Das Jahr 1998 der Stiftung Deutsches Meeresmuseum

H. Benke

Für die Stiftung Deutsches Meeresmuseum (DMM) war 1998 wieder ein erfolgreiches Jahr. Wie in den Geleitworten schon erwähnt und in den Artikeln in diesem Band ausführlich behandelt, war 1998 von den Vereinten Nationen zum „Internationalen Jahr des Ozeans“ (IYO) deklariert worden. Für das Meeresmuseum war es damit selbstverständlich, in diesem Jahr besonders aktiv zu sein. Der Erfolg dieser Aktivitäten läßt sich u. a. daran messen, daß mit 629.401 Besuchern ein neuer Besucherrekord seit der Wiedervereinigung zu verzeichnen war. Damit ist das Meeresmuseum weiterhin das am meisten besuchte Museum Norddeutschlands.

Das schon vor 1989 sehr bekannte naturwissenschaftliche „Museum für Meereskunde und Fischerei“ der ehemaligen DDR, das Meeresmuseum Stralsund, wurde nach der Wende aufgrund seiner internationalen Bedeutung weiter ausgebaut. Es übernahm nunmehr im wiedervereinigten Deutschland neue gesamtstaatliche Aufgaben und wurde deshalb 1994 in die „Stiftung Deutsches Museum für Meereskunde und Fischerei“ umgewandelt. Da später das Deutsche Museum in München gegen die Mitverwendung seines geschützten Namens rechtlich Einspruch erhob, wurde eine nochmalige Umbenennung notwendig. Mit der im IYO, also 1998, erfolgten Namensänderung in „Deutsches Meeresmuseum. Museum für Meereskunde und Fischerei • Aquarium“ war gleichzeitig eine Satzungsänderung verbunden. Danach wird die Stiftung künftig noch stärker Aufgaben von gesamtstaatlicher und internationaler Relevanz wahrnehmen. Der Bildungsauftrag des Museums, die Sensibilisierung der Bevölkerung für die nachhaltige Nutzung und den Schutz der Ozeane mit museumsspezifischen Methoden zu stärken, gewinnt dadurch weiter an Bedeutung.

Ein Schritt in diese Richtung und gleichzeitig die bedeutendste Veranstaltung im Berichtsjahr war das Symposium „Die Zukunft des Weltmeeres“ vom 16. - 18. 4. 1998. Die in ihren Fachgebieten renommiertesten Wissenschaftler konnten hierfür gewonnen werden. Die Beiträge sind Inhalt dieses Bandes. Die Schirmherrschaft über die Veranstaltung übernahm die damalige Bundesumweltministerin, Frau Dr. Angela Merkel, die selbst das Einführungsreferat hielt.

Neben den gewachsenen Aufgaben der Stiftung wurden auch die Weichen für eine zukünftige Erweiterung der Ausstellungs- und Sammlungsmöglichkeiten gestellt. Ende des Jahres 1998 wurde begonnen, auf dem Gelände des alten Tonnenhofes auf der Insel Dänholm im Strelasund zwischen Stralsund und Rügen die neue Außenstelle „NAUTINEUM Dänholm Stralsund“ (NDS) einzurichten. Auf dem 23 Hektar großen Gelände entsteht ein Ausstellungszentrum für Fischerei, Meeresforschung, Hydrographie und Seewasserstraßen. Weiterhin konnte damit zusätzlicher Raum für Sammlungen von Großobjekten wie Fische-

reiboote, Großgeräte aus der Fischerei und Meeresforschung sowie große biologische Objekte (z. B. Skelette von Großwalen) geschaffen werden. Dies ist besonders unter dem Gesichtspunkt wichtig, da das DMM bereits Konzepte für eine umfangreiche Erweiterung in der Altstadt von Stralsund erarbeitet hat und nunmehr schon Exponate für die zukünftigen Ausstellungen sammeln und zwischenlagern kann.

Ein bedeutendes Großobjekt der Deutschen Meeresforschung traf bereits am 4. 9. 1999 auf dem Gelände des zukünftigen NDS ein. Das DMM erhielt von dem GKSS Forschungszentrum in Geesthacht das 80 Tonnen schwere, 14 Meter lange und 6,50 Meter hohe und ebenso breite Unterwasserlabor „Helgoland“ (UWL) geschenkt. Dieses Gerät stellt ein für die Geschichte der Meeresforschung der Bundesrepublik Deutschland einmaliges Großobjekt dar. Daher sieht es das DMM als gesellschaftliche Pflicht an, dieses Gerät zu bewahren, zu restaurieren und für Besucher zugänglich zu machen. Das UWL wurde unzerlegt, als ein Stück, unter großem Medieninteresse von Geesthacht nach Stralsund transportiert. Der aufwendige Transport war nur möglich, weil dankenswerterweise die Ostdeutsche Sparkassenstiftung und die Stadt- und Kreissparkasse Stralsund die hohen Transportkosten übernahmen (s. Beitrag R. Reinicke).

