# Überblick und Ausblick: Entwicklungen in der Nordsee

DIE HERAUSGEBER

### Klimaveränderung und Küstenschutz

Die Nordsee ist ein flaches Schelfmeer, dessen Salzgehalte durch den Zustrom atlantischen Wassers im Norden über 35 psu liegen und das ansonsten durch die erheblichen Süßwassereinträge aus den Flüssen und der Ostsee bestimmt wird. Durch den flachen Englischen Kanal nimmt der Atlantik nur einen geringen Einfluss auf die Nordsee. Niederschläge und Verdunstung gleichen sich nahezu aus. Die Zirkulation in der Nordsee und deren Veränderlichkeit wurde zuerst durch Salzgehaltsverteilungsmuster, dann durch Verfolgung gelöster radioaktiver Abfallstoffe (Caesium) und vor allem durch numerische Modellsimulationen erschlossen. Die Kombination von Modell-Berechnungen und Luftdruck- sowie Windeinflüssen über lange Zeiträume ergibt große Unterschiede in der Verteilung und Stärke der mittleren Strömung, Die Ursache liegt in den Schwankungen der großräumigen Luftdruckverteilung über dem Nordatlantik (Nordatlantische Oszillation, NAO). Der Nordatlantische Oszillationsindex (NAOI) ist ein Maß für die Variabilität der Druckdifferenz zwischen Azorenhoch und Islandtief. Der NAOI durchlief im letzten Jahrhundert negative und positive Phasen. Seit den 1970er Jahren steigt er aber generell an. Ein besonders starker Anstieg ist seit 1988 zu verzeichnen (Abb. 1).

Die Zirkulation der Nordsee wird stark durch die Nordatlantische Oszillation beeinflusst. Bei hohen NAOI-Werten (> 2), die ausgeprägte Westwindwetterlagen charakterisieren, verteilt sich der nördliche atlantische Einstrom bei insgesamt größeren Stromgeschwindigkeiten gleichförmiger über die gesamte Nordsee. In Abb. 1.3-1 werden die Unterschiede in der Zirkulation der Nordsee bei hohen und niedrigen NAOI-Werten gezeigt. Diese Ergebnisse beruhen auf Beobachtungen von 1958 bis 1997.

Wissenschaftler stellten ferner eine Veränderung der Winddichte-Funktion im Zeitraum von 1988 bis 1997 gegenüber den früheren Dekaden fest: Südwestliche *Winde* wurden häufiger und stärker (Abb. 2).

Für die Deutsche Bucht liegen Temperaturmessungen aus 130 Jahren vor (Abb. 1.3-4). Damit bestätigt sich die Erwärmung der Nordsee. Die Wassertemperatur an der Oberfläche bei Helgoland hat in den vergangenen 120 Jahren um etwa 0,6 bis 0,8 °C zugenommen, wobei diese Entwicklung im Jahresgang unterschiedlich ausgeprägt ist (mit stärkeren Zunahmen vor allem im Herbst, Winter und Frühjahr) (s. Kap. 1.3). Sturmflutereignisse an der deutschen Küste mit ihren Gefährdungen nehmen zu (Abb. 3).

Durch die globale Erwärmung und die regionalen Windverhältnisse steigen der mittlere *Meeresspiegel* und insbesondere die Hochwasserstände in der südlichen Nordsee seit Ende des 19. Jahrhunderts deutlich (*Abb.4*).

Für die nächsten Jahrzehnte wird eine Erhöhung des mittleren Meeresspiegels um ca. 5 mm pro Jahr vorhergesagt. Etwa 57% des Meeresspiegelanstiegs beruhen auf der thermischen Ausdehnung des Meerwassers; über 30% sind bedingt durch das Schmelzen von Gebirgsgletschern und ca. 12% durch das Abschmelzen des grönländischen Eisschilds. Das Eisschild auf dem antarktischen Kontinent hat sich bislang wahrscheinlich wenig verändert.

Veränderungen im Küstenbereich durch Ästuar- und Flussvertiefung, bei gleichzeitiger Flutraumverengung durch die Eindeichungen und Sperrwerke, haben eine Zunahme des Tidenhubs (Differenz des Wasserstandes zwischen Tidehochwasser und Tideniedrigwasser) bewirkt. Beispielsweise stieg er in Bremen von ca. 30 cm vor den Fahrwasserausbauten um 1885 bis heute auf 410 cm am Bremer Weserwehr an (Abb. 5). Daraus resultieren erhöhte Fließgeschwindigkeiten des Ebb- und Flutstroms, ver-

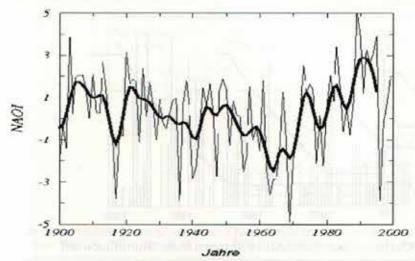
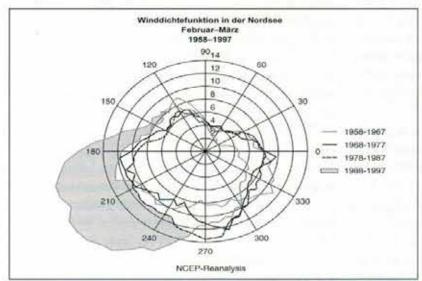


Abb. 1: Zunahme des Nordatlantischen Oszillationsindex (NAOI). Seit Anfang der 1970er Jahre nehmen die NAO-Werte deutlich zu.

stärkte Erosion an den Ufern sowie beschleunigte und erhöhte Sturmfluten. Dies und der allgemeine Meeresspiegelanstieg erfordern immer weitere Anstrengungen bei den Küstenschutzmaßnahmen. Mit der fortschreitenden Entfernung von einem küstenmorphologischen Gleichgewicht werden die Kosten und Sicherheitsprobleme zunehmen.