Wichtige Bau- und Werterhaltungsmaßnahmen

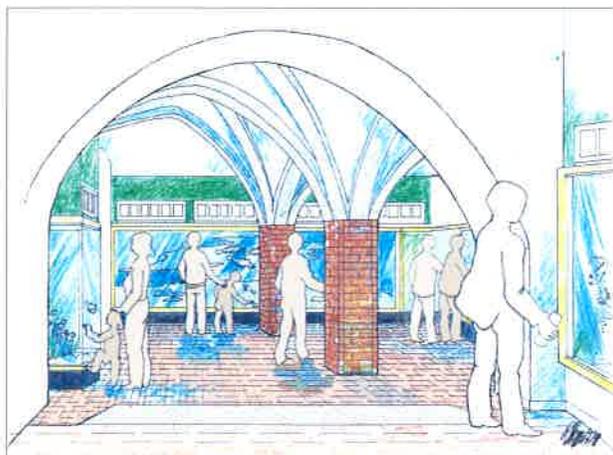
Im Stammhaus war auch 1998, wie schon im Vorjahr, die Sanierung des Daches und der Fassaden der Katharinenhalle die aufwendigste Großmaßnahme. In der ersten Phase (1997) war der gesamte Südteil sowie der Chor saniert worden. Im Jahr 1998 konnte nun mit der Rekonstruktion des Nordteils diese umfangreiche Maßnahme abgeschlossen werden. Trotz der Großbaustellen auf dem Nordhof, am Besuchereingang

Dr. H. Benke (rechts) zeigte dem damaligen Bundesinnenminister Dr. M. Kanther (Mitte) und Oberbürgermeister H. Lastovka, welche Fortschritte beim Ausbau des DMM durch die Unterstützung des Bundes erreicht wurden.



zum Museum und im Magazinbereich über dem Gewölbe konnte der Museumsbetrieb vollständig aufrechterhalten werden. Die Sanierung wurde durch das Bundesministerium des Innern und die Deutsche Stiftung Denkmalschutz finanziert.

Eine weitere große Baumaßnahme war die Fortsetzung der Rekonstruktion der Nordseeabteilung des Meeresaquariums im gotischen Keller des Klosters. Beim Ausräumen der alten Aquarienbecken im Jahr 1997 zeigte sich, daß von außen Wasser durch das Fundament und die Wände eindrang. So wurde im Berichtsjahr eine aufwendige Mauerwerkstrochengeführ und der Einbau einer Bauwerksdrainage durchgeführt. Ebenfalls nicht in diesem Umfang geplant und recht aufwendig waren die Sicherungsmaßnahmen an der Bauwerksgründung durch Unterfangen des Außenmauerwerks und Aussteifung der Keller-sole. Erst danach wurde dann die Innenraum- und Mauerwerkssanierung durchgeführt. Dennoch konnte noch im Berichtsjahr mit der Vorfertigung der neuen Aquarienbecken begonnen werden. Die Nordseeabteilung des Aquariums soll im Juli 1999 wieder eröffnet werden. Der Besucher kann dann in einem beeindruckenden gotischen Kellergewölbe die faszinierende Tier- und Pflanzenwelt der Nordsee erleben. Das DMM wird damit um eine weitere Attraktion reicher sein.



So wird das Nordseeaquarium nach seiner völligen Neugestaltung aussehen.

Die dritte große Maßnahme war die Rekonstruktion des historischen 17-m-Kutters „Adolf Reichwein“ auf dem Nordhof. Der Kutter wurde über mehrere Jahre hinweg von Grund auf rekonstruiert. Mit Spenden der Ostdeutschen Sparkassenstiftung, der Kreis- und Stadtparkasse Stralsund und regionaler Firmen sowie durch ABM-Kräfte war es möglich, dieses technische Denkmal, welches seit 1974 bereits zum Erscheinungsbild des Museums gehört, komplett zu rekonstruieren. Am 6. Mai konnte der Kutter wieder der Öffentlichkeit zur Besichtigung freigegeben werden.

Neben diesen augenfälligen Baumaßnahmen im Ausstellungsbereich wurden auch eine Reihe von kleineren baulichen und technischen Verbesserungen reali-

siert. Dies waren die Instandsetzung von Bauwerksabdichtungen an Dachterrassen über den Besucherräumen des tropischen Meeresaquariums, der Umbau der Kasse mit der Einführung eines neuen Kassensystems, die Modernisierung der Besuchertouletten, die Erneuerung der Notstromversorgung und die Erweiterung der Druckluftversorgung für die Aquarien. Für die Mitarbeiter des DMM und hier insbesondere für die Wissenschaftler ist die Erweiterung des informationstechnischen Netzwerkes und die Installation einer anwenderfreundlichen Bibliothekssoftware von großer Bedeutung.

Die Aufwendungen unseres Museums zur Instandhaltung der historischen Bausubstanz und der Großexponate sind im Vergleich zu anderen, modernen Museumsbauten beträchtlich. Im Berichtsjahr konnten hier jedoch wieder gute Fortschritte erzielt werden. Dabei muß aber stets beachtet werden, daß solche Maßnahmen sowohl den Besucherverkehr als auch die Arbeitsmöglichkeiten der Mitarbeiter des DMM erheblich beeinträchtigen können.