Die Eindeichungen in den vergangenen Jahrhunderten konnten die niedrig liegende Marschenküste trotz des allmählichen Anstiegs der Hochwasserstände sichern und in vielen Bereichen in Verbindung mit Landgewinnungsarbeiten die Deichlinie seewärts vorschieben. Diese Position weiterhin zu halten, erfordert verstärkte Sicherungsmaßnahmen in Form von Buschlahnungen, Buhnen und harten Deckwerken, wo sich vorher natürliche Übergangsbiotope zwischen Land und Meer ausdehnen konnten. Vielerorts sind sie sehr schmal geworden, haben unnatürliche Formen erhalten oder mussten Steinkanten weichen. Die schrittweise Begradigung und Vorverlagerung der Küstenlinie des Festlandes hat eine Abnahme ruhiger Buchten als Sedimentationsgebiete für Schlick zur Folge. Im Zusammenhang mit höheren Flutwasserständen wird dies langfristig die Ökologie des Wattenmeeres verändern.



Da sich die natürliche Mobilität der *Düneninseln* nicht mit festen Ortschaften vertrug, wurden auch dort Kliffkanten mit Buhnen und Steindeckwerken fixiert und die Dünen durch Bepflanzung und Sandfangzäune festgelegt. An manchen Badestränden werden Sandverluste mit Hilfe von Spülbaggern ausgeglichen. Das ist zwar eine naturnahe Ufersicherung, aber auch hier läuft die Entwicklung zunehmend einem morphologischen Gleichgewicht entgegen. Der Strandsand ist immer schnelleren Umlagerungen ausgesetzt und Sandvorspülungen müssen immer häufiger wiederholt werden. Das führt zu sehr instabilen Sedimenten.

# Nährstoffe und Eutrophierung

Zu viele Pflanzennährstoffe stellen nach wie vor ein Problem für die Nordsee dar, die eine Senke für Stoffe ist, die sowohl von Landabflüssen aber auch mit dem einfließenden Atlantikwasser und über die Atmosphäre eingetragen werden. Die negativen Auswirkungen der Eutrophierung (Überdüngung) sind vielfältig und besonders auffällig in der Deutschen Bucht, dem Wattenmeer und im Bereich Skagerrak-Kattegat. Es handelt sich dabei um die Massenentwicklung von Plankton- und Grünalgen

Abb. 2: Veränderung der Winde in der Nordsee bezüglich ihrer Richtung und Stärke. Dargestellt sind die winterlichen Dekadenmittel für die Monate Februar/ März für die vier letzten Dekaden. Die Winddichte-Funktion ist das Produkt aus Häufigkeit des Auftretens und Windstärke für eine gegebene Windrichtung.

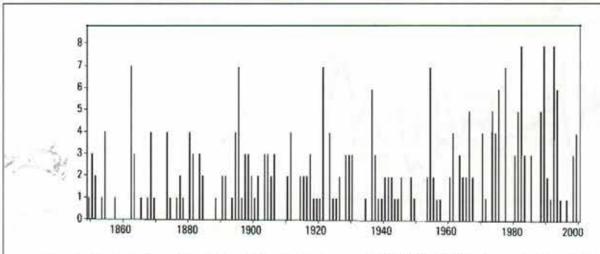


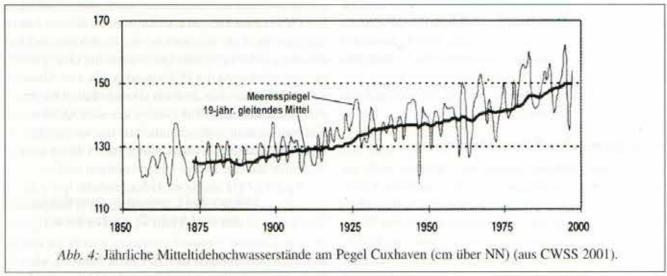
Abb. 3: Jährliche Anzahl der Sturmfluten in Cuxhaven seit 1850. Ab 1970 treten mehr Sturmfluten auf.

sowie das Auftreten von Schwarzen Flecken und Sauerstoffmangel. Hinzu kommen Verschiebungen bei den häufigen Arten und bei den Biomasseverhältnissen z.B. bei
Bodentier-Lebensgemeinschaften. Obwohl bis 1995 eine
50%ige Reduzierung der Phosphatkonzentrationen vermeldet werden konnte, blieb die Stickstoffreduzierung
erheblich unter dem anvisierten Wert von 50%, hauptsächlich deshalb, weil die landwirtschaftlichen Einträge
über die Flüsse und Atmosphäre nicht wesentlich verringert worden sind. Um die vorgesehene Reduzierung der
N-Einleitungen zu erreichen, müssen verstärkte Anstrengungen im Bereich Landwirtschaft und Massentierhaltung gemacht werden.