Wissenschaftliche Öffentlichkeitsarbeit

Ein Schwerpunkt der laufenden Arbeit des DMM liegt auf der Profilierung der wissenschaftlichen Öffentlichkeitsarbeit. So richtete das DMM wie in den Vorjahren national und international bedeutsame Fachtagungen aus. Aus der Zusammenarbeit des DMM mit Prof. Dr. Helmut Schuhmacher, Institut für Ökologie der Universität Essen, zum 1997 ausgerufenen „Internationalen Jahr des Riffes“ entstand der auch in Fachkreisen sehr gut aufgenommene Band 14 unseres Jahrbuches „Meer und Museum“ (110 S., 184 Abb.). Zu dem Thema „Korallenriffe - bedrohte Wildnis tropischer Meere“ geben 13 Artikel einen sehr umfassenden Überblick zum aktuellen Stand der deutschen Korallenriff-Forschung sowie zur historischen Ökologie und Museologie dieses Themas.

An dieser Stelle ist auch die Veröffentlichung von Band 5 (1998) des „Historisch-Meereskundlichen Jahrbuches“ durch das DMM zu nennen. Dieser Band hat die Beiträge des Symposiums „History of the Marine Sciences: Science and Technology at Sea“ vom 20. - 26. 7. 1997 in Liège, Belgien, zum Inhalt. Das Symposium wurde im Rahmen des XX. Internationalen Kongresses zur Wissenschaftsgeschichte durchgeführt. Die Beiträge wurden im „Historisch-Meereskundlichen Jahrbuch“ veröffentlicht, weil es weltweit die einzige Publikationsreihe ist, die sich ausschließlich der Geschichte der Meeresforschung widmet.

Über die wichtigste Veranstaltung im Berichtsjahr, das Symposium „Die Zukunft des Weltmeeres“ vom 16. - 18. 4. 1998, wurde bereits am Anfang dieses Beitrags berichtet. Alle Vorträge dieses Symposiums sind im vorliegenden Band 15/1999 von „MEER UND MUSEUM“ veröffentlicht. Die meisten anderen Veranstaltungen standen ebenfalls im Zeichen des IYO. Sie wurden im Rahmen eines Projektes organisiert, finanziert und durchgeführt. Dr. D.-H. Stechmann berichtet in diesem Band darüber.

Veranstaltungen, die nicht in den Rahmen des IYO gehörten, waren:

- das Treffen der Wildtierbiologen vom 8. - 10. 9. Im Rahmen dieser Veranstaltung wurde der Deutsche Preis für Wildtierforschung durch die boco-Stiftung im Meeresmuseum verliehen;
- das vom DMM organisatorisch und technisch unterstützte 2. Deutsche See- und Küstenvogel-Kolloquium der AG Küstenvogelschutz beim LAUN Mecklenburg-Vorpommern im Stralsunder Rathaus am 14. / 15. 11.

Auch die stets im Herbst stattfindenden „Tage des Meeres“ (19. - 23. 10. 1998) wurden im Berichtsjahr dem „Internationalen Jahr des Ozeans“ gewidmet. Diese Veranstaltungen und ein reichhaltiges pädagogisches Programm begeisterten insgesamt 10.471 Besucher. Der Beitrag von U. Maschow mit der Bilddokumentation von H. Schröder in diesem Band gibt einen eindrucksvollen Überblick über diese Veranstaltung.

Der wissenschaftlichen Öffentlichkeitsarbeit dienen verstärkt auch von Mitarbeitern des DMM erarbeitete und an andere Kultureinrichtungen verliehene Sonderausstellungen. 1998 wurden folgende Beiträge erarbeitet:

- die Wanderausstellung „Zwischen Darß und Zingst“, bis 30. 4. im Natureum Niederelbe in Balje bei Cuxhaven gezeigt;
- die Wanderausstellung „Schweinswale in Not - schützt die heimischen Wale“, bis zum 30. 4. im DMM und im Oktober im Strelapark Stralsund gezeigt;
- eine englische Präsentation über das DMM und das IYO 98 als Sonderausstellung im Naturmuseum in Malmö von Mai bis August.

Folgende von anderen Einrichtungen erstellte Sonderausstellungen wurden im DMM gezeigt:

- die Wanderausstellung „An der Mündung der Elbe“ des Natureums Niederelbe in Balje, bis zum 30. 4. im DMM;
- die Wanderausstellung „Korallengärten - bedrohte Naturschönheiten“ des Zentrums für Marine Tropenökologie der Universität Bremen, vom 1. 11. 1998 bis 30. 1. 1999 im DMM.

An den 720 Veranstaltungen des Stammhauses, die im Berichtsjahr stattfanden (Führungen, Schauaufführungen, fachspezifischer Unterricht, Vorträge, Förderverein, Projektstage, Ferien- und Vorschulveranstaltungen, Kinderklub, Lehrerfortbildungen, Familiensonntage und „Tage des Meeres“), nahmen 35.895 Besucher teil. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die technischen und räumlichen Voraussetzungen für eine so umfangreiche wissenschaftliche Öffentlichkeitsarbeit im Meeresmuseum nicht ausreichen. Planungen für zukünftige Erweiterungen des DMM müssen dieses Hemmnis unbedingt berücksichtigen. Im NATUREUM Darßer Ort wurden ebenfalls 48 Veranstaltungen durchgeführt, an denen 1.357 Besucher teilnahmen.

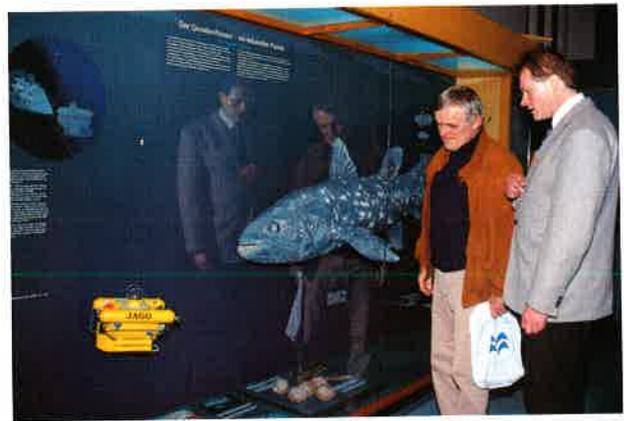
Zur Besucherbetreuung gehört auch die Herausgabe einer Neuauflage des Museumsführers (15.000 Exem-

plare) und die erstmalige Herausgabe einer ins Englische übersetzten Auflage (2.000 Exemplare).

Neue Dauerausstellungen

Ein Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeit ist die Konzeption von Ausstellungen. Die fortlaufend weiter zu aktualisierenden Dauerausstellungen wurden entsprechend der langfristigen Konzeption weiter aufgebaut. Folgende Abschnitte wurden im Berichtsjahr grundlegend überarbeitet bzw. völlig neu gestaltet:

- „Leben in den Meeren der Vorzeit“;
- „Stellnetzfischerei“;
- „Reusenfischerei“;
- „Grundschieppnetzfischerei“;
- „Flottillenfischerei“;
- „Der Quastenflosser - ein lebendes Fossil“;
- „Strelasund - Gewässer zwischen Rügen und Festland“ (u. a. „Fische im Strelasund“).



Mit großer Unterstützung durch Prof. Dr. H. Fricke (links) und seiner Mitarbeiter, Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Seewiesen, wurde diese Vitrine über den Quastenflosser gestaltet.

Am Aufbau dieser Ausstellungsabschnitte waren vor allem beteiligt: Dipl.-Biol. Ines Podszuck, Dipl.-Geol. Rolf Reinicke, Dipl.-Biol. Horst Schröder, Dr. Dirk Stechmann, Dr. Sonnfried Streicher und Dr. Harald Benke (wissenschaftliche Exposés), Roland Heppert und Anita Riechert (Gestaltung und Grafik), Uwe Bee-se, Annerose Goldbecher, Jens Heischkel und Volkhardt Heller (Präparation), Bernd Bruns und Wilfried Tüllmann (Restauration Meereskunde u. Fischerei).

Als wichtige Bereicherung konnte das elektronische Informationssystem des Museums um die Themen „Die Ostsee - das weltweit größte Brackwassermeer“, „Bei den Quastenflossern in der Tiefe“ und „Austernzucht in Deutschland“ in den jeweiligen Ausstellungen erweitert werden. Diese multimedialen Computerstationen mit Berührungsbildschirmen bieten den Besuchern die Möglichkeit, sich selbsttätig auf unterhaltende Weise (Videosequenzen, Bilder, Grafiken, Texte und Ratespiele) tiefere Einblicke und Informationen zu den jeweiligen Ausstellungsthemen zu erschließen. Drehbücher, Layouts und Programmvorgaben erarbeitete Dr. Sonnfried Streicher.

Forschung und Sammlung

Folgende Untersuchungen wurden von den wissenschaftlichen Mitarbeitern im Berichtsjahr durchgeführt: Ökologie und Arteninventar des Strelasundes (E. Hoppe, N. Koschmieder, I. Podszuck, Dr. G. Reinicke), Untersuchungen zur Situation der drei Großkrebse der Ostsee und der Bodden im Küstenbereich von Mecklenburg-Vorpommern unter besonderer Berücksichtigung des Vorkommens und der Ausbreitung von *Rithropanopeus haisii* (I. Podszuck), die Schweinswale im östlichen Verbreitungsbereich der Ostsee (Dr. H. Benke, G. Schulze), Untersuchungen zur Populationsstruktur der Schweinswale in der Ostsee (Dr. H. Benke, St. Huggenberger), und Voruntersuchungen zur Wiederansiedlung der Ostsee-Kegelrobbe (*Halichoerus grypus balticus*) in der deutschen Ostseeregion (K. Harder, Dr. J. Schwarz). Im Berichtsjahr begann die sehr aufwendige Präparation an den vier Ende 1997 übernommenen Pottwalskeletten.



Die Pottwalknochen waren zum Abfaulen zunächst unter Kies gelagert worden.

R. Reinicke untersuchte die Bedeutung von Frostsprengung und Solifluktion für die aktuelle Dynamik von Kreide- und Mergelkliffs an der Küste Vorpommerns, die Dynamik kleiner Sandhaken an der Küste der Inseln Rügen und Hiddensee und die Neubildung von Strandwällen am Darßer Ort.