In der Nordsee gibt es einige Organismen, die von einer Eutrophierung profitieren können, während andere
Nachteile erleiden. Das hängt damit zusammen, dass bei
einer geringen Eutrophierung die Produktivität vorhandener Arten steigt und andere einwandern, für die vorher nicht
genügend Nahrung vorhanden war. Bei weiter steigender
Zufuhr von Nährstoffen oder organischer Substanz werden
die an oligotrophe Verhältnisse angepassten Arten verdrängt. Schließlich kommt es bei einer Überproduktion von

Biomasse lokal zu so hohen Sauerstoffzehrungen, dass sich anoxische Verhältnisse im Boden oder sogar im bodennahen Wasser einstellen. Das führt dann zu erheblichen Verlusten im gesamten Artenspektrum. So lange die Sauerstoffdefizite nicht chronisch werden, kommt es mit Hilfe der Strömungen von den Nachbargebieten aus zur Wiederbesiedlung. Eutrophierungseffekte sind daher reversibel und ein natürlicher Zustand wird sich einstellen, sowie das derzeitige Überangebot an Stickstoff im Küstenwasser durch reduzierte Einleitungen behoben ist.

Der Nachweis von Eutrophierungseffekten in der Nordsee ist stets mit Unsicherheiten behaftet, da eine vermehrte
Produktion bei den Pflanzen in das komplexe Nahrungsnetz eingeht und mit der Strömung lokale Planktonblüten
leicht verfrachtet werden. Wegen zu hoher Trübung entfaltet sich das *Phytoplankton* auch nicht im Wattenmeer, wo
die Nährstofffrachten der Flüsse ankommen, sondern erst
weiter seewärts. Von dort driftet es ins Wattenmeer, wo es
sedimentiert und dann remineralisiert wird. Die Massenentwicklungen der Grünalgen auf den Watten werden vermutlich durch die aus der Remineralisierung frei werdenden Nährstoffe ermöglicht.



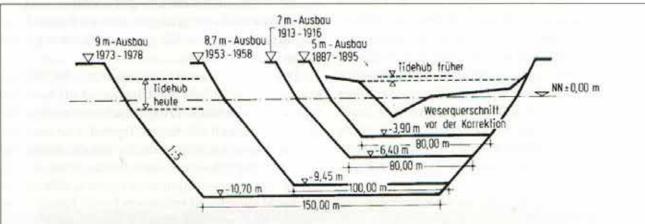


Abb. 5: Änderung des Unterweser-Querschnitts im Norden von Bremen und Zunahme des Tidenhubs durch Ausbauten (Aus Wetzel 1987, zit. in Warnsignale aus dem Wattenmeer 1994).

Noch komplexer sind die Verhältnisse bei den Seegräsern. Sie sind an oligotrophe Küsten angepasst und können direkt durch hohe Ammonium- und Nitratkonzentrationen geschädigt werden. Bedeutender sind aber anscheinend die bei Eutrophierung sich auf den Blättern entwickelnden Aufwuchsalgen, weil sie die Photosynthese der Seegräser einschränken. Dies können sie aber auch nur, wenn sie nicht gleichzeitig von Schnecken abgeweidet werden. Die Schnecken wiederum können nur dann auf den Seegrasblättern weiden und sie von Aufwuchsalgen frei halten, wenn das Wasser nicht zu turbulent ist. So kam es zu einem dramatischen Rückgang der Seegraswiesen in den Wattbereichen, die Seegang und stärkerer Strömung ausgesetzt sind. Hier zeigt sich eine Verbindung zu den eingangs beschriebenen Veränderungen der Windverhältnisse und des Tidenhubs.

Auch die intensive Fischerei und die Erwärmung können die Eutrophierungseffekte überlagern. So fördert die intensive Bodenfischerei wie die Eutrophierung die schnell wachsenden, kleinen *Opportunisten im Zoobenthos* und schädigt die langsam wüchsigen, großen Arten (s. Kap. 2.3.7 und 3.4.6). Besonders der Rückgang von Seegraswiesen und das chronische Auftreten von Grünalgenmatten im Wattenmeer zeigen, dass die bisherigen Anstrengungen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge noch nicht ausreichen. Nachdem Kommunen und Industrie die Einträge von Phosphat und Stickstoff wesentlich verringert haben, stehen entsprechende Leistungen durch Landwirtschaft und Verkehr (Stickoxide) noch aus.

### Anorganische Schadstoffe

Die Schwermetallkonzentrationen in Wasser, Sediment und in Organismen nehmen meistens zur offenen See hin ab. Sie sind in Astuarien oder nahe von Industriestandorten am höchsten. Schon bis 1990 war ein deutlicher Rückgang der Kadmium- und Bleikonzentrationen im Wasser der Nordsee festzustellen. Dieses gilt im Prinzip auch für die anderen Metalle. Obwohl durch Anwendungs- und Verbringungsverbote die Konzentrationen von Schwermetallen in Sedimenten und Organismen abgenommen haben, sind sie vielfach noch zu hoch (z.B. liegen die Blei-, Kupfer- und Kadmiumkonzentrationen in Miesmuscheln immer noch 2-fach und Quecksilberkonzentrationen sogar 6-fach über den von OSPAR festgelegten Hintergrundwerten; und Flussseeschwalbeneier von der Elbemündung waren auch Ende der 1990er Jahre noch 3- bis 5-mal höher mit Quecksilber kontaminiert als Eier aus anderen Regionen).

Ökotoxische Auswirkungen von Schwermetallen werden, abgesehen vom TBT, z.Z. in der offenen Nordsee nicht nachgewiesen; jedoch werden Metalle im Sediment nur gebunden und können nicht abgebaut werden. Bei erneuter Mobilisierung können sie wieder Schaden anrichten. Aus diesen Gründen und weil kombinatorische Wirkungen mit anderen Störeinflüssen möglich sind, müssen die Anstrengungen zur Reduzierung der Einträge von Schwermetallen in die Nordsee weitergehen.