Die Sammlung konnte um zahlreiche Objekte erweitert werden. Die wichtigsten Zugänge waren: Die Übernahme einer Sammlung Scleractinia (Steinkorallen) aus der Sulu-See, Philippinen, von Prof. Kühlmann mit weit über 100 Arten und mit zum Teil noch neu zu beschreibendem Material; Sammlungsgut aus dem Mittelmeer von dem Ehepaar Enzenroß mit insgesamt 1.129 Objekten; neun Schweinswale und 2 Robben, 36 weitere Wirbeltiere, etwa 750 botanische und zoologische Sammlungsstücke aus dem Strelasund sowie die Übernahme und eigene Aufsammlungen fossilführender Sedimente aus dem marinen Kambrium und Ordovizium Schwedens. Weiterhin wurde verstärkt Sammlungsgut aus dem Bereich der Hochseefischerei zur Absicherung künftiger Ausstellungen übernommen. Von der Übernahme des Unterwasserlabors „Helgoland“ von dem GKSS Forschungszentrum in Geesthacht wurde bereits be-

richtet. Außerdem erhielt das DMM von dieser Forschungseinrichtung ein Unterwasserschweißhabitats und das Taucherhilfsfahrzeug „David“. Die Transportkosten hierfür übernahm die Deutsche Bank in Stralsund.

Das Fotoarchiv konnte um 874 Dias und 30 Negativ-Farbfilme bereichert werden, und in das Betriebsarchiv erfolgte die Einarbeitung von etwa 800 Dokumenten. Im Sammlungsbereich Maritime Philatelie wurden 160 neue Positionen inventarisiert.

Die Bibliothek konnte 473 Neuzugänge einarbeiten. Weiterhin wurden umfangreiche Literaturschenkungen (Bücher und Sonderdrucke) von Prof. Dr. Klausowitz und Prof. Dr. Kühlmann entgegengenommen. Mit 250 Partnern im In- und Ausland steht das DMM im Schriftentausch. Gegenwärtig verfügt die Bibliothek über einen Buchbestand von mehr als 14.000 Exemplaren.

Aquarium

Die Meeresaquarien sind ein Publikumsmagnet des Museums. Sie sind einerseits eine lebende Ergänzung der Themen der Ausstellung, andererseits dienen sie einer lebensnahen Gestaltung des Biologieunterrichtes der Schulen sowie der Gestaltung eines praxisnahen Biologiestudiums an den benachbarten Universitäten. Ausgehend von der lokalen Meeresfauna werden in einem ausgewählten Spektrum marine Organismen der kalten, gemäßigten, subtropischen und tropischen Zonen präsentiert. In den insgesamt 230.000 Litern fassenden Aquarien wurden 1998 über 350 verschiedene Pflanzen- und Tierarten gehalten. Wichtigste Neuzugänge waren ein Riesenzackenbarsch und mehrere Kraken. Wiederholt gelang die erfolgreiche Nachzucht des Indonesischen Kardinalbarsches sowie drei weiterer Fischarten und 49 Arten wirbelloser Meerestiere. Für die Aufbereitung des Meerwassers wurden 13 Tonnen Meersalz verbraucht. Einige sehr empfindliche Tiere stellen nicht nur hohe Ansprüche an die Wasserqualität sondern auch an das Futter. So wurden 39.000 Liter Zooplankton benötigt.

NATUREUM Darßer Ort

Die Außenstelle NATUREUM Darßer Ort (NDO) des DMM im Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft erreichte weiterhin eine zunehmend größere Ausstrahlung. Dieses naturkundliche Ausstellungszentrum am Leuchtturm Darßer Ort liegt an einer der schönsten Stellen der deutschen Küste, mitten im Nationalpark. Zur Darstellung gelangten hier besonders die Vielfalt, Dynamik und Schutzbedürftigkeit der einmaligen Natur und Landschaft auf dem Darß. Im Ostsee-Aquarium dieser Außenstelle kann man viele marine Organismen aus der Ostsee, die unmittelbar vor dem Darßer Ort leben, bewundern.

1998 erreichte die Außenstelle, wie das Stammhaus in Stralsund, einen Besucherrekord. Mit 137.447 Gästen

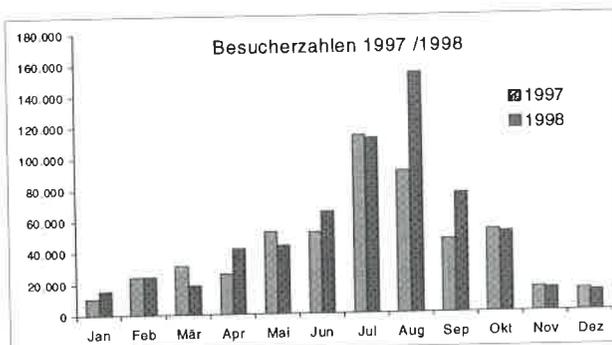


Anlässlich seines 150jährigen Bestehens wurde der Leuchtturm Darßer Ort festlich angestrahlt.

hatte das NDO die höchste Besucherzahl seit Bestehen der Einrichtung. Damit gehört diese besonders attraktive Anlage zu den fünf am meisten besuchten musealen Einrichtungen in Mecklenburg-Vorpommern. Zu weiterer Popularität gelangte das NDO durch die Feierlichkeiten „150 Jahre Leuchtturm Darßer Ort“ vom 3. - 6. 9. 1998. Bei diesen Veranstaltungen waren neben vielen Vertretern aus Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit aus der Region auch die damalige Bundesumweltministerin, Frau Dr. Angela Merkel, und die Finanzministerin des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Frau Sigrid Keler, anwesend. Durch den Neubau eines weiteren Beckens im Ostseeaquarium (gesponsert durch die Holsten-Brauerei) und die Restaurierung des ehemaligen Petroleumbunkers und der Neugestaltung der Ausstellung „Leuchttürme an der deutschen Ostseeküste“ in diesem Raum erreichte das NDO weitere Attraktivität. Die Bepflanzung der Außenanlagen, die Fortführung der Arbeiten im Strand- und Dünenpflanzengarten und die Renaturierung ausgewählter Außenflächen an den Gebäuden führten zu einer weiteren Verbesserung des Gesamterscheinungsbildes der Einrichtung.

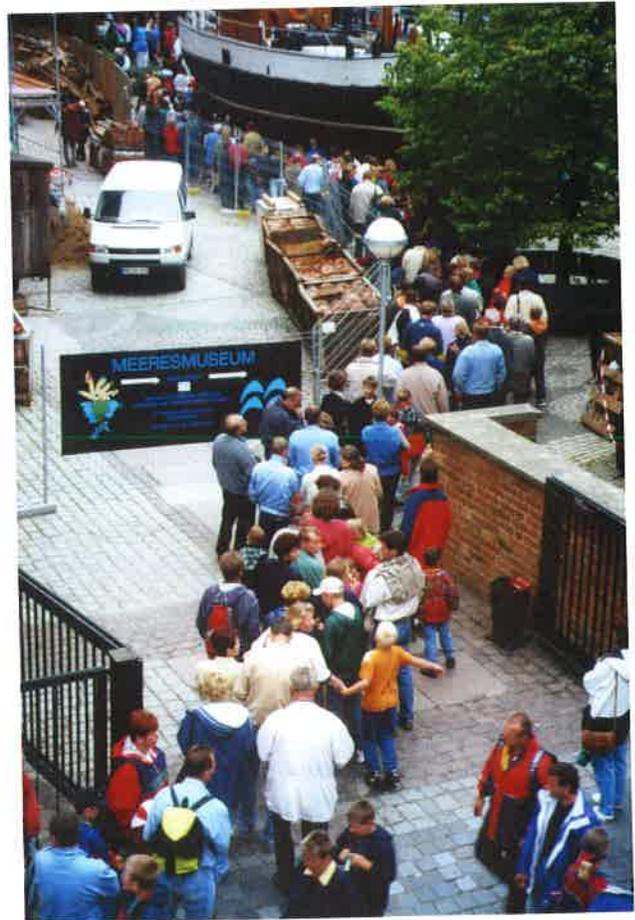
Besucherentwicklung

Wie bereits zu Beginn dargelegt, betrug die Gesamtbesucherzahl des DMM im Berichtsjahr 629.401. Das DMM zählt zu den wenigen Museen in Deutschland, die Jahr für Jahr über eine halbe Million Besucher aufzuweisen haben. Die Besucherzahlen in den einzelnen Monaten sind in dem Diagramm aufgeführt. Daraus ist



ersichtlich, daß der Juli und der August die besucherstärksten Monate darstellen, in denen mitunter bis zu 7.000 Gäste täglich das Haus aufsuchten, was extrem hohe Anforderungen für das Kassen- und Aufsichtspersonal bedeutete. Der Besucheranstieg gegenüber dem Vorjahr um fast 100.000 entspricht einem Zuwachs von 18,8%. Damit lag der Besucherzuwachs im DMM deutlich über dem touristischen Landestrend.

Die Zahl der Gäste war besonders im Sommer 1998 so hoch, daß sich lange Warteschlangen vor dem Museumseingang bildeten.



Verwaltungsrat und Beirat

Nach den Landtags- und Bundestagswahlen 1998 blieben die bisher nominierten Mitglieder des Verwaltungsrates in ihren Ämtern. Allerdings änderten sich sowohl in Bonn als auch in Schwerin die Namen bzw. Zuordnungen der betreffenden Dienststellen:

Dr. Manfred Ackermann (Beauftragter der Bundesregierung für Angelegenheiten der Kultur und der Medien);

Ministerialrat Gerhard Bley (Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur).