Ein neues Problem könnte Kupfer werden, das bisher aus diffusen Quellen in die See gelangt. Obwohl Kupfer nicht auf der Liste der stark toxischen Metalle steht, sollte im Zuge seines vermehrten Einsatzes gegen Bewuchs (Antifouling; Ersatz für TBT) auch an eine aktive Begrenzung und Reduzierung zukünftiger Einträge gedacht werden.

### **Organische Schadstoffe**

In den letzten Jahren ist der Eintrag von bekannten organischen Schadstoffen deutlich zurückgegangen. Dieses gilt insbesondere für die Einträge über Flüsse und mit Baggergut-Material. Der Lufteintrag, der eine nicht geringe Bedeutung hat, ist nach wie vor hoch, aber schwer zu beziffern, da die Quellen zum großen Teil außerhalb des direkten Nordseeeinzugsgebietes liegen. Die zuverlässigsten Daten liegen über die Entwicklung der Konzentrationen von chlorierten Kohlenwasserstoffen in Sediment und Fischen vor. Hier ist ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen, insbesondere in küstennahen Gebieten. Bei PCBs ist ein Niveau erreicht worden, das seit Jahren stagniert und trotz des Verbots von Produktion und Anwendung nicht mehr fällt. Die maximalen ökologischen Grenzwertkriterien der PCBs werden z.B. von Miesmuscheln im Elbeästuar dreifach überschritten. Das deutet darauf hin, dass der PCB-Eintrag aus alten Quellen und Kurzzeit-Senken wahrscheinlich diffus weitergeht, obwohl Produktion und Verwendung von PCBs in offenen Systemen seit den 1970er Jahren verboten sind.

Auch für DDT und seine Abbauprodukte ist ein Rückgang zu verzeichnen. Die Konzentrationen in Fischen und
Muscheln sind sehr niedrig (nur wenig über der Nachweisgrenze). Dennoch kommt es immer wieder zu unfallähnlichen Neueinträgen von DDT in die Nordsee, wie z.B.
im Herbst 1995, als mit der Elbe große Mengen von DDT
in die Deutsche Buchte gelangten, was sich in einer Erhöhung der Belastung von Klieschen und Flundern um den
Faktor 120 niederschlug.

Obwohl den laufenden Anstrengungen der OSPAR-Kommission, gefährliche Substanzen aus dem Ökosystem Nordsee herauszuhalten, Erfolge bescheinigt werden können, bleibt dennoch viel zu tun. Angesichts der ungeheuren Zahl von neuen Substanzen, die von der chemischen Industrie entwickelt werden, um verbotene Stoffe zu ersetzen oder neue Anwendungen zu ermöglichen, steht ein chemisches Monitoring auf verlorenem Posten. Langfristig ist wohl der Flut von neuen Industrie- und Haushaltschemikalien nur über eine strenge Vorauswahl beizukommen, die rigoros Erkenntnisse aus Biologische-Effekte-Monitorings umsetzt. Schädliche Befunde oder auch nur der Verdacht von negativen ökologischen Wirkungen einzelner Stoffklassen wie z.B. hormonartigen oder Hormone störenden Substanzen (»endrocrine disruptors«) müssen sofortige Verbote oder rigorose Einschränkungen bei der Anwendung nach sich ziehen.

Wie Tafel 8 am Beispiel des Hamburger Hafens zeigt, ist die TBT-Kontamination der Sedimente vor allem in Küstengebieten mit Häfen, Yachthäfen, Schifffahrtswegen und Werften hoch. In einigen Häfen wurden in Sedimenten Werte gemessen, die um das 30-millionenfache über den ökotoxikologisch unbedenklichen Konzentrationen lagen. Wegen seiner hohen Persistenz und seiner extremen Giftigkeit wird TBT noch auf Jahre hin eine latente Gefahr für die marine Umwelt bleiben. Das vollständige Verbot der Anwendung von TBT, das am 1.1.2003 in Kraft treten soll (Tafel 8), ist die einzige Möglichkeit weitere Schäden vom Ökosystem Nordsee abzuwenden.

Eine mögliche Gefahr wird auch in den immer häufiger werdenden Hochwasserereignissen gesehen, die aus Sedimenten, Deponien oder unsachgemäß entsorgten Senken Schadstoffe aufnehmen und in die Nordsee transportieren. Ein aktuelles Beispiel ist das *Elbehochwasser* vom Herbst 2002. Interessanterweise haben sich die Befürchtungen, dass es durch die Flut zu einer zusätzlichen Belastung der Wasserqualität in der Nordsee kommen könnte, nicht bestätigt. Nur bei einigen organischen Schadstoffen (β-HCH) zeichneten sich erhöhte Konzentrationen ab. Im weiteren Verlauf der Flut nahmen die Elementkonzentrationen gemeinsam mit der Schwebstoffkonzentration auf Durchschnittswerte des Jahres 2001 ab, da sich wahrscheinlich die an partikuläres Material gebundenen Schadstoffe auf den Überschwemmungsgebieten abgelagert haben.

# Einnischung wärme-liebender und exotischer Organismen

Seit den 1950er Jahren ist ein Anstieg exotischer, nicht heimischer Arten in der Nordsee zu verzeichnen. Er wird auf den verstärkten Schiffsverkehr und zunehmende Aktivitäten im Bereich der Aquakultur zurückgeführt. Auch der Bau von Kanälen sowie Artimporte für wissenschaftliche Versuche und Hobbies tragen zur vermehrten Einschleppung nicht-heimischer Tier- und Pflanzenarten bei. Aufgrund der Erwärmung der Nordsee finden exotische Meeresbewohner aus südlichen Breiten bessere Bedingungen vor als früher. Die letzte Auflistung aller eingeschleppten Organismen, die sich in der Nordsee etabliert haben, umfaßt etwa 81 Arten, von einzelligen Algen über

Makroalgen bis zu Wirbellosen. Davon können 17 Arten mit den Pazifischen Austern in Verbindung gebracht werden. Die bis jetzt bekannten ökologischen Folgen der Einnischung fremder Arten sind sehr unterschiedlich.