Im Beirat der Stiftung sind dagegen mehrere personelle Veränderungen festzuhalten:

Prof. Dr. Bodo von Bodungen wurde als Direktor des Institutes für Ostseeforschung Warnemünde

neu in den Beirat bestellt; Prof. von Bodungen ist Nachfolger von Prof. Dr. Gotthilf Hempel, der als Ehrenmitglied in den Beirat aufgenommen wurde; Dr. Lebrecht Jeschke trat in den Ruhestand und schied im Juni 1998 satzungsgemäß aus dem Beirat aus. Als neues Mitglied wurde Frau Ilka Wedekind, Leiterin des Landesamtes für Forsten, Naturschutz und Großschutzgebiete Mecklenburg-Vorpommern, in den Beirat bestellt; Dr. Jens Regg schied im September 1998 wegen Versetzung aus dem Beirat aus. Zu seinem Vertreter wurde Herr Gunther Germer, Arbeitsamt Stralsund, bestellt; Prof. Dr. Jörn Thiede wurde zum Direktor des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven berufen und schied aus dem Beirat aus. Prof. Dr. Erwin Suess, neuer Direktor des Forschungszentrums für marine Geowissenschaften der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel GEOMAR, wurde als Mitglied des Beirates bestellt.

Personelles

Die Aufgaben des Deutschen Meeresmuseums sind, wie bereits erwähnt, in den letzten Jahren enorm gewachsen. Sie müssen jedoch mit einem ständig zu reduzierenden festen Mitarbeiterstab bewältigt werden. Daß dennoch die umfangreichen Aufgaben erledigt werden können, liegt daran, daß das Museum über einen stabilen, erfahrenen Stamm von Beschäftigten verfügt und daß die Mitarbeiter im höchsten Maße engagiert arbeiten. Für ihre langjährige Tätigkeit an unserem Museum konnten 1998 folgende Mitarbeiter besonders geehrt werden:

20 Jahre, Rolf Reinicke
 15 Jahre, Brigitta Vogt
 10 Jahre, Heiko Haack
 10 Jahre, Volkhardt Heller
 10 Jahre, Nelly Koschmieder
 10 Jahre, Christine Rummmler
 10 Jahre, Rosemarie Sorge
 10 Jahre, Gunhild Vedder.

Verabschiedung von Diplom-Biologin Erika Hoppe, die nach 38jähriger Tätigkeit am DMM in den Ruhestand trat.



Folgende Mitarbeiter des DMM wurden im Berichtsjahr in den Ruhestand verabschiedet: Frau Lore Hensel, Frau Christa Richter, Frau Gunhild Vedder und Herr Wilfried Tüllmann. Weiterhin wurde Dipl.-Biologin Erika Hoppe, die seit dem 1. 9. 1959 im Meeresmuseum als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig war, in den wohlverdienten Ruhestand entlassen. Frau Hoppe war eine der langjährigsten Mitarbeiterinnen des Museums. In den 38 Arbeitsjahren prägte sie stark das Erscheinungsbild des Meeresmuseums und ist mit verantwortlich für den heutigen Status des DMM und seine große Attraktivität.

Die frei gewordene Position übernahm zum 1. 6. 1998 Dr. Götz Bodo Reinicke. Dr. Reinicke war vorher als Korallenriffökologe in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Helmut Schumacher im Institut für Ökologie, Universität Essen, tätig.

Für das neu etablierte Drittmittelforschungsprojekt „Voruntersuchungen zur Wiederansiedlung der Ostsee-Kegelrobbe (*Halichoerus grypus balticus*) in der deutschen Ostseeregion“ konnte Dr. Jochen Schwarz als neuer wissenschaftlicher Mitarbeiter gewonnen werden. Dr. Schwarz, der bereits an Robben des Wattenmeeres an der Universität Kiel promoviert hatte, war davor für die boco-Stiftung tätig. Der langjährige technische Mitarbeiter im Aquarium, Michael Eiflein, verließ das DMM. Sein Nachfolger wurde Mirco Becker aus Rostock.

Zukunftsplanung

Museen und Aquarien sehen sich einer wachsenden nationalen und internationalen Konkurrenz gegenüber. Vor allem kommerzielle Angebote von multifunktionalen Erlebniswelten setzen die traditionellen und gewachsenen Attraktionen zunehmend unter Handlungsdruck. Das Deutsche Meeresmuseum als Besuchermagnet des Nordens besitzt das Potential, sich in diesem Trend als hochwertige wissenschaftlich-pädagogische Institution nicht nur zu behaupten, sondern wegen seines anhaltenden, herausragenden Erfolges weiter zu entfalten. Das Museum kann und muß - heute erst recht - der Motor der touristischen Entwicklung in Stralsund und in der Umgebung sein.

Das DMM benötigt für seine langfristige Existenzsicherung und zur Untermauerung seiner wissenschaftlich-pädagogischen Tätigkeit eine umfangreiche Erweiterung, um sein Profil zu schärfen und seine Ausstrahlung signifikant zu erhöhen. Nur auf diesem Wege wird es langfristig gelingen, sich von der Konkurrenz abzusetzen, die erforderlichen Einnahmen und Besucherzahlen zu realisieren sowie seine Stellung als eine Hauptattraktion der Stadt und der Region mit dem nachgewiesenen wirtschaftsfördernden Potential zu behaupten. Ein erster Schritt in diese Richtung ist die Einrichtung der neuen Außenstelle NAUTINEUM Dänholm. Diese neue Einrichtung ist nicht nur als eine weitere Außenstelle des DMM zu sehen, sondern sie bietet die Möglichkeit, bereits Exponate für einen zukünftigen neuen Erweiterungsbau zu sammeln, an dessen Konzeption die Mitarbeiter des DMM gegenwärtig mit großem Elan arbeiten.