Am Felslitoral der Bretagne, aber auch auf Miesmuschelbänken im Wattenmeer und um Helgoland, wächst der Beerentang Sargassum muticum in verdrängend dichten Beständen mit großem Einfluss auf den Lebensraum. Im Plankton der Nordsee haben es die Algen Coscinodiscus wailesii und Chattonella sp. zu beachtlichen Blüten gebracht (s. Kap. 3.2.1). Hinzu kommen noch Arten, die nur innerhalb Europas verschleppt wurden. So fand sich im Bereich der Austernkultur bei Sylt und später auch an Buhnen und Hafenmolen die koloniebildende Seescheide Aplidium nordmanni. Sie wurde zuvor dort nicht gefunden, ist aber an den britischen Küsten verbreitet, von wo ein Teil der Austern stammt.

Überall im Weltmeer stellt die Verschleppung von Organismen ein unberechenbares ökologisches Problem dar. Hochrechnungen haben ergeben, dass die rund 40.000 weltweit fahrenden Hochseeschiffe jährlich etwa 12 Mrd. t Ballastwasser transportieren und damit mehrere Tausend fremder Arten befördern.

Eventuell ist auch das Auftreten der Seehundstaupe im Jahre 1988 durch einen neu eingewanderten Erreger ausgelöst worden. Auch im April/Mai 2002 starb wieder eine ungewöhnlich hohe Anzahl von Seehunden im Bereich der dänischen Ostsee-Insel Anholt. Erst später wurde klar, dass dieses wieder der Beginn einer Staupeepidemie (PDV) war, die sich von Anholt aus nach Norden verbreitete. Mitte November 2002 erreichte die Zahl der toten Seehunde aus der Nordsee (inkl. Kattegat/Skagerrak) etwa 21.200 und kam dann zum Stillstand. Zur Zeit ist es noch nicht möglich, genaue Daten vorzulegen. Für den Kattegat/Skagerrak-Bestand wird mit einer Verlustrate von etwa 53% des Gesamtbestandes gerechnet, für das Wattenmeer mit ca 50% und für die ostenglische Küste (inkl. Wash) mit annähernd 55%.

Bei einigen arktischen Brutvogelarten wie Alpenstrandläufer, Großer Brachvogel, Kiebitzregenpfeifer und Ringelgans wurden in den letzten Jahren Bestandsabnahmen beobachtet, für die es bisher keine Erklärung gibt. Direkte Hinweise, dass der Rückgang dieser Arten auf eine Verschlechterung der Rastbedingungen an der Nordseeküste zurückzuführen ist, liegen nicht vor. Notwendig sind deshalb detaillierte Untersuchungen in den Brutgebieten und während des Zuges.



# Übermäßige Nutzung der Nordsee

Die Nordsee hat eine lange Geschichte vielfältiger Nutzungen, doch erst in jüngster Zeit müssen sich die Menschen Gedanken darüber machen, dass man Ressourcen nicht ohne Konsequenzen plündern kann. Die Nordsee ist in der Vergangenheit mehr und mehr durch menschliche Nutzungen deformiert und belastet worden, und dieses »unerschöpfliche« natürliche System hat bereits mehrfach zu erkennen gegeben, dass wir es an der Grenzen seiner Belastbarkeit nutzen. Einige der deutlichsten Anzeichen der Übernutzung sollen hier dem Leser noch einmal ins Gedächtnis zurückgerufen werden. Die von OSPARCOM erarbeiteten 32 Kriterien der Einflussnahme auf das System Nordsee können in vier graduelle Klassen der Nutzung (A–D) eingeteilt werden (QSR 2000).

Abgesehen von den direkt in vielen Küstenbereichen zu beobachtenden Veränderungen, ist die stärkste und am längsten anhaltende Belastung und Einflussnahme durch den Menschen die seit hunderten von Jahren ausgeübte Fischerei. Jedoch hat sie sich erst in den letzten 100 Jahren mit dem Beginn der kommerziellen mechanisierten Schleppnetzfischerei zu dem entwickelt, was sie heute ist: die Nummer 1 aller das Nordseeökosystem direkt belastenden menschlichen Aktivitäten (Klasse A nach QSR 2000). Auswirkungen der Fischerei sind auf allen trophischen Ebenen des Nordseesystems zu finden, von den Wirbellosen bis hin zu den Säugetieren. Sie lassen sich auf einen vergleichsweise einfachen Nenner bringen, denn nahezu alle Fischereien in der Nordsee sind nicht nachhaltig. Die Bodenfischbestände werden sehon seit Jahren außerhalb sicherer biologischer Grenzen ausgebeutet. So ist zum Beispiel der Laicherbestand des Nordseekabeljau mit 15% der Größe zu Beginn der 1970er Jahre nur noch ein Schatten seiner selbst, und die Altersstruktur ähnelt der eines Kindergartens, d.h. kein Kabeljau ist älter als 6 Jahre. Möglicherweise leidet der Kabeljau auch noch zusätzlich unter den inzwischen häufig wärmeren Wintern.