Mitarbeiter dieses Bandes:

Prof. Dr. Ernst Augstein, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven;
Dr. Harald Benke, Direktor des Deutschen Meeresmuseums (DMM), Stralsund;
Prof. Dr. Franciscus Colijn, Direktor des Forschungs- und Technologiezentrums Westküste der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Büsum;
Dr. Peter Ehlers, Präsident und Professor des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg;
Prof. Dr. Gotthilf Hempel, Direktor des Zentrums für Marine Tropenökologie, Bremen;
Prof. Dr. Gerd Hubold, Direktor der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg;
Prof. Dr. Wolfgang Klausewitz, ehem. stellv. Direktor, Leiter der Abt. Zool. I und der Sektion Ichthyologie, Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg, Frankfurt a. M.;
Dipl.-Pädagogin Ute Maschow, Museumspädagogin im Deutschen Meeresmuseum (DMM), Stralsund;
Dr. Angela Merkel, Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit der Bundesrepublik Deutschland von 1994-98;
Dipl.-Geologe Rolf Reinicke, Wissenschaftl. Mitarbeiter im Deutschen Meeresmuseum (DMM), Stralsund;
Prof. Dr. Harald Rosenthal, Institut für Meereskunde, Kiel;
Dr. Bernd Schneider, Institut für Ostseeforschung an der Universität Rostock, Wissenschaftl. Mitarbeiter der Sektion Meereschemie, Warnemünde;
Dr. Dirk-Heinrich Stechmann, stellv. Direktor und Bereichsleiter Meeresbiologie im Deutschen Meeresmuseum (DMM), Stralsund;
Dr. Matthias Stehmann, Wissenschaftl. Mitarbeiter im Institut für Seefischerei der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg;
Prof. Dr. Horst Sterr, Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel;
Dr. Florian Vasiliu, Complexul Muzeal de Stiinte ale Naturii, Constanta, † 9. 1. 1999;
Prof. Dr. Rüdiger Wolfrum, Direktor am Max-Planck-Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht, Heidelberg; Richter und Vizepräsident am Internationalen Seegerichtshof, Hamburg.

Fotonachweis:

Archiv Alfred-Wegener-Institut (1): Rücktitelfoto.	Perrine, D. (IKAN) (1): Seite 70 oben.
Archiv Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (1): S. 37.	Petersen, K.-H. (1): Titelfoto.
Colijn, F. (12): Seiten 31, 32, 33, 34.	Redaktion „Ostsee-Zeitung“, Stralsund (2): Seite 73.
Debelius, H. (1): Seite 62 oben rechts.	Reinicke, R. (5): Seiten 80, 81, 82, 87 oben links.
Drogin, S. (IKAN) (1): Seite 70 unten rechts.	Research Shipping (1): Seite 45 unten.
Ekau, W. (2): Seite 46 (Foto und Grafik).	Saint-Paul, U. (1): Seite 47.
Goldbecher, A. (1): Seite 86.	Schröder, B. (1): Seite 87 rechts.
Grauer, F. (IKAN) (1): Seite 70 unten links.	Schröder, H. (18): Seiten 5, 74, 75, 76, 78, 83, 85, 88.
Hall, H. (IKAN) (1): Seite 67 links.	Sillner, L. (1): Seite 61 unten links.
Hau (IKAN) (1): Seite 68 oben links.	Stehmann, M. (1): Seite 71.
Heise, G. (1): Seite 42.	Strickland (IKAN) (3): Seiten 67 rechts, 68 oben und unten rechts.
Klausewitz, W. (4): Seiten 61 oben links, oben rechts, unten rechts, 65.	Vasiliu, F., u. a. (7): Seiten 51, 53 rechts, 54, 55, 57.
Krupp, F. (3): Seiten 62 links, 64 unten, 65 unten.	Wunsch, M. (1): Seite 45 oben.
Panten, K. (1): Seite 15.	Zaitsev, Y., u. a. (1): Seite 53 links.

MEER UND MUSEUM, Schriftenreihe des Deutschen Meeresmuseums, 15, 1999

In dieser Schriftenreihe sind von 1980 bis 1998 die Bände 1 bis 14 erschienen. Die Bände 1 bis 4 und 6 sind vergriffen, die übrigen Bände können im DMM bezogen werden.

Herausgeber: Dr. rer. nat. Harald Benke
Redaktion, Layout und Gestaltung:
Dipl.- Biologe Horst Schröder
Dr. Sonnfried Streicher

Bezug: Deutsches Meeresmuseum
Museum für Meereskunde und Fischerei • Aquarium
Katharinenberg 14-20
D 18439 Stralsund
ISSN 0863-1131

Druck und buchbinderische Verarbeitung:
Offsetdruckerei Gotthardt Simons
Boninstr. 56, 24114 Kiel

Rücktitelfoto:

Das Forschungsschiff „Polarstern“ des Alfred-Wegener-Institutes Bremerhaven auf einer ozeanographisch-biologischen Station im antarktischen Meereisgürtel.



DEUTSCHES MEERESMUSEUM



Museum für Meereskunde und Fischerei • Aquarium
Stralsund