Die meisten Nutzfischbestände der Nordsee leiden durch die zu große und effektive Fangflotte. Die Fischbestände werden zu scharf befischt. Hinzu kommt der große Beifang von untermaßigen Fischen. Beim Kabeljau nimmt die Biomasse der laichreifen Tiere seit Ende der 1970er Jahre kontinuierlich ab; und auch bei den kleineren Vettern des Kabeljau, dem Wittling und Schellfisch, ist die Situation nicht viel anders. Um den ramponierten Beständen die Möglichkeit zu geben, sich wieder aufzubauen, müssen mehrjährige Fischereiverbote verhängt werden. Dabei ist nicht einmal gesichert, dass die jetzigen Laicherbestände, die aus vergleichsweise jungen Tieren bestehen, in der Lage sind, ausreichend »gute« Nachkommen zu zeugen, um eine Bestandszunahme zu gewährleisten.

Den Schollen und Seezungen geht es nicht viel besser. Zusätzlich zur unvernünftigen Ausbeutung dieser wertvollen Plattfische werden jährlich zwischen 400.000 und 900.000 t unerwünschte Meerestiere wieder über Bord geworfen (Discards). Hiervon sind etwa die Hälfte Fische, von denen diesen Vorgang keine 5% überleben. Etwa 20% der wirbellosen Tiere (Seeigel, Seesterne, Krebse etc) kommen ebenfalls um. Vögel und Robben sowie viele Fische mästen sich vielfach an diesen Todeskandidaten der Fischereiaus- übung. Nach vorsichtigen Schätzungen sind etwa 2.2 Mio. Nordsee-Vögel von Discards abhängig. Sie fressen in erster Linie Rundfische und kleine Plattfische, die nach dem Rückwurf noch eine Weile an der Wasseroberfläche schwimmen.

Darüber hinaus wird durch die bis 8 t schweren Fanggeschirre der Meeresboden bis zu 20 cm tief umgepflügt und tiefer sitzende Bodenbewohner getötet oder an die Meeresbodenoberfläche verbracht, wo sie von ihren Feinden gefressen werden. Dies hat dazu geführt, dass sich die Bodenbesiedlung der südlichen Nordsee in eine opportunistische kleinwüchsige Artengemeinschaft verändert hat, die sich den wiederholten Störungen besser anpassen kann als eine aus langsam wüchsigen und groß werdenden Arten.

Im Gegensatz zur konventionellen Fischerei wird in der Marikultur ein großes wirtschaftliches Potential gesehen, aber auch das hat seine ökologischen Kosten. Bei der Züchtung und Haltung von Meeresorganismen werden Nährstoffe, organische Abfälle, Antibiotika und andere pharmazeutische Produkte freigesetzt. Man schätzt, dass nur etwa 25% der Nährstoffe vom Fischfutter in neue Biomasse umgewandelt werden. Lachse werden in großen Mengen in Norwegen und Schottland produziert. In Norwegen stieg die Lachs-Produktion allein von 1995 bis 1996 um über 30% auf 120.000 t (QSR 2000). Auf dem dänischen Festland innerhalb des Nordsee-Einzugsgebietes gibt es mehrere Großanlagen zur Regenbogenforellenproduktion. Weitere inzwischen gezüchtete Fischarten sind u.a. Steinbutt, Aal, Kabeljau, Heilbutt und Seebarsch. Fremde Arten, die in der Marikultur eingesetzt werden, können unbeabsichtigt entkommen und eine potenzielle Gefahr für die einheimischen Arten im Meer darstellen. Ferner ist die Verschleppungsgefahr von Krankheiten, Parasiten und begleitenden fremden Arten hoch, auch wenn die Vorschriften zur Einführung fremder Arten in der Aquakultur eingehalten werden (s. Abschnitt oben und Kap. 3.5.2)

In der Marikultur spielt auch die Produktion von Austern und Miesmuscheln eine wichtige Rolle. Mit den in der Austernproduktion favourisierten Felsenaustern (Crassostrea gigas) aus Japan wurde ein breites Spektrum pazifischer Algen und Wirbellose in die Nordsee eingeschleppt. Die Auster selbst breitet sich gegenwärtig rasant auf den Miesmuschelbänken des Wattenmeeres aus. Deutschland, Holland, Frankreich und Dänemark produzieren zusammen rund ca. 250.000 t Miesmuscheln/Jahr, Im Wattenmeer nehmen Bodenkulturen einen breiten Raum ein und für die Saatmuschelbeschaffung werden die Wildbestände stark beansprucht. Das hat zu auffälligen Rückgängen bei den muschelfressenden Austernfischern und Eiderenten geführt, insbesondere der Rast-, Mauser- und Winterbestände. Während Austernfischer zumindest in milden Wintern zur Nahrungssuche ins Binnenland ausweichen können, starben im Winter 1999/2000 über 30.000 Eiderenten im Wattenmeer. Das entspricht etwa einem Viertel der Winterzählung in diesem Gebiet

Aufgrund der sinkenden Fischereierträge wird an Möglichkeiten gearbeitet, die Produktion von Fischen, Wirbellosen und Algen durch die Aquakultur in der Nordsee erheblich zu steigern. Gedacht wird dabei auch an Marikulturen innerhalb der Offshore-Windparks.

Die Schiffstransporte bringen zahlreiche Probleme für die Umwelt mit sich. Die Schiffswege in der Nordsee gehören zu den am meisten befahrenen Routen der Welt. Allein 1996 fuhren rund 270.000 Schiffe in die 50 wichtigsten Häfen der Nordsee und im Bereich des englischen Kanals (QSR 2000). Der Containerumschlag nimmt stark zu, allein im Zeitraum 1985–1997 in den drei wichtigsten Häfen Rotterdam, Hamburg und Antwerpen um ca.120% (s. Tafel 3). Wahrscheinlich wird sich der Umschlag bis zum Jahr 2015 noch einmal verdoppeln (s. Kap. 2.3.2). Mit der Intensivierung des Schiffsverkehrs werden Tankerunfälle in der Nordsee wahrscheinlicher (s. Seite 1).

Neben Ölunfällen wird die Nordsee durch Abfälle und Abwasser sowie SO, -Emissionen von Schiffen verschmutzt (Tafel 4). Der angeschwemmte Abfall stellt eine erhebliche Verschmutzung von Stränden dar, deren Beseitigung mit hohen Kosten verbunden ist. Die Einleitung von sanitären und Küchenabwässern ist bedenklich, weil damit die Ausbreitung von Salmonellen und anderen Bakterien sowie die Eutrophierung begünstigt wird. Nahezu 70-80% der Schiffe verwenden schweres Öl als Treibstoff. Meist handelt es sich dabei um Abfallprodukte aus Raffinerieprozessen (Bunkeröl), die unter Freisetzung stark schwefelhaltiger Abgase verbrennen (s. Tafel 4). Ferner sind die betriebsbedingten illegalen Freisetzungen von Ölen vor allem auf den Schifffahrtswegen zu erwähnen. Sie nehmen jedoch aufgrund neuer Schutzmassnahmen ab. Das Problem der Einschleppung exotischer Arten mit dem Ballastwasser der Schiffe wird im oberen Abschnitt behandelt.

Energie- und Rohstoffnutzungen im Offshore-Bereich der Nordsee nehmen zu. Der Meeresboden ist von Kabeln und Pipelines durchzogen. Große Areale dienen der Kies- und Sandentnahme. Besonders im westlichen und nördlichen Bereich der Nordsee ist die Gas- und Erdölförderung durch Bohrplattformen verbreitet. Stürmisch verlaufen die Planungen zur Windenergienutzung in Offshore-Windparks. All diese Rohstoff- und Energienutzungen werden mit einer zunehmenden Zahl von dauerhaften Infrastrukturen und damit verbundenen Aktivitäten betrieben. Da stets auch Anbindungen zur Küste erforderlich sind, ist auch die Küste von diesen Nutzungen betroffen.

Der *Tourismus* gehört zu den wichtigsten Einkommensquellen an der Nordseeküste. Auch auf Grund der zunehmenden Anzahl der Gäste ist dieser Nutzungszweig von großer sozialer und wirtschaftlicher Bedeutung. Der Tourismus ist nicht gleichmäßig über das ganze Jahr verteilt. Im Wattenmeerbereich kommen rund 80% der Gäste in der Zeit von April bis Oktober. Die Anzahl der Übernachtungen allein an der dänischen Nordseeküste wurde 1996 auf 25 Mio. geschätzt, wohingegen nur 2,2 Mio Dänen in dieser Region leben. Insgesamt kann der Tourismusdruck auf die Umwelt nicht übersehen werden. Störungen für Küstenvögel und Seehunde sowie Beeinträchtigungen z.B. der Inselvegetation sind praktisch unvermeidbar.

Ein weiteres Problem sind Strandmüll und Lärm. Um derartige Beeinträchtigungen in Grenzen zu halten, sind Massnahmen wie Geschwindigkeitsbegrenzungen für PKW und Boote, Verbote von Erholungsaktivitäten in ökologisch sensiblen Bereichen und zeitliche Regulierungen zu verstärken.

Das Wattenmeer wird immer noch für militärische Übungen genutzt. In »Warnsignale aus dem Wattenmeer« 1994 (S. 65) sind die militärischen Sperrgebiete, die regionalen Aktivitäten sowie deren Auswirkungen im Wattenmeer aufgeführt. Es ist darauf hinzuweisen, dass über gro-Be Gebiete des Wattenmeeres in niedrigen Höhen extrem laute Düsenjägerflüge stattfinden. In der Nordsee gibt es zudem Übungsgebiete der »Navy«, die an der stidlichen englischen Küste konzentriert sind. Hinzu kommen Übungsgebiete praktisch aller Nordseeanrainer. Nach beiden Weltkriegen wurden große Munitionsmengen sowie über 150.000 t chemischer Waffen (Senfgas, Tabun, Chloracetophenon sowie verschiedene Arsenverbindungen) im Nordseeraum versenkt (OSR 2000).

### Wohin treibt die Nordsee?

Der weite Blick zurück bewahrt davor, Trends der letzten Jahre oder Jahrzehnte linear in die Zukunft zu extrapolieren. Die langfristigen Schwankungen des NAO-Index lassen eher erwarten, dass die Häufigkeit westlicher Winde mit den erhöhten Flutwasserständen langsam wieder abnimmt, bis Verhältnisse wie etwa vor 30 Jahren erreicht sind. Solch eine Erwartung wird jedoch von den globalen Prognosen des IPCC überlagert, denen zu entnehmen ist, dass das Klima und die Wasserstände in der Nordsee nicht mehr so sein werden wie sie es einmal waren. Wie sich dann Seegang und Strömungen auf die Küste auswirken, ist zudem abhängig von den getroffenen Maßnahmen, ob an der Küste auf starre Verteidigung gesetzt wird oder ob Strategien mit flexiblen Lösungen gefunden werden.

# Forderungen und Empfehlungen

### Fischerei und Aquakultur

- Fischereiverbot für Kabeljau und Aal, nachhaltige Bewirtschaftung aller Nutztierbestände, ausgerichtet an ökologischen und erst dann kurzfristigen ökonomischen Erfordernissen.
- Reduktion der Fangkapazität der Fischereiflotten und des Fischereiaufwandes. Ziel muss dabei sein, auch möglichst große Tiere zur Fortpflanzung zu bringen, um eine Nutzung der Bestände innerhalb sicherer biologischer Grenzen zu erreichen.
- Einführung fischereifreier Zonen. Gebiete sollen für Fischerei geschlossen werden, um junge, aber auch große laichreife Tiere sowie andere Arten zu schützen.
- Förderung der Entwicklung nachhaltiger Fangmethoden, die Discardmengen reduzieren, die Bodenfauna schonen und den Beifang nicht erwünschter Fische verringem.
- Überprüfung und strenge Regelung der Industriefischerei.
- Strikte Regelungen für Aquakulturen (z.B. keine hormonartigen und antibiotischen Wirkstoffe in offenen Meeresgebieten verwenden; Düngeeffekte begrenzen; genetische Einflüsse auf Wildpopulationen ausschließen).

#### Meeresnaturschutz

- Schutzgebiete sind in der gesamten offenen Nordsee einzurichten; dazu gehört die Schaffung eines internationalen Schutzgebietes auf der Doggerbank.
- Nachbesserungen nach FFH in den Hoheitsgewässern durch die deutschen Länder (»sublitorale Sandbänke« sind unzureichend erfasst, und Vernetzungselemente nach FFH kaum berücksichtigt, z.B. in den Ästuarien).
- Schutzgebiete m
  üssen frei von bodenstörender Fischerei und von Bauwerken sein; Kies- und Sandabbau soll dort nicht erlaubt sein; Größen sind z.T. auch so zu w
  ählen, dass sich positive Effekte auch f
  ür Fischbest
  ände ergeben.
- Unterstützung von Artenschutzprogrammen, z.B. für wandernde Fische und für Wale.
- Bei unvermeidbaren Eingriffen auf See Durchführung adäquater Kompensationsmaßnahmen, die den am Eingriffsort betroffenen Lebensgemeinschaften helfen und gestörte Ökosystemfunktionen in der Nähe wiederherstellen.
- Entwicklung weiterer Kriterien für Schutzgebiete und zur Habitatvernetzung (u.a. im Rahmen von OSPAR/ICES/IUCN/EU).

#### Klima

Schutzmassnahmen, um der Klimaänderung zu begegnen: Änderungen in der Energie- und Verkehrspolitik generell
(PKW mit hohem Kraftstoffverbrauch verbieten, Energiebesteuerung ausbauen); regional: Umdenken im Küstenschutz
zu mehr Flexibilität (z.B. Rückdeichungen, Freihalten von flutbaren Poldern, Verzicht auf kostenträchtige, nur kurzfristig
helfende Maßnahmen).

### Flüsse und Häfen sowie Transportwesen und Schiffssicherheit

- · Keine weiteren Flussvertiefungen.
- Konzentration eines deutschen Tiefwasserhafens an einer Stelle (Cuxhaven wäre evtl. günstiger als Wilhelmshaven).
- Flächenverbrauch für Hafen- und Industriebedarf zügeln, u.a. durch »intelligentere« Flächennutzung (angefangen bei der Geschosshöhe von Gebäuden; Hafenbereiche dürfen keine »Dauerstellplätze« für Autohersteller sein usw.).
- Nicht die Reedereien und günstig gelegene H\u00e4fen d\u00fcren die weitere Entwicklung in der Schifffahrt bestimmen, sondern es
  ist eine international abgestimmte Politik erforderlich (zun\u00e4chst in der EU), die festlegt, dass z.B. Gew\u00e4sser nicht weiter an
  Schiffsgr\u00f6ßen angepasst werden sollen.
- Nicht sichere Chemikalien-/Öltanker dürfen beladen in den (europäischen) Gewässern nicht verkehren.
- Mehr Sicherheit beim Schiffstransport, um Unfallrisiken zu reduzieren. Schiffe ohne Sicherheitsstandards sind abzuschaffen.

#### Schadstoffe und Eutrophierung

- Weitere Anstrengungen, um das Ziel einer nennenswerten Reduktion der Stickstoffverbindungen zu erreichen, u.a. durch Begrenzung der Stickstoffemissionen in der Landwirtschaft (inkl. Massentierhaltung).
- Solche Anstrengungen dienen zugleich dem Grundwasserschutz sowie dem Schutz auch binnenländischer nährstoffarmer Biotope (Trockenrasen, Hochmooren, Heiden, best. Wäldern, potentiell oligotrophen Gewässern).
- Fortsetzung der Anstrengungen zur Erreichung der empfohlenen OSPAR-Hintergrundwerte für Schadstoffe.

#### Planung

- Raumordnerische Gesamtplanung in der deutschen AWZ und koordinierte Raumplanung aller Nordsecanrainer.
- Abschäffung des »Windhundprinzips« bei der Genehmigung von Anlagen, evtl. auch Zuständigkeiten ändern.
- Fehlentwicklungen im Tourismus frühzeitig erkennen und gegensteuern.
- Umdenken auch beim Militär und bei der Schifffahrt: z.B. müssen auch Tiefwasserwege um ein paar Meilen verlegbar sein, wenn es Probleme mit Standorten für Windkraftanlagen oder Meeresschutzgebiete gibt.
- Forschung besser koordinieren (Rückkopplungen zwischen Grundlagenforschung und Monitoring etc. verstärken) und zielgerichteter einsetzen.
- Beteiligung und Information der Öffentlichkeit und der Verbände bei Planungen und Genehmigungsverfahren